

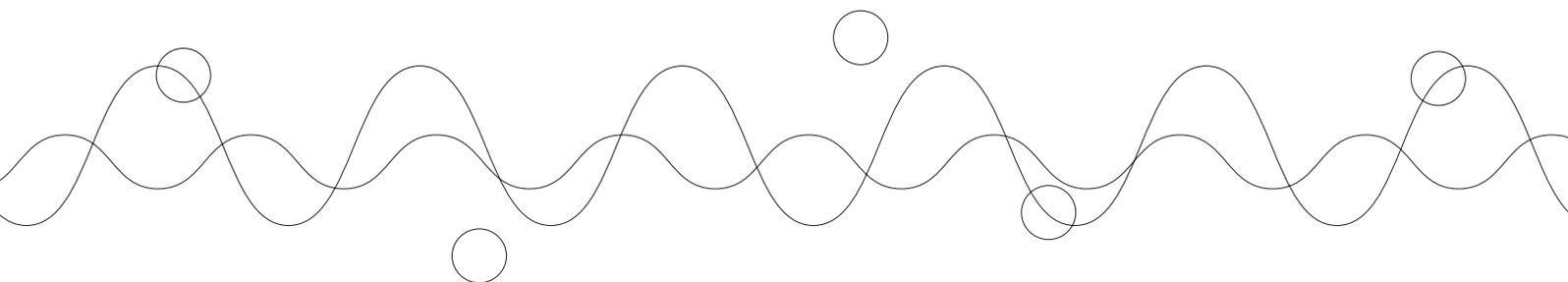
CRDS-FY2013-WR-05

科学技術未来戦略ワークショップ

「知のコンピューティング —人と機械が
共創する社会を目指して—」

Wisdom Computing Summit 2013

平成25年7月25日(木)～26日(金)開催



独立行政法人科学技術振興機構 研究開発戦略センター
Center for Research and Development Strategy Japan Science and Technology Agency

エグゼクティブサマリー

独立行政法人科学技術振興機構（JST）研究開発戦略センター（CRDS）は、技術の潮流および社会ニーズを踏まえ、従来の研究領域にとらわれることなく幅広い領域を融合させ、コンピューティングの新たな地平線として「知のコンピューティング（Wisdom Computing：知の創造の促進と科学的発見・社会適用の加速）」（図1参照）を実現することが重要であると考えている。

今回、知のコンピューティングについて、関連分野の有識者と共にその分野を作り出し、日本発のイニシアチブとして確立するためのサミットを、科学技術未来戦略ワークショップ「知のコンピューティング一人と機械が共創する社会を目指して」Wisdom Computing Summit 2013として、平成25年7月25日から26日にかけて開催した。開催にあたっては、関連分野の有識者を幅広く集めるために参加者を募集し、応募者47名から35名が出席した。サミットは、知のコンピューティングのゴール、方向性、分野などについて幅広く議論を進めるとともに、その過程で研究者の強いコミュニティの形成、醸成を図っていくことも目的とした。

サミットでは、全体セッションとして、認知科学、ロボティクス、心理学、経済学、経営工学、材料科学など、情報学以外の関連分野からの講演を含めた10件の講演により、幅広い視点に立った多面的な問題意識が共有できた。また、ゴール、方向性、分野については、講演者も含めた出席者全員を複数のグループに分割し、分科会形式で集中的な討議を進めた結果、特に、知のコンピューティングという新たな分野が目指すべき方向性として、従来の人工知能やロボティクスをさらに一步推し進めた、人間と機械の共創を目指したコンピューティングという、以下のような特徴を備えた新たなコンセプトが得られたことは意義深い。今後はこれに従いゴールの明確化や分野の特定を行うことができる。

- 人をエンパワーするための機械と知の新しいパラダイム
- 議論の可視化や参加者の価値観の推定などから新たな発見を促進する
- 人と人がネットワークで連結して知識を価値に変えてゆく
- 論理だけでなく情動や感情までも対象にする
- ELSI（Ethical, Legal and Social Issues）の重要性

サミットを通じて、研究分野・学会・所属組織を超えた研究者が一堂に会して、知のコンピューティングという統一的なテーマで緊密な議論を行うことができ、新しい研究コミュニティの礎が形成できたと考えている。

JST/CRDSでは、本ワークショップでの議論を受け、知のコンピューティングを促進するための研究開発提言作成を行う（H25年度末発刊し、JSTホームページにも掲載予定）とともに、研究者コミュニティの醸成や研究分野の深化のためさらなる活動を展開する予定である。

知のコンピューティング (Wisdom Computing)

知の創造を促進し、科学的発見や社会への適用を加速する

- 知は人間（複数）が賢く生きるための力である
- 知のコンピューティングは、知の発見、創造、集積、伝播、探索、影響を
実現し、加速すること



図 1 知のコンピューティングの俯瞰図

プログラム委員長あいさつ



Wisdom Computing Summit 2013 は、JST 研究開発センター (CRDS) とプログラム委員の方々により、JST 科学技術未来戦略ワークショップの1つとして「知のコンピューティングー人と機械が共創する社会を目指してー」というテーマで開催するに至りました。

サミットのねらいは、「知のコンピューティング」について、有識者の皆様と共にその分野を創出し、日本発の研究開発イニシアチブとして確立することです。さらに、イニシアチブのゴール、方向性、分野そのものの定義、分野内の重点テーマ、グランドチャレンジなどについても幅広く、活発な議論を進めるとともに、研究コミュニティの形成や醸成についても議論して頂きました。

本サミットのようなワークショップは、米国 NSF では定常的に開催されていますが、国内においては、初めての試みの1つであると認識しています。このようなサミット方式で研究開発戦略を作成している側と実際に研究開発を進めている研究者コミュニティとの協働作業により、優れた研究開発イニシアチブが創出されることを期待しています。さらに、このようなサミットが国内に定着していくことも祈念しております。最後に、プログラム委員会を代表して、サミットに参加された有識者の皆様に心より感謝する次第です。

Wisdom Computing 2013 プログラム委員会

委員長
委員

徳田英幸 (慶應義塾大学教授)
山口高平 (慶應義塾大学教授)
石田 亨 (京都大学教授)
中澤 仁 (慶應義塾大学准教授)
森田武史 (青山学院大学助手)
村上陽平 (京都大学特定研究員)
藤山知彦 (三菱商事常勤顧問)
黒田昌裕 (CRDS 上席フェロー)
田中一宜 (CRDS ナノテクノロジー・材料ユニット上席フェロー)
岩野和生 (CRDS 電子情報通信ユニット上席フェロー)

目 次

Executive Summary

PC 委員長あいさつ

1	開催目的	1
1.1	本サミットの位置づけ	1
1.2	知のコンピューティングに向けて	5
2	招待講演・話題提供	12
2.1	知のコンピューティングー視座と展望	13
2.2	情報科学者の社会の中での役割	27
2.3	知のコンピューティングへの期待	36
2.4	これからのロボットサービス研究	37
2.5	ITが知識資本の形成にもたらしたもの	52
2.6	ビックデータとパーソナルデータ	57
2.7	生涯発達と wisdom	62
2.8	職業としての人間	67
2.9	材料設計における知のコンピューティング	70
2.10	クラウドソーシング	75
2.11	知のコンピューティングに対するコメント	83
3	分科会	84
3.1	目標設定・R&D 分科会	85
3.2	グランドチャレンジ分科会	99
4	まとめ	103
5	付録	104
5.1	サミット参加者の募集	104
5.2	開催プログラム	106
5.3	参加者一覧	108
5.4	ポジションペーパー	110

1. 開催目的

1.1 「本サミットの位置づけ」 岩野和生（JST/CRDS 上席フェロー）

JST/CRDS の役割には、公的シンクタンクとして政府に助言し、研究開発すべき領域を提言するということがある。今回は、「知のコンピューティング」と題してサミットを開催し、新しい流れを作ろうとしている。まず、研究コミュニティを形成したい。そして新しい領域におけるビジョンや夢をコミュニティの中で共有する。そしてアジェンダとして研究開発課題の明確化を行いたい。これが本サミットの目標である。

次に今回の活動の政策的位置づけであるが、基本的には文部科学省へその内容をインプットし、戦略目標となり、研究プロジェクトとして実行することになる。同時に総合科学技術会議にも提言することによって、さらに大きな活動にしていきたい。

サミットの進め方としては、基調講演・招待講演において「知のコンピューティング」の土台的知見を共有する。また、「知のコンピューティング」の広がりに向けての話題とともに、様々な分野から「知のコンピューティング」の側面に対する話題を提供していただく。参加者の方々には分科会に分かれていただき、20年までのスパンで技術目標、研究アジェンダを考えてもらう。また、成果を明確にイメージできるよう、グランドチャレンジを考えたい。最後の分科会では、具体的な研究領域、研究分野を定義し、それにむけたロードマップを作製したい。

色々な観点からの議論を通じ、本サミットを成功させ、世の中に新しい流れを創り出したい。ぜひ、積極的な議論をお願いする。

知のコンピューティングのねらいとサミットの位置づけ

2013年07月25日
独立行政法人 科学技術振興機構
研究開発戦略センター 上席フェロー
岩野和生

目次

1. JST, CRDSの役割
2. 新しい流れを作るということ
3. サミットの政策的な位置づけ
4. 各プログラムの意図
5. 今まで考えてきた知のコンピューティングの背景

1a. JSTの組織と役割

研究開発戦略の立案

科学技術イノベーション創出の推進
～バーチャル・ネットワーク型研究所の構築～

重点分野戦略
グリーンイノベーション
ライフイノベーション
ナノテクノロジー・材料
情報通信技術
社会技術
戦略プログラムパッケージ

戦略的な基礎研究の推進
産学が連携した研究開発成果の展開
東日本大震災からの復興・再生への貢献
国際的な科学技術共同研究等の推進
知的財産の活用支援

科学技術イノベーション創出のための科学技術基盤の形成
～イノベーションを変えるソフトウェアの構築～

知識インフラの構築
次世代人材の育成
科学コミュニケーション

1b. CRDSの組織と役割

センター長 吉川 弘之

- ・ 国が重点投資すべき研究開発領域、課題を提言
- ・ 必要に応じて政策的・制度的な課題も取り上げる
- ・ 中立、公平、公正にエビデンスベースで戦略を立案
- ・ 調査・分析レポートも積極的に外部に情報提供
- ・ 公的Think Tank機関

2. 新しい流れをつくる

新しい研究領域を作る

1. コミュニティーの形成
学会、世界、産業界
2. Vision、夢の共有、インパクトの共有
3. 研究アジェンダの明確化
研究領域、分野、課題、インパクト、ロードマップ
4. 国内外のFunding Agencyに影響を与える
5. 世の中に味方になってもらい、流れを巨大にする
分かりやすいメッセージ、夢の共有
社会的責任、国の戦略性
6. 法律、制度、仕組み、考え方を提言、変革

3. サミットの政策的な位置づけ

私たちコミュニティ、JST

サミット

シンポジウム

戦略プロポーザル

CREST/さきがけ

文部科学省

内閣府

財務省

戦略目標

世界(米、欧、...)

新しい分野、世界で流れを作る

4. プログラムの意図

- 1. 知のコンピューティングの土台的知見を共有**
 安西先生「知のコンピューティング—視座と展望」
 吉川先生「知のコンピューティングへの期待 科学者の役割」
 喜連川先生「知のコンピューティングへの期待 ビッグデータの観点から」
- 2. 知のコンピューティングの広がりに向けた話題の提示**
 徳田先生「知のコンピューティングに向けて」
- 3. さまざまな分野から知のコンピューティングの側面の提示**
 萩田先生「これからのロボットサービス研究
 —あなたはどのロボットサービスを選びますか?—」
 黒田先生「ITが知識資本の形成にもたらしたもの —その影響と課題」
 菊池先生「ビッグデータとパーソナルデータ」
 鈴木先生「生涯発達とwisdom」
 藤山先生「職業としての人間」
 的場先生「材料設計における知のコンピューティング」
 清水先生「クラウドソーシング」

4. プログラムの意図 (その2)

4. 分科会1: 目標設定分科会
 5-10年、15年、20年のスパンでどの技術目標を置き研究アジェンダを設定するのかを議論する。

下記分野での目指すべき技術目標を設定する

- ① 知の集積、伝播、探索
- ② 予測、発見の促進
- ③ 知のアクチュエーション
- ④ ポリシー、ELSI*

*ELSI: Ethical, Legal and Social Issues (倫理的・法的・社会的問題)

4. プログラムの意図 (その3)

4. 分科会2: グランドチャレンジ分科会

人類、世界にとってのグランドチャレンジを知のコンピューティング領域で考える

昔だったら

1. ヒルベルトの23の問題 1900年 世界数学会議
2. 月面着陸
3. 鉄腕アトム
4. チューリングテストにパスする

誰もが、わくわくして、達成したいなと思う夢

さて、私たちの知のコンピューティングの夢は？

4. プログラムの意図 (その4)

4. 分科会3: R&D分科会

目標設定分科会、グランドチャレンジ分科会を受けて、
 知のコンピューティングの具体的な研究領域、研究分野を定義する

5-8年の研究分野、課題、インパクト
 10年、20年に向けた布石となる必ず行わなければならない研究
 研究のロードマップ

戦略目標への具体的な織り込みも意識
 既存のビッグデータ、CPS、脳研究などとの差別化も意識

Moon shot strategy, but evolutionary steps

5. 今まで考えてきた知のコンピューティングの背景

知のコンピューティング (Wisdom Computing)

知の創造を促進し、科学的発見や社会への適用を加速する

- 知は人間 (複数) が賢く生きるための力である
- 知のコンピューティングは、知の発見、創造、集積、伝播、探索、影響を
 実現し、加速すること

5-2. ITの役割の拡張: ビジネスから社会のクリティカル・インフラに

社会のクリティカルインフラとしてのIT

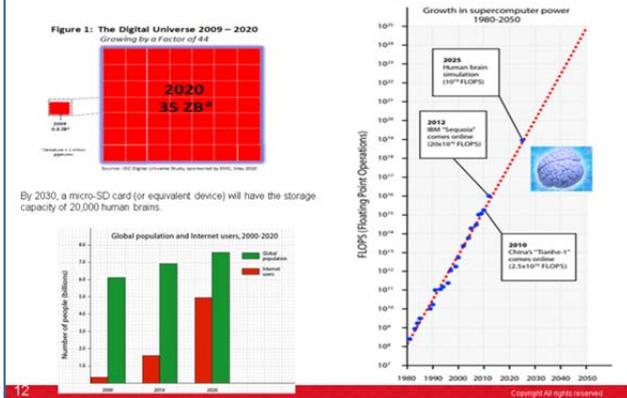
ビジネスのクリティカルインフラとしてのIT

銀行、製造、流通、...

セキュリティ、ディベンダビリティー、社会アーキテクチャー

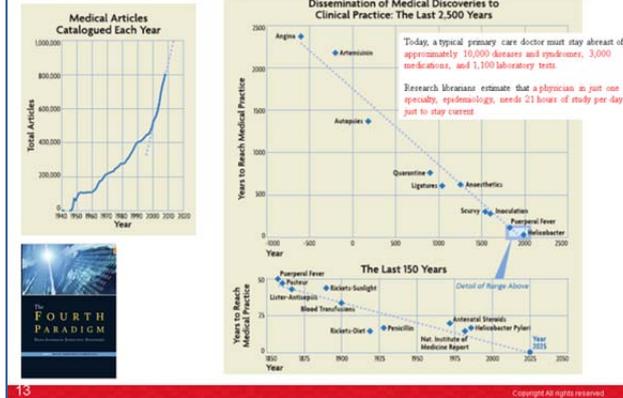
コミュニティー
 物理インフラ
 法律
 価値観とビジョンの共有
 社会インフラ
 社会サービス
 データ

5-3. 社会と技術、そして人間、機械との競争 (協奏、狂騒?)



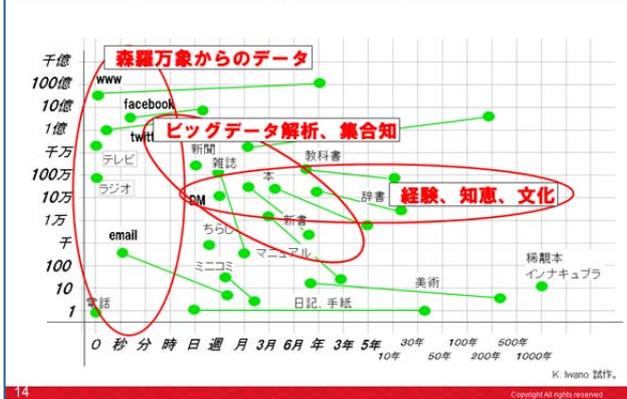
12

5-4. 専門知識の集積とその社会的な還元



13

5-5. 情報の消費スピードと使用者 - 情報の半減期



14

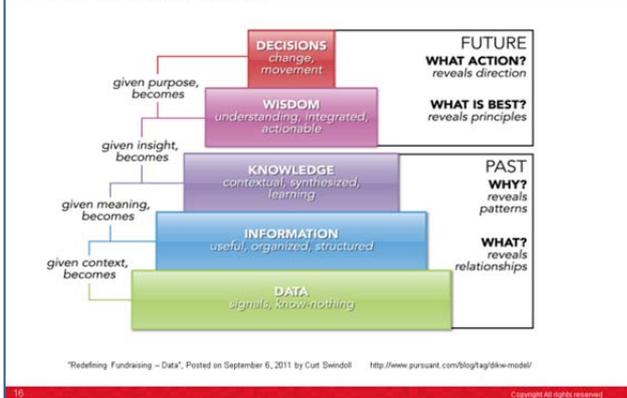
5-6. 集合の力、問題の構造

Project Polymath. One da Vinci changed the world. What if there were thousands? For the first time in history, we're training polymaths.

Galaxy Zoo: Classifying Galaxy Images.

15

5-8. DIKWモデル (参考)



16

1.2 「知のコンピューティングに向けて」

徳田英幸（慶応義塾大学、JST/CRDS 特任フェロー）

これまでのやり方だと、JST がいろいろな人と議論を行い、そこから研究領域を抽出していた。今回は、関連する人々に集まってもらい、そこで議論をするというサミット方式をとることにした。日本ではあまりなじみがないが、米国では、分散コンピューティングやサイバーフィジカルシステムなどにおいて新領域創成においてサミットが行われている。それまで組み込みシステムなどの議論が行われていたサイバーフィジカルシステムも2006年のサミットを契機に、土木などの異分野の研究者も参加するようになった。今回のサミットでは、JST と研究者コミュニティとの共創を目指しており、そのためには双方向のやり取りが重要である。

参加者には将来を議論してもらおう。そこでは、いろいろな技術の統合化によって社会的課題が解決されるのか、そしてどれだけの社会的インパクトを持つのか、ビッグデータとの違いは何か、日本としてのオリジナルな視点は何か、破壊的イノベーションを引き起こすのかそれとも持続的イノベーションなのか、国際協力にはどういう視点が必要か、ということ意識していただきたい。

また、今回はグランドチャレンジについても議論していただく。グランドチャレンジには主に、真理追求型、社会的課題解決型、ハイブリッド型がある。どれを目指すのかも考えていただきたい。

未来技術の視点から言うと、“Singularity”という考え方がある。いずれ機械が人間を超えるという主張である。楽観的に見えるが、技術進歩はべき乗の速度で進むとすると、ということも想定しておかなければならない。また、2035年のモバイル社会を想定するというも行ったが、そこではライフスタイルの多様化と社会システムの最適化という2軸で将来を考えた。こういう視点も必要である。

今回のサミットではストーリーとアウトカムを考え、新しい研究開発の流れを創出する。

JST Wisdom Computing Summit 2013

知のコンピューティングに向けて

徳田英幸
慶應義塾大学
hxt@sfc.keio.ac.jp
http://www.ht.sfc.keio.ac.jp/~hxt

hide tokuda lab.

プログラムの意図

- 1. 知のコンピューティングの土台の知見を共有**
安西先生「知のコンピューティング—視座と展望」
吉川先生「知のコンピューティングへの期待 科学者の役割」
喜連川先生「知のコンピューティングへの期待 ビッグデータの観点から」
- 2. 知のコンピューティングの広がりに向けた話題の提示**
徳田先生「知のコンピューティングに向けて」
- 3. さまざまな分野から知のコンピューティングの側面の提示**
萩田先生「これからのロボットサービス研究
—あなたはどのロボットサービスを選びますか?—」
黒田先生「ITが知識資本の形成にもたらしたもの —その影響と課題」
菊池先生「ビッグデータとパーソナルデータ」
鈴木先生「生涯発達とwisdom」
藤山先生「職業としての人間」
的場先生「材料設計における知のコンピューティング」
清水先生「クラウドソーシング」

Copyright All rights reserved

Outline

- 知のコンピューティングに関する議論
 - メタな議論
 - いろいろな視点
- グランドチャレンジ
 - DARPAの事例など
- 未来予測
 - ファキャストイング vs. バックキャストイング
 - 5-10年後、15年後、20年後の社会のかたち
- 成果のイメージと社会的インパクト
 - 叩き台案 (Ver.0)
- まとめ

hide tokuda lab.

知のコンピューティングに関する議論

hide tokuda lab.

知のコンピューティングの俯瞰図

hide tokuda lab.

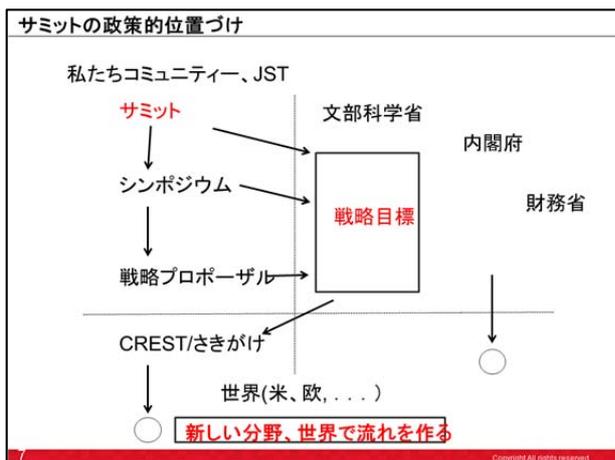
知のコンピューティングに関する議論 (1)

メタの議論

- 研究開発プロジェクトの企画・立案方法
 - Summitによる方式のメリット・デメリット
 - Distributed Common Kernel Workshop 1985 (DARPA)
 - NSF CPS (Cyber Physical Systems) Summit 2006 (NSF)
 - 21st Century User-Centric CPS workshop 2009 (Taiwan)
 - NSF Big Data and Disaster Management 2013 (NSF)

JSTと研究者コミュニティの共創

hide tokuda lab.



- ### 知のコンピューティングに関する議論 (2)
- ・R&Dプロジェクトの枠組み
 - ・真理追求型 vs. 課題解決型 vs. ハイブリッド型
 - ・5年後、10年後、20年後、30年後といったタイムフレーム
 - ・Integrated Cyber and Physical Space
 - ・Sensing->Processing->Actuation
 - ・情報通信に関連する研究テーマ群
 - ・基礎理論、統合化理論
 - ・インフラ技術
 - ・処理・解析技術
 - ・応用・産業利用に関する技術
 - ・社会実装や制度設計に関する研究

- ### 知のコンピューティングに関する議論 (3)
- ・プロジェクトの社会的インパクトと名称
 - ・知とは vs. 英知とは
 - ・Data -> Information -> Knowledge -> Wisdom
 - ・Big Dataを越える視点
 - ・何が違うのか?
 - ・日本オリジナルなR&Dの視点
 - ・CPS, Big Data, ...etc
 - ・破壊的イノベーションの視点
 - ・持続的でなく、破壊的イノベーションを起こすか?
 - ・国際競争力・協調の視点
 - ・QOL向上の視点
- グランドチャレンジの視点
- 

グランドチャレンジ

- ### グランドチャレンジ
- ・人類、世界にとってのグランドチャレンジを知のコンピューティング領域で考える
- ・真理追求型 チャレンジ
 - ・脳の全機能の解明
 - ・社会的課題解決型 チャレンジ
 - ・災害を未然に防ぐ社会の実現
 - ・交通事故も渋滞もない社会の実現
 - ・ハイブリッド型チャレンジ
 - ・ナノロボットにより健康を維持できるシステムの実現

Examples of Grand Challenges

Grand Challenge (1)

- 1) DARPA Urban Challenge
- 2) DARPA Challenge
- 3) The Forth Paradigm (e-Science)

Urban Challenge 2007/11/3



Robot Wars
記事検索

最新ニュース
【2009/04/17】
第15回報告書
「パリアフリー」
2009.レポート
～ロボトスーツ
「HAL」や本田技研
工業の歩行アシ
ストも体験できる
[19:46]
「第12回」ロボッ
トグランプリ」レ
ポート【大連プロ
ンクスタ編】
～自由な発想でつ
くられた、美しい

Urban Challenge現地レポート

米国の無人ロボット車レース-優勝はカーネギー・メロン大学
～完全自律制御車はここまでできた!

米国防務省高等研究計画局(DARPA)の主催による、完全自動制御の無人ロボット車レース「Urban Challenge(アーバン・チャレンジ)」の決勝が11月3日、カリフォルニア州ピクテリルの軍事基地跡で開催された。11台のロボット車が模擬市街地の中で、定められたチェック・ポイントを順番通りにできるだけ早く回るレースで、このうち規定の時間以内に完走できたのは4台。カーネギー・メロン大学のロボット車「Boss(ボス)」が優勝し、賞金の200万ドルを獲得した。複数のロボット車が同時に街中を走るのは世界初めてで、互いにどのように振る舞うのが最大の見ものだったこのレース。現地からその様子をレポートする。

11月3日の米国西海岸時間午前7時半、アーバン・チャレンジの閉会式が始まった。米国防務省下の研究機関であるDARPAのトニー・デザー局長は次のように語った。「今日のレースでいったい何が起きるのか、全く予想がつかない。」



優勝したカーネギー・メロン大学のロボット車「Boss」のゴールの瞬間

DARPA Urban Challenge (1)



© H.Tokuda 2007

Autonomous Ground Vehicles (AGV)11

- ▶ [Car Crash1](#)
- ▶ [Car Crash2](#)
- ▶ [Cornell and MIT](#)

© H.Tokuda 2007

DARPA Robotics Challenge

DARPA ROBOTICS CHALLENGE

HOME OVERVIEW MEET THE TEAMS MEDIA PARTICIPATE TEAM RESOURCES

Welcome to the DARPA Robotics Challenge website

Our national security is vulnerable to natural and man-made disasters and there are often limitations to what humans can accomplish to help remedy these situations or mitigate further damage. Today's robotics are helping, but they are not yet robust enough to function in all environments and perform the basic tasks needed to mitigate a crisis situation.

The goal of the DARPA Robotics Challenge (DRC) is to generate groundbreaking research and development so that future robotics can perform the most hazardous activities in future disaster response operations, in tandem with their human counterparts, in order to reduce casualties, avoid further destruction, and save lives.

Within the coming months, the Challenge will test the participating Teams' robots ability to work in rough terrain and their capacity to use human aids such as vehicles and hand tools in three events.

Learn more about the program and the trials these robots face on the following pages.



© H.Tokuda 2007

DARPA Robotics Challenge (2)

July 03, 2013
Nine Teams Break into the Next Round of the DARPA Robotics Challenge
Chelsea Lang, Managing Editor

While some may be worried for Skynet and a robot uprising, robotics leaders around the globe would tell you we still have a long way to go, which has led many to the DARPA Robotics Challenge (DRC). Last week marked the DRC's first major test: the Virtual Robotics Challenge (VRC). From June 17-21, 26 teams from an original pool of 126 battled to the top six spots in a virtual disaster area, but in an interesting twist, nine teams will be moving to the next round.

Specifically, the DRC challenged entrants to navigate a robot through a disaster zone. If any team is successful, it means that a robot model could potentially replace a human first responder whose life and health could be at risk in an environment such as a collapsed building.

The VRC is designed to test locomotion, perception and manipulation in a virtual environment. And while that may sound relatively straight-forward, a task as simple as turning on a hose can require an entire team of robotics experts and engineers to solve. One guideline of the challenge is to design a robot that is capable of completing the tasks on their own, although they should be built to allow for a human driver as well. So this isn't a system where the robot will sit dormant until a roboticist takes up the remote control.



© H.Tokuda 2007

CRDS-FY2013-WR-05

独立行政法人科学技術振興機構 研究開発戦略センター



The Fourth Paradigm

- First Paradigm
 - Over the last few thousand years, it was **empirical science** describes natural phenomena.
- Second Paradigm
 - Over the last few hundred years, the second paradigm of **theoretical science** using models and generalizations has occurred.
- Third Paradigm
 - Within the last 50 to 70 years, the third paradigm of **computational science** has developed to simulate complex phenomena.
- Fourth Paradigm
 - The fourth paradigm (also known as **eScience**) has developed to unify theory, experiment, and simulation.

hide tokuda lab.

未来予測の視点

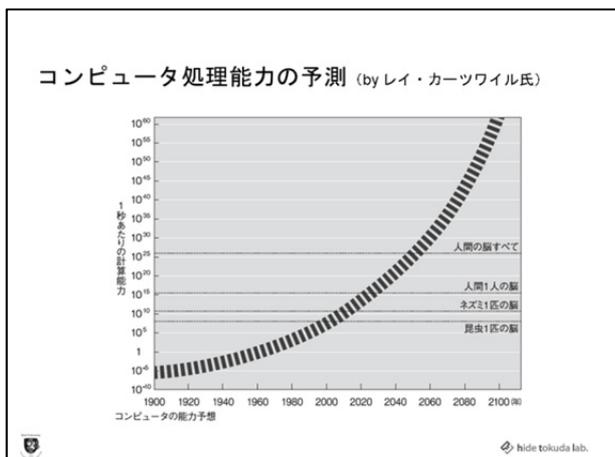
hide tokuda lab.

レイ・カーツワイル氏(特異点論者) との対談

特異点とは、われわれの生物としての思考と存在が、みずからの作り出したテクノロジーと融合する臨界点であり、その世界は、依然として人間的ではあっても生物としての基盤を超越している。特異点以後の世界では、人間と機械、物理的な現実とヴァーチャル・リアリティとの間には、区別が存在しない(「ポスト・ヒューマン誕生」より)

NHK BS-1 [未来への提言]より

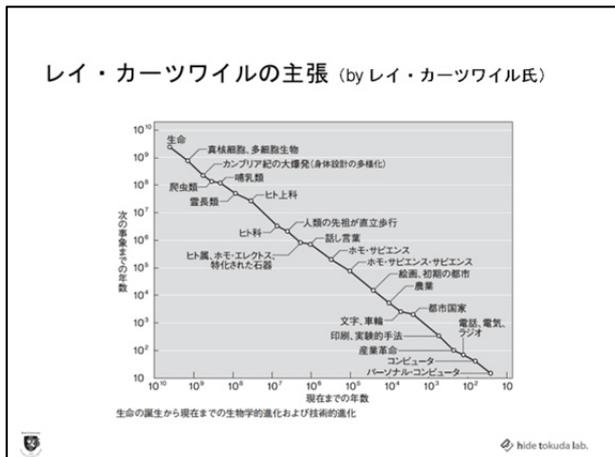
hide tokuda lab.



レイ・カーツワイル氏との対談

- 収益加速の法則
- 生物とテクノロジーの進化
- エポック 1 : 物理と科学: 原子構造の情報
- エポック 2 : 生物: DNAの情報
- エポック 3 : 脳: ニューラル・パターンの情報
- エポック 4 : テクノロジー: ハードウェアとソフトウェアの設計情報
- エポック 5 : テクノロジーと人間の知能の融合: 生命のあり方がテクノロジーによって統合される
- エポック 6 : 宇宙の覚醒: 拡大した人間の知能が宇宙の隅々に行きわたる

hide tokuda lab.



2035年のモバイル社会

- ・ライフスタイルの多様化
- ・社会システムの最適化

フォアキャスティング
バックキャスティング

hide tokuda lab.

- ### 2035年のモバイル社会 (1)
- ・**ライフスタイルの多様化**
 - ・ステップ1：価値観の多様化
 - ・ステップ2：情報共有の広がり・ライフログの蓄積
 - ・ステップ3：もの作りのパーソナル化・地縁の見直し
 - ・ステップ4：専門的情報に対する議論・交流の場の形成
 - ・専門情報のオープン化
 - ・専門家と市民の議論空間形成
 - ・ステップ5：知恵・経験のデータベース
 - ・個人的な知恵・経験のデータベース化
 - ・意識の履歴化
 - ・知識の創造・再生産
- hide tokuda lab.

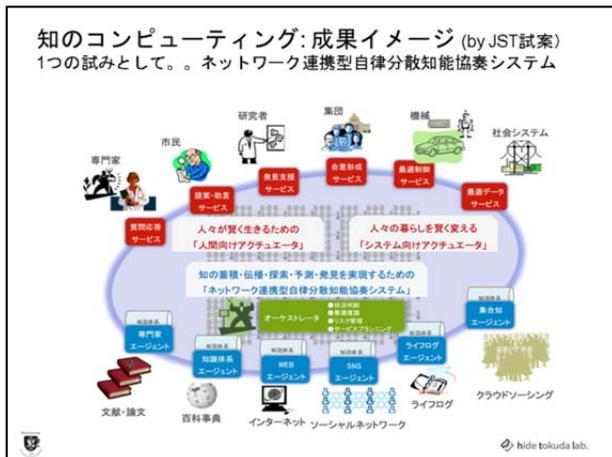
- ### 2035年のモバイル社会 (2)
- ・**社会システムの最適化**
 - ・ステップ1：企業活動の最適化
 - ・ステップ2：ルーティンワークの効率化
 - ・エージェントロボット、ネットワークロボットの普及
 - ・ステップ3：職業のプロフェッショナル化
 - ・ステップ4：シェア文化の支援
 - ・分配最適システムの形成
 - ・消費形態を所有から共有へ移行させるシステムの構築
 - ・ステップ5：マッチングサービスによる社会の最適化
 - ・人と雇用・教育プログラムのマッチングサービス
 - ・あらゆるリソースのマッチングの統合
- hide tokuda lab.

What is the story?
What is the outcome?

hide tokuda lab.

我々がイメージを創出する！

hide tokuda lab.



- まとめ
- ・研究者とJSTとのコラボレーションによる研究戦略目標の創出
 - ・Summitの目標
 - ・新しい研究開発の流れを創出する
 - ・コミュニティの形成
 - ・ビジョンの共有、社会的インパクトの共有
 - ・グランドチャレンジの設定
 - ・研究アジェンダの明確化
 - ・研究領域、分野、課題、インパクト、ロードマップ
 - ・歴史的なSummitにしましょう！
- hide tokuda lab.

Thank you!
www.ht.sfc.keio.ac.jp

hide tokuda lab.

2. 招待講演・話題提供

「知のコンピューティング」の土台的知見を共有するための基調講演・招待講演、「知のコンピューティングの」の広がりに向けた様々な分野からの「知のコンピューティング」の側面に対する話題提供の講演を以下のような有識者の方々よりいただいた。

基調講演（45分）

- 知のコンピューティング ー視座と展望
日本学術振興会 理事長 安西祐一郎

招待講演（各 45分）

- 情報課学者の社会の中での役割
科学技術振興機構 研究開発戦略センター センター長 吉川弘之
- 知のコンピューティングへの期待
国立情報学研究所 所長 喜連川優

話題提供（各 30分）

- これからのロボットサービス研究
ーあなたはどのロボットサービスを選びますか？ー
(株)ATR 社会メディア総合研究所 知能ロボティクス研究所 所長 萩田紀博
- ITが知識資本の形成にもたらしたもの
科学技術振興機構 研究開発戦略センター 上席フェロー 黒田昌裕
- ビッグデータとパーソナルデータ
慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科 特任准教授 菊池尚人
- 生涯発達と Wisdom
白百合女子大学 児童文化学科 教授 鈴木忠
- 職業としての人間
三菱商事(株) 常勤顧問 藤山知彦
- 材料設計における知のコンピューティング
慶應義塾大学 理工学部 教授 的場正憲
- クラウドソーシング
Yahoo! Japan 研究所 主任研究員 清水伸幸
- 知のコンピューティングに対するコメント
科学技術振興機構 研究開発戦略センター 副センター長 有本建男

2.1 知のコンピューティングー視座と展望 安西祐一郎(日本学術振興会 理事長)

知のコンピューティングという概念の背景には、デジタル技術・ネットワーク技術の発展や普及だけでなく、そうした技術に支えられた新しい社会のありようが世界に広がっているという時代の状況がある。このネットワーク社会において人間の知恵と知識はいかにして産み出され、活用され得るか、また人間と社会の価値はいかにして産み出され、向上するか、という問題は、知のコンピューティングなる概念の基礎となるものである。こうした問題を理解し、答えを探究していくには、先端技術の研究開発とともに、人間と社会についての深い洞察と理解が必須である。

本講演では、こうした視座から、人間と社会のありように関する認知科学および情報科学技術からの論点を含むいくつかの例に基づいて、知のコンピューティングについての展望を述べる。

(1) データ、知識、そして Wisdom の違いは何か？

知識や Wisdom についてはこれまでも相当の研究、議論がなされている。それら先達の成果をおさえておくことが必須である。

データは、数字・記号であるのに対し、知識はそれらにタグをつけて（セマンティックを付加し）構造化されたものである。自分の経験により血肉になって使えるもの（ローレンツ）、あるいは②ミツバチの蜜＝誰にとっても同じもの（ポパー）という2種類の見方がある。これは表と裏の関係にある。

Wisdom は、これらと何が違うのか？ Bertrand Russell によると、知恵は Sense of proportion であり、創造力が重要である一方、学習できるものであり、経験を通して増やしていけるものである。人間社会で知識が増えれば知恵も増える。ただし、知恵は経験を通して増える。

(2) ネットワーク社会とは何か？

人と社会の関わり。Infrastructure, Interfaces, Interaction, Individuals の4つのIがかかわってくる。発想・発見は、個人からでるという考え方とインタラクションから出るという両方の見方がある。知のコンピューティングを考える上では、この4つを同時に連携を取りながら検討していくことが必要。特にネットワーク社会における人間同士の Interaction の本質を学術的におさえることが重要になっている。

知識がグローバルに共有されていく中で、大学や教育研究機関が果たす役割は？ デジタルデータシェアリングからナレッジシェアリングへと変わっていく。ここでは、知識はタグ付けされたデータくらいの意である（Meaningful と Semantic は違う。Meaningful は、使う人の価値が入っている。）グローバル化というが、実際はデータや知識の獲得競争になっており、世界の戦略になっている。

(3) 今後の課題

日本において、ビッグデータなどの言葉が多用されているが、みんな縦割り構造になってしまっており、本当に使えるものにはならないと懸念している。

知のコンピューティングをやるのであれば、どういう人が、どのようにかかわっていくのが重要となる。人材育成が大事になってくる。

中教審で審議した第二期教育振興計画が閣議決定された。自立、創造、共働、主体性が柱となっている。主体性とは、受動的な学びから能動的な学びへ。これまでの研究は与えられた情報に対してパッシブ。ビッグデータを扱っていく人がどういう目的をもってどう活用していくかが重要。知のコンピューティングはこれをどう変換していくか。

社会のシステムをデザインするときに、合理的に思考する、データをどう収集してどう加工するのかという学習がとりわけ重要と考えている。

社会の変化。誰でもオンラインで学べる環境。MOOCs。知識の流通が無料で行わると、グローバルオークション（ネガティブオークション）が起り、給与は下がっていく。

サイエンスの側面。オープンアクセスデータ。PLoS ONE が代表的なジャーナル。投稿する側が査読者を選べる。採択率は70%。オリジナリティよりも内容がきちんとしてることが重要。掲載料が高いため、予算が多い研究者ほど論文の数が増える。研究者の評価が難しくなる。こういう環境における「知」とは何か。

情報処理、ネットワークや知識の研究は進んできた。今後は、これら情報科学と人間・社会をつなげるために、人間・社会を情報の側面から科学的に見ていくことが極めて重要な基盤となる。

基調講演

知のコンピューティング —視座と展望—

日本学術振興会
安西祐一郎

科学技術未来戦略ワークショップ
「知のコンピューティング 一人と機械が共創する社会を目指して」 ©Yuchiro Anai
基調講演 科学技術振興機構 川崎市溝の口 2013.7.25 1

Headlines

1. How is knowledge different from data, and how is wisdom different from knowledge?
2. What does a *network society* mean? – Infrastructure, Interfaces, Interaction and Individuals (I⁴)
3. The Japan's need for a network society that can nurture values of societies and individuals through their sustainable/lifelong development
4. Domain Examples
 - A) Political campaign and other social activities
 - B) Innovation in learning and its possible outcomes
 - C) System design and management for social and other kinds of systems
 - D) Human-robot interaction and human-agent interaction
 - E) Open access data and journals: Will the concept of scientific knowledge change?
 - F) Cognitive characteristics in thinking and social cognition
5. Cognitive science as the scientific basis

©Yuchiro Anai 2

1. How is Knowledge Different from Data, and How is Wisdom Different from Knowledge?

How is Knowledge Different from Data?

- **Knowledge** is an organization of information created, maintained, developed and made usable for action *meaningfully* in an individual's mind, particularly in memory, through his/her internal cognitive processes that memorize, store, associate, organize, confirm, reorganize and reconfirm information from the inner and outer environments.
- **Data** are information with particular forms, denoting some attributes or relations of objects or those of events, that can be used by an individual to acquire and use knowledge if properly processed in his (her) cognitive processes.
- **Knowledge can be shared** by people only through appropriate (linguistic or non-linguistic) communication.
- **Data can be shared** by people if they can possess them and *know* their denotations simultaneously.

3

Examples of Relations for Organizing Information/Data to Generate Knowledge

- Cause – Result
- Result – Cause (Causal Attribution)
- Means – Ends
- Hierarchy
- Inclusion
- Category
- Spatial, Temporal, Perspective
- Similarity, Analogy
- Actor –Action
- Possibility, Necessity
- Intention, Belief
- Emotion, Mood
- Cognitive basis of communication
- Social relation
- Procedural relation
- Negation
- Meta-relation
- Others

©Yuchiro Anai 4

How is Wisdom different from Knowledge?

(From Bertrand Russell, *Knowledge and Wisdom*, 1954.)

- Most people would agree that, **although our age far surpasses all previous ages in knowledge, there has been no correlative increase in wisdom.** But agreement ceases as soon as we attempt to define 'wisdom' and consider means of promoting it. I want to ask first what wisdom is, and then what can be done to teach it.
 - I. Sense of proportion
 - II. A certain awareness of the ends of human life
 - III. Emancipation, as far as possible, from the tyranny of the here and now.
- It is true that the kind of specialized knowledge which is required for various kinds of skill has very little to do with wisdom. But it should be supplemented in education by wider surveys calculated to put it in its place in the total of human activities.
- **The world needs wisdom as it has never needed it before; and if knowledge continues to increase, the world will need wisdom in the future even more than it does now.**

©Yuchiro Anai 5

Wisdom, Knowledge and Language

Two (Apparently) Contrasting Views of Knowledge

- 世界についてわれわれが知っていることすべては、われわれの主観的経験を通して知識となったものである。(コンラート・ローレンツ『自然界と人間の運命-Part II』, 訳書1983(原著1978))
- 人間によって産出された知識は、ミツバチによって産出された蜜と類似的なものだと考えることができる。(カール・ボバー『客観的知識-進化論的アプローチ』, 訳書1974(原著1972))

Two (Apparently) Contrasting Views of Language

- 人間の認知が進化した原因として言語を引き合いにだすことは、人間の経済活動が進化した原因として貨幣を引き合いにだすようなものだ。...貨幣が、歴史に先立つ経済活動の中から社会的な制度として記号的な実体を持つようになったのと同じように、言語も、歴史的に先立つ社会的コミュニケーション活動の中から、社会的な制度として記号的な実体を持つようになったのである。(マイケル・トマセロ『心とことばの起源を探る』, 訳書2006(原著1999))
- Well the title of the talk raises a more substantive question. The phrase 'Language and the Cognitive Science Revolutions' presupposes that language exists. That is, that it exists as an independent object of serious study and not as just some arbitrary collection of various phenomena and processes more or less like, say, today's weather -- there's no science of today's weather, although there may be of the many factors that enter into it. (N. Chomsky, *Language and the Cognitive Science Revolution(s)*, Lecture given at Carleton University, April 8, 2011.)

6

2. What does a network society mean?

Infrastructure, Interfaces, Interaction and Individuals (I⁴)

- **Infrastructure:** Ultra-fast digital devices and communication lines, IPV6, Ultra-large databases, Clouds, Data centers, Devices (ex. smartphones, wearables), Sensor networks, Industrial standards (ex. LTE), IPR and other legal specifications, etc.
- **Interfaces:** Document management and formatting (ex. HTML5, EPUB3), Communication tools (ex. LINE, Facebook), Ultra-fast and efficient retrieval/machine-learning/translation/multi-modal systems, Human-centered interactive systems, etc.
- **Interaction:** Peer-to-peer interaction, Social capital development, Economic activities, Political and diplomatic relations, Concepts of organizations and communities, Opportunities for jobs and works, Democracy and political/social systems, Multi-lateralization, Globalization, The flat society, Mobs, Discrimination, Disparity, etc.
- **Individuals:** Lifelong learning and development, Rights and responsibilities for individual's growth and contribution to others, Human rights, Rights and responsibilities for living, healthcare and education, etc.

©Yuichiro Anzai

7

What does a network society mean?

(From P. Drucker "Managing in a Time of Great Change", Routledge, 2012)

For well over a hundred years, all developed countries were moving steadily toward an employee society of organizations. Now the developed countries, with the United States in the lead, are moving fast toward a Network Society in respect to the relationship between organizations and individuals who work for them, and in respect to the relationship between different organizations.

Most adults in the U.S. labor force do work for an organization. **But increasingly they are not employees of that organization. They are contractors, part-timers, temporaries.** And relations between organizations are changing just as fast as the relations between organizations and the people who work for them. The most visible example is "outsourcing," in which a company, a hospital, or a government agency turns over an entire activity to an independent firm that specializes in that kind of work. Even more important may be the trend toward alliances. **Individual professionals and executives will have to learn that they must take responsibility for placing themselves. This means above all they must know their strength and look upon themselves as "products" that have to be marketed.**

©Yuichiro Anzai

8

Global Knowledge Sharing and Future Roles of Educational and Research Institutions

Yuichiro Anzai
Japan Society for the Promotion of Science

Invited Lecture
International Symposium on Global Knowledge Circulation
"Designing Integrated Social Infrastructure"
The Graduate University for Advanced Studies
December 14, 2012, Shonan Village Center, Kanagawa

©Yuichiro Anzai

9

Abstract

Knowledge in the globalized society is not one traditionally called 'knowledge' in the past. In the globalized society, knowledge is distributed in a second to every nook and corner in the world, and shared easily in the next second by anyone who wants to share that knowledge.

The impact of this mega-scale knowledge sharing that may cause understanding and misunderstanding among billions of people is overwhelming, and may be beyond our general imagination for the acquisition and understanding of knowledge.

In particular, roles of educational and research institutions, such as universities, will possibly be drastically changed under this stream of global knowledge sharing.

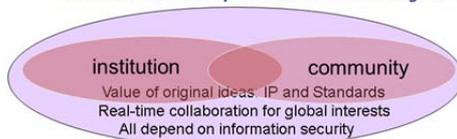
The talk addresses what the new roles of those institutions will be and how they can function effectively in the future, based on my experience in research on informatics and cognitive science, university administration, and the management of a representative research funding agency.

©Yuichiro Anzai

10

Global Knowledge Sharing: Roles of E&R Institutions

- Knowledge Source Model Institution as Source of Knowledge
- Knowledge Interaction Model Interaction of Institution and Community
- Knowledge Globalization Model Institution-Community Interaction in Knowledge-Sharing World



- ◆ Respect for Values of Originality and Creativity
- ◆ Nurturing Humans with Global Knowledge, Wisdom and Sincerity
- ◆ Globally Significant Academic Production and Archiving
- ◆ Social Innovation and Contribution to Global/Local Societies
- ◆ Collaboration for Solving Global/Local Issues

11

From Digital Data Sharing to ...

- Books, dictionaries and documents
- Libraries and museums
- Maps, blueprints and prototypes
- Environmental data (cities, organisms, agriculture, fishery, forestry, atmosphere, ocean, space, meteorology, seismology, disaster ...)
- Data from political, diplomatic, economic and social factors
- Data of IPRs, legal cases and ethical misconducts
- Data from human living and medical care
- Data of research and development
- Textbooks and educational materials
- Open learning environments (ex. Massive open online course; MOOC)
- New search methodologies (ex. Google's Knowledge Graph)

©Yuichiro Anzai

12

The Change of the World, and of Knowledge

1985 Plaza Agreement: Liberalization of exchange rates
 1989 Fall of Berlin Wall: End of the Cold War
 mid 1990's Release of the Internet to market: Beginning of the loosely connected open society

1. Increasing size and complexity of data shared across borders and people consequences the **change of knowledge**.
2. Increasing multi-polarity and complexity in politics, economy, foreign policy and social systems (nation, ethnicity, language, culture, religion and other dimensions) consequences the necessity of the **change of thinking style** to deliberate but swift decision making.
3. Increasing speed and personalization of information media consequences the **change of how to acquire and use knowledge**.

3. The Japan's need for a network society that can nurture values of societies and individuals through their sustainable/lifelong development

- 1989年 ベルリンの壁崩壊
- 1990年 東西ドイツ統合
- 1991年 国内経済バブル崩壊・団塊ジュニア世代の就職難
- 199X年 ユーロ通貨圏の形成
- 1990年代半ば インターネット商用化・デジタル携帯普及
- 1996年 阪神淡路大震災
- 2001年9月11日 アメリカ同時テロ
- 2000年代半ば 規制緩和と政策により国内景気回復
- 2008年後半 リーマンショック
- 2009年 政権交代
- 2010年 第二次就職氷河期始まる
- 2010年 ユーロ危機、続く地域紛争
- 2011年 東日本大震災
- 2011年 日米欧経済危機、就職のグローバル化、中東・アフリカ政変
- 2012年 EU危機、アジア・太平洋地域への注目
- 2013年 政権交代、経済再生策

招待講演・話題提供

世界潮流の変化と人材育成

- コミュニケーションの質とスピードが高まる。
- グローバル社会への個人のコミットメントが強まる。
- 個人がメディアに直接参加する機会が増える。
- データベースのサイズと多様性が高まり、国境をこえて地球規模で共有される知識の量が拡大する。
- 自ら考え、自ら行動し、同時に文化的背景の違う人間と協力できる人材が重要になる。
- お互いを理解し、世界に存在する諸問題を発見・解決するための、論理的・倫理的・開放的・臨機応変的コミュニケーションスキルが重要になる。
- 一人でも多くの人を幸福にできる仕事を自分で得る力が重要になる。
- 学び続けることのできる力が重要になる。
- 政治、経済、外交、社会システム、科学技術政策などが多様で複雑になり、それらの利害を深い思慮と戦略を持って調整する能力が重要になる。
- 専門知識の基礎を実用に耐えるように叩き込むことが重要になる。
- 人的ネットワークとデジタルネットワークをインフラとして知の協働を実現する「21世紀に生きる力」を育む生涯学習環境が必要になる。

人間の時代への発想 (1985)

問題解決者としての私たち人間は、「自分でさまざまな新しい目標を創り出し、それに向かって進むための、すばらしい心理的能力を発揮することができる存在」であり、また、「問題を解決する」というのは、そうした能力を発揮することによって、自分で創り出したさまざまな新しい目標に向けて進むことをいうのである。(『問題解決の心理学』, 1985)



これからの教育 (2008)

教育が日本をひらく

グローバル社会への提言

安西祐一郎

人はだれでも、多くの能力を秘めてこの世に生まれてくる。その能力を自分で発見し、磨き、他者に貢献することを通して、よるこびと毎日の糧を得る。この世に生まれてくる人間一人ひとりがこうした人生を送れるようにすること、それがこれからの教育の役割である。(『教育が日本をひらく』, 2008)

これからの日本の教育はどうあるべきか、日本はどんな国として生きていくべきかを問う必要がある。今考え、そして行動することが重要である。

『デジタル脳』が日本を救うー21世紀の開国論 (2010)

21世紀の開国論

デジタル脳が日本を救う

安西祐一郎

デジタル脳が日本を救う

ガラパゴス化した日本を変えるのはネット世代だ!

デジタルとネットが世界を動かす ネット世代の台頭 デジタル革命のインパクト 「頼れる若者」増やす教育 ネット世代と「日本」

心と脳と社会 (2011)

何かを感じ、知り、考え、学び、記憶し、ことばを使うこと、身体とともにあること、感情や意思や知識を心の中に産み出し、人と語り合い、絆を築き、社会と文化を創り出していくこと、これらはみな心のはたらきであり、脳のはたらきから生まれるものです。(『心と脳』, 2011)



©Yasuhiro Anzai

Domain Examples A:

Political Campaign and Other Social Activities

ネットワーク社会のコミュニケーション: 対面とネットの相違点
(『心と脳』岩波新書, 2011, pp.261-267参照)

- 知覚情報の量と質
- 推論の量と質
- 意識下の情報処理の量と質 (ex. 「正直シグナル」)
- 注意の範囲
- 情報共有の量と質
- 隠れた意図、コピー、デフォルメ、ウソ、詐欺などの質と量
- 記憶方略、思考方略、発話方略など
- 紐帯維持の量と質 (ex. ダンパー数、共感の共同体、SNS)
- その他

©Yasuhiro Anzai

参院選 (2013.7.21投票)における 世論調査情報と公示日 (2013.7.4) ツイッター情報の比較



毎日新聞と立命館大 (西田亮介特別招聘 (しょうらい) 准教授) はネット選挙共同研究の一環として、ツイッター上でつぶやかれる政策関連のツイートを「原発」の投稿 (ツイート) 数から抽出して分析した。原発が公示された7月4日のツイートを分析したところ、発着のツイートと転送・引用するリツイート (RT) 幅幅によって拡散する原発の大きさ、特定のツイッター利用者が集中的にRTしていることが確認された。
<http://senkyo.mainichi.jp/2013san/analyze/20130709.html>

©Yasuhiro Anzai

同参院選候補者のツイート利用内容

参院選公示から1週間、候補者の発信とツイッターユーザーのツイートを比較した。期待された政策対話は起きず、候補者とユーザーのすれ違いが目立つ結果が浮かびあがる。



各党候補者がつぶやいた主な単語 ※10未満は切り捨て
作図: infogra.me

○意見告知、つぶやきの大半→候補者
○「日本」突出、行く来ない? →利用者
毎日新聞と立命館大は17日、ネット選挙共同研究として、参院選公示日の4日から1週間、各党候補者がツイッターで投稿 (ツイート) した内容を分析し、同じ期間にツイッター利用者から政策等についてつぶやいた言葉と比較した。候補者は「演説」「選挙」「駅」など政策関連の発着や発信が中心だったが、利用者側は「日本」が突出して多く、「演説」などの政策関連の発着や発信が期待された。ネット選挙の解禁によってインターネットの双方利用者が政治と国民の政策対話を促進する効果が期待されているが、現状ではすれ違いが目立つ。
<http://senkyo.mainichi.jp/2013san/analyze/20130718.html>

©Yasuhiro Anzai

Domain Example B:

Innovation in learning and its possible outcomes グローバル化・多様化の進む世界と求められる力

- コミュニケーションの質とスピードが高まる。
- グローバル社会・地域社会への個人のコミットメントが強まる。
- 個人が双方向メディアに直接参加する機会が増える。
- 文化・言語の背景の違う人とのインタラクションを持つ機会が増える。
- 個人の知識力が重要になる。
- 生涯楽しく学び続ける学習継続力が重要になる。
- データリテラシー・合理的思考力が重要になる。
- 予想外の変化に即座に対応する臨機応変力が重要になる。
- 答えのない問題に自分で答えを産み出す「主体性」が重要になる。

子どもたちの直面する社会・教育問題

- 少子高齢化の急速な進行と生産人口の減少
- 労働市場の構造変化
- 雇用の混乱 - 就活問題、正規・非正規雇用の分業
- 地域経済の窮乏と地域社会の過疎化
- 社会保障費の急増と国家財政の逼迫
- 国際的求心力の喪失 (Japan passing)
- 他国・他地域との国際関係
- 就学前・高大教育費負担と少ない公財政支出
- 高校教育の多様化、大学入学者選抜問題
- 大学教育のユニバーサル化、大学の閉鎖性
- 生徒・学生の不活性化
- 児童虐待、いじめの急増
- 格差 (学力格差、学習格差、所得格差、知識格差、雇用格差)

「主体的に学ぶ」への質的転換 - 21世紀にふさわしい学びの場の創造 -

1. 「受け身の教育」から「能動的学習」へ
2. 「一方通行」から「ディスカッション」へ
3. 「まだらの知識」から「関連した知識」へ
4. 「教科ばらばら」から「教科横断・縦断」へ
5. 「まる暗記力」から「判断力」へ
6. 「何のためかわからない」から「目標を持つ」へ
7. 「つまらない」から「楽しい」へ
8. 「他人と比較」から「自分と比較」へ
9. 「学びを共有できる友達はいない」から「友達はたくさんいる!」へ
10. 「先生はひとり」から「先生は複数」へ
11. 「授業時間の中で学ぶ」から「いつでも学ぶ」へ
12. 「教室の席に座って学ぶ」から「どこでも学ぶ」へ

©Yasuhiro Anzai

学びのイノベーション

創造的復興教育協会
Creative Recovery Education Association
http://www.crea.or.jp/

学びのイノベーション事業 実証校

(小学校10校、中学校8校、特別支援学校2校)

©Yushiro Arai

招待講演・話題提供

学びの場を通して主体性を身につける

東京都日野市立平山小学校での小学校6年生と3年生の授業

フューチャースキルズプロジェクト (FSP) 研究会 (6企業・5大学) による大学1年生産学協同授業

27

SOI (School On Internet) Asia by SFC Keio University

-based on satellite Internet technology

24 Partner Universities in 12 Countries

- Thailand**: Chulalongkorn University, Asian Institute of Technology, Chulachomklao Royal Military Academy, Prince of Songkla University
- Laos**: National University of Laos
- Myanmar**: University of Computer Studies
- Indonesia**: Brawijaya University, Sam Ratulangi University, Hasanuddin University Kampus Tamalanrea, Institut Teknologi Bandung, Universitas Syiah Kuala
- Malaysia**: Universiti Sains Malaysia, Asian Institute of Medicine, Science & Technology
- Vietnam**: Institute of Information Technology
- Philippines**: Advanced Science and Technology Institute, University San Carlos
- Nepal**: Tribhuvan University
- Cambodia**: Institute of Technology of Cambodia
- Bangladesh**: Bangladesh University of Engineering and Technology
- Mongolia**: Mongolian University of Science and Technology
- Japan**: Tohoku University, Tokyo University of Marine Science and Technology, Japan Advanced Institute of Science and Technology, Keio University

Copyright © 2006 Keio University

- Brawijaya University, Indonesia
- Hasanuddin University, Indonesia
- Sam Ratulangi University, Indonesia
- Asian Institute of Technology, Thailand
- National University of Laos, Laos
- Advanced Science and Technology Institute, Philippines
- University of Computer Studies, Yangon, Myanmar
- Asian Youth Fellowship, Malaysia
- Chulalongkorn University, Thailand
- Institut Teknologi Bandung, Indonesia
- Institute of Information Technology, Vietnam
- Universiti Sains Malaysia, Malaysia
- Mongolian University of Science and Technology, Mongolia
- Prince of Songkla University, Thailand
- Chulachomklao Royal Military Academy, Thailand
- Keio University Shonan Fujisawa Campus, Japan
- Universitas Syiah Kuala, Indonesia
- University San Carlos, Philippines
- Bangladesh University of Engineering and Technology, Bangladesh
- Institute of Technology of Cambodia, Cambodia
- Tribhuvan University, Nepal

Copyright © 2006 Keio University

教育へのデジタル革命のインパクト

- 今の数十倍の高速ネットワークを子どもでも使える環境が得られる⇒最先端技術なら今の1000倍以上すでに実現。ここでは「誰もが使える」という意味。
- 世界第一級の知識がどこでも得られるようになる⇒知識の意味が変わる。
- 情報サービスが暮らしの奥深くまで入ってくる⇒誰でもどこでも学べる時代になる。
- あらゆるものがデジタル端末化してつながる⇒教科書、教材、参考資料、ノートなどがデジタル化されてネットワークからいつでもどこでもダウンロードでき、主体的な学習が容易になる。
- 心のはたけに合ったデジタル端末が開発される⇒認知科学の成果を教育に取り込むヒューマン・コンピュータインタラクションの先端技術が導入される。自分の学習履歴をみながら学ぶ方法が出てくる。
- 教育は「追いつき追い越せ」教育から「一人ひとりの生涯教育」に向かう
- 格差を克服しセーフティネットを支えるコスト削減が実現できる。
- その他

『「デジタル脳が日本を救う—21世紀の開国論」(講談社,2010)より』

©Yushiro Arai

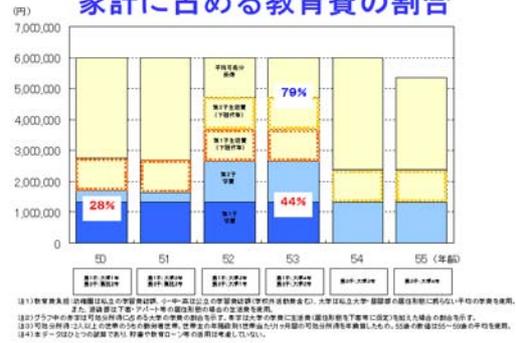
新しい教育を支える(直近の)デジタル技術開発と関連課題

1. デジタルコンテンツの拡充と知的財産権問題、セキュリティ問題のクリア
2. コンテンツフォーマット、オーサリングツール、学習ツール、インタフェース等のオープン化・標準化
3. 多様な汎用基本ソフト・ネットワーク環境に適合したインタフェース、ツール、コンテンツ等の技術開発
4. 高速無線LAN, WiMAX, LTEなどの通信環境の普及整備
5. 学習に適したヒューマンインタフェース技術、端末技術への抜本的改革
6. 特別支援教育等に適合したコンテンツ、ツール、インタフェース等の開発
7. 人間の思考・学習機能に適合したコンテンツ、ツール、インタフェース等の開発
8. コンテンツ、ツール、インタフェース等の評価方法の開発
9. 教育へのデジタル技術の新しい活用法の開発
10. 校務の情報化、学習履歴記録のシステム化などの(セキュリティを含む)ソリューション改革
11. ベテランや新任教員がデジタル技術の利用法を身につける環境の開発
12. コンテンツ、ツール、インタフェース、ハードウェア、ネットワーク等の入手・更新・整備方法の改革(従来の設備品購入手続きからの脱皮)
13. その他

©Yushiro Anzai

31

家計に占める教育費の割合



©Yushiro Anzai

32

雇用開発

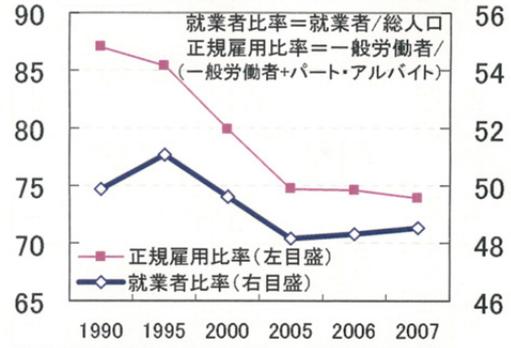
産業構造転換を見越した雇用開発と人材育成

- 製造業のための要素技術の高度技術者の雇用開発
- 製造業における「システム化」を担う雇用の開発
- 第三次産業の高度化を担う人材の育成と雇用開発
- 医療、介護、防災、環境、教育等のサービス産業におけるイノベーションや高付加価値化を担う人材育成と雇用開発
- 地方自治の推進や地方経済の産業構造転換を担う雇用の開発
- 営業のできる大学院修了者(とくに博士号取得者)の育成と雇用の開発
- 世界中どこでも平気で暮らせる強さと柔軟性と知力を持った大卒中堅層が多数求められている。
- 雇用の流動性増大に対する安心の確保、同一労働同一賃金を考慮することが必要。

©Yushiro Anzai

33

低下していく正社員の比率 %

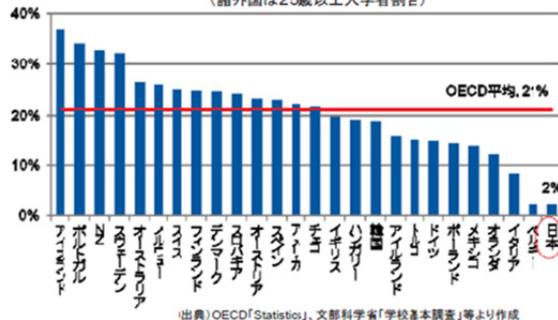


出所: 厚生労働省「毎月勤労統計」、総務省「国勢調査」

©Yushiro Anzai

Copyright © 2009 Yushiro Anzai

社会人入学割合の国際比較 (諸外国は25歳以上入学割合)



出典) OECD「Statistics」、文部科学省「学校基本調査」等より作成

©Yushiro Anzai

35

The Lack of Opportunities for Learning?

And unlike in elite European and U.S. universities, pedagogy in China, Japan, and South Korea relies heavily on rote learning; students are passive listeners, and they rarely challenge one another or their professors in classes. Learning focuses on the mastery of content, not on the development of the capacity for independent and critical thinking.

The traditional Asian approaches to curricula and pedagogy may work well for training line engineers and midlevel government officials, but they are less suited to fostering leadership and innovation.

-R. C. Levin, "The Rise of Asian Universities", Foreign Affairs, May/June Issue, 2010.

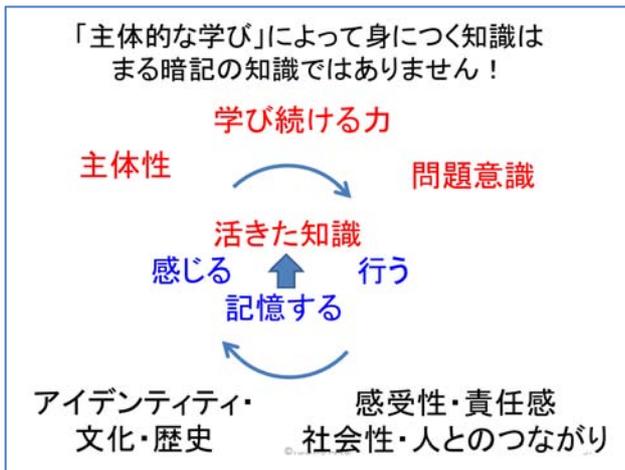
The Lack of Opportunities for Intellectual Work?

... some national research systems, such as that of Japan, are not particularly flexible and discourage scientists from spending too much time abroad.

-Nature Vol.490, No.7420 p.310, October 18, 2012. Editorials "The Changing Map of Science"

©Yushiro Anzai

36



- ### ネット世代とは？
1. **第1次ネット世代**：1980年～1990年生まれ（小学校半ばでバブル崩壊、中学卒業の頃からインターネット・デジタル携帯時代）
 2. **第2次ネット世代**：1991年～2000年生まれ（生まれたときから経済は右肩下がり、東西冷戦・ソ連を知らない世代、ものごころつくときにはネット・デジタル携帯時代）
 3. **第3次ネット世代**：2001年～2010年生まれ（小学校でスマホ時代、先の見通しの立たない時代に生まれ育つ、新しい公教育の恩恵を受ける可能性のある最初の世代）
 4. **第4次ネット世代**：2011年生まれ以降（2020年（これまでのサイクルを踏襲するなら次期学習指導要領改訂のころ）に10歳、2050年に40歳の働き盛り、90歳で22世紀を迎える）

- ### Massive Open Online Courses: MOOCs (誰でもオンラインで学べる学習環境)
1. 学びたい人は誰でも、いつでもどこでも自分のペースで学ぶことができる。（発展途上国などで学ぶお金や質の高い教育を受ける機会のない人たちも）
 2. 学んでいる人は誰でも、学びの内容を共有し、議論することができる。
 3. 知識を広めたい人は誰でも、広める手立てを持つことができる。
 4. 学習環境を「組み合わせる」多角的な環境で学ぶことができる。
 5. 2012年現在の例
 - Kahn Academy
 - MIT OpenCourseWare, JOCW
 - edX (Harvard/MIT)
 - Coursera(Stanford)
 - Keio University SFC-GC (Global Campus)
 - Others

- ### MOOCs Ranking by BDPA (Black Data Processing Associates) Detroit Chapter July 2013
- Udemy Free Courses (Online courses, anytime, anywhere)
 - iTunesU Free Courses
 - Stanford Free Courses (Coursera: Take the world's best courses, online, for free.)
 - UC Berkeley Free Courses
 - MIT Free Courses (edX: Take great courses from the world's best universities.)
 - Duke Free Courses
 - Harvard Free Courses
 - UCLA Free Courses
 - Yale Free Courses
 - Carnegie Mellon Free Courses
-
- Udacity (Learn, Think, Do.)
 - Futurelearn (Learning for life)
 - Khan Academy (A free world-class education for anyone anywhere)

大学の情報公開標準化の例： College Scorecard (米国) College Portrait (米国)

コメントの例: R. Perez-Pena, Scorecard for Colleges Needs Work, Experts Say, The New York Times, Feb. 13, 2013. http://www.nytimes.com/2013/02/14/education/edpages/college-scorecard-needs-work-experts-say.html?_r=0

大学の情報公開標準化の例：Unistats (英国)

Unistatsの利用データ例

<http://registrarium.wordpress.com/tag/unistats/>
(posted May 15, 2013)

Since its launch in September 2012, the Unistats web-site has received over 3.8 million page views and over 175,000 unique visitors – an average of 584 new visitors per day. The site is used extensively by prospective higher education students, their parents, careers advisers, teachers and higher education staff. The research, commissioned by the Higher Education Funding Councils, looks at the site's position in the market and how it is perceived and used, as well as issues such as navigation, search, filter and comparison functions, and data presentation. A separate report by the Higher Education Statistics Agency (HESA) focuses on the experiences and views of higher education institutions. Key findings include: The average length of visit to the site is over eight minutes (a long time compared with use of other web-sites). Many users regarded the independent and authoritative nature of the site as one of its key strengths. Prospective students, current students and parents were more positive about the site than careers advisers, teachers and higher education staff and more likely to describe the site as 'useful' and 'easy to get around'.

批判の例： At the Heart of the Higher Education Debate, The Times Higher Education, 2012.11.15 <http://www.timeshighereducation.co.uk/421816.article>

Domain Example C:
System design and management
for social and other kinds of systems

新しい社会の人間科学
ーネットワーク社会のシステムデザイナーー

SFC秋学期授業 第1回
2012.9.27

なぜこの授業を開講するのか

従来からSFCでは、ネットワーク社会における政策、文化、技術などをテーマとした授業が行われています。この授業では、**人間科学を基盤とし、合理的思考**によって新しいネットワーク社会を築いていくための**システムデザインとマネジメント**の方法について、とくに**教育政策および学術研究政策**を例として学習します。

©Yuchiro Anzai

44

履修登録可能者を決めるための提出課題



上図が示すように、高校生の中で特に学力中間層と呼ばれる生徒の学習時間(各年の棒グラフ右から2番目、学校外、平日のみ、予備校などでの学習を含む)が、1990年～2006年の約15年間でほぼ半減(112.1分⇒60.3分)しています。中間層以外の高校生については、学習時間は多少減っていますが、中間層ほどではありません。こうした「結果」が起こった「原因」(複数あり得る)は何だと考えられるか、できるだけ合理的な思考に基づくとともに、他人が読んで理解しやすいだけの確かな文章表現によって、自分の考えを述べなさい。

45

合理的思考に基づく教育政策・研究政策デザイン課題(例)

1. 学力中間層の高校生の学習時間が激減したのはなぜか。それをどうしたらよいか。
2. 日本の大学生の学修時間がきわめて少ないのはなぜか。それをどうしたらよいか。
3. 日本の教育を考えると、必ずと言ってよいほど突き当たる問題として大学入試がある。現在の大学入学者選抜のあり方を是とすか非とするか。非とする場合、大学入学者選抜の方法をどうすればよいか。
4. 海外に留学する日本人の数が減っているとよくいわれる。この言明は正しいか。また、正しいとすればどうすればよいか。
5. 家庭、コミュニティ、就学前教育、初等中等教育、(後期中等教育、)高等教育、(大学院教育)、およびこれらの接続部分のどれを抜いても、教育の全体像はつくれぬ。それぞれについて、何が問題と考えるか。それらをどうすればよいか。
6. 大震災による被災地の復興を機会に、未来に向けた新しい教育のありかたをデザインし、被災地において実践する試みが考えられる。このような試みは可能か。可能とすればどのようにデザインし、実践すればよいか。

©Yuchiro Anzai

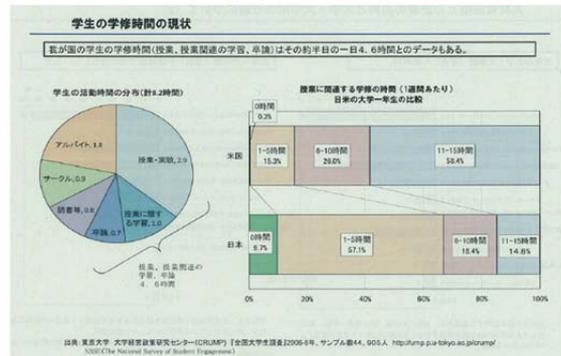
46

7. デジタル技術、インターネット技術を教育に導入することで、未来に向けた新しい教育を実現していくことができると考えられる。この言明は正しいか。正しいとすればどのようにして実現できるか。
8. 日本の大学は外国教員の比率が小さく、留学生数の比率も小さいとよくいわれる。この言明は正しいか。また、正しいとすればどうすればよいか。
9. 2000年以降のノーベル賞受賞者数の国際比較で日本は世界第2位にある。ところが、この時期に出版されたトップレベル研究論文数の割合については、日本はむしろ低下している。これはなぜか。またどうしたらよいか。
10. 大学における研究の活性化が、日本の研究戦略全体における中心的な課題になりつつある。これはなぜか。またどうしたらよいか。
11. 学術研究を国際戦略として考えなければならない時代になったといわれる。この言明は正しいか。正しいとすればどのような国際戦略を立てるべきか。
12. とくに科学技術について、基礎研究から実用化までの道程の間に、「死の谷」と呼ばれる、越えることの困難な部分があるといわれている。この言明は正しいか。また、正しいとすればどうすればよいか。
13. 大学と産業界が連携して共同で研究(科学技術だけでなく社会科学、政策科学、社会システムなどを含む)を行う産学連携の重要性が言われて久しいが、成功例がたぐさばるとはいえない。この言明は正しいか。正しいとすればどうすればよいか。

©Yuchiro Anzai

47

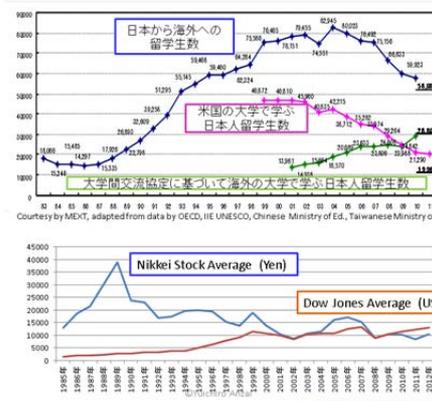
2. 日本の大学生の学修時間がきわめて少ないのはなぜか。それをどうしたらよいか。



©Yuchiro Anzai

48

4. 海外に留学する日本人の数が減っているとよくいわれる。この言明は正しいか。また、正しいとすればどうすればよいか。



49

招待講演・話題提供

日本から海外への留学者数の推移

(2010年の留学者数/2000年の留学者数) ↑ or ↓^{*,**}
(カッコ内は2010年の留学者数で、2010年に1000人以上留学した国等のみ記載)

- アジア 1.42 (20,842):
 中国 1.22 (16,808), 韓国 1.87 (1,147), 台湾 1.26^{***} (2,302)
- ヨーロッパ 0.94 (10,215):
 英国 0.62 (3,851), ドイツ 1.05 (2,135), フランス 1.21 (1,743)
- オセアニア 1.18 (3,401):
 オーストラリア 1.10 (2,413)
- 北米 0.49 (23,387):
 米国 0.46 (21,290), カナダ 1.42 (2,097)
- 中南米 19.33 (174)
- 中近東 1.86 (41)
- アフリカ 0.00 (0)
- 合計 0.76 (58,060) 米国を除いた小計 1.23 (36,770)

*Source: "Open Doors" for US, Ministry of Ed. for China, Ministry of Ed. for Taiwan, OECD Ed. at a Glance for OECD countries (except CBE data 2001 for Canada 2002 & 2003), UNESCO Inst. for Statistics for others.
 ** The approx. number of Japanese 18-yr-olds in 2010/that in 2000 = 1.22M/1.51M = 0.81.
 ***2010/2002

合理的思考とは何か？

1. 道理(生死の必然性と偶然性、公正さ、徳、善など、人間と社会が備えていると考えられる基本的な支え)について熟考し、
2. 認知的制約を知り、社会的条件を熟考したうえで、
3. ものごとの属性や関係や規則に関する妥当な(思慮分別のある、バランスの取れた)推論を行うことによって、
4. 新しい結果を産み出す(とくに目標を達成するための新しい結果を産み出す)

思考のことを、「合理的思考」(rational thinking)と呼ぶ。

- いろいろなものごとに対して真偽の値が決められているとき、真の値を取るものごとをたどって思考することを「論理的思考」(logical thinking)と呼ぶ。
- 「合理的思考」と「論理的思考」は意味が異なる。

システムデザインとは何か？

System design refers to an activity, by creating new, or receiving given goals and functions, to realize a unique concrete figure of a system that may achieve them, as a result of deliberate consideration into the dynamic balance of virtually all the factors that possibly affect the system's performance, such as its goals, functions, future environments, customers' tastes, and others.

システムマネジメントとは何か？

System management refers to an activity to create, plan, organize and perform various actions in coordinated and integrated fashion for achieving and maintaining goals of the system, by keeping creating its appropriate goals and functions, while coping with uncertainty, unpredictability and changes of environments.

慶應義塾大学大学院システムデザイン・マネジメント研究科特別講義より
©Yusufko Anzai

Domain Example D: Human-robot Interaction and Human-agent Interaction

Human-Robot Interaction by Information Sharing

Yuichiro Anzai, Japan Society for the Promotion of Science
The 8th ACM/IEEE Int'l Conf. on Human-Robot Interaction March 4, 2013 National Museum of Emerging Science and Innovation, Tokyo



ROBODEX2000



Sharing X



出典: Michael Tomasello and Josep Call, Methodological Challenges in the Study of Primate Cognition, Science, vol. 334, 1227-1231, 2 December 2011.

T.Kashiwabara, H.Osawa, K.Shinozawa and M.Imai, Proc. of the 30th ACM International Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI2012), May, 2012.

Project History

- Project PRIME (Physically-grounded human-Robot Interaction in Multi-agent Environment) started in 1991.
- A more recent project is ongoing at Imai lab (formerly Anzai-Imai lab), Keio University
- The present goals are to develop advanced HRI and HAI systems, while paying attention to both of interaction and technology.
- One feature in common (from my point of view): **Sharing X**

Thanks are due to N. Hagita, K.Hiraki, M.Imai, H.Ishiguro, M.Kamashima, T.Kanda, T.Kashiwabara, N.Narumi, T.Ono, H.Osawa, D.Sakamoto, M.Sato, K.Shinozawa, O.Sugiyama, T. Yakoh, Y.Yamamoto, N.Yamasaki, and other members of Imai lab (formerly Anzai-Imai lab), colleagues at ATR Laboratories, and others involved in our project.

What is Interaction?

- Interaction is defined as inter-action of at least two information agents.
- An action is defined as an operation that may change the internal state of another agent.

What is Sharing in interaction?

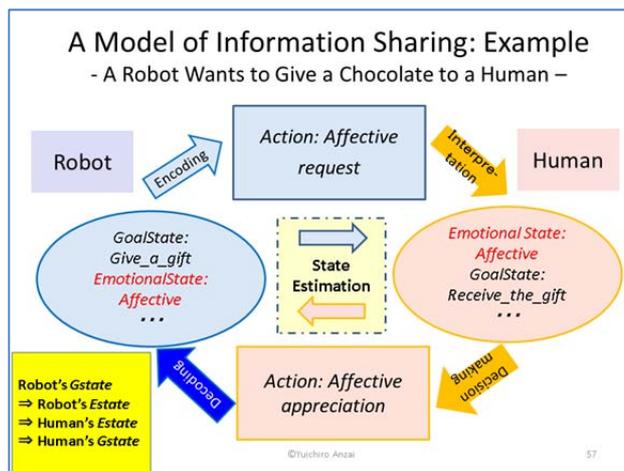
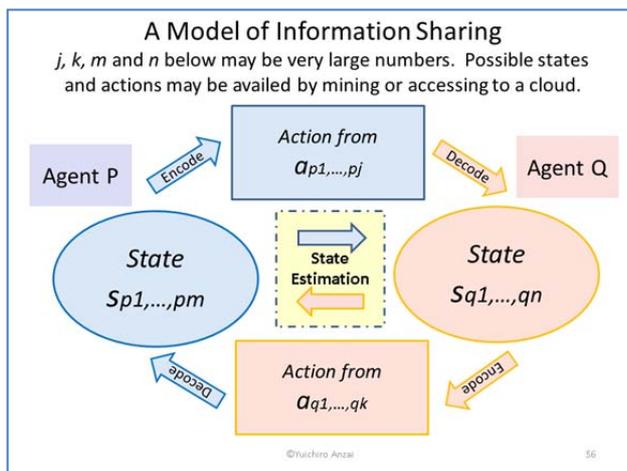
- Sharing X in interaction refers to mutually knowing (or believing) of the interacting agents, in which one agent knows X, the other agent knows X, and each agent knows that the other knows X.

©Yusufko Anzai

Examples of Results from the Project

- Sharing behavioral protocols (social rules)
- Sharing attention
- Sharing word meanings
- Sharing cognitive space
- Sharing gestures
- Sharing affect
- Sharing goals or (apparent) intentionality (1)
- Sharing goals or (apparent) intentionality (2)
- Sharing gaze

©Yusufko Anzai



Domain Example E: Open access data and journals: Will the concept of scientific knowledge change?

日本著者論文の助成金獲得状況(2011年)

	Articles	Funding Agencies	Funds / Articles	Funded articles	Funded %
PLoS ONE	663	1,615	2.4	627	94.6%
Japan(Total)	70,671	97,077	1.4	41,547	58.8%
Biology	414	621	1.5	274	66.2%
BioChem Mol Bio	4,095	7,959	1.9	3,285	80.2%
Nature	77	395	5.1	72	93.5%
Science	79	280	3.5	74	93.7%
Univ. Tokyo	6,899	17,462	2.5	5,130	74.4%

PLoS ONE掲載論文の助成金獲得状況(2011年)

	Articles	Funding Agencies	Funds / Articles	Funded articles	Funded %
Japan	663	1,615	2.4	627	94.6%
USA	5,357	14,459	2.7	5,131	95.8%
England	1,281	4,127	3.2	1,213	94.7%
P. R. China	1,548	4,481	2.9	1,493	96.4%
Total	12,911	34,209	2.6	12,181	94.3%

出典: 佐藤翔「PLoS ONEにおける日本著者論文一発表数、国際共著、助成金獲得」第5回SPARC Japanセミナー2011, 2012年2月29日, 国立情報学研究所

©Yuchiro Anzai 58

- ### Domain Example F: Cognitive Characteristics
- #### ex.1 Cognitive Characteristics in Thinking
1. **Perceptual characteristics** such as mere exposure effect
 2. **Memory characteristics** such as limitation of working memory capacity
 3. **Emotional and social characteristics** such as uneasiness, envy, scorn, hatred, obsequiousness, desire for showing-off, seeking and keeping stability, seeking and keeping for status, and anticipation for reward or punishment
 4. **Characteristics in thinking:**
 - Causal reasoning, attributional reasoning, metaphorical thinking
 - Preconceptions, overconfidence, egocentric bias by self-images
 - Availability heuristic, representativeness bias, anchoring bias, consistency bias
 - Asymmetry bias
 - Neglect of probability distribution
 - Loss aversion
 - Avoiding cognitive dissonance
 - Many others
 5. **Characteristics in learning** such as understanding, proceduralization, expertization and professionalization
- ©Yuchiro Anzai 59

- ### ex.2 Cognitive Characteristics in Social Cognition
- 自分が他人の印象を心の中に形成しようとするのと同様に、他人は自分の印象を心の中に形成しようとする。
 - 社会的な認知は自己の反映である。
 - 社会的認知の対象になると思えば自分の身かけも行動も変える。
 - 人間は環境に意図的に影響を及ぼそうとする。自分の目的のために環境を制御しようとする。自分も他人も「intentional causal agent」である。
 - 他人の心的特性は観察できないが、その人のことを考えるのにきわめて重要。
 - 人間は時間や環境とともに変化しやすいから、社会的認知によって得た対人的な知識やスキルはすぐに陳腐化し、信頼できなくなる。
 - 他人がどういふ人間かを認知する度合を正確に計るのはきわめて困難。
- ©Yuchiro Anzai 60

5. Cognitive Science as the Scientific Basis

心のはたらきにかかわる現象を、伝統的な学問分野や文系理系医系の区分にとらわれず、「情報」の概念をもとにして理解しようとする知的営み、それを「認知科学」と呼びます。(『心と脳』(岩波新書)まえがきより)

認知科学のフィールド

1. **社会と組織** ネットワーク社会、柔らかな社会と硬い社会、文化圏・言語圏、組織の仕組みと機能、社会的な意思決定、組織における意思決定、社会制度、経済行動、政治行動
2. **コミュニケーション・インタラクション** ネット社会のコミュニケーション、情報の共有、共感の共同体、言語と文化、人間と環境・機械のインターフェース
3. **学習と教育** 能動的学習、協働学習と個人学習、生涯学習社会
4. **医療と介護** 心の障害と総合的なケア
5. **デザイン** 生活環境・都市環境のデザイン、ユニバーサルデザイン、建築デザイン、創造性と科学・芸術
6. **身体と心** 体操、スポーツ、パフォーマンス、身体と環境
7. **その他**

©Yuchiro Anzai 61

社会脳仮説 (Social Brain Hypothesis)

(『心と脳』(岩波書店)参照)

- プリマック=ウッドラフ 心の理論 (Theory of Mind) 1978
- ハンプリー 知性の社会的機能 1976
- バーン=ホイッテン マキャベリの知性 1980年代後半
- ブラザーズ 社会脳仮説 1990
- ダンバー ダンバー数 1990年代初め
- リツオラツティら ミラーニューロン 1990年代
- ファンツ 顔の表情認知 1960年代初め
- ヨハンソン バイオロジカルモーション 1970年代
- ヴィマー=ベルナー 他者の意図の理解 (サリーとアン課題) 1980年代前半
- ブルーナー 他者の意図理解 1983
- トマセロら 共有注意と共有意図 1990年代



From Wikipedia: <http://ja.wikipedia.org/wiki/Lessig,%20Lawrence>

コミュニケーション

インタラクション

パフォーマンス

招待講演・話題提供

社会性

注意の共有

信念・意図の共有

共感

思考

言語

国境の長いトンネルを抜けると雪国であった。
(川端康成『雪国』)
The train came out of the long tunnel into the snow country.
(Edward G. Seidensticker "Snow Country")

イメージ

知覚

運動

感情

注意

記憶

感性・論理

潜在意識・意識下

発見・創造性

1953年6月プリンストン高等研究所
<http://libmma.museum.jp/press/1953/11/spot-2693.html>



知のコンピューティングと心・脳・社会のモデル

- I. 心(脳・社会)は、さまざまな機能の間のインタラクションや、外部のシステムとのインタラクションによって自律的にはたらく。
- II. それぞれの機能、またインタラクションのしかた自体が、インタラクションを通して変化していく。
- III. これらを通して、人(社会)は新しい知識やスキルを身につけ、より良い方法で活動できるようになる。
- IV. これらの変化がさらに組み合わせたり、また繰り返されることを通して、より複雑な世界で生きていくための機能が発達するようになる。

こうしたプロセスは「どのようにして」起こるのか?

1. Theory of computation (Turing, Post, Church ... 1936)
2. Theory of communication and control (Wiener, 1943~48)
3. Theories of information and communication (Shannon, 1948)
4. Theories of representation and interaction (Minsky, 1960's~)
5. Theory of causal reasoning and Bayesian networks (Pearl, 1980's~)
6. Others

©Yuchiro Anzai

69

2.2 情報科学者の社会の中での役割 吉川弘之(JST 研究開発戦略センター長)

本日は情報科学の外側の視点からお話しする。人間社会には大きな情報の循環構造があり、ある対象が持続的に進化するための構造があると考えている。まずはその現象を観察し、知識を活用して構成し行動を起こす。それが社会に投入された後に再度現象を観察するというループがそこにあればロバストな存在となる。この意味で最もロバストなのが「生物」と「言語」であり、長い進化の過程を経ている。一方、科学的知識は進化論的にできたわけではないので、そこに脆弱さがある。この脆弱さを補完するという意味において、情報が果たすべき役割が大きいはずである。では、この循環の中で、比較的新しい学問分野である「情報科学」の位置づけ、役割は何なのか考えてみたい。

科学について、パースは物質科学・生命科学・精神科学の3つに分類している。そして、これらの科学を包括する概念として社会科学がある。ところが、原則だけでは物事を動かさないで技術が入ってくる。この技術の大元は、構成科学（工学）＝シンボルである。工学というのは物質を扱っているのではなく、必ずシンボルを扱っているのであり、シンボル間の構造をあらわしているのである。科学を「物質性と意識性」、「構成と分析」という2軸でみると、情報科学というのは「構成」寄りであり「意識性」が高いものとなる。また、物理科学と情報科学とを対置させた間に、双方の科学に属する形で計算機がある。計算機におさめた情報は数学・論理学の対象となる。また、すべての物質は情報を持っているので、その機能は、情報を運びうる担体ということになる。

そもそも、研究開発とは何をやっているのか？それは以下の4つの変換行動である。

- ①物質から情報へ：われわれを取り巻く物質世界から情報という意味あるものを取り出し、現実世界を知識化
- ②情報から物質へ：知識から機能を得る。狭い意味では設計製造。
- ③物質から物質へ：物質の変形
- ④情報から情報へ：これが情報の主流で、情報の世界の中で法則性を求めようとしている。

我々は科学的知識を財産として持っているが、個々の分野の中でしか体系化されていない。異なるディスプリンの間の関係は不問となっているのが現状である。では、情報の世界はどうか？CPS（Cyber Physical Systems）というように情報を現実世界から抽出してはいるものの、ランダムにデータベースが存在していたり、ビッグデータがあるという現状は科学的知識と同じ課題構造を持ってしまっているのではないか？

私が専門とする「設計」では、何か人間がやりたいことがあって、それを頭で知恵で考える。与えられたものの外縁や内部構造を考えながら関係を発見したり実際に使ってみたりしている。この設計という行為は、様々な人間の行為が組み合わさってできている。これはまさに情報処理である。しかし、私たちが考えている Syntheses が体系化されないと、その結果として人間はいったい何をつくらうとしているのかがわからなくなってしまう、ELSI（Ethical, Leagal, Social Issues）などに関連する課題が都度都度発生し、そこに歯止めがかからなくなってしまう。こういう科学のあり方は良くない。また、この副作用を調べようとすると、膨大な時間がかかってしまう。そこで、むしろ設計の段階での「規範科学」に従えば、これをより効率的に進めることができるはずである。この行為そのもの

が、「情報」が取扱うべき世界なのではないかと考える。「何をつくるべきなのか」がわからない限り、日本のビジネスは成功しない。一人ひとり、ほしいものがあるはずだが、それが見えていない。これを理解するにはディシプリナリーな中から、隠された機能の中の要求を作り込む必要があるのではないかと？実は、この様な考え方は現在の科学にまったく反する。しかし、これを知らないと現実的には何もできない。

分析的科学は存在物から情報を法則という形で取り出す。構成型科学は、機能という情報に基づき物質を作り出す。そして、データの集まりから、人間にとって意味のある情報を抽出するというのが情報科学なのだと思う。情報世界における科学というのは従来の科学とは意味が違うのではないかとと思う。

(質疑応答ならびに討論)

- 質問 (慶大・諏訪先生) : 先生のお話の中で、一点だけ腑に落ちない点がある。Analytic Science と Synthetic Science の図の中での矢印を逆向きにすべきではないか？ Law からファンクションを切り出すフェーズを考慮し、矢印を逆向きに考えるとそこに情報学の役割があるのではないかとと思うがどうか？
- 回答 : ご指摘のとおりかも知れない。この図は概略的に書いてしまっているために雑駁であるが、Law は座標軸の様なものとして捉えるべきものかも知れない。

招待講演・話題提供

情報化

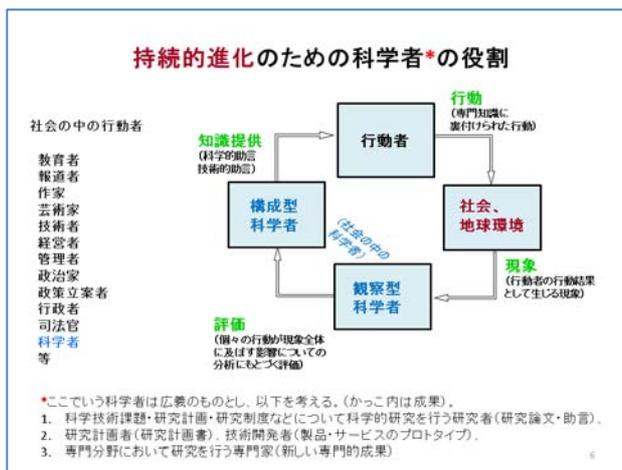
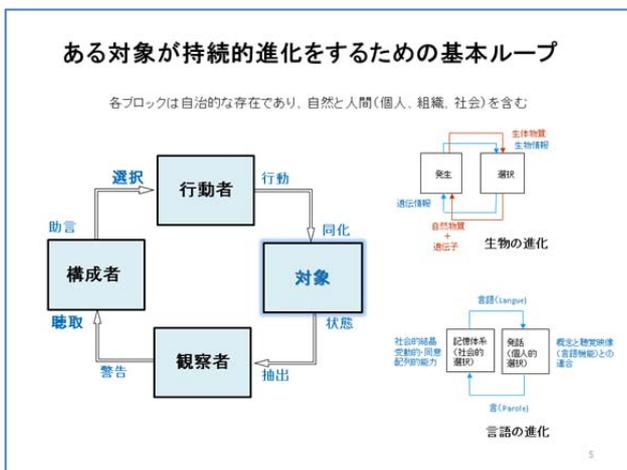
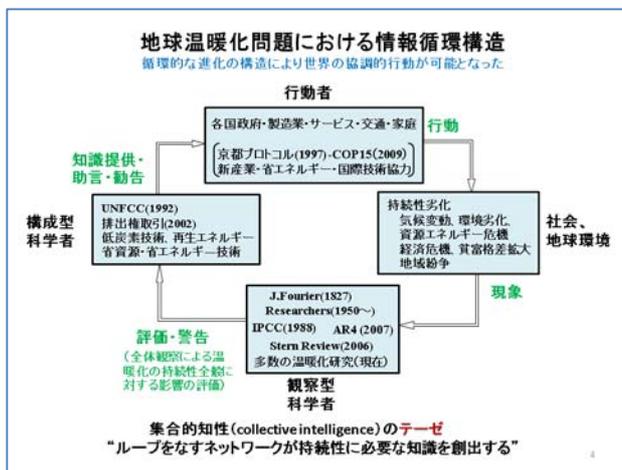
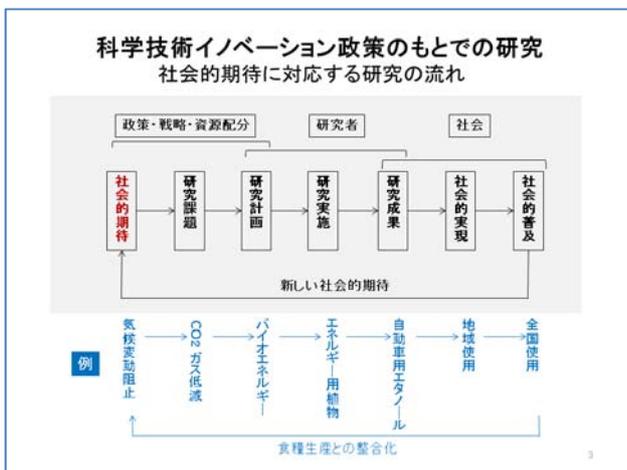
情報科学者の社会の中での役割

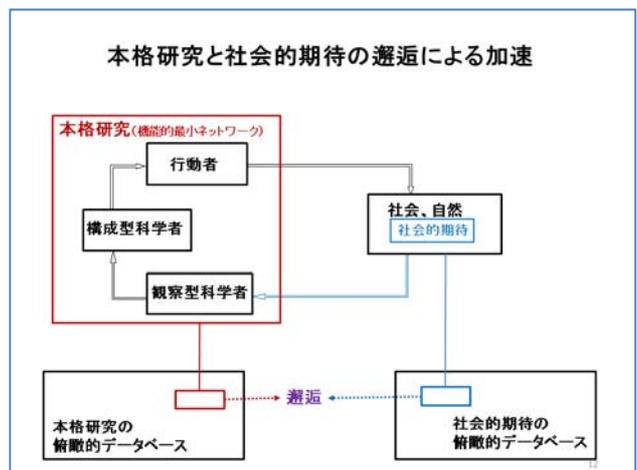
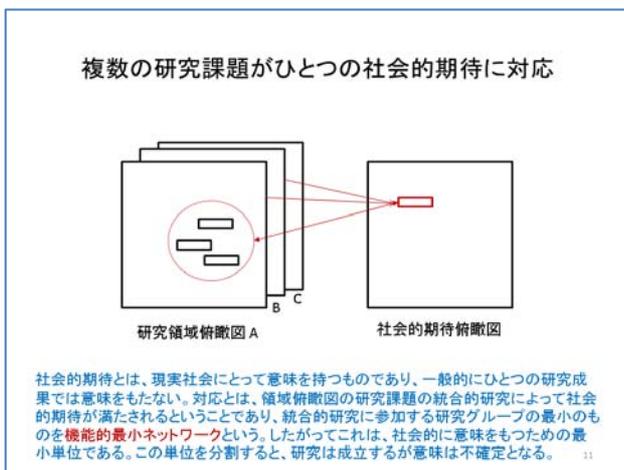
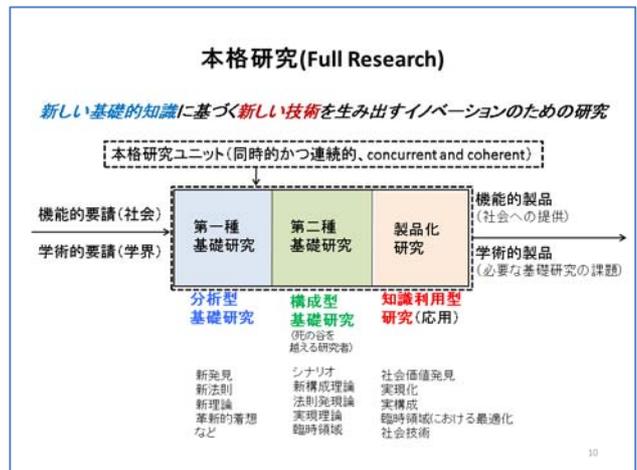
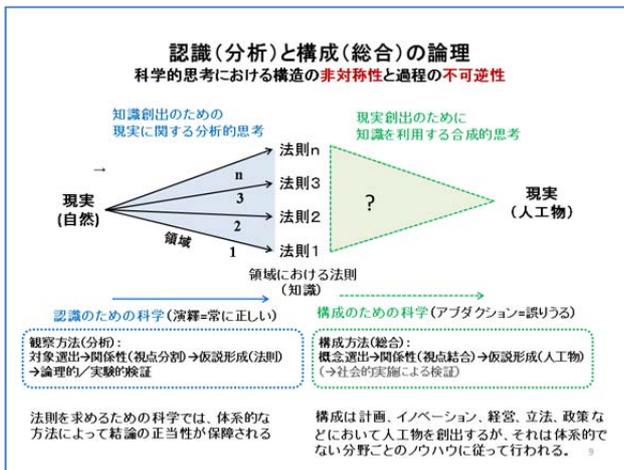
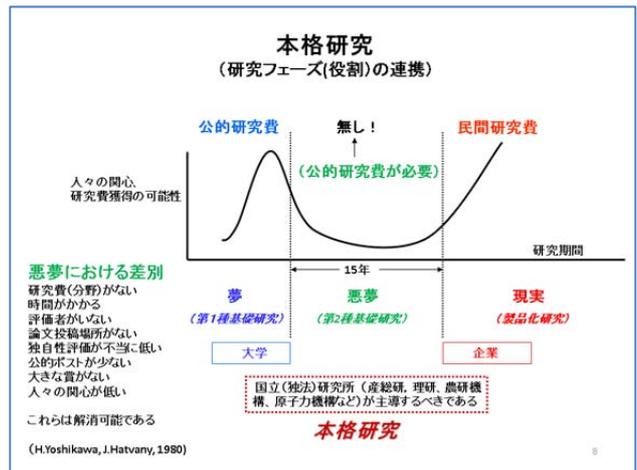
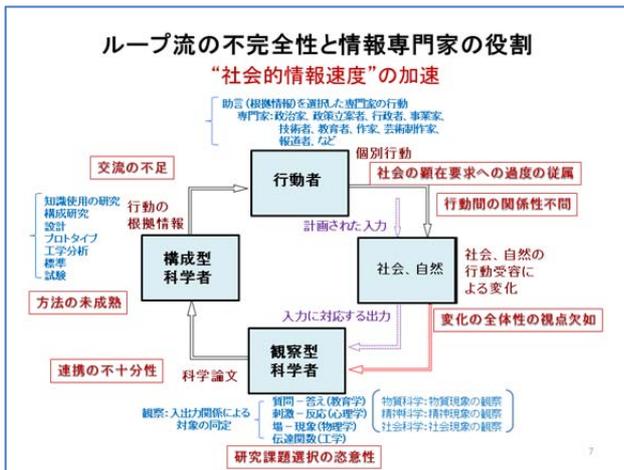
吉川弘之
CRDS/JST

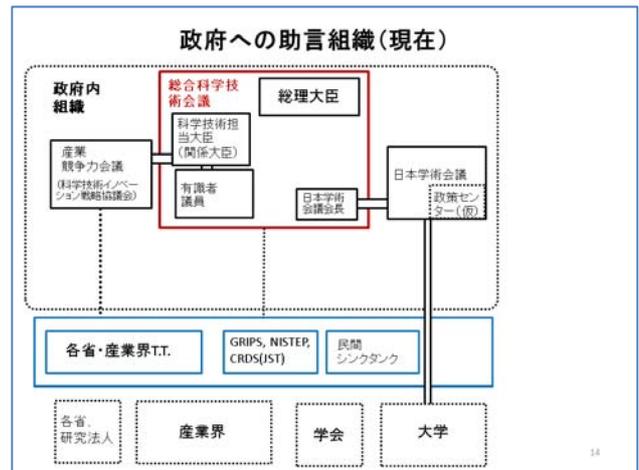
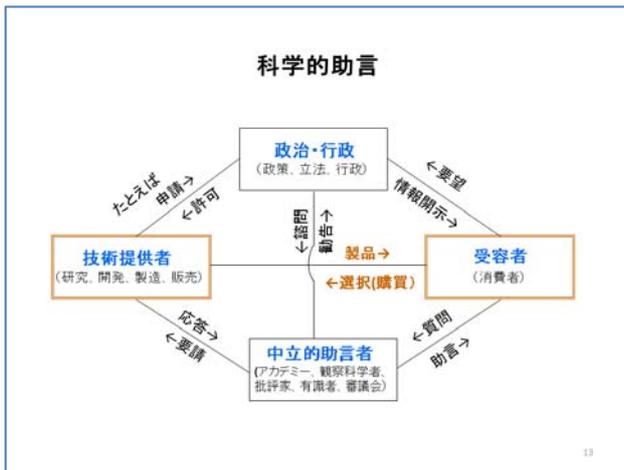
科学技術未来戦略ワークショップ
「知のコンピューティングー人と機械が共存する社会を目指して」
2013年7月25日 ホテルKSP 川崎市

1. 予備的なこと

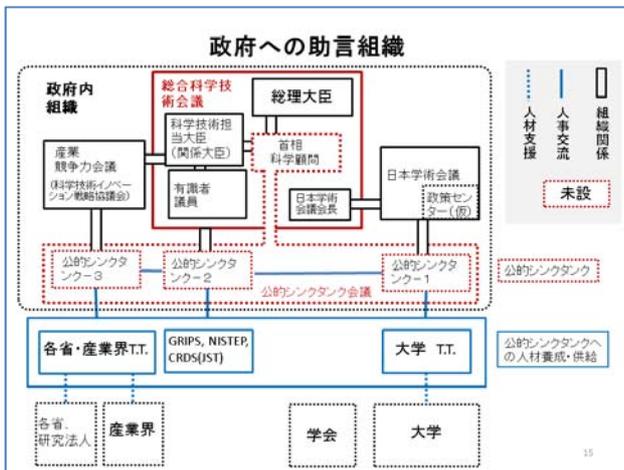
(共通理解のために)





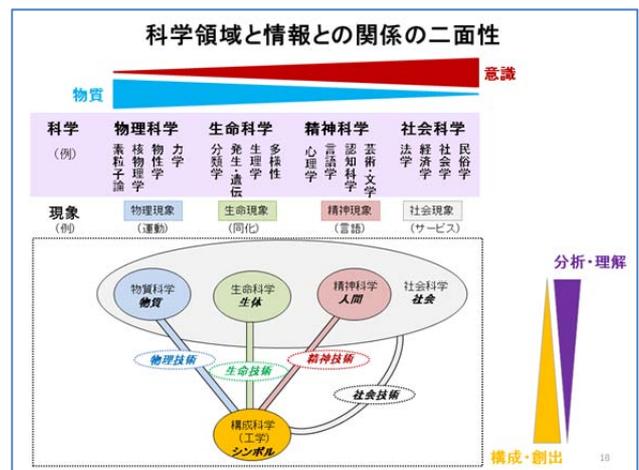
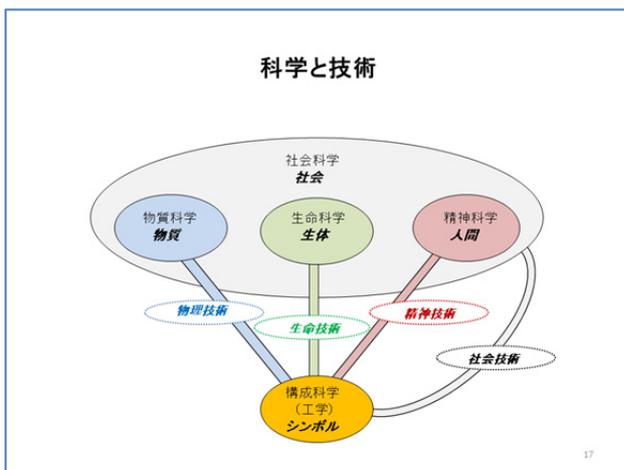


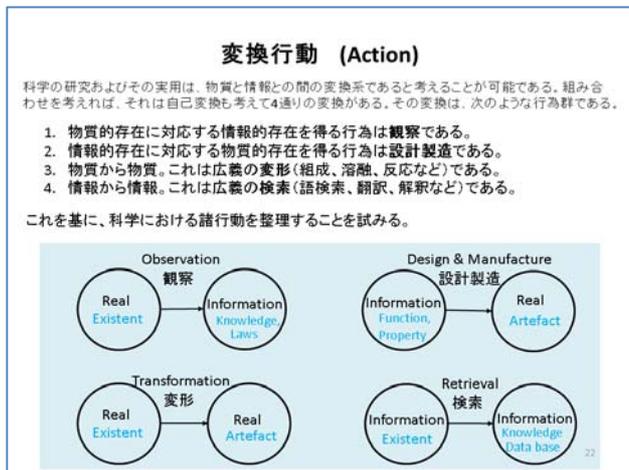
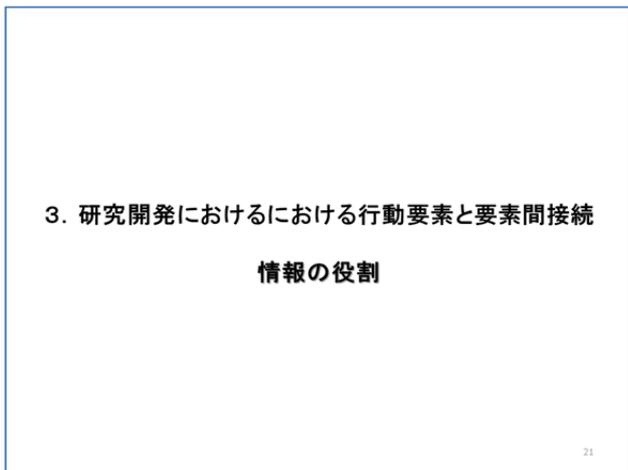
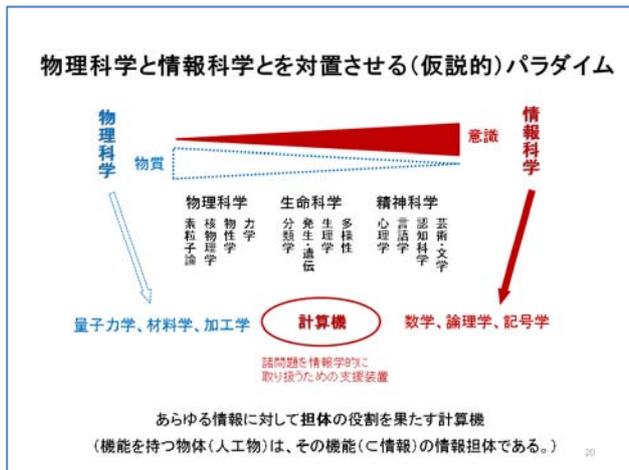
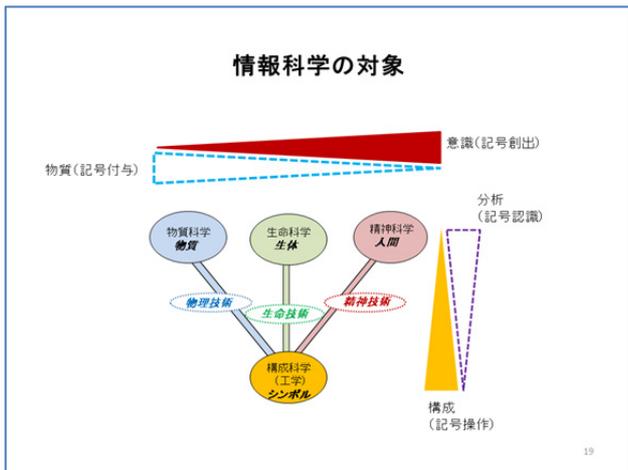
招待講演・話題提供



2. 情報科学の位置づけ

情報学、情報科学、情報技術 -----

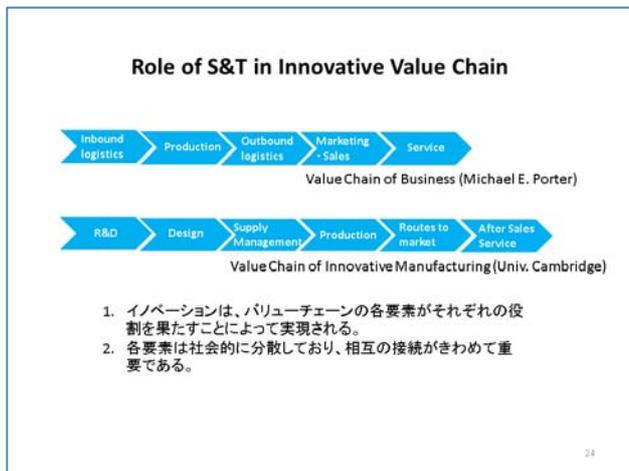


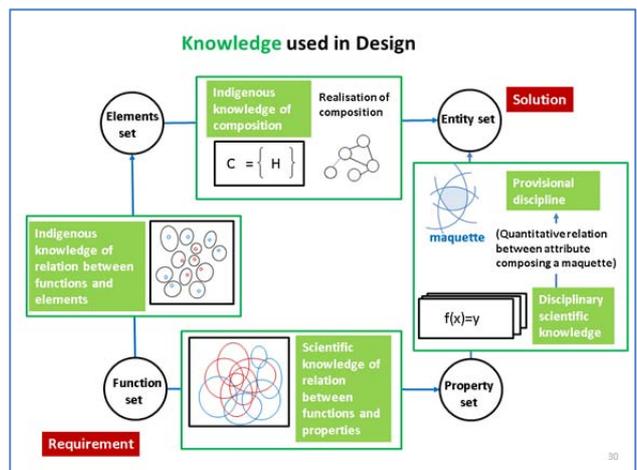
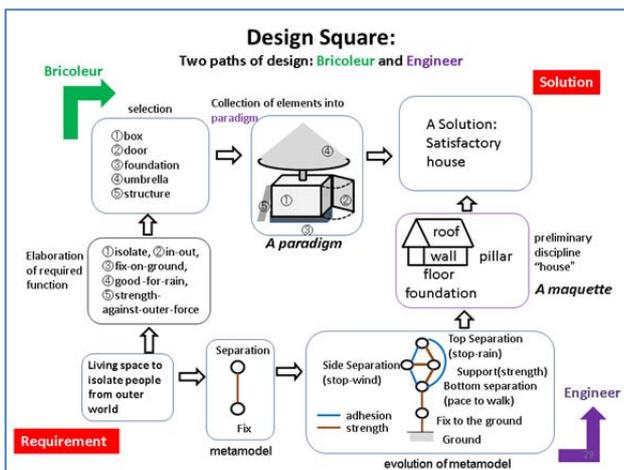
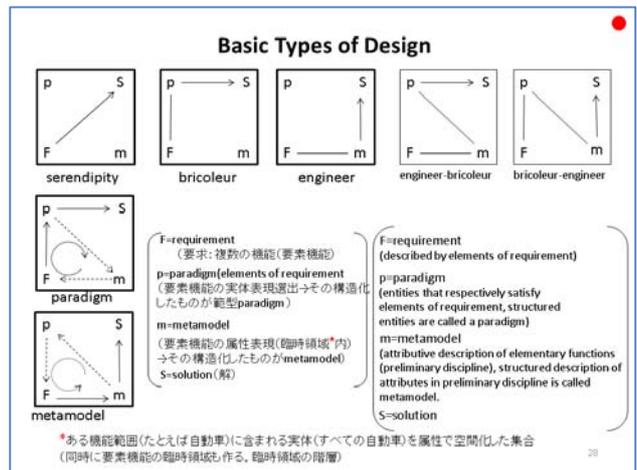
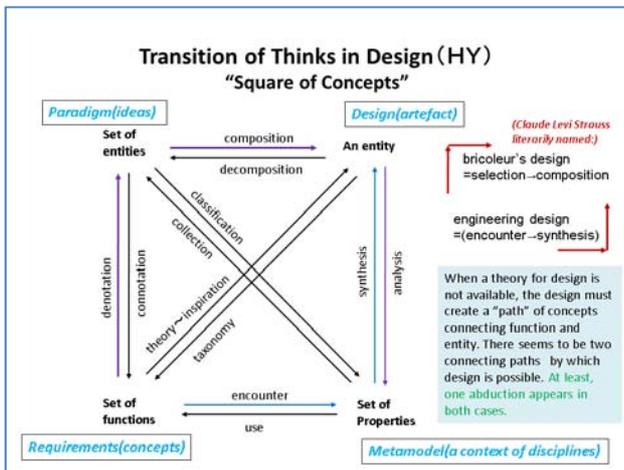
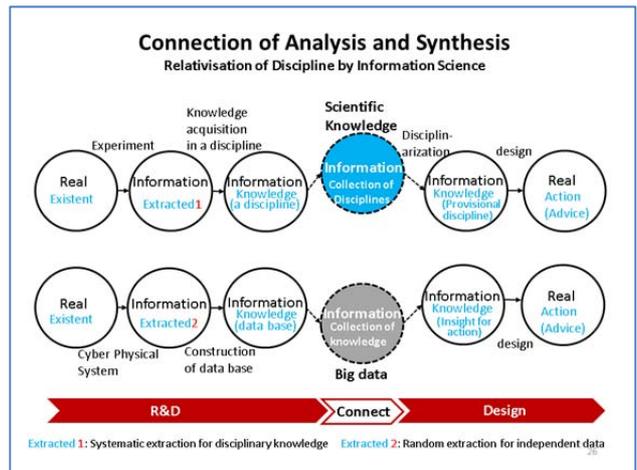


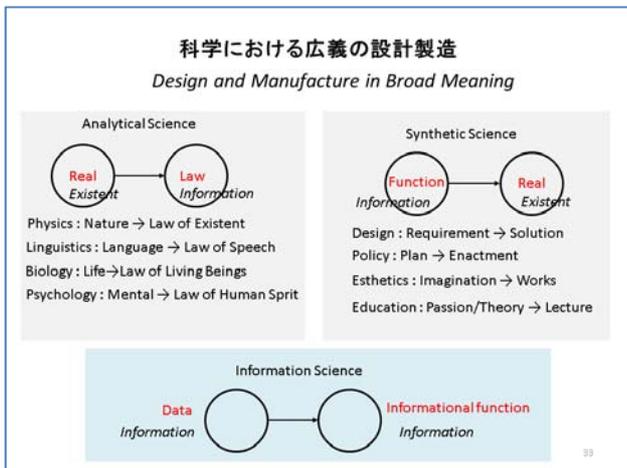
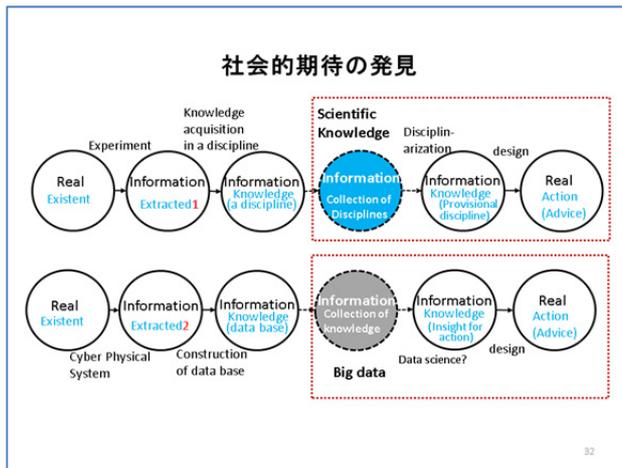
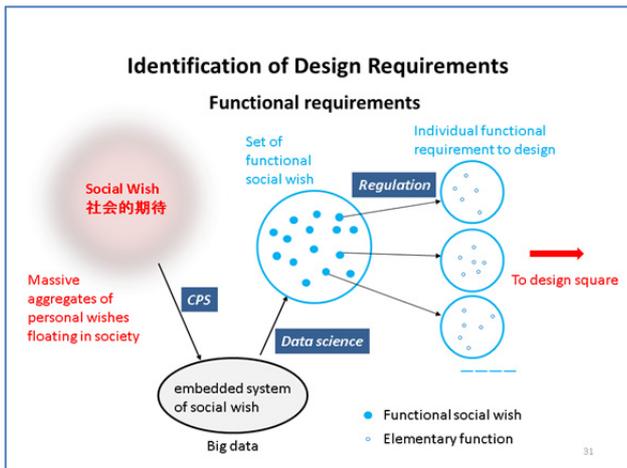
Objects and Aims of Science

Aims	Analytical Science	Synthetic Science
Objects	分析科学: 事実の背後にある法則. 構造の発見	構成科学: 事実の構成
Physical Science	<p>物質科学: 物質に関する情報を体系(領域)に従って扱う科学 現象の背後の法則を抽出する(物理学, 生命科学, 社会科学, 人文科学, 領域工学の体系部分)</p>	<p>意味の構成(設計学, 製造学, 社会技術, 人文技術, 領域工学の構成部分)</p>
Information Science	<p>情報科学: 科学一途知識に現れる情報を、均等に扱う科学 存在する対象から人間にとって意味のある知識を抽出して配列する</p>	<p>配列データを使って求める事実を構成する</p>

* Systematic extraction for knowledge ** Random extraction for independent data

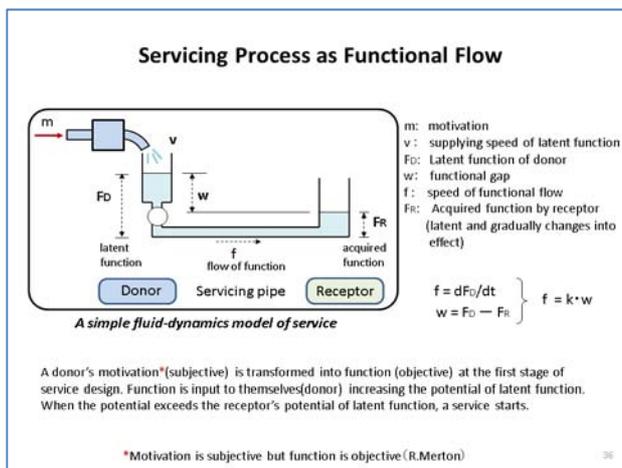
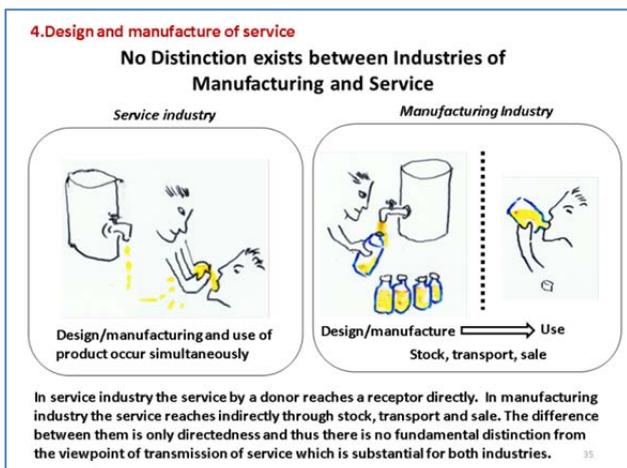






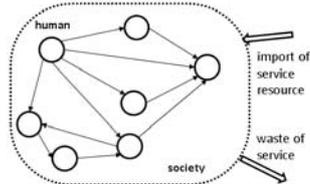
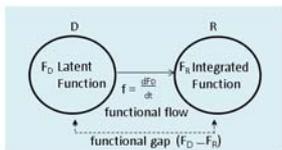
4. サービス

情報と物体



Service in Society

Motivation of a donor increases its latent function and when it exceeds the latent function (same kind) of a receptor, functional flow (service) starts. Rate of flow is proportional to the functional gap and admittance of the path. A society is composed of people with different latent function of a kind. Also, each member has its capacity of receiving the function (admittance). As the result, system of functional flow in the society is decided.



The total of functional flow (amount of service in a society) can replace the total of products (amount of manufacture: GDP) for indicating the wealth of society.

37

5. 情報インフラの潜在機能

Internet: Clouds, Social Networking Service, Net Shopping, ----- and "A Functional Cyber Physical System in 1970"?

38

招待講演・話題提供

Øyvind Bjørke教授の生産システム(1970~)

1970年代、ノルウェーは機械工業の振興政策をとっていた。その基本は、地域振興であったが、工業化を進めても、地域の人々の住環境に影響を与えないというものであった。

- 1) 村に分散工場をおく。
 - 2) 各分散工場は一台の数値制御工作機械を持つ
 - 3) 各機械は中央制御部と連絡し、部品を加工する
 - 4) 各部品は一つの組み立て工場へ送られ、組み立てられる。
 - 5) 部品輸送は国中に張り巡らされた道路網を通過してトラック輸送で行われる。
 - 6) 加工情報は、電話線で送る。
- このシステムは実機として、ディーゼルエンジンの製作実績を持つ。



1970年代に構想されたこのシステムは、既存の社会的公共インフラストラクチャーである道路と電話線を使って、統合的な大工場を作るというものであった。当時ノルウェーは人口350万人が、日本に匹敵する国土(日本38万、ノルウェー32万km²)に分散し、多くは漁業に携わっている状況であったが、生活環境を保存しながら近代工業化を進めるための、「社会民主主義」的思想に依拠したものであった。

しかし、ここで注目すべきことは、既存の公的インフラストラクチャーの上に、その機能と全く違う機能を持つあたらしい「製品」である分散工場を設計し、実際に作ったことである。実はこれは、1980年代に現れる既存の電話網上に新機能のインターネットを作った思想と同じであり、人工物の氾濫する現代の製品設計の新しいコンセプトである。特にサイバーフィジカルという点で先駆的であり、したがって、製造業の今後を考えるうえで重要なコンセプトである。

Øyvind Bjørke, Computer aided part manufacturing, Computers in Industry, Vol.1, Issue1, 1979

39

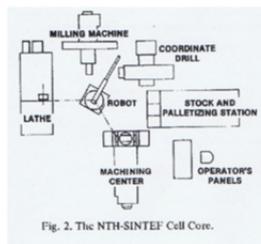
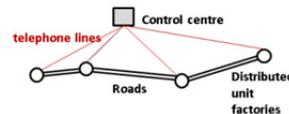


Fig. 2. The NTH-SINTEF Cell Core.



Øyvind Bjørke, Computer aided part manufacturing, Computers in Industry, Vol.1, Issue1, 1979

40

2.3 知のコンピューティングへの期待

喜連川優（国立情報学研究所 所長、東京大学教授）

NII の紹介

情報学の基礎研究を行うと同時に大学ネットワークの運用をしている。

データの時代

- 天文学はデータをベースに研究している。高エネルギー物理（CERN）も同様。ともにビッグデータ。
- 人間の研究も同じ。たとえば、ヒューマンインターフェイスとしてのデザインの評価は難しかったが、Web が日本国内で 10 億ページビュー/日もあれば、いかほどの判断ができるようになってきている。オブザベーションからシンセシスを素早く回すことができるようになった。
- ニュージーランドのミネラルウォーターが \$ 22 でも売れるのは、その水が採取されたときのデータを開示しているから。

大量データ処理

- ワトソン
 - データを 15 テラのインコアに展開し、3000 コアで推論・検索を行っている。知識はビッグデータとしてのソーシャルメディアから持ってきている。
 - 次の応用は医療。薬の名前や配合による副作用など、医者にとって膨大な記憶が必要。そこを手助けする。
 - 膨大な量の患者のカルテ、検査結果はビッグデータそこから過去の事例を検索する。それだけでも医者にとって役に立つ存在になる。データミニスティックな処理ではあるが、大量のデータを利用することによってコグニティブに見えている。こういうアプローチが知のコンピュータに通じるかもしれない。
- 災害
 - 日本には多くのダムがあり、洪水を防ぐためのポイントとなっている。レーダでとらえた降水データを分析し、ダムの放水を制御することによって治水が可能になる。このためのデータ基盤も 20 ペタバイトのビッグデータ

データドリブン戦略

- データを利用することによって新たな展開が見えて来ている。
- たとえば、ある会社は世界中の風のデータ（ビッグデータ）を保有し、分析することによって風車設置のコンサルビジネスをしている。
- データとその解析をセットにし、プロアクティブに設計に利用する。これが新しい価値を生む。
- データマーケットプレースが出てくるだろう。これは社会の変容を可能にする可能性があり、知のコンピューティングにつながるだろう。

（質疑応答）

- データマーケットが成り立つかどうかは適正な利益の再配分がなされるかどうかにかかっている。参入障壁を下げるためにはとりあえず使ってみることを可能にし、その後利益を戻す仕組みをいれる。そこを IT がサポートする。
- ダウンロードできないものがビッグデータ。クラウドにくっついている。データを買ってくるのではなく、クラウド上にあるデータをそのリソースで分析する。そういう実験ができる環境を用意すべきである。
- 複数の領域間でのビッグデータ利用はまだ起きていない。シングルドメインが有望である。

2.4 これからのロボットサービス研究ーあなたはどのロボットサービスを選びますか？ 萩田紀博(ATR 社会メディア研究所 知能ロボティクス研究所 所長)

本日は、Human Robot Interaction (HRI) についてお話させていただく。現在、経済産業省で実施されているサービスロボットは、ロボット単体の議論であるが、自分としては社会全体がロボット化していくと考えているので、本日は特にこの観点について述べたい。

まず、我々は社会的課題として、超高齢社会の到来に着目している。この社会において、高齢者は支えられる存在ではなく社会経済活動を支えていく存在となることが必要と考えている。

次に、現在の主流概念である「サービスロボット」は、「ロボットサービス」へと変わっていくものと認識している。すなわち、様々なロボットが連携することで、どこでも複数のロボットサービスが使えるようになるのである。我々が取り組んでいる具体例を述べると、車椅子でも一人で自由に安心して店舗間を回遊できる試みを行っている。

さらに、「共創するロボット」により、ロボットと人との間に、人同士と同じような関係が生まれてくることが見えてきている。例えば、看護師の代わりにロボットが患者とコミュニケーションをとったり、子供の様な話し方をするロボットとコミュニケーションをとることで孫を思い出して泣き出す孤独なお年寄りもいらっしゃる。そしていま、日用品がしゃべりだす時代が到来しつつあるのである。

クラウドネットワークについて考えると、スマートホンでロボットサービスが使える時代がもうすぐ来るだろう。ここは、まだ手をつけられていない分野でもある。

このような取り組みを行っていくうえでは、ポリシーについても考えていく必要がある。EUにおいては、” RoboLaw” と言われていることに象徴されるように、ロボットはポリシー・法律との関係が強い。特に、標準化について考えていくことが極めて重要である。

科学技術未来戦略ワークショップ
 知のコンピューティング
 一人と機械が共創する社会を目指して (ホテルKSP)

**これからのロボットサービス研究
 ーあなたはどのロボットサービスを選びますか？ー**

2013年7月25日(木)

㈱国際電気通信基礎技術研究所(ATR)
 社会メディア総合研究所長
 兼 知能ロボティクス研究所長・ATRフェロー

萩田 紀博

知のコンピューティング (Wisdom Computing)

知の創造を促進し、科学的発見や
 ●知は人間(複数)が賢く生きるため
 ●知のコンピューティングは、知の発
 実現し、加速すること

**赤丸枠の部分を
 話します**

知の集積・伝播・探索
 加速する知の集積とその世界への伝播

予測、発見の促進
 集合知やオーブンデータ予測と発見を
 加速する

知のアクチュエーション
 集積した知や発見された知を社会に
 適用する

インフラ
 加速する知の集積とその世界への伝播と未来を回るインフラ

ポリシー
 知の利用に関する制度、
 倫理規定やガイドラインの設計

蓄積 伝播 探索 予測、発見

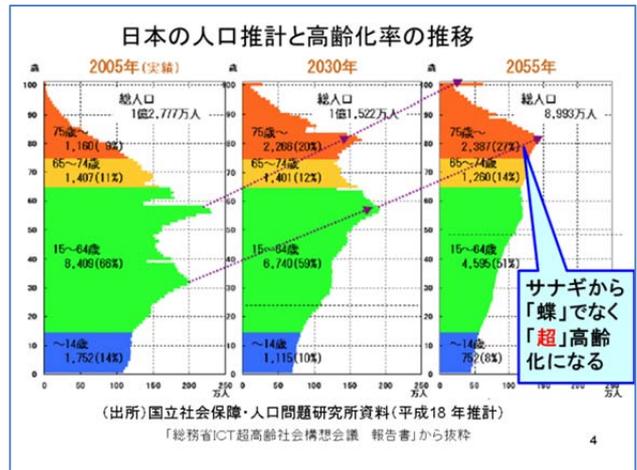
⑧ ⑤ ⑥ ⑦

法学 経済学 社会学 経営工学 生物学 医学 心理学

ICT超高齢社会構想会議ワーキンググループ構成員一覧 (敬称略) 参考資料2

＜有識者・研究機関等＞	＜ベンダー、通信、放送事業者＞
氏名 役職等	氏名 役職等
岩崎 尚子 早稲田大学総合研究機構電子政府自治体研究所研究員兼所長	田上 信介 インテル株式会社デジタルヘルス事業部事業部長
金子 健裕 (主査) 慶應義塾大学政策・メディア研究科教授	今井 薫 NHK放送技術研究所人間・情報科学部部長
藤形 太郎 三菱総合研究所プラチナ社会研究センター長執行役員	石堀 一司 株式会社富士通研究所7177研究所主席研究員
木坂 豊 独立行政法人情報通信研究機構ユニバーサルコミュニケーション研究所長	中後 正士 KDDI株式会社技術統括本部技術開発本部技術戦略部長
久野 謙也 筑波大学大学院人間総合科学研究科教授	石原 徹 日本電気株式会社株式会社研究企画部門プロデュース担当チーフプロデューサー
小林 正樹 日本アイ・ビー・エム東京基礎研究所スタッフ・リサーチマネージャー	神田 宗宏 日本マイクロソフト株式会社社会公行事業本部
萩田 紀博 (主査代理) 株式会社国際電気通信基礎技術研究所 社会メディア総合研究所長・知能ロボティクス研究所長	石井 義一 パナソニック株式会社R&D本部全部CTO室参事
榊山 敏 東京大学大学院情報理工学系研究科知能機械情報学専攻 東京大学工学部機械情報工学科特任助教	＜上記以外の民間事業者 (異業種連携等)＞
氏名 役職等	氏名 役職等
栗 博史 NPO法人EBH推進協議会	大木 康秀 株式会社タニタ経営室副室長
黒須 正明 特定非営利活動法人人間中心設計推進機構	大石 佳代子 株式会社メディアワ
岡田 愛 一般社団法人高齢先進モデル構築推進事務局長	吉川 治宏 セブアンドアールホールディングスシステム企画部システム戦略室シニアオフィサー
田澤 由利 株式会社テレワークマネジメント代表取締役	池谷 和浩 デジタルハリウッド株式会社事業開発部部長
藤沢 西 一般社団法人RCF復興支援チーム代表	神崎 洋 トヨタ自動車株式会社IT・ITS企画部担当部長
氏名 役職等	氏名 役職等
萩田 紀博 株式会社国際電気通信基礎技術研究所 社会メディア総合研究所長・知能ロボティクス研究所長	伊藤 晶子 東日本旅客鉄道株式会社研究開発センター フロンティアサービス研究所主任研究員
	高橋 利之 みずほコーポレート銀行産業調査部情報通信4次長
	＜自治体＞
	氏名 役職等
	観原 亮 横須賀市経済部YSP研究開発推進担当課長

「総務省ICT超高齢社会構想会議 報告書」から抜粋
http://www.soumu.go.jp/main_content/000226641.pdf



スマートプラチナ社会」とは

「シルバー」を越え、全ての世代がイノベーションの恩恵を受け、いきいきと活動できる超高齢社会のことであり、ICTにより、安心・元気な暮らしを創造することを目指す。

**超高齢社会のビジョンを3点に集約。
 その実現に向けたICT活用方策を示す。**

ビジョンI: 全ての国民が、可能な限り長く健康を維持し、自立して暮らすことができ(健康寿命の延伸)、また、病気になっても住み慣れた地域で、質の高い医療・介護サービスを受けることができる社会の実現

ビジョンII: 健康で意欲のある高齢者が、その経験や知恵を活かし、現役世代と共生しながら、生きがいを持って働き、コミュニティで生産活動や社会参加ができる社会の実現

ビジョンIII: 世界に先駆けて超高齢社会を迎えた我が国が、課題解決先進国として、その解決方策となるICTシステム・サービスの日本モデルをいち早く確立し、新産業の創出とグローバル展開を実現

「総務省ICT超高齢社会構想会議 報告書」から抜粋

ICT活用方策の基本的視点

平成25年5月 総務省 ICT超高齢社会構想会議報告書より抜粋

- ・高齢者を、必ずしも「支えられる」存在としてのみとらえるのではなく、**現役世代とともに社会経済活動を「支えていく」存在**としてもとらえる
- ・ICTシステムやサービスの開発・普及については、**供給者目線ではなく、利用者目線に立って検討を進める**
- ・その際には、生産性や効率性のみを追求するのではなく、**運用コストも含めた持続可能性を念頭に置く**
- ・多様化する社会のニーズに対応し、**新産業の創出につなげるため、ICT産業内の連携に加え、ICT産業と他産業との異業種連携(オープンイノベーション)を進める**
- ・国内だけでなく急速に高齢化が進む**アジア諸国を中心とするグローバル展開を目指す**

融合新産業の創出

スマートプラチナ社会の実現のための3つのビジョン

ビジョンⅠ
健康を長く維持して自立的に暮らす

【実現のため】**ICT健康モデル（予防）の確立**

- 健康寿命の延伸を実現する予防モデル確立のための大規模社会実証

【実現のため】**国家情報基盤構築の全国展開**

- 医療・介護・健康分野のデータを共有・活用するための基礎的ITシステムの整備・普及

【実現のため】**「ライフサポートビジネス」の創出**

- 買物、配食、見守りなどの生活支援サービスをICTで切れ目なく提供するモデルの構築

ビジョンⅡ
生きがいをもって働き、社会参加する

【実現のため】**ICTリテラシーの向上**

- ICTの「学びの場」創設

【実現のため】**「情報取組」から「情報発信・交流」へ**

- テレワークなどを活用した現役世代とのベストミックス雇用モデルの検証

【実現のため】**ロボット×ICTの開発・実用化**

- 身体的機能を補完する介護ロボット、コミュニケーションロボットなどの社会実証・ガイドライン策定

ビジョンⅢ
超高齢社会に対応した新産業創出とグローバル展開

【実現のため】**「スマートプラチナ産業」の創出**

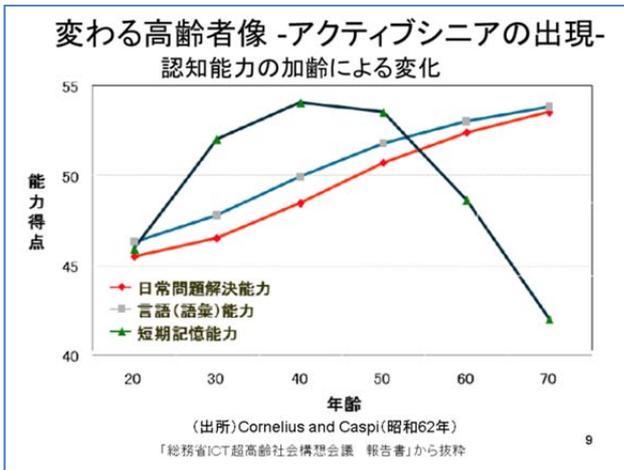
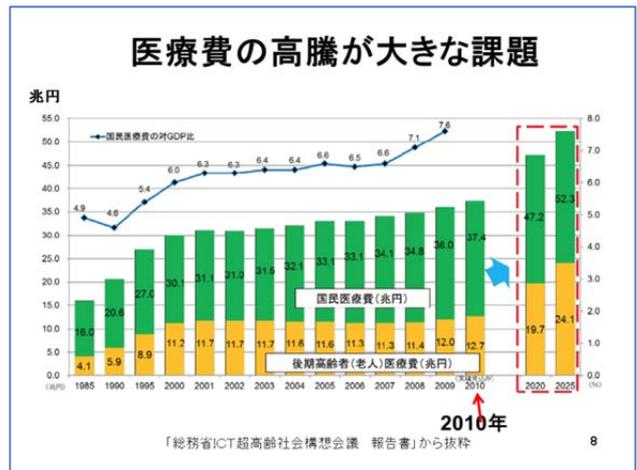
- オープンイノベーションによる「シルバー」を軸とする新たな産業群の創出

【実現のため】**グローバル展開と国際連携**

- フロントランナーとして世界に貢献するためのICTシステムの標準化、各国との共同実証・連携

2020年に23兆円規模の新産業創出

「総務省ICT超高齢社会構想会議 報告書」から抜粋



- ### お話しする内容
1. ロボットサービスとは
 2. 人と共創するロボット
 3. クラウドネットワークロボットはどこまで進んでいるのか？
 4. 国際標準化はかなり重要
 5. 今後の展望 (IoTとロボットと知のコンピューティングとの関係は？)
- 10

1. ロボットサービスとは？

11

ロボットの实用化状況

- 世界の産業用ロボット出荷台数(2011年)は過去最高、(日本は17%(世界一)、韓国・中国・米国が猛烈に追い上げ)
- 日本は全世界の産業用ロボット稼働台数(2010年)で世界一(28%)を維持
- ロボット市場規模は、2035年には9.7兆円(うち清障、移動支援(業務用)等のサービス分野は4.9兆円)
- サービスロボットのうち、ネットワーク接続の遠隔操作型ロボット(米国・医療用、韓国・教育用)の実用化が顕著
- 日本では2015年から介護ロボットが介護保険の適用対象(9割補助で歩行・食事、入浴・車いすへの移乗等が対象)

産業用ロボット出荷台数

日本 17%

韓国 15%

中国 14%

米国 12%

ドイツ 12%

イタリア 6%

フランス 3%

中国 5%

韓国 10%

ドイツ 17%

日本 28%

1035万台

出典: (社)国際ロボット協会 World Robotics 2012

産業用ロボット(マニピュレータのめ)稼働台数

日本 28%

1035万台

出典: (社)国際ロボット協会 2010

ロボット市場規模予測 (兆円)

2010年: 約1.6兆円

2035年: 約9.7兆円

出典: 経済産業省「RDO成長」2010

産業用ロボット

製造支援(溶接、塗装、搬送等)

業務支援(掃除、警備、案内、災害対応等)

医療・福祉(手術移動支援・介護等)

総業(ペット・見守り)

サービスロボット

介護(歩行補助、食事・入浴支援)

教育(学習支援)

接客(案内、受付)

医療(手術支援)

防災(災害対応)

農業(収穫支援)

清掃(清掃)

警備(警備)

案内(案内)

災害対応(災害対応)

手術支援(手術支援)

介護(介護)

ペット(ペット)

見守り(見守り)

2

**ロボットだけが
ロボットサービスじゃないんだ**

13

Robotic Services ロボットサービス

systems, devices, and robots
with three functions:

- sensation
- **actuation**
- control

IEEE Network Magazine

Cloud Networked Robotics

Koji Kamel, Shuichi Nishio, and Naohiro Hagita, Advanced Telecommunications Research Institute International (ATR)
Miki Sato, DENSO Corporation

Abstract

This article proposes a new field of research called Cloud Networked Robotics, which tackles the issues for supporting daily activity, especially for the elderly and the disabled, throughout various locations in a continuous and seamless manner by abstracting robotic devices and providing a means for utilizing them as a cloud of robots. With recent advances in robotic development environments and in integrated multi-cloud systems, robots are acquiring other functionalities and robotic systems are becoming much easier to develop. However, such stand-alone robotic services are not enough for continuously and seamlessly supporting daily activity. We examine the requirements in typical daily supporting services through example scenarios that target senior citizens and the disabled. Based on these requirements, we discuss the key research issues in cloud networked robotics. As a case study, a field experiment in a shopping mall shows how our proposed prototype infrastructure of cloud networked robotics enables multi-location robotic services for life support.

IEEE Network Magazine, vol. 26, no. 3, pp. 28-34, May 2012
Special Issue on Machine and Robotic Networking
<http://dx.doi.org/10.1109/MNET.2012.6201213>

15

どこでもロボットサービスが使える。それも連携して

- 店舗案内誘導
- 買い物支援
- 店舗間回遊支援

遠隔傾聴

ヘルスケア

福島原発建屋
監視システム

コミュニティ形成 ¹⁶

車いす型ロボットによる店舗間回遊支援サービスの流れ

地点1: 自宅

スマートフォンを利用し、店舗のロボットを予約

空間台帳 ユーザ台帳 ロボット台帳

ユビキタスネットワーク
ロボット・プラットフォーム

ネットワーク

遠隔オペレータ

地点2: 東館

予約した車いす型ロボットがお出迎えして、安全な回遊

地点3: 西館

地点を超えて、7箇所、楽しく安全に店舗間を回遊

店舗間回遊支援サービス(電動車いす型ロボット)

ユビキタスネットワークロボット技術を利用した
車いす利用者のための
店舗間回遊支援サービス

(株)国際電気通信基礎技術研究所
知能ロボティクス研究所

Copyright (C) 2012 ATR

18

2. 人と共創するロボット

人同士と同じような関係が
生まれてくるんだ

19

1. ロボットは人に話しかける感覚でやりとりできる 究極のヒューマンインタフェース

ーメガネをかけなくても、触って、笑い、親しみやすいインタフェースー



人ごとに履歴に基づいて話すこともできるよ
ー高の原イオン実験(けいはんな地区)ー
(2007.7.23-8.31)



3. ロボットは人に話しかける感覚でやりとりできる 究極のヒューマンインタフェース

ー 毎日会っていると仲間意識(社会関係)が生まれる ー



4. ロボットは人に話しかける感覚でやりとりできる 究極のヒューマンインタフェース

ー 時には昔を思い出して、泣く場合も ー



5. ラックを動かすロボットも「一杯飲みに行く」とかいとう 従業員がニックネームをつけたくなるんだ(Kiva Systems)

2002 | 2003 | 2004 | 2005 | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012

- ▲ 2003 関経連 次世代ロボット 推進会議発足
- ▲ 2005 12月にStaples社 配送センター30,000m² に500台納入(社員35名)
- ▲ 2005 Kiva Systems社設立 (社員12名)
- ▲ 2006 3名でDistrobot社設立
- ▲ 2008 GAP, Zappos等 12社納入実績で 全米急成長 500社中第6位 (社員120名)
- ▲ 2012 Amazon, 7億7500 万ドルで 買収

RoboCup2003
をヒントに
倉庫管理の
ネットワーク
ロボットを
「発送→発想」
1997
第1回
ロボカップ



米国ではビジネス化で成功例が・・・

ネットワークロボットの振る舞い -Kiva Systems-

- ・床1mおきに(人手で)2次元バーコード(位置情報)
→ロボットのカメラでずれを検出補正して自律移動。
- ・WiFiでコンピュータクラスタに情報を送信
- ・コンピュータクラスタは情報操作と運搬トラフィック制御の両方を担当
- ・倉庫周りの箱詰ステーションに
ヒューマンオペレータ遠隔操作者:
- ・ロボットは、時には中2階にエレベータで上がったたりして、特定のラックを探し、ステーションに運ぶ。
- ・バッテリーチャージが要るとき:「一杯飲み行く」と話す→適切なタイミングを見つけ出す1時間に5分位チャージ。

アイデアのヒント:
2003年ロボカップのビデオをMITの友人と議論して、仕様を決定

25

販売実績とBefore/Afterは？

○販売実績:2008年4月時点で1000台のロボット出荷

○納入先(いずれも配送センター)

- (1)Staples社:30,000m²で500台のロボット
- (2)Walgreens(ドラッグストアのチェーン店):数100台のロボット
- (3)Zappos(オンラインの靴店)で420万品の靴、ハンドバッグ、着物を扱う。

○Before/After

- ・Kiva System : 600~700アイテム/時間(6秒以内に1回の早さ)
(ベルトコンベア:人ひとり 200~400アイテム)
- ・10,000m²四方の倉庫400~600万ドルで配備
(ベルトコンベアを設置するのに比べて遙かに安い)
- ・Kiva System: 数週間
(ベルトコンベア:建設に12から18ヶ月)

26

6. マニピュレータも顔がつく時代なんだ 一産業ロボットも価格破壊で身近になってきたー

Rethink Robotics社製 Baxter



<http://www.rethinkrobotics.com/index.php/products/baxter/> 27

Alice in Wonderland - The Unbirdday Song -



クラウドネットワークロボット
環境で、これが現実の世界
で実用化できる時代
が来ているよ。

7. Thingsがしゃべる時代が来てるんだ

2003年
ロボットがアニメからホビーの時代に



Robovie M(ロボビー・エム)
約40万円
(ヴェイストン社製)

2013年
日用品がロボット化する時代に



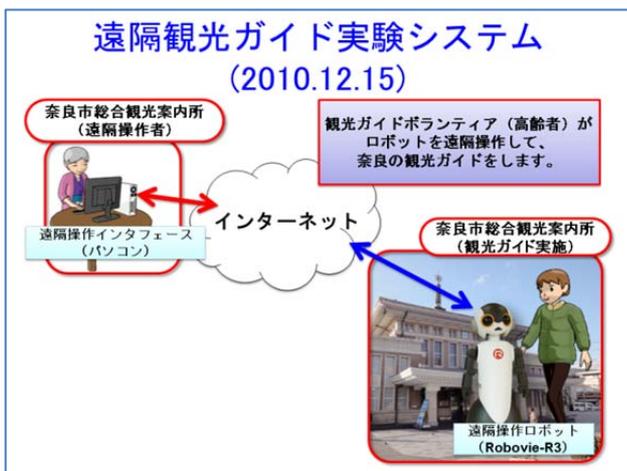
3分間
しゃべる
タイマー



日清食品の懸賞品(非売品)
「カップヌードル ロボタイマー
トリオ」(ヴェイストン社製)

人がロボットを楽に操作できるよう
になると
教育、エンタテインメント、観光
などの分野で
新しいジョブが生まれるんだ

30



3. クラウドネットワークロボットはどこまで進んでいるのか？

情報処理学会誌7月号にも特集

情報処理, Vol. 54, No.7 土井美和子、徳田英幸
ネットワークロボット、その人と街のかかわり:

32

招待講演・話題提供

スマホでロボットサービスが使える時代がもうすぐ来る

どこでも
あなただけ、いまだけサービス

- イオン・ショッピングモール用 買い物支援サービス
- イーヨーカドー 買い物支援サービス
- ショップC店専用 電動車いす型 ロボット用 買い物支援サービス
- ...

Copyright (C) 2012 ATR 33

科学的・技術的意義 (獨創性、革新性、先導性)

研究開始当初(2009年頃)の問題点:

- ・商業施設などの点字ブロックを越えられない。
- ・床の傾きや床材の特性が変わると動かない。
- ・ある場所で動いたロボットサービスが他の場所で動かなくなる。
- ・人混みやショッピングカートなどの移動物体が行き交う商業施設の中でロボットを安全に動作させる技術がない。

これらの問題を解決する革新的技術に焦点を当てる

- (1) 場所やロボット性能の違いに対応できる「**ロボット管理・制御技術**」
ロボット台帳・空間台帳管理技術、遠隔操作による複数ロボット制御技術、ロボット安全管理技術 等
- (2) 人混みやカートが行き交う商店街でも安全に移動し、複数地点でも同一の人としてロボットが円滑にコミュニケーションできる
「**インタラクティブ行動シナリオ構成技術**」
注目物体、移動の妨げ物体認識、同一ユーザ認識、生活状態センシング技術、コミュニケーション活性化技術
- (3) 実際の商業施設等で複数のロボットやセンサ群、携帯電話・スマートフォンなどが連携して単体ロボットではできないロボットサービスを複数連携して動く
「**ロボットサービス連携システム構築技術**」

34

ロボットはわずかな溝も傾斜も移動の妨げになりサービスを続けられなくなる

床面特性(段差、傾斜、表面弾性など)情報を空間台帳から取得するしくみを導入

傾斜5°

35

素朴な質問

Q1)ある日、ショッピングモールに行ったら、ロボットを見かけました。そのロボットがあなたにどんなサービスをしてくれるかわかりますか？

36

ロボットサービス連携の流れ(1/2)

1. ユーザは店舗で利用できるサービスをスマホで確認。利用したいサービスを選択。



37

ロボットサービス連携の流れ(2/2)

2. 店舗に入ると、その場にいるロボットが、処理1で選択したサービスを適宜組み合わせ提供



2種類のロボットサービス(回遊支援と買い物支援)をユーザが自由に切り替えられる

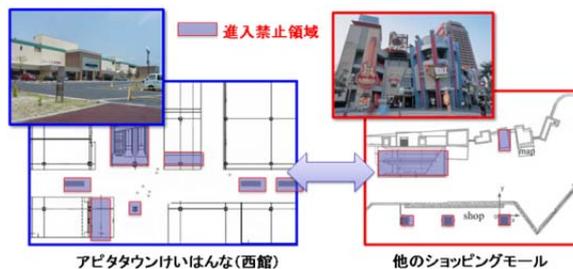
38

KBS 京都放送 B;Z 2013/1/18

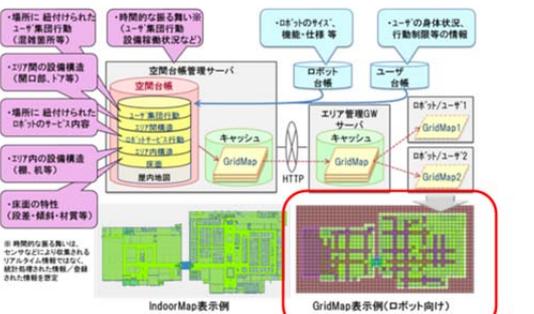


39

場所が変わっても大丈夫
サービスを提供する場所が変わっても、
システム上で地図を入れ替えれば対応可能



空間台帳管理システム構成



41

ユーザに適したロボットサービスが選べる

ユーザの属性にあわせてロボット
が割り振られます(ユーザ台帳)



ユーザ名	属性	買物	回遊	ヘルスケア
ユーザ 1	高齢者 健康			歩数計を利用
ユーザ 2	高齢者 杖を使用			歩数計は 利用しない

ロボットが変わっても大丈夫 ロボット台帳で利用できるロボットを特定

名称	Robovie-II	車いす型ロボット	Robovie-R3	...
形状	台車付きヒト型	車いす型	ヒト型	...
会話能力	あり	あり	あり	...
人輸送能力	なし	あり	なし	...
ユーザ認証	あり	あり	あり	...
点字ブロック	走破不可能	走破可能	走破可能	...

ロボットでサービスできること

新ロボット技術	効用	
場所を変えても 人の属性に応じて (歩きづら、聞き取りにくい、等)	空間台帳 ユーザ台帳	外出先で初めて訪れた場所でも安心、安全なサービス実行可能に アクセシビリティ ー 人に応じて、人に話す感覚で異なる言い方、サービスを提供できる。
ロボット性能の違い	ロボット台帳	ロボットの形状・機能に関する安全規準は2013年からISOで決まりつつある。
テレオペレータ・スキル (1人で同時に2台以上操作可能)	テレオペレータ台帳	エキスパートならば5台同時に操作可能
サービス利用履歴	サービスキューデータベース	利用者、ロボット連携などを履歴を情報共有可能に
開発のしやすさ (サービス事業者)	ロボット対話インタフェース (RoIS)	サービス事業者がロボット、センサーネットワーク、スマホの仕様(ハード、ソフト)を気にしないでサービスをクリエイト。サンプル実装は2012.7月和英文でα版、2013年1月β版公開済
開発のしやすさ (ロボット製造業)	ロボット対話インタフェース (RoIS)	ロボット製造者はサービスを気にしないで性能アップに注力できる。

ロボットは環境知能が不可欠なんだ

複数種類のセンサシステムによる人の位置計測 一見えないロボットも大事なんだー (2008年)

内閣府省連携施策群:環境情報構造化プラットフォーム構築

施設内: カメラ(頭部3次元位置)16台, RFIDタグリーダ, レーザレンジファインダ(LRF)(腰部2次元位置)6台

施設外: GPS

行動と空間のプリミティブ ー実時間で20名程度の軌跡を検出ー

環境情報構造化(環境知能)があると ロボットの待ち受け(ぶせ)サービスが可能に

■ 忙しく歩く ■ ゆっくり歩く ■ うろろろする ■ 立ち止まる

Pass through from left to right

ホンダASIMOとRobovie IIの2ロボ3脚 で飲み物をサーブ

(ユニバーサルシティウォーク大阪、2008.12.23-25)



49

一人のオペレータが
複数のロボットの
HRIを制御する難しさ

50

店舗おすすめサービス 4台をテレオペレータ1名で制御可能に



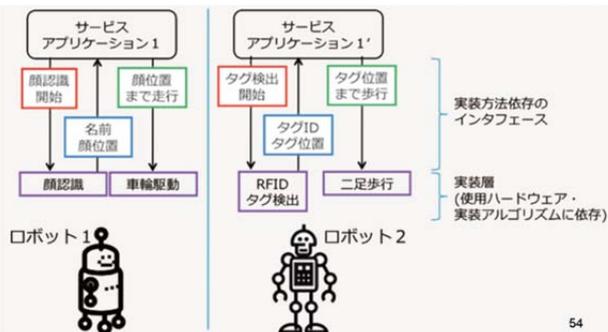
4. 国際標準化はかなり重要なんだ

52

RoISは重要な成果
(UNR-PFと相性がよく、ロボットサービス
を作りやすくなると期待できる)

53

今までのロボットサービスはロボット1の個人ID法(顔認識)と
ロボット2の方法(タグID)に依存してサービスアプリを変更しな
くはならなかった。



54

ロボット対話サービスRoISの国際標準化によって、ロボット対話の基本コンポーネント15種類が決定し、ロボットの仕様(実装層)に依存しないで、論理的にロボット対話サービスを書けるようになった。ユーザ定義のHRIコンポーネントも追加可能になっている。

HRI基本コンポーネント

1. システム情報(system information)
2. 人検出(person detection)
3. 人位置検出(person localization)
4. 個人同定(person identification)
5. 顔検出(face detection)
6. 顔位置検出(face localization)
7. 音検出(sound detection)
8. 音源位置検出(sound localization)
9. 音声認識(speech recognition)
10. ジェスチャ認識(gesture recognition)
11. 音声合成(speech synthesis)
12. 応答動作(reaction)
13. ナビゲーション(navigation)
14. 追従(follow)
15. 移動(move)

これら以外に、独自のHRI機能をユーザ定義HRIコンポーネントとして設定する方法も規定されている。

55

RoISは個人同定関数で書けば、同じサービスアプリXでもロボット2でも動作できるようになる。

サービスアプリケーションX ← 相互互換 → サービスアプリケーションX

誰がいる? 検出位置に移動

標準インタフェース

人物ID 位置情報

顔認識 車輪駆動

HRIエンジン1

ロボット1

RFIDタグ検出 二足歩行

HRIエンジン2

ロボット2

56

UNR-PFにRoISを使えば、ロボットサービスの拡張がしやすくなる。
⇒ スマホと同じアプリを多地点で使えるようになる。

【1】買い物支援サービスアプリ1が必要とするロボット性能を満たすロボット台帳のロボットは皆使えるようになる

【2】買い物支援サービスアプリ2もロボットの動作仕様を気にせずに独立に個人IDなどを読み出すアプリを開発することができるようになる

サービスアプリケーション層

UNR-PF層 (サービスアプリとコンポーネントの橋渡し)

ロボットコンポーネント層

57

ロボットサービス連携システム・アーキテクチャ(3層構造)提案

サービスアプリケーション層

UNR-PF層 (サービスアプリとコンポーネントの橋渡し)

ロボットコンポーネント層 (ロボット機能コンポーネント集合)

58

国際標準化されたロボットサービス連携システム (2013年3月 ITU-T, SG16, Q25(IoT) で勧告成立)

サービスアプリケーション層

UNR-PF層

ロボットコンポーネント層

59

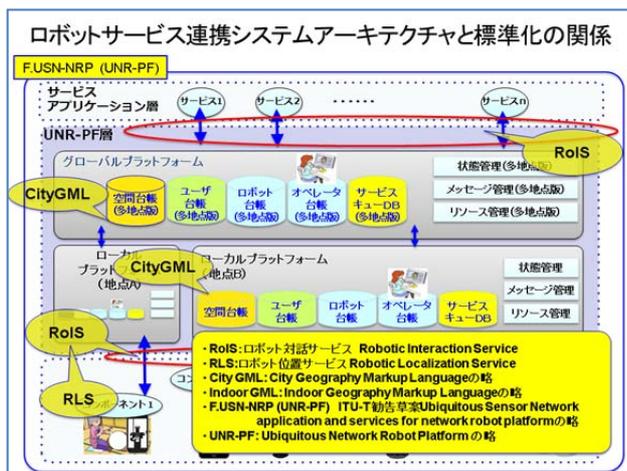
ロボットサービス連携システムのアーキテクチャ(3層構造)

サービスアプリケーション層

UNR-PF層

ロボットコンポーネント層

60



ロボットでサービスできること

新ロボット技術	効用
場所を変えても	空間台帳 外出先で初めて訪れた場所でも安心、安全なサービス実行可能に
人の属性に応じて (歩きづら、聞き取りにくい、等)	ユーザ台帳 アクセシビリティ 一人に応じて、人に話す感覚で異なる言い方、サービスを提供できる。
ロボット性能の違い	ロボット台帳 ロボットの形状・機能に関する安全規準は2013年からISOで決まりつつある。
テレオペレータ・スキル (1人で同時に2台以上操作可能)	テレオペレータ台帳 エキスパートならば5台同時に操作可能
サービス利用履歴	サービスキューデータベース 利用者、ロボット連携などを履歴を情報共有可能に
開発のしやすさ (サービス事業者)	ロボット対話インタフェース (RoIS) サービス事業者がロボット、センサーネットワーク、スマホの仕様(ハード、ソフト)を気にしないでサービスをクリエイト。サンプル実装は2012.7月和文でα版、2013年1月β版公開済
開発のしやすさ (ロボット製造業)	ロボット対話インタフェース (RoIS) ロボット製造者はサービスを気にしないで性能アップに注力できる。

SAKA INNOVATION HUB
大阪イノベーションハブ

・本事業の拠点を大阪駅横のグランフロント大阪(通称:うめきた)タワーC 7階に開設

タワーC

2013.4.26
いよいようめきたが、グランフロント大阪に出かけよう。

スーパーハッカソン
2013年5月11日

レーザーカッター 3Dプリンタ

◆NEDO「生活支援ロボット実用化プロジェクト」

- ◆本質安全および機能安全に関する試験を実施して具体的な安全性評価手法を研究開発
- ◆世界初、生活支援ロボットのISO/DIS 13482*1 認証が実現
- ◆ http://www.nedo.go.jp/news/press/AA5_100179.html

(*1) ISO/DIS 13482 パーソナルケアロボットの安全性に関する国際規格原案。2013年夏頃に国際規格として発行されることが見込まれている。

サイバーデザイン社の 装着型ロボット

JGAIによる認証マーク

生活支援ロボット安全検証センター

64

UNR-PF層の機能の一部を実装した UNR-PF α版を開発・一般公開

■ UNR-PF α版を一般公開するねらい:

- ・多くの開発者に利用してもらい、サービスアプリケーションとロボットコンポーネントの実装例を収集する。
- ・得られた意見をロボットサービス連携システムの最終実証実験にフィードバックして、技術仕様を確定する。

UNR-PF α版ソフトウェア、実際の掃除ロボットのロボットコンポーネントとサービスアプリケーションのサンプルプログラム※、マニュアル類を2012年7月20日に一般公開。

※ 開発初期段階では、サービスアプリケーション、ロボットコンポーネント、それぞれのサンプルプログラムが必要。

2012年7月20日に公開したもの

ソフトウェア	・UNR-PF α版 本体 ・空間台帳システムなど	● サービスアプリケーション層
サンプルプログラム	・サービス実装例 ・コンポーネント実装例 など	● UNR-PF層 (サービスとコンポーネントの橋渡し)
ドキュメント	・プラットフォーム、空間台帳システムなどのユーザマニュアル ・技術文書(クラス図/シーケンス図) など	● ロボットコンポーネント層 (ロボット機能コンポーネント集合)

UNR Platform α版 2012年7月公開

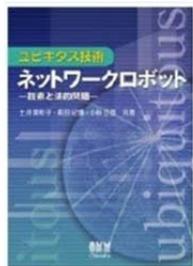
- ・ URL
 - <http://www.irc.atr.jp/std/UNR-Platform.html>
- ・ Alpha Release includes...
 - Platform System
 - Spatial Master Database System
 - Sample Programs
 - ・ Sample Component and Service
 - ・ Sample Scenario for Component Allocation
 - Documents
 - ・ User Guide (How to setup and execute sample programs)
 - ・ Programming Guide (How to use API libraries)
 - ・ Technical Documents (Class Diagram, Sequence Diagram)

Open Source

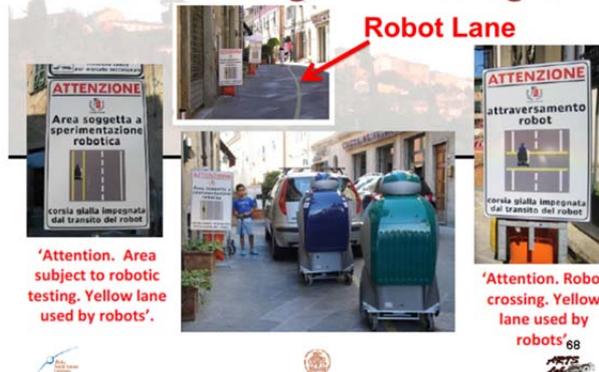
66

参考書

ユビキタス技術 ネットワークロボット ー技術と法的問題ー 土井美和子・萩田紀博・小林正啓 共著 オーム社 (2007)



Commercialization of DustBot Project
Peccioli testing: new road signs



招待講演・話題提供



RoboLaw (FP7)
2012-2014

Project title: Regulating Emerging Technologies in Europe: Robotics Facing Law and Ethics
Funding scheme: Collaborative project
Call Identifier: FP7-SCIENCE-IN-SOCIETY-2011- 1
EU Financial Contribution: 1.497.966 EUR
Duration: 24 Months
Starting date: March 1st, 2012
Name of coordinating person:
Prof. Erica Palmerini (Scuola Superiore Sant'Anna, Pisa, Italy)

69

5. 今後の展望

(IoTとロボットと知のコンピューティングとの関係は?)

70

SAPのいうIoTの定義



The Internet of Things is ...

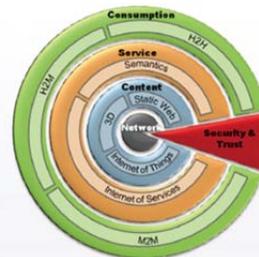
'A world where physical objects are seamlessly integrated into the information network, and where the physical objects can become active participants in business processes.'

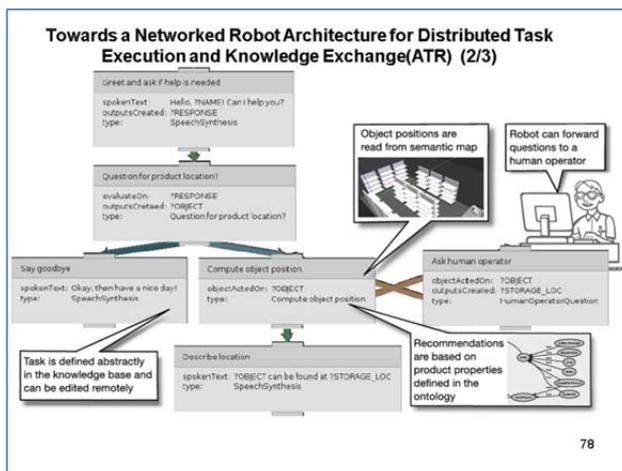
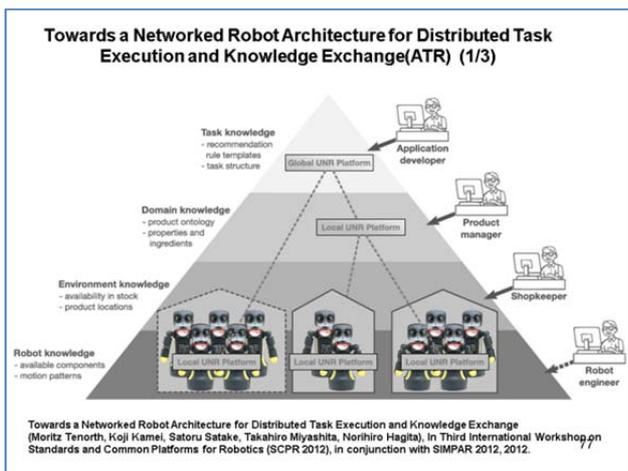
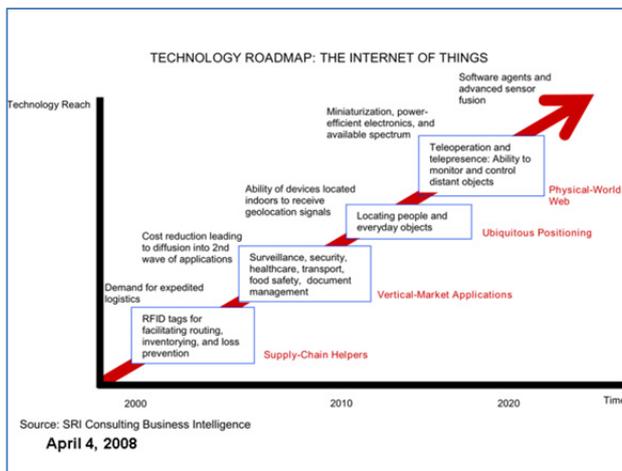
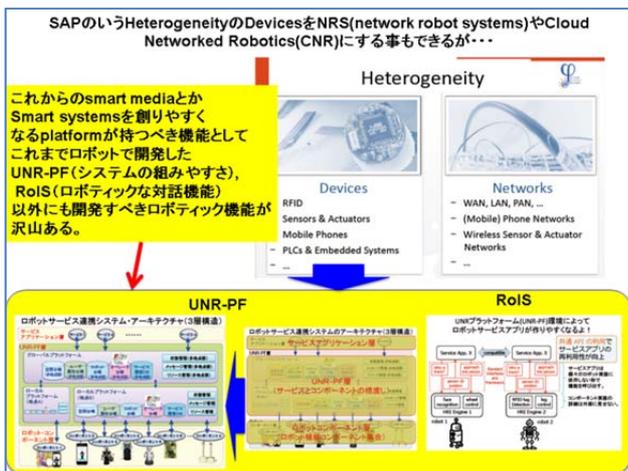
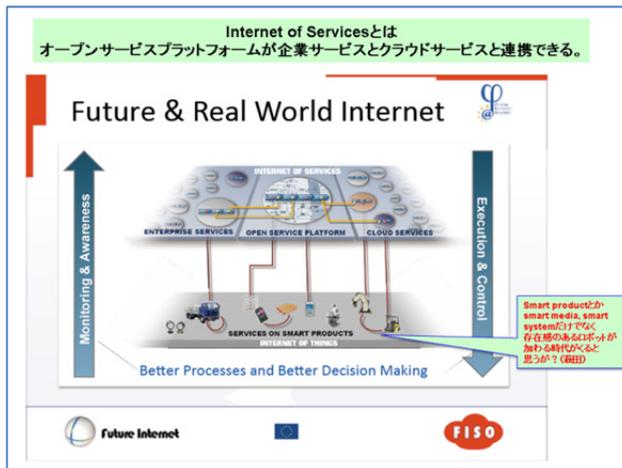
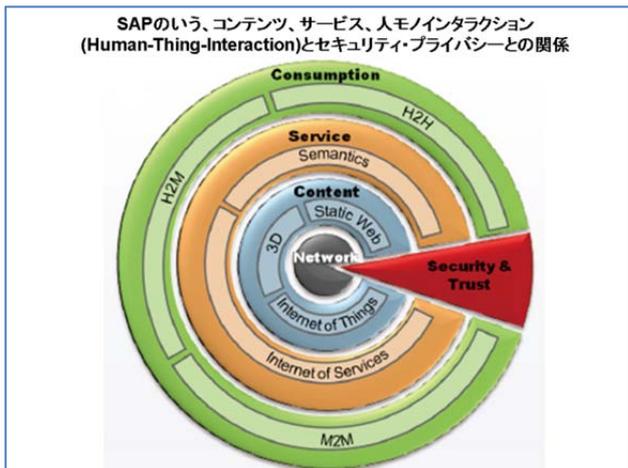
Services are available to interact with these 'smart objects' over the Internet, query and change their state and any information associated with them, taking into account security and privacy issues.'

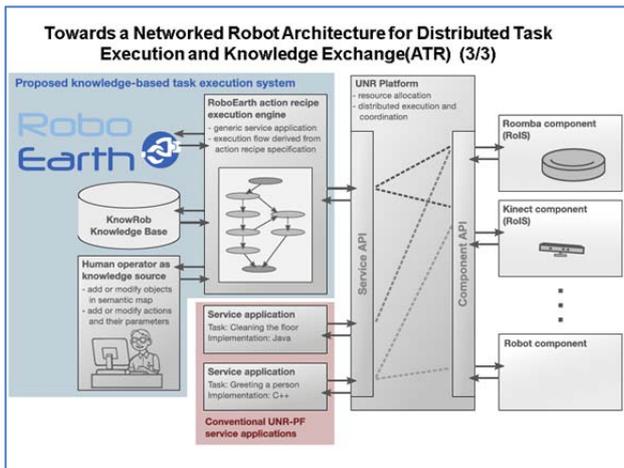
RFID, Sensor Networks etc. are just enabling technologies!

Internet of Things

- Integral Part of the Future Internet, with specific aspects
 - Real-World Integration
 - Heterogeneity of „Devices“ and Networks
 - Mobility
 - Managing Scale
 - Continuous Sensemaking
 - Distributed Intelligence







まとめ

- ・ロボットサービスは2020年までに急速に広まり、ロボットとの共創は当たり前になる。
- ・ロボット機能(特に知の部分)は国際標準化も含めて、たくさんやることがある。
- ・IoTとのロボットのすり合せを考えてもいい時期に来ている。

80

2.5 ITが知識資本の形成にもたらしたもの 黒田昌裕（JST/CRDS 上席フェロー）

産業連関分析を時間軸に沿って行くと、経済の構造が見え、さらにその裏にある技術の構造の変化が見えるはずである。しかし、ITはITだけでなく他の様々な技術に影響を与えるため、簡単には構造が見えなくなってきた。技術が生産性に与えた影響は投入と産出の差分によって見える。

資本投入には過去からの蓄積があり、たとえば自動車ではおよそ10年ほど前からの技術が今の商品の生産性に寄与している。自動車の生産においては、1980年と1992年で資本の構造が大きく変化している。ITをはじめとした技術の影響が大きい。どういう研究開発によって、どのような知が形成され、それがどの資本財に体化（エンボディ）され、どういう形で産業の構造に影響しているのかということを考えなければならない。また、知識が労働に蓄積され、それが労働の質を変えているということにも分析が必要である。

分科会で考えるべきことは、インタangibleなアセットの蓄積が、どのように tangibleなアセットに体化するのか、研究開発投資はどこに現れるのか、ということである。ITはITだけではなく色々な科学技術を変える。すなわち、知識の連関を生み出している。この連関を捉えることによって、構造的に何が足りないかがわかってくる。このようなサイエンスリンクエージの分析が必要である。

ITは価値観の多様性を引き起こした。これはデモクラシーの構造変化を引き起こすし、多様な期待はマーケットの変化も引き起こす。ITは様々なインパクトを持つようになったが、そのインパクトをIT自身が解決できるのか、それとも他の技術で解決しないといけないのか？「知のコンピューティング」の課題である。

話題提供 2

科学技術未来戦略ワークショップ
「知のコンピューティング」
ー人と機械が共創する社会を目指してー

共通話題提供

「IT が知識資本(knowledge capital)の形成にもたらしたもの ーその影響と課題ー」

CRDS 黒田 昌裕

知の構造化 (I)
ー人と機械が共創する社会とは？ー

- 産業構造の時系列的な構造変化の観察事実から、ICTで代表される技術革新の特性を検出。従来型の「ものづくり」中心の技術革新とどこが違うのか？
"ICTの導入が、商品、サービスの生産プロセスに如何なる機能を代替し、生産物の機能特性を如何に変化させたのか？"
- 「知」の結集としてのICTが、「ものづくり産業」と「サービス産業」の役割分担の産業構造から、「ものづくり」と「サービス産業」の役割連携の産業構造を生み出した。
- 無形固定資産としての「知:知識資本」、そしてそれを生み出す「人」と有形固定資産としての「機械」の共創の意味を明確にすること。

商品・サービス生産における投入-産出技術構造

	中間需要 商品・サービス	中間需要 産業	最終需要 国内	輸出	輸入	産出額
中間投入 商品・サービス	X	U	fd			
産業	V					
非競争輸入財						
スクラップ投入						
付加価値 (労働・資本要素投入)		va				
産出額						

産業の相互依存と技術構造
産業(商品・サービス)の投入構造と生産性

投入-産出構造

中間投入	$A_{ij} X_j$
資本投入	$B^{K_{kj}} X_j$
労働投入	$B^{L_{lj}} X_j$
産出量	X_j

生産関数

$$X_j = f(K_j, L_j, X_{ij}, T_j)$$

X_j : j-部門産出量
 K_j : j-部門資本サービス投入量
 L_j : j-部門労働サービス投入量
 X_{ij} : i-部門から j-部門への中間投入量
 T_j : j-部門の技術状態

全要素生産性(Total factor productivity) 成長率

$$dT_j/dt = dX_j/X_j - s_{K_j}(dK_j/K_j) - s_{L_j}(dL_j/L_j) - \sum s_{m_{ij}}(dX_{ij}/X_{ij})$$

M. Kuroda and K. Nomura, "Technological Change and Accumulated Capital: a dynamic decomposition of Japan's growth" *Lessly Leontief and Input-Output Economics, eds E. Dietzenbacher and M.L. Lahr, Cambridge Univ. Press, 2004*

静態的産業間相互依存関係
- 静態的ユニット構造(Static Unit Structure) -

J-商品の静態的ユニット構造

中間投入	$A_{ij} X_j$
資本投入	$B^{K_{kj}} X_j$
労働投入	$B^{L_{lj}} X_j$
産出量	X_j

A_{ij} : 中間投入行列
 f^* : 最終需要ベクトル $e_{(ij)}$, i要素のみが、1で、他の要素はすべてゼロ。
 I : 単位行列
 $X^* = A(I - A)^{-1} f^*$
 $L^* = B^L(I - A)^{-1} f^*$
 $K^* = B^K(I - A)^{-1} f^*$
 X^*, L^*, K^* = 最終需要 f^* を満たすに必要な直接、間接の投入、資本、労働投入

静態的ユニット全要素生産性((TFP)の定義

$$dT_i/dt = -\sum_l \sum_j (p_j^L L_{lj}^*/p_j) (dL_{lj}^*/dt) - \sum_k \sum_j (p_j^K K_{kj}^*/p_j) (dK_{kj}^*/dt)$$

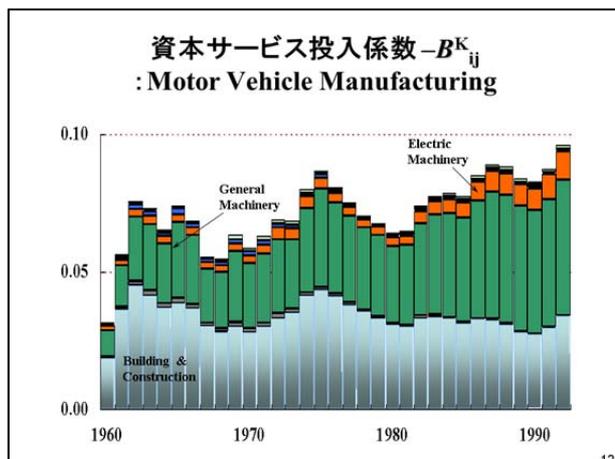
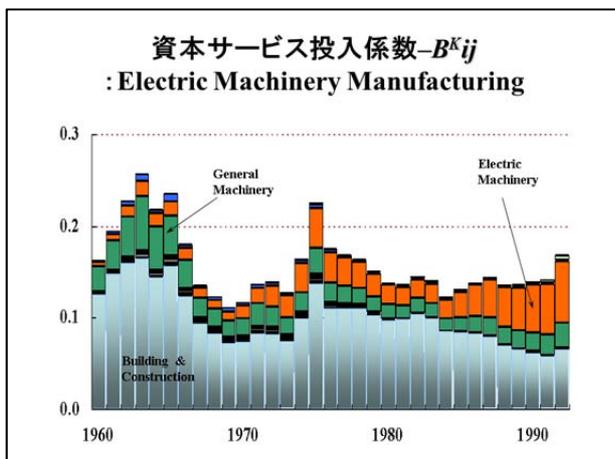
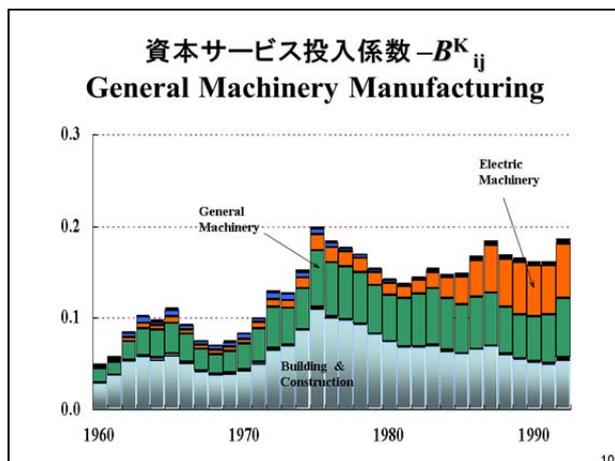
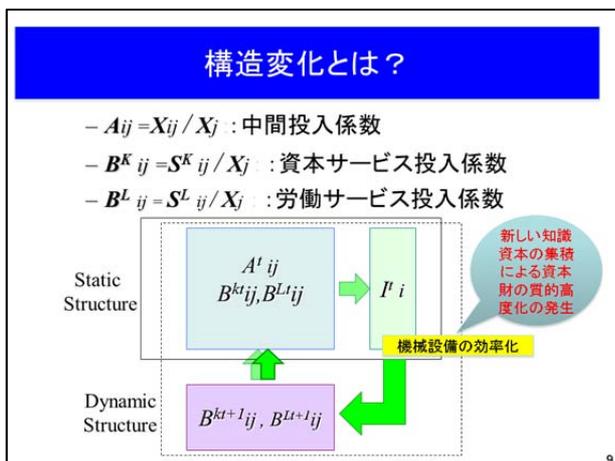
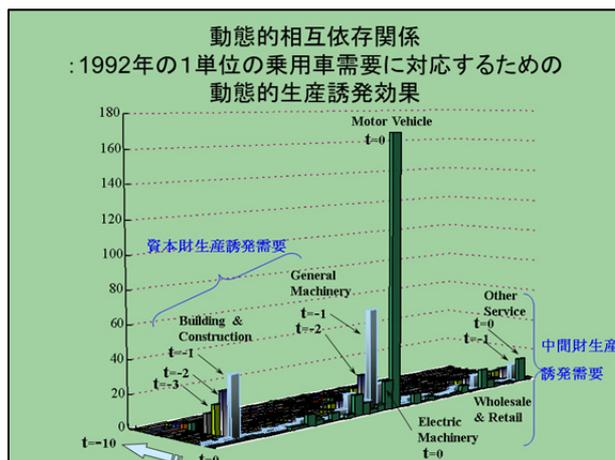
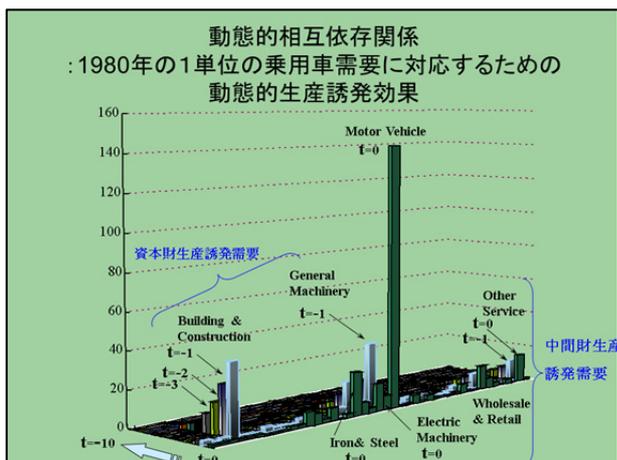
部門別TFPをベースにした集計レベル全要素生産性

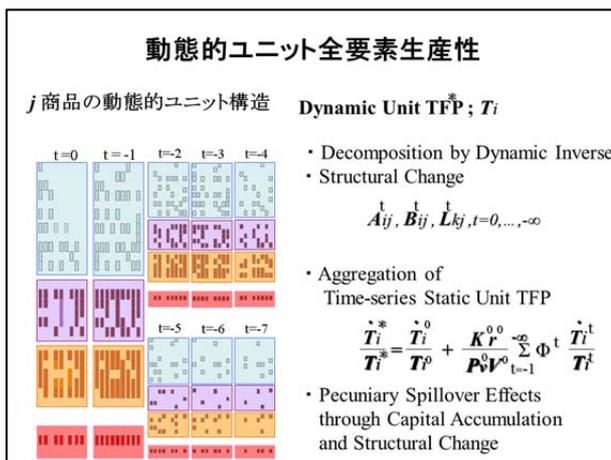
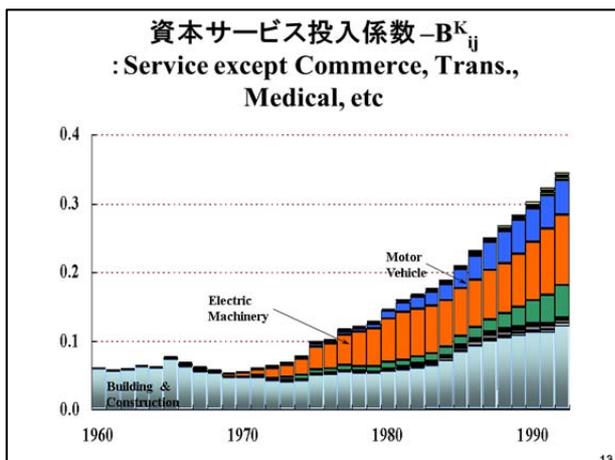
$$\frac{T_i}{T_j} = \sum_j \frac{P_j X_j}{P_j f_j} \frac{T_j}{T_j}$$

動態的産業間相互依存関係
- 動態的ユニット構造(Dynamic Unit Structure) -

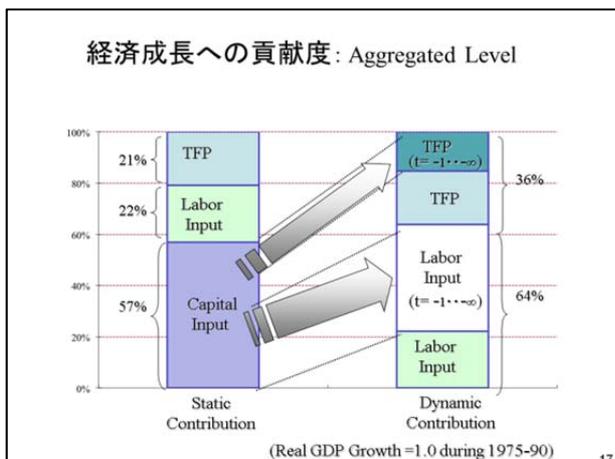
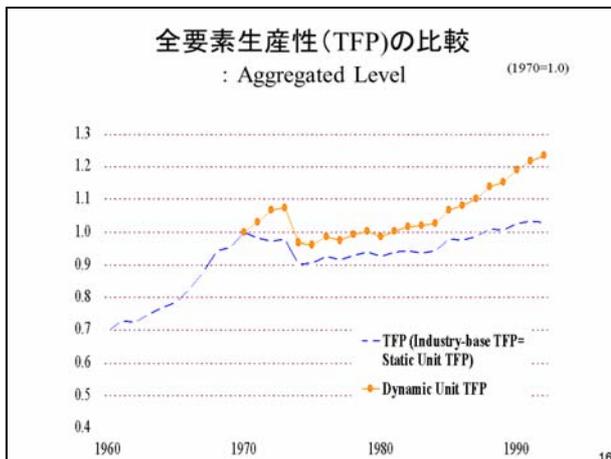
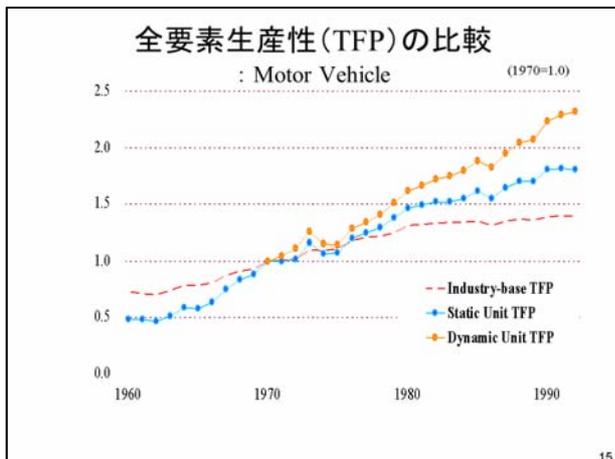
静態的産出バランス: $A_{ij} X_j + I_{ij} + C_i = X_i$
 資本蓄積の構造: $K_{ij}^{t+1} = (1-\delta_{ij}) K_{ij}^t + I_{ij}^t$
 動態的産出バランス: $A_{ij} X_j^t + B_{ij} X_j^{t+1} - (1-\delta_{ij}) B_{ij} X_j^t + C_i = X_i^t$

	t=0	t=-1	t=-2	t=-3	t=-4
中間投入	$A_{ij} X_j$				
資本投入	$B^{K_{kj}} X_j$				
労働投入	$B^{L_{lj}} X_j$				
産出量	X_j				





招待講演・話題提供



Story on Productivity Paradox

Productivity Paradox:

- R.Solow remarked in 1987 that “you see the computer revolution everywhere except in the productivity data.”

Conceptualization Problem:

- Greenspan pointed out that the negative trends in measured productivity in many service sectors seemed inconsistency with the facts that they ranked among the top computer-using industries.
- Questions raised by Greenspan on the accuracy of the computer price index.

18

知の構造化 (II)
"ICTのConceptualization Problem"への挑戦

- R&D 投資による知識資本の効率的創造
- 有形固定資産(Tangible Assets)の特性変化は、知識資本としての無形固定資産(Intangible Assets)の蓄積をもたらす。

- ICTIによる技術革新があらゆる科学分野におけるR&D投資の効率化を推進。知識資本(Knowledge Capital)の創造過程を変化させている。
 - ITが情報伝搬の規模、速度の加速させ、あらゆる産業、科学分野でのグローバル競争を活性化させる。
 - 観測、観察、測定精度の加速的向上。
 - 観測・測定技術の精度と解析技術の進化が自然科学の基礎科学知識の創造性の加速。
 - その「知」の創造が有形固定資産の質の向上をもたらした。
 - Science-Linkageの深化がTranslational Scienceの可能性を拡大

再び、構造化とは？
知識資本の創造と機械資本の効率化

- $A_{ij} = X_{ij} / X_j$ 中間投入係数
- $B^{K_{ij}} = S^{K_{ij}} / X_j$ 有形固定資産資本サービス投入係数
- $B^{NK_{ij}} = S^{NK_{ij}} / X_j$ 無形固定資産資本サービス投入係数
- $B^L_{ij} = S^L_{ij} / X_j$ 労働サービス投入係数

R&D 投資が、如何にして知識資本ストックを蓄積し、その知識資本のストックの蓄積から、新しい知識資本サービスの生み出すか？

Big-Data の利用による
知識資本の創造の構造分析の必要性

大規模情報伝搬の同期化の社会的影響

- 以下の各命題は正しいか？間違っているか？
- もし正しいとすれば、その社会的影響はどのようなもので、それに対する対処は如何にすべきか？
- もし間違っているとすれば、今、現実に起こっていることを、どう理解し、解決すべき課題は何か？

- 情報の即時的、同期化は、人類の価値観の多様化をもたらし、人々のPerception Gapを拡大するか？
- 人類の価値観の多様化に伴って、人々が描く期待分布は、等質的期待分布(Homogeneous Expectation)から、異質的期待分布(Heterogeneous Expectation)に複雑化している。
- 異質的期待分布の世界に市場均衡が一意的に存在し、交渉が均衡を達成しえるか？
- 人々の異質的期待分布が常態化する社会において、社会的合意形成は可能か？
- そこでの新しいデモクラシーの姿はありえるか？そこでの科学技術の役割は？

2.6 ビッグデータとパーソナルデータ

菊池尚人(慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科 特任准教授)

自身が研究対象とする制度は、インフラからコンテンツへ、そしてプラットフォームへと拡大してきた。最近のビッグデータ化の進展により、個人情報やパーソナルデータの重要性が増加している。本発表では、現状の認識、法制度の変遷、国際的な比較を通じて関連事項の知識を深めるとともに、「透明性の確保」等、利活用の原則について総務省報告書にそって確認する。あわせて、研究開発における留意点等について言及したい。

1 現状の認識

スマホ、タブレットの普及、センサーの拡大によって、位置情報等の利活用ができるようになった。SNS (Social Network Service) の普及によって、プライバシーの共有が行われるようになった。マイナンバー法の成立(「行政手続における特定の個人を識別するための番号の利用等に関する法律」)により、共通番号制度等の整備が行われる。このような背景をもとに、ビッグデータ化の進展に伴い、パーソナルデータの重要性が増加する。

2 法制度の変遷

インターネット化・ブロードバンド化

1997年に著作権法改正による自動公衆送信及び送信可能化に関する権利の付与、2002年にプロバイダー責任制限法(「特定電気通信役務提供者の損害賠償責任の制限及び発信者情報の開示に関する法律」)の制定、2003年個人情報保護法(「個人情報の保護に関する法律」)の制定がされた。その中で、第2条に「個人情報」とは、生存する個人に関する情報であつて、当該情報に含まれる氏名、生年月日その他の記述等により特定の個人を識別することができるもの(他の情報と容易に照合することができ、それにより特定の個人を識別することができることとなるものを含む。)とある。したがって、Suicaによる行動履歴が個人を識別可能でない状況ならば、そうしたものは法律上の個人情報に該当しない。疾病の記録など機微な情報を識別可能か否かに関わらず、パーソナルデータとする。

クラウド化・ソーシャル化

総務省「利用者視点を踏まえたICTサービスに係る諸問題に関する研究会」において、2009年に第一次提言、2010年に第二次提言、2012年にスマートフォン プライバシー イニシアティブが提言されている。

3 国際的な比較

- OECDにおいて、1980年、プライバシーガイドラインが策定された。
- EUにおいては、1995年データ保護指令が、2002年、2009年eプライバシー指令が、2012年にはデータ保護規則の提案がされている。
- アメリカでは、分野横断的な法制度はなく、パーソナルデータの扱いは、個別の業法のなかで規制されている。2000年にEUとの間でセーフハーバー枠組の策定。FTC(連邦取引委員会)による排除措置・課徴金等が定められた。

4 利活用の原則

総務省「パーソナルデータの利用・流通に関する研究会報告書 ～パーソナルデータの適正な利用・流通の促進に向けた方策～」(2013年6月)において、透明性の確保、本人の関与の機会の確保、取得の際の経緯(コンテキスト)の尊重、必要最小限の取得、適正な手段による取得、適切な安全管理措置、プライバシー・バイ・デザインが指針として挙げられている。

5 まとめ

個人情報保護法は結果として研究開発などで萎縮を引き起こしてきた面がある。ビッグデータを活用した研究は、法規制の成立を待って進めるのではなく、広く組織レベルでのガイドラインを整備することにより、前向きに進められるべきである。こうしているうちにも、諸外国は研究開発を進めており、何もしなければ差は開くだけだ。一定のルールに則って、第三者が監査できる体制の下、善管注意義務を果たしたことにより、免責されるといった仕組み作りが広く研究開発に関する体制として求められるのではないか。

質疑

- 質問(JST・岩野上席フェロー): データの加工・流通の時にどの程度加工したら元の人に権利があるのか? データの流通基盤を作るにはデータの成果の分配が重要だが、知識や知までいくと、サービスで得たゲインをどう分配していくか法整備が大事になる。そのあたりの考え方は?
- 回答: 例えば題名には著作権が認められない。かたや音楽では数小節でも著作権が働く。この違いは著作権は思想感情を創作的に表現したものであるところにある。つまり、思想感情が創作的に表現されていると認められれば、著作物にたりうる。ただし、著作権以外にも財産権として保護されうる領域がある。そのデータを元に一定以上の付加価値を生じ得るかどうかということはそのポイントだろう。自由な利用を認める補償としては、例えば著作権では私的録音録画補償金制度があり、自由な利用を許すが複製によって生じた機会的損失を埋め合わせる。国として制度的に補償するほか、ある種の団体に何らかの積み立てをして個別に支払うといったような方法が考えられる。いかに Creativity をなくさない制度設計にするかが大事。
- 質問(慶大・徳田先生): SUICA 問題の事後処理はどうなったか? データはそのまま販売されたのか、クレームへの配慮があったのか? 先ほどの透明性の問題だと思う。
- 回答: 配慮せざるを得ない状況になっていると思う。経営判断の問題。あれだけ問題になると、ビジネスとしてデータを買って利活用する会社がいるかも疑問。一般的には、社会的な圧力によって萎縮する方向に働くのではないか。ネットのような炎上しやすい社会では、法的な正しさに加えて、広い意味での信頼や信用に配慮しなくてはならない。個別の企業、大学ではなく、経済団体、公的機関のような組織が共通指針を出すなどの方向性が考えられる。また、それを毎回毎回どう適正に運用していくかということも重要。社会的な利益と損失を総合的に考慮して何を守るかを決めて判断していくことが必要。

平成 25 年 7 月 25 日

慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科 特任准教授 菊池尚人

ビックデータとパーソナルデータ

1 現状の認識

- ・スマホ、タブレットの普及、センサーの拡大・・・位置情報等の利活用
- ・SNS の普及・・・プライバシーの共有
- ・マイナンバー法の成立（「行政手続における特定の個人を識別するための番号の利用等に関する法律」）・・・共通番号制度等の整備
- ・ビックデータ化の進展に伴い、パーソナルデータの重要性増加

2 法制度の変遷

- ・インターネット化・ブロードバンド化
 - 1997 年 著作権法改正による自動公衆送信及び送信可能化に関する権利の付与
 - 2002 年 プロバイダー責任制限法（「特定電気通信役務提供者の損害賠償責任の制限及び発信者情報の開示に関する法律」）の制定
 - 2003 年 個人情報保護法（「個人情報の保護に関する法律」）の制定
 - 第 2 条 「個人情報」とは、生存する個人に関する情報であつて、当該情報に含まれる氏名、生年月日その他の記述等により特定の個人を識別することができるもの（他の情報と容易に照合することができ、それにより特定の個人を識別することができることとなるものを含む。）
- ・クラウド化・ソーシャル化
 - 2009 年 総務省「利用者視点を踏まえた ICT サービスに係る諸問題に関する研究会」
 - 2009 年 第一次提言
 - 2010 年 第二次提言
 - 2012 年 スマートフォン プライバシー イニシアティブ

3 国際的な比較

- ・OECD 1980 年 プライバシーガイドライン
- ・EU 1995 年 データ保護指令
 - 2002 年、2009 年 e プライバシー指令
 - 2012 年 データ保護規則の提案
- ・アメリカ 分野横断的な法制度はないものの、2000 年に EU との間でセーフハーバー枠組の策定。
FTC（連邦取引委員会）による排除措置・課徴金等

4 利活用の原則

総務省 パーソナルデータの利用・流通に関する研究会報告書 ～パーソナルデータの適正な利用・流通の促進に向けた方策～ （2013 年 6 月から）

- ・透明性の確保
- ・本人の関与の機会の確保
- ・取得の際の経緯（コンテキスト）の尊重
- ・必要最小限の取得
- ・適正な手段による取得
- ・適切な安全管理措置
- ・プライバシー・バイ・デザイン

5 比喩

シートベルトをして、保険に入って、高速道路・アウトバーンを走行する

パーソナルデータの利用・流通に関する研究会報告書 ～パーソナルデータの適正な利用・流通の促進に向けた方策～ (2013年6月) より引用 (http://www.soumu.go.jp/main_content/000231357.pdf)

パーソナルデータの利活用の事例①(情報通信業)

参考資料 1-1

AT&T Shop Alerts (米国)

AT&Tが、Placecastの位置情報プラットフォームを活用し、同社の顧客に対してクーポンを配信

飲食店やイベント開催場所など、一定地域内に入ったユーザーに対し、適切なクーポンや割引情報を配信

携帯電話のGPS機能を活用することで、ユーザーに対して適切なタイミングで割引情報を提供することができ、広告効果を高めることが可能

※AT&Tのプライバシーポリシーにて、取得する情報の種類、利用目的、第三者提供や情報収集時の同意取得、オプトアウトに関する記載がある

Ericsson DDS (南アフリカ)

Ericssonが南アフリカの通信キャリアMTNグループと提携したリアルタイム割引サービス(DDS: Dynamic Discount Service)を提供

全ユーザーの行動履歴を分析し、基地局エリアのトラフィック状態をリアルタイムに分析

エリア・時間帯別に、トラフィックに余裕のある場合には高い(最大30%)割引率を自動的に設定

※MTNのプライバシーポリシーにて、取得する情報の種類、利用目的、情報収集時の同意取得、第三者提供に関する記載がある

TomTom HD Traffic (オランダ)

TomTomのカーナビは通信機能を持っており、FM放送を利用して最新の情報を収集(VICSに相当)

一方で最大1070万台の携帯電話の基地局情報(GPSデータ)を定額で収集し、利用者の移動速度・進行方向を判断

両データを統合することでリアルタイムに精度の高いナビゲーションを提供

※TomTomのプライバシーポリシーにて、取得する情報の種類、利用目的、情報収集時の同意取得、第三者提供に関する記載がある

出典: 本研究会第4回会合百川構成員資料、(株)日立コンサルティング作成資料より作成

パーソナルデータの利活用の事例②(金融業・保険業)

参考資料 1-2

Visa Advanced Authorization (北米)

各店舗から送られてくる決済情報を、リアルタイムで照合・分析

「短時間に大きく離れた店舗で決済が発生したケース」など、不正利用の可能性が高い取引を監視し、取引が成立した時点で店舗に対して通知を実施

カードの不正利用をリアルタイムに発見し、不正利用を早期に発見・対応することが可能になり、店舗、正規利用者の双方に対し、より高いセキュリティを提供することが可能

※Visaのプライバシーポリシーは公開されていないが、各店舗での決済情報をVisaが分析し、不正利用と思われる取引を店舗に通知するため、決済情報を第三者提供することはない

Progressive Snapshot (米国)

加入者に専用のデバイス(一種のドライブレコーダー)を配布し、詳細な運転状況を記録

加入者の事故リスクを分析・評価、個々の運転状況に合わせた割引率を算定

インターネットを通じて、運転状況のフィードバックや安全運転のアドバイスを実施

蓄積された詳細な行動データを解析することで、リスクを適正に判断可能

※Snapshotサービスの利用規約にて、取得する情報の種類とサービス利用時の同意取得、Progressiveのプライバシーポリシーにて取得する情報の種類、利用目的に関する記載がある

Cardlytics (米国)

クーポンを配布したい小売業者等が、Cardlyticsにクーポンの配布条件を依頼

Cardlyticsは、銀行に対して該当する顧客の抽出を依頼

銀行は取引データを分析して該当顧客を抽出し、対象顧客にインターネットバンキング上でクーポンを提供

※対象顧客抽出やクーポン配布は銀行で行われ、Cardlytics等に第三者提供することはない

出典: 本研究会第4回会合百川構成員資料、(株)日立コンサルティング作成資料より作成

パーソナルデータの利活用の事例③(行政分野、公益事業)

参考資料 1-3

埼玉県カーナビデータ活用(日本)

埼玉県では、Hondaと連携してカーナビデータの分析結果を道路行政に活用

県庁の位置情報や道路情報から急ブレーキの多発箇所を分析・抽出し、区画線の設置や道路幅員の改修によって事故件数を減少

また、安全対策等の交通安全対策のため、県庁の急ブレーキ多発箇所や道路幅員における急ブレーキ平均進行速度を分析、県下教師の人員配置や注意喚起に活用

※カーナビデータの取得は、取得する情報の種類、利用目的、情報収集時の第三者提供の同意取得に関する記載がある

midata(英国)

消費者が民間企業の特許自分の個人データを自由にアクセスできるようにすることを目的し、英政府主導で2011年に開始されたプロジェクト

midataにはエネルギー、金融、通信などの業界から20を超える企業がパートナーとして個人データを提供

民間保有者の個人データを扱ったMidataHackathonなども開催された

ENEL Smart Meter (イタリア)

ENELはイタリアの電力会社であり、スマートメーターの大量設置を進め、顧客3300万戸のほとんどに導入を完了

スマートメーターのデータは、PLC(電力線通信)およびGSM(携帯電話)を經由して集中管理

定額給付(15分間隔)、契約管理、遠隔開閉、電力供給量のコントロール、サービスのモニタリング、不良顧客の管理などを進捗で実施可能

※パーソナルデータの取扱いに契約時の説明書に記載されているためその内容を確認できないが、世帯からのデータの管理や定額給付等のサービスはENELが行っているものであり、データを第三者提供することはない

出典: 本研究会第5回会合百川構成員資料、(株)日立コンサルティング作成資料より作成

パーソナルデータの利活用の事例④(小売業)

参考資料 1-4

Shopperception (米国)

小売店の陳列棚に設置されたKinectセンサーが顧客の動きをリアルタイムに検知し、手に取られた商品や顧客の動き等を機械的に分析・記録することが可能

販売時点のPOS(Point of Sales)データに加え、POB(Point of Buying)データを取得し、顧客の購買履歴を分析

「興味を持たれたが購買に至らなかった商品」および「興味を持たれた商品」の区別が可能になり、販売促進費の投資を最適化

※Shopperceptionのサービスを導入する小売業者のプライバシーポリシーにて適正な取扱いをすれば問題は生じない

Walmart Data-warehouse (米国)

Walmartでは、POSや在庫のデータを集積するデータウェアハウスを構築

POSデータ分析から、同時購入されるや新しい商品を同じ売り場へ配置するなど、クロスマーケティング戦略を展開

また、データはサプライヤーとも共有され、店舗とサプライヤーが協力して欠品や過生産の防止、新商品開発等に活用

※プライバシーポリシーにて、消費者の購入履歴を収集している旨や、データをマーケティング等に活用する旨、サプライヤーと共有する旨について述べている

TESCO Club-card (英国)

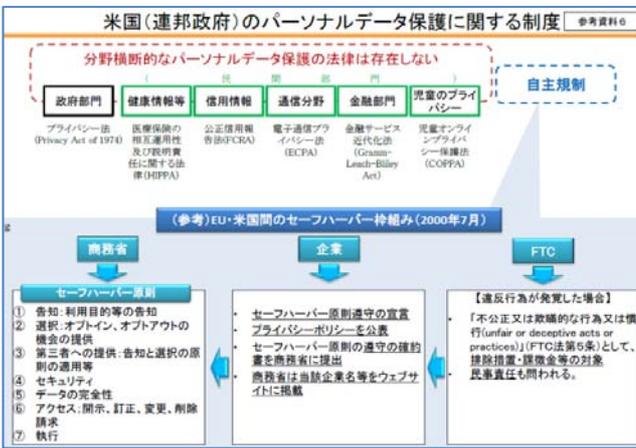
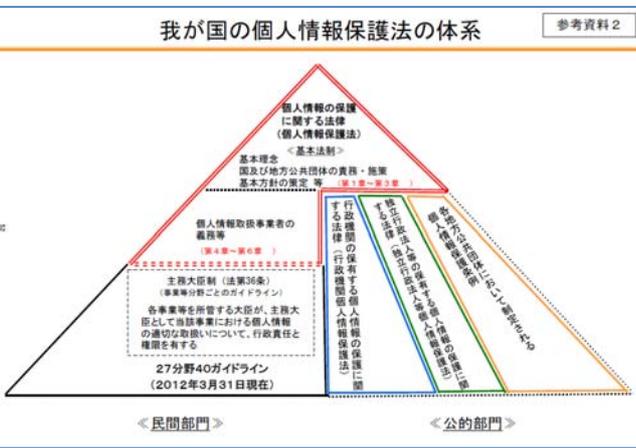
TESCOでは、ポイントプログラムであるクラブカードにより顧客の購買履歴などの情報を収集

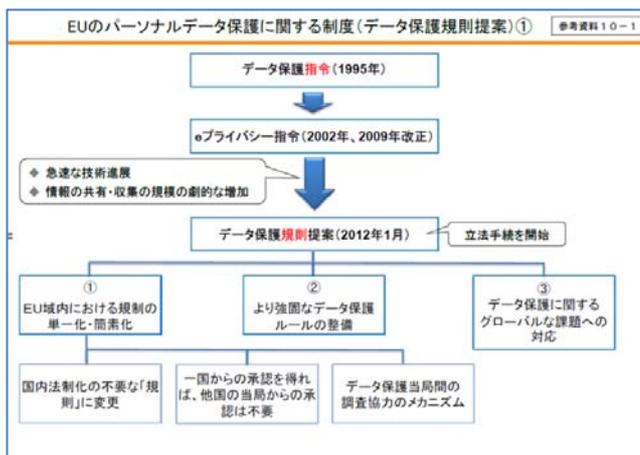
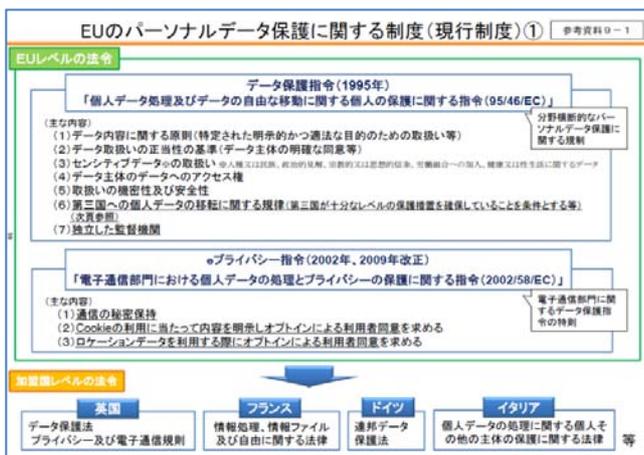
購買履歴などの情報を利用して顧客をタイプ別分析

顧客に対し、カスタマイズした商品案内やクーポンなどを提供

※クラブカードのプライバシーポリシーには、取得する情報の種類、利用目的、Webサイトを通じてサービスを受ける場合にはこれらの情報の取得に同意する旨が記載されている

出典: 本研究会第4回会合百川構成員資料、(株)日立コンサルティング作成資料より作成





招待講演・話題提供

2.7 生涯発達と Wisdom

鈴木忠(白百合女子大学 児童文化学科 発達心理学専攻 教授)

生涯発達心理学は、人の発達や加齢の可塑性・多次元性・多方向性を仮定して心理機能にアプローチする学問である。心理学においては、知能・情報・認知・知識と様々な概念が区分けされているが、この中で **Wisdom** は新しい概念であり、「知恵」や「英知」などと訳されている。

発達心理学では、知能が生涯を通じてどう変化するかについて、半世紀以上前から研究されている。旧来の知能の概念は主に知能検査にもとづくものであり、検査は学校での成績をよく予測したから、知能は学校知(**Academic Intelligence**)と結びついて考えられた。しかし生涯発達心理学は、人々が社会に出てから職業上の経験をする中で新たに獲得する知能(**Practical Intelligence**)の研究へ道を開いた。その結果、**Academic Intelligence** と **Practical Intelligence** との間の相関はかなり低いことが明らかになった。前者は主に言葉を通して学習し評価されるのに対して、後者は専門分野での実践経験を通じて獲得され評価されるものであり、暗黙知としての性質が強い。

Wisdom は **Practical Intelligence** の一種だが、特定の職業と結びついた専門知識というより、もっと一般的な実践知である。**Wisdom** を「人生に関する複雑な問題へ対処するための枠組み」と定義してなされた実証的研究によれば、

他者と議論・対話し、その後、他者の視点をとりこみつつ自分一人で熟考することが、**Wisdom** を最大限に発揮できることが示されている。また、実際に他者を目の前にして議論しなくても、心の中で他者と対話することによっても **Wisdom** の発揮につながる。他者の視点をとり入れる行為は、古典などの文化的所産との対話も含まれると考えてよいだろう。

(質疑応答ならびに討論)

- 質問 (慶大・山口先生) : 経営学者などは、ルーチンエキスパートからクリエイティブエキスパートへの熟達の5段階モデルなどを提示しているが、この点についてコメントいただけないか?
- 回答 : **Wisdom** はさらにその上に行く概念である。専門外のことにまで及ぶことができるのがポイントになると思う。これに関連することとして、愚かさについての研究がある。専門家は自分の属する“業界”の常識に縛られ、結果として愚かな行動を行うことがある。つまり、専門知に加え、公益性の視点まで含めて考慮することができて、初めて **Wisdom** になるのではないかと思う。
- 質問 (理研ジェネシス・城戸先生) : コホートの **IQ** について、遺伝子研究の場合はコホートで病気の原因究明に活用するのだが、これと関連するような **Wisdom** 形成にかかる研究の動きはあるのか?
- 回答 : これについては、把握していない。

科学技術未来戦略ワークショップ, 2013, 7, 25-26

生涯発達とwisdom

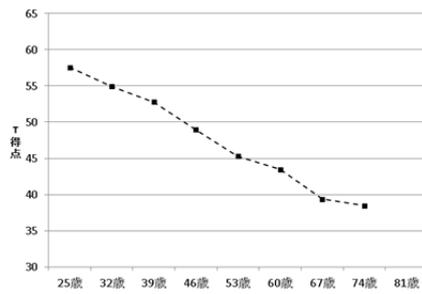
鈴木 忠
(白百合女子大学)

1

頭のはたらき(→知能)は生涯を通じて
どのように変化するか？

2

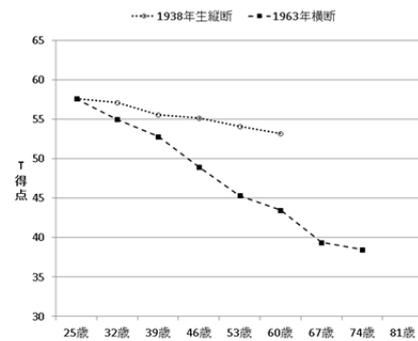
1963年の横断データによる加齢曲線
シアトル縦断研究



25歳と60歳とでは14点の差がある。

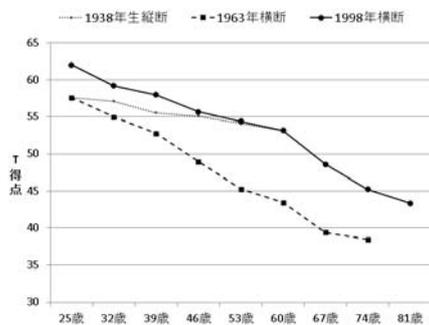
3

1963年の25歳が実際に60歳になると
——加齢による低下分は4点



4

1963年と1998年の横断曲線



5

1990年代以降、IQは伸び止まり？

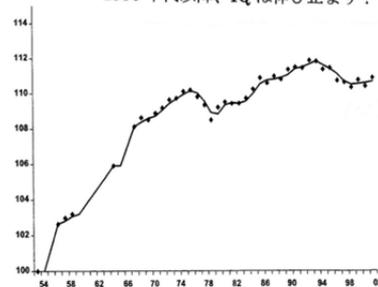


Fig. 1. IQ of Norwegian conscripts (in IQ score units) by year of testing [data for 1965 and 1968 (corrected) have been adopted from Flynn, 1987, Table 4].

6

50歳代、60歳代の伸びが大きい。
 —生涯にわたる**発達の可塑性**
 (生涯発達心理学の成立)
 →高齢者への認知機能の訓練研究

発達の多次元性・多方向性
 →複数の「知」=心理測定知能とは別の「実践知」

7

academic intelligence

* 言葉(=シンボル系)を介しての学習と評価
 —教師・教科書・ペーパーテスト

practical intelligence

* 実践経験(=現実との相互作用)を通じての
 学習と評価

8

academic/practical intelligenceが相関しない例

年齢・推論知能・実践的知能の相関:銀行員

	年齢	勤続年数	推論知能	実践的知能
年齢				
勤続年数	0.60			
推論知能	-0.48	-0.46		
実践的知能	0.28	0.19	-0.28	

N=157, 数値はすべて有意(p<0.05)

9

大学院入試の成績と若手研究者としての実力

	修士1年 成績	修士2年 成績	分析能力	創造的知能	実践的知能	研究能力	学生指導	博士論文
GRE(英語)	0.18*	0.10	0.12	0.14	0.12	0.12	0.15	0.08
GRE(数学)	0.14	-0.01	0.16*	-0.04	-0.02	0.07	-0.04	0.07
GRE(分析)	0.17*	0.03	0.18*	0.16*	0.05	0.12	0.14	0.24*
GRE(心理学)	0.37***	0.02	0.18	0.12	0.07	0.14	0.01	0.15

N=170, *p<.05, ***p<.001

10

心理学のwisdom研究

wisdom: 人生に関する複雑な問題へ対処するための「枠組み」

- * 人間心理や社会についての幅広い知識
- * とらわれのない見方

11

wisdom課題の例

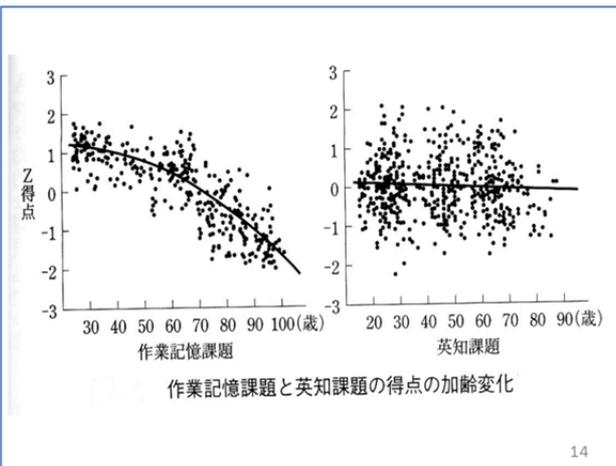
- (1) 15歳の少女が、好きな男性ができて結婚したいと言っている。どうしたらよいか。
- (2) 60歳代の女性が資格をとって仕事を始めたいが、息子が小さな子どもを抱えて離婚。どうしたらよいか。
- (3) 友人から電話があり自殺したいと言ってきた。どうしたらよいか。

12

wisdom課題の評価基準

1. 事例の知識: 人間の性格や行動パターン, 人生でおこる重要なできごとなどの事例を豊富に知っていること。
2. ノウハウの知識: 生活の中でおこる葛藤やトラブルへの対処, 目標を実現するための方法など問題解決のための「ノウハウ」をいろいろ知っていること。
3. 発達環境についての知識: 家族や仕事, 教育や子育て, 人間関係や組織, 社会といった, 人が生活する環境(文脈)を構成するものについていろいろ知っていること。
4. 相対性の考慮: 生い立ちや社会的立場などによって価値観や基本的な考え方が異なることを理解していること。自分の価値観や見かたとらわれずにものを考えることができること。
5. 不確実性への理解: ものごとの全体像を把握することは困難であり, また, 将来それがどうなるかも不可知であることを理解していること。

13



14

課題について、親友やパートナーと話し合った後で回答したらどうだろうか？

15

5つの条件

- * Standard ひとりで課題を聞き、即答。
- * External Dialogue ふたりで課題を聞き、10分間、話し合ったのち、別室に別れてひとりずつ回答。
- * Individual Thinking Time ひとりで課題を聞き、10分間、考えた後に回答。
- * Internal Dialogue ひとりで課題を聞き、10分間、自分の親しい友人ならどう考えるかを想像しながら考えた後に回答。
- * External Dialogue Plus ふたりで課題を聞き、10分間話し合った後、別室でひとりで5分考えた後に回答。

16

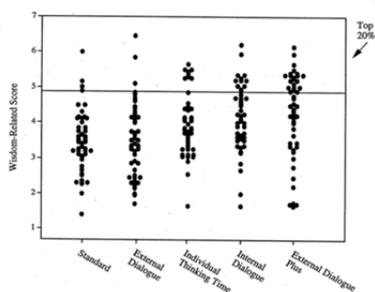


Figure 2. When one analyzes the top 20% of wisdom-related performances, the facilitative effect of interactive and individual mind(s) conditions became even clearer. The external-dialogue-plus condition contributed more than twice as many top performances than expected by chance.

ふたりで話し合った後、ひとりになって考える時間をもつ条件 (External Dialogue Plus)がもっとも成績がよかった。

17

全体(N=244)の上位20%に入った割合

- * External Dialogue Plus 51人中21人(41%)
- * Internal Dialogue 47人中12人(26%)
- * Individual Thinking Time 49人中9人(18%)
- * Standard 49人中4人(8%)
- * External Dialogue 48人中3人(8%)

18

他者と議論し、その後、他者の視点をとりにみつつ自分で考えること (reflection)が、wisdomの発揮にとって大切。

19

「心の中の他者」と対話をする
こともwisdomにつながる。

文化的所産との対話

20

文 献

スライド3・4・5 シアトル縦断研究

Schaie, K.W. 2005 *Developmental influences on adult intelligence: The Seattle Longitudinal Study*. New York: Oxford University Press.

スライド6 「1990年代以降、IQは伸び止まり？」

Sundet, J.M., Barlaug, D.G., & Torjussen, T.M. 2004 The end of the Flynn effect? A study of secular trends in mean intelligence test scores of Norwegian conscripts during half a century. *Intelligence*, 32, 349-362.

スライド9 「年齢と2種類の知能——銀行支店長」

Colonia-Willner, R. 1998 Practical intelligence at work: Relationship between aging and cognitive efficiency among managers in a bank environment. *Psychology and Aging*, 13, 45-57.

スライド10 「大学院入試の成績と若手研究者としての実力」

Sternberg, R.J., & Williams, W.M. 1997 Does the Graduate Record Examination predict meaningful success in the graduate training of psychologists? *American Psychologist*, 52, 630-641.

21

スライド12・13 wisdom課題の例と評価基準

Baltes, P.B., Smith, J., & Staudinger, U.M. 1991 Wisdom and successful aging. In T.B.Sonderegger, (Ed.), *Nebraska symposium on motivation: Psychology and aging* (pp.123-167). Lincoln: University of Nebraska Press.

Smith, J., & Baltes, P.B. 1990 Wisdom-related knowledge: Age/cohort differences in response to life-planning problems. *Developmental Psychology*, 26, 494-505.

スライド14 「作業記憶と英知課題の成績の加齢変化」

Baltes, P.B., & Staudinger, U.M. 2000 Wisdom: A metaheuristic (pragmatic) to orchestrate mind and virtue toward excellence. *American Psychologist*, 55, 122-136.

スライド16・17・18 パートナーといっしょに考えるwisdomの実験

Staudinger, U.M., & Baltes, P.B. 1996 Interactive minds: A facilitative setting for wisdom-related performance? *Journal of Personality and Social Psychology*, 71, 746-762.

(生涯発達心理学の包括的レビューとして)

鈴木忠 2008 生涯発達のダイナミクス: 知の多様性 生きかたの可塑性. 東京大学出版会.

22

2.8 職業としての人間

藤山 知彦(三菱商事 常勤顧問)

経済人の立場から「知のコンピューティング」に対し、世界(知のコンピューティングの発想はグローバルスタンダードの考え方の延長にあるのか)、企業(経営者の意思決定にどのように使えるか)、個人(知のコンピューティングは考える人間を作り出せるか)、それぞれのレベルで話をする。

企業の中において決断をするあるいはそのための材料を作る立場としては、グローバルレベルでの知識の相対性、価値観の変動ということを考えていかなければならない。

グローバルスタンダードの4つの要素(①民主主義、②市場主義、③科学技術、④リベラルアーツ)の価値のゆらぎが認められる。これは2008年のリーマン・ショック後の対応によって加速された。その原因の一つとして、「先進国の財政困難と需要創出の失敗」が挙げられる。2010年、世界規模でグリーンエネルギーブームが起こったが、先進国の財政赤字によって有効需要を創れなかった。世界の金融資産の急激な上昇(240兆ドル)は、ドルの経常赤字が原因の一つだがと投資されなかったお金である。また、「金融市場規制改革の混迷」ももう一つの原因である。結果として、世界経済の構成変化、つまり「グローバルスタンダード経済国の相対的縮小(2000年:70%、2010年57%)」を引きおこした。

企業は、本業で存在が正しいことを証明し続けなければならないが、意思決定のための要素が複雑化している。

- 価値観の多様性の中で、企業は何が価値かをそれぞれ「宣言」する時代。
- 「利潤」は価値の一部だが、「地球環境」、「人類社会」、「地域社会」にとっても、企業の行動は正しい決断であることを求められる。
- 社会や環境にとって、何が正しいのかを教えてくれる「基準」はない。
- 何故基準がないかは、「科学技術の急速な進展」、「経済理論を超える実体経済・金融経済の動き」、「社会正義論の急速な変容」等があるから。
- 例えば、「投機と投資」、「貧富の格差と企業活動」、「競争と秩序」、「先端科学技術への対応」などが、経営者の悩み。先端科学技術への対応は、倫理・法律的判断が求められる。
- 経営者の総合判断力(≡ヒューマニティ)に依拠。
- 古典(問題意識が整理できた時代の思考プロセスの疑似体験)を学習することは考える力を養うことができる

知のコンピューティングは、経営者だけが考える時代でなく、社会全体の解や選択肢が提示されることによって、社会・人類みんなが考える社会にしていくツール・存在となることを期待する。

話題提供 5

科学技術未来戦略ワークショップ
「知のコンピューティング ー人と機械が共創する社会を目指してー」
Wisdom Computing Summit 2013

「職業としての人間」

2013年7月25日
三菱商事株式会社
常勤顧問
藤山 知彦

はじめに

- 知のコンピューティングという壮大な構想に敬意を表する。
- (理解が及んでいなくてトンチンカンな話題提供になることを恐れつつ) 長い間ビジネスに関与していた者として感じていることを述べる。
- 「グローバルスタンダード」(世界)、「現場の経営者の判断」(企業)、「ヒューマニティ」(個人)の3つの視点から。

2

1. 世界 ー グローバルスタンダードの揺らぎ

知のコンピューティングの思考法は、17世紀から現代までに形成されたグローバルスタンダードの究極に位置する？

(1) グローバルスタンダードの4つの要素とその揺らぎ

- ① 民主主義 ポピュリズムに害される
新興国の大規模デモは何か？
中産階級の二極分化
機械と利便性の中の野蠻人
- ② 市場主義 度重なるバブルの発生と崩壊を防げず
財・サービス市場と金融市場の違い
金融市場におけるIoTの発達による瞬時且つプログラムされた大規模取引
金融資産240兆ドル > 世界生産 70兆ドル
- ③ 科学技術 見えぬもの、分からぬものへの恐怖(個人の心の中にも、集団としても)
呪術信仰と科学技術信仰
人文・社会科学の科学技術への解釈が追いつかない
(例) ライフサイエンス分野・・・ 生命倫理、個人情報
IoT分野・・・ ハッカー、セキュリティ、個人情報
原発技術・・・ 安全神話
- ④ リベラル・アーツ キリシヤ哲学・キリスト教の影響と単線的発展段階論
グローバルスタンダード以外の中国・イスラムなどの倫理観、世界観

3

1. 世界 ー グローバルスタンダードの揺らぎ(続き)

(2) 2008年金融危機による「グローバルスタンダードの揺らぎ」の加速

- 先進国の財政困窮と需要創出の失敗
- 金融市場規制改革の混迷
- グローバルスタンダード経済国の相対的縮小
(2000年: 70%、2010年57%)

4

2. 企業 ー 意思決定要素の複雑化

知のコンピューティングが競争社会の企業の意思決定にどういう役割を果たすのか？

- 価値観の多様性の中で、企業は何が価値かをそれぞれ「宣言」する時代。
- 「判断」は価値の一部だが、「地球環境」、「人類社会」、「地域社会」にとっても、企業の行動は正しい決断であることを求められる。
- 社会や環境にとって、何が正しいのかを教えてくれる「基準」はない。
- 何故基準がないかは、「科学技術の急速な進展」、「経済理論を超える実体経済・金融経済の動き」、「社会正義論の急速な変容」等があるから。
- 例えば、「投機と投資」、「富の格差と企業活動」、「競争と秩序」、「先端科学技術への対応」などが、経営者の悩み。
- 経営者の総合判断力(ヒューマニティ)に依拠、
古典(問題意識が整理できた時代の思考プロセスの疑似体験)。

5

3. 個人 ー ヒューマニティと知のコンピューティング

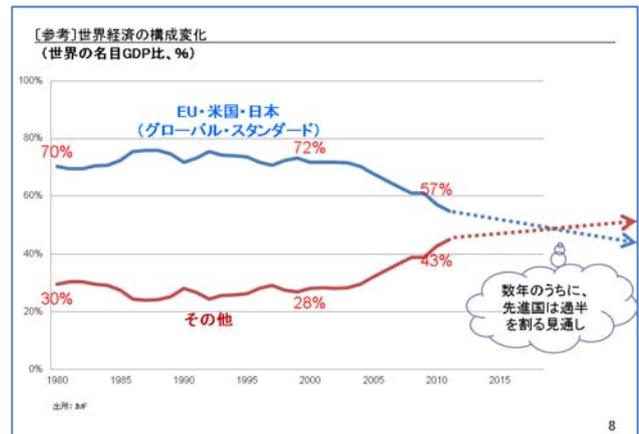
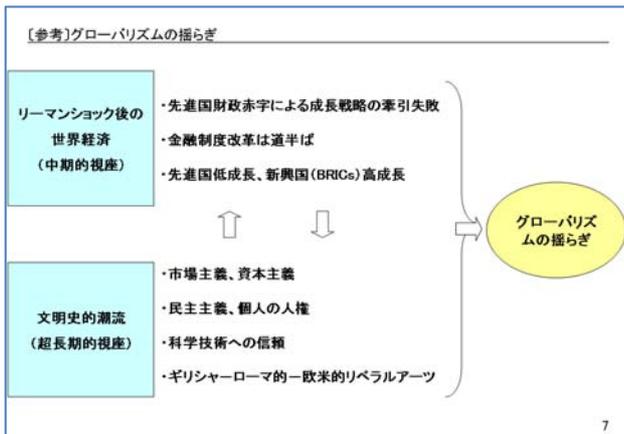
知のコンピューティングは賢い教養ある人間を要求する。人間と機械が共創するためには、知のコンピューティングが考える人間を育てることが重要。

(1) 「集団に学ぶ」、「人間・生物に学ぶ」とヒューマニティ・・・ “真”
「個」の除外？

(2) ELSI(Ethical, Legal and Social Issues)と競争原理・・・ “善”
突破りをした方が利益を得る？

(3) 芸術と知のコンピューティング・・・ “美”

6



招待講演・話題提供

2.9 材料設計における知のコンピューティング 的場正憲（慶應義塾大学 理工学部 教授、JST/CRDS フェロー）

マテリアルズ・インフォマティクス (Materials Informatics) とは、物質・材料の物理的・化学的性質に関する多様で膨大なデータから、知識 (規則) を帰納的に獲得し、物質・材料科学の諸問題を解明するための新しい「データ駆動型」科学技術的手法である。従来、新物質・材料を設計・開発し、社会実装するまでには膨大な時間と労力 (経験、勘、根性、運…) がかかっていたが、理論やモデルに基づく演繹的な (従来の) 原理駆動型アプローチとマテリアルズ・インフォマティクスを併用すれば、新法則発見が促進され、物質・材料開発が加速されると期待される。本ワークショップでは、知のコンピューティング的な観点から、マテリアルズ・インフォマティクスの具体的なアプローチ例を紹介するとともに、新世紀物質・材料設計研究の挑戦について述べる。

2 元素からなる化合物は約 5000 種類あり、そのうち 90%以上は知られているのに対して、3 元素系化合物は約 16000 種類あるものの、5%程度しか知られていないと言われている。近年見出された低消費電力液晶ディスプレイ用材料 IGZO (イグゾー: Indium, Gallium, Zinc, Oxygen から構成される半導体材料) に代表される 4 元素系化合物に関しては、ほとんど知られておらず、人類が未探索の (未知の素晴らしい) 機能性材料が眠っていると期待されている。しかしながら、このような物質・材料開発には、従来から、経験、勘、根性、運等の要因が重くのしかかっているとされてきた。

実験・観測、理論に続く、計算科学の進展・確立に伴い、シミュレーションの適用は広範な分野にわたり、ほぼすべての科学技術分野に欠かせない存在となってきた。特にここ 10 年で計算機の性能向上、コスト減少と計算科学の精度の向上が劇的なスピードで起こり、その結果、科学技術の研究環境・手法が変化してきた。物質・材料分野においても、ここ数年で実験結果の電子論レベルにおける理解・解析や、実験前に電子軌道・構造を観察し、目的の機能を得られるかについての洞察・予測といったことが各研究室で日常的に行われるようになった。最近では、物質・材料研究におけるより効果的な研究の進展を目指して、物質創成、計測・解析、理論・計算の 3 本柱の協調による取組みが実現し始めており、ようやく実験科学者と計算科学者の実体的なコミュニケーションが進んできたところである。しかしながら、これだけでは目標とする機能を有する物質・材料を「設計 (デザイン)」することは不可能であり、経験と勘に基づいて試行錯誤を経て目標機能に達するアプローチの域を出ることは難しい。従来の理論科学、実験科学、計算科学に対して、膨大なデータを連携、高度に処理し、データ (群) の中に意味を見出す科学的手法の発展が著しく、第 4 の科学として認識されている。科学研究においては、演繹的手法と帰納的方法を車の両輪として、バランスよく併用すると非常に強力なツールになると期待でき、新たな科学的手法の萌芽～データ科学の可能性～が芽生えている。

物質・材料の「設計 (デザイン)」とは、材料に求められる機能や性能などを検討し、どのような構成で実現するのかを仕様として決定することを意味する。物質・材料研究において、構成の対象は、組織構造、結晶構造、化学組成、電子構造、磁気構造など多面的であり、これは各元素のもつ自由度 (サイズ、電荷、スピン、軌道など) を考慮した上で決定される。材料においてはこれに加えて、界面、欠陥などの要因により非線形性の問題が

ある。分析的に「設計」することは不可能なので、通常は経験と勘による試行錯誤の作業が必要である。科学技術研究を飛躍的に発展させるための新たなパラダイムシフトを起こすためには、経験や勘に基づく「設計」とは別に、システム的に「設計」する手法を確立し、従来の物質・材料開発研究に融合することである。

新物質・材料の探索・設計および開発は、「知のコンピューティング」に通じるところがある。Data-Information-Knowledge-Wisdom (DIKW) モデルの観点から考えてみると、何を狙って物質開発に取り組みばよいのだろうか!?(何を作るのがベストなのか!?) どうすれば物質の予測・発見を加速できるのか!?!このような物質・材料開発における課題は、DIKWモデルにおいて、データから知 (From Data to Wisdom) へ至る (新物質・材料の社会実装には膨大な時間と労力がかかる) 難問題であると言える。

物質・材料研究の成果の多くは、様々なデータに基づく経験と勘に裏打ちされたものである。研究室で新発見された先端物質が実用化され市場に出るまでに要する時間は、一般的に 10~30 年という長時間を要する状態が続いている。多くの産業が完全にグローバル化し、科学技術が一部の先進国のものではなくなりつつある。現に、米国では、”All Hands on Deck!” (全員で総力を挙げろ!) の号令のもと、The Materials Genome Initiative (MGI) の元で、物質科学者、理論科学者、計算科学者、実験科学者、情報科学者、データ科学者、等々、総力挙げて MGI に取り組もうとしている。彼らは、得意分野である IT を駆使し、物質・材料開発を 2 倍に加速し、コストを半分に低減することを目指しており、IT を活用した製造業復権等の激しい追い上げが予想される。このように、これまでと研究の環境、境界条件が大きく変化しており、相対的に我が国の科学技術力、産業競争力の維持は保障されていないと言っても過言ではない。

物質・材料科学を俯瞰すると、細分化と専門化が進行する一方である。近年、計算機科学 (データ科学、計算科学) の進展が著しい。勘と経験に依存しない設計手法の確立、学問の壁を乗り越えて多くの方法や体系を統合する設計型科学の推進、計算機 (計算科学、データ科学) の利用促進、科学的発見から実用化までの時間・コストの短縮、といった課題が多い。このためには、データ科学との連携・融合による新世代物質・材料設計研究の促進 (マテリアルズ・インフォマティクス) が必要不可欠であり、科学技術研究を飛躍的に発展させるための新たなパラダイムシフトを起こさなければならない。

人間 (個人) がデータ (群) を理解する能力には限界がある。現状は、データ (群) に潜在する知識の一部しか引き出せていないし、コンピュータの能力 (①計算機の持つ網羅性、②機械学習などによる予測) をまったく有効に活用できていない。また、知を一つの体系に統合していく方向も求められる。このためには、計算科学によって物理モデルを高度に並列化し高精度を追求するというアプローチだけではなく、第 4 の科学としてのデータ科学を用いた方法論も取入れなければならない。「材料設計における知のコンピューティング」的アプローチにより、物質・材料の発見が促進されるとともに、データから知 (From Data to Wisdom) へ至る難ルートが開拓され、物質・材料の開発と社会実装が加速されると期待される。新世紀物質・材料設計研究は総力戦である。

2013.7.26(金) Wisdom Computing Summit 話題提供

材料設計における知のコンピューティング

慶應義塾大学 理工学部 物理情報工学科
科学技術振興機構 研究開発戦略センター(CRDS)

JST-CRDS 知のコンピューティング、
高効率都市、マテリアルインフォマティクス

KEIO マテリアルデザイン、
新物質探索、電子物理

「Redefining Fundraising - Data」 Posted on September 6, 2011 by Curt Siviloff
http://www.cursiviloff.com/blog/?p=1016/krv-moed/

http://www.spc.keio.ac.jp/

CRDS 話題提供「材料設計における知のコンピューティング」の概要

マテリアルズ・インフォマティクス (Materials Informatics) とは、物質・材料の物理的・化学的性質に関する多様な膨大なデータから、知識(規則)を帰納的に獲得し、物質・材料科学の諸問題を解明するための新しい「データ駆動型」科学技術的手法である。

従来、新物質・材料を設計・開発し、社会実装するまでには膨大な時間と労力(経験、勘、根性、運...)がかかっていたが、理論やモデルに基づく演繹的な(従来の)原理駆動型アプローチとマテリアルズ・インフォマティクスを併用すれば、新法則発見が促進され、物質・材料開発が加速されると期待される。

本ワークショップでは、知のコンピューティング的な観点から、マテリアルズ・インフォマティクスの具体的なアプローチ例を紹介するとともに、新世紀物質・材料設計研究の挑戦について述べてみたい。

研究指針 (自己紹介)

多元素系化合物には、IGZO(イグゾー: Indium, Gallium, Zinc, Oxygen)から構成される半導体材料)以外にも、人類が未知の素晴らしい機能性材料があるに違いない。

4950 possible binary systems with ~90% known
~16170 ternary systems with only 5% known

Periodic Table of the Elements

hydrogen	alkali metals	alkali earth metals	transition metals	poor metals	nonmetals	noble gases	rare earth metals
----------	---------------	---------------------	-------------------	-------------	-----------	-------------	-------------------

研究事例(自己紹介) Nano-Functional Block Integration! (取り敢えずやってみよう!)

※ 物質・材料開発は、従来、経験や勘に基づいてきたと言われてきました…。(ある種、これは事実です。材料開発≠人生の)100日での表現を紹介します。)

新物質探索家・物質設計者の資質(であると、私が学生に教えていることです。)

1. Google検索にかかわらず、物質って、すぐイイ!
2. 人生失敗の連続であるが、(じけなない!) (100回失敗しても、101回目挑戦する!)
3. 楽天主義者である! (くよくよしない!) 笑い飛ばす!
4. 考え抜ける体力、根性、夢と、適度な気合がある!
5. (人生) = (笑) × (夢) × (気合)¹⁰ × (根性) × (アイデア) × (運)

↑ アニマル系パラメータ ↑ 秋光興教授(物理学大、超伝導専攻)の超伝導転移温度の経験式

科学技術の研究手法の変遷～計算科学の進展～

- 実験・観測、理論に続く、計算科学の進展・確立に伴い、シミュレーションの適用が広範な分野にわたり、ますますすべての科学技術分野に欠かせない存在となってきた。
- 特にここ10年で計算機の性能向上、コスト減少と計算科学の精度の向上が劇的なスピードで起こり、その結果、科学技術の研究環境・手法が変化。
- 物質・材料分野においても、ここ数年で実験結果の電子論レベルにおける理解・解析や、実験前に電子軌道・構造を観察し、目的の機能を得られるかについての洞察・予測といったことが各研究室で日常的に行われるようになった。

出典: 志崎洋一(筑波大学元学長)著『科学の未来』

新たな科学的手法の萌芽～データ科学の可能性～

- 最近では、物質・材料研究におけるより効果的な研究の進展を目指して、物質創成、計測・解析、理論・計算の3本柱の協働による取組みが実現し始めており、ようやく実験科学者と計算科学者の実体的なコミュニケーションが進んできたところである。
- しかしながら、これだけでは目標機能を有する物質・材料を「設計」することは不可能であり、経験と勘に基づいて試行錯誤を経て目標機能に達するアプローチの域を出ることは難しい。
- 従来の理論科学、実験科学、計算科学に対して、膨大なデータを連携、高度に処理し、データ(群)の中に意味を見出す科学的手法の発展が著しく、第4の科学として認識されている。

科学的研究においては、演繹的手法と帰納的方法を車の四輪として、バランスよく併用すると非常に強力!!

出典: 北川謙二(筑波大学元学長)著『科学の未来』

Data-Information-Knowledge-Wisdom model
 ~ From Data to Wisdom ~

※ 新物質・材料の探索・設計および開発は、「知のコンピューティング」に通じるところがあります。
 何を狙って取り組めばよいのだろうか!?
 (何をやるのがベストなのか!?)
 (予測・発見を加速したい!!)

DECISIONS change, movement
WHAT ACTION? reveals direction

WISDOM Understanding, insight, wisdom
WHAT IS BEST? reveals principles

KNOWLEDGE context, synthesis, learning
WHY? reveals patterns

INFORMATION useful, organized, structured
WHAT? reveals relationships

DATA just, arbitrary

FUTURE
 WHAT ACTION? reveals direction

PAST
 WHY? reveals patterns

WHAT? reveals relationships

"Redefining Fundraising - Data", Posted on September 6, 2011 by Curt Skindell
<http://www.givewire.com/blog/tag/skw-model/>

THE WISDOM PYRAMID (37th words study)

Obtaining of parts
 Connection of parts
 Formation of a whole
 Joining of wholes

Researching, Absorbing, Doing, Interacting, Reflecting

<http://www.malink.com/37wordsstudy/understanding.html>

<http://www.37words.com/37wordsstudy/understanding.html>

「知のコンピューティング」
 (における科学的発見に関するイノベーション)
 (新物質・材料開発を事例として)

※ 新物質・材料の社会実装には膨大な時間と労力がかかります...

An average of 2 decades from discovery to commercialization

We must do better

After Gerald Celcer (MIT), materials data from T. W. Edgar and M. King, Technology Review 94 (2), 42 (1995)

招待講演・話題提供

物質・材料研究を取り巻く状況・変化

- 研究成果の多くは、様々なデータに基づく経験と勘に裏打ちされたものである。
- 研究室で新発見された先端物質が実用化され市場に出るまでに要する時間は、一般的に10-30年という長時間を要する状態が続いている。
- 多くの産業が完全にグローバル化し、科学技術が一部の先進国のものではなくなりつつある。米国の得意分野であるITを活用した製造業復権への注力も先進国の追い上げもある。
- これまでと研究の環境、境界条件が大きく変化しており、相対的に我が国の科学技術力、産業競争力の維持が保障されていない。
- 物質・材料科学を俯瞰すると、細分化と専門化が進行する一方で。
- 近年、計算機科学(データ科学、計算科学)の進展が著しい。

- 勘と経験に依存しない設計手法の確立
- 学問の壁を乗り越えて多くの方法や体系を統合する設計型科学の推進
- 計算機(計算科学、データ科学)の利用促進
- 科学的発見から実用化までの時間・コストの短縮

米国のAdvanced Materials Scienceの考え方

Advances in materials and chemistry have shaped history

Materials lend their names to ages
 • Stone
 • Bronze
 • Iron
 • Nuclear
 • Silicon

Advances have shifted the economic and military landscape
 • Gunpowder
 • Atomic methods
 • Uranium and plutonium
 • Silicon-based electronics

Materials and chemistry provide a pathway to innovation

物質・材料科学の進歩:

- 歴史を形作る。
- 産業の競争力を支える。

Materials science and chemistry also underpin industrial competitiveness

- Progress in virtually all technologies depends on advances in materials and chemistry
- The company or nation with the best environment for discovering and deploying new materials and chemical processes will be more competitive
- Transformative advances in materials and chemistry will be achieved: The question is how quickly and by whom?

Computational Materials Science and Chemistry for Innovation Interim Report from the ASCR-BES Workshop, August 24, 2010
 Jim Roberto (Oak Ridge National Laboratory)

米国のThe Materials Genome Initiative (MGI) に対する意気込み(1)

物質・材料開発を2倍に加速し、コストを半分に低減する!

Materials Genome Initiative: Twice as Fast for Half the Cost

Identifying Synergies and Opportunities between NNI and MGI

National Nanotechnology Initiative: Contributing to the American Economic Recovery
 Sally S. Teitel, Ph.D, Deputy Director
 National Nanotechnology Coordination Office

米国のThe Materials Genome Initiative (MGI) に対する意気込み(2)

Call to Action
 All Hands on Deck

全員で総力を挙げる!

- Identify something specific
- Identify shared principles that might guide collaboration
- Materials grand challenges
- Pre-competitive sharing of data and infrastructure
- Feedback to OSTP and Federal agencies

※ 直訳すると「全部の手を船の甲板に挙げる」となりますが、全員の力をあわせて短期間で成果を出すことを表わします。
<http://www.g8astyle.com/english/office/office133.html>

米国では、物質科学者、理論科学者、計算科学者、実験科学者、情報科学者、データ科学者、等々、総力を挙げてMGIに取り組もうとしています。

The Materials Genome Initiative (Brown University, March 28, 2012)
 Dr. Cyrus Wadia
 Assistant Director, Clean Energy and Materials R&D
 White House of Science and Technology Policy

以下の参考資料は、
「課題解決型の新物質・材料研究」ワークショップ(2013年2月11日)資料
およびJST理事懇談会(2013年7月23日)資料
より抜粋しました。

**データ科学との連携・融合による
新世代物質・材料設計研究の促進
(マテリアルズ・インフォマティクス)
～科学技術研究を飛躍的に発展させるための新たなパラダイム～**

平成25年7月22日
JST 研究開発戦略センター

「設計型」物質・材料研究とは

- 本提言における「設計(デザイン)」とは、材料に求められる機能や性能などを総括し、どのような構成で実現するのかを仕様として決定することを意味する。
- 物質・材料研究において、構成の対象は、組織構造、結晶構造、化学組成、電子構造、磁気構造など多面的であり、これは各元素のもつ自由度(サイズ、電荷、スピン、軌道など)を考慮した上で決定される。材料においてはこれに加えて、界面、欠陥などの要因により非線形性の問題がある。
- 分析的に「設計」することは不可能なので、通常は経験と勘による試行錯誤の作業が必要である。
- 本提言は、経験や勘に基づく「設計」とは別に、系統的に「設計」する手法を提案する。

物質・材料研究におけるインフォマティクスの利用促進

- 人間(個人)がデータ(群)を理解する能力には限界がある。現状は、データ(群)に潜在する知識の一部しか引き出せていないし、コンピュータの能力(①計算機の持つ網羅性、②機械学習などによる予測)をまったく有効に活用できていない。
- 知を一つの体系に統合していく方向も求められる。

計算科学による、物理モデルを高度に並列化し高精度を追求するというアプローチだけではなく、データ科学を用いた大規模データ解析という方法論も取入れる必要がある。

物質・材料研究の飛躍的発展を目指して

手段

- 理論・計算、物質創成(プロセス)、計測に加え、データ科学を統合することで新たな科学研究手法として、従来の手法と協働的方法をバランスよく併用し、計算機を活用した解析⇒予測⇒設計の道筋の確立を目指す。

目的

- 安定性(エネルギー)を含む高次元の特性の変数軸の中に、素因子と支配因子の無限の組合せを洗い出すことにより、新たな物理・化学法則(構造・物性相関など)を発見、および特定の機能をもつ物質・材料を探索する。
- 勘と経験に依存しない設計手法を確立し、先端物質が実用化・上市されるまでの時間とコストを大幅に短縮化

マテリアルズ・インフォマティクスに必要な2つの取組み

物質・材料データ(インフラ)の整備

- ◆データ生産
 - 論文・特許
 - 第一原理(分子動力学)計算
 - コンビナトリアル実験
- ◆データベース・データリポジトリ(公的DB)
- ◆データ蓄積(自前DB)

データ駆動型研究開発

- ◆データ解析アプリケーションソフト
- ◆R&D 実験、計算

●データの選択

●規則性の発見
●目的補造の決定
●物性の子測

このままいくと、シミュレーションソフト(Vasp, Gaussianなど)、データベース(ICSDなど)のみならず、データ解析ソフトも海外製になってしまふ。
データは資源。国として戦略的に整備・活用していく必要がある。

データ駆動型の研究開発

- 大量データから高次元の因子が絡む複雑な現象(構造・物性相関など)の解明
- 大量データから物性あるしは構造の予測(design of experiment)
- 最適化手法による構造(物質空間)探索
- 数理モデル、マルチスケール・モデリングの高度化
- 可視化(方法論として俯瞰的可視化およびハイライト的可視化、対象データとして画像・スペクトルのような一次データおよび論文や数値群などの二次データの解析)

物質・材料研究への応用

機械学習、ベイズ推論、モデリング、最適制御、データ同化、圧縮センシング、逆問題、種々の内挿・外挿手法、オントロジーなど

2. 10 クラウドソーシング

清水伸幸（Yahoo! JAPAN 研究所 主任研究員）

不特定多数の人々から貢献を募ることで、必要なサービス、アイデア、コンテンツを生み出す行為はクラウドソーシングと呼ばれ、近年、様々な分野で注目を集めている。本講演では、2006年に Wired magazine の編集者 Jeff Howe によって提唱されたクラウドソーシングというコンセプトの実施例とその課題、アカデミアでの様々な取り組み、および今年スタートしたヤフーのクラウドソーシングサービスについて紹介した。

“The Rise of Crowdsourcing”と題する記事が2006年6月 Wired magazine に掲載され、クラウドソーシングという概念が世に初めて紹介された。そのなかで、Jeff Howe はインターネットで不特定多数の人間とのコミュニケーションが容易になったことで、ビジネスが、以前であれば特定の人物を雇用して行なっていた作業を、不特定多数の人物にボランティア的に依頼するようになってきているとインターネットの現状を分析し、Crowd（群衆）に対して Sourcing（調達先の選定、確保）するという二語をつなげて、クラウドソーシングという用語を生み出した。現在では、クラウドソーシングは、サービス形態やコンテンツの違いから、(1) Crowdfunding、(2) Tools、(3) Crowd Labor、(4) Civic Engagement、(5) Collective Knowledge、(6) Collective Creativity、(7) Community Building、(8) Open Innovation の8種類に分類できると言われている。

Open Innovation としてのクラウドソーシングの具体例は、ネットフリックス・プライズである。2006年10月、米国オンラインDVDレンタル会社のNetflixが、機械学習アルゴリズムに関する「ネットフリックス・プライズ」と名付けたコンテストを開始した。このコンテストでは、100万人分の映画レーティングを提供し、ネットフリックスの売り物であるユーザーのレーティングを支えるレコメンデーション・システム「Cinematch」の精度を10%以上高めたアルゴリズムのうち、最高精度を出したチームに賞金100万ドル(約1億円)、さらに年ごとにパフォーマンスの最大向上者(前年よりも1%の向上を満たすことが最低条件)に対しても賞金50万ドル支払うと発表したのである。提出されたアルゴリズムの所有権は、開発チームに帰属するが、Netflixとは必ずライセンス契約をしなければならない。このような事例は、まさにビッグデータ解析のクラウドソーシングと言えるものである。2009年7月、世界中のプログラマーを巻き込み、186カ国の5169チームが挑んだ3年にわたる開発競争を経て、2000時間以上の労力をかけ最終的に107アルゴリズムの組み合わせからできたモデルが勝者となり、コンテストは終了した。2009年8月 Netflix Prizeの成功から続編を発表するも、プライバシー問題から実施にいたらなかった。これは、匿名化された位置情報が付与される予定だったものが、複数のデータを統合することでプライバシーが侵害される恐れがあり、米連邦取引委員会の調査を受けたほか、法律家による訴訟も起こされたためである。このような事例は、クラウドソーシング自体は非常に有用だが、実行にあたってはプライバシー問題などの課題を浮き彫りにする結果となった。

Crowd Labor としてのクラウドソーシングの具体例は、Amazon Mechanical Turkなどに代表される、マイクロタスクと呼ばれる単純なタスクのクラウドソーシングである。商品説明ページの重複を見つけるために、当初はアマゾン社内用に開発し、その後、外部に開放したものである。タスクは一般に単純な繰り返し作業の類であり、タスクを仕上げる

ワーカーの収入は1タスクに2~3セントが相場である。今年1月にスタートした「Yahoo!クラウドソーシング」も、マイクロタスク型のクラウドソーシングであり、国内で最大級の登録ユーザー数を獲得している。これは、簡単なデータ入力やチェック作業を企業が一般ユーザーに依頼し、ユーザーに「Yahoo!ポイント」を支払うマイクロタスク型のサービスである。このサービスは、世の中の課題をインターネットを通じ、利用者の力で解決していくサービスであり、時間、場所にとらわれないサービスである。

マイクロタスク型クラウドソーシングにおける課題としては、誰でも「タスクを行うエージェント」になり、スキマ時間などを有効活用できる一方、誰でも「有効なタスクを設定するオーナー」になるにはハードルがまだ高いことが挙げられる。このハードルを下げるにあたり、以下の3点が重要なポイントとなる。まず、(a) 成果物の質に対する不安を(例えば、タスクに答えがわかっているクイズを混ぜてエージェントが真面目にやっているか判別したり、同じタスクを複数のエージェントにしてもらうことで精度を上げたりして)取り除くこと、次に、(b) 適切なタスク設定を見つけること(曖昧な設問のために、自分の意図しない答えが多数になり、不真面目なスパマーを疑ったりする結果になってしまわないように試行錯誤すること)、最後に、(c)前記2つを満たす手法、設定を見つける実験を効率化するプラットフォームとなること、が挙げられる。これらの3点が満たされず、タスク設定の困難さと、成果物への不安から、(エージェントの数と比較すると)タスクが枯渇しがちで、ポイント設定も低めになりがちであることが、マイクロタスク領域での大きな課題となっている。これらはまだ未解決の問題であり、研究が必要となる分野である。

研究対象としてのクラウドソーシングは、経済、教育、社会科学、人工知能、人とマシンのインターフェイスなどの研究とインターセクションをもち、幅広い分野で研究が行われており、関連する論文数は指数的に伸びている。経済的観点からは、クラウドソーシングが円滑に働くメカニズムデザイン(一言でいうとインセンティブの設計)が重要であり、エージェントが利己的に振る舞うとの仮定の元で、システム設計者(オーナーや運営者)の目的(タスクの品質向上、費用削減)を満たすための、メカニズム(タスクの割当方法や報酬額設定)を見つけなければならない。また、マイクロタスク型のクラウドソーシングでは、特に、タスク提供者(オーナー)にとって、エージェントの成果物の質が信頼出来ないことが情報の非対称性を生んでいる可能性があり、レモン市場(経済学において、財やサービスの品質が買い手にとって未知であるために、不良品ばかりが出回ってしまう市場)になっている可能性がある。このため、クラウドソーシングの更なる発展には情報の非対称性の解決が望まれており、経済学的な知見も重要なものとなっている。教育、心理学、機械学習の観点からは、クラウドソーシングの成果物の質に対する不安を取り除く課題を解決するにあたり、テスト問題の良し悪しとエージェントのスキルを同時に評価する必要があり、項目反応理論のような統計的な仕組みはクラウドソーシングにとって非常に有用である。もちろん、心理学や人工知能などの分野にとっても、クラウドソーシングによって大勢の被験者やデータを集めることが可能となるため、相互の分野に好影響があると考えられている。

以上、要するに、クラウドソーシングは、場所や時間、学歴、職歴などを問わず、面接のプロセスなどもなく誰にでもできるため、非常に自由でハードルが低く、エージェントとなる一般のユーザーにはポピュラーになりうるサービスである。しかしながら、課題と

して、タスク提供者になる側のハードルが現時点では高いことがあげられる。この課題を解決することは、経済、教育、心理学、人工知能といった他の研究分野とのつながりからも非常に重要であり、どんな依頼や仕事でも簡単に適切なマイクロタスクに分解できるといほど完全に解決出来れば、人類の働き方を大きく変える可能性がある。



クラウドソーシング

科学技術未来戦略ワークショップ
「知のコンピューティング
一人と機械が共創する社会を目指して」

ヤフー(株) 事業戦略統括本部
Yahoo! JAPAN研究所 清水伸幸

Copyright © 2013 Yahoo Japan Corporation. All Rights Reserved.

Y! アウトライン P5

クラウドソーシングとは
現在のクラウドソーシング・ランドスケープ
→ Crowdfunding, Collective Knowledge/Creativity, Open Innovation, Crowd Labor
クラウドソーシング市場の成長率

クラウドソーシング具体例
Open Innovation: Netflix Prize
Crowd Labor: Amazon Mechanical Turk, Yahoo!クラウドソーシング

マイクロタスク型クラウドソーシングにおける課題
成果物の質に対する不安を取り除くこと
適切なタスク設定を見つけること
実践を効率化するプラットフォームとなること

研究対象としてのクラウドソーシング
関連する論文数
経済とクラウドソーシング
教育、心理学、機械学習とクラウドソーシング
クラウドソーシングのアプリケーション

Y! クラウドソーシング ランドスケープ P8

<ul style="list-style-type: none"> • Crowdfunding 募金を募って商品化を支援 Kickstarter • Tools クラウドソーシングを行うツール、 アイデアの投稿・投票を管理する プラットフォームを提供 IdeaScale • Crowd Labor お金を払って作業してもらうタイプの クラウドソーシング Amazon Mechanical Turk • Civic Engagement 草の根活動や、災害時の対応支援 Crisis Commons 	<ul style="list-style-type: none"> • Collective Knowledge 皆の知識を集めて役立てる Wikipedia, CNN iReport • Collective Creativity ロゴのデザインや、写真などのアート系 iStockphoto, 99designs • Community Building (アート以外の)同じ趣味の仲間を 集めて何かを作る Flying Dog Brewery--Open Source Beer • Open Innovation エキスパートを集めて問題に チャレンジする Netflix Prize, Kaggle
--	---

クラウドソーシング具体例

Open Innovation: Netflix Prize

Confidential: Discussion purpose only Copyright © 2013 Yahoo Japan Corporation. All Rights Reserved.

Y! ネットフリックス・プライズ P13

2006年10月 Netflix Prize
米国オンラインDVDレンタル会社のNetflixが機械学習
アルゴリズムのコンテストを開始。

100万人分の映画レーティングを提供し、自社の現行リコメンデーション
エンジン「Cinematch」の精度を10%以上高めたアルゴリズムのうち、最
高精度を出したチームに賞金\$1ミليون(100万ドル、約一億円)を支払
うと発表。

年ごとにパフォーマンスの最大向上者に賞金50万ドル。
ただし、前年よりも1%の向上を満たすことが最低条件。

提出されたアルゴリズムの所有権は、開発チームに帰属するが、Netflixとは必ず
ライセンス契約をしなければならない。このライセンス契約は非排他的なものに
とどまる。

まさにビッグデータ解析のクラウドソーシング

Y! ネットフリックス・プライズ 終了への道のり P14

2006年10月 Netflix Prize
米国オンラインDVDレンタル会社のNetflixが機械学習アルゴリズムのコンテストを開始。

→ コンテスト開始後、
2週間程度で、4%までの改善は達成
一年あまりで8.43%までの向上を実現
そこからの向上が困難だった。

多様なモデルを混ぜたアンサンブル学習を行うことが有効である
ことが徐々に判明、当初、ライバルだったチームが協力関係へ。

2009年7月 世界中のプログラマーを巻き込み、186カ国の5169チームが挑んだ
3年にわたる開発競争を経て優勝者が決定し、コンテスト終了

**2000時間以上の労力をかけ、最終的に107アルゴ
リズムの組み合わせからできたモデルが勝者となった**

招待講演・話題提供

Y! ネットフリックス・プライズ その後 P15

2009年8月 Netflix Prizeの成功から続編を発表するも、プライバシー問題から実施にいたらなかった。

これは、匿名化された位置情報が付与される予定だったものが、複数のデータを統合することでプライバシーが侵害される恐れがあり、米連邦取引委員会の調査を受けたほか、法律家による訴訟も起こされたため。

また、Netflixのビジネスのモデルが、DVDの郵送から、ビデオのストリーミング配信に急速に変わり、予測の条件が大幅に変わったため、最も効果的だった以下の2つのモデル以外はサービスに実装されなかった

Singular Value Decomposition (SVD)
and
Restricted Boltzmann Machines (RBM)

クラウドソーシング自体は非常に有用だが、課題を浮き彫りにする結果となった。

クラウドソーシング具体例

Crowd Labor: Amazon Mechanical Turk,
Yahoo!クラウドソーシング

Confidential/Discussion purpose only Copyright © 2013 Yahoo Japan Corporation. All Rights Reserved.

Y! Amazon Mechanical Turk P18

タスクの電子市場

- 商品説明ページの重複を見つけるために、当初はアマゾン社内用に開発、その後、外部に開放
- ユーザーインターフェースのカスタマイズにより、非常に安い価格で様々なタスクを投稿可能
- タスクは一般に単純な繰り返し作業の類であり、ワーカーの収入は1タスクに2~3セントであることも
- 手数料10%

マイクロタスクと呼ばれる単純なタスクのクラウドソーシング

Y! Yahoo!クラウドソーシング beta P19

今年スタートしたマイクロタスク型のクラウドソーシング 既に国内で最大級の登録ユーザー数を獲得



作業したユーザーには、ポイントが付与されます。

Y! Yahoo!クラウドソーシング betaとは P20

**世の中の課題をインターネットを通じ
利用者の力で解決していくサービス**

かんたん おてがる スキル不要

いつでも どこでも スマホ PC

時間、場所に**とらわれない**サービスを目指しています

いつでもどこでも
スマホでOK!
スマホ版Yahoo!
クラウドソーシングトップへ

Y! 事例紹介 P21

名寄せ

住所と名称を提示して、同一かどうか目視で判定

7,000件の名寄せ作業の場合

作業時間

87時間 → 2時間

97%
短縮



Y! Y!クラウドソーシング FAQ P22

Q 登録者数は？
A 最初の3日で3万人の登録者数があり、6万件のタスクを50分で消化しました。その後も増え続けています。

Q 1日にできるタスクの数が少ないです。
A 非常に多くの皆様にご利用いただいております。なるべく幅広いユーザーの方に実施いただけるよう、一人あたりの実施できる件数を少なくしております。

Q Yahoo! クラウドソーシングサービスの法的位置づけはどんなものですか？
A 懸賞広告となっております。

**マイクロタスク型
クラウドソーシングにおける課題**

成果物の質に対する不安を取り除くこと
適切なタスク設定を見つけること
実験を効率化するプラットフォームとなること

Confidential Discussion purpose only Copyright © 2013 Yahoo Japan Corporation. All Rights Reserved.

Y! 成果物の質に対する不安を取り除くこと P24

日本のマイクロタスクをこなすユーザー(Y!用語: エージェント)は、概して真面目で、きちんとタスクをこなす人が大半だが、ポイント狙いで数をこなそうとして、不注意になるエージェントや、スクリプトなどで自動化しようとするスパマーも存在する

対策

- ・**ダミー問題**
 - タスクに答えがわかっているクイズを混ぜてエージェントがまじめにやっているか判別する
- ・**複数エージェントによる評価**
 - 同じタスクを複数のエージェントにってもらうことで精度を上げる
- ・**役割を分けた段階的なチェックの仕組み**
 - タスク1で投稿してもらったのち、タスク2の投票で良し悪しを判断する
- ・**機械学習によるノイズ・スパマー除去**
- ・**メカニズムデザインによるインセンティブ設計** 等

Y! 適切なタスク設定を見つけること P25

タスク設定の難しさ

タスクの設問を考えるユーザー(Y!用語: オーナー)は、厳密なガイドラインを設定しないため、つい、自分の意図しない解釈が存在したり、曖昧な質問をしがち

- 設問が曖昧なのに、自分が期待しない答えが多数になるとスパマーを疑ったりする結果になる
- これに気づくためには**試行錯誤による市場との対話**が必要

試行錯誤の自動化・効率化

試行錯誤を効率的に行う手法は未解決の問題

- タスクを設定するオーナーの手間を省き、
- タスクを行うエージェントに迷惑にならないよう、
- 複雑なタスクの作り込みや、試行錯誤を自動化したい

Y! 実験を効率化するプラットフォームとなること P26

<p>成果物を得るまでの試行錯誤</p> <p>成果物の質に対する不安を取り除くこと</p> <ul style="list-style-type: none"> - ダミー問題や複数チェック - 事後的に機械学習でノイズやスパムを取り除く - メカニズムデザインでスパムのインセンティブを減らす <p>適切なタスク設定を見つけて出すこと</p> <ul style="list-style-type: none"> - 成功: 大勢のエージェントから結果を得られる - 失敗: 無駄な労力をする人が増える 	<p>⇔</p>	<p>新薬発見のプロセス</p> <p>薬の効き目に対する不安を取り除くこと</p> <ul style="list-style-type: none"> - 被験者のランダム化 - プラシーボ - コントロール・グループ <p>化学物質の効能を発見すること</p> <ul style="list-style-type: none"> - 成功: 大勢の病で苦しんでいる人を治愈できる - 失敗: 副作用で苦しむ人が増える
---	----------	--

Y! マイクロタスク 課題まとめ P27

誰でも「タスクを行うエージェント」になり、スキマ時間などを有効活用できる一方、誰でも「有効なタスクを設定するオーナー」になるにはハードルがまだ高い

タスク設定の困難さと、成果物への不安から、(エージェントの数と比較すると)タスクが枯渇しがちで、ポイント設定も低めになりがち

誰にでも簡単にできる、タスク設定の試行錯誤を自動化するプロセスが必要とされているが、これはまだ未解決の問題

招待講演・話題提供

研究対象としてのクラウドソーシング

Confidential Discussion purpose only Copyright ©2013 Yahoo Japan Corporation. All Rights Reserved.

Y! 関連する論文数は指数的に伸びている P29

“crowdsourcing”に関する論文

年	論文数
2005	0
2006	0
2007	100
2008	200
2009	400
2010	800
2011	1600
2012	3200

※ Google Scholarによる

主な国際会議

- AAAI
- IJCAI
- AAMAS
- NIPS
- ICML
- CHI
- CSCW
- UIST
- WWW
- VLDB
- ...

クラウドソーシングは
経済、教育、社会科学、人工知能、人とマシンのインターフェイスなどの研究と
インターセクションをもち、幅広い分野で研究が行われている

Y! 経済とクラウドソーシング P30

課題:クラウドソーシングが円滑に働くメカニズムデザイン

メカニズムデザインとは、一言でいうとインセンティブの設計

- エージェントが利己的に振る舞うとの仮定の元で、
- システム設計者(オーナーや運営者)の目的(タスクの品質向上、費用削減)を満たすための、
- メカニズム(タスクの割当方法や報酬額設定)を見つけること
 - 日本においては、九州大学 櫻井先生、京都大学 松原先生が特にクラウドソーシングにおけるメカニズムデザインの研究をされている
 - エージェントの答えに対する確信度を取り出すメカニズムなど

課題:クラウドソーシングにおける情報の非対称性の解決

マイクロタスク型のクラウドソーシングでは、

- 特に、タスク提供者(オーナー)にとって、エージェントの成果物の質が信頼出来ないことが情報の非対称性を生んでいる可能性がある

Y! 情報の非対称性→レモン市場 P31

情報の非対称性はレモン市場を生む

経済学において、レモン市場 (lemon market) とは、財やサービスの品質が買い手にとって未知であるために、不良品ばかりが出回ってしまう市場のことである。

- <http://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%83%AC%E3%83%A2%E3%83%B3%E5%B8%82%E5%A0%B4>
- レモン市場では、売り手は取引する財の品質をよく知っているが、買い手は財を購入するまでその財の品質を知ることはできない(情報の非対称性が存在する)。
- 売り手は買い手の無知につけ込んで、悪質な財(レモン)を良質な財と称して販売する危険性が発生するため、買い手は良質な財を購入しなくなり、結果的に市場に出回る財はレモンばかりになってしまうという問題が発生する。

このような理由で、クラウドソーシングでも、良い、ポイントの高いタスクが増えないとすると市場の拡大が頭打ちになってしまうため、解決が強く望まれる

Y! 教育、心理学、機械学習とクラウドソーシング P32

成果物の質に対する不安を取り除く課題を解決するにあたり、

- テスト問題の良し悪しと
- エージェントのスキルを同時に評価する

項目反応理論のような統計的な仕組みは非常に有用

Statistical Quality Estimation for General Crowdsourcing Tasks

• Yukino Baba, Hisashi Kashima KDD2013

東京大学 鹿島先生、馬場先生らが、非定型出力をもつタスクの成果物の品質推定を(教育や心理学で使われる)段階反応モデルでモデル化

北海道大学 小山先生 エージェントの自信度をモデルに組み込む

タスク	作成者	成果物	評価者	採点ラベル
「写真の説明文を英語で書いてください」	😊	"A silver tabby cat is howling with his mouth wide open"	👤 👤 👤 👤	★★★★★
	😊	"A sleeping cat"	👤 👤 👤 👤	★★★★★
	😊	"Dreaming of becoming a lion"	👤 👤 👤 👤	★★★★★

Y! クラウドソーシングのアブストラクション P33

クラウドソーシングのプロセスをプログラミング言語的に記述することで、複雑なクラウドソーシングに関する設計支援を行う仕組みも、筑波大学 森嶋先生らにより、研究が進んでいる。

前出の「タスク設定の試行錯誤を自動化するプロセス」の作成にあたり、重要な示唆を与える可能性がある

Condition Task Store: A Declarative Abstraction for Microtask based Complex Crowdsourcing

- Kenji Gonnokami, Atsuyuki Morishima, Hiroyuki Kitagawa (DBCrowd2013)

Y!
まとめ
P34

クラウドソーシングは、場所や時間、学歴、職歴などを問わず、面接のプロセスなどもなく誰にでもできるため、非常に自由でハードルが低く、エージェントとなる一般のユーザーにはポピュラーになりうるサービス

マイクロタスク型クラウドソーシングの競合となる他サービス

- 通勤途中のスマートフォンのゲーム、
- クーポンを集めてポイントを得るサービス、
- 商品を紹介してポイントを稼ぐアフィリエイトなどと比べても社会的には有意義なことができそう

課題としては、タスク提供者になる側のハードルが現時点では高いことがあげられる

この課題を解決することは、経済、教育、心理学、人工知能といった他の研究分野とのつながりからも非常に重要であり、どんな依頼や仕事でも簡単に適切なマイクロタスクに分解できるというほど完全に解決出来れば、人間の働き方を大きく変える可能性がある

2.11 知のコンピューティングに対するコメント 有本建男（JST/CRDS 副センター長）

実務的な面からコメントする。

1. 課題解決という What だけでなく、何のためにやるかということを考えないといけない。知識を産み出すとそれが必ず善用だけされるというわけではない。特に生身の人間の知能まで扱う研究開発なのだから、最初から、悪用や濫用を抑える仕組みを考えるべきである。
2. 今回のサミットの位置づけは従来のワークショップとは違うということを意識してもらいたい。ワークショップ、提案、目標設定、研究プロジェクト実施というリニアモデルで考えるのではなく、プログラムの全段階において、継続的に多様なステークホルダーの間で議論すべきである。
3. 現実のファンドが動くときにどうするかということを考えないといけない。これには2つの面がある。
 - ① ソーシャルインパクトが想定される場合には、ELSI (Ethical, Legal and Social Issues)、テクノロジーアセスメントなどの活動をプロジェクトの中に取り込んでおくべきである。
 - ② 文科省だけへの提案ではない。他の省庁、異分野連携、学会連携など活動を広く考えてもらいたい。

3. 分科会

基調講演、招待講演、話題提供を踏まえ、「知のコンピューティング」のゴール、方向性、研究分野を抽出するため、以下の Goal、Reality、Obstacle、Options、Way Forward の観点から、20 年先までのスパンで技術目標や研究アジェンダを考える目標検討分科会、成果を明確にイメージするためのグランドチャレンジ分科会、具体的な研究領域や研究分野を定義し、それに向けたロードマップを作成するための R&D 分科会の 3 つのフェーズに分けて議論を行った。

Goal

This is the end point, where the client wants to be. The goal has to be defined in such a way that it is very clear to the client when they have achieved it.

- ・どのような研究開発項目や目標が設定可能か、具体性とメッセージ性を持つまとまりを描き出す。

Reality

The Current Reality is where the client is now. What are the issues, the challenges, how far are they away from their goal?

- ・目標（成果イメージや社会インパクト）を抽象的なものから、より具体的なものにする。
- ・この分野の具体的で特徴的な研究開発項目を明らかにする。

Obstacles

There will be Obstacles stopping the client getting from where they are now to where they want to go. If there were no Obstacles the client would already have reached their goal.

- ・まだ出ていない成果のイメージは示しにくい。特に、将来の社会の姿はわからない。
- ・公募によって集まっている有識者の目標や研究課題が多岐にわたり、必ずしもまとまりがない。
- ・「知のコンピューティング」と関連する研究開発プロジェクトとの差別化は十分にされていない。
- ・公募によって集まっている有識者がワークショップの目的や位置づけを理解できない。

Options

Once Obstacles have been identified, the client needs to find ways of dealing with them if they are to make progress. These are the Options.

- ・グランドチャレンジの描き出しに挑戦する。
- ・参加者の多様性を尊重し、各人の具体的な考えをできるだけ表出化させる。
- ・関連する研究開発プロジェクトのリストを予め用意し、それとの差別化という観点から発想を促す。
- ・ワークショップの位置づけをわかりやすく説明し、発言しやすくする。

Way Forward

The Options then need to be converted into action steps which will take the client to their goal. These are the Way Forward.

- ・参加者の多様性と専門性を活かし、現実的なグランドチャレンジを検討する。
- ・過去のグランドチャレンジの好例を参考に、人類に夢を与えるグランドチャレンジを発想する。
- ・個別具体的に挙げた機能の現状と目標を基礎として、主要なグランドチャレンジごとに研究開発項目を詳細に検討する。
- ・研究開発項目を検討する際には、関連プロジェクトとの差別化を意識する。
- ・CRDS の研究開発戦略立案と提案のプロセスを説明し、サミットの位置づけを明らかにする

3.1 目標検討・R&D 分科会

目標検討分科会と R&D 分科会は、出席者全員を専門研究分野やポジションペーパーに基づいて以下の 4 グループに分け、2 日間にわたり討議を行った。

- グループ 1： ①知の集積・伝播・探索
- グループ 2： ②予測、発見の促進
- グループ 3： ③知のアクチュエーション
- グループ 4： ④インフラ、⑧ポリシー

目標検討分科会は、1 日目の最初の分科会であり、アイスブレイクとして「知のコンピューティング」俯瞰図や可能性についての意見交換からはじめ、下記をアウトプットイメージとして議論し、討議結果を全体セッションで各グループより発表・共有した。

■会場

グループ 1：会議室 703、グループ 2：会議室 704、グループ 3・4：会議室 701

■期待されるアウトプット（模造紙または PC で発表して下さい）

- (1) 各分野（俯瞰図の①、②、③、④+⑧）での技術課題（テーマ）
- (2) その課題の現状、達成目標（成果イメージ）、達成年

※1 チーム 10 テーマ程度に整理

※参考資料：知のコンピューティングの俯瞰図

2 日目の R&D 分科会は、1 日目の目標検討分科会、グランドチャレンジ分科会での議論を踏まえ、グランドチャレンジやグランドチャレンジに至る達成目標の実現に必要な研究開発項目の特定とロードマップの作成を目指し、下記をアウトプットイメージとして議論し、討議結果を全体セッションで各グループより発表・共有した。

■会場

グループ 1：会議室 703、グループ 2：会議室 704、グループ 3：会議室 705、

グループ 4：会議室 706

■期待されるアウトプット（模造紙または PC で発表して下さい）

- (1) グランドチャレンジに向けて取り組むべき技術課題（テーマ）、技術課題の現状、達成目標（成果イメージ）、達成年

（目標検討分科会の成果から選択したもの+α）

- (2) (1)の目標を達成するための具体的な研究開発項目

※参考資料：目標検討分科会のまとめ

グランドチャレンジ分科会の各チーム発表資料

3. 1. 1 知の集積・伝播・探索に関する目標設定と研究開発テーマ(グループ1)

(1) 目標検討分科会

「知の集積・伝播・探索」に関する目標に関して各参加者より提案を持ち寄った。それらは下記のようなカテゴリに分類することができる。

- ・ 知が取引される：Wisdom Market Place、知識労働力の市場化
- ・ 扱う知の種類：身体知、暗黙知
- ・ 生活、疾病、医療、健康への応用：疾患の管理、統合的ヘルスケアシステム
- ・ 人-そのものへの理解を進める
 - 個人の専門性や向いた職業、言葉と気分などを抽出・蓄積して、より良い対応に役立てる
 - 知のパターン：クリエイティブな発明など人が行った行為を記録し、個人や集団で行った創造的な思考・活動の振り返り・解析を可能とする
- ・ クラウドソーシング
 - コミュニティコンピューティングによる科学の発見
 - どういう風にタスクを分割するかを知的に定める・最適化する
- ・ 製造、生産：規格大量生産から Personal ファブリケーションへ
- ・ ロボットグラフィッククリエイター
- ・ 政策を提言するシステム：社会の最適なモデリング
- ・ 技術自体を良くする：画像中の意味の認識、意味や価値観のギャップを埋めるメディア（カメラのメタファ、ミュージアムのメタファ）

(2) R&D 分科会

グランドチャレンジとして、仲裁、政策デザイン、マインドメディアエータの3つを選び、これらに共通するものとして人がアイデアを創発をするときに、機械がそれを支援するという立場で考えたときに何か必要かを議論した。

5-10年の目標として、人をエンパワーするための機械と知（人、機械、群衆の、それぞれ、および相互のやり取りから知が集積できる。これらの関係の新しいパラダイムを作ること）を抽出した。

目標達成のための研究項目を知の集積、伝達、探索、生産の4つのカテゴリを設定して議論した。概要は以下のとおり。

①集積

- ・ 知を整理することが重要で、知がパターンに分けて表現する必要：パターン言語
- ・ 価値観を把握と価値観に基づく知の集積、伝播、生産に向け、価値観をモデル化する統合的知識評価手法（ビッグデータでなく deep knowledge）

②伝達：個人から個人、群衆を対象としたものとして2つある

- ・ 個人：コーチング（誰かの実践知を使って個人をコーチング）
- ・ 群衆：タスクを出す個人とタスクを行う群衆の対話のアシスト（あいまいな設問を直すなど）やマッチング

③探索：どこに自分の欲しい知があるかにより2つのフェーズに分類

- ・ 頭の中にあるフェーズ：知の探索のためのインセンティブネットワークのデザイン
- ・ 外在化されたフェーズ：例えば実践知を公開する技術と探す技術

④生産

- ・人を対象としたときに、言語、非言語から人の特徴を抽出してモデルを作る技術
- ・実践知をエキスパート集団から収集する技術とモデル化

⑤全体を束ねる技術として：物理世界を分節化、逆に世界へグラウンディングする技術
 グループ1での議論のまとめとして、人間と機械との Interaction、協創関係が明示的に
 できた方がよいという考えのもと、新しいの協創のパラダイム、共に学び、共に成長する
 という視点が重要であることを指摘した。

【グループ1：目標検討分科会のアウトプット】

No	テーマ名	現状	5年後	10年後	15年後	20年後	30年後
1	身体知(スポーツスキル)の集積・伝播・探索	センサによる集積、アクチュエータで一部再現可		スポーツ選手など身体知をパーソナライズした形で伝播・学習できる			
2	Wisdom Market Placeの構築	データをAPIで取得するData Market Placeの試み			動的にコンテキストに依存した形で利用可能となる。Wisdom APIが実現。標準化も進展。		
3	PersonalizeされたQOL向上システム	可視化と簡単なアドバイスまで可能		パーソナライズされたモデルの確立・予測が可能に。QOLの包括的なPrediction(「このままこの食生活をしているとこうなりますよ」というような予測)			
4	疾患リスク予測システム	遺伝子解析ができたところ。精度が確立されていない。簡単なレポートを出すのみ			Personal Genom Agentが出現。具体的な薬、治療法を推薦できる。具体的なアクションに結びつけられる。日々のライフログの情報をモニタリング、蓄積でき、日々それをみながら生活できる。		
5	細分化された専門家によるサイエンスに				Community computingによる科学発見。一般の人々もAgentを使ってサイエンスに参加できる。Personal Logを元に知見を発見し、それをもとに貢献できる。		
6	気づきの科学	個人の中に落ちている暗黙知			インフラの整備により、気づくプロセスが体系化され、社会的に認知され、「意識とは何か」に迫る集合知のサイエンスが生まれる		
7	医者	医師の診断。限られたデータ	医療・健康DB(PHR)構築。一部過去データもつけ。マスタデータ応用	診断ロボット、テラーメイド処方、セルフメディケーション	処方にくわえ予防医療		
8	ものづくり	メーカーによる規格大量生産。好みの属性は限定的(色など)	あいまいな要件から、「あなた欲しいのはこれですね」というように仕様策定	PHRからの仕様設計、人のアイデアが介在		一人一品(体質、体調、生活に応じて)	
9	介護	人の判断による介護(人海戦術)	人と機械の画像認識	安全な機械的見守り			
10	政策提言システム	行政オープンデータ、ソーシャルメディア	地域の問題を視覚化。意見として視覚化をシステム的に実現	問題に基づき改善案の提言までを実現			
11	教育層	学歴による労働単価の算定			作品の品質にもとづく価値算定 知識労働力の市場化		ロボットグラフィッククリエイター実現
12	人工知能のシステム作成	機械学習システム作成のために、人が試行錯誤してコーパスを作成	コーパスの機械的作成		研究者はタスクを機械に提示するだけ。クラウドがタスクのやり方を他者に聞くことから始める。	仕事を頼むと、仕事が完了されて帰ってくる。「真の人工知能」	
13	クラウドソーシング・タスクに合わせた人の組織化	経験的なタスク投げ先の人の選定や報酬設定。アドホック		タスク投げ先の人の選定や報酬設定のを自動化		その人が行ったタスク実行履歴の蓄積から自動的な選定	30年後、参加のインセンティブ、提供のインセンティブが解明する

14	人工物に関する知識	社会における位置づけなどが製品毎、分野毎にばらばらに整理されている		社会全体の中で人工物・組織・人間をまとめて共通にモデリングできる基盤技術		価値観や分野を乗り越えた知の体化と伝搬	人間中心な、人工物や社会システムの人間との共創を支援するシステム
15	慢性疾患管理システム		センサーデータを含めたマルチモダリティデータの融合	データから知識を評価、知識からデータを評価		集積可能なデータと知識を使った、疾患管理	
16	統合的ヘルスケアシステム		センサーデータを使った健康管理	センサーデータからの疾病リスクの同定		蓄積したセンサーデータから分析した慢性疾患を含めた対処法の解明	
17	人間理解装置			人の専門性や趣味を認識する	人の専門性や趣味を認識して情報提供		
18	画像説明装置		画像の中のモノを認識する	画像の中のモノとモノの関係を見つけることができる		画像の中のモノとモノとの関係を説明できる	
19	自然言語理解装置			人の言葉を論理的に理解できる		人の言葉と気分を統合的に理解できる。	
20	意味・価値観のギャップを埋めるメディア	時間・空間のギャップを埋めるメディア	知(メタ知識、気づき、知識の体系)の外在化ツール			体験・シーンの時空間分析、再構成	
21	Context に埋め込まれたパートナーとしての人工物	Context から独立したツールとしてのコンピュータ		複数のモダリティ(言語、音声、画像、スケッチ)の統合理解			
22	コトを創造するミュージアム	ものを展示して静かに鑑賞する		「事」を想像する場として機能し、双方向的に機能し、想像する場となる			
23	知の辞書と文法	自然言語に関しては充実しているが、非言語(例:みぶり)はない				非言語情報の辞書と文法の実現(センサーデータの組み合わせなど)	
24	創造・実践レコーダ	創造・実践の振り返りを後で行う	創造・実践の行為を簡単に記録できる			創造・実践の思考を簡単に記録できる	
25	創造的思考追体験装置	創造的思考のプロセスを知るためのリソースは本人の語りや記述のみ				他人や自分の創造的思考を追体験(いつ何を何を見て何を考えたのか)できる装置	
26	創造・実践共有メディア	創造・実践のあり方ややり方をひとりもしくはグループで考え、共有することが難しい		創造・実践のあり方ややり方を一人やグループで考えるための(物理的・非物理的)メディア			
27	パターン認識装置	大量の記録データのなかから必要な部分を探せない		多くの事例の中からパターンを機械的に抽出。大量の記録データのなかから過去の「あの時」のデータをすぐに検索発見			
28	対話サポートシステム	音声、映像が伝わる		背景情報、仕草から相手の真意が伝わる			
29	論文、特許審査システム	文字情報としてDB化		類似論文を抽出し、相違点、同一点を検出、マップを作成		過去の論文、特許を参照して新しい論文、特許を自動生成	
30	対話型ソフトウェア開発システム	自分でプログラムしパラメータをセットする			インタビュー形式でスベックを伝えるとプログラムやシステムが生成される		
31	Wisdom Transport Protocol	脳波を多少解釈可能			生体同士を接触させて知を送受信するプロトコルとインターフェース		
32	Wisdom Mining	スマートシティでは一部の人や人工物の情報をダイナミックに抽出可能			スマートシティから取得した人や人工物の動き等の情報をくべるとそこに備わった知を抽出してくれるシステム		
33	Wisdom Processor	オントロジーで情報同士の関係を表現可能					既存の複数の知を複合させて新たな知を生成し、評価、蓄積する人工知能
34	National Wisdom Network	知はウェブ空間に埋没					国民が持つ全ての知が蓄積されたオープンなネットワークと、そこから知を取得するAPI

【グループ1：R&D 分科会のアウトプット】

仲裁、政策デザイン、マインドメディアータ、アイデア創発支援のグランドチャレンジに共通するものとしてテーマを抽出

— 人と機械の新しい共創パラダイムの創出（共に学び、共に成長する） —

	現状	5年後	10年後	15年後	20年後
ロードマップ		<ul style="list-style-type: none"> ・人(個)と機械が相互に学び合う(共進化)プロセスの確立 ・実践知、身体知など従来扱いにくかった知の表現、集積、伝達、アクセス技術の研究開発 	<ul style="list-style-type: none"> ・人と機械の共創パラダイムの創出 ・人、群衆、機械の間の知に関する新たな関係・パラダイムの創出 ・人に寄り添う創造知(Wisdom for creation)の手法・メディア・技術の開発 		
研究開発項目(1) 知の集積		<ul style="list-style-type: none"> ○整理 ・あるテーマに関する主張を収集し整理整頓・見える化する技術 ○パターン言語 ・創造知(Wisdom for creation)の把握・抽出・記述・伝達を可能とする方法論の開発 ○価値観 ・多様な価値観の把握に基づいた知の集積・生産・伝播プロセスの支援 ・価値観をモデル化するための統合的知識評価手法の開発(Deep Knowledge Representation) ○応用ドメイン ・医療テキストデータの解釈、構造化、体系化 			
研究開発項目(2) 知の伝達		<ul style="list-style-type: none"> ・実践知をベースにした個人のコーチング【対個人】 ・クラウドソーシングでのマッチング/アシスト（タスクを出す個人とタスクを実行する群衆の間での「タスクのやりとりでの」対話をアシスト:例 曖昧な質問を直す）するシステム【対群衆】 			
研究開発項目(3) 知の探索		<ul style="list-style-type: none"> ○人の探索(人に内在する知) ・知の探索のためのインセンティブネットワークのデザイン ○実践知の探索 ・集積した実践知を引き出す技術 ・実践知マーケットプレイスの創出 ○応用 ・疾病リスク予測システムとパーソナルゲノムエージェントの実現 ・コミュニティコンピューティングによる疾病原因の解明とオーダーメイド医療の実現 			
研究開発項目(4) 知の生産		<ul style="list-style-type: none"> ○知のモデル化(人の特徴を抽出) ・人の気づきのプロセスの認知心理的解明と、人に気づきを与える情報推敲の実現 ○収集 ・実践知をエキスパートから対話的に収集する技術 ○応用ドメイン ・人の心を豊かにするカーミングテクノロジーの創出と、発達障害、認知障害の認知的理解と支援 ・知的障害(含認知症)にオープンな時空間を提供するための仕組みの研究 ・あいまいな要件(既存データ/アンケートなど)からの仕様設計ツール 			
研究開発項目(5) 横断的		<ul style="list-style-type: none"> 物理世界から情報空間へ「分節」(問題の切り出し、言語化し、情報空間で合理的な計算を行い、結果を物理世界へグラウンディングするループ 			

分科会

3.1.2 予測・発見の促進に関する目標設定と研究開発テーマ(グループ2)

(1) 目標検討分科会

アイスブレイクの、「予測・発見の促進」に関する目標に関して自由闊達に意見を述べあい、以下の目標設定がなされた：(1) プラクティカルインテリジェンスのための仮説生成・検証型コンピューティング、(2) クイズ王に勝利し、今では医者問いに答える IBM・WATSON を遥かに凌ぐ機械と人間の半学半教（互いに教えあい学びあう）的「福澤諭吉」型コンピュータ、(3) 人間の高度なクリエイティビティの支援・創造、(4) 教育のデジタル化、(5) 人の価値基準の符号化、(6) 知識のモデル化・体系化をしてくれるようなコンピュータ、(7) コーチングシステム、(8) 人の心を察してくれるコンピュータ、(9) 強い AI 技術、(10) 会社に依存しない個をつくる自立・分散・協調型のファブラボ技術。

(2) R&D 分科会

グループ2で議論された共通テーマを一言で表現するならば、「機械と人間の協奏：クリエイティブメディエーション（創造的合意形成・支援）」であり、今後5年間でまず取り組むべき技術課題は、(1) オントロジー、(2) 議論の可視化・情報デザイン、(3) 参加者の価値観推定、(4) シナリオジェネレーション（法制度・法的推論）等であると結論付けられた。また、このような技術進歩は、「個人→組織→国家」と「Closed System (Class1)→Open System (Class2)→Disputed Open System (Class3)」の2軸上で表現でき、究極的には、Class3の国家レベル的な領域まで及ぶであろうと未来予測された。抽出された具体的研究テーマは下記に示す通りである（なお、達成する上での技術課題や達成目標、達成年については表参照）。

- コミットメントコンピューティング、仮説生成コンピューティング、クリエイティビティ支援技術
- 検証型コンピューティング、価値基準の符号化
- 会社に依存しない個をつくる技術
- 危機検知技術
- 福澤諭吉型半学半教的コーチングシステム
- 強い AI（人レベルの知能）技術
- 多様な価値観の共有が可能な社会を実現する技術

【グループ2：目標検討分科会のアウトプット】

No	テーマ名	現状	5年後	10年後	15年後	20年後	30年後
1	コミットメントコンピューティング、仮説生成コンピューティング、クリエイティビティ支援		一定レベルの芸術作品を創造する、小説を読んで理解するだけでなく対話して鑑賞するコンピュータ		新しい芸術領域を創造する	・全ての発明発見をコンピュータが行う ・量子コンピューティングで仮説探索が高速化	
2	グーグル AI プロジェクト対抗		・グーグルの弱点発見 ・買収				
3	検証型コンピューティング、価値基準の符号化	意思決定研究では decision free の行動原則までは実装できていない	・専門家+大衆+機械による価値判断 ・人の decision rule の計測技術の実現	碁の名人にかつドーパミン回路等の解明から人の価値判断がシミュレートできる	コンピュータ裁判官の実現	ある個人の decision rule を実装する(ある個人の思考ルールを模倣するシステム)	
4	会社に依存しない個をつくる技術	・3D プリンタ ・Fab Net ・Fab Lab					
5	危機検知	データ統合ができていない	名寄せ				・実世界コンピューティング ・金融危機救済システム、エネルギー、BC
6	福澤諭吉(コーチングシステム)、半学半教	WATSON などの academic intelligence	Learning Interaction の matrix standard 化 人の技能のコード化、Experience 共有 サイバースペースでクラスルームのインタラクションの実現 個別やる気スイッチ発見 コンピュータ TA 登場	・人の Experience の教育マテリアルの自動生成 ・分散環境でのコラボによる知の生成プラットフォーム			バーチャル諭吉
7	強い AI、人間レベルの知能	大脳皮質、海馬、基底核などの各組織のモデルはかなり明らかになってきた	・昆虫レベルの全能シミュレーション ・AI 系学科で神経化学必修化	・マウスレベルの知能をエミュレート ・ネズミ~サル程度の知能を現実的コストで実現		脳型計算によるシンボルグラウンディングが完成 ヒトの幼児程度での実用的コストでの実現	AI による AI 研究
8	多様な価値観の共有する社会の実現						発言小町に答えてくれる

【グループ2：R&D 分科会のアウトプット】

テーマ：クリエイティブメディエーション（創造的合意形成・支援）

→将来的には戦争のない世界にも貢献

・マインドメディエータをもとに発展させたもの

・2軸に分けて検討した

規模（個人間、グループ間、国同士）の違い

コンテキストの共有度（共有されている：クラス①、良くわかっていない：クラス②、

対立している：クラス③）

	現状	5年後	10年後	15年後	20年後
ロードマップ					
研究開発項目(1) オントロジー (意思疎通の言語的障壁を解消)		<ul style="list-style-type: none"> ・オントロジーアライメント(複数のオントロジー間の関連付け) ・オントロジー自動生成 ・形式的なタグを言葉に自動でつける ・Terminology 抽出 ・背景知識の収集・整理 ・関連する知識への紐付けの自動化 ・ネット選挙支援、中傷 or 正当な批判を分離(次の参院選まで) 			<ul style="list-style-type: none"> ・裁判官 Watson 君・・・③ ・情報国際政治学・・・③
研究開発項目(2) 議論の可視化・情報デザイン		<ul style="list-style-type: none"> ・賛成・反対関係の認識 ・根拠のタグ付け ・議論(言明)の根拠付けの自動化支援 ・bias free 予測市場・・・③ ・交渉の行動モデルの構築 ・議論結果予測シミュレーション 			<ul style="list-style-type: none"> ・シナリオ生成器+可視化シミュレータ・・・③ (原発をやめると日本はこうなる)
研究開発項目(3) 参加者の価値観推定		<ul style="list-style-type: none"> ・価値の予測モデルの構築 ・人間関係・利害関係(conflict of interest)の抽出・可視化 ・対話者間の status(agree or conflict)を画像計測(視線など) ・自己にクリティカルな変化を自動通知する・・・③ ・話者の attitude を計測(生態 parameter) 	<ul style="list-style-type: none"> ・プレーヤーごとの価値のモデルの推定 ・行動経済学との融合・・・② 	<ul style="list-style-type: none"> ・標準化活動支援・・・② 	<ul style="list-style-type: none"> ・(交渉相手の)行動予測(過去データ+ベイズ推定)・・・③ ・新しい価値の創造 ・創造的ソリューション提案(推論)・・・③ 例:こういう提案をした方が良いなどの助言
研究開発項目(4) シナリオジェネレーション 法制度・法的推論 (合意形成過程での法的推論)		<ul style="list-style-type: none"> ・良い意見を出せそうな人を推定する(クラウドソーシング)・・・③ ・目玉おやじ ・福祉 ・ケースワーカー支援、「介護支援者試験」に合格 			

3. 1. 3 アクチュエーションに関する目標設定と研究開発テーマ(グループ3)

グループ3のテーマは「アクチュエーション」であったが、アクチュエーション単独では検討できないので、広く全般について議論を行った。

議論の結果、出てきたコンセプトは「人間と機械の協働」であり、人と機械が相互に学ぶことである。そこでは、人間・社会がシステム(系)に含まれており、そういう環境においてPDCAを素早く回して、最適化することを目指す。

そのための技術は機械学習やリアルタイム情報収集、最適化アルゴリズムなどである。

応用領域としては、政治、医療、雇用などが考えられる。こういう領域では法制度や人間に着目した研究も行わなければならない。

新たなグランドチャレンジとしては「一億総デザイナー」という目標を掲げた。これはPDCAを素早く回すことによって、モノづくりや組織を最適化することによって実現される。人を連結して価値を生み出すことである。重要な観点は、複数の人間、複数の機械の協働によって実現される点である。目標検討分科会とR&D分科会は、出席者全員を専門研究分野やポジションペーパーに基づいて以下の4グループに分け、2日間に亘り討議を行った。

【グループ3：目標検討分科会のアウトプット】

No	テーマ名	現状	5年後	10年後	15年後	20年後	30年後
1	人間と機械の協働作業	<ul style="list-style-type: none"> 人間は機械の計算結果を受け取るだけ 人の索性データを使って学習する 	<ul style="list-style-type: none"> 人間と機械が相互に学びあう 人間を考えさせる(思考停止させない) 機械学習を使って人間を学習する Deep Learning 表現の学習 				
2	政策決定支援	政治家の判断で政策が決定されている				<ul style="list-style-type: none"> 国民満足度を上げる政策決定 投票率100%を実現 	
3	医療診断支援	<ul style="list-style-type: none"> 医者の診断は間違っている可能性がある 非専門家が勝手に体調の管理を行っている ネットの知識だけでは実際の問題に対してどのように対処すればよいかわからない 	未病のアドバイス	<ul style="list-style-type: none"> 医療診断で候補を出す 医療判断を支援 			
4	人材の活用	クラウドソーシングは不特定多数の匿名によって行われている	高齢者など、身体の制限のある作業者のスキルを活かす				
5	柔軟な組織形態の実現	少数者でのみ会社が設立されている	千人クラウド会社の設立				

【グループ3：R&D分科会のアウトプット】

テーマ：一億総デザイナー（解のないこと、予測できないことへの取り組み）

- ・人が連結されたことからの価値創出
- ・サービス（ものづくり、組織をダイナミックに変えていく：参加者へのサービス）の視点

	現状	5年後	10年後	15年後	20年後
ロードマップ:人と機械の協働	・人間は機械の計算結果を受け取るだけ ・人の素性データを使って学習する	・人間と機械が相互に学びあう ・人間を考えさせる(思考停止させない) ・機械学習を使って人間を学習する ・Deep Learning ・表現の学習			
ロードマップ:一億総デザイナー	一億総コメントーター	一億総エンジニア	一億総プランナー	一億総社長	一億総首相
ロードマップ: Society-in-the-Loopによる汎用的な問題解決手法	問題解決手法は多様化しているが、最適解がわからない	解の改善ループの高速化(解の改善と改善策のデプロイを高速化)	PDCAサイクルの高速化		
研究開発項目(1) 問題解決のフィードバックループ		・ラビッド・デプロイメント ・リアルタイム観測技術 ・効用関数のデザイン ・人のデータ化と選択・組織化	・KPIの自動設定・最適化 ・仮説の自動生成		
ロードマップ:製品・サービス開発の高速化	製品やサービスを勤や有識者の意見で作成	ニーズの発見 例:感情の表現とそれに基づくデザイン			
ロードマップ:個人の創造性の支援	個人の感性が反映されない	自分の感性データを提供・交換		他人の感性のために働く	生活は自分の感性でデザインする
研究開発項目(2) 感性の表現・流通・活用		・パーソナルファブリケーション ・製品製造プロセスの最適化			
ロードマップ:政治に対する主体的な活動支援	・政治家や有識者の判断で政策が決定されている ・国から国民への一方通行で、フィードバックやレスポンスがない	国民が一人ひとり社会への接続感を持つ			クラウドソーシングによる市政
ロードマップ:医療診断支援	・医者診断は間違っている可能性がある ・非専門家が勝手に体調の管理を行っている ・ネットの知識だけでは実際の問題に対してどのように対処すればよいかわからない	未病のアドバイス	・医療診断で候補を出す ・医療判断を支援		
ロードマップ:人材の活用	クラウドソーシングは不特定多数の匿名によって行われている	高齢者など、身体制限のある作業者のスキルを活かす			
ロードマップ: Citizen's Wisdom	分散知(現状のクラウドソーシングにおけるマイクログタスク)	組織知(組織化された知。問題の分割法が課題)	創造知(教材の作成や芥川賞作品の作成)		人類知(グローバルな課題に関する知)
ロードマップ:柔軟な組織形態の実現		千人クラウド会社の設立			
ロードマップ:離職率の削減	離職率の高さが問題	雇用推薦	自動マッチング		
研究開発項目(3) 群集の双方向・柔軟な参加と組織化		・組織や働く場所の仮想化 ・人の属性をファクターとした組織の最適化手法			

3. 1. 4 インフラ、ポリシーに関する目標設定と研究開発テーマ(グループ4)

(1) 目標検討分科会

アイスブレイクとして下記の議論をしたのち、各参加者から目標を提出した(表の通り)。インフラの定義は、直接情報(I T)に関係するものでなく、社会の仕組み、仕掛けととらえ議論した。

- 情報空間(環境として)の要件
- 知の総体の把握や処理、相互理解のため知の相互運用の仕組み
- 経験や勘(非言語)を蓄積する仕組み
- 一般市民が使える、まずは自分が持っている知的資源を有効活用する仕組み
- 人間に戻す仕組み(人間も構成者)
- 悪意に汚染されない流通の透明性
- 非合理を包含する合理性
- 容量や消費電力を考慮した忘れる仕組み

慣習を作っていく、次世代への伝承

⇒知のエコシステム(知のサイクル、再生産)

⇒富の再配分(クレジットをどう与えるのか)

⇒コストの考慮

(2) R&D分科会

グランドチャレンジのうち、仲裁、メディエータについて取り挙げた。

人間がシステムに入ることで、助言者も被助言者の双方が高まっていくことが必要。論理的な話では解決できない。以下のようなストーリー・要素が挙げられる。

- 新聞などの情報ではなく、経験データが必要
- 状況を認識・理解する
- 問題を再定義できる
- 解決のためのシナリオプランニング、納得感のある妥協点の発見

研究開発すべきテーマとしては、表に記載の通り。

その他、論理の表現と情動・感情の表現のインターフェース、リスクコミュニケーションなどが重要。

【グループ4：目標検討分科会のアウトプット】

No	テーマ名	現状	5年後	10年後	15年後	20年後	30年後
1	知の創造に関わる人を増やす	物事を考える人が減っている		人間を刺激するための知のシステム			
2	市民のためのユーティリティ	相互運用可能性ゼロ			蓄積された知の総体を享受できる心豊かに暮らせるサービス社会の実現		
3	野生の研究者による発表	卒論・修論を卒業後に発表できない		・10万人が発表する場を作る ・マイクロ研究によるクラウドソーシング			
4	レコメンドーション	・Web サーチ ・特定領域に偏り	専門家レコメンドーション	難しい課題に対する助言システム			
5	社会的問題への理解	・Web 以外のデータの活用 ・他データとのリンク		知の総体を操作し、集団発の知を有効活用する枠組み			
6	世の中の動き	アンケート方式	世論センサ				
7	集合知	ブログ、Web ベース	・問題提示 ・投票システム	集団による問題解決インフラ			
8	政府の失敗と市場の失敗を補完する集合的意志決定機能	・市民と専門家が協同して集合的意志決定を行える場が不十分 ・日本国内を対象としがち。 ・企業や専門家による利用に偏りがち。 ・マシン可読可能なものが優先されがち。		・市民一人一人を強化するカスタマイズされた知の利用環境実現 ・短期間の急激な変化を防ぐ仕組みの実装 ・知の外部不経済、環境問題への対応			
9	コミュニケーション	人間が感覚で判断				一見、テレバシーに見えるコミュニケーション	
10	Sharp Data の伝播						
11	個人・企業にとっての重要知識獲得のためのコンピューティング	・情報の洪水 ・情報選択の手段は poor ・Sharp Data が抽出されるシステムが不十分		・個人・社会にとって貴重な知が時空間・意味において適切に伝播される ・社会システムと技術システムがデザインされる			
12	情報空間の環境システムとしてのデザイン						
13	データ及び社会的活動の価値を評価・創造する仕組みとしてのデータ市場	・リスト状にメタデータ・データサンプルを表示 ・データ無償提供 ・Net選挙（人を探索材として近似）		メタデータのみを公開することによるデータの利用価値を議論できるような市場			
14	知の再分配のためのしかけ	マーケット任せ		能動的情報発信の社会的価値共有			
15	知の構築・富の再配分	・著作権法など ・透明化はできていない		知や知識の生産過程の透明化と還元			
16	各国別の情報通信法制	実質的障壁		著作権法や通信関連法律の国際的一元化		正解のない課題に対して、リスク込で助言	
17	経験・体験の記録と再利用	テキスト、写真、動画		身体的・感覚的情報の生データ処理・共有			
18	環境把握	GPS、加速度センサ		状況把握センサと解釈システム			
19	複雑ネットワークシステムの理解・制御・構築	表面的な分析レベル		理解と制御が可能			
20	知の蓄積エネルギーを考慮したシステム	低エネルギーストレージ				データを捨てる・忘れる技術・仕組み	

【グループ4：R&D 分科会のアウトプット】

テーマ：仲裁・助言（教育）・メディエーション・紛争解決、民主的政治・民主主義プロセスのイノベーション

・人間系を交えた場が回す仕組みが重要。納得性（感情、情動、コミュニケーション）が重要。

	現状	5年後	10年後	15年後	20年後
ロードマップ:世の中の動き	アンケート方式	世論センサ			
ロードマップ:データ及び社会的活動の価値を評価・創造する仕組みとしてのデータ市場	・リスト状にメタデータ・データサンプルを表示 ・データ無償提供 ・ネット選挙(人を探索材として近似)		メタデータのみを公開することによるデータの利用価値を議論できるような市場		
ロードマップ:環境把握	GPS、加速度センサ		状況把握センサと解釈システム		
ロードマップ:複雑ネットワークシステムの理解・制御・構築	表面的な分析レベル		理解と制御が可能		
研究開発項目(1) 状況の認識・理解		・状況を認識・理解する(報道ではなく実際の生データが必要) ・目標設定・リスク判断・現状把握			
ロードマップ:気づきの科学	個人の中に落ちている 暗黙知			インフラの整備により、気づくプロセスが体系化され、社会的に認知され、「意識とは何か」に迫る集合知のサイエンスが産まれる	
ロードマップ:意味・価値観のギャップを埋めるメディア	時間・空間のギャップを埋めるメディア	知(メタ知識、気づき、知識の体系)の外在化ツール			体験・シーンの時空間分析、再構成
ロードマップ:検証型コンピューティング、価値基準の符号化	意思決定研究では decision free(判断不要)の行動原則までは実装できていない	・専門家+大衆+機械による価値判断 ・人の decision rule の計測技術の実現	基の名人にかつドーバミン回路等の解明から人の価値判断がシミュレートできる	コンピュータ裁判官の実現	ある個人の decision rule を実装する(ある個人の思考ルールを模倣するシステム)
研究開発項目(2) 異なる価値観による解釈、新たな発見のための気づきの促進		・シナリオプランニング ・メタ認知支援技術 ・リフレーミング(問題の再定義) ・制約・意図のマニピュレーション ・変数発見			
ロードマップ:コミットメントコンピューティング、仮説生成コンピューティング、クリエイティブティ支援		一定レベルの芸術作品を創造する小説を読んで理解するだけでなく対話して鑑賞するコンピュータ		新しい芸術領域を創造する	・全ての発明発見をコンピュータが行う ・量子コンピューティングで仮説探索が高速化
ロードマップ:政策決定支援	政治家の判断で政策が決定されている				・国民満足度を上げる政策決定 ・投票率 100%を実現
ロードマップ:コミュニケーション	人間が感覚で判断				一見、テレビ画面に見えるコミュニケーション
研究開発項目(3) 納得感のある意思決定に向けたシナリオ提示(情動にも配慮)		・妥協点(最適解)の発見 ・納得感を持った妥協点の発見 ・仲裁・解決のストーリー生成 ・情動、感情の表現と論理の表現の循環 ・納得・価値基準の符号化 ・納得感を持った仮説形成 ・情のセンシング(十分なくさん聴き取る)			
ロードマップ:Wisdom Market Place の構築	データを API で取得する Data Market Place の試み			動的にコンテキストに依存した形で利用可能となる、Wisdom API が実現。標準化も進展。	
ロードマップ:社会的問題への理解	・Web 以外のデータの活用 ・他データとのリンク		知の総体を操作し、集団発の知を有効活用する仕組み		
ロードマップ:集合知	ブログ、Web ベース	・問題提示 ・投票システム	集団による問題解決インフラ		
ロードマップ:政府の失敗と市場の失敗を補完する集成的意志決定機能	・市民と専門家が協同して集成的意志決定を行える場が不十分 ・日本国内を対象としがち ・企業や専門家による利用に偏りがち ・マシン可読可能なものが優先されがち		・市民一人一人を強化するカスタマイズされた知の利用環境実現 ・短期間の急激な変化を防ぐ仕組みの実装 ・知の外部不経済、環境問題への対応		

ロードマップ:Sharp Data の伝播	<ul style="list-style-type: none"> 情報の洪水 情報選択の手段は poor Sharp Data が抽出されるシステムが不十分 		<ul style="list-style-type: none"> 個人・社会にとって貴重な知が時空間・意味において適切に伝播される 社会システムと技術システムがデザインされる 		
ロードマップ:個人・企業にとっての重要知識獲得のためのコンピューティング					
ロードマップ:情報空間の環境システムとしてのデザイン					
ロードマップ:複雑ネットワークシステムの理解・制御・構築	表面的な分析レベル		理解と制御が可能		
ロードマップ:「知の蓄積エネルギーを考慮したシステム	低エネルギーストレージ				データを捨てる・忘れる技術・仕組み
研究開発項目(4) 情報交換、意思決定の場の整備		<ul style="list-style-type: none"> 知の循環と場の形成、可視化 構成的マイニング システムの社会的信頼性担保 			
ロードマップ:細分化された専門家によるサイエンスに				Community computing による科学発見。一般の人々も Agent を使ってサイエンスに参加できる。Personal Log を元に知見を発見し、それをもとに貢献できる。	
ロードマップ:医者	医師の診断。限られたデータ	医療・健康 DB (PHR) 構築。一部過去データもづけ。マスタデータ応用	診断ロボット、テーラーメイド処方、セルフメディケーション	処方にくわえ予防医療	
ロードマップ:政策提言システム	行政オープンデータ、ソーシャルメディア	地域の問題を視覚化。意見として視覚化をシステム的に実現	問題に基づき改善案の提言までを実現		
ロードマップ:福澤諭吉 (コーチングシステム)、半学半教	Watson などの academic intelligence	<ul style="list-style-type: none"> Learning Interaction の matrix standard 化 人の技能のコード化、Experience 共有 サイバースペースでクラスルームのインタラクションの実現 個別やる気スイッチ発見 コンピュータ TA 登場 	<ul style="list-style-type: none"> 人の Experience の教育マテリアルの自動生成 分散環境でのコラボによる知の生成プラットフォーム 		
ロードマップ:医療診断支援	<ul style="list-style-type: none"> 医者の診断は間違っている可能性がある 非専門家が勝手に体調の管理を行っている ネットの知識だけでは実際の問題に対してどのように対処すればよいかわからない 	未病のアドバイス	<ul style="list-style-type: none"> 医療診断で候補を出す 医療判断を支援 		
ロードマップ:人材の活用	クラウドソーシングは不特定多数の匿名によって行われている	高齢者など、身体制限のある作業者のスキルを活用			
ロードマップ:レコメンデーション	<ul style="list-style-type: none"> Web サーチ 特定領域に偏り 	専門家レコメンデーション	難しい課題に対する助言システム		
ロードマップ:知の再分配のためのしかけ	マーケット任せ		能動的情報発信の社会的価値共有		
ロードマップ:知の構築・富の再配分	<ul style="list-style-type: none"> 著作権法など 透明化できていない 		知や知識の生産過程の透明化と還元		
研究開発項目(5) 助言システムの構築		<ul style="list-style-type: none"> 専門家助言システム 政策決定支援 選択肢(シナリオプランニング) リスクコミュニケーション(対話技術) 多数の専門家からの助言(医療・家を建てる) 問題の階層化 クラウドソーシング リスクコミュニケーション 			

3.2 グランドチャレンジ分科会

グランドチャレンジ分科会は、出席者全員を8チームに分けて、1日目の最後のプログラムとして集中的な討議を実施した。分科会に際してお願いした項目は次の通り。

分かりやすいゴールとその目標年度と社会的インパクトを明確にする。

各チームで1~2項目を抽出。

■会場

Team 1~8: 銀杏 (1階) (報告は翌日、会議室 701)

■期待されるアウトプット (模造紙にまとめて発表して下さい)

(1) (NY タイムズ一面を飾るような) ヘッドライン+達成年

(2) 説明 (社会的インパクトを強調)

※1チーム1~2テーマを厳選

※参考資料:

・グランドチャレンジの例

討議の結果は、2日目の最初のプログラムで各チームから発表。2015年から2050年のゴールを目指したグランドチャレンジについて、個別機能の実現や特定の問題解決を目指したものから社会における人間のアクティビティを総合的に支援するものまで11個のアイデアが創出された。なお、★の後の数字は全員の投票結果による得票数。またかっこ内の数字は提案したチームの番号。

グランドチャレンジはその目的から3つのカテゴリーに分類できる。新聞の見出しと強調したことでキャッチーなテーマになったが、いずれも充実した内容の興味深いアイデアが創出できた。

【1】人間の賢いデシジョンをサポートする知のコンピューティング

- 空気を読むコーチングシステム、オリンピックヘッドコーチに就任(2030) ★9(1)
- マインドメディアータ誕生、夫婦間から国家間の問題に対応 (2030) ★27(3)
- 「障害者」が辞書からなくなる、身体的障害から精神的障害まで(2033) ★8(5)
- 仲裁支援システム: Dispute Resolver(2020) ★6(6)
- チューリングテストパス (2020)→社会リスクの予測 (2025) → 人類知のシンギュラリティ (2035) ★26(7)
- 遠隔異文化多言語同時コミュニケーション(2018) ★11(8)

【2】人間のデシジョンや創造性を代替する知のコンピューティング

- 芥川賞作家はロボットだった(2033) ★3(2)
- 第128代総理大臣バグで辞任へ(2048) ★19(4)
- ロボット婚姻法成立(2043)・・・人と区別のつかないロボット ★11(5)

【3】人間の賢いデシジョンをクラウドソーシングで支援

- XX 総研廃業へ、各省庁クラウドソーシングで政策立案(2030) ★10(1)
- 新直接民主主義国家へ(2025) ★18(2)

(各チームの報告資料)

「空気を読める」⑨ 2030年
 コーディング・システム、
 ヘッドコーチに就任」

- ・日本特有の「空気を読む」文化が育んだ「コーディング・システム」が、様々な分野におけるスキルトレーニングに取り入れられる。
- ・2年後のオリンピクに向けて、選手強化のヘッドコーチに就任することが決まった。

TEAM 1

「XX 総研廃業へ」⑩
 各省庁クラウドソーシングで
 政策立案、2030年

- ・政策デザイン分野への真の市民参加が実現。
- ・政策デザインのパターンを、次々と共有した効果が出た。

TEAM 1

2025年 ⑬ Team 2
 新直接民主主義国家
 世界初 税金 Contribution

投票率は自然に100%に
 投票所は廃止
 様々な知的シミュレーションから適切な情報提供
 (Rationalな Computer) 共有
 全員が同時に考えを共有
 自分の意志と決定の相関明確に。

2033年 Team 2 ⑭

芥川賞受賞者はロボットだった!!

インターネット上にある SNS, Wiki 等のリストを全て収集し、登場人物、ストーリー、出来事などをゼロから生成。
 解釈や判断といった高次の ~~作業~~ アドベス へのプロセスが 同様に、個人の判断 意識 まで組み込んだサービスが 提供可能に。

2030年 (27) Team 3

数々の国家間の難問題を解決

マインドメタワーク
祝誕生!!

ハレスキナ問題を解決
北朝鮮問題を解決
尖閣問題を解決
フイアに夫婦問題も

夫婦間～国家間の反粒子化
様々な問題

小型化版
めっちゃ頼りにする目玉オジャ
サービス
自動作成システム
サービスは提供されるものでは多く、あなたに望まれますか? 期末試験

たて前々ホネ 調停
夫婦間-国家間
悩み相談
相互理解
考える刺激を与えてくれる
戦略作成立案

19 Team 4

第128代総理大臣バグで辞任
2048. 2. 29

selective injection

将棋名人 2015年 野球監督
星新一 (作家) 2017
政治家 (後) 2020 悪魔 2020
囲碁名人 2025年
裁判官 2030
神 (神) 2050

キャバ嬢ホスト 2017
社長 (心) 2023
自分 2025
変身ペット (猫) 2040
赤ちゃん子供 2050

身体を持つ
毒 or 天
生産

分科会

2033 『障害者』が辞書から無くなる Team 5

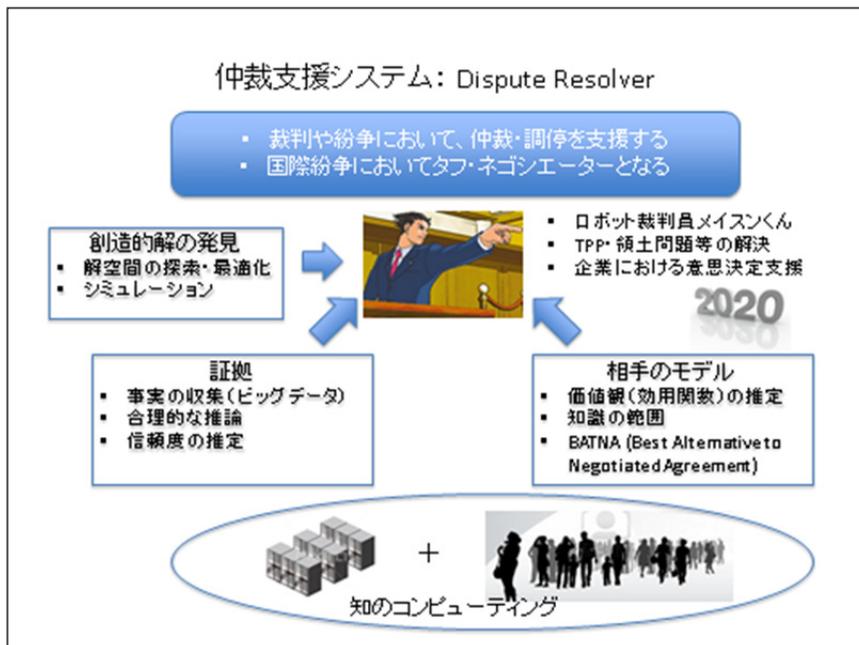
2284年の眼鏡の発明以来、人類は様々な障害を取り除いてきた。202X年のロボットxxにより身体的障害は克服されていたが、この度、『コミュニケーション障害』や『~~根本~~』を治す『~~心~~』の登場により『精神』により『障害者』が死語となった。

情報を精動
精動を伝える
精動を変える

2043年ロボット婚姻法成立?

この度、ロボットと気付かずにロボットに恋するかどうか判定する恋愛チェリグテストにX43が初めてパスした。このロボットの彼女は、高齢単身者~~女性~~の生き甲斐を支援することに役立てられることが期待される。

モニタの境を無く
感情を理解
場を読む
活きた言語



行え合

(26)

2035 人類負知のシンクコラリティを起す

Undefined... 人類のおおげさなところ 人類全体と共持すべき知

2025 社会リスクの予測 (高度助言システム)

2020 超チューリングテストロボスター

「相手が機械か人か 命からなシステム」

「東京」カタダのオゾン 吸い出し 伝え合

「元ハニー コミュニケーション 実現!!」

研究申請書, 自動化ソフト

社会 (H) インタメ (A) 科学 (S)

- ・ 遠隔異文化 多言語同時 コミュニケーション システム <2018年>
- ・ 衆院・参院の他に CLOUD院 (タフな政治モックル) <2025年>
- ・ 夢記録+占い <2025年>
- ・ 100万人による 小説創作ハスター <2015年>
- ・ 100万人による 音楽創作: iTunes タワロード 1位 <2018年>
- ・ 人工知能研究者 による脳アーキテク 解明プロジェクト開始 <2015年>

政治機構 衆院参院に CLOUD院 (open) (99%) 追加

国際会議 (国連) 国際コスト 削減

小説にコトア <おとこ> の親

司法裁判官 の実現

研究申請書 自動化ソフト

Team 8

4. まとめ

サミットの目的は、「知のコンピューティングについて、有識者の皆様と共にその分野を作り出し、日本発のイニシアチブとして確立するためのサミットを開催します。サミットでは、そのゴール、方向性、分野などについて幅広く議論を進めるとともに、その過程で研究者の強いコミュニティの形成、醸成を図っていくことも目的としています。」(参加者募集のご案内より抜粋) だった。この観点で改めて本サミットの成果についてまとめる。

まず、全体セッションとして、認知科学、ロボティクス、心理学、経済学、経営工学、材料科学など、情報学以外の関連分野からの講演を含めた 10 件の講演により、幅広い視点に立った多面的な問題意識が共有できた。

方向性については、“人間と機械の共創を目指したコンピューティング” という、従来の人工知能、認知科学、ロボティクスやビッグデータを一歩推し進めた概念が明確になったことは大きな収穫であった。また、ゴールや研究分野については、分科会での集中的な議論の結果から、今後ワークショップで議論すべき項目の全体像が把握できた。

グランドチャレンジは、新聞の見出しと強調したことでキャッチーなテーマになったが、いずれも充実した内容の興味深いアイデアが創出できた。

また、サミットでは、研究分野・学会・所属組織を超えた研究者が一堂に会して、知のコンピューティングという統一的なテーマで議論を行うことができ、これにより新しい研究コミュニティの礎が形成できた。

今後は、今回のサミットの結果を受けて、課題別のミニワークショップを定期的に開催し、研究開発投資が必要な研究分野の特定と研究者コミュニティの醸成をはかってゆく。

以上

謝辞

本サミットの開催にあたっては、プログラム委員になっていただいた方々をはじめ、下記の方々には事前にご相談に乗っていただき、さまざまなご意見とご助言をいただいた。ここに感謝の意を表します。

安西祐一郎 (日本学術振興会)
 大竹文雄 (大阪大学 社会経済学研究所)
 喜連川優 (国立情報学研究所)
 黒田昌裕 (科学技術振興機構 研究開発戦略センター)
 鈴木 忠 (白百合女子大 発達心理学専攻)
 藤山知彦 (三菱商事株式会社 常勤顧問)
 堀 浩一 (東京大学 工学系研究科)
 松尾 豊 (東京大学 知の構造化センター)
 美濃導彦 (京都大学 学術情報メディアセンター)
 横尾 真 (九州大学大学院 システム情報科学研究院 情報学部門)
 (敬称略)

5. 付録

5.1 サミット参加者の募集

幅広い領域を融合させ、新たな分野を共に作り出すため、公募により参加者を募った。

平成 25 年 6 月 17 日
 科学技術振興機構
 研究開発戦略センター

科学技術未来戦略ワークショップ 「知のコンピューティング
 一人と機械が共創する社会を目指して」
 Wisdom Computing Summit 2013 参加者募集のご案内

独立行政法人科学技術振興機構（JST）研究開発センター（CRDS）は、科学技術に求められる社会的・経済的ニーズを踏まえて国として重点的に研究開発を推進すべき領域を見出し、その領域の研究開発を推進するための戦略を国に対して提案していく活動を行っております。

CRDS では技術の潮流および社会ニーズを踏まえ、従来の研究領域にとらわれることなく幅広い領域を融合させ、コンピューティングの新たな地平線として「知のコンピューティング（Wisdom Computing：知の創造の促進と科学的発見・社会適用の加速）」（図 1 参照）を実現することが重要であると考えています。これにより、人々のくらしや様々な社会システムの質的変革を促し、人と機械が共創し、より高度な知的社会を実現します。

今回、知のコンピューティングについて、有識者の皆様と共にその分野を作り出し、日本発のイニシアチブとして確立するためのサミットを開催します。サミットでは、そのゴール、方向性、分野などについて幅広く議論を進めるとともに、その過程で研究者の強いコミュニティの形成、醸成を図っていくことも目的としています。サミットの成果は報告書として公開するとともに、これを踏まえて国の研究開発戦略として提案していく予定です。

サミット参加を希望される皆様は裏面の募集要領に従いご応募ください。

●知のコンピューティングとは

知の創造を促進し、科学的発見や社会への適用を加速すること

- ・知は人間（複数）が賢く生きるための力である
- ・知のコンピューティングは、知の発見、創造、集積、伝播、探索、影響（アクション）を実現し、加速すること

<期待される成果の例>

- ・知の発見と伝播・活用を促進し、科学の発展と社会への浸透と富の再配分を加速
- ・最先端知識や技術の社会的適用の促進を図ることによる社会サービスの質の向上
- ・新しいソーシャルコンピューティングの開拓による発見の加速
- ・新しいコンピューティングパラダイムの開拓

知のコンピューティング (Wisdom Computing)

知の創造を促進し、科学的発見や社会への適用を加速する

- 知は人間（複数）が賢く生きるための力である
- 知のコンピューティングは、知の発見、創造、集積、伝播、探索、影響を実現し、加速すること

<p>① 知の集積・伝播・探索 加速する知の集積とその世界への伝播</p>	<p>② 予測、発見の促進 集合知やオープンデータで予測と発見を加速する</p>	<p>③ 知のアクション 集積した知や発見された知を社会に適用する</p>
<p>④ インフラ 加速する知の集積とその世界への伝播と着床を図るインフラ</p>		
<p>⑤ 蓄積 ⑥ 伝播 ⑦ 探索 ⑧ 予測、発見</p>		
<p>⑧ ポリシー 知の利用に関する制度、倫理規定やガイドラインの設計</p>	<p>⑤ 集団に学ぶ 人間やコミュニティの行動や意思決定のメカニズムの研究</p>	<p>⑦ 人間・生物に学ぶ 生物、人間の脳の研究とシミュレーション</p>
<p>⑦ 情報学に学ぶ 数理統計と計算機科学の基礎と応用</p>		
法学	経済学	社会学
経営工学	生物学	医学
心理学		

<図 1: 知のコンピューティングの俯瞰図>

【 サミット参加者募集要領 】

●サミットにおいて参加者の方々に必ずお守りいただくこと、取り組んでいただくことは以下の通りです。

- ・サミットには2日間参加していただきます
- ・セッション、分科会の議論への参加をお願いします

●開催日時：平成25年7月25日（木）10時～7月26日（金）13時

●開催場所：東京都内から1時間以内の施設を調整中

●費用：旅費及び滞在費（宿泊、食事）をJSTの規定にもとづき負担いたします

●予定参加者数：最大40名程度

●参加応募方法：〆切までにポジションペーパーをご提出ください。ポジションペーパーをもとにサミット参加者を選考し、参加の可否を7月15日（月）までに通知いたします。

- ・ポジションペーパー記載項目

A4用紙2枚程度に以下の項目を記載ください。

所属、役職、氏名、連絡先(電話、emailアドレス、郵便番号、住所)、現在の自身の研究テーマ（タイトル、研究内容、技術的インパクト）と知のコンピューティングとの関係（図1の俯瞰図上の位置づけ*）、およびその研究が実現したときの社会的インパクト（人々のくらしや様々な社会システムの変革）。

※下記①～⑨のいずれかの分類を記載ください

- ①知の集積・伝播・探索／②予測、発見の促進／③知のアクチュエーション／④インフラ／
- ⑤集団に学ぶ／⑥人間・生物に学ぶ／⑦情報学に学ぶ／⑧ポリシー／⑨その他

- ・ポジションペーパー提出〆切、提出先

7月8日（月）17時までにメールに添付して下記アドレスまでお送りください

wcs2013@jst.go.jp

●プログラム委員（コアメンバー）

委員長：徳田英幸（慶應義塾大学環境情報学部教授）

山口高平（慶應義塾大学理工学部教授）

石田亨（京都大学大学院情報学研究科教授）

藤山知彦（三菱商事 常勤顧問）

黒田昌裕（CRDS 上席フェロー）

田中一宜（CRDS ナノテクノロジー・材料ユニット上席フェロー）

岩野和生（CRDS 電子情報通信ユニット上席フェロー）

5.2 開催プログラム

【1日目：7/25（木）】 -----

9:00-9:30 受付 @701 会議室前

全体セッション @701 会議室

9:30-9:40 開会のあいさつ 徳田英幸（慶應義塾大学）

9:40-9:55 主催者説明 岩野和生（JST/CRDS）

「知のコンピューティングのねらいとサミットの位置づけ」

9:55-10:40 基調講演 安西祐一郎（日本学術振興会）

「知のコンピューティングー視座と展望」

10:40-10:50 休憩

10:50-11:20 「知のコンピューティングに向けて」 徳田英幸（慶應義塾大学）

11:20-11:50 話題提供 1 萩田紀博（ATR）

「これからのロボットサービス研究 ーあなたはどのロボットサービスを選びますか？ー」

11:50-12:20 話題提供 2 黒田昌裕（JST/CRDS）

「IT が知識資本の形成にもたらしたもの ーその影響と課題」

昼食 @銀杏（1階） 12:20-13:20

全体セッション @701 会議室

13:20-13:50 話題提供 3 菊池尚人（慶應義塾大学）

「ビックデータとパーソナルデータ」

13:50-14:20 話題提供 4 鈴木忠（白百合女子大学）

「生涯発達と wisdom」

14:20-14:50 話題提供 5 藤山知彦（三菱商事）

「職業としての人間」

14:50-14:55 分科会 I のオリエンテーション 茂木強（JST/CRDS）

14:55-15:10 休憩

分科会 I ～目標検討分科会～ @会議室 701、703、704

15:10-17:10 目標検討分科会（4 グループ）

17:10-17:50 分科会報告（10分×4 グループ） ※会議室 701 に集合

夕食 @銀杏（1階） 17:50-19:20

全体セッション @会議室 701

19:20-20:05 招待講演 吉川弘之（JST/CRDS）

「情報科学者の社会の中での役割」

20:05-20:50 招待講演 喜連川優 (国立情報学研究所)
 「知のコンピューティングへの期待 ビッグデータの観点から」
 20:50-21:00 移動

分科会Ⅱ ～グランドチャレンジ分科会～ @銀杏 (1階)

21:00-21:05 分科会Ⅱのオリエンテーション 茂木強 (JST/CRDS)
 21:05-22:00 グランドチャレンジ分科会 (8チーム)
 22:00- 懇親会 @銀杏 (1階)

【2日目 : 7/26 (金)】 -----

朝食 @レストランガーディナ (1階) 7:00-8:00

全体セッション @会議室 701

8:30-9:10 グランドチャレンジ分科会報告 (3分×8チーム)
 9:10-9:40 話題提供 6 的場正憲 (慶應義塾大学)
 「材料設計における知のコンピューティング」
 9:40-10:10 話題提供 7 清水伸幸 (Yahoo!)
 「クラウドソーシング」
 10:10-10:15 分科会Ⅲのオリエンテーション 茂木強 (JST/CRDS)
 10:15-10:20 移動

分科会Ⅲ ～R&D分科会～ @会議室 703、704、705、706

10:20-12:00 R&D分科会 (4グループ)
 12:00-12:40 分科会報告(10分×4グループ) ※会議室 701 に集合

ラップアップセッション @会議室 701

12:40-13:00 ラップアップと次のステップの確認 徳田英幸 (慶應義塾大学)

解散 13:00

5.3 参加者一覧

- | | |
|--------|---|
| 芦川将之 | 株式会社 東芝 研究開発センター知識メディアラボトリー |
| 阿部秀尚 | 文教大学 情報学部情報システム学科 専任講師 |
| ◎安西祐一郎 | 日本学術振興会 理事長 |
| ★石田亨 | 京都大学大学院 情報学研究科 教授 |
| 石村源生 | 北海道大学 高等教育推進機構 特任准教授 |
| 一杉裕志 | 産業技術総合研究所ヒューマンライフテクノロジー研究部門 主任研究員 |
| 稲邑哲也 | 国立情報研究所 情報学プリンシプル研究系 准教授 |
| 乾健太郎 | 東北大学大学院 情報科学研究科 教授 |
| 井庭崇 | 慶應義塾大学 総合政策学部 准教授 |
| 江渡浩一郎 | 産業技術総合研究所 知能システム研究部門 主任研究員 |
| ★大越匡 | 慶應義塾大学 環境情報学部 博士課程1年 |
| 大澤幸生 | 東京大学大学院 工学系研究科 教授 |
| 岡野原大輔 | 株式会社 Preferred Infrastructure 取締役副社長 |
| 小山聡 | 北海道大学大学院 情報科学研究科 准教授 |
| 鹿島久嗣 | 東京大学大学院 情報理工学系研究科 准教授 |
| 金川誠 | 財団法人 福岡県産業・科学技術振興財団 地域連携コーディネータ |
| ◎菊池尚人 | 慶應義塾大学大学院 メディアデザイン研究科 特任准教授 |
| 來村徳信 | 大阪大学 産業科学研究所 准教授 |
| ◎喜連川優 | 国立情報学研究所 所長 |
| 城戸隆 | 理研ジェネシス 研究マネージャ |
| 清木康 | 慶應義塾大学 環境情報学部 教授 |
| 栗木一郎 | 東北大学電気通信研究所 准教授 |
| 栗原聡 | 電気通信大学大学院 情報システム学研究科 教授 |
| ★後藤真介 | 京都大学大学院 情報学研究科 後期博士課程1年 |
| 櫻井祐子 | 九州大学大学院 システム情報科学研究院 准教授 |
| 澤谷由里子 | 早稲田大学 研究戦略センター 教授 |
| ◎清水伸幸 | ヤフー株式会社 事業戦略統括本部 Yahoo! Japan 研究所 主任研究員 |
| ◎鈴木忠 | 白百合女子大学児童文化学科 教授 |
| 角康之 | はこだて未来大学 システム情報科学部 教授 |
| 諏訪正樹 | 慶應義塾大学 環境情報学部 教授 |
| ★玉川奨 | 慶應義塾大学 理工学部 博士課程3年 |
| 津本周作 | 島根大学 医学部医学科医療情報学講座 教授 |
| ★徳田英幸 | 慶應義塾大学 環境情報学部 教授 |
| 鳥澤健太郎 | 情報通信研究機構 ユニバーサルコミュニケーション研究所 情報分析研究室 室長 |
| ★中澤仁 | 慶應義塾大学 環境情報学部 准教授 |
| ◎萩田紀博 | ATR 社会メディア総合研究所 知能ロボティクス研究所 所長 |
| 橋本昌宜 | 大阪大学 情報科学研究科 准教授 |
| 馬場雪乃 | 東京大学大学院 情報理工学系研究科 特任研究員 |
| ◎藤山知彦 | 三菱商事株式会社 常勤顧問 |

- | | |
|-------|-------------------------------------|
| 松尾豊 | 東京大学大学院 工学系研究科 准教授 |
| 松原繁夫 | 京都大学大学院 情報学研究科 准教授 |
| 松原仁 | 公立ほこだて未来大学 教授 |
| 丸山宏 | 統計数理研究所 副所長 |
| 溝口理一郎 | 北陸先端科学技術大学院 大学サービスサイエンス研究センター 教授 |
| ★村上陽平 | 京都大学大学院 情報学研究科 特定研究員 |
| 森嶋厚行 | 筑波大学 図書館情報メディア系/知的コミュニティ基盤研究センター 教授 |
| ★森田武史 | 青山学院大学 社会情報学部 助手 |
| 山川宏 | 株式会社 富士通研究所 ソフトウェア技術研究所 研究員 |
| ★山口高平 | 慶應義塾大学 理工学部 教授 |
| 脇田玲 | 慶應義塾大学 環境情報学部 准教授 |
| 渡邊淳司 | NTT コミュニケーション科学基礎研究所 主任研究員 |
| ◎吉川弘之 | 科学技術振興機構研究開発戦略センター センター長 |
| 有本健男 | 科学技術振興機構研究開発戦略センター 副センター長 |
| ◎黒田昌裕 | 科学技術振興機構研究開発戦略センター 上席フェロー |
| ★岩野和生 | 科学技術振興機構研究開発戦略センター 上席フェロー |
| ★岡山純子 | 科学技術振興機構研究開発戦略センター フェロー |
| ★嶋田一義 | 科学技術振興機構研究開発戦略センター フェロー |
| ★島津博基 | 科学技術振興機構研究開発戦略センター フェロー |
| ★鈴木慶二 | 科学技術振興機構研究開発戦略センター フェロー |
| ★高島洋典 | 科学技術振興機構研究開発戦略センター フェロー |
| ★的場正憲 | 科学技術振興機構研究開発戦略センター フェロー |
| ★茂木強 | 科学技術振興機構研究開発戦略センター フェロー |

※ ◎講演者、★プログラム委員・実行委員

5.4 ポジションペーパー

シルバーソーシング ～高齢者クラウドソーシング～	(株) 東芝 芦川将之	113 ページ
系列パターンマイニングに基づく属性構築手法の開発	文教大学 専任講師 阿部秀尚	115 ページ
トランスサイエンス問題に関する「意思決定支援型」ワークショップの開発	北海道大学 高等教育推進機構 特任准教授 石村源生	119 ページ
大脳皮質の計算論的モデルを手がかりとしたヒト知能アーキテクチャの解明	産業技術総合研究所 主任研究員 一杉裕志	121 ページ
身体感覚運動を伴う多人数参加型対話シミュレーションシステムに基づく社会的行動知能の蓄積と創成	国立情報研究所 准教授 稲邑哲也	123 ページ
高度言語意味解析による知の編集	東北大学 教授 乾健太郎	125 ページ
パターン・ランゲージによる創造知の集積と共有	慶應義塾大学 准教授 井庭崇	127 ページ
Web 上の創作活動を促すプラットフォームの研究	産業技術総合研究所 主任研究員 江渡浩一郎	129 ページ
データジャケットを用いた知識イノベーション市場	東京大学 教授 大澤幸生	131 ページ
ビッグデータ分析技術の実用化	(株) Preferred Infrastructure 取締役副社長 岡野原大輔	133 ページ
ヒューマンコンピューテーションにおける統計的品質保証	北海道大学 准教授 小山聡	135 ページ
一億総データサイエンティスト計画 ～クラウドソーシングで挑むビッグデータ解析～	東京大学 准教授 鹿島久嗣	137 ページ
社会ニーズ主導による考え方からヘルスケア領域における情報基盤の確立を目指す	(財) 福岡県産業・科学技術振興財団 地域連携コーディネータ 金川誠	139 ページ

Socio-Technical System の共通モデル化基盤の構築に基づく知の集積・伝播の加速	141 ページ
大阪大学 准教授 來村徳信	
遺伝子解析と人工知能技術を用いたパーソナルゲノム情報環境の提案と評価	143 ページ
理研ジェネシス 研究マネージャ 城戸隆	
時間・空間・意味・感性による記憶蓄積・共有・統合・伝播の実現に向けて	146 ページ
慶應義塾大学 清木康	
視知覚と脳活動の対応に基づく情報科学の基礎研究	148 ページ
東北大学 准教授 栗木一郎	
・人間・生物に学ぶ創発型階層構造の理解と制御に向けた新しいAIアプローチの確立 ・ビッグデータ（大規模複雑システム）のためのボトムアップ型データマイニング技術の確立	150 ページ
電気通信大学 教授 栗原聡	
人と計算機の協創に向けたメカニズム設計の研究 ー知の創出へのインセンティブ設計と品質コントロールー	153 ページ
九州大学 准教授 櫻井祐子	
分野融合による知の創出とマネジメントに関する研究	156 ページ
早稲田大学 教授 澤谷由里子	
非言語インタラクションの理解とカジュアルコミュニケーションに基づいた知識流通強化。集団からの知の集積と伝播に関わる研究テーマ	158 ページ
公立はこだて未来大学 教授 角康之	
・身体知の学び方法論として認知手法 ・生活における学びの実践研究（スポーツ、感性開拓、コミュニケーションなどの分野における）	160 ページ
慶應義塾大学 教授 諏訪正樹	
データマイニング（時系列マイニング、クラスタリング、プロセスマイニング、ラフ集合の医療応用）、サービス科学（病院情報システムを基盤とした知的サービスの実現）の要素技術を含めた統合的なヘルスケアの知的支援環境の構築、統合的なヘルスケアの知的支援環境の構築	163 ページ
島根大学 教授 津本周作	
言語情報に基づく「未来分析」及びそれを支える基盤技術	166 ページ
情報通信研究機構 室長 鳥澤健太郎	
小体積コンピューティングの可能性	169 ページ
大阪大学 准教授 橋本昌宜	

<p>作業者を「育てる」クラウドソーシングの実現</p> <p style="text-align: right;">東京大学 特任研究員 馬場雪乃</p>	171 ページ
<p>・ データを分析・予測した結果を用い、知のアクチュエーションとあわせることで、より早く系を最適化する研究</p> <p>・ 深層学習について、(i)時間的なデータへの拡張、(ii)自己の行動を含んだデータへの拡張、(iii)言語との関連の追求、(iv)社会的な概念やより抽象的な概念との関連の追求</p> <p style="text-align: right;">東京大学 准教授 松尾豊</p>	173 ページ
<p>クラウドソーシングにおけるメカニズムデザイン</p> <p style="text-align: right;">京都大学 准教授 松原繁夫</p>	175 ページ
<p>コンピュータに星新一のようなショートショートを自動生成させる研究</p> <p style="text-align: right;">公立ほこだて未来大学 教授 松原仁</p>	177 ページ
<p>集団知性の創発に関する研究</p> <p style="text-align: right;">統計数理研究所 副所長 丸山宏</p>	179 ページ
<p>サービスの相互運用性担保のためのオントロジー工学的サービスインフラストラクチャ</p> <p style="text-align: right;">北陸先端科学技術大学院大学 教授 溝口理一郎</p>	181 ページ
<p>クラウドソーシングを征する国は未来を征する ー公共クラウドソーシングインフラの構築と産学官連携の重要性ー</p> <p style="text-align: right;">筑波大学 教授 森嶋厚行</p>	183 ページ
<p>脳のフレーム生成原理の解明から目指す汎用人工知能の実現</p> <p style="text-align: right;">(株) 富士通研究所 研究員 山川宏</p>	185 ページ
<p>マテリアル・コンピューティングー素材を触媒とした伝統的ものづくりと情報技術の融合</p> <p style="text-align: right;">慶應義塾大学 准教授 脇田玲</p>	187 ページ
<p>触覚情報学 情報を“自分ごと”として理解するための体験デザイン</p> <p style="text-align: right;">NTT コミュニケーション 主任研究員 渡邊淳司</p>	190 ページ

シルバーソーシング ～高齢者クラウドソーシング～

芦川 将之

株式会社 東芝 研究開発センター 知識メディアラボラトリー

1. 背景

現在我々は「クラウドソーシングを用いた大規模データ解析」に関する研究を行なっている。クラウドソーシングとは人間にとっては単純な作業ではあるが、機械で自動化することが困難な作業を、不特定多数の一般人(ワーカー)に単純作業(タスク)として業務を委託することで問題を解決する方法である。

従来我々は研究に必要なデータの作成、解析を外部の専門業者に依頼してきた。しかし外部の専門業者に依頼した場合、精度は高いがコストが高く時間がかかるため作業量も少ないという問題があり大規模なデータの取り扱いが困難であった。

そこで我々は大規模な研究データの作成、解析にクラウドソーシング技術を使用することを試みた。クラウドソーシングサービスは Amazon Mechanical Turk [1]を代表とした、いくつかの既存のサービスが存在するが、日本語に関する研究データを取り扱うことが出来ない、サーバ側での精度向上を行うことが出来ないなどの様々な面で問題があったため、社内にプライベートなクラウドソーシングを構築するに至った。このプライベートなクラウドソーシングには様々な精度向上施策が用いられており、従来のクラウドソーシングで問題であった、「一般人に作業を依頼するため、結果データの精度が低い」という点が改善されている。このプライベートなクラウドソーシングを適用することによって大規模な研究データの構築が容易になり、様々な研究分野における研究速度

の加速化、コスト低下を実現した。

研究データの作成にクラウドソーシングを適用する事によって改善した一例として自然言語処理における未知語データの抽出処理がある。自然言語処理におけるテキスト解析処理では大量に語彙を収集することが必要となるが、従来の自動処理では精度が低く、専門業者による作業では語彙数が少ないという問題があった。この語彙収集作業にクラウドソーシングを用いることによって、従来は規模的に不可能であった Web からの大量語彙取得が可能となった。実例として 6 ヶ月で 125 億文の Web テキストからクラウドソーシングを用いて 14 万語の語彙の取得に成功した。これは速度面では従来の 1/10 以下の処理時間、コスト面では 1/3 以下の価格で完了している [2]

2. 知のコンピューティングとの関係

クラウドソーシングに関する研究において、我々が現在最も注目している部分はワーカーである。ワーカーは「不特定多数の大量の一般人」であるため、結果データの精度向上にはワーカーのコントロールが欠かせない。そしてワーカーのコントロールにおいては「知のコンピューティングの俯瞰図」における「⑤：集団に学ぶ 人間(ワーカー)やコミュニティ(ワーカーのグループ)の行動や意思決定のメカニズムの研究」が不可欠である。

3. 今後の研究と社会的インパクト

日本は今後大変な高齢化社会となることが様々

なメディアで報告されている。これにより国力が低下すると懸念されているが、これは「高齢者が労働力とならない」という点が前提として議論されている。我々はこの点に着目し、高齢者が労働力として活躍できる環境として、クラウドソーシングの活用を検討している。我々はこれを「シルバーソーシング」と呼称している。

クラウドソーシングは作業提供者(リクエスタ)側のメリットとして前述のように「作業が速く低コスト」という点が挙げられるが、ワーカー側のメリットとしては、「時間、場所の制限がない」という点が挙げられる。この点は高齢者にとって非常に高価値である。体力が低下し長時間労働が出来ない高齢者や、病院や老人ホームに入居している高齢者の中にもインターネットさえ繋がっていればワーカーとして労働することが可能となる人が少なくないと考えられる。

また高齢者にとって労働を通じて社会貢献していることを意識することは非常に重要である。労働による収入や評価を得て、他者との競争を意識することで生きる意欲の向上、認知症の進行防止や改善などの QOL 向上が期待される。

リクエスタ側としても高齢者をワーカーとしたクラウドソーシングの利点は大きい。高齢者の中には様々な分野におけるエキスパートが多く、数多くの経験を積んでいる。それらの知見をクラウドソーシングを通じて発揮することで通常のワーカーでは困難な作業をすることが可能になる。また高齢者は現役時代よりも短い労働時間を望むため、実社会では安定的な労働力としてみなすことが難しいという問題があるが、クラウドソーシングにおける作業では前述のように「時間、場所の制限が無い」ため、これらの問題は通常の業務委託に比べれば問題になりにくい。

また、別の側面としてクラウドソーシングを通じて高齢者ワーカーのメンタルチェックを行うことを提案したい。高齢者の身体的な健康をチェックするには様々なバイタルチェックの手法がある

が、メンタル面をチェックすることは難しい。これは高齢者一人ひとりのメンタルデータを収集、解析することが身体データの解析と比較して困難なためである。我々はこのメンタルデータの一例としてクラウドソーシングにおける作業結果を扱うことを検討している。作業結果のデータはシステムによって常に監視されているため、作業精度や内容の変化から知力減退やメンタル面での問題を早期に発見することが出来ると考えられる。またこれらのデータを医療機関スタッフ、家族にフィードバックすることで異常の早期検知が可能になると期待している。

我々はこのようにシルバーソーシングを通じて高齢者と事業者(作業提供者)の両方の価値を確立し、高齢者の QOL の向上(生きる意欲、健康の管理、維持)、及び国力の回復へと発展させていきたい。

しかしそのためには高齢者ワーカーが作業しやすい UI の検討、高齢者ワーカーのモチベーションコントロール、作業結果からのメンタルデータの解析など、改善すべき点は多く残されている。そしてこれらを改善するためにはワーカーの行動や意思決定のメカニズムを研究して行かなければならない(知のコンピューティング俯瞰図における⑤：集団に学ぶ)

これらに関してどのような取り組みが出来るか今後議論を深めて行きたい。

参考文献

- [1] Amazon Mechanical Turk. [Online]. <https://www.mturk.com/mturk/>
- [2] 芦川 将之、有賀 康顕、宮村 祐一、"PrivateCrowdSourcing を用いた言語、音声資源の収集 ～システムの構築と言語収集～," 人工知能学会全国大会(第 27 回), 2013.

「知のコンピューティング」に向けて

阿部秀尚

文教大学情報学部情報システム学科 専任講師

1 はじめに

現在、情報通信技術の発展に伴って、人間活動で発生する情報の約 80%以上が電子化されているともいわれ、日々電子的に蓄積が加速し、大容量かつ多様なデータの利活用に注目が集まっている。

このようなデータには、従来の定型化されたデータに加え、非定型データの代表であるテキストをはじめ、センサやログデータとして多様な形式が含まれる。このため、データに対する分析は計算機能力、分析手法と対象業務に対する高度な専門知識が求められ、ビッグデータの活用として産業界からは大きな期待が寄せられている[1]。

一方、行政機関の持つデータを再利用可能な形式で公開するオープンデータとその利用促進策は各国で進められ、本邦においても中央省庁から各自治体に至るまで、各所でその取り組みが進められている[2]。

本稿では、以上のような背景の下で「知のコンピューティング」が目的とする知の創造の促進と科学的知見・社会適用の加速を進めるにあたって、現在の自身の研究テーマに基づく研究課題の位置づけについて述べる。

2 現在の研究テーマ

自身の現在の主な研究テーマは、多様な形式で蓄積が進むデータに高度な処理を加え、過去に多くの手法が開発された表形式データからのパターン生成を実現することである。表形式によらない非定型なデータとしては、テキストをはじめ系列データを対象としている。これらの非定型データからパターンを抽出し、それぞれのパターンの出現頻度などから算出される計量化指標を利用して、表形式データの属性構築を行う。

特に、系列データとそのパターン計量化指標に着目した研究課題が科研費基盤研究(C)「系列パターンマイニングに基づく属性構築手法の開発」である。以下にその詳細と現在までの成果を述べる。

2.1 背景・目的および研究手法

本研究課題では、系列データから得た様々な性質をもつ系列パターンを用いて、データマイニングプロセスにおける属性構築を行う手法の開発を目的とする。

従来の表形式データにおける属性構築手法では、質的な値をもつ名義属性への論理演算や量的な値をもつ数値属性への算術演算を用いて、所与の属性から新たな属性の構築

を行ってきた。しかしながら、非定型かつ名義値や数値、テキストを含む多様なデータからなる複合形式のデータからの表形式データセットの構築は不可能であった。

以上の課題に対し、名義値の列として与えられる系列データから、表形式データセットでの属性を構築する手法を本研究課題において開発する。本手法は、系列データから得られる部分系列である系列パターンについて、複数の計量化指標を用いて出現情報を数値化することにより、これらの出現パターンや値と従来の表形式データの属性を併合可能とする。以上の手法について、情報システムの動作履歴データなどを対象に有用性を検証する。

2.2 現在までの成果

本研究課題では、現在までのところ、系列データベース中で系列パターンが出現する頻度などから種々の性質を数値として計量化する系列パターン評価指標の開発と情報システムの利用者による操作に関する系列パターン評価指標に基づく操作予測モデルの構築を行った[3]。

本研究課題においては、これまで別々の対象領域の系列データについて開発が行われてきた指標について、系列パターンの評価指標として統一した視点を与える。このため、従来のテキストマイニングにおける重要度指標として用いられる頻度・tf-idf などの他、頻出アイテム集合に対する評価指標として頻りに用いられる3種類の評価指標を系列パターンの評価指標とし、計算モジュールとしてこれまで実装した。また、系列パターン評価指標に基づく Web クリックストリーム予測モデル構築を行った結果、共通データセットとして提供される Web クリックストリームデータセットにおいて、高い精度の予測モデルが得られることが示された。さらに、予測モデルに用いられる評価指標とその閾値を用いることで、別々の期間での予測モデルを適用できる可能性について検討を行っている。

3 知のコンピューティングとの関係

現在の自身の研究テーマと俯瞰図にある各項目を照らし合わせ、設定する研究テーマは「予測、発見の促進」である。現在、研究テーマとしている手法は、多様な非定型データを機械学習はじめ多くのデータ分析手法が入力データ形式としてきた表形式データとして統一的に処理可能とする手法である。このため、集積されたデータから専門家に有用な情報となり得るパターンの生成がより多様な形式のデータから実現できると考えている。

一方、表形式データの属性の評価・選別は、専門家の知識に合致することが求められ、機械的に生成されたパターンに基づく属性でも例外ではないと考えられる。その際、パターンの計量化された側面が示す意味（セマンティクス）を与えることが重要であり、データの意味を記述する LOD(Linked Open Data) の取り組みと連携することで、より

専門家の知識に即したデータの前処理が実現できる。

以上の概観図を図1に示す。

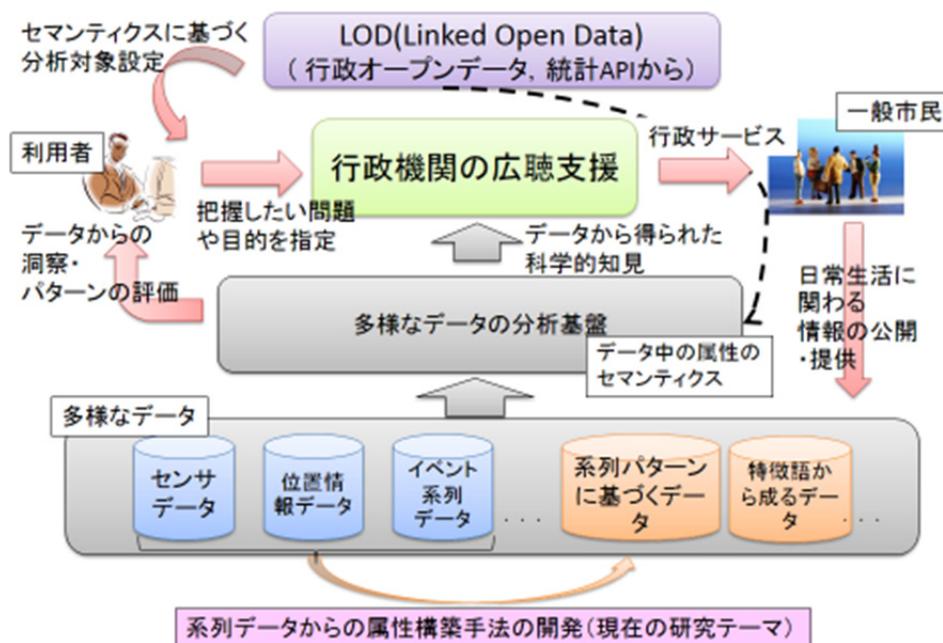


図1：多様な形式のデータからの定型化されたデータの構築とオープンデータからのセマンティクスの融合についての概観。

4 研究が実現したときの社会的インパクト

本研究課題では、これまでの研究テーマでの手法と成果を活用し、行政機関の担当者にとって有用な価値のある情報をオープンデータとソーシャルメディア上のデータを統合した分析手法から提供することをめざす。これにより、広く市民の声を集め、課題を認識し、施策に素早く反映するための広聴活動の支援が可能となるものと考えている。

具体的な事例として、道路管理行政に関するオープンデータとソーシャルメディア上の各種データマイニング結果を統合することを想定する[4]と、市民の生活に密接に関連した道路交通上の問題把握から対処に至る過程の応答時間短縮が図れるものとする。この中で、ソーシャルメディアや自動車に搭載された各種センサから得られる系列データやテキスト、数値時系列データなどの多様なデータからのパターン生成と評価指標パターンの抽出に特化し、ソーシャルメディア上の多様な形式のデータを科学的知見発見・検証のためのデータとして利用可能とする手法の開発が自身の研究課題であると考えている。

5 おわりに

以上から、「知のコンピューティング」において、自身が現在行っている研究テーマの位置づけは「予測、発見の促進」と関連し、行政機関の担当者が広く市中の問題を早急に把握・対処するための科学的知見を得る定型化されたデータの生成手法について、研究課題を設定したいと考える。本研究課題は、その他の「知の集積・伝播」や「インフラとしての予測・発見技術の開発」からその成果を取り入れることで、予測や発見が促進され、さらなる科学的知見を得ることに繋がるものと期待している。

参考文献

- [1] 総務省：平成 24 年版 情報通信白書，(2012)
- [2] 経済産業省のオープンデータカタログ：Open Data Meti <http://datameti.go.jp/> 内「公共データワーキンググループ報告書」
- [3] 阿部秀尚：系列パターン評価指標群に基づく転移型クリックストリーム予測モデル構築の検討，電子情報通信学会人工知能と知識処理研究会（信学技報 Vol.112,No.477），pp.25-30 (2013)
- [4] 阿部秀尚，森田武史，田中壘，山口高平：スマートフォンと CAN とソーシャルメディアの統合に基づく道路行政支援，第 27 回人工知能学会全国大会，2N5-OS-21b-2(2013)

- 所属：北海道大学高等教育推進機構
高等教育研究部科学技術コミュニケーション教育研究部門
- 役職：特任准教授
- 氏名：石村源生

- 現在の自身の研究テーマと知のコンピューティングとの関係：
 - 研究タイトル
 - ◇ トランスサイエンス問題に関する「意思決定支援型」ワークショップの開発
 - 研究内容
 - ◇ 東日本大震災の発生により、科学が問うことはできるが科学だけでは解決できない「トランスサイエンス問題」について、より一層の市民参画によるコミュニケーションの必要性が認識されるようになってきた。一般にこういった手法は参加型テクノロジーアセスメントと呼ばれ、コンセンサス会議や討論型世論調査(DP)が代表例として挙げられる。
 - ◇ 一方、これらの手法には、目前に迫る問題を解決するために地域レベルで柔軟に実施するには専門人材の調達、金銭的成本、正当性・透明性の確保、時間的制約などのハードルが高く、結局ごく少数の理想的条件が整った場合にしか実施できないという問題がある。
 - ◇ 従って、このような方法を繰り返すだけでは、トランスサイエンス問題を民主的かつ広汎に、持続的に扱うことのできる社会の実現は困難である。
 - ◇ そこで本研究においては、住民参加型都市計画ワークショップなどの分野で近年利用されるようになってきている、簡便で代表的な階層化意思決定手法であるAHP(Analytic Hierarchy Process)に注目した。AHPをベースにしつつ、トランスサイエンス問題に関する意思決定上の課題を抱えた市民が、各地域で簡便かつ柔軟に実施できるワークショップ手法を開発、試行し、その結果を広く社会に提案する。
 - 技術的インパクト
 - ◇ AHPは一般に「意思決定手法」と位置づけられているが、本研究において筆者はこれを「意思決定支援手法」と位置づける。従って本研究では、AHPをベースにしながらも必ずしもそれに固執せず、意思決定ワークショップへの参加者が、あくまでワークショップ参加者の意思決定の結果、あるいはそれに先立つ、自分自身の、そして参加者集団の選好基準の多様性・多次元性、異なる選好基準間の重み付けの差異を反省的に認知することによって、メタレベルの意思決定を

支援するツールとして最適のものとなるように開発を進めていく。

- ◇ このことによって、アルゴリズムだけで「最適解」を導き出すことを目的とした従来の意思決定手法において課題とされていた、「計算結果の初期値敏感性」「パラメータ仮定、モデル設計の恣意性」「参加者にとってのアルゴリズム自体の信頼性」「最終的な選択に対する参加者の当事者意識（コミットメント）」等の問題を解決する。
- ◇ また、ワークショップを動画記録し、映像と音声进行分析することにより、集合的意思決定のための多人数インタラクションのプロセスを解明し、本研究の手法の有効性のための評価手法を開発すると同時に、多人数インタラクション自体の研究にも資する。
- 知のコンピューティングとの関係
 - ◇ 「知のコンピューティング」においては、コンピューティングによって人間の能力を「代替」するのではなく、人間をエンパワーし、より高い水準の知的課題にそのリソースを投じられるようにすることが目的である。
 - ◇ トランスサイエンス問題に関する集合的意思決定は、特に極めて高度な問題解決が要求される領域であるので、上記コンセプトに最適のテーマであると考ええる。
 - ◇ また、トランスサイエンス問題を単にアルゴリズムによる意思決定手法で解決しようとする、この問題領域特有の複雑性、不確定性、価値観依存性などに起因して、妥当性の低い初期条件とパラメータ設定に基づくシミュレーションやモデリングを行わざるをえず、結果の妥当性が保証されない。また、このようなアルゴリズム自体が、意思決定への関与者にとって信頼に値しないものとなる危険性が高い。もともと「科学技術への信頼の危機」が主要因の一つとなっているトランスサイエンス問題に、更なる「信頼の危機」を持ち込むことは賢明ではない。
 - ◇ 本研究の提案する手法においては、意思決定への関与者の意思決定能力と合意形成能力をエンパワーし、関与者集団に新たな洞察を与えると同時に、関与者集団の意思決定プロセスや決定結果、さらには当該意思決定支援手法に対する関与者集団の評価を関与者集団にフィードバックして共有することにより、当該意思決定支援ツールを関与者集団の意向を取り入れながら循環的に改良していくことが可能となる（＝市民参加型科学技術研究開発）。
- その研究が実現したときの社会的インパクト：
 - ◇ 本研究の提案する手法が開発され、普及することにより、単なる狭義の「国民の科学リテラシーの向上」を超えて、科学技術コミュニケーションの目的である「科学技術に関する社会全体の集合的意思決定機能の向上」が期待される。
 - ◇ そのことが、我々の社会の、科学技術が社会との接点で生み出す様々なリスクに対するレジリエンスを高める上で大きなインパクトをもたらす。
- 分類：⑤集団に学ぶ

「知のコンピューティング」ポジションペーパー

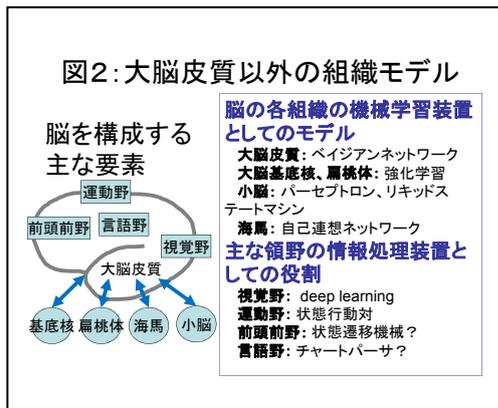
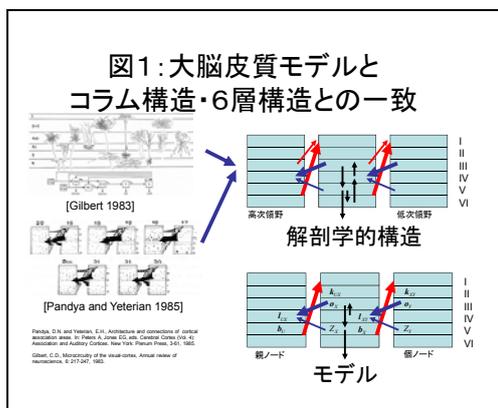
2013-07

独立行政法人 産業技術総合研究所 ヒューマンライフテクノロジー研究部門
脳機能計測研究グループ 主任研究員 一杉裕志

◆知のコンピューティングとの関係： (6)「人間・生物に学ぶ」

◆現在の私の研究テーマのタイトル：

「大脳皮質の計算論的モデルを手がかりとしたヒト知能アーキテクチャの解明」



◆研究内容：

大脳皮質は脳の中で知能をつかさどるもっとも重要な部分である。最近、複数の計算論的神経科学者が、大脳皮質の情報処理機構を**ベイジアンネット**によって説明する有望なモデルを提案している。現在、膨大な解剖学的知見や電気生理学的知見が、ベイジアンネットを核としたモデルにより統一されつつある。脳の中で解明の遅れていた大脳皮質の動作原理が解明されることにより、遠くない将来に、人間のような知能が実現可能になると思われる。(参考：一杉裕志, 「解説：大脳皮質とベイジアンネット、」 日本ロボット学会誌 Vol.29 No.5, pp.412--415, 2011. http://staff.aist.go.jp/y-ichisugi/besom/29_412.pdf)

ベイジアンネットとは事象間の因果関係を表現する、非常に効率の良い知識表現の技術である。(人工知能分野におけるベイジアンネットの先駆的研究を行った J.Pearl は 2011年にチューリング賞を受賞している。) ベイジアンネットは、複数のあいまいな証拠をもとに合理的な推論を行うことができ、従来技術では難しかった**人間の直観に似た機能**を実現する。

筆者もベイジアンネットを用いた大脳皮質の計算論的モデルの1つとして **BESOM** モデルを提案している。このモデルは大脳皮質の定性的機能(学習、抽象化、認識、予測等)を再現する。また、その認識アルゴリズムを実行する回路は大脳皮質の特徴的な解剖学的構造(6層構造およびコラム構造)とよく一致し(図1)、実際の脳が用いているアルゴリズムと近いことが示唆される。

BESOM モデルは機械学習アルゴリズムの観点からも、有望な特徴を数多く持っている。最近注目を集めている**大規模ニューラルネットの技術 deep learning** と多くの類似点を持っており、**deep learning** 同様の高い認識性能を発揮することが期待できる。また、BESOM は大規模化可能（計算量がユニット数に対し線形）であり、なおかつ従来のニューラルネットとは違い、組み合わせ最適化問題の近似解を高速に計算する能力も持っている。

今日では大脳皮質以外の脳の主要な組織も、機械学習アルゴリズムとしての理解が進んでいる。（図2、**大脳基底核は強化学習、海馬は自己連想ネットワーク、小脳は単純パーセプトロン・リキッドステートマシン**。）脳のアーキテクチャの特徴は、異なる特質を持った複数の機械学習アルゴリズムを巧妙に組み合わせているところにあると思われる。この「**ヒト知能アーキテクチャ**」を解明すれば、哺乳類のような知能、さらには人間のような知能が実現可能になるだろう。

ヒト知能アーキテクチャの解明には、人工知能、機械学習、神経科学、認知科学などの複数の領域にまたがった幅広い知識と高度なプログラミング能力が要求される。筆者は、微力ながらそのようなアプローチで研究を推進している。

◆技術的インパクト：

筆者の見積もりでは、大脳皮質の機能を実時間で再現させるために必要な計算速度は、マウスで 1TFlops、サルで 100TFlops、ヒトで 1PFlops 程度である。安価な GPGPU を用いれば、現時点でさえサル程度の知能が**実用化可能なコスト**で実現できることになる。

◆「ヒト知能アーキテクチャの解明」が実現した時の社会的インパクト：

脳の巧妙な知能アーキテクチャをロボットの頭脳に応用すれば、従来のように動作を手作業でプログラミングする場合と比較して、**飛躍的に少ない開発コストではるかに汎用的に応用可能**になるだろう。具体的には、家庭、オフィス、工事現場、工場などの様々な実環境で人間の作業を手伝うことになるだろう。

また、高性能な抽象化能力・認識能力・推論能力と、疲労することなく長時間動作可能という特徴から、プライバシー侵害の心配のない無人監視カメラの実現や、ネット上の膨大なデータの自動処理等にも有効であろう。

長期的には、社会の生産性を飛躍的に向上させ、少子高齢化による労働力不足を補い財政問題を解決するための革新的技術になると筆者は考えている。

◆最後に：

ヒト知能アーキテクチャの解明には、神経科学と計算機科学の両方の幅広く深い理解が必要だが、現状ではそれが可能な人材は世界的に見ても極めて少ない。**社会が戦略的に、神経科学と計算機科学の融合を推し進めるべきである。**

科学技術未来戦略ワークショップ「知のコンピューティング」ポジションペーパー

所属：国立情報学研究所 情報学プリンシプル研究系

役職：准教授

氏名：稲邑 哲也（いなむら てつなり）

分類 ④インフラ

研究テーマタイトル：

身体感覚運動を伴う大人数参加型対話シミュレーションシステムに基づく

社会的行動知能の蓄積と創成

【研究内容】

ヒトに近い知覚・運動・コミュニケーション能力を持ち、社会的な場面で適切なサービスを行う人間型ロボット等の知能を実現するには、大規模で長時間にわたるユーザとの社会的相互作用・環境との物理的相互作用の評価実験を通じてその有効性が評価され、かつユーザに適応して発達して行く必要がある。しかし、実際のロボットでは、実験遂行に高いコストがかかり、実システムを用いた評価や学習効率には限界がある。そこで本研究では仮想空間において身体感覚運動情報とコミュニケーション機能を同時に考慮できるシミュレーションシステムを開発し、インターネットを介した大規模な社会実験を実施することで、数多くのデータをあつめ、ユーザの状況判断のモデル化や対話に基づく学習を迅速かつ高精度に行い、実世界で自然な対話を行いながら人間と協調してタスクを遂行するロボットや知的システムのサービス知能の実現を目指す。

具体的な実験システムとし、ユーザはヘッドマウントディスプレイを装着し、仮想世界のアバターの視点から得られる画像を見る。また、ユーザの動きは Kinect 等の運動計測装置を用いて計測され、人間はあたかもアバターになった感覚で仮想世界の中で行動することが可能なシステムを構築する。このようなインタフェースをインターネット上に設置し、不特定多数のユーザが仮想空間のロボットと対話をすることで、膨大な量の身体的・社会的経験をロボットが得られるようにする。従来までにこのシステムを用いて、不特定多数のユーザとの対話経験を用いて、ロボットが未知の道具を使うスキルを学習する例や、ロボットと人間が協調して料理を行う事例に応用を行った。

【技術的インパクト】

従来までのロボットシミュレータと異なり、このシミュレータが持つ特徴点は、知能ロボットの行動をシミュレーションするだけでなく、そのシミュレーションの場にも実際の間人が参加することができる点である。また単に一人の間人が参加するだけでなく、不特定多数のユーザがインターネットを介して事実上無制限に参加することが可能な点である。この構成により、従来では実現が困難であった、人工エージェントと実際の間人が混在したような仮

想社会の中でエージェントがどのように行動するかという混合型のシミュレーションが可能となった。

この特徴を応用した試みが、RoboCup@Home と呼ばれる競技大会のシミュレーションリーグの創立である。RoboCup@Home は、サッカーをプレイするロボットの人工知能の質を競い合う事で有名な RoboCup における競技（リーグ）の一つで、リビングやキッチンなどの日常生活空間で行動する知能ロボットの性能を評価する競技である。しかしこのようなロボットを実際に設計・開発し、競技に参加するには膨大な物理的コストがかかるため、人工知能の研究として良い対象でありながら、参加人口は少なかった。そこで RoboCup 実行委員会と共同研究を行い、2013 年の日本大会から正式な競技種目として、RoboCup@Home Simulation を実施した。これにより、ロボットを開発する資金やチームがなくても、人間とどのように対話して振る舞うべきかという人工知能に集中した競技が実現可能になった。2014 年には世界大会で正式種目として採用される予定である。

【知のコンピューティングとの関係】

このようなシステムを用いて、不特定多数の人間が仮想世界の中で知能ロボットに対してどのような振る舞いをするのか、というデータを蓄積することで、知能ロボットの開発者の立場では気付くことのできない人間の振る舞いのパターンの発見や、ロボットへの指示の出し方の曖昧性の解消問題に寄与することが期待される。また、逆にロボットが人間に対していわゆる「おすすめ情報」を提示し、それに対する反応を観察することで、人間の意思決定メカニズムの推定を行う際の基盤データを収集することが可能になる。特に、単に文字情報ではなく、三次元空間の中での身体的空間的情報／文脈の中で表現される曖昧性や行動の予測・提案は、従来までの研究で捉え切れていない部分であり、新しい研究の創成に発展するポテンシャルを持っていると言える。そのような観点から本研究は、カテゴリ⑤「集団に学ぶ」カテゴリの研究を支援するための④「インフラ」という位置づけであると考えている。

【成功した時の社会的インパクト】

この研究プロジェクトが成功すると二つの側面からのインパクトが期待される。一つ目は人間と対話する知能ロボット研究の加速である。従来までの対話型ロボット研究は、大規模なハードウェア・ソフトウェアを維持できる限られた研究室でのみ実施されてきたが、このシステムがあれば、気軽に誰でも研究に着手することが可能となり、研究者の裾野を広げ、研究を促進される効果が望める。中高生の学習教材の一種として提供できる可能性もあり、(特に理系の)教育カリキュラムの変革が期待できる。二つ目は人間の行動科学への寄与である。知能ロボットに常識を教えるような設定のゲームをインターネット上に構築し、エンターテインメントの一種として多くのユーザに参加してもらうような事が可能になれば、一般の人間がどのような状況でどのような振る舞いをするのか、という大規模データが収集できるため、状況判断や社会的振る舞いに関する社会心理学や認知行動学の観点からの研究を促進させる可能性が広がる。またそのような研究の応用例として、例えば緊急事態の際の避難訓練や救急看護訓練システムなどへの応用が考えられ、よりリアルな映像や動きなどを交えたユーザ参加型の訓練・教育システムの展開が期待される。

高度言語意味解析による知の編集

乾 健太郎

東北大学大学院情報科学研究科 教授

知のコンピューティングとの関係：②予測、発見の促進

玉石混淆の情報が散在するネットにおいて質の高い有用な情報を選択的に利活用するためには、ばらばらな情報を組織化し、相互の関係性の俯瞰を可能にする高度な情報編集技術が必要である。我々の研究チームでは、ネット情報の利活用に関わる具体的な課題の一つとして情報の信憑性の問題を取り上げ、ネット情報の信憑性を担保する仕組みを設計・構築する研究に言語情報編集技術の立場から取り組んでいる。

情報信憑性判断の支援

我々はこれまで、ユーザの情報信憑性判断を支援することを目的として、ユーザが裏付け情報を容易に収集できる新しい情報環境の研究開発に取り組んできた。我々が「言論マップ生成」と呼ぶこの技術は、たとえばユーザが「コラーゲンは肌に良いか？」のような質問文を入力すると、それを肯定する文やその根拠、あるいは否定する文を Web 上の様々な情報源から探し出し、その一覧をユーザに提示する (図1)。この技術は、「コラーゲンは肌に良い」と「コラーゲンを飲んでも、肌をきれいにする効果は期待できない」のような文の対に対し、「肌に良い」と「肌をきれいにする」の意味的な関係や「効果は期待できない」の否定的意味を推論することによって、この2文が対立 (矛盾) 関係にあることを認識する。これは、現在の検索エンジンでは不可能な「裏づけ情報」の自動探索を実現しようとするもので、世界的にもほとんど例のない先進的な試みであり、国際会議での発表が AFP など複数の国際メディアで報道され、国内でも言語処理学会年次大会最優秀発表賞 (2011)、日本経済新聞社技術トレンド調査総合3位 (2011年度第1回) を受賞するなど、一定の評価を得てきた。

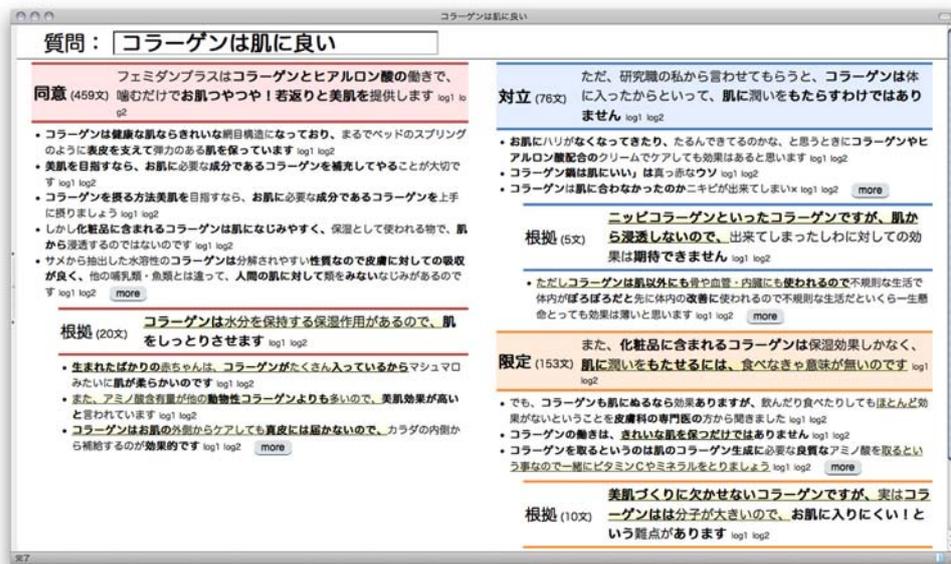


図1 言論マップ生成システムの出力例

相対言論空間の解析と可視化

現在われわれは、上述の研究を発展させ、Web上の広範な情報を図2のように隠れた論理的関係と発信者情報によって互に関係づける仕組みの構築に取り組んでいる。これには、まずWeb上の様々な言明の間に潜在的に存在する同意、対立、根拠等の隠れた論理的関係を同定する言明間関係認識技術を研究開発する必要がある。また、Web上の個々の情報についてその発信者を自動解析する情報発信者解析技術も必要である。こうして得られる組織化された情報の集合体を「相対言論空間」と呼ぶ。相対言論空間では、図2のページ①とページ③の間の対立関係のように、HTMLのレイヤではたどれないページにも論理的関係のリンクが仮想的に張られ、裏付け情報の探索が可能になる。例えば、図3のように、閲覧中のページ(左側のウィンドウ)の個々の情報に対し、別のページから得られた裏付け情報を右のウィンドウのように提示するインターフェースを用意すれば、誰でも負担なく情報の裏付けを確認することができるようになる。また、発信者情報を利用すれば、官・学・専門家の発信する情報を優先的に表示するようなことも可能になるだろう。重要な点はユーザーに裏付け情報をプッシュ型で提示する点で、ユーザーに対して誤情報のリスクへの気づきを与えることができるようになる。

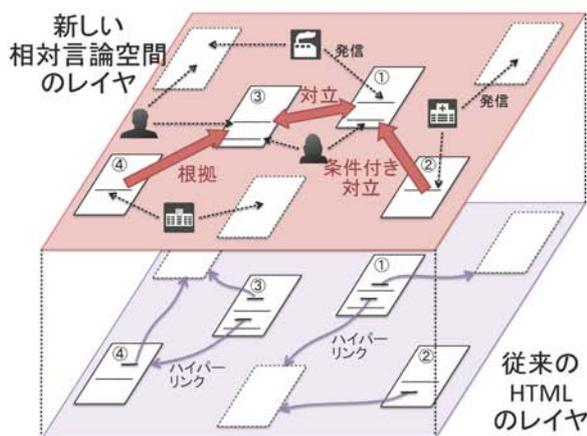


図2 言明間の論理的関係と発信者情報から構成される相対言論空間

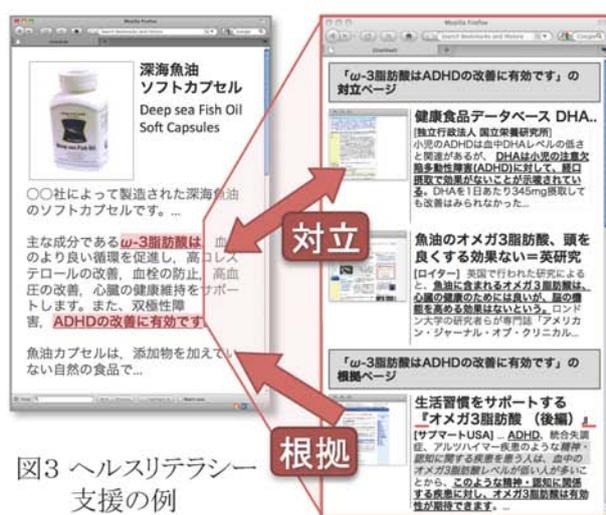


図3 ヘルスリテラシー支援の例

社会へのインパクト

本研究の構想は、言語情報処理によってWeb上の多様な情報を論理的関係および発信者情報によって組織化し、個々の情報が相互の関係性の中で裏付けられる新しい言論空間を構成しようとするもので、世界的にも類例を見ないまったく新しい試みである。本研究ではさらに、裏付け・対立情報の提示を自動化することによってユーザーに信憑性判断の必要性を自覚させ、質の低い情報が誤った判断をまねくりスクの回避をねらう。構築する情報閲覧環境では、Webを閲覧中のユーザーが他の情報源からの裏付け・対立情報に常にさらされることになる。これによって、多角的な視点からの情報分析と信憑性判断がつねに促され、習慣化する可能性が出てくる。こうした習慣が国民全体に根付けば、メディアリテラシー、科学リテラシーを含むより高次のリテラシーが高等教育の中だけでなく、日常生活の中で生涯にわたって自然に涵養されることになる。我々の究極のねらいはそうした情報社会の創出にあり、本研究はその第一歩を踏み出すものとする。

Position Paper

①知の集積・伝播・探索

パターン・ランゲージによる創造知の集積と共有

Mining and Sharing Creative Knowledge as Pattern Languages

井庭 崇

慶應義塾大学 総合政策学部 准教授

私は、社会・生活のあらゆる分野の創造（つくること）の支援のために、創造の知を「パターン・ランゲージ」として集積し、共有するための方法とシステムの開発を提案したい。

パターン・ランゲージは、1970年代に建築家クリストファー・アレグザンダーが、住民参加型の町づくりを支援するために提唱した方法である。彼は町や建物に繰り返し現れる特徴の「パターン」を捉え、それを「ランゲージ」として記述・共有することを提案した（Alexander, 1977, 1979）。目指したのは、古き良き町や建物があったような、調和のとれた美しい「質」を備えた町や建物を生み出すための共通言語をつくり、そこに住む人たちが設計・修復のプロセスに参加できるようにすることであった。

パターン・ランゲージでは、デザインにおける経験則をパターンという小さな単位にまとめる。各パターンには、デザインにおける「状況」（Context）と「問題」（Problem）、そしてその「解決」（Solution）がセットになって記述され、それに「名前」がつけられている。このように建築家のデザインの視点・発想を共有することで、建築家ではない人々が、それを踏まえた思考を行うことを支援する。また、パターン・ランゲージは、コミュニケーションの語彙として用いることもできることから「ランゲージ」と呼ばれ、町づくりのコラボレーションを支援するコミュニケーション・メディアであるとされた。

建築分野で生まれたパターン・ランゲージの方法は、それから10年ほど後にコンピュータ・ソフトウェアの分野に応用されて、独自の展開を見せた（Gamma, et.al. 1999）。また、インタラクティブ・デザインや組織デザイン（Coplien & Harrison, 2004）、教育デザイン（Pedagogical Patterns Editorial Board, 2012）などに応用され、筆者也学びやプレゼンテーション（井庭 2013）、コラボレーションなどの人間行為のデザインに応用してきた。

さらに、現在、これらのパターン・ランゲージの集積や共有、使用のための方法とシステムを開発している。本発表では、創造の知を「パターン・ランゲージ」として集積し、共有するための方法とシステムの開発を提案する。このような方法とシステムの開発によって、社会にもたらすインパクトは、創造の遍在化である。それにより、人々が自分たちで自分たちのモノ、認識、仕組みなどをつくる創造的な社会を生むだろう。これは、「消費社会」（Consumptive Society）から現在の「コミュニケーション社会」（Communication Society）への移行のよう

に、大きなインパクトをもつと考えられる。そのような創造的な社会を「創造社会」(Creative Society) と呼ぶことにしたい。

創造社会では、これまで企業・組織で行われてきたような創造行為が、広く一般に解放される。そのため、つくりたいと思った人が、実際につくることができるようになることが重要であり、その支援が求められる。パターン・ランゲージとその方法・システムは、人々の創造性を刺激・誘発し、個人・組織・社会をエンパワーするクリエイティブ・メディアとなる。

パターン・ランゲージというクリエイティブ・メディアが整備されていくことで、様々な分野での創造が支援され、創造社会が実現し、加速すると考えられる。以上の理由で、私は自らが新しい領域のパターン・ランゲージを「つくる」とともに、その「つくり方をつくる」こと、およびパターン・ランゲージを「つくる人をつくる」ことにも取り組んでいきたい。

References

- ・井庭研究室 学習パターン プロジェクト (2009) 『Learning Patterns : 創造的な学びのパターン・ランゲージ』, SFC Open Research Forum 2009 (ORF2009).
- ・井庭 崇 (2009)「自生的秩序の形成のための《メディア》デザイン——パターン・ランゲージは何をどのように支援するのか?」, 10+1 web site, 2009年9月号, <http://10plus1.jp/monthly/2009/09/post-2.php>.
- ・井庭 崇 (2011)「パターンランゲージ 3.0:新しい対象×新しい使い方×新しい作り方」, 情報処理, Vol.52, No.9, 情報処理学会, pp.1151-1156.
- ・井庭 崇 (編著), 宮台 真司, 熊坂 賢次, 公文 俊平 (2011) 『[リアリティ・プラス] 社会システム理論: 不透明な社会を捉える知の技法』, 慶應義塾大学出版会.
- ・井庭 崇 (編著), 中埜 博, 江渡 浩一郎, 中西康人, 竹中 平蔵, 羽生田 栄一 (2013) 『[リアリティ・プラス] パターン・ランゲージ』, 慶應義塾大学出版会. (2013年7月出版予定)
- ・井庭 崇 および 井庭研究室 (2013)『プレゼンテーション・パターン: 創造を誘発する表現のヒント』, 慶應義塾大学出版会.
- ・井庭 崇 および 古川園 智樹 (2013)「創造社会を支えるメディアとしてのパターン・ランゲージ」, 情報管理, Vol.55, No.12, pp.865-873
- ・江渡 浩一郎 (2009) 『パターン、Wiki、XP: 時を超えた創造の原則』, 技術評論社.
- ・Alexander, C., Ishikawa, S., and Silverstein, M. (1977) A Pattern Language: Towns, Buildings, Construction, Oxford University Press. (邦訳『パタン・ランゲージ: 環境設計の手引』, 鹿島出版会, 1984)
- ・Alexander, C. (1979) The Timeless Way of Building, Oxford University Press. (邦訳『時を超えた建設の道』, 鹿島出版会, 1993)
- ・Gamma, E., Helm, R., Johnson, R., and Vlissides, J. (1999) Design Patterns: Elements of Reusable Object-Oriented Software, Addison-Wesley.
- ・Coplien, J.O., and Harrison, N.B. (2004) Organizational Patterns of Agile Software Development, Prentice Hall.
- ・PedagogicalPatternsEditorialBoard(2012)Pedagogical Patterns: Advice For Educators, Createspace



知のコンピューティング ポジションペーパー

独立行政法人 産業技術総合研究所 知能システム研究部門 社会知能研究グループ 主任研究員 江渡 浩一郎

現在の研究テーマ：Web 上の創作活動を促すプラットフォームの研究

研究内容：

Web 上の創作活動を促すプラットフォームの研究を続けている。主に下記の 3 つの方針を元に研究を進めている。

- (1) 「参加促進」：表現行為を行いたいと考えた利用者が、実際に表現行為を行うまでのハードルをできるだけ下げることによって、動機付けから実際の表現行為までを短くする。
- (2) 「コミュニケーション促進」：そのようにして制作された創作物が、適切な方法で他者の目に触れるようにし、お互いが創作物を媒介としたコミュニケーションを行えるようにする。
- (3) 「継承と再利用」：創作物の継承と再利用を容易にすることによって、創作物を媒介とした共同体を産み出しやすくする。

このような 3 つの方針に基づき、メーリングリストと Wiki を統合したコラボレーション・システム「qwikWeb」や、動く 3D モデルの創作と共有を可能とするプラットフォーム「Modulobe」、ブラウザ拡張から容易に扱えるデータリポジトリ「Wedata」などを構築・運用してきた。現在はそこから発展し、インターネット上のユーザーが自分自身が考える研究を発表できる場として、「ニコニコ学会β」を立ち上げ、運営を続けている。

技術的インパクト：

インターネット上の多数のユーザーの協力によって創造的行為が行われ、それによっていままでになかったような創作物が生まれる。そのような環境構築を目指している。

知のコンピューティングとの関係

これまで創造性を支援する環境構築の研究を続けてきた。インターネット上の CGM では、ユーザーの投稿が起点となる。ニコニコ動画はユーザーが動画を投稿したくなるような工夫が随所に施されている。そのようなアーキテクチャー上の工夫が私の研究対象である。

CGM の世界で起きている創作活動の爆発的な発展を目にしていると、これは科学の分野にもその影響が及ぶのではないかと考えるようになった。研究の歴史を紐解けば、アカデミズムを経ずに科学者になった事例が多数ある。たとえば『ロウソクの科学』で有名なファラデーは、印刷所の息子として科学に興味を持ち、後に歴史に名を残す科学者となった。また日本では粘菌学者の南方熊楠が知られている。しかし、近年はそのような事例をあまり耳にしない。それは、このような飛び抜けた才能を受け入れる側の体制という問題も大きいのではないかと考えている。

ダイヤモンドサイド・イノベーションという言葉がある。ある製品を開発者側が想定していなかったような使い方を勝手にユーザーが行うことがあり、それを逆に発想の種として製品を開発するという手法である。研究の世界にも、そのような流れがあってもいいのではないだろうか。ユーザーが研究成果を元に思ってもいなかったような新しい製品開発や研究につなげ、そこでブレイクスルーが生まれる。その発想は、ある種の禁じ手、プロフェッショナルな研究者なら最初から除外するような手法を用いていたりする。そういった幅広い手法を使った研究や、それによって実現する研究の世界があるはずだと思う。つまり、今の研究の世界には「野生の力」が足りないように思う。

そのような着想から、私は新しい種類の学会「ニコニコ学会 β」を発案し、発起人として立ち上げ、運営を続けている。これまで4回の大規模なシンポジウムを開催し、全てをオンラインで生中継し、それぞれ10万人規模の視聴者を集めている。私たちは研究を自主的に行なうユーザーを「野生の研究者」と呼んでいるが、そのような野生の研究者とプロの研究者が互いに切磋琢磨できる場を目指して取り組んでいる。

その研究が実現したときの社会的インパクト

私がニコニコ学会 β で目標としているのは、科学者と一般の人との間の科学に対する意識のズレをできるだけ小さくすることである。野生の科学者が多数誕生し、これまでに考えられなかったような数多くの人が研究発表を行なうような世の中になることによって、人々の科学に対する意識がきっと変わるはずだ。そのような状況を発生させることで、科学を人々の間に根付かせ、科学全体の発展へとつなげたいと考えている。

「知のコンピューティング」レジュメ

東京大学大学院工学系研究科・教授・大澤幸生

現在の研究テーマ：データジャケットを用いた知識イノベーション市場 (Innovators Marketplace on Data Jackets)

研究内容：多様なデータ間の関係を可視化し、データとデータ、データとマイニングツール、ツールとツールなどの選択的な組み合わせによる利用シナリオの提案と、そのシナリオの利用者による評価を行うような仕組みの構築。まずデータの内容を端的に表すメタデータ（データ概要、変数、変数値の詳細度、マイニングによって得られるであろう効果）を記載した「データジャケット (DJ)」をデータ提供者が市場に公開する。そして、様々なデータの DJ 間の関係性を可視化したマップを参照しつつ利用者とコミュニケーションを行い、複数のデータを組み合わせることでマイニングした結果得られると期待される知識の概型（期待知識という）について利用価値の評価を受ける。この評価を介して各データの内容の価値を評価することにより、データを利用者に提供する条件（提供する相手や利用方法、料金を含む）等まで策定する環境”Innovators Marketplace on Data Jackets (IMDJ)”の社会実験を経て実現を狙う。

例えば下図のように、ビール業者は年中にわたってビールを売るため、気象条件と消費者の嗜好の関係について「深く」知っておきたいので、これを要求として市場 (IMDJ) で宣言する。この要求を満たす知識は、ビール業者にとって価値の高い知識として評価されることになる。この市場には、気象データのデータジャケット (図中のDJ(A)) や、スーパーマーケット等のPOSデータの (DJ(B)) が (データの中身は非公開かも知れないが) 公開されている。DJ(A)には気象状態や時刻、DJ(B)にはビールや関連消費財の売上と時刻が変数としてそれぞれ元のデータに含まれているという説明が記されている。そこでDJ(A)とDJ(B)を隣接して可視化しておけば、これらの情報を人が組み合わせ、両データを組み合わせればビール業者の要求に答える高い価値のある知識を得ると期待に至る。

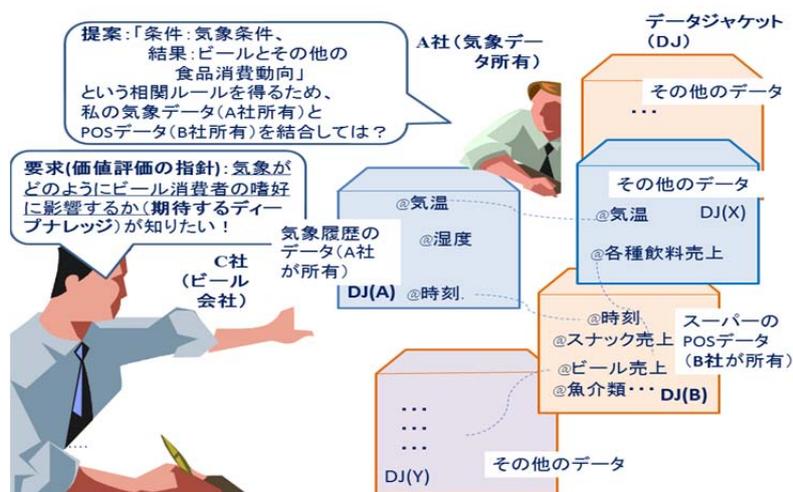


図 データジャケットを用いたデータ市場 (Innovators Marketplace on Data Jackets: IMDJ) : データジャケット (DJ : 公開情報とし、@で始まるのは公開可能な範囲の各変数) の記載情報を元に、市場参加者の要求に合う、即ち価値の高い知識が得られると期待できるデータの組み合わせが提案される。この期待知識への評価が、組み合わせられる元の各データ (非公開を積極的に歓迎する) に割り振られ、データの利用者・提供者が相互に選択し合う意思決定に反映される。

「知のコンピューティング」レジュメ

このようにしてDJを介して事前評価されたディープナレッジの価値は、組み合わせて用いられる各データに対して、利用者（ビール業者）とデータ所有者（A社とB社）の交渉を経て割り振られ、該当するデータのビール業者にとっての価値が決定される。その結果、提供者はデータの価値を高く評価してくれる利用者にデータを提供し、利用者は評価の高いデータを組み合わせてデータマイニングを適用し、ディープナレッジ発見に達する。あるいは、データマイニングの適用は専門的分析者が請負い、利用者は得られたパターンの説明を受けてディープナレッジを導くこともできる。

この例の場合、データ市場における各データの価値は、①データを組み合わせてマイニングを経た結果からどのような知識がもたらされるかという期待と、②その知識に対する要求の強さの双方から決定づけられ、①は市場におけるデータ提供者あるいは多様なデータの概要を知った利用者から、②は利用者から示されるため、双方がコミュニケーションを行う市場というモデルを導入するのである。さらに、単独の利用者ではなく様々な利用者からの要求に対してデータの新しい価値を掘り起こし、結果としてデータの有効利用に至らしめることができる。適切に価値を評価する利用者の登場により、非公開とされてきたデータが適切に提供される可能性も生まれる。

さらに、データの価値を効率的に評価するため、異なるデータのDJ間の情報から互の関連性を可視化したマップを市場で共有することによって、「利用者からの要求に答えるためにはどのデータを結合し、さらにどのデータマイニングツールを結合すべきか」「どのデータの組み合わせからどのような知識が期待できるか」について、データ提供者と利用者の双方が検討可能となる。図の例では、二つのデータのDJであるDJ(A)とDJ(B)が、時間という変数で紐付けされていることからマップ上で隣接して表示され、気象データとPOSデータの結合可能性を利用者であるビール業者が気づくきっかけを与える。

技術的インパクト 本研究ではIMDJのシステム全体の設計のほか、期待知識を評価・批判・改訂する会話の論理モデルとそれに基づく分析、会話環境としての市場のモデル化と設計、そこから創造的に価値を生み出す認知モデル、データジャケットの記述様式と記述内容をマイニングしIMDJの構造を可視化する計算技術、およびデータの価値が情報への需要の揺れとともに変遷する現象を説明する計算モデルなど、研究すべき技術的ポイントは広い。※「技術的インパクト」という語の意味が分からなかったため、この記載に留めました。

知のコンピューティングとの関係：IMDJは、<http://www.jst.go.jp/osirase/20130617crds.html>の俯瞰図全体を裏側でささえる社会システムの構想である。

研究が実現したときの社会的インパクト

ビジネスを興したい人、科学研究者にとって、利用したいデータが公開されていないことは多い。にも関わらず、データを持つ者にとってはそのデータのビジネス価値を十分な根拠もなく期待するために容易に提供しないし、プライバシーへの配慮によって有用なデータの提供を躊躇する傾向はむしろ年々強まっている。しかし、データの提供者と利用者の個別の接触によってデータ提供が可能となる可能性は十分に残っている。その為に、データの価値や、その価値評価の元となる利用シナリオについて十分に話し合える環境を整備するのがIMDJの役割である。実際、容易にデータ提供するのが難しいとされた原子力技術者も、データジャケットならば抵抗なく提出することが実験的に確かめられている。

関連分野： 以下が全て該当。

- ①知の集積・伝播・探索／②予測、発見の促進／③知のアクチュエーション／
- ④インフラ／⑤集団に学ぶ／⑧ポリシー／⑨その他：社会システム設計

所属：株式会社 Preferred Infrastructure

役職：取締役副社長

氏名：岡野原 大輔

研究テーマ：ビッグデータ分析技術の実用化

ビッグデータは、大規模、多種多様、高頻度という特徴を有するが、これらの特徴を踏まえた分析手法の開発および、その実用化・ビジネス化に力を入れている。

こうした研究活動の具体的な例としては Jubatus が挙げられる。Jubatus は NTT SIC と Preferred Infrastructure が 2011 年より共同研究開発を行い、OSS[1]として公開している分散処理フレームワークである。Jubatus では(1)スケールアウトによる分散並列処理 (2) ストリーム、オンラインのリアルタイム処理 (3) 様々な機械学習のサポートを同時に実現すると共に、テキスト・画像・行動履歴など多様なデータへの対応がされている。

この実現にあたって、新しい機械学習手法の研究開発とともに、データではなくモデルを共有させる、ノード間の緩やかな状態の共有といった新しい概念を積極的に取り入れた。こうした技術の結果、これまでのシステムでは不可能であったリアルタイム処理を実現しながら、高スケーラビリティ、高スループットを同時に実現している。

この実現の肝は異なる技術分野の融合である。Jubatus 開発にあたっては、機械学習、分散並列処理、自然言語処理、画像処理といった異なる専門知識をもった研究者のみならず、プログラミングスキルが高いエンジニアが商用レベルのソフトウェア開発を行なっている。これにより、Jubatus は研究成果としてとどまることなく様々なシステムに実際に利用されている。例えば NTT データと共同で事業を行なっている Twitter の全量解析サービスや、弊社がライセンス販売を行なっている SFBD といったソフトウェアで利用している。

また、現在のビッグデータ環境に対応する技術の研究開発だけでなく、今後 5~10 年後に想定される環境下での研究開発も行い、特に Edge-Heavy Data 時代に備えた技術開発を推進している [2]。

例えば、安価なネットワークカメラにより記録された大量の映像データが記録される時代においては、データのビットあたりの価値は低くなり、データ全てをネットワークを介してクラウド（データセンタ）に集めるのがコスト的に割りに合わない時代となってくる。こうした環境下においては、センサに近いエッジ側でデータ処理を行い、中央には分析・要約したデータのみがやりとりされ、この考えに沿ったコンピュータアーキテクチャの研

究開発を進めている。

元々、データ圧縮に興味があり研究をしていたが、その後、統計的自然言語処理、機械学習、アルゴリズム、データ構造、機械学習、数値最適化といった分野の研究開発も行っており、これらの成果は論文、本、OSSとして公開されている。

もっと新しい研究分野では、国内外の研究機関と共同でバイオの研究も進めておりゲノムデータを元にした GWAS(Genome Wide Association Study)も行っている他、トンネル電流を用いたゲノムシーケンサの実現を目指した事業[4]も行っている。

[1] <http://jubat.us/en/>

[2] <http://www.gictf.jp/doc/20120709GICTF.pdf>

[3] <https://sites.google.com/site/daisukeokanohara/>

[4] <http://www.quantumbiosystems.com/>

知のコンピューティングとの関係

①知の集積・伝播・探索、②予測、発見の促進、③知のアクチュエーション、④インフラについて興味がある。現在中心として研究を行なっている機械学習は①や②と関係がある他、それらで得た知識を世の中に適用とする場面は Edge-Heavy Data などの中心に議論している。またこれらの技術を実現するために④とも関係がある。

研究実現時の社会的インパクト

Jubatus は既に国内外の研究者に利用されている他、商用ソフトウェア・サービスなどで利用されており、広告分析などでは数千万単位のユーザーの分析に利用されている。

また Edge-Heavy Data に向けたシステムは、社会インフラ（交通管制、ヘルスケア、セキュリティ）に利用され、自動車、製造業などで利用される。

ヒューマンコンピューテーションにおける統計的品質保証

- 人間と計算機の融合による信頼性の高い知の創造を目指して -

小山 聡

北海道大学大学院情報科学研究科複合情報学専攻准教授

1. 現在の自身の研究テーマ

研究内容：インターネット上で不特定多数の作業者に仕事を依頼できるクラウドソーシングは、自然言語処理や画像認識などの様々な分野で、人間にとっては比較的容易であるが、現在の計算機にとってはまだ困難な情報処理タスクに対して、広く用いられるようになってきている。クラウドソーシングなどを用いて、人間と計算機それぞれの得意な分野の情報処理能力を組み合わせ、不得意な部分を補い合うことで、トータルとして効率的・効果的なコンピューティング機構を実現するヒューマンコンピューテーションと呼ばれる新たなコンピューティングパラダイム[1]が着目されているが、我々はその中で特に、ヒューマンコンピューテーションにおける統計的品質保証の研究に取り組んでいる。

ヒューマンコンピューテーションにおいては、人間をコンピューティング機構の構成要素として陽に含むため、人間の情報処理の信頼性が最終的な出力結果の品質に大きな影響を与える。たとえば、クラウドソーシングにおいては、能力ややる気の異なる不特定多数の作業者に仕事を依頼するため、作業結果の品質が十分でない場合がある。そこで、複数の作業者に同じ作業を依頼し、冗長性を高めることで統計的に品質を保証することなどが行われる。

冗長化した結果から最終的な結果を求める際に、一般には全ての作業者の結果を平等に扱って多数決を採用することが行われる。しかし、一般に作業者によって能力が異なるため、結果が正解である確率も異なる。そこで、作業者の能力（正しい答えを与える確率）を推定し、最終的な正解の判定に反映させる方法が、統計学や機械学習の分野で研究されてきた。

一方、最近の我々の研究においては、作業者に回答だけでなく、回答を正しいと思う自信を確率（確信度）の形で入力させることを試みた。一般に、確信度が高い回答は正解である可能性が高く、確信度が低い回答は誤っている可能性が高いと考えられ、確信度を考慮することで、最終的な正解判定の精度が改善されることが期待できる。ただし、確信度判断の正確さも人によって異なり、確信度が実際の正解率より大きな「自信過剰」な作業者や、逆に確信度が正解率より小さな「自信過小」な作業者が存在するため、確信度をそのまま信用することは危険である。そこで、作業者の確信度判断の正確さを推定し、その推定結果を用いて最終的な正解判定を行う方式を開発した[1]。これにより、従来の作業者の回答のみから正解を推定した場合に比べて、正解の判定精度が向上することが確認された。

技術的インパクト：従来の計算機システムにおいては、その構成要素であるハードウェアやソフトウェアのエラー率や処理速度などの品質を厳密に規定することで、全体としてのシステムの品質が保証される。ヒューマンコンピューテーションにおいても同様に、その構成要素である人間の情報処理能力の評価をいかに行うかが、全体的なコンピューティング機構の品質保証を行う際の鍵となる。計算機による情

報処理に比べると人間による情報処理は、個人の能力の違いやその時のコンディションによるばらつきが大きいいため、精度の高い推定には人間の性質を反映したより高度な統計モデルが必要となる。

一方、人間には計算機にはない優れた能力も備わっている。その一つは、**自分の情報処理プロセスを自己モニタリングし改善していく能力**である。たとえば、先に述べた確信度判断は**メタ認知**（自分自身の思考や認知に関する思考）の一種とされ、認知心理学や教育心理学の分野で古くから研究されてきた。メタ認知である確信度判断はまさに計算機ではなく人間にしかできない作業であり、確信度を利用した品質保証はヒューマンコンピューテーションの路線を一步進めたものと考えられる。心理学においては、メタ認知能力を向上させることで、タスクの処理能力が向上することが知られている。作業結果や確信度判断の正確さを推定しフィードバックするなど、**人間の情報処理能力の改善を計算機でサポート**することで、ヒューマンコンピューテーションの品質の向上に寄与できると考えている。

2. 知のコンピューティングとの関係

ヒューマンコンピューテーションにおける品質保証は、知のコンピューティングの様々な要素に深い関係を持つ。特に「**②予測、発見の促進**」において、「**集合知やオープンデータで予測と発見を加速する**」際に問題となるのが、**予測や発見された知の信頼性**である。様々な経験や背景を持つ人々による予測や知の信頼性を評価し、それらを活用するためには、我々が研究してきたような品質保証の枠組みが不可欠となる。また、ヒューマンコンピューテーションが人間を構成要素として陽に含むため、作業の正確さや確信度判断の正確さのような、人間の認知的な性質をよく理解してシステムを構築することが必要であり、「**⑥人間・生物に学ぶ**」ことが必要となる。ヒューマンコンピューテーションでは、相互作用をする多数の人間が介在する。たとえば確信度判断は、集団で意思決定した場合の方が自信過剰になりやすい、といった傾向が知られている。その場合、個人ではなく、コミュニティなどの集団によって生成された予測や知の信頼性を考慮する必要があり、「**⑤集団に学ぶ**」ことが重要となる。

3. 研究が実現した時の社会的インパクト

ヒューマンコンピューテーションのアプローチが注目されている中で、利用に踏み切れない人や企業がある理由の一つが、結果の品質に対する不安である。品質を保証する枠組みを構築することで、人間と計算機の融合によるヒューマンコンピューテーションが様々な分野に適用できるようになれば、新たな社会サービスの開発や質の向上に寄与できると考えている。

また、我々の考える枠組みでは、人間に一方的に能力を提供してもらっただけでなく、ヒューマンコンピューテーションへの参加を通じて人間の情報処理能力を改善することで、全体としての品質を向上させることを目指している。これにより**潜在能力を持つ多くの人材の活用**が可能になり、知の発見と集積の加速ならびに富の再分配の加速にも繋がると考えている。

[1] E. Law and L. von Ahn: *Human Computation*, Morgan & Claypool Publishers, June 2011.

[2] S. Oyama, Y. Baba, Y. Sakurai, and H. Kashima: Accurate Integration of Crowdsourced Labels Using Workers' Self-reported Confidence Scores, In *Proceedings of the 23rd International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI 2013)*, August 2013, to appear.

一億総データサイエンティスト計画
～ クラウドソーシングで挑むビッグデータ解析 ～

東京大学

大学院情報理工学系研究科

数理情報学専攻 准教授

鹿島久嗣

概要

ビッグデータ解析における最大の課題は「データ解析を実施し、データを価値に結び付けることのできる人材(所謂データサイエンティスト)の不足」である。その解決には不特定多数の人間の力を動員して課題を解決するクラウドソーシングの考え方が有望であり、データ解析業務のプロセスをクラウドソーシングによって駆動するための基盤情報技術の開発が喫緊の研究課題である。

1. 背景

1.1. ビッグデータ解析のボトルネック：人材不足

近年、機械学習をはじめとするデータ解析技術は様々な分野における差別化のカギとして認識されつつある。しかしながらデータ解析研究においてしばしば中心的に捉えられるこれらの自動解析技術はデータ解析のプロセス全体からみるとごく一部にすぎない。データの収集や洗浄・結果の解釈などを含むデータ解析プロセスの多くの部分がデータを解析する人間に依存する極めて属人的で労働集約的なものであり、急速に高まるデータ解析需要に反して、データ解析において主導的な役割を果たすいわゆる「データサイエンティスト」の不足が各所で指摘されている。

1.2. クラウドソーシングの台頭

米国政府が2012年に打ち出した「ビッグデータ研究開発イニシアティブ」の中で、注力すべき情報技術分野として「機械学習」「クラウドコンピューティング」とともに挙げている技術が、インターネットを介して不特定多数の人に仕事や作業を依頼する「クラウドソーシング」である。2005年に登場した米Amazon社の提供するクラウドソーシング市場Mechanical Turkはクラウドソーシングの利用を広く浸透させる契機となったが、国内においても同様の商用サービスが多数登場しており、発注側にとってはオンデマンドで労働力を調達する手段として、働き手にとっては場所や時間にとらわれない新しい働き方として注目されている。クラウドソーシングの対象範囲は、マイクロタスク（特別なスキルを要しない比較的単純な労働）から、より高度で専門的な業務を行うものへと拡大しつつあり、データ解析業務はその最たるものであるといえる。

計算機科学分野においてもHCI、メディア処理など様々な分野でその利用が拡大しており、従来の計算機を中心としたパラダイムに変革を起しつつある。

2. クラウドソーシングによるビッグデータ解析の実現

2.1. クラウドソーシング駆動データ解析プロセス

データ解析のプロセスには図1に挙げたように、比較的誰にでも実行可能なデータ収集や電子化のステップ、多少の専門知識やドメイン知識を要するデータクレンジングやキュレーションのステップ、そしてデータ解析手法の高い専門技能を要するモデル化・視覚化のステップへと続く。最終的に得られた結果の評価や解釈には対象ドメインの深い知識が必要であり、また、その課題立案にはビジネス的な洞察も必要となる。このようにデータ解析のプロセスの各々のステップが要する様々な種類・レベルの専門性や適性を少人数でカバーすることは極めて困難であり、クラウドソーシングによってこれらの人材をオンデマンドで調達し、並列・協調的にプロ

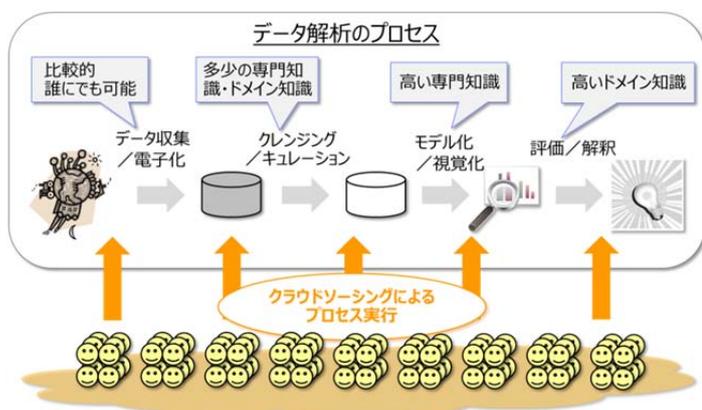


図 1: クラウドソーシング駆動データ解析プロセス

セスを実行することが、この人的資源のボトルネックの解消へ向けた極めて有望なアプローチとなる。

2.2. 技術的課題

クラウドソーシングの考え方をデータ解析のプロセス全体に渡って適用するにあたって必須となるのが、不特定多数の人間が協調的にデータを解析するための枠組みである。近年、産業界では Kaggle、国内ではインフォコム社の CrowdSolving のようなコンペティション型のデータ解析クラウドソーシングの試みがあるものの、現状では参加者が独立にデータ解析を行い結果を競う形に留まり、これではクラウドソーシングのもつ集合知的な側面が十分に発揮されているとは言い難い。一人の人間が全プロセスを担当するのはスキルや効率の面で限界があり、これを不特定多数での実行に適した粒度に分解し並列・協調的に実行する枠組みが必要となる。そこでは参加者の動機付けや報酬の分配方式等の制度設計も重要な技術的課題となる。

さらに、膨大で複雑なビッグデータを扱うためには、上記の協調的データ解析のプラットフォームが高信頼度で効率よく働くことが必須である。クラウドソーシングにおいては参加者が該当するタスクを十分に行うだけの能力や適性をもっていることは保証されず、場合によってはやる気のない、あるいは悪意のある参加者が存在する可能性もある。そのため、結果の信頼性を担保するための統計的な品質保証 [1] が重要な技術となる。

また、クラウドソーシングはある程度の人数の参加が期待できるとはいえその資源もまた無尽蔵でなく、報酬や人的資源の有効活用が必須である。自動化が可能な部分については、運用データの蓄積とともに適宜機械学習等で置き換えを図る必要があるだろう [2, 3]。

さらに、データ解析の実施においてはデータの機密性や参加者のプライバシーが大きな懸念となり、利用や参加を躊躇する要因となる。これらを守りながら分析を行うことを可能にする技術 [4] や仕組み、企業や個人がデータを供出するようなインセンティブ設計が必要となる。

2.3. 技術的インパクト

データ解析のクラウドソーシング化のもたらす重要な変化のひとつとして、データ解析業務のオープン化が挙げられる。従来、データ解析は一人ないし少数の精鋭によって局所的に行われる営みであった。しかし、クラウドソーシングの利用によってこれが広域分散並列化され、結果として様々な専門性や「データの外側」の世界を取

り込んだ、より全体最適に近い結果を効率的に得られる仕組みがもたらされると期待できる。これは丁度ソフトウェア開発におけるオープンソース化の流れになぞらえることができる。ソフトウェア同様、データ解析のオープン化はデータ解析の世界にパラダイムシフトを起こす可能性がある。

3. 知のコンピューティングとの関連

知のコンピューティングのスコープにおいて、本研究が最も関連するのは「②予測、発見の促進」である。従来は少人数精鋭型の閉じたデータ解析から、多人数参加型のクラウドソーシングへの移行は、データ解析における集合知の利用を促進し、データに基づく予測や発見を加速させる。

4. 社会的インパクト

企業はデータ解析にあたり「自社でデータサイエンティストを育成する」あるいは「外部に委託する」といった従来のオプションに加えて「クラウドソーシングを用いて必要に応じて効率的にこれを行う」という新たなオプションが選択できるようになる。これにより様々な業種におけるデータ利用への敷居が下がり、ひいては新しいサービス等の創出に結び付くことが期待される。

また、クラウドソーシングによって広く与えられる参加の機会、多くの人にデータ解析等の実地経験を積む機会を提供し、OJT 的な形でのビッグデータ利活用人材の教育や、高齢者等を含めた雇用創出といった社会貢献をもたらすことも期待できる。

補足

本研究は、小山聡氏（北海道大学）、齊藤秀氏（インフォコム株式会社）、櫻井祐子氏（九州大学）、馬場雪乃氏（東京大学）、松原繁夫氏（京都大学）、森嶋厚行氏（筑波大学）らとの共同研究である。

参考文献

- [1] Y.Baba and H.Kashima: Statistical Quality Estimation for General Crowdsourcing Tasks, *In ACM SIGKDD*, 2013.
- [2] H.Kajino, Y.Tsuboi, and H.Kashima: A Convex Formulation for Learning from Crowds, *In AAAI*, 2012.
- [3] 鹿島久嗣, 梶野洸: クラウドソーシングと機械学習, 人工知能学会誌, 27(4), 2012.
- [4] 梶野洸, 荒井ひろみ, 鹿島久嗣: クラウドソーシングにおけるワーカープライバシーを保護した品質管理, データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム(DEIM), 2013.

平成25年7月8日

「知のコンピューティング 一人と機械が共創する社会を目指して」 ポジションペーパー

- ・所属： (財)福岡県産業・科学技術振興財団 先端半導体設計センター
- ・役職： 地域連携コーディネータ
- ・氏名： 金川 誠 (Kanagawa Makoto)

・現在の自身の研究テーマ：「社会ニーズ主導による考えからヘルスケア領域における情報基盤の確立を目指す」

＜説明＞ 現在、文部科学省地域イノベーション戦略支援プログラムにて地域連携コーディネータとして地域の産学連携活動に従事している。同プログラムは、半導体を主体としたシリコンシーベルト福岡構想による知的クラスター創成事業の後継事業である。地域イノベーション戦略支援プログラムでは、半導体から更に新しいイノベーションの仕組み構築を目指し、社会ニーズ主導型開発による成長産業の発展促進を目指している。

その中で、私は、領域としてヘルスケア、技術としてICTを担当している。今、PHR (Personal Health Record)の構築に向けて、研究開発拠点作りを目指している。長年民間企業にてレセコン、電子カルテ等の開発に従事し、それらの経験がこの提案に至った経緯としてある。

・俯瞰図上の位置づけ： ⑤集団に学ぶ

＜説明＞ PHRは人間の生涯における医療・健康情報をデータベース化し、疫学や国の医療健康政策、テラーメイド医療に応用することを目的としている。一人の人間の生涯にわたる医療健康データが蓄積され、しかもそれが、全国民、何代にもわたる世代を通して集積される。その分析から得られる英知は社会、人間の生活に対して大きな価値をもつだけでなく、大量生産から個別化生産への産業形態の変化を形成する要素としての大きな可能性を持っている。

(1)現在の自身の研究テーマと知のコンピューティングとの関係

＜重点的に研究開発を推進すべき領域＞

知のコンピューティングにおいて重点的に研究開発を推進すべき領域として“ヘルスケアに係る情報の活用”を提案する。

レセプト、カルテ、処方箋に代表されるように、医療・健康に係る情報は重要な役割を担っている。それらの情報は二次利用し分析することにより、健康政策や疫学に役立つばかりでなく、テラーメイド医療や医薬品の市場検証等、生活の質向上や産業振興などに大きく貢献することが期待される。さまざまな医療・健康情報をPHRと言う仕組みで組織的に保管し、二次利用できる体制を構築することが、知のコンピューティングとして重点的に研究開発を進めるべき重要な領域と考える。

国の医療情報化戦略においても「どこでもMY病院」、「レセプト情報の活用」等、医療健康情報の活用を推進する取り組みがある。しかし、全国規模のPHR構築には発展していない。その理由は三つ考えられる(①個人情報の漏えいが懸念されること、②コスト負担者が不明確であること、③国のリーダーシップが弱いこと)。①は情報のセキュリティ技術、②は多数の業界を交えたビジネ

モデル、③は体制に係ることであり、いずれも国単位で取り組むべき、あるいは国が欠かせない要素である重要な課題である。

＜研究開発を推進するための戦略＞

PHRを構築するためには、以下のことを早急に進める必要がある。

- ①個人情報や機密が守られ、安全にPHRが機能するようなセキュリティーに係る技術開発
- ②PHRの膨大なデータから、意味ある情報を抽出するための分析技術の開発
- ③ビジネスモデルが織り込まれたPHR体制の構築

本提案に関連して特に特徴的なのは、②のデータ分析の技術開発である。まさに、“集団に学ぶ”と言うべき部分であり、医療・ヘルスケア分野、企業分野を交えた工学系の技術開発が必要なところである。単なる統計分析、データマイニングを超えて、それらの結果を知識ベースに反映させ、常時人間が分析成果を利用できる環境の構築が重要である。これが、まさに“機械との共創”に基づいた研究開発であると考えられる。

ただし、いきなりのPHR構築は、返って課題が大きすぎて進行が難しい。まず、“電子お薬手帳”から取組むべきと考える。この分野は、データがはっきりしていて扱いやすく、紙ベースで制度が普及している。また、企業の参加として製薬関連企業の参加が期待できるからである。

(2) 研究が実現したときの社会的インパクト(人々のくらしや様々な社会システムの変革)

PHRが実現した後、以下のような社会システムの変革が期待される。

①マスメディアの活用

- ・全国の医療データから疾病の地域分布や感染経路等が把握でき、早期対応が可能になる。
- ・長期間にわたる定点観測により医療政策を決定する科学的基礎データを得ることができる。
- ・さまざまな条件下での医薬品の効果等から、大量のデータに基づいた疫学が実行できる。
- ・医薬品メーカーにて、医薬品のマーケティング(生産計画策定)、効果、副作用の検証等が行える。

②個人データの活用

- ・生涯にわたる個人データの蓄積により、テーラーメイド医療、介護の個別化ができる。
- ・マーケティングにより生活スタイルをクラスタリングし、製品開発に応用することができる。
- ・あらゆる商品・サービスを個人の体格、体質、体調、生活スタイルに応じて提供することができる。

今までもPHR構築の実証実験は数々あったが殆ど医師主導による地域レベルのものであり、補助金の終了と共に回らなくなる例が多い。また、薬局レベルで顧客囲い込み目的で電子お薬手帳を展開している例もあるが、その薬局でしか使えない。PHRは、医療・健康情報と言う重要なデータを扱うため、国を交えて技術的標準化をしっかりとつ迅速に進める必要がある。また、企業を組み込んだビジネスモデル、情報のオープン化等による民間活力喚起の仕組みにより、自立的にPHRが機能する仕掛けを作る必要がある。これらの点より、「知のコンピューティングー人と機械が共創する社会を目指してー」のような枠組みで研究開発すべきテーマであると考えられる。 以上

①知の集積・伝播・探索

「Socio-Technical System の共通モデル化基盤の構築に基づく知の集積・伝播の加速」

來村徳信

大阪大学 産業科学研究所 准教授

1. 背景と目的

現代社会において人工物とそれを支える技術と社会との関係性は重要であり、特にヨーロッパでは盛んに議論されているが、日本の科学技術界ではその意識が希薄である。技術と社会の健全な発展のためにそのような関係性を考察することは「知のコンピューティング」の意義深い目標の一つであると考えられる。関係性を工学的に解明する鍵のひとつが、社会における人工物と人間の関係性を、Socio-technical system (STS) [1][2]と呼ばれるひとつのシステムとしてモデル化することで考察する方法論である。技術は人間のためにあるべきであり、技術が一人歩きすることを防止するために、STS の概念を追求することが重要である。この点から「知のコンピューティング」を加速するためには、広い意味での人工物に関わる、社会におけるさまざまな立場・観点からの知を、STS というひとつのシステムとして共通基盤の上でモデル化し、分野や価値観を乗り越えることで結びつけて集積し、価値観を尊重して他の分野への知の伝播を加速させる必要がある。本研究はそのような人間と人工物（機械）の関係性を中心とした知の集積・伝播に貢献する。

2. これまでの研究経験／技術蓄積

筆者はこれまでに、人工物の機能と人間の活動に注目し、それらを共通的に表現できる語彙と記述枠組みを「オントロジー」（概念体系）として構築し、実社会において適用してきた。技術的には、人工物の機能や不具合、また人間の活動（行為）を表現する枠組みと語彙を体系的に整備し、達成方式知識（やり方を表す知識）として集積してきた[3][4]。これらはまず、生産現場における知識共有と設計・品質問題解決において実用化され、大きな成果を上げた[5]。さらに現在、医療分野における医療・看護行為のモデル化に適用され、医療機関における知識統合や新人訓練に利用されている[6]。これらの成功のポイントは、両者に共通な機能（行為）と達成方式という概念の分離と、一般化による共通モデル基盤である。

3. 研究内容

上述の研究蓄積に基づいて、社会における人工物とそれに関わる人間や組織を、共通なモデル化基盤に基づいてひとつの Socio-Technical System としてモデル化し、それらに関する知と関係性を、観点や領域を横断して集積し、他分野への伝播を共創的に支援することで、知のコンピューティングの①「知の集積・伝播・探索」に貢献できる。

そのために解決すべき課題は、まず、社会における人工物や生体の機能、不具合、人間の活動などの知が、異なる価値観に基づくそれぞれの観点から分野固有にモデル化されていることである。さらに、それらの社会の中での互いの関係性や果たしている役割が明示的にモデル化されて

いない。モデル化の枠組みが異なり相互運用性がなく、関係性が不明なため、それぞれの知が孤立しているといえる。そのため、知を立場（役割）、観点、価値観、分野を超えて、集積・伝播させることができず、人工物と人間の関係性に関する考察のためのモデルを提供できない。

これらの課題の本研究における解決の鍵は、社会要素の STS というひとつのシステムとしてのモデル化と、2 で述べた人工物・人間のモデル化枠組みの一般性である。オントロジー工学に基づいて、社会における人工物とそれに関わる人間と組織の本質的違いと共通性を分析することで、ひとつの STS として一般化された共通モデル化基盤を実現し、その上で知をモデル化できる。また、オントロジー工学のロール概念の理論に基づいて、社会の中での役割と多様な価値観のオントロジーを構築することで、「知の観点」を体系化することができる。

4. 技術的インパクト

社会における多様な立場や分野からの知を、多様な価値観や分野固有性の壁を乗り越えて結びつけることで、共通基盤の上で集積することが実現される。例えば、分野固有な知を一般的知に昇華することで、生物から学んだ知を人工物にも適用可能な一般的知として集積できる（分野固有な知も関係づけられて集積される）。これにより、社会における人工物と人間に関する知とそれらの関係性に関する知の集積を加速することができる。さらに、価値観のオントロジーと分野固有性に関する知識を利用して、集積された知を観点、価値観、対象分野に応じて探索し、価値観を尊重しながら他の対象へ適用することを計算機が支援することで、知の伝播を加速し、また新たな知を人間とともに共創することを加速できる。

5. 社会的インパクト

社会における人工物と人間の関係性に関する知を創造・蓄積し、社会への適用を促進させることで、社会システムの構成要素のライフサイクルにおいて多様な価値観や異分野の知を反映することができる。簡単な例でいえば、人工物の設計において、供給サイドだけではなく社会における利用における価値観を反映し、また産業分野の壁を乗り越えさらに生物からも学んだ知に基づいて、グローバルな環境における、より人間中心的な人工物とその社会システムを人間が発想することを、計算機が支援し、人間と共創することができる。それをまた新たな知として蓄積することにより、知の創造と蓄積をスパイラル的に加速でき、人間と機械が価値を共創し、健全な技術と人間の関係性に基づく社会システムの実現に貢献できる。

- [1] K. B. De Greene, Sociotechnical systems: factors in analysis, design, and management, Prentice-Hall (1973).
- [2] P. Vermaas, P. Kroes, I. van de Poel, M. Franssen, W. Houkes, A Philosophy of Technology: From Technical Artefacts to Sociotechnical Systems, Synthesis Lectures on Engineers, Technology and Society, 14, Morgan & Claypool Publishers, (2011).
- [3] Y. Kitamura, R. Mizoguchi, Ontology-based systematization of functional knowledge, Journal of Engineering Design, 15(4), pp. 327-351, Taylor & Francis (2004)
- [4] Y. Kitamura, R. Mizoguchi, Characterizing functions based on phase- and evolution-oriented models, Journal of Applied Ontology, 8(2), pp. 73-94, IOS Press (2013)
- [5] Y. Kitamura, M. Kashiwase, M. Fuse, R. Mizoguchi, Deployment of an Ontological Framework of Functional Design Knowledge, Advanced Engineering Informatics, 18(2), pp. 115-127, Elsevier (2004)
- [6] S. Nishimura, Y. Kitamura, M. Sasajima, A. Williamson, C. Kinoshita, A. Hirao, K. Hattori, and R. Mizoguchi, CHARM as Activity Model to Share Knowledge and Transmit Procedural Knowledge and its Application to Nursing Guidelines Integration, Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics, 17(2), pp. 208-220 (2013).

**科学技術未来戦略ワークショップ「知のコンピューティング
一人と機械が共創する社会を目指して」
Wisdom Computing Summit 2013 ポジションペーパー**

所属： 理研ジェネシス

役職： 研究マネージャ

氏名： 城戸 隆

現在の自身の研究テーマ

私は JST さきがけ「情報環境と人」領域(石田亨研究統括)のプロジェクトで「**遺伝子解析と人工知能技術を用いたパーソナルゲノム情報環境の提案と評価**」というテーマで5年型(大挑戦型)の研究を進めている。

本研究では、遺伝子解析と人工知能技術に基づく、画期的な遺伝子情報サービスの基盤技術構築を目指している。特に、レイティングシステムによって蓄積された個人属性と遺伝子情報との関連性をもとに、より信頼性の高い遺伝子リスクを予測するための計算モデルを構築し、さらに遺伝子リスク知識が人々に与える影響を評価する。個人のゲノム情報から病気のリスクや個性を予測したり、病気の原因解明、新たな科学発見につながる技術開発である。

知のコンピューティングとの関係(図1の俯瞰図上の位置づけ※)

上記の研究の柱の一つに「**コミュニティコンピューティングによる科学発見**」がある。このアプローチを我々は、**Citizen Science** と呼んでいるが、これは、参加型コミュニティを形成し従来とは異なる新しい方法で、科学発見を目指すものである。最近、話題になっている Human Computation 等の研究分野とも関連するが、Citizen Science のアプローチは、新たな科学発見に貢献できる可能性があるのみならず、このフレームワーク自体が、新しい知の創造手段や新

らな情報学の研究領域創出に貢献できる可能性がある。我々は、すでに、パーソナルゲノム情報環境という視点で、Citizen Science Genetics のパイロットプロジェクトを開始しており、「メタボローム肥満」、「Positive Thinking や利他の心の進化」、「睡眠」の3つのテーマについて、新たな科学的仮説の構築や検証実験を進めている。

(<http://genomera.com/studies/social-intelligence-genomics-empathy-building>
<http://genomera.com/studies/thinking-fast-and-slow-study>)

知のコンピューティングの各トピックは、本研究提案の下記のテーマと関連する。

- ① 知の集積・伝播・探索 ⇒ Quantified Self プロジェクト, Self Tracking Device, 知の集積。
- ② 予測、発見の促進 ⇒ パーソナルゲノムと疾患、薬効、認知行動特性の仮説構築検証。
- ③ 知のアクチュエーション ⇒ Citizen Science, 多様な価値観の共有, 社会価値創出。
- ⑤ 集団に学ぶ ⇒ コミュニティコンピューティングと社会心理学。
- ⑥ 人間・生物に学ぶ ⇒ エピゲノム、人間のシステム生物学的、認知科学的理解。
- ⑦ 情報学に学ぶ ⇒ 人工知能技術、Human Computation, データマイニング、知の創出。

この研究が実現したときの社会的インパクト(人々のくらしや様々な社会システムの変革)。

本研究がもたらす科学的知見や基盤技術やフレームワークは、将来のパーソナルゲノム時代をみすえた遺伝子解析と WEB 研究の分野複合的な研究開発のさきがけとなるものであり、これからの重要な社会問題である人々の健康や予防医療に大きく貢献する。また、Citizen Science のフレームワークは、人々の多様な価値観や思想を紡ぐ新しい知のパラダイム創出につながるものである。

人の遺伝子解読も劇的なコストダウンにより、かつて数年数千億円かけていた人の遺伝子の全配列解読が、数年後には、数日かつ 1000 ドルで解析出来るようになりつつある。パーソナルゲノムの分野は 1998 年当時の WEB 開拓期と非常に類似した状況にあり、かつて、WEB が爆発的に拡大し様々な WEB サービスが展開されはじめたのと同様に、本研究は新たな分野の創出につながる引き金になるものと考えている。

新学際領域の開拓に向けた取り組みと本サミットへの提案

我々は、昨年、一昨年に、近年のモバイル端末等による個人のライフログのセルフトラッキング、それらを集積したビッグデータのマイニングなどの新しい動きを踏まえ、米国人工知能国際学会にて、国際シンポジウム(AAA Spring Symposium 2012, 2013)を開催し、将来の医療や健康を支える人工知能技術やビジョンについての議論を行なった。このシンポジウムには、人工知能の研究者に加え、脳科学、スポーツ科学、遺伝子解析、心理学、社会学、行動科学など多様なバックグラウンドの30名弱の研究者が集い有意義な議論が行われた。

2013年の人工知能学会誌(11月号)でも、「パーソナルデータからの気づきの創発」というテーマで特集を組む予定である。今後も、更なる国際研究コミュニティの拡大と境界領域からの新研究領域の創出を目指し、国際シンポジウムを開催していきたいと考えている。

また、日本においても、様々なセルフトラッキングデバイスやツールを用いて得られた体験や知見を、コミュニティで分かち合う **Quantified Self (QS)** という活動を始めており、QS Tokyo という参加型コミュニティを立ち上げている。このような参加型コミュニティとアカデミックな研究コミュニティを紡ぐ場も整えていく予定である。

本サミットでは、これらの QS や Citizen Science の取り組みを紹介するとともに、新たな学際研究分野の創出に向けた研究テーマについて、議論出来れば幸いである。

- AAI Spring Symposium 2013
Data Driven Wellness: From Self-Tracking to Behavior Change
<http://www.aaai.org/Symposia/Spring/sss13.php>
<https://sites.google.com/site/datadrivenwellness/>
- QS Tokyo
<http://www.meetup.com/Quantified-Self-Tokyo/>

知のコンピューティング：

時間・空間・意味・感性による記憶蓄積・共有・統合・伝搬の実現に向けて

(① 知の集積・伝播・探索)

慶應義塾大学 SFC 環境情報学部、政策・メディア研究科

清木 康 (KIYOKI YASUSHI)

www.mdbl.sfc.keio.ac.jp, <http://gesl.sfc.keio.ac.jp/>

近年の知識ベースシステム研究の主要な対象は、グローバルに繋がれた多様なマルチメディア情報源、知識源を連結し、それらの分析を伴った検索、共有、統合による新たな知識の生成を行う記憶蓄積系、共有系、統合系、伝搬系の実現である。これらの系を構成する基本的な機能群として、(1) 時空間コンピューティングシステム (Spatio-Temporal Computing System)、(2) マルチメディアシステム、(3) ビッグデータ分析 (Big Data Analysis)、(4) クロスカルチャル・コンピューティング、(5) ユビキタス・コンピューティング、(6) ソーシャル・コンピューティング (7) WEB サービス連携 (SOA: Service-Oriented Architecture) などがあり、それらを応用したシステムの構築が求められている。そこでは、時間的、空間的、意味的、感性的な動きを伴い、かつ、ストーリー性を有する“動的データ” (行動、移動、映像、音楽など) を対象とした時間的連想、空間的連想、意味的連想、感性的連想機能実現の方法論およびシステム設計論の確立が重要な研究対象となる。これらの機能は、動的データを対象とした新たな記憶蓄積、共有、統合、想起、伝搬を実現する本質的な機能であり、社会やコミュニティが情報および知識を生成、伝達、発信するための新しい多くの応用を開拓するベースとなるものとして期待されている。

我々の研究は、人類の知の蓄積、共有、統合、伝搬という視点からの記憶蓄積系、共有系、統合系、想起、伝搬系からなる“マルチメディア知識ベース・システム”の実現を目指すものであり、その主要な機能として、(1) メディアデータを有する情報源への高機能アクセス、検索、統合機能、(2) メディアデータの自動解析、自動分析によるメタデータ自動生成機能、(3) 移動体ビッグデータ分析による流動分析・可視化機能、(4) 融合されたメディアデータの動的配信機能、(5) 画像、音楽メディアデータによる感性的装飾機能の実現を行っている。本研究では、次のような多様な知識ベース・システムに関する研究活動を行ってきた。画像感性データベース、音楽感性データベース、映像メディアデータベース、音楽・画像感性装飾データベース、アクティブ・マルチメディアデータベースシステム、CORSS-CULTURAL MULTIMEDIA SYSTEM (FINLAND Tampere University of Technology (TUT), Thai NECTEC)、時空間メタデータ自動生成システム、旅客ビッグデータ分析・可視化システム、教育用 DB 構築研究-インドネシア・知識ベース教材作成プロジェクト (インドネシア、ITS/EEPIS スラバヤ工科大学)、世界的事象 5 D (5次元)

マップデータベース（地域特性事象表現地図データベース機構）、ダイナミック装飾メディアデータベース、DIGITIZED THAILAND PROJECT（THAILAND NECTEC）、交通運輸プロジェクトにおける旅客ビッグデータ分析(SFC-JR 東日本交通運輸情報システム研究)などである。また、2011年度より、慶応大学SFC政策・メディア研究科と理工学研究科の連携により、地球規模での社会、自然環境を対象としたグローバル環境システム・リーダー育成を目指すGESLプログラムを進めている。

移動体ビッグデータ分析による流動分析・可視化システムの研究として、SFC-JR 東日本交通運輸情報システム研究プロジェクトでは、鉄道利用環境における移動履歴データに内在する、状況・環境変化の“分析、認識、抽出”を行い、状況・環境変化に応じて、既存・異種のデータベース群を動的に統合し、鉄道空間での旅客流動の大局的情報を獲得し可視化する手法を設計し、“旅客ビッグ・データと経路データを活用した大局的旅客流動分析システム”を開発している。本システムは、鉄道実空間において発生する事象、現象としての旅客流動に自動的に反応し、鉄道における旅客流動に関する情報に合致する運行情報を抽出、合成し、自動配信する、新しい鉄道実空間と鉄道情報空間の間を連動する鉄道情報環境を実現する。

社会的には、これらの“マルチメディア知識ベース研究”、“マルチメディア感性データベースシステム研究”によって、映像、音楽、画像、行動情報、移動情報などの多様なメディアデータ、ビッグデータを対象とした意味、感性、時間、空間といった高度な連想機能を有する新しい価値生成が行われ、新たな社会情報環境や製造、産業が生まれることに結びつくものと考えている。

References

- [1] Kiyoki, Y. Kitagawa, T. and Hayama, T.: A metadatabase system for semantic image search by a mathematical model of meaning, ACM SIGMOD Record, vol. 23, no. 4, pp.34-41, 1994.
- [2] Kiyoki, Y. Kitagawa, T. and Hayama, T.: A Metadatabase system for semantic image search by a mathematical model of meaning, Multimedia Data Management -- using metadata to integrate and apply digital media--, McGrawHill(book), A. Sheth and W. Klas(editors), Chapter 7, 1998.
- [3] Kiyoki, Y., Sasaki, S., Nhung Nguyen Trang, Nguyen Thi Ngoc Diep, "Cross-cultural Multimedia Computing with Impression-based Semantic Spaces", Conceptual Modelling and Its Theoretical Foundations, Lecture Notes in Computer Science, Springer, pp.316-328, March 2012.

WS ポジションペーパー

所属・職位：東北大学電気通信研究所・准教授

氏名：栗木 一郎

1. 現在の研究テーマ（タイトル，研究内容，技術的インパクト）

【タイトル】視知覚と脳活動の対応に基づく情報科学の基礎研究

【研究内容】人間の視知覚（見えている視覚世界の主観的経験・エクスペリエンス）では、カメラのような忠実な見え方だけではなく、「見せた通りに見えるとは限らない／見せてないように見える」現象（錯視）が生じる。これは、視覚の情報処理を全てまともに実施すると脳内の情報処理資源では追いつかず、不具合が起きない程度の省略やその補完を行っているためだと考えられている。これを手がかりに脳内情報処理の最適化ストラテジーに学び、デバイスやアルゴリズムに応用することで高効率な情報処理・管理を実現する工学に資する研究を行っている。さらに脳活動計測と融合させ、視覚情報処理アルゴリズムを紐解くことの一助としたいと考えて研究を推進している。

研究例として、脳波による視覚的注意の計測技術を挙げる。人間は、視線とは別方向の視対象に意識を向けて情報処理を優先処理させることができ、これを「視覚的注意」という。例えば視線は前方を向いていても、視野の隅の物体に注意を奪われて、眼前に現れた障害物を回避しそこなう場合がある。我々の研究室では、この視覚的注意の移動を、視覚定常誘発電位（SSVEP）という脳波成分を用いて視線と独立に計測した研究を報告した（Kashiwase et al., *J.Cog.Neurosci.*, 2012; Kashiwase et al., *PLoS One*, in press）。

【技術的インパクト】この技術では、視覚情報に予めタグ付けした時間周波数に対応する脳波成分の振幅および位相を抽出する信号処理技術が重要である。現状では数秒の計測を複数回繰り返す必要がある実験室レベルの技術だが、位相抽出技術の向上により、100 ms で推定可能にする事も可能であると期待される。応用例として、自動車や機械の運転者の不注意抑止／注意喚起システムなどが挙げられる。

2. 知のコンピューティングとの関係

我々の研究は上述のような「(6) 人間・生物に学ぶ」分野をバックグラウンドとし、「(2) 予測・発見の促進」「(3) 知のアクチュエーション」に発展させる形で知のコンピューティング研究に貢献できると考えている。我々の注意位置推定技術を応用させると、シーンの映像や音声の情報から、そこにいる人の注意がどこへ向きやすいかを推定できるようになる。以下にその原理を説明する。

顔色や物価、ビットなどの物理的変化は、人間が何らかの価値を見いだす事によって初めて「情報」としての意味を持つ。ビッグデータのキーワード解析が現状で有効なのは、人間が価値を見いだした事象に関するキーワードが SNS 等で大量に流布し、過去の事象に対しては語の登場頻度で付加価値の尺度化が可能なためである。しかし、大震災

直後の混乱で明らかになったように、大量に流布する情報が正確ではある保証は無い。また、既出でない情報の方がニュース価値（情報の付加価値）が高い場合も多い。

情報の付加価値の高さは、どの程度、人の注意を引きつけるかによっても推定できる。視線位置や文字によるツイートだけではなく、注意を向けた頻度によるタグ付けを用いると、シーンの画像や映像からどの場所に人の注意が向きやすいか推定でき、さらに各自の履歴も参照すれば、各自にとって高付加価値を持つ情報の推定が可能となる。

近い将来、Google Glass に代表される一人称視点の映像を記録できるウェアラブル・デバイスが普及することが予想され、加速度センサや触覚センサに加え、手を使わない入力手段として脳波センサが付加される可能性がある。このようなデバイスが登場すれば、シーンカメラの映像や音声、装着者の動き、脳波等を同時記録・収集できるようになる。脳波だけでなく、人の姿勢や顔の向きから注意位置を推定する工学的手法もある。これらの技術を用いれば、映像などの情報に注意位置を自動でタグ付けでき、特に注意タグが付加されたシーン情報が YouTube や Flickr のような交流サイトを通して多数集積されれば、注意位置と映像・音声の大量データによる相関解析が可能となる。その結果、付加価値の高い情報を事前に推定する（(2)予測・発見の促進）事や、以下に記すように、知識を行動に展開する（(6)アクション）ことが可能となると考える。

3. 実現したときの社会的インパクト

上記の技術が実現すると、シーン映像などの情報から「周囲の環境・状況を理解し、適切な行動を取る」、言わば「空気を読む」ことが可能となる。具体的には、ロボット（掃除、家事、介護、等）に「知性」を与え、人間の生活に協調的に介入し動作させることが可能になると考える。先進各国に先駆けて急速に高齢化が進んでいく日本では、特に介護や介助の自動化は重要な技術課題である。人間の生活を補助する機械には、人間の生活・動作に協調的に介入する「知能化」が必要になると予想される。介護・介助あるいはサービスの分野においては特に、人間と同様の「価値判断・状況分析」を行い、人間の動きを「察し」、人間の動きを「邪魔せず」「適確にサポート」する必要がある。

上述のビッグデータ解析による技術では、シーン映像などの環境パラメータから「人間が意識を向ける確率が高い事象」のテンプレートがまず作られるが、そのテンプレートの作成自体の学習アルゴリズムが開発されれば（(2)予測・発見の促進）、機械がカスタマーの価値基準を推定し、適確な選択を自律的に行うシステムの構築も可能になる。

近年は、製品を作って売るだけではなく、ホテル、浴場、レストラン、医療などのサービス自体も産業として輸出される時代になっている。サービスの一部でも機械に実装して商品とする事が可能となれば、特にサービス品質の評価の高い日本では、国際競争力の高い商品の開発にも繋がると考える。

我々の研究は、これらのごく基礎となる部分に当たると考えている。

科学技術未来戦略ワークショップ「知のコンピューティング」ポジションペーパー

電気通信大学・大学院情報システム学研究科・教授・栗原 聡

◆分類:⑥人間・生物に学ぶ

◆現在の研究テーマと知のコンピューティングとの関係

インターネットの急成長やユビキタス情報基盤の拡充,そして携帯端末の普及や様々なソーシャルメディアの登場に伴い,あらゆる人と物がネットワーク化され,実環境とネット世界とが融合された複雑かつ大規模な情報社会環境が現実になろうとしています.この環境は,複雑ネットワーク構造を有し,成長し続ける「動的複雑システム」であり,執筆者はこれまで,社会システムやソーシャルメディア,知的交通システムなどの動的かつ大規模な動的複雑環境に対して高い適応性を有する知的システム構築法や情報抽出法の確立,並びに,動的複雑システム自体の解析・制御・構築に対する方法論の確立を目標として主として以下の2軸にて研究を展開させております.それぞれ,研究の意図並びに,本ワークショップとの関連について記載いたします.

(1)人間・生物に学ぶ創発型階層構造の理解と制御に向けた新しいAIアプローチの確立

一人一人のヒトの社会生活と,その集合として創発される「社会」や「国家」といったメタシステムや,およそ1000億の脳神経細胞から構成されるネットワークと,それが創発する「自我」や「意識」などの関係,また,交通システムにおける個々のドライバーと渋滞などの交通流との関係などは,それぞれある要素集合の振る舞いが,別の階層の要素や要素集合の振る舞いを創発する「階層構造」と見ることができます.そして,これらの階層構造に共通するのが,個々の階層がある要素集合によるネットワークとして構成され,ネットワークとしての振る舞いが別の階層における要素を創発し,創発された要素が同様に創発された他の要素集団とネットワークを構成して,そのネットワークがさらに別の階層の要素を創発する……,という**ボトムアップ型のダイナミクス**を持つことだと考えます.その際,階層が階層を創発する関係にありながら,個々の階層におけるダイナミクスは階層ごとに独立しており,個々の階層にて流れる時間の粒度が階層ごとに異なるというところが極めて特徴的です.そして,この階層構造は上記例を始め,人のネットワークが形成するコミュニティなどの社会システムやSNSなど,我々の日常生活に遍在しており,まさに**ボトムアップ型複雑系階層構造**と呼ぶべきものです.

例えば,我々の顕在/潜在意識は,超多数神経細胞による複雑ネットワークが創り出しているものの,我々は意識的に個々の神経細胞の振る舞いを知覚することはできず,また個々の神経細胞も「意識」を創発している認識を持ってはいません.脳細胞は成熟期に入ると一日数十万個死滅すると言われ,転倒や老化など様々な要因による神経細胞ネットワーク自体の結合断絶の発生など,物理的な意味で常に同じネットワーク構造を維持することはできませんが,一方自意識のような別の階層におけるシステムでは「自分」という一貫性のある認識が維持されており,従って,神経細胞ネットワークが創発する意識層というものが,神経細胞ネットワーク構造の変化に依存しながらも,意識層は高い動的特性と安定性を保つ仕組みを持っていると考えられます.常に変化する神経細胞層がそのような意識層を創出し安定させ,しかも意識層のレベルにおいては個々人においてほぼ共通した機能を持たせることを可能とするためには,時間の粒度に注目し,階層間の影響関係を極めて低くする仕組みを解明する必要がありますが,未だ大きな謎であると言わざるを得ません.

これに対して,通信プロトコルや,経営システムにおける階層構造など,これまで人が工学的に設計してきた従来の階層構造は,上記例として挙げた階層構造とは大きく異なるものです.従来の工学的に設計される階層構造では,階層間における綿密な連携機構が存在し,個々の階層におけるダイナミクスも階層ごとに独立してはおりません.上述いたしました複雑系階層構造が,階層ごとのダイナミクスの他の階層への影響を低くすることが目的であると考えられるのに対し,従来の工学的階層構造では,ある問題を解決するに際し,事前に想定される計画に基づいてトップダウン的に段階的に問題を分割して問題を解決することが目的です.現在のインターネットに替わる新しいインターネットの仕組みの構築に向けた研究なども開始されておりますが,従来型の工学的階層構造に基づく設計では前述の意識システムのような動的な階層構造の創出は困難であろうと考えられます.

奇しくも、東日本大震災は、上記従来のトップダウン型のシステムの脆弱性と低いレジリエンス性を露呈させることとなり、防災・減災の観点から、また、次世代のインターネットやソーシャルメディアをデザインするためにも、ボトムアップ型複雑系階層構造などの動的複雑システムを解析・制御・構築する方法論の早急な確立が強く望まれます。そして、この研究を推進させることが、創発現象における最大の目標である「知の創発のしくみ」に繋がると強く確信されます。

(2) ビッグデータ(大規模複雑システム)のためのボトムアップ型データマイニング技術の確立

大規模複雑システムを理解し、また新たに構築するための新しいデータマイニング技術の確立も急務です。従来のデータマイニングでは、対象とするデータに抽出すべき対象が埋もれているという考えるわけですが、脳から社会システムに至る高い多様性を持つ大規模系を対象とする場合には、これまでのアプローチである、「データという鉱脈」からの知識を掘り出す作業だけで対応することは困難です。解析するに十分なデータは膨大なサイズとなることから、現実には一部分のデータしか収集できず、そのような断片から全体のモデル化を行うことは極めて困難です。加えて、ビッグデータに表されるように、データ量は急激に強大化しつつあり、しかも、これらのシステムは常に変化し続ける系であることから、ある時刻でのデータから抽出されるパターンなどが、現在のシステムにおいてもそのまま適合できるかどうか不明です。そこで、既にある鉱脈を起点とし、新しい鉱脈を創りながら掘り出す、あるいは掘り出しながら創る「ボトムアップ型の新しいマイニングプロセス」が必要であると考えます。

時系列マイニング(ストリームマイニング)は既に注目されている状況ですが、現在のほとんどの提案手法は、解析するデータを一時的に溜め込む処理を連続して行う方式であり、今後の大規模化する Web サービス等においては溜め込む余裕すらなくなることが指摘されており、動的な大規模システムに適応した新しいマイニング技術の確立が急務です。ビッグデータからのマイニングにおいても、多様な次元と時間粒度を有する膨大な種類のデータにて構成されるビッグデータに対して、従来のトップダウン型のマイニング手法を適用してもデータ間の複雑な因果関係を抽出ことは困難であると考えられます。これは、例えば、ハインリヒの法則で知られる因果関係についての連鎖において、極一部の関係しか抽出できないことでも明らかです。

例えば、TPP や高齢化問題など、現在の農業が抱える問題山積の状況において、高付加価値農産物の生産ノウハウを持つ熟練農作業従事者の暗黙知の顕在化という課題について考えてみますと、彼らへのヒアリングを行うだけでは、その暗黙知を引き出すことは困難です。我々ヒトは自分の潜在意識を陽に意識することはできず、加えて、我々が意識できる顕在意識は、意識の氷山の一角と言われ、ヒトの日常の行動の多くは潜在意識において動機付けがされています。すなわち、ヒアリングは意識レベル下でのやりとりに過ぎず、暗黙知であるノウハウが潜在意識下に存在する場合、熟練農作業従事者自身もそのノウハウについての明確な説明は困難です。しかし、潜在意識にて動機付けられた振る舞いを、バイタルセンシングや詳細な環境センシングにより抽出できる可能性があります。ただし、収集されるデータは、様々な時間粒度の時系列位置データ群や環境情報データ群の集合体であるビッグデータであることから、トップダウン的なマイニング手法での抽出は困難です。具体的なアプローチとして、例えば、様々な異種データレベルにおいて、Particle Swarm Optimization 等に類する、個々のデータ同士が互いの類似性に基づいてグループを自己組織的に生成させ、さらに、グループレベルにおいても同様に作業を繰り返すことで、徐々にデータ間に潜む因果関係を創発させるボトムアップ型の手法等が考えられます。近年では Deep Learning といったニューラルネットを用いた機械学習手法が脚光を浴びておりますが、これも基本的にボトムアップ型の学習を多層化される本稿にて主張するアプローチと同じ立場と見ることができます。

従来のデータマイニングは「知識」の抽出が主たる目的ですが、ボトムアップ型の新しいマイニングプロセスにて抽出されるモノは、「知識」と「知識を活用するための振る舞い」が混在した形となり、これこそが「知」でははく「賢さ(Wisdom)」と呼ぶべきモノです。「知」は情報に過ぎず、「知」に「振る舞い」が加味されることで「賢さ」となるという主張です。

◆社会的インパクト

すでに大規模・複雑化しつつある様々な社会システムに対し、これらに対する適切な制御を可能とし、新たにシステムをゼロからデザインすることも可能とする基板技術であることから、社会に与えるインパクトは絶大であると言えます。学術的な観点においても、ヒトの知能や意識の創発原理が明らかになることで、ヒトが「意識を持っている」と知覚できるシステム構築が実現のものとなり、「阿吽の呼吸」といった、自然なヒトとのインタラクションが可能なシステムを創ることも可能となると考えられます。これは、これからの高齢化社会に向けた介護ロボットを始めとする、実社会においてヒトと接するロボットや社会システム全般の設計基盤として極めて重要であると言えます。

以上です。

人と計算機の協創に向けたメカニズム設計の研究
ー 知の創出へのインセンティブ設計と品質コントロール ー
九州大学大学院システム情報科学研究院
櫻井祐子

1. メカニズム設計とは

ある環境に存在する人間の集団に対して、集団としての意思決定のルール／メカニズムを導入すると、何らかの社会的な結果が得られる。望ましい結果を得るためのメカニズムの設計方法に関する研究はメカニズム／制度設計と呼ばれ、従来、ゲーム理論／ミクロ経済学の研究者らによって行われてきたが、近年のインターネットの普及に伴い、ソフトウェア／エージェントが主要な構成要素となっていることより、計算機科学者（人工知能、マルチエージェントシステム）らによる研究が盛んに行われている。メカニズム設計に関する著名な研究成果として、1996年にノーベル経済学賞を受賞した W. Vickrey による第二価格入札に関する研究がある。第二価格入札とは、例えば、ある商品に関して、10万円、8万円の入札があった場合、最も高い10万の入札をした入札者が勝者となるが、その際に支払う金額を二番目に高い8万円とする入札メカニズムである。この第二価格入札を用いた場合、各参加者は自分が支払う意思のある上限の金額を入札すれば、すなわち正直に行動すれば自分の利益を最大化できる。第二価格入札は、理論的に優れた性質を持つにも関わらず、広く利用されるには至らなかった。しかしながら、検索エンジンでの検索連動型広告オークションにおいて第二価格入札が用いられるようになり、今や第二価格入札は世界中でもっとも頻繁に実行されている入札方式となっている。

2. クラウドソーシングにおけるメカニズム設計

2.1 クラウドソーシング

インターネット上では、クラウドソーシングなど、人間がネットワークを介して互いの技術や知識を活用したり、それらを統合することで、新たな経済的価値を創出する協業作業が盛んに行われている。クラウドソーシングを実現する代表的なサービスとして、Amazon Mechanical Turk (AMT)がある。クラウドソーシングは「集合知」の概念が根本にあり、多数の人々の知恵や力を利用することによって問題を解決することを目的としたものである。クラウドソーシングのサービスを利用することで、世界中の人々に安価にタスクを実行させることが可能となっている。さらに、現在の計算機的能力では解決が難しいが、人間は容易に解決可能な問題等に対して、人間をプログラムの一部として機能させることで解決を目指すアイデアに基づく Human Computation など、今後の計算機科学における計算機と人間の融合に関する有望な研究領域になっている。

2.2 主な研究内容

クラウドソーシングでは、安価に不特定多数のワーカを容易に働かせることが可能であるという利点がある一方で、得られる作業結果の品質が問題となっている。たとえば、画像のラベル付けなど、機械学習の訓練集合に用いるラベルをクラウドソーシングによって得る場合、大量のラベル付きデータが得られるが、ラベルの信頼性に関する問題が生じる。専門家等から得られるラベルとは異なり、不特定多数のワーカのラベルには、ワーカ自身の意図の有無に関わらず、ラベルに対してノイズが入る可能性がある。そこで、クラウドソーシングにおけるメカニズムデザインの技術的課題として、

- ワーカーに自分の能力を最大限に発揮して作業を実行し、実行した作業結果を正しく申告させるインセンティブ設計
- ワーカーから集められたラベルや意見から、可能な限り正しい判断が得られる判定ルール設計
- リクエスタにとっては、必ずしも予算が潤沢にあるとは限らず、限られた予算内で高い作業品質を得る必要があるため、効率的に高い作業品質を得ることが可能なワークフロー設計

などが挙げられる。

我々の研究の一つとして、高い作業品質を効率的に得ることを目的とし、クラウドソーシングのワーカーを能力に応じて分類可能なメカニズムの提案がある [1, 2]。具体的には、解答と共に、作業結果に対する自信 (**confidence**) を申告させるメカニズムを提案している。自信はワーカーのみが持つ確率情報であり、正直に申告させるインセンティブを与える必要がある。そこで、我々は、2 択問題を対象に、自信を直接申告させるのではなく、自信に応じて報酬プランを複数に分割し、その報酬プランリストを提示し、ワーカーに報酬プランを選択させることで自信のレベルを間接的に申告させるメカニズムの提案が行った。

2.3 技術的インパクト

インターネットオークションをはじめとしたメカニズム設計では、検索連動型広告オークションのように、人間ではなく、エージェントの存在による影響を考慮したものが主であった。一方、本研究では、クラウドソーシングをはじめとし、人間がネットワークを介して互いの技術や知識を利活用するために、ネットワーク環境における人間行動モデルを分析し、得られたモデルに基づくメカニズム設計の体系化に関する研究を行っている。計算機科学と社会科学の新しい融合領域となることが予想される。

具体的には、リクエスタの様々な要求条件を考慮し、多数の世界中の非専門家の人々に分かりやすいインセンティブの設計を行う。また、ワーカーの不正行為は単独行為だけでなく、結託をはじめとした集団行為も考えられ、様々な不正行為への頑健性も必要である。さらに、必ずしも金銭的な報酬が準備されているとは限らず、ゲーミフィケーションに代表されるように、無報酬の下でも、人々を適切に行動させるインセンティブに関する検討を行う必要がある。このように、人間行動モデルに基づき、従来の理論的な安定性や頑健性を保証するだけでなく、実現可能性や拡張性を考慮したメカニズム設計は、人と機械が協創する社会において重要な要素技術と考えられる。

3. 知のコンピューティングとの関係

知のコンピューティングにおいて本研究が最も関連するのは「5. 集団に学ぶ」である。クラウドソーシングにおける従来の報酬設定はアドホックであったり、経験的見解からのものがほとんどであるが、人間の行動モデルに基づいた、理論的に望ましい性質を保証するインセンティブの設計方法は、人々の参加を促すとともに正しい知識や技術を入手可能にする。

4. 社会的インパクト

クラウドソーシングは、**Human Computation** を実現する、強力なアプリケーションの一つである。しかしながら、**AMT** や日本のクラウドソーシング企業のサービスでは、マイクロタスクに関して言えば、音

声の書き起こしやアンケート、数行程度の情報入力などのタスクが主である。リクエスタ側も、膨大な人や時間を要していた単純作業をアウトソーシングする企業であることが多い。

人々の知と計算機を融合するためには、より複雑な作業を人々に依頼することが考えられる。クラウドソーシングにおいて、人々に適切なインセンティブを与えることで、マンパワーを必要とする単純作業だけでなく、高い能力や技術を要する専門作業を従来よりも容易に行うことが可能となる。メカニズム設計の体系化は要求条件や作業に応じた適切な報酬設定を与えるため、リクエスタにとってもクラウドソーシングの利用が容易になる。このことから、知の創出のためのメカニズムデザインは重要な要素技術であるだけでなく、雇用形態にも影響を与え、新たな経済価値を創出することが可能と考える。

References

- [1] Sakurai, Y., Oka, M., Oyama, S., and Yokoo, M.: How confident are you? Worker classification in crowdsourcing, In *Web Science 2013* (2013)
- [2] Sakurai, Y., Okimoto, T., Oka, M., Shinoda, M., and Yokoo, M.: Quality-control mechanism utilizing worker's confidence for crowdsourced task, In *AAMAS 2013* (2013)

科学技術未来戦略ワークショップ

「知のコンピューティングー人と機械が共創する社会を目指してー」

Wisdom Computing Summit 2013 ポジションペーパー

提出者情報

所属 早稲田大学 研究戦略センター

役職 教授

氏名 澤谷 由里子

現在の自身の研究テーマタイトル 分野融合による知の創出とマネジメントに関する研究研究内容

今日ではイノベーション創出に向けた研究開発が政策的に推進されているが、研究者やマネジメント体制の準備状況は必ずしも万全ではなく、規範とすべき研究マネジメントの理論・実践論の登場が待たれている。研究では、技術経営論、サービス・マーケティング論、イノベーション・マネジメント論の見地から、特徴的な研究プロジェクトおよび推進組織に対して事例研究を行い、サービス・イノベーションに資する異分野融合型研究のマネジメント上の要件を明らかにすることを目的とする。また、技術経営学・国内外の研究マネジメントの知見を援用し、理論と実践の観点からサービス研究を促進するためのマネジメントフレームワークの構築および実証を行う。

技術的インパクト

ここでの技術を、“ブライアン・アーサー: The Nature of Technology”にある目的を達成するシステム(組織・行動・論理に基づく、非物質的 なものを含む)とする場合、現在求められている多様性、異分野融合の中でいかに知を創出し、マネージするかという点について企業・大学・地域コミュニティに対して貢献する。

知のコンピューティングとの関係

⑤集団に学ぶ、⑨その他 (知の創出)

知のコンピューティングの俯瞰図には、知の創出という重要な活動が含まれ

ていないように思われる。あたかも、大量のデータ、知見の集積から新しいことが発見されるような枠組みになっている。大量の信頼性の低いデータがある時代だからこそ、人による解釈、コラボレーション、ネットワークが意味を持つ。人が多様な技術を活用して行う活動のうち、興味深いのは知の創出であり、その活動を支援するシステムではないか。

その研究が実現したときの社会的インパクト

知を創出するためのメカニズムとマネジメントを、大学を核にして地域に埋め込む。そのことによって、地域活性化だけではなく、分散型イノベーション創出プラットフォームとして新しいイノベーションの基盤となることが期待される。

「知のコンピューティング」サミット参加応募ポジションペーパー

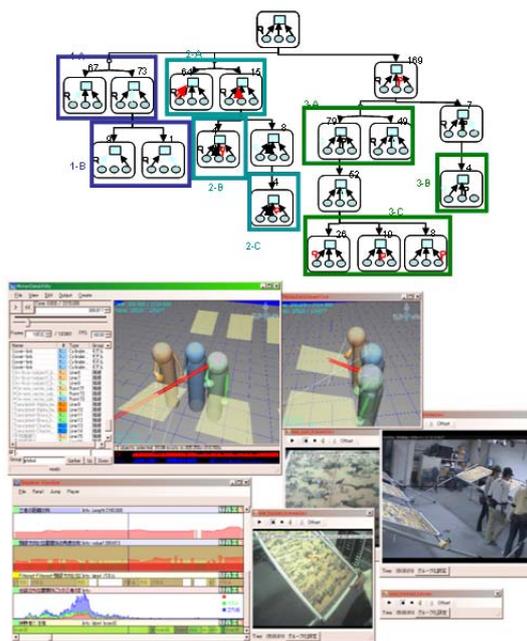
角 康之（公立はこだて未来大学・教授）

これまで、人工知能（特に知識処理システム）とヒューマンインタフェースの分野を土台に、発想支援システム、グループ議論支援システム、モバイルアシスタントシステム、コミュニティコンピューティング、体験メディアなどの研究開発を行ってきた。一貫した考え方は、フィールドにおける人間の気づきや着眼点を言葉や行動データとして外在化し、コンピュータによる合理的な処理（パターン識別や情報可視化）によってコンテキスト（状況）の中に埋め込むことで、知識の獲得や流通を促す、ということである。

現在特に力を入れているのは、非言語インタラクションの理解とカジュアルコミュニケーションに基づいた知識流通強化である。ここでは、集団からの知の集積と伝播に関わる研究テーマを3点紹介する。共通する特徴は、知識の創造・伝達・利用の現場における原初的知識としての「会話」に注目し、「状況」の共有や類似性に基づいて会話の獲得や流通を促すということである。

1) 非言語インタラクションの計測と文法発見

複数人の人々が会話をしている状況に着目し、会話の状況理解やグループ行動・意識決定のメカニズムを理解する方法論の構築を行っている。ここでは言語的理解に立ち入らずに、非言語情報、つまり、発話交替のパターン、視線移動、ジェスチャ、立ち位置や姿勢の変化などから会話状況やグループ意思決定の過程を理解する。具体的には、3人から5人が参加する様々な会話状況（立ち話、ポスター発表、着座式のミーティング、博物館見学など）について、ビデオ、音声の記録に加えて、モーションキャプチャシステム、視線計測装置を利用してマルチモーダルなデータを収録し、発話の有無、視線移動、ジェスチャなどの非言語情報を半自動ラベリングする。そして、それら非言語情報の発生パターンを解析することで、非言語情報の辞書と文法の構築を進めている。



本テーマは、「⑤集団に学ぶ」に位置づけられる。本テーマが目標に掲げている非言語情報の辞書と文法が構築された暁には、人々のコミュニケーションの現場を見守り、そこでの重要なシーンの自動抽出が可能になり、また、その状況を読みながらその場に参加可能な知能システム（ロボットや情報提示システム）を実現することが可能になる。

2) PhotoChat によるフィールド知識の獲得と流通

PhotoChat と呼ばれる、写真とその上への書き込みを共有することによるコミュニケーション促進ツールを構築してきた。PhotoChat ユーザは、写真撮影と手書きメモという直感的なインターフェースを通して、実時間で他のユーザと気づきや興味を共有し合える。これまで、博物館見学、屋外でのフィールドワーク、子ども同士の協調学習といった現場で利用を重ねてきた。



その一方で、人とロボットのための直感的な対話手段として利用する研究も進めている。

PhotoChat は、写真と書き込みを共有するという単純な基盤の上に、写真間のハイパーリンク、音環境の比較による会話場発見、文字や記号的画像の認識、状況インデキシングといった発展的な先進的技術の統合を行っている。したがって PhotoChat は、知識獲得の現場を、画像、メモ、音声、場所、時間といった様々な観点で同時計測したインタラクションデータを収集する強力なツールである。

本テーマは、「①知の集積・伝播・探索」に位置づけられる。本テーマが目標としている社会的価値は、カジュアルな手段による知識の外在化と流通の促進である。

3) 車内会話流通による街の気づきの可聴化

街の中の気づきやタイムリーな話題を収集・伝播させるための手段として、自動車の中の会話に注目している。具体的には、自動車の中で行われる会話を、仮想的にその場所に貼り付けて、他の自動車はその場所を通ったときにカーラジオのようにそれらの会話が流れてくる、というシステムを構築している。自動車の中では、街の新しい変化（新しい店の話題など）や時事話題（季節による景色の変化など）などが話されるし、また、季節や時間帯に依存した交通事情（渋滞や道路の凍結状況など）なども話される。そういった話題は、カーナビやガイドブックなどには載りづらい、うつろい易く、それでいて生活している人には有益な話題であることが多い。本テーマでは、テーマ1)の知見などに基づいて、自動車内の指差し行為や同乗者同士の頭部運動同期パターンなどから会話シーンのインデキシングやライドマークへの紐づけを行おうとしている。



本テーマは、「①知の集積・伝播・探索」に位置づけられる。本テーマが目標としている社会的価値は、カジュアルな手段による知識の外在化と流通の促進である。

Wisdom Computing Summit2013 ポジションペーパー

慶應義塾大学環境情報学部 教授

諏訪正樹

1. 現在の研究テーマ

- (1) 身体知の学び方法論として認知手法
- (2) 生活における学びの実践研究 (スポーツ, 感性開拓, コミュニケーションなどの分野における)

2. 知のコンピューティングとの関係

この関係を論じるためには、まず、身体知の学びほどのようなものかに関して論じる必要がある。

2. 1 身体知とは (身体性という概念)

人工知能, 認知科学の分野では、90年代より、知は身体性を有するという考え方が主流になってきた。それは、身体という物理的存在があるからこそ、ひとは身体を介して環境と相互作用を起こし、その相互作用のなかから知が生まれる (発揮される) という概念である。

環境は常に揺れ動き、再現性はほとんどない。身体も時とともに変化する。身体の上に宿る意識も変化する。身体、意識、環境がすべて流動的に変化するなかで、意識をもった身体が環境と相互作用する。したがって相互作用を予測することはほとんどできない。

しかし、人は、そのときの環境に動的に反応し、それに対してそのときに身体と意識が可能な対処を行う。つまり、知は相互作用のなかで動的に生まれる。その動的対応力こそが知であると言っても過言ではない。それは日常生活でひとが体験する様々な分野に (スポーツ, 感性開拓, コミュニケーションなど) あまねく見られる現象である。

2. 2 学びの時間性

動的対応力こそが知の正体であると論じると、知はすべて刹那的なものであって、時間をかけて学ぶという側面はないのかという誤解を生みそうであるが、そんなことはない。身体知には、時間をかけて醸成される知と、瞬間的に場に応じて生成され即適用される知の両方があると筆者は考える。環境と身体との相互作用こそが、両ケース (時間をかけて知が醸成されるプロセスや、瞬間的に知が生成されるプロセス) にとって本質的な役割を果たす。更にいえば、時間をかけて醸成された身体知を有するからだ¹をもつが故に、瞬間的に環境に反応して知を動的に生成できると考える。

2. 3 身体知の学びの方法論 : からだメタ認知

からだメタ認知は、筆者が提唱する学びの理論であり、過去10年に渡り、日常生活の様々なドメインで実践ケーススタディが報告されている。その詳細は[1][2][3]に譲り、ここでは、理論のエッセンスを記す。ひとこと言えば、身体知を学ぶ (つまり、未習得のパフォーマンスを発揮できるように身体を進化させる) ためには、自分オリジナルなことばを創造しなければならないという理論である。身体とことばは互いに異なる論理で成立する別個のシステムであるが、身体知を学ぶためには、両者によい関係をつくる必要がある。よい関係とは以下のプロセスから成る。

1. 身体と環境の相互作用を、できる範囲で、ことばで表現する
2. 1で得たことばを皮切りに、ことばの領域で連想、推論、発想を行い、新しいことば (概念) への想起を増す
3. 新たに想起できたことば (概念) を念頭に置き、再度身体を見直す (環境との相互作用を再体験する) と、知覚できることや行動できることが変化する

¹ 本稿では、ひらがなで「からだ」と書くとき、それは物理的な存在としての「身体」と、その身体の上へに存在する意識の両方を併せ持った存在を意図するものとする。

4. 知覚や行動が変化すれば、身体と環境の相互作用が変わる。
5. 1に進み、上記プロセスを繰り返す。

つまり、身体を進化させるための手段として、ことばを使うのである。その結果として、身体もことばも進化する。それは身体知の醸成を促すという理論である。

2. 4 身体知の研究方法論

結論から言えば、従来の科学的研究手法（客観性、普遍性、再現性を是とする研究手法）だけには収まらない研究領域や研究方法論を模索しなければならないと考えている。からだは、客観的に外から観察できる存在であると同時に、一人称的に本人が内から感じる存在でもある。両側面を統合したものが「からだ」である。知のエッセンスが動的対応力にあるのであれば、探究の対象である個人の身体がそのときの環境にどう相対したかを、客観的視点と一人称視点の両方から捉えなければならない。また、個人の身体には身体固有性がある。環境との相互作用には状況依存性がある。つまり、身体知の学びとは、身体固有性、状況依存性、一人称性を孕むできごとである。従来の科学的研究手法だけでは、明らかに探究できる範囲が狭過ぎる。得られる知見に客観性、普遍性、再現性がなければ科学的研究であると思えないという閉塞的な考え方を打破し、まずは身体固有性、状況依存性、一人称性も許容する新しい方法論を模索する必要がある²。

2. 5 知のコンピューティングとの関係

与えられた分類でいえば、本研究は①、④、⑤および⑨に関連する。

上記に論じた内容は、「集団」とは関係のない、個人的学びではないかという疑問を抱く読者もいるかもしれない。しかし、個人のからだは社会的存在であり、他者とコミュニケーションするなかで身体知を学ぶ。つまり、上で「環境」と書いたなかで他者が重要な役割を担い、存在している。「集団の学び」という文言は、複数人数でひとつのゴールに向かって学ぶという狭義の意味に捉えるのではなく、集団を形成する個人それぞれが、集団の成員である他者と相互作用しながら、それぞれ独自の学びを得るという広義に捉えるべきであろう。筆者が従事する身体知の学びは「集団における、他者に触発された学び」である。

前節に示したように、研究の方法論から模索しながら、身体知の研究を遂行すべきであるという立場に立つならば、既存の研究分類には当てはまらないという意味で、本研究は⑨にも該当する。客観性、普遍性、再現性を否定する考え方では決してない。その三大原則を最初から求めると、身体知の最も重要な側面が捨象されてしまい、知の本質が探究できないため、まずは身体固有性、状況依存性、一人称性をも許容して、ケーススタディ的に知の証例を蓄積しなければならないという考え方である。したがって、現在の知能科学の知見に基づくシミュレーションでは、未だ身体知の学びを「コンピューティング」できないと考えられる。身体固有性、状況依存性、一人称性を孕む証例を蓄積し、そこに類型を見出し、どのようにシミュレーション（もしくはモデル化）できそうであるかを探究することから始めなければならないと考える。

3節でも述べるが、身体知をモデル化したりシミュレーションするという意味でのコンピューティングではない、「コンピューティング」があり得る。それは、身体と環境の相互作用を客観的に計測し本人にフィードバックするためのコンピューティングや、身体と環境の相互作用をより本人に強く意識できるような（例えば知覚を増し、行動を変える）情報技術ツールの開発などである。そういう意味でのコンピューティング研究は④に該当する。

また、身体固有性、状況依存性、一人称性を孕むケーススタディの蓄積は当然①に合致する。

² 折しも、人工知能学会誌の2013年9月号には、筆者諏訪と東京大学の堀浩一氏の共同企画で、「一人称研究の勧め」という特集[4]が組まれている。知能研究の新しい研究方法論を模索しなければならないという問題意識の下に、8人/組の研究者が集まり、論を展開する。

3. 社会的インパクト

現在でも、人々は実生活のなかで身体知の学びを行っている。しかし、身体知の学びの理論がより詳細化し、身体固有性、状況依存性、一人称性を孕む証例の蓄積から学びの類型が明らかになれば、ことばと身体のよい関係性を如何に生活の中で築くか、そのために情報技術はどのように使えるかなどの問いに回答が得られ、現代よりもより丁寧に学びを支援する教育手法が確立できるはずである。身体知の学びを促すための情報技術の使い方には、前節に書いたように、身体と環境の相互作用を客観的に計測し本人にフィードバックするためのコンピューティングや、身体と環境の相互作用をより本人に強く意識できるような（例えば知覚を増し、行動を変える）ツールの開発などが考えられる。

参考文献

- [1] 諏訪正樹. (2005). 身体知獲得のツールとしてのメタ認知的言語化, 人工知能学会誌, Vol. 20, No. 5, pp. 525-532.
- [2] 諏訪正樹, 赤石智哉. (2010). 身体スキル探究というデザインの術. 認知科学, Vol. 17, No. 3, pp. 417-429.
- [3] 諏訪正樹. (2012). “からだで学ぶ” ことの意味 —学び・教育における身体性—. SFC Journal, “学びのための環境デザイン” 特集号, Vol. 12, No. 2, pp. 9-18.
- [4] 諏訪正樹, 堀浩一. (2013). “一人称研究の勧め”, 人工知能学会誌 2013年9月号特集企画, Vol. 28, No. 5 掲載予定.

津本 周作

所属：島根大学医学部医学科医療情報学講座

役職：教授

現在の自身の研究テーマ：

データマイニング：時系列マイニング，クラスタリング，プロセスマイニング，ラフ集合の医療応用

サービス科学：病院情報システムを基盤とした知的サービスの実現

ヘルスケア IT：上記要素技術を含めた，統合的なヘルスケアの知的支援環境の構築。

技術的インパクト：

(データマイニング) 世界で初めてデータマイニングの医療応用の実現を試み，慢性疾患の病的発展の類型化，イベント系列からのパターン抽出(医師の診療過程の特性の抽出)，医療安全のためのパターン生成等について，必要となる要素技術を開発してきた。

(サービス科学)：上記開発したデータマイニングの技術を用いて，病院に蓄積されたデータを用いて，医療スタッフの診療プロセスの類型化をマイニング，その結果に基づいて，医療スタッフの診療行為を支援するためのプログラムを開発，病院情報システムに実装，その効果について評価を行っている。なお，このマイニングのサービス科学応用について，**Service Research and Innovation Institute (SRII) Global Conference 2012**にて最優秀論文賞を受賞した。

(ヘルスケア IT)：現在，**SRII Healthcare SIG**(<http://www.thesrii.org/>)の **Senior member** として，ヘルスケア IT に必要とされる技術について洗い出しを行って，サービスという観点からの医療サービスの枠組みを提案し，さらにその要素技術についての研究を始めている。

知のコンピューティングとの関係：

②予測、発見の促進／④インフラ に相当する。

その研究が実現したときの社会的インパクト（人々のくらしや様々な社会システムの変革）：現在，世界的に高齢化が進み，いわゆる一般的な健康管理，生活習慣病を含めた慢性疾患の管理，転倒・骨折等の防止を含めた高齢者の生活管理が重要となってきている。従来これらは別の要素であると考えられてきたが，さまざまなリスク因子の解析，臨床疫学の成果から，これら 3 つの要素は独立ではなく，お互いに関係するものであり，統合的に管理する必要性が指摘され

てきている。しかし、最近の医学・創薬の発展は、悪性腫瘍を含めて、各疾患に高度に専門的な治療を行う方向に進んでおり、細分化された専門領域の医師であれば、効果的な治療を行えるが、他方、専門外の疾患については、有効な治療を施せない状況になってきている。従って、大規模な病院においてできえ、高齢者は大量の診療科を受診し、治療を受けなければならない状況に陥っているばかりか、一般の開業医と専門医との診断・治療のレベルの差が著しくなってしまう、高齢者が高度に専門化した治療を選好し、大規模病院を受診する傾向がさらに高まっている。

一方、医療サービスの IT 化の一環として、病院情報システム(電子カルテ)の導入によって診療情報の電子化が進み、診療情報を容易に検索でき、可視化することが可能となってきた。しかしながら、現在の電子カルテは、本来計算機が持ちうる「知性」の利用の可能性を考慮しておらず、単に、紙媒体を電子媒体に置換したものになってしまっている。

我々は、現在、慢性疾患の管理がどうあるべきか、それに対して知的コンピューティングがいかに寄与できるかに焦点をあて、研究を進めてきた。具体的には、大規模に集積されたデータから慢性疾患の時間的進展の類型化を行い、慢性疾患のリスク因子を検知する方法、医師の診療イベント系列の解析から、医師の診療過程を分析し、そこで見落としがちで、アセスメントすべきリスク因子の同定(検査・処方)について、各診療科の医師がどのような特性を持っているかについて解析する方法を開発した。さらに、これらの結果を統合する形で、診療科を局所的な病変が全身的な病変に進展しうる自己免疫疾患(慢性関節リウマチ)に絞って、その診療支援を、分析された疾患の時間的発展および診療医の診療の過程から行う意志決定支援を実装し、その検証を進めている。

ここで明らかになってきたことは、データの解析から、やはりリウマチの専門医は、免疫抑制剤を用いた治療法およびその治療効果についての判定については優れているものの、本来、正確なアセスメントに必要な、3ヶ月毎の血液検査、大規模な検査(CT,MRI)のタイミングが不規則になってしまっていること、免疫抑制剤の副作用(易感染性、出血傾向)、専門外の疾患についての評価、必ずしもタイムリーに、定期的に行えていないことである。これに対して、どの受診時にどのような検査をすべきかという簡易なスケジューリングを行い、提示し、検査予約を支援する方法を実装することで、医師の診療プロセスが少しずつではあるが変化していることがわかり、このような疾患管理に対する知的なサービスをさらに深めることが、慢性疾患の管理に重要であることがわかってきた。

我々はこれらの結果を踏まえて、電子計算機にデータとデータの解析結果を有機的に融合し、適切なアセスメントと、疾患管理のスケジューリングを行う

ような「経験的な知性」を実装することが、慢性疾患の診療を行うために不可欠であり、病院情報システム(電子カルテ)をさらに、医師の診療のパートナーとして進化させる一歩となると考えて、現在、さらに研究を進めているところである。

WISDOM COMPUTING SUMMIT ポジションペーパー

(独)情報通信研究機構・情報分析研究室・室長

鳥澤 健太郎

研究タイトル：言語情報に基づく「未来分析」、及びそれを支える基盤技術

知のコンピューティングとの関係：①知の集積・伝搬・探索及び②予測、発見の促進

現在の研究の内容：近年、社会のグローバル化、複雑化に伴い、様々な想定外の事象が生じることが多くなってきたように思われる。例えば、福島第一原子力発電所の事故が、天然ガス等の輸入増大をもたらし、貿易収支の急速な悪化によって、日本経済の先行きを危ぶませるようになったという出来事は記憶に新しいが、事故発生直後にこうした先行きを想定できた人間はごくごく少数であったろう。また、こうした経緯で日本の経済状況が悪化すれば事実上、世界中の国が不利益を被ることも論を待たない。

筆者は、こうした状況は社会のグローバル化、それに対応する ICT の効率化、さらにはそれらをふまえたビジネスの効率化の帰結であると考えている。より具体的に言えば、リスクを下げる目的、あるいは高い収益を挙げる目的で複雑に組み合わせられた投資スキーム、地球の裏側にある小国の経済破綻をリアルタイムで伝達し、パニックを瞬時に地球全体にばらまく情報通信手段、地球の裏側でコモディティまで売り歩くビジネス手法等の帰結ではないかと考えられる。こうした様々な事象が複雑な依存関係、因果関係を持つ状況は、効率的に富を生成し、新しいアイデアを瞬時に世界中に普及させるというポジティブな面を持つ一方、ひとたびネガティブな事象が発生すれば、負の連鎖を生みやすい世界の構造をもたらした。我々の研究の最終目的はそうした状況を前提としつつ、Big Data をもとに複雑な事象間の関係、特に因果関係を深く広く分析し、グローバルにより適切な意思決定を支援する情報システムを開発することである。

現在、我々は Web 文書を対象とした大規模情報分析システム WISDOM 2013 を開発している。これは日々 1 千万件以上の速度で収集される全体では億単位の Web ページを対象として、様々な言語処理、情報分析サービスを連携させ、従来にない高度な情報の分析を可能にすることを目的としたシステムであり、現在約二百台のサーバー上で稼働を開始している。ユーザからの入力としては、自然言語による質問を想定しており、例えば、「少子化が進行するとどうなる？」といった質問に対しては、回答として、少子化の帰結として想定される様々な因果関係の連鎖、すなわちシナリオが木構造として表示される。(図 1) 現在のシステムの出力には、少子化は生徒の減少を介して、少人数教育をもたらす一方で、教育の質の低下をもたらす可能性があること、あるいは労働力人口の減少を介して、エネルギー使用量の低下と省力化投資の増大をもたらす可能性があること、さらには少子化と表裏である高齢化に伴う耕作放棄の増大を介して食料自給率の低下をもたらすことなど、様々な事象の可能性が示されている。

これらの因果関係の連鎖はその構成要素である因果関係(例:「労働力人口が減少する」なら

ば「省力化投資が増える」) を億単位の Web ページから取得し、それらを組み合わせることで生成されている。最終的に得られる連鎖は入力の中の Web ページにも書かれていないものが一定の割合で含まれており、さらには未だ誰も想定したことのないシナリオを含んでいる可能性もある。例えば、「森林破壊が起きるとどうなる?」という質問の回答には、「地球温暖化が進み、海水温度が上昇して、(海産物を介して食中毒を起こす) 腸炎ビブリオを海中で増大させる」といったシナリオも含まれていた。これ以外にも「地球温暖化が食料不足をもたらす」シナリオが提示されていることも考えると、場合によっては世界的レベルで大量の海産物が食料として使えなくなる可能性を示すシナリオと考えられ、その潜在的リスクは大きい。この腸炎ビブリオのシナリオの各ステップを記載した文書は入力に含まれていたものの、森林破壊から腸炎ビブリオに至るシナリオ全体を記載した文書は入力中に存在せず、ひょっとすると誰も想定したことのないシナリオである可能性すらある。我々は、ユーザにシステムの生成したこうしたシナリオを検討してもらい、潜在的なチャンスやリスクを広く発見・評価してもらった上で、バランスのとれた意思決定を行ってもらうよう支援する情報システムを目指している。こうしたシナリオを手で作成し、それをベースに意思決定をするスキームとしてシナリオプランニングと呼ばれる手法がすでに知られているが、Big Data を用いたその支援技術ということになる。我々はこうした支援技術を「**未来分析**」技術と呼んでいるが、これはまさしく「**人間が賢く生きるための知を発見、想像、集積する**」技術であるという意味で「**知のコンピューティング**」であると考えている。

現在我々は、未来分析技術の精度向上[文献 1、2]、すでに WISDOM 2013 にも組み込まれている factoid 型質問応答(図 2) や従来困難であるとされてきた「なぜ」型質問にも回答可能な質問応答技術の開発[文献 3]、Web からの推論規則の自動発見技術などに取り組んでいる。一見、質問応答技術は未来分析には無関係に思えるが、例えば、我々の質問応答技術は過去において「レアアース値上がりに便乗したタングステンの値上がり」「それによって損失を被る可能性のある企業」の予想に使われたという「実績」もあり、今後、未来分析により詳細な情報を提供するために使われる予定である。さらに長期的にはシナリオのネットワークを大域的に分析し重要なシナリオを特定する技術や、信頼のおける科学技術文献や様々な政府白書、さらにはセンサーデータ等とシナリオとをリンクして、より信頼度が高いシナリオを特定する技術、あるいはシナリオが発生する確率も可能な限り文書から抽出、推定するなどの技術も開発していきたい。

社会的インパクト：現在、地球温暖化、原発停止、少子化、TPP と我々の将来を大きく左右する事象が数多あるにもかかわらず、それらにまつわる意思決定の帰結に関する情報は非常に部分的で混乱した断片的なものがマスコミ、Web 等に散在しているだけであり、適切な意思決定で活用可能な整理された知識として存在する訳ではない。また、マスコミ、Web 等が想定している帰結が十分に網羅的であるという保証もない。この状況は盲人が手探りで混雑した大都会を歩き回る状況と大差がないといってもよい。本研究では、例えば、地球温暖化が起きるとどうなるのかといったシナリオを可能な限り広く生成し、整理した上で多様なユーザに提供し、より健全かつ適切な意思決定を支援するものである。

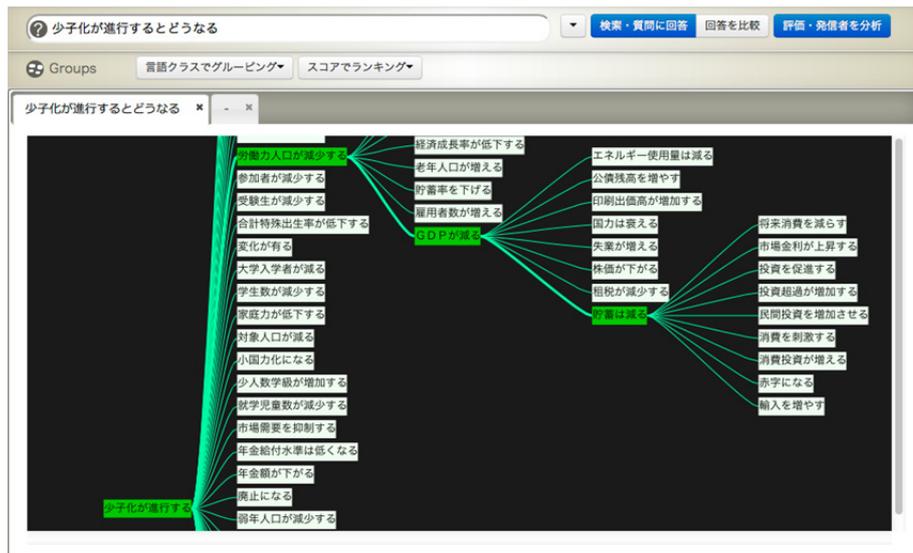


図 1 : WISDOM2013 による質問「少子化が進行するとどうなる」に対する回答

図 2 : WISDOM2013 における factoid 型質問応答

[文献 1] *Excitatory or Inhibitory: A New Semantic Orientation Extracts Contradiction and Causality from the Web*, Chikara Hashimoto, Kentaro Torisawa, Stijn De Saeger, Jong-Hoon Oh and Jun'ichi Kazama, In Proceedings of Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing and Natural Language Learning (EMNLP-CoNLL 2012), pp.619-630, Jeju, Korea, July, 2012.

[文献 2] *Aid is Out There: Looking for Help from Tweets during a Large Scale Disaster*, Istvan Varga, Motoki Sano, Kentaro Torisawa, Chikara Hashimoto, Kiyonori Ohtake, Takao Kawai, Jong-Hoon Oh and Stijn De Saeger, In Proceedings of the 51st Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics (ACL 2013), Sofia, Bulgaria, August, 2013.

[文献 3] *Why-Question Answering using Intra- and Inter-Sentential Causal Relations*, Jong-Hoon Oh, Kentaro Torisawa, Chikara Hashimoto, Motoki Sano, Stijn De Saeger, and Kiyonori Ohtake, In Proceedings of the 51st Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics (ACL 2013), Sofia, Bulgaria, August, 2013.

「知のコンピューティング」サミット ポジションペーパー

大阪大学情報科学研究科 准教授 橋本昌宜

URL://www-ise2.ist.osaka-u.ac.jp/~hasimoto/

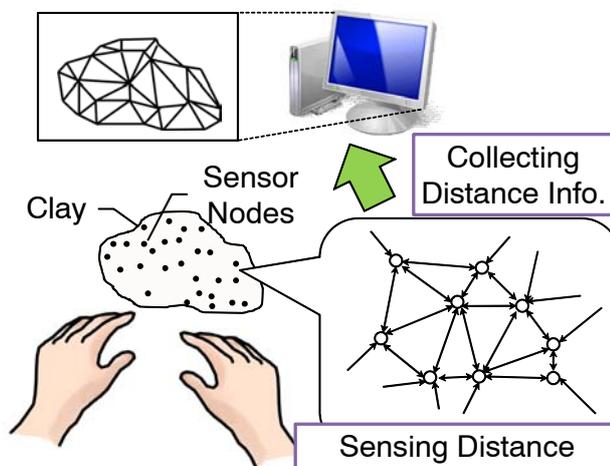
自身の研究テーマ 「小体積コンピューティングの可能性」

砂粒程度の寸法を持つ無線無給電センサノードのハードウェア開発、ならびにそれを用いたアプリケーション展開を行っている。さまざまな物体への埋め込み、空間へのばらまきによって、柔軟なセンシングネットワークが構築でき、新規アプリケーションの創出を促す基盤技術として期待が大きい。一方でメンテナンス性の観点から、充電不要なデバイスであり、無線通信能力を有することが必要不可欠である。

センサノードを環境発電エネルギーで永続動作させる取り組みに注目が集まっているが、環境発電で得られるエネルギーは一般に小さいという問題がある。太陽光発電は最も多くエネルギーが取得できる方法であるが、室内では大きく発電エネルギー量が低下することや屋外でも夜間は発電できない問題がある。他の振動や電磁波エネルギーもエネルギー量が小さいことや設置場所の制約が厳しいことなどがある。さらに、小体積は蓄積できるエネルギーが小さいことを意味し、1mm クラスのノードは 10cm 程度の大きさを持つノードの 100 万分の 1 しか、エネルギーが蓄えられない。これらの問題から、環境発電で永続的に動作するセンサノードが実際に活用できる応用は、計算能力、通信能力、設置環境の観点から極めて限られている。

小体積では、無線通信の効率が低下する問題もある。一般にアンテナ寸法と波長との比がアンテナの効率を定めており、小体積で効率の良いアンテナの実現が難しい。さらに上述のエネルギーの問題のため、アンテナに大きな電力を与えることも難しい。

極小センサノードの応用例として、リアルタイム 3 次元モデリングインタフェース iClay(図参照)の開発を行っている。コンピュータを用いた 3 次元形状のモデリングは、一般に 2 次元ディスプレイ上でペンタブレットやマウスなどを用いて行われるため、直感的に



形状を把握しづらく、操作も容易ではない。3次元プリンタ等でプロトタイピングして評価・検証する場合、物体形状の修正は直感的に行うことが出来ず、コンピュータ上でのモデリング修正からやり直す必要がる。一方、クレイモデルで物体形状を作成し、3次元スキャナで形状データを取り込む手法も用いられているが、インタラクティブな形状入力には適さない。本研究では、体積が1立方mm級のセンサノードを開発し、これを多量に埋め込んだ実世界オブジェクトを変形させることで、直感的かつ容易に3次元形状をリアルタイムモデリング可能な実世界指向ユーザインタフェース iClay の実現を目指している。

知のコンピューティングとの関係

①知の集積・伝播・探索

従来、知の取得が難しかった領域に、センシングデバイスを配置することが出来、これまで活用されてこなかった知の集積・伝播が可能となる。

研究が実現したときの社会的インパクト

エネルギー問題、ならびに無線通信の課題が解決できれば、例えば衣服への埋め込みによる体の動きの記録が可能となる。スポーツやダンスの練習、造形や組み立て作業の支援が容易に思い浮かぶ。

先述の iClay では人による物体形状の変化が記録できるなど、3次元物体の時間的変化が、一般の人で容易に取得できるようになる。リアルタイムインタラクションを活用した創造性を高める教育やリハビリ医療などへの展開も期待できる。

作業者を「育てる」クラウドソーシングの実現

馬場 雪乃

東京大学 大学院情報理工学系研究科 数理情報学専攻

特任研究員

1 現在の研究テーマ

1.1 概要

クラウドソーシングは大量かつ多様な人々の知恵の集結を容易にしたが、クラウドソーシングを安定かつ信頼性の高い基盤にするためには解決すべき多数の課題が残されている。特に、長期的な視点で「作業者を育てる」という意識が欠如している状況を鑑み、作業者のスキル向上を支援するクラウドソーシングの実現を目指す。これにより、クラウドソーシングから得られる成果物の質の向上、作業者のモチベーション向上、能力を活かした仕事に従事できる場としての健全性の保証を目指し、人々の知恵を集結させる基盤としての利便性の向上を狙う。

1.2 背景

インターネットを通じて不特定多数の人々に仕事を依頼する仕組み「クラウドソーシング」は、Amazon Mechanical Turk に代表される各種プラットフォームの登場にともない多種多様な分野で急速に利用が拡大している。クラウドソーシングを用いることで、画像や文章に対するアノテーションや、文章翻訳、音声の書き起こしといったさまざまな種類の仕事を、多様な専門性をもつ大量の人々に依頼することが容易となった。コンピュータ科学の分野では、自然言語処理や画像解析で必要となるデータ収集にクラウドソーシングは広く用いられており、またヒューマンコンピュータインタラクションの分野ではクラウドソーシングを内部に組み込んだアプリケーションが提案されている。ビジネスの場面でも、ヒトの知を集結させるためにクラウドソーシングは利用されており、ネーミングやグラフィックデザインの作成、ソフトウェアの開発、さらには製薬に関する開発課題の解決などがクラウドソーシングを活用して行われている。

このように、大量かつ多様な人々の知恵を集結させることを容易にしたクラウドソーシングは、産学いずれにおいても問題解決の新たなツールとして期待されているが、未だ解決すべき多数の課題が残されている。たとえば、クラウドソーシングから獲得できる成果物の質の保証、人的資源供給数を維持するための作業者のモチベーション管理、人々が気持ちよく仕事に従事できる環境としての健全性の保証などが挙げられる。

1.3 内容：作業者のスキル向上支援

特に、現状のクラウドソーシングにおける最大の問題は作業者を育てるという意識の欠如、すなわち「作業者の使い捨て」である。成果物の質を担保するために、多くのクラウドソーシングプラットフォームでは、作業者の成果物に依頼者が満足しない場合には依頼者は報酬の支払いを拒否することができる。あるいは、これまでの履歴から能力が低いと判断された作業者が以降仕事を引き受けないように事前選別することもできる。短期的な視点では、質の高い成果物を得るためにこれらの方策は有効だろう。しかし、将来能力が向上するかもしれない作業者の労働意欲を低下させクラウドソーシングから締め出すことにもつながり、これらの方策は作業者の継続的なクラウドソーシングへの参加を阻害する。従来の長期的な労働契約のしくみにおいて実施されている研修や仕事の内容の調整による労働者育成が、これまでクラウドソーシングにおいては取り込まれてこなかった。

解決策として、クラウドソーシングプラットフォームによる「作業者のスキル向上支援」が有効だと考えられる。作業者の現在のスキルと仕事で必要とされるスキルを推定し、作業者に適切な仕事を適切な順番で提示することで作業者の自然なスキル向上を促すシステムの実現を目指す。具体的には、統計手法により、作業者及び他の作業者の仕事の履歴と仕事の情報から各作業者のスキルと仕事の要求スキルを推定し、作業者が最終的に獲得したいスキルに到達するのにふさわしい仕事を推薦する仕組みを構築する。

1.4 技術的インパクト

作業者のスキル向上を支援するクラウドソーシングの構想はいくつかの文献で紹介されているが、実際にシステムの開発を行なったのは、翻訳に特化したサービス Duolingo (<http://duolingo.com>) のみである。Duolingo は、Web 上の文書の多言語への翻訳を目的とした報酬をとまわらないクラウドソーシングである。初期段階では学習者はあらかじめ用意された練習問題を解きながら新しい言語を学び、徐々に実際の文書翻訳に従事していく。本研究と Duolingo の目的は同一であるが、本研究は多種多様な仕事に適用できる汎用的な支援手法の開発を目指す。

作業者の能力に応じて仕事を提示するという問題は、TOEFL に代表されるコンピュータ適応型テストにおいて適切な設問を提示するという問題と一見類似している。しかし、コンピュータ適応型テストでは「作業者の能力を正確に測るための問題」を選択するのに対して、本研究では「作業者が目標スキルに到達するための仕事」を選択するため根本的に異なっており、仕事や設問の推薦に新たな視点を提供する。

教育分野において、本研究と同じく能力を伸ばすための設問を提示する問題は Adaptive Learning と呼ばれ近年実用化されつつある (<http://www.knewton.com>)。しかし、クラウドソーシングでは教育的テストと異なり、成果物の「正解」が与えられない状況で各成果物の品質とそれにもとづく作業者のスキルを推定する必要がある。そのため非常に挑戦的な課題ではあるが、既にクラウドソーシングの文脈で成果物の品質を推定する手法を提案しており [1, 2]、これらの手法を発展させ仕事の要求スキル推定と仕事推薦を実現する。逆に言えば、本研究の実現により正解がわからない状況での能力推定や問題の要求スキル推定、能力と問題のマッチングを達成できることになり、クラウドソーシングのみならず教育分野においても貢献が見込まれる。

2 知のコンピューティングとの関係

本研究は、知のコンピューティングの俯瞰図のうち「①知の集積・伝播・探索」と最も関連が深い。人々が有する知恵を集結させるため「どの人にどのような知恵を提出させるか」「どのように人々を動機づけるのか」「人々を学ばせ、よりより知恵を提出させるにはどうすればいいのか」といった課題の解決を目指すものである。

3 社会的インパクト

本研究で実現するスキル向上支援手法により、作業者がクラウドソーシングにおいて仕事を行いながらスキルを伸ばせるようになり、作業者全体の能力向上が見込まれる。これにより、クラウドソーシングを、知識を集積させる基盤として信頼性の高いものにできる、また、作業者に自身のスキルを活かせる仕事を提示することで労働意欲を向上させ、作業者の離脱の少ない労働力が安定的に供給される基盤にすることができる。以上により、人々の知恵を集結する基盤としてクラウドソーシングの利便性向上を見込める。さらに、本研究の成果はクラウドソーシングのみならず、企業や教育機関における人材育成にも貢献することが期待される。

参考文献

- [1] Y. Baba, H. Kashima. Statistical Quality Estimation for General Crowdsourcing Tasks. In Proc. the 19th ACM SIGKDD Conference on Knowledge Discovery and Data Mining (KDD), 2013.
- [2] S. Oyama, Y. Baba, Y. Sakurai, H. Kashima. Accurate Integration of Crowdsourced Labels Using Workers' Self-reported Confidence Scores. In Proc. the 23rd International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI), 2013.

ポジションペーパー

東京大学 大学院工学系研究科 准教授 松尾豊

現在の研究テーマおよび社会的インパクト：

現在、私は、ウェブマイニング、特にソーシャルメディアからのマイニングの研究を行っている。例えば、ブログの情報から選挙結果を予測する、twitterの情報から地震の発生や渋滞の発生を早期に検知する、検索の情報からアジア各国でのマンガやアニメ等のコンテンツの人気を予測するなどである。こうした研究成果を基盤に、いくつかの重要な方向性に向けた研究を進めている。

ひとつは、データを分析・予測した結果を用い、知のアクチュエーションとあわせることで、より早く系を最適化する研究である。典型的には、ウェブサイトやウェブ上のサービスの最適化をデータに基づいて行うことが該当するが、仮説の生成、デプロイ、それに基づく結果の分析というループを高速に回すことで、この系が非常に高い最適化能力を発揮するようになる。多くの社会システムが、長い時間をかけてゆっくりとこのループを回しているのに対し、データを観測し、すぐにデプロイすることができれば、複雑な社会システムでも非常に短期間に最適化できる可能性がある。そのためには、例えば、(i)長期的な効果をより短期に表すような指標の相関を求めそれを最適化の KPI とする（早い KPI を見つける）こと、(ii)デプロイがより容易に早くできるような環境を整備すること、(iii)またサンプル数と最適化し得るモデルの自由度の関係を把握することなどが課題になる。こうした課題を解決していくことで、取得可能なサンプル数と時間的制限のなかで、必要最小限の部分を人間の知らないしはモデルによって定め、残りの部分をデータによって最適化するというアプローチが可能になる。これまでモデルが仮定されることの多かった社会学や経済学を大きく変えることが期待される。また、個人や企業、国の意思決定能力を高め、変化に合わせて戦略を変えていくための重要な手段となる。

もうひとつは、深層学習（Deep Learning）の研究である。データの分析や予測において、変数をいかに設定するかは重要な問題である。機械学習では素性生成とよばれるが、適切な素性を生成もしくは発見することができれば、データに適合したモデルを見つけ出すことはそれほど難しくない。この素性生成の

ための大きなブレイクスルーが、深層学習という形で現在、米国やカナダを中心に急速に研究が進んでいる。私は、JST のさきがけ研究のなかで、まさにこうした素性生成の仕組み、ならびにその得られた素性と言語との関連を研究してきたが、人工知能のさまざまな技術を進展させ、知のコンピューティングを産み出すために、この深層学習をさらに進展させることは、非常に重要である。深層学習は、まだその端緒に過ぎず、今後、(i)時間的なデータへの拡張、(ii)自己の行動を含んだデータへの拡張、(iii)言語との関連の追求、(iv)社会的な概念やより抽象的な概念との関連の追求、といった形で、順次進展していくはずである。深層学習の研究は、まさに人工知能のこれまでの限界のひとつを突破するものであり、究極的には、人間より予測能力の高いコンピュータを作ることができ、また言語が指す意味的な様相を理解し扱うことのできるコンピュータを作ることにつながると考えられる。

知のコンピューティングとの関係

②に該当する。(また、より包括的には①と③、④も該当する。)

クラウドソーシングにおけるメカニズムデザイン

- 知のワークフロー構築に向けて -

京都大学 大学院情報学研究科 社会情報学専攻

准教授 松原繁夫

1 現在の自身の研究テーマ

1.1 タイトル

クラウドソーシングにおけるメカニズムデザイン

1.2 研究内容

クラウドソーシングとは不特定多数にタスクを依頼する新たな問題解決手法である。近年、クラウドソーシング市場の一つである Amazon Mechanical Turk を利用した研究が増加しており、また、クラウドソーシングを謳う企業が日本にも現われるなど、産学双方で注目を集めている。

コンピューティングという側面から見れば、クラウドソーシングは人の労働力を計算資源と見なし、それをプログラムの一要素とすることで問題解決を図っている。単に、計算機が担っていた作業をワーカに依頼するだけではなく、品質保証やプロセス全体の効率化を実現するために計算機科学の知見が組み入れられている。この点で、クラウドソーシングは人と機械の共創を体現するものと考える。

例えば、視覚障害者のために写真の内容をテキストで記述するタスクを考える。このタスクにおいては、単に一人のワーカに記述を依頼するのではなく、複数のワーカに記述を依頼し、その後、別のワーカに複数の記述案の中から良いものを投票させるといった処理を行うことで、品質が改善するという実験結果が報告されている。ここでは、どの段階で投票に移行するのかなどワークフロー制御が必要となるが、意思決定論に基づく制御法が提案されている。

さて、ワーカをプログラミングの対象とするときに、最も重要なことはワーカに対するインセンティブ設計である。Amazon Mechanical Turk では不誠実なワーカの存在が報告されている。例えば、書誌の同定判定タスクなどにおいて、内容を確認せず、ランダムに一致／不一致を選択するような行動である。このようなワーカが存在すれば、得られる結果の品質が低下する。このような問題に対し、筆者はメカニズムデザインのアプローチを採っている[1,2,3]。

メカニズムデザインは計算機科学と経済学の

境界領域として発展してきている。基本となる考え方は、エージェント（ワーカ）が利己的に振る舞うとの仮定の元で、システム設計者（タスク依頼者や運営者）の目的（タスクの品質向上、費用削減）を満たすためのメカニズム（タスクの割当法や報酬額設定法）を見つけることと言える。適切なメカニズムを設定することで、転ばぬ先の杖の提供を目指すものである。

筆者が具体的に扱っている問題は、不誠実なワーカを排除する報酬設定法と、効率的な問題解決を可能とするタスク割当法の開発である。前者は、報酬を固定額とするのではなく、初期支払いとボーナスに分け、作業結果が良ければボーナスを支払うとするものである。単に初期支払いとボーナスに分けるのではなく、不誠実ワーカの排除を保証する支払い額の組の計算法を提案している[1]。こうすることで、不誠実ワーカが自ら成果報酬型タスクを避けるように仕向けようとのねらいであり、初期評価では不誠実ワーカの排除に成功している。この種の問題には、EM アルゴリズムなどを用いてノイズを除去するといった機械学習に基づく方法が存在する。これが事後の処理であるのに対し、メカニズムデザインは、転ばぬ先の杖を与える事前の処理と考えることができる。

成果報酬はタスク依頼者側に対する支援であるが、ワーカ側への支援も必要である。後者については、ワーカ側への支援も必要と考える。クラウドソーシングの特徴の一つはタスク選択がワーカ主導で行われる点であるが、戦略的なタスク選択を行う余地が存在する。単純な割当法では、ワーカ個々が戦略的行動に動機づけられ、結果としてワーカ全体の効用が低下することになる。いわば囚人のジレンマの状況にあると言える。この問題を解決するために、事前に全体としての選好分布が分かっているとの仮定の元で、虚偽申告を防ぐタスク割当法を提案している[3]。

1.3 技術的インパクト

メカニズムデザイン研究においては、オークションなどを対象に知見の蓄積が図られてきている。しかし、これまではメカニズムを設計しても実際に試行する場を得ることが困難であった。それに対して、

クラウドソーシングは、まだ揺籃期にあると考えられ、設計、実証実験、評価、改善というサイクルを回すことが可能である。逐次改善は他分野では特筆すべきことではないかも知れないが、メカニズムデザイン領域でその方法論を確立することは大きな価値があると考える。例えば、成果型報酬において、初期支払いを0とする場合と小額の支払いを行う場合を比較すると、モデル上では差がないが、実験すると、後者の方が不誠実ワーカー排除に効率的といった結果が得られている。詳細な分析はこれからであるが、このような差を発見して、モデルの予測能力を向上させることは価値がある。

また、インセンティブのベストミックスに関する知見が得られると期待できる。Mechanical Turk は金銭的対価を支払う形態のクラウドソーシングである。しかし、GalaxyZooに見られるような天文学分野での銀河画像分析など、社会的な興味はあるが十分な予算が存在しない課題も存在する。このような課題に対しては、金銭的報酬だけでなく、称賛・名誉、楽しみ、人との交流、自己のスキルアップなど様々なインセンティブをどう組み合わせるかという技術的課題が存在する。筆者は、別のプロジェクトにおいて、ボランティアのインセンティブに関する調査を実施しており、そこで得られた知見などを合わせて、検討を進めている。

2 知のコンピューティングとの関連

知のコンピューティングの実現に向けて、本研究が貢献したいと考えるのは「③知のアクチュエーション」である。集積した知や発見された知を社会に適用する際には、その社会的受容性をどうやって高めるかという別の知が必要である。これには、技術面での専門家だけでなく、フィールドにおけるステークホルダからの意見・アイデアを得ることが必要である。

まず、本研究ではクラウドソーシングを対象に、参加へのインセンティブ、労力提供へのインセンティブの仕組みを明らかにしようとしている。これにより、知のアクチュエーションという場面においても、各ステークホルダに議論参加のインセンティブを与えることができる。これには、各ステークホルダが所有するデータを議論の場に提供するといったことも含まれる。つぎに、クラウドソーシングは新たな意見を付け加えたり、投票で良いものを選択したりするなど、知をまとめ上げる過程と考えることができる。ここで、クラウドソーシング型問題解決の特長は、意思決定過程を可視化できるという点である。社会的受容性の向上という点では、例えば、パブリックミーティング開催といった形態をとる場合もあるが、アイデアがどのよう

に採用され精練されていくかが透明ではないため、多くの関心を集めにくいと言える。このような困難をクラウドソーシングは解決する可能性があると考える。

3 社会的インパクト

クラウドソーシングに関しては以下のように考える。現在の情報検索の利用と同じように、依頼者はクラウドに依頼することで日常の多くの問題を解決できるようになる。特に、弱者への行動支援といった領域において、大きな変化が見られると考えられる。また、ワーカーは依頼者からフィードバックを得ながらスキルを修得することが可能になる。これは、例えば、適切な依頼者とのマッチングを通して翻訳者としてのスキルを段階的に獲得することが考えられる。

より大きな文脈で考えると、物の生産に関して、工場内に組み立てラインを構成し、それを科学的に分析することで、生産効率を大きく改善することが可能になった。これからは、知の生産に関して、個々の作業・アイデアを組み合わせるためのワークフローを構成し、それを科学的に分析することで、知の生産効率を大きく向上させ得ると考える。

補足

クラウドソーシングに関する研究会を、小山聡氏（北海道大学）、鹿島久嗣氏（東京大学）、櫻井祐子氏（九州大学）、馬場雪乃氏（東京大学）、森嶋厚行氏（筑波大学）らと立ち上げ、活動を始めている。

参考文献

- [1] 王美楽, 松原繁夫. クラウドソーシングにおける不誠実ワーカーの排除に向けた報酬設定法の提案. 合同エージェントワークショップ & シンポジウム (JAWS2012), 2012.
- [2] Huan Jiang, Shigeo Matsubara. Improving Crowdsourcing Efficiency Based on Division Strategy. IEEE/WIC/ACM International Conference on Intelligent Agent Technology (IAT-12), 2012.
- [3] 松原繁夫, 水島拓也. クラウドソーシングにおける複数タスク割当て. 2013 年度人工知能学会全国大会(第27回)予稿集, 2013.

ポジションペーパー

所属 公立はこだて未来大学

役職 教授

氏名 松原 仁

現在の研究テーマ

タイトル コンピュータに星新一のようなショートショートを自動生成させる研究
(プロジェクト名 きまぐれ人工知能プロジェクト 作家ですよ)

研究内容

コンピュータに芸術作品を創作させることは人工知能の研究にとって野心的なテーマである。また人間とコンピュータがいまよりもうまくコミュニケーションを取るためには、いわゆる人間の感性を理解する能力をコンピュータが持つことが必要と思われる。

音楽や絵画においてはコンピュータが作品を創作させる試みがかなり以前から進められおり、それなりの作品が創作されるようになっている。俳句をコンピュータに創作させる研究はなされておりそれなりの作品もできているが、それは俳句に575という強い制約があることが大きい(和歌や詩の自動生成の研究もあるが同様である)。散文の作品は制約が弱いために非常にむずかしい。ほとんど試みられていない、あるいは試みられてもまだ一定水準以上の作品の創作は失敗に終わっていると言ってよい。

ここではショートショート(おおむね8000字以内の短編小説)をコンピュータに創作させるプロジェクトの前半部分を実施する。参考にすべき作家として星新一を選び、彼のような作品を作ることを目指す。星新一を選んだ理由は、

- (1) 1000作以上の高水準のショートショートを書き留めて作品が相対的に多いこと。
- (2) いわゆる落ちがある作品で物語の構造が明確であること。
- (3) 著作権継承者である星マリナ氏(および新潮社)から作品の提供を含めて全面的な協力が得られること。
- (4) 星新一の作品の物語構造に関する研究(たとえば佐藤千恵他:星新一ショートショート文学の物語パターン抽出、情報知識学会、vol.20,no.2,pp.123-128 など)が存在してその結果が利用できること。

などの理由による。作家の瀬名秀明氏にも本プロジェクトに全面的に協力してもらっているが、彼によると人間の作家も過去の作品を検討していままでにないパターンを検索することであり、それであればコンピュータはランダムな探索が得意なので新しいパターンを見つける可能性があるのではないかと考えた。長編の小説の創作は今のコンピュータにとってはほぼ不可能と思われるが、ショートショートは新しいアイデアが勝負であり、それであれば今のコンピュータにも挑戦できる可能性があると考えた。プロジェクトの最終的な目標は、人間に一定の評価をしてもらえるショートショートをコンピュータに創作させることである。一定の評価とはブラインドテスト(コンピュータが創作したことを伏せてペンネームで人間が創作したように装う)で雑誌やインターネットで公開して評論家から好意的な書評をもらう、文学賞(たとえば星新一賞)に応募して入選など高い評価を受ける、などを想定している。

本研究には以下のような意義があると考えている。

- (1) 従来コンピュータにとってむずかしいとされている芸術の創造を、限定的にでもコンピュータが扱えることを示す。

- (2) 将来に人間を楽しませるエンタテインメントコンテンツ(本研究の場合はショートショート)をコンピュータが創作して(人間の作家に代わって)提供できる可能性を示す。
- (3) 人間の作家(本研究の場合は星新一)がどのようにして作品を創作しているのかについての認知科学的な知見を得ることができる。

プロジェクトは松原仁、中島秀之、角薫、迎山和司、平田圭二(はこだて未来大)、佐藤理史(名古屋大)、赤石美奈(法政大)、村井源(東工大)、瀬名秀明(作家)というメンバーで進めている(適宜増強中である)。

研究は開始したばかりであるが、星新一作品のタイプの分類、星新一の文に対するタグ付け、星新一に近い人へのインタビュー、ツイッター小説の試作、星新一作品類似度判定プログラムの開発などを行なっているところである。

技術的インパクト

新しいものを創造するときには既存のもの真似から始めてそれに自身の色付けを加えていくと考えられるが、この研究によってその仕組みのモデルを構築できると期待している。これは星新一だけでなく他の作家にも適用可能であり、散文だけでなく他の領域にも適用可能と考えている。

コンピュータは理性の方面についてはかなりの成果をあげてきているが、感性の方面については非常に弱いと言わざるを得ない。人間は理性と感性の両面を持っているので、コンピュータが今以上に人間とコミュニケーションをうまくとるためには感性の方面を強化する必要がある。本研究はコンピュータに感性を理解させるための基礎となることが期待される。

知のコンピューティングとの関係

いくつかに関係するが、主に①知の集積・伝播・探索に関係すると考える。いま流行しているビッグデータは文字通り膨大なデータから統計的な傾向を見出すことを主な方法論としている。それは人類の平均像の知を知ってビジネスに結びつけるには有効であるが、人類の少数の上位の知を吸い上げることはできない。人類の発展に貢献してきたのは、そしてこれからも貢献するのは上位の知である。上位の知を智として再利用可能な形で形式化する方法論が必要である。上位の知は大量には存在しないので、少量の知から智を取り出す技術の開発がビッグデータとは別に求められる。本研究は平均像の散文を知ることが目的ではなく、星新一というごく上位の散文を知ることを目指している。1000程度の少数のデータと他の知識から星新一の智を抽出する(星新一のようなショートショートを創作する)ことができれば、それは他の領域にも適当可能と考える。

社会的インパクト

これまでの人工知能はもっぱら「むずかしい問題を解く」タイプのグランドチャレンジが多かったが、この研究は「新しいものを作る」という新しいタイプのグランドチャレンジである。星新一という著名な作家の作風の作品をコンピュータが創作できれば(プロジェクトを開始するというだけで大きなインパクトがあったので)非常に大きなインパクトがあると期待される。

集団知性の創発に関する研究

個々の個体が知性を持っていなくても、集団として極めて知的な活動を示すことが知られている現象がいくつかある。蟻や蜂などの昆虫は、それぞれの個体は単純な行動を行うが、群れの全体としては極めて合目的な、知的な振る舞いを示す。進化生物学においては、個体が利他的行動を行うことによって集団の優位性を得ることが知られている[1]。

地球上の生物はその全体の系を考えた時に、40億年の長い間にわたって極めて巧妙に環境の変化に対応して生き残ってきている。個々の個体が持っている知性に限りがあったとしても、系全体としてはシステムの存続という目的を達成するための知性を発揮していると見ることができるだろう。

人間社会においても、集団になることで個々の個人の知識のレベルを越えた知見を得ることができる。ジェームズ・スロウィッキーは「みんなの意見は案外正しい」[2]で、素人の集団の知性が、個別の専門家の知性のそれを上回ることを示した。この人間による集団知性の最も期待できる応用は未来予測への応用である。Google や Microsoft などの会社は、既に企業の意思決定に、集団による予測を取り入れているとされている[3]。

現在のインターネットは我々が把握できる複雑さを超えていて、常に変化している。その全体像を把握することはできないが、ある高次の抽象度からインターネットを眺めると、それは知性を持った主体として捉えることができるかもしれない。知性を持っていることのテストとして、チューリングテストのようなものを考えれば、現在のインターネットは、その裏にある何十億の人々の営みも含めて考えれば、明らかに知性を持っていると言えるだろう。ただ、その「知性」や「人格」はどの1人のネットユーザーにも代表されることなく、全体としての創発と言えるだろう。

集団知性は、我々が普通に「知的」と考えるタイプの知性でない形で創発される可能性がある。空を飛ぶ機械を作るためには必ずしも鳥を模倣する必要はなく、別の原理で飛行する機械を作ることが可能である。工学的な「知」を考える時、その知性とは、我々が普段考える人間の「知性」の特性を備えなくてもよいかもしれない。Singularity の提唱者の1人であるSF作家の Vernor Vinge は、その作品「遠き神々の炎」の中で、個体が群れをなすことで独自の人格を作り出すことのできる異星の生物を描いている。

「知性」とは何か、その謎に、科学が真剣に取り組む時代に来ているのではないか。

知のコンピューティングサミット ポジションペーパー

1. Yochai Benkler, The Unselfish Gene, Harvard Business Review, July 2011.
2. ジェームズ・スロウィッキー, 「みんなの意見」は案外正しい, ISBN-13: 978-4042977018, 2009.
3. ドナルド・トンプソン, 普通の人たちを予言者に変える 「予測市場」という新戦略—驚異的中率がビジネスと社会を変革する, ISBN-13: 978-4478021279, 2013.
4. ヴァーナー ヴィンジ, 遠き神々の炎(上/下), ISBN-13: 978-4488705015, 1995.

④インフラ：

「サービスの相互運用性確保のためのオントロジー工学的
サービスインフラストラクチャ」

溝口理一郎

サービスサイエンス研究センター・教授
北陸先端科学技術大学院大学 (JAIST)

1. まえがき

近年、産業界ではこれまでの、もの依存の技術開発から、もの依存性の少ないサービスへと移行が進んでいる。その意味で、知のコンピューティングとしてのサービスサイエンスは今後益々、その重要性が増すものと思われる。しかし、サービスは多様である。機械が単独で実行する自動販売機から普通の人間が実行するレストランの店員の接客サービス、単に洋服を作っている Taylor (仕立屋) の洋服作成サービス、さらには、普通は実行されない災害保険サービスなど実に多様である。仕立屋業がサービスであれば、車を作っているトヨタもサービス業になってしまう心配が生まれる。自動販売機がサービスであれば家のテレビもサービスになってしまう。保険金を支払うことを保険のサービスと見なすと、多くの顧客はサービスをしてもらわないことになる。これらの問題を解決して、正しい「サービス」だけを説明するコンピュータモデルが必要とされている。そのためには、サービスが持つ本質的性質を浮き彫りにしたサービスオントロジーを構築する必要がある。このオントロジーは Semantic Web で言われる Light-weight なオントロジーでは駄目であり、対象の深いモデリングを支える Heavy-weight なオントロジーでなければならない。

今後、到来するであろうサービス社会では、出来るだけ多くのサービスがシームレスに相互に連携して相互運用されることが必須となるが、そうなる初めて多種多様なサービスを一般市民が享受する真のサービス社会が実現する。本研究はそのようなサービス社会の実現に貢献することを目的とする。

2. 技術の内容

2.1 研究目的

「サービスのオントロジー的考察[1]に基づくサービスシステムのオントロジーを構築することによって、多種多様なサービスのシームレスな相互運用を可能にし、創造された知の蓄積を活用して、市民が心豊かに暮らすために必要なサービス設計を促進しつつ 市民に優しいサービス社会の実現に貢献する」

2.2 サービス連携における困難さ

(1) レベルが違おうまくマッチングしない。

サービスには Layer がある[1]。基底のレイヤーは従来の装置が利用者にもたらしていた物理的なレベルにおける作用（例えば、マッサージ師が顧客の体をマッサージする、扇風機が風を送る、エアコンが部屋の温度を一定に保つことなど）がある。その上位のレイヤーには、商品の説明をする店員の接客サービスがあり、更にその上位には売買が成立した後の代金の支払いと商品を交換するサービスなどがある。サービスの相互運用にはこれらの Layer を考慮して連結する必要がある。

(2) 機能していない時にもサービスしている（保険、消防など）

保険サービスは他のサービスと大きく異なる。火災保険を例にとると、保険金が支払われることをサービス実行と理解すると、支払いが発生するのは火事が起こった後であるが、通常は火事が起こらないので、サービス機能は発揮されておらず、発揮されていないことに対してもサービスを受けていると理解する必要があるが、その実体は物理的なものではない。それは火事が起こって家が焼失しても、保険金が支払われることを確信することで生まれる「安心」である。

(3) サービスの部分サービスの同定とその連結

すべてのサービスは部分サービスに分解することが出来る。そうやって生まれる部分サービスに上で述べた問題が現れる。部分サービスを連結して全体のサービスがうまく機能させるためにも上の二つの問題を解決する必要がある。

(4) Kotler のサービストライアングル

サービスの図的モデルとして著名な Kotler の三角形では上の頂点にサービス提供者（組織）、左下の頂点にサービス実施者、そして右下の頂点にサービス受益者（顧客）が配置されており、底辺で実際のサービス作用が発揮される。左の辺は社内におけるサービス実施者の訓練やサービス実行環境の整備などが行われ、右辺ではサービスの質保証を含めた広告活動が行われる。これが意味することは、すべての行為全体でサービスシステムが構成されること、そして、サービスの核となるものは底辺でのサービス実施である。ところが、従業員訓練をアウトソーシングすることを想定すると、その委託先組織は、訓練サービスを実行することになり、広告をアウトソーシングすると、それを実行する広告代理店は広告サービスを実行していることになる。すなわち、どれが本質的サービスであるかと言うことは、三角形のコンテキストでのみ言えることであり、絶対的なものではないことに注意する必要がある。サービスオントロジーはこれらのことに対処できる必要がある。

(5) サービス記述における視点の問題

サービスのモデリングに大きく影響する視点として、プロバイダーの視点と利用者（サービス受益者）の視点がある。いずれの視点で見ても等価なモデルである必要がある。そして、重要なことはサービスの本質は利用者（サービス受益者）の視点で見るところにある。

3. 技術的インパクト

サービスサイエンスの重要性が叫ばれるようになって久しいが、未だにサービスの包括的定義やコンピュータモデルは存在しない。マーケティングの分野で生まれた概念であるため、経済的視点からの定義はそれなりに良いものがある[2]。しかし、それはあくまでもマーケティングや経済学の視点での理論や定義であり、市民の生活に直接関わるサービスのモデルとしては不十分と言わざるを得ない。本研究は一般市民にとって意味のある真のサービス社会を実現するために必要な、工学的視点に立つインフラとしてのサービスの包括的モデルを開発する。

4. 社会的インパクト

サービスはもの依存性が少ない、サステナビリティに富む、エコな技術である。その意味で、サービスは持続性が担保された 21 世紀の社会の実現に必須の技術であろう。本研究は、創造された知の蓄積を有効利用して、市民が心豊かに暮らすために有用なサービスを設計・実現するプロセスを促進し、多種多様なサービスをシステムレスにつなぎ、連携させることによって、一般市民が真にサービスを享受して心豊かに暮らすことに大きく貢献する。

一方、近代技術は精緻化し、巨大化し、ブラックボックス化して、一般市民には理解の及ばない、不可解なものになりつつある。技術はもっと市民の生活に寄り添いつつ、それを豊かにすることに直接貢献する「人に優しい」ものでなければならない。従来技術は、技術者目線で語られてきたが、サービスは本質的には「機能」、すなわち利用者（一般市民）が実際に欲する「有益な作用」であり、技術を利用者目線で見直したものと言うことが出来る。サービスは単なる技術にとどまるものではない。サービスは、心豊かな生活が実現される社会を「紡ぎ出す」enabling technology にまで発展しなければならないが、それこそが本研究が目指すものである。

<参考文献>

[1] 住田, 來村, 笹嶋, 高藤, 溝口: オントロジー工学に基づくサービスの本質的性質の考察, 人工知能学会論文誌, Vol.27, No.3 p.176-192, 2012.

[2] Vargo, Stephen L. and Robert F. Lusch: Service-dominant logic: continuing the evolution, J. of the Academic Marketing Society, 36:1-10, 2008

クラウドソーシングを征する国は未来を征する ー公共クラウドソーシングインフラの構築と産学官連携の重要性ー

筑波大学

図書館情報メディア系/知的コミュニティ基盤研究センター教授

森嶋厚行

概要 クラウドソーシングは、インターネットの出現により現実的となった、問題解決のための新たな組織化の形態である。クラウドソーシング研究を推進して得られる科学的知見は、自然災害など有事の問題解決や、各種産業における国際競争力の強化などに多大な貢献をもたらす。クラウドソーシングが引き起こすイノベーションを先導し、国益とするためには、多様な分野の研究者からなるコミュニティの構築、公共クラウドソーシングインフラの構築と研究利用、社会基盤化に向けた産学官の連携が必要である

1 なぜクラウドソーシングか

不特定多数の群衆に仕事を委託するクラウドソーシングは、インターネットの普及と共にその可能性が注目を集めており、既に国内外において数多くのクラウドソーシングサービスが立ち上がり、活用が始まっている[6]。例えば、米国では Amazon's Mechanical Turk や CrowdFlower, 日本においても、ランサーズ、クラウドワークス、Yahoo!クラウドソーシング、インフォコム社の CrowdSolving, リアルワールド社の Crowd 等、様々な形態のクラウドソーシングサービスの提供が始まっている。

クラウドソーシングが注目を集めている理由は数多くある。産業界においては人件費削減手法の一つとしてとらえられる事もあるが、本質的に重要な理由の一つは、世の中にはクラウドソーシングが唯一の解決のアプローチである問題が多々存在することである。例えば、計算機による解決方法がわかっていない問題、アルゴリズムはわかっているが全自動システムの完成を待つ時間が無い問題、また、専任の人を用意すれば良いことはわかっているがその確保の目処が立たない問題等の場合、適切に問題を分割し、クラウドソーシングを行う事が唯一の選択肢となる事がある。

我が国においては、2011年の東日本大震災が、クラウドソーシングによる問題解決が重要なアプローチであることを再認識する機会となった。例えば、安否情報を確認するため

の Google Person Finder や、被災地情報を集める Sinsai.info 等は、クラウドソーシングが問題解決の有効で現実的なアプローチであることを示す良い事例となった。

2 科学の対象としてのクラウドソーシング

ー人と計算機の知の融合ー

クラウドソーシングとは、ネットワーク技術の発達により現実的な選択肢となった組織の形態であると言える。一般には、「ネットワークを通じて、不特定多数の群衆に仕事を委託すること」と表現されるが、その問題の本質は、問題解決のための組織を、ネットワークを通じてアクセス可能な人資源と計算機資源を柔軟に組み合わせて構築する「人と計算機の知の融合」である。

クラウドソーシングには様々な形態があり、一つの分類としては、誰でも簡単にできる仕事を行うマイクロタスク型、タスクに対する結果を提出し採用すれば報酬が与えられるコンペティション型、タスクに対する適切な人材を発見するためのマッチング型などにわけられる。これらの形態を与えられた制約の下で組み合わせ、さらに計算機資源による処理とも組み合わせ、与えられた問題を迅速に、かつ適切に解決する組織を構築し処理する仕組みが望まれる。しかし、現時点では、与えられた問題をこのような形態において適切に分割し、問題を解決するための体系的な知識を人類は手に入れていない。

クラウドソーシングに対して科学的にアプローチするためには、既存の一分野にとらわれない、分野横断型の取り組みが必要とされる。例えば、ソフトウェア工学、データ工学、機械学習、ヒューマンコンピュータインタラクション、認知科学、メカニズムデザイン、社会学、法学など、様々な分野からの参加と連携が必要とされる。

3 公共クラウドソーシングインフラの構築に向けてー Crowd4U プロジェクトー

クラウドソーシングの効果的・迅速な研究推進のための有効なアプローチの一つは、公共機関がスーパーコンピュータを保持するの

と同様、公益・学術目的のクラウドソーシングインフラを構築することである。これにより、研究者がクラウドソーシングインフラの内部に容易にアクセス可能となり、商用のクラウドソーシングインフラでは実現困難な柔軟・迅速な研究を推進することが可能となる。

筆者は、JST さきがけ研究「情報環境と人」領域(H22-25年度)「人と計算機の知の融合のためのプログラミング言語と開発環境」および科研費基盤研究A(H25-28年度)「データ中心型クラウドソーシングプラットフォームの高度化とその応用に関する研究」等の予算を得て、非営利・公益・学術目的のクラウドソーシングプラットフォーム Crowd4U の構築を通じたクラウドソーシング基礎・応用研究を進めている[2][4]。筆者は特に、複雑なクラウドソーシングを迅速に実現するソフトウェア工学・データ工学の研究を行っている[1]。また、他の研究者と協力して、各種基礎研究や、公益・学術目的の応用プロジェクトも推進しており、例えば、国立国会図書館と協力した書誌情報の品質向上支援[3]や、竜巻の経路推定を事例とした災害時におけるクラウドソーシング活用の研究などを行っている。2013年6月時点で20大学・組織から41名の研究者の協力を得て研究・運用を進めているが、このような取り組みは世界的にも先進的な事例の一つである[7]。

4 社会的インパクト

公共クラウドソーシングインフラの構築、また、その結果としてクラウドソーシングの研究が進展する事による社会的インパクトとしては、次が考えられる。

(1) 公共の高度クラウドソーシングインフラを持つことにより、災害時などには有事の問題解決プラットフォームとして、また、日常では、数多くの公益・学術問題支援のためのインフラとして活用可能である。有事の際に、クラウドソーシングが有効な問題解決アプローチの一つであることは既に証明済みである。また、多くの学問において、データクリーニングやデータ作成など、ヒューマンコンピューテーションが必要な問題は多く、本分野以外の学問の発展にも寄与できるインフラとして活用可能である。

(2) 競争スピードの速い産業領域においては、柔軟に組織を構築する能力が今後の国際競争力に直結すると考えられる。クラウドソーシングに関する科学を進展させ高度クラウドソーシング技術とインフラを持つ国が、こ

れらの競争で有利になる可能性は高い。例えば個人で1000人を雇用するベンチャーを立ち上げる事が簡単にできる国の国際競争力は格段に向上するであろう。

5 産学官連携の重要性

クラウドソーシングは、当初よりタスクの依頼側に対するメリットが注目を集めてきた。一方、タスクを行う側については、労働時間の柔軟性や、高年収の事例が近年PRされているものの、一般的には、仕事単価の低下や、労働者保護の視点の欠如等が問題とされており、必ずしも完全に社会に受け入れられているとは言えない状況である。しかし、計算機ネットワークが可能とした新しい組織形態が世界的な範囲で浸透・活用されていくことが不可避である以上、公正な仕組みとしてのクラウドソーシング技術を確立し、社会基盤とするために、産学官連携による取り組みが必須であると言える。筆者は、Crowd4Uでの基礎研究の主たる研究協力者でもある小山聡氏(北海道大学)、鹿島久嗣氏(東京大学)、櫻井祐子氏(九州大学)、馬場雪乃氏(東京大学)、松原繁夫氏(京都大学)らと共に、産学官連携に向けての取り組みを2012年より開始し、その第一歩としてクラウドソーシング研究会を開催している[5]。

参考文献

- [1] Atsuyuki Morishima, Norihide Shinagawa, Shoji Mochizuki. The Power of Integrated Abstraction for Data-centric Human/Machine Computations. VLDS2011, pp. 5-9, Sep. 2011.
- [2] Crowd4U. <http://crowd4u.org>.
- [3] L-Crowd: 図書館×クラウドソーシング. <http://crowd4u.org/lcrowd>.
- [4] Atsuyuki Morishima, Norihide Shinagawa, Tomomi Mitsuiishi, Hideto Aoki, Shun Fukusumi. CyLog/Crowd4U: A Declarative Platform for Complex Data-centric Crowdsourcing, PVLDB 5(12): 1918-1921 (2012)
- [5] クラウドソーシング研究会. <https://sites.google.com/site/crowdsourcingresearch/>.
- [6] 森嶋厚行「ソーシャル・クラウドソース」, 研究開発の俯瞰報告書電子情報通信分野(2013年), 科学技術振興機構研究開発戦略センター, pp. 176-181, 2013.
- [7] Atsuyuki Morishima. CyLog/Crowd4U: A Case Study of a Computing Platform for Cybernetic Dataspaces. Handbook of Human Computation, Springer, 2014. (Invited Chapter, to appear)

「知のコンピューティング」ポジションペーパー

山川宏

(株)富士通研究所 ソフトウェア技術研究所 研究員 山川 宏



1. 現在の研究テーマ:

タイトル: 脳のフレーム生成原理の解明から目指す汎用人工知能の実現

研究内容: 個別のタスクでは人をしばしば凌駕してきた人工知能(AI)も、多様なタスクに自律的に対応する汎用性は未だ人に遠く及ばない。そこで私は脳の機能的理解に基づく汎用人工知能(AGI: Artificial General Intelligence)の実現を目指している。

知能において経験(データ)に基づく予測は主要な位置を占めるので、AGI が様々なタスクにおいて自律的に予測を行う必要は明らかである。一般に予測のためには、まず個々のタスクに応じたフレーム表現(ここでは、予測に必要な変数集合をフレームと呼ぶ)を用意し(情報選択)、そのフレーム表現の中で情報圧縮を基盤とする処理を行う。後者に関わる技術は、分類、回帰、連想等と数多く、既に成熟している(大脳新皮質での情報圧縮はベイズ推論に基づくとししばしば考えられている。)。これに対して情報選択のためのフレーム構築は未だ人による設計に頼っている。これが AGI の実現を阻む大きな要因であろう。

近年脚光を浴びている Deep learning であっても、フレーム表現については人が Pooling という形式により空間的階層性を作り込んでいる。この延長上では入力空間の構造に過度に縛られない複雑な高次特徴量(例えば私も関わった将棋プロジェクトで推定された、プロ棋士の直観を支える特徴的な脳内表現)を再現することは困難であろう。

そこで私は脳科学知見を参考にしながら、フレーム表現の汎用的な生成技術の研究を進めている。新皮質での視覚情報処理等では、多数の変数集合の中から等価とみなしうる部分空間の集合を(記憶の座である)海馬と連携して抽出することにより、新たなフレームを生成していると考えられた。そこで、海馬に固有のシータ位相歳差という神経活動現象に着目し、フレーム生成の処理を支える情報表現が短時間の多次元シークエンスであろうとの着想を得た。この着想に基づきフレーム生成のプロトタイプ技術を開発した。

現在までに、単純化した動画入力に対して上記技術を適用すると、自然な局所的画像ウィンドウをフレームとして抽出できることを確認済である。

技術的なインパクト: フレーム生成の自動化により、以下のインパクトが期待できる。

1. 事前に全ての必要なフレームを設計できない汎用知能(ロボット等)では、本技術の導入により外部環境入力から学習してフレームを獲得する能力を得られる。
2. 大規模データの解析において、人手での設計することが困難な複雑なフレームを、解析すべきモデルの候補として提示できる。
3. Deep learning における Pooling 層に本技術を導入すれば、高度な不変性をもつ特徴量を自動生成しうる。すると人間レベルの認識技術(一般画像認識等)への道が開かれる。
4. 本研究は、日常的な物理環境に特化した範囲での汎用 AI の実現例であり、実行可能な汎用 AI の設計論構築に寄与しうる。(完全なる汎用性は実行不能な計算量を要するため)

「知のコンピューティング」ポジションペーパー

2. 知のコンピューティングとの関係：(分類：⑥人間・生物に学ぶ)

複雑な多体系である脳を理解するため、実験事実と整合するように既知の理論やモデルを統合して現象を再現する構成論的アプローチ(計算論的神経科学も含む)による研究が進んでいる。その結果として脳の高次知的機能において計算原理が未解明な主要器官が海馬と新皮質であることが鮮明化してきている。一方で、AI は特定領域ごとに人を凌駕しつつあり、現状のAI にとっての本質的に実現が難しい知的能力は人のような汎用性に絞られ、その本質は柔軟なフレームの生成能力であるとみなしうる。

そこで私は、多様な知性に関わる新皮質とそこへの記憶定着を支える海馬に関わる脳科学知見を参考とし、AI で未実現のフレーム生成機能を学ぶ研究を進めている。これは「未実現の要素的計算機能」を「未解明な脳部位の機構」に対応させて、脳からの学びを促す要素還元型の研究アプローチである。

3. 社会的インパクト：

脳の高次知的機能において未解明な海馬-新皮質連携の計算原理を突き止めれば、大脳基底核や小脳等の計算原理を工学的に統合する形で汎用人工知能(AGI)構築に近づける。人レベルもしくはそれ以上のAGI が創造されれば、その社会的インパクトは計り知れない。

この変化はしばしば技術特異点と呼ばれる。まずプラス面としては、人の暮らしに入り込んだ家事ロボット等の人工頭脳としての利用、グローバル課題への対応策の提言支援、科学技術開発を促進する推論システム等(「②予測、発見の促進」に関連)の多岐にわたる。しかし、総量としての富の生産能力が高まったにも関わらず富が偏在する可能性や、労働価値低下に起因する人々の倫理観の喪失等の負の側面も予測されている。

もちろんフレーム生成の機能が実現されたとしても、直ちに人レベルのAGI に結びつくとは限らないが、AI が汎用的な予測能力を持つようになることで上記のようなプラス面が徐々に現れるだろう。以上の如く長期的に波及する社会インパクトは極めて大きい。このため、人類が人を越え行く計算知能とともに共存し進化してゆくための新たな倫理観や価値観の構築に向けた議論も始めるべきであろう(「⑧ポリシーに」関連)。

以上です

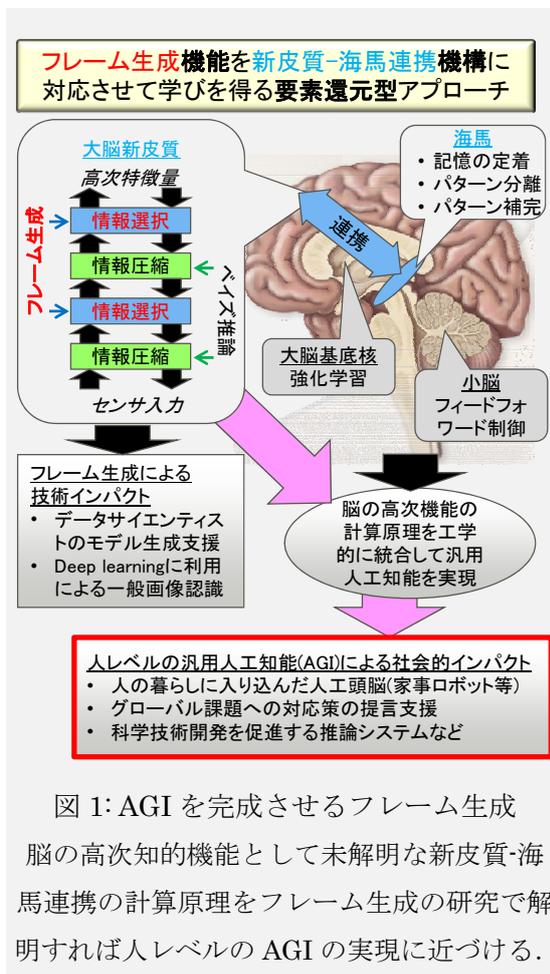


図 1: AGI を完成させるフレーム生成 脳の高次知的機能として未解明な新皮質-海馬連携の計算原理をフレーム生成の研究で解明すれば人レベルの AGI の実現に近づける。

マテリアル・コンピューティング - 素材を触媒とした伝統的ものづくりと情報技術の融合

慶應義塾大学 環境情報学部 准教授

脇田玲 Akira Wakita



研究の目的

マテリアル・コンピューティングとは、手芸、工芸、絵画、カリグラフィなどの職人的技法と、フィジカル・コンピューティングやクリエイティブ・コーディングなどの新しい技術を、素材を触媒として高度な美意識の上に調和を試みる行為である。

洋の東西を問わず職人やクラフトマンは常に素材と素直に向き合ってきた。彼らは素材の特性や状態を見極め、適切な構造や加工を考えることで、美しい表現を生み出した。その結果生み出された美しい工芸品や手芸品は、私たちの日常に深く染み込み、人間の行動様式や美意識を醸成してきたといっても過言ではない。

情報技術はこれらの蓄積を過去のものとして切り捨てるのではなく、それらと融合して新しいスタンダードを作るべきであろう。電子書籍を例にすれば、紙は過去のものとして切り捨てるのではなく、紙の素材性とコンピューテーションを融合する方向に舵を切る選択があってもよい。それが実現できて初めて、紙漉、タイポグラフィ、印刷技術などの文化的蓄積と情報技術が融合し、我々の生活に溶け込むメディアがデザインされうる。

マテリアル・コンピューティングは、コンピュータからの信号によって色や形が変わる機能性素材を用いることで、伝統的ものづくりと情報技術の融合を試みる。紙、布、高分子などの素材の特性を活かした新しいコミュニケーションメディアの作成を通して、新しいコミュニケーションの可能性、日常生活へのインパクト、新しいものづくりが持ちうる創造性の広がり等を探る。

ANABIOSIS - マテリアルコンピューティングの実例

ANABIOSIS はインタラクティブな絵画作品である。紙上の蝶にそっと触れると瞬時にその羽に鮮やかな色彩が蘇る。ドイツの昆虫学者 Adalbert Seitz (1860-1938) は世

界中の蝶や蛾を網羅的に記載した全 16 巻のリトグラフ集 "The Macrolepidoptera of the World" を編纂した。Seitz の手によって生み出された蝶達はまさに紙上で生きるかの様な美しさを有していた。ANABIOSIS は Seitz が描いた蝶に動的な美を付与する作品である。紙上の蝶に触れることで自身の生命が蝶に分け与えられ蘇生したかの様な感覚を与える。

この作品を実現する機能性素材は導電性インクと液晶インクである。裏面にはカーボンペーストと銀ペーストによってセンサ、回路、アクチュエータが印刷されている。蝶の腹部にあたる位置には静電容量センサが印刷されており、指先の接触を検知する。蝶の羽にあたる部分はカーボンペーストによる発熱体が印刷されている。これらのセンサとアクチュエータは銀ペーストによる回路によってマイクロコントローラと接続されており、ユーザが蝶の腹部に触れると羽が発熱する。紙の表面には蝶の柄が印刷されており、特に羽の領域にはコレステリック液晶インキが印刷されている。このインクは温度によって可逆的に色彩を変化させる特徴を有しており、裏面の発熱体からの熱が表面の液晶インキ層に伝わることで羽の変色を実現している。この仕組みで特筆すべきは、マイコン以外の部品は基本的に既存の印刷技術のみで実現されている点にある。そのため紙のしなやかな素材性を阻害することなくインタラクションを仕込むことが可能になると同時に、これまで紙の上に蓄積されてきた技法や美意識と親和した表現が実現されている。

社会的インパクト

マテリアル・コンピューティングが実現したときに期待される最も大きなインパクトは、プッシュ型社会からプル型社会への転換である。マテリアル・コンピューティングは布や紙といった日常に遍在する素材をメディア化する。そそれは非発光であるため不要な時にはその存在を意識のバックグラウンドにしておくことができる。現在のように音声や光の刺激によって情報をプッシュするスタイルから、非発光素材に基づくアンビエントな情報提示スタイルに変わることによって、ユーザが求めたときにのみ情報がそこに存在し、それ以外にはそこに情報は存在しないというような人間の認知と高度に連関した情報環境が実現するだろう。これは古色蒼然とした情報の配信モデルそのものを変えうる力をもつとともに、我々の空間認識そのものを変える可能性を持つ。

もう一つのインパクトは、伝統的なものづくりを通して醸成されてきた文化や美意識を保持しながらも新しい情報技術の恩恵を受けたデザイン、アート、ものづくりの実現である。我々の日常生活に異物として入り込むメディアではなく、生活に違和感なく親和するメディアを作り出す可能性がある。

知のコンピューティングとの関係

本研究は新しい書籍やインテリアを作りうることから、(1)の「知の伝播」を支える新しい表現手法とメディアを開拓することだろう。同様に(3)の「知のアクチュエーション」においても、身体と親和した新しいアクチュエーション技術としての利用が期待できる。さらに(9)の「その他」の視点としては、コンピューティングの対象を数字、文字、画像から物質へと変換するパラダイムシフトとも関連がある。

触覚情報学

情報を“自分ごと”として理解するための体験デザイン

適用領域：③ 知のアクチュエーション

NTTコミュニケーション科学基礎研究所 主任研究員
東京工業大学大学院 総合理工学系研究科 准教授

渡邊淳司

研究概要とその動機

私たちの普段の生活において、殆どの物事を身体的な「体験」としてではなく、言葉をはじめとする「情報」として伝えられます。私たちは、「情報」によって、時空間を越えた物事の伝達が可能になり、そこから莫大な量の知識を得ることができるようになりました。しかし、このとき、時間や空間を越えて伝えられる情報の意味を理解するためには、情報が伝える物事の知識を覚えるだけでなく、情報が指し示すものと自分との関係を適切に想像し、判断・行動する**身体的想像力**を持つことが必要になります。逆説的ですが、情報溢れる現代のデジタル社会において、身体と情報の関係はより重要になっていると考えられます。

本研究では、身体と深く結びついた感覚である「触覚」と物質性のない「情報」との関係性について取り上げ、そこから「触覚情報学」といえるような身体と情報の関わりについての体系を新たに考えていきたいと思えます。もちろん、これまでも、触覚の感覚提示を行うインタフェース技術の研究は数多く行われてきました。しかし、人間が意味理解や意味伝達を行ううえでの触覚（身体）の役割について（**メディアとしての触覚**）であったり、触覚を利用した意味伝達について（**記号としての触覚**）取り組んだ研究はほとんどありません。

提案者は、これまで触覚をはじめとする人間の知覚特性に関する基礎研究[1]及びその感覚伝達インタフェースの研究を行ってきました[2]（詳細については参考文献を参照ください）。また、その一方で、近年、人間の言語理解や記号を通じた意味理解の研究を行っており、意味理解における身体性の重要性について考えるようになりました。そこで、メディア技術を介することで身体性と記号性を併せ持つ、もしくは、それぞれが補完することによって情報と人間の新たな関係性を生み出す研究ができないかと考えるようになりました。

参考文献 [1]

『心理学研究法 1
感覚・知覚』
誠信書房 2011

第7章 体性感覚
編集・分担執筆

参考文献 [2]

『生きるためのメディア
—知覚・環境・社会の改編
に向けて』 春秋社 2010

渡邊淳司編著, 田中浩也,
藤木淳, 丸谷和史, 坂倉杏介,
ドミニク・チェン著

これまで行った具体例：心臓ピクニック

触覚は対象に直接触れることで生じる感覚です。そのため触覚は、対象がどのようなものであるかを知るだけでなく、それが存在していることを確かめる感覚であるともいえます。そこで、提案者らは、触覚のこのような特性に着目し、触れることで生じる存在の感覚を、普段は触れることができないものに対して拡張することを試みました。具体的には、「生命」という概念を、生命と深いかわりのある心臓の動きに置き換え、それを触れられるものとして体験的に理解するワークショップ「心臓ピクニック」を行いました。

参加者各人は、右図上にあるような聴診器と振動スピーカからなる簡便な装置を持ち運びできる形で使用しました。右図下のように、片手に聴診器、もう片手に振動スピーカ（心臓ボックス）を持ち、聴診器を自身の胸に当てて鼓動を計測し、それを心臓ボックスから音と振動として出力します。そうすることで、参加者は自身の鼓動を音として聞くだけでなく、振動として触れることが可能になります。参加者は外在化された心臓が、自分の動きによってその触感を変化させたり、心臓ボックスを他者と交換する中で、そこに自分や他者の「生命」を感じ、時にそれらに対して「やさしさ」や「愛しさ」といった共感的感情を生じさせていました。

技術的インパクト及び社会との関係

近年、携帯情報端末やゲーム機において、触覚への情報提示が行われるようになりました。また、触覚の感覚の仕組みが明らかになりはじめ、新しい触覚の情報提示装置も作られています。どこか遠い場所にある物に触れた感覚もある程度なら伝えることができるようになりました。また、情報の研究も、コンピュータやネットワークの開発だけでなく、言葉をはじめとする人間のコミュニケーションや意味伝達についての研究も行われています。しかし、これまでは、触覚という身体的で生々しい感覚と情報という物質性のないものを結びつけて考えられることはあまりありませんでした。本コンセプトに基づいて開発される装置は、情報認知や情報伝達、コミュニケーションの分野に新たな分野を切り開くものと考えられます。また、将来的には、色の組み合わせが絵として成立するように、触覚のパターンの組み合わせによって何らかのイメージを伝える「触り言葉」といえるような触感の組み合わせ原理について考えていきたいと思えます。

今後、情報化がさらに進むにつれて、のように実感を持って情報を伝え、理解するか、その方法論を確立することが重要になり、触り言葉を利用した詩や表現など、触れることと知ることの間に新たな文化が成立することにはならないでしょうか。

CRDS-FY2013-WR-05

科学技術未来戦略ワークショップ

「知のコンピューティング 一人と機械が共創する社会を
目指して」
Wisdom Computing Summit 2013

平成 25 年 7 月 25 日(木)～26 日(金) 開催

平成 25 年 10 月 October 2013

独立行政法人 科学技術振興機構 研究開発戦略センター 電子情報通信ユニット
Electronics, Information and Communication Unit, Center for Research and Development Strategy
Japan Science and Technology Agency

〒102-0076 東京都千代田区五番町 7 番地

電 話 03-5214-7481

ファックス 03-5214-7385

<http://crds.jst.go.jp/>

©2013 JST/CRDS

許可無く複写／複製することを禁じます。

引用を行う際は、必ず出典を記述願います。

No part of this publication may be reproduced, copied, transmitted or translated without written permission.

Application should be sent to crds@jst.go.jp. Any quotations must be appropriately acknowledged.

