

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:知のメディア」

平成25年10月31日(木)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、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）の実現に向け、関連分野の有識者と共にその分野を作り出し、日本発のイニシアティブとして確立するためのサミットを平成25年7月に開催した。サミットでは、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新たなコンセプトが得られたので、その成果を踏まえ、課題別に議論を深めるため複数のワークショップを開催することを企画した。

今回、その第1弾として「知のメディア」ワークショップを開催した。音声・言語処理、メディア処理、知識処理に関わる9名の産学官からの研究者を含めた、総勢24名の参加者により取り組むべき研究課題の深掘りと2020年を狙ったグランドチャレンジを討議した。その内容を本書にて報告する。

ワークショップでは、冒頭、山口高平チェアより、「知のメディア」では、**Knowing**のダイナミックなプロセスを実現させるために次のような目標が提示された（図2）。

- 独立ではなく協働・インタラクションの枠組みの整備
- 音声対話、動作、知識レベルなど多様なインタラクションレベルの実現
- **Knowledge** から **Knowing** への転換（より深い意味を知る、知識の更新と発見）
- **Knowing** を通した実践知による社会貢献

その後、「自己の研究分野と知のコンピューティング」というテーマで参加者より研究分野から見た研究の課題と問題意識の発表を行い、知のコンピューティングとの関連を議論した。ついで、2020年をターゲットにして具体的な達成目標（チャレンジ）を洗い出した。抽出された達成目標は次の6項目である。

- ① 人間の複雑な動きが認識できる、たとえば、体操競技の技の判定など
- ② 言語、知識、動作を連携させて「名人」の実践知を継承できる
- ③ 病院情報システムにおいて治療方針決定のためのメディエーションができる
- ④ 個々人の興味や「今」の状況に対応できる観光コンシェルジュが実現できる
- ⑤ 新サービス、新ビジネスの創出のためのコンサルティングの支援ができる
- ⑥ 人が困っているときに手を差し伸べて助けてくれる

最後に、これを実現するために必要な研究開発項目の特定とブレークスルー課題について討議した。従来のような分野に特化したアプローチではなく、複数のメディア処理と知識処理を統合的に組み合わせることが重要で、個別研究の探求に加えて統合のための研究が必要であることが共有された。

JST/CRDSでは、この後に、「知のプラットフォーム」、「知のコミュニティ」を含む一連の課題別ワークショップ開催して、研究課題全体の俯瞰と達成目標の明確化を推進する計画である。その成果をもとに、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）。



知のメディア：Knowingのダイナミックなプロセスを実現

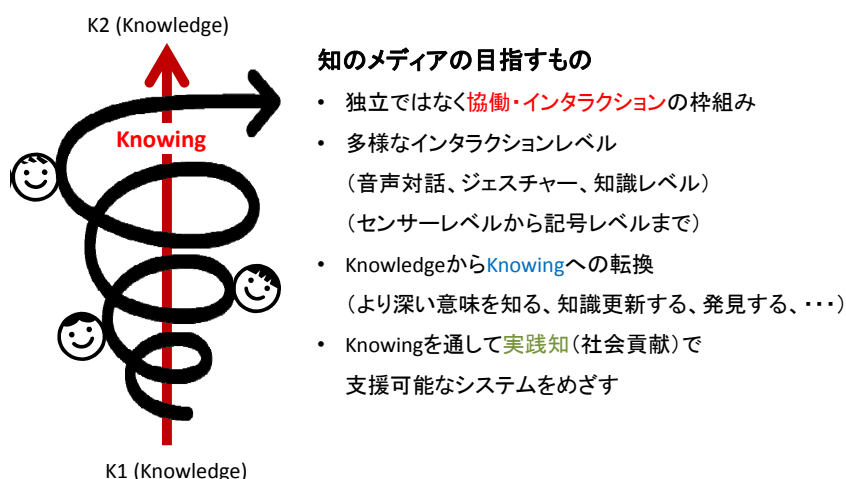


図 2 知のメディアの目指すもの

ワークショップチェアあいさつ



「知のコンピューティング：知のメディア」ワークショップは、本年7月に開催された「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 において、一つの重要テーマである「知のメディア」を集中的に議論するために開催されました。

本ワークショップでは、対話・知識・動作（振る舞い）というマルチモーダルによる、人とコンピュータのインタラクションを通して、古い知識が新しい知識に更新されていく、あるいは、形式知が実践知に変換されていくという、「知る」というダイナミックなプロセス「Knowing」を実現することが、学術的にも社会貢献的にも重要であるという考えのもとに、自然言語理解、知識理解、メディア理解、Web インテリジェンス、AI チャレンジに関する研究者が一堂に会し、重要な研究課題と 2020 年チャレンジについて議論しました。

特に、6 種類の具体的な 2020 年チャレンジが浮上し、各参加者から、そのチャレンジを実現するための多様な要素技術が関連づけられ、社会貢献と学術研究課題が融合できた事は大きな成果でした。要素技術単独ではチャレンジの実現は難しく、それらの要素技術を統合することが、チャレンジの実現に大きく貢献するのであり、未来社会デザインのための青写真の枠組みが見えてきたように思いますので、是非、本報告書をご一読頂ければと思います。

山口高平（慶應義塾大学）



「知のメディア」ワークショップ会場

目 次

エグゼクティブサマリー

ワークショップチェアあいさつ

1	開催目的	1
1.1	知のコンピューティングのねらい	3
2	発表・討議概要	6
2.1	ワークショップ「知のメディア」概要	7
2.2	言語処理と「知のコンピューティング」	10
2.3	知識処理(Linked Data とオントロジー)と知のコンピューティング	13
2.4	知識インフラ基盤としての自然言語処理	17
2.5	知のメディアワークショップ	21
2.6	知のメディアー視覚メディア処理の観点からー	28
2.7	知能技術は統合の時代へ	31
2.8	多様性からの知の創発、関係からの知の創発	34
2.9	Intelligent Hospital に向けてー新たな診療支援ー	37
2.10	知のメディアワークショップー適切な目標の設定ー	41
2.11	表現の学習：ウェブマイニングから Deep Learning へ	44
2.12	「知のコンピューティング」狙い・イメージ・構想	49
3	総合討議	51
3.1	2020 年に向けたチャレンジ	51
3.2	技術課題、研究課題	55
3.3	その他の重要な議論	57
4	まとめ	59
5	付録	61
5.1	開催プログラム	61
5.2	参加者一覧	61

1 開催目的

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いる。

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る。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する。

本年7月25日～26日に、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—」と題した Wisdom Computing Summit 2013 を開催した。サミットには50名以上の有識者が集い、ゴール、方向性、分野などについて議論した。

CRDS ではその成果を踏まえて課題別の複数のミニワークショップを企画し、第1弾として「知のメディア」を開催した。音声・言語処理、メディア処理、知識処理に関わる産官学の研究者の参加を得て、取り組むべき研究課題の深掘りと2020年を狙った具体的な応用目標を討議した。

●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

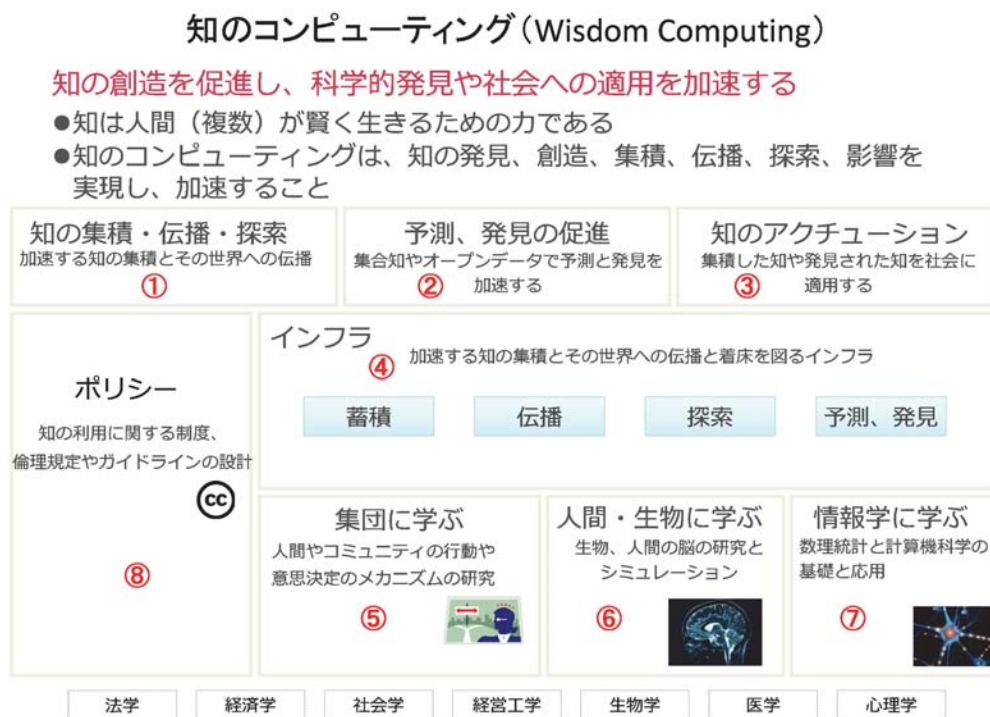


図 1-1 知のコンピューティングの俯瞰図

1.1 知のコンピューティングのねらい 岩野和生(JST/CRDS)

日本発の新しい流れを作りたいと思っている。コミュニティの形成、ビジョンの共有、研究アジェンダの明確化、といったことをやっていきたい。これまでにサミットを開催したが、今後ワークショップを何回かやって、文部科学省の人とも議論しながら、戦略目標を作っていこうとしている。米国や欧州とも連携して国内外の **Funding Agency** に影響を与えていきたい。

知のコンピューティングの俯瞰図（図 1.1-7）の中で、特に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インフラといったものに新しく取り組みたいと考えている。こうした研究は、ボトムアップで考えればいくらでも出てくると思うが、目的を明確にしてトップダウンに掘り下げたい。

知のコンピューティングの成果イメージ（図 1.1-8）は、ここに上げるように様々考えられる。個人・社会・国家が感じていることをセンスして、適切な助言を与えられるようなシステムを考えている。この助言というのはかなり難しい。ある選択肢を示すときは、リスクまで提示しなければならない。インセンティブやメッセージを提供することで、社会の行動がどのように変容するのかを考えなければならない。そういう意味で、行動経済学や集団心理学といった研究も入ってくるはずだ。

また、知のアクチュエーション（図 1.1-9）は、世の中を動かすメカニズムデザインが求められる。政策やメディア戦略といったことを考える必要がある。また、リアルな世界に影響を与えるには広義のロボティクスや **CPS** といった研究も必要。ヒューマンインターフェースの研究も入ってくるだろう。デシジョンは人間が行うから人間系の研究も含まれる。サミットでは、人間とのインタラクションも交えながら、賢い判断をしていけるような仕組みが必要という話が多く出た。

今後、ICT が社会のクリティカルインフラとして機能するには、知のコンピューティングが必須なのである（図 1.1-10）。

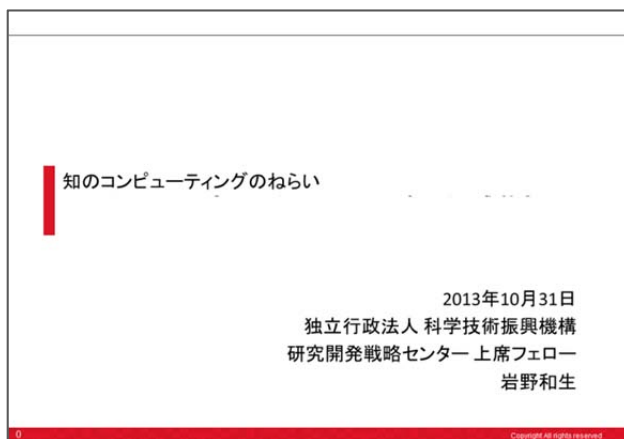


図 1.1-1

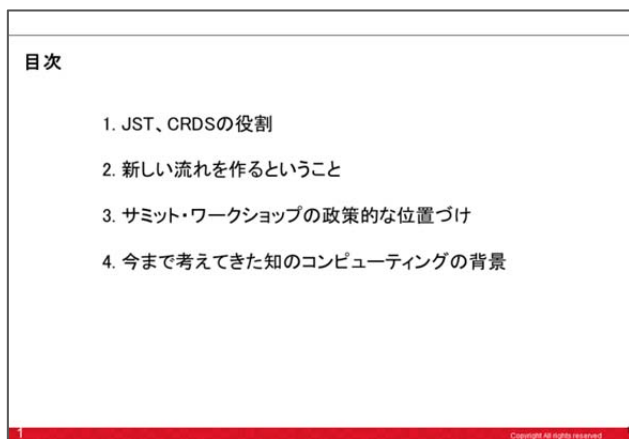


図 1.1-2

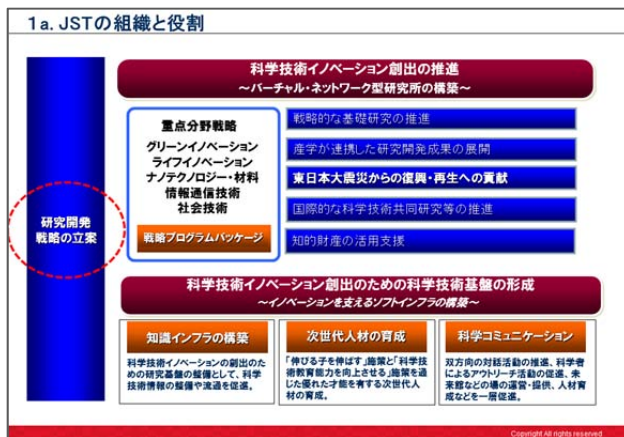


図 1.1-3



図 1.1-4

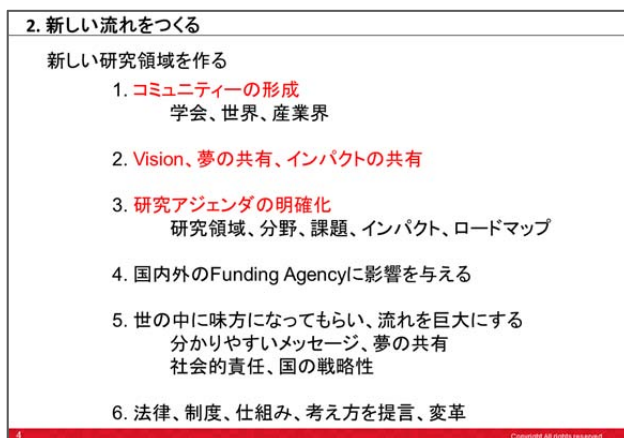


図 1.1-5

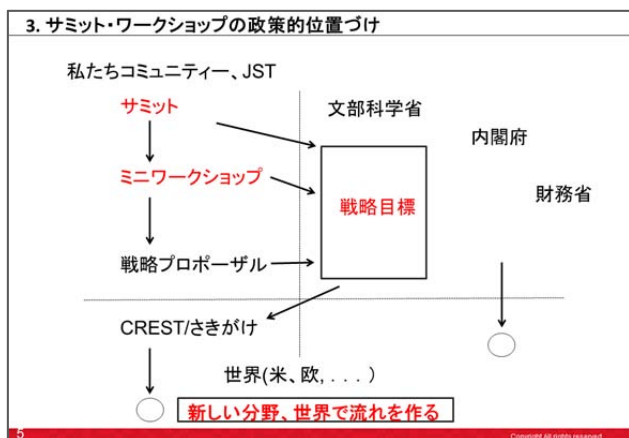


図 1.1-6



図 1.1-7



図 1.1-8

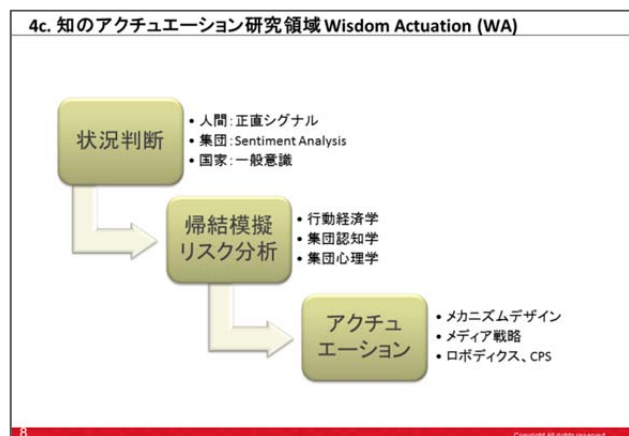


図 1.1-9

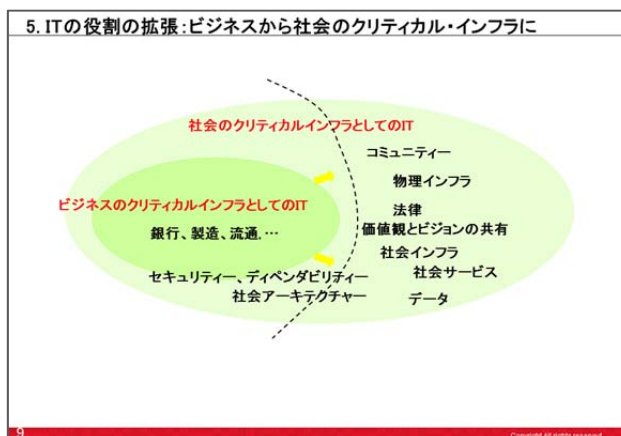


図 1.1-10

2 発表・討議概要

参加有識者の発表と討議の概要は以下の通りである。自己の研究分野と知のコンピューティングの関係について、各有識者の視点から話題提供と全員による討議を行った。

2.1 知のメディアワークワークショップ概要	山口高平（慶應義塾大学）
2.2 言語処理と「知のコンピューティング」	奥村学（東京工業大学）
2.3 知識処理と「知のコンピューティング」	古崎晃司（大阪大学）
2.4 知識インフラ基盤としての自然言語処理	乾健太郎（東北大学）
2.5 知のメディアワークショップ	美濃導彦（京都大学）
2.6 知のメディア—視覚メディア処理の観点から—	馬場口登（大阪大学）
2.7 知能技術は統合の時代へ	山川宏（（株）富士通研究所）
2.8 多様性からの知の創発、関係からの知の創発	栗原聡（電気通信大学）
2.9 Intelligent Hospital に向けて—新たな診療支援—	津本周作（島根大学）
2.10 知のメディアワークショップ—適切な目標の設定—	松原仁（はこだて未来大学）
2.11 表現の学習：ウェブマイニングから Deep Learning へ	松尾豊（東京大学）
2.12 「知のコンピューティング」狙い・イメージ・構想	茂木強（JST/CRDS）

2.1 ワークショップ「知のメディア」概要 山口高平（慶應義塾大学）

本日出席の半数以上の方が7月のサミットに参加した。本日のWSは、サミットと比較して、もっと絞り込んだ議論を行い、研究課題の特定、2020の達成目標に至るまで具体像を示すことを目標としたい。例えば、知のコンピューティング関連の研究開発プロジェクトが立ち上がった時、2020年頃までにどのような成果が挙げられるか、具体的なアイデアが欲しい。近年、重点的に取り組まれているビッグデータ関連の研究開発との違いを明確にしたい。

テーマを「知のメディア」に絞る。これを「知識を更新していく"Knowing"をダイナミックなプロセスにするもの」と捉え、独立型AIではなく、様々なレベルでのインタラクション（音声・ジェスチャーからセンサ・記号レベルの情報・データを含む）を利用していく前提で、何かで社会貢献できるというストーリーを作っていきたい。KnowledgeからKnowingへの転換が重要だ。人と人とのインタラクションでKnowingが起こるのが、野中郁二郎のSECIモデル。人と機械とのインタラクションでKnowingが起こるのが知のコンピューティングだ。

技術のインテグレーションが鍵になる。この考えをSOA(サービス指向アーキテクチャ)に基づいて概観すると、データ／構造化技術／オントロジーパターンモデル／要素技術／サービス合成／ユーザのレイヤーで捉えられる。SOAの考え方で様々な技術を活用してサービス合成を行い、生活支援、教育支援、業務支援、地域活性化支援を行いたい。本日は、このようなフレームにて議論したい。

(質疑応答ならびに討論)

馬場口：「メディア」を入れた真意は何か？

回答：記号ばかりでなく、非記号も取り入れたいとの考えに基づく。

栗原：知のコンピューティングのもとで、「メディア」、「インフラ」、「コミュニティ」の3本の矢を打つ形になるのか？とすると、3つがバラバラで、全体の整合性が取れていないということにならないか？一言で言うと、全体を通して何がしたいのか？

岩野：人類知全般を底上げしたいとの考えが根底にある。社会的認知を得る努力をしながら、長いプロジェクトとして3本を段階的に実施していきたい。

栗原：それであれば納得した。ただし、このような野心は、もっと前面に打ち出していただかないと分りにくい。

山川：昔は本がメディアであったが、今の時代で本の機能を効率的に代替するメディアは何か？という観点で考えればよいと理解できた。

岩野：そういった新たなメディアの切り口があるのだと思う。

2013/10/31

- 2019/10/31

科学技術振興機構 研究費助成事業センター

1

图 2.1-1

時間	担当	内容
10:00	CRDS 岩野	開会
10:05	山口先生	主旨説明
10:20	参加者全員	自己の研究分野と知のコンピューティング(各10分)
12:00		昼食(弁当)
13:00	CRDS	研究分野に関する議論(全体像の共有)
14:50		ブレイク
15:00	CRDS	午前の追加、達成目標に関する議論
17:10	CRDS	2020チャレンジ(分かりやすい目標)
18:00	山口先生	ラップアップ
18:15		散会～移動
18:30		懇親会(自由参加)

[illegible]

图 2.1-2

科学技術振興機構 研究開発戦略センター

3

图 2.1-3

K2 (Knowledge)

↑

Knowing

K1 (Knowledge)

知識型AI: フトゾン、東大ロボット
→ 自律独立型、形式知、学校知

知のメディアの目指すもの

- ・独立ではなく協働・インタラクションの枠組み
- ・多様なインタラクションレベル
(音声対話、ジェスチャー、知識レベル)
(センサレベルから記号レベルまで)
- ・KnowledgeからKnowing(より深い意味を知る。
知識更新する。発見する。...)への転換
- ・Knowingを通して実践知(社会貢献)で
支援可能なシステムをめざす

※野中先生のSEKIモデルでは、人と人の中でKnowingが
起こり、形式知段階でコンピュータが利用される。
ここでは、人とコンピュータ間で起こるKnowingを扱う

科学技術振興機構 研究開発戦略センター

1

图 2.1-4

	言語処理・ 音声対話処理	* 言語理解規則 * NLPシステムからの知識連携 * 構文解析 * 音声認識、音声合成
	メディア処理	* 画像理解 * 動画理解(行動理解) * 内容検索
	知識処理	メタデータ、オントロジー、ルール * Webコンテンツ * 情報(記号とメディア)統合 * Image Learning * 汎用人工知能からの知識
	知の活用	* メタインテリジェンス、AIエージェント (PDDLからPlanMakerへ、PDDLからCICへ) → ユーザインタフェースにシナリオ作成支援を付加させ → シナリオ生成エンジン → シナリオ実行環境、演習 * 知的個人への適応(認知支援) * 社会生活への適用(教育、行政、企業)

● 1997年10月1日現在の人口推計による。人口推計は、国勢調査の人口を基礎として、出生率・死亡率・自然増減率を推定し、これを人口増減率として算出する。人口推計は、国勢調査の人口を基礎として、出生率・死亡率・自然増減率を推定し、これを人口増減率として算出する。

5

图 2.1-5

- ★ 2003～ IBM, PIQUANT プロジェクト
(Practical Intelligent Question Answering Technology)
CYC中心にシステム化、30%程度の正解率に留まる
- ★ 2006～ IBM, Watson プロジェクト
- ★ 大規模知識の獲得 (100万冊、2億ページ)
百科事典、辞書、シソーラス、ニュース記事、著作物などを情報源。動的にコーパスを拡大。
- ★ 突出した一つのAI技術ではなく、言語理解、情報検索、不確実性推論、仮説生成、仮説統合とランキング、機械学習、オントロジー、構造化データなど、100以上の従来AI技術の集大成
- ★ 精度、確信度、速度を考慮したAIインテグレーション

5

图 2.1-6

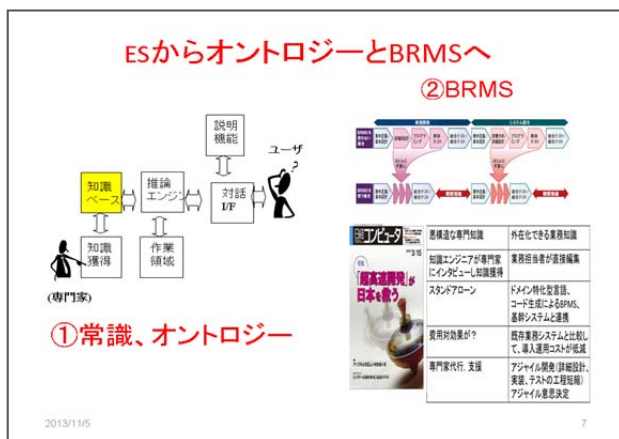


図 2.1-7

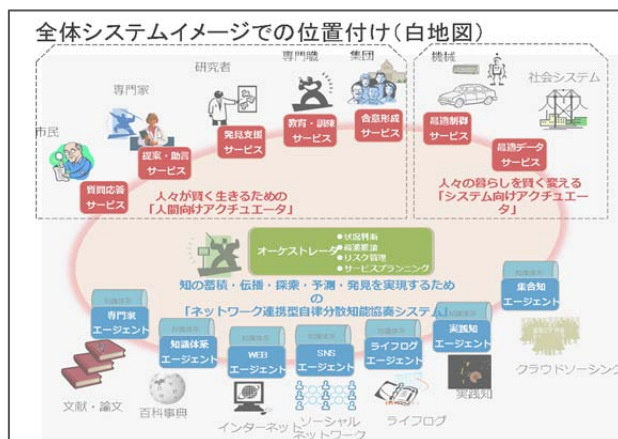


図 2.1-8



図 2.1-9



図 2.1-10

2.2 言語処理と「知のコンピューティング」奥村学(東京工業大学)

我々の取り組む「言語処理」という分野が知のコンピューティングとどのような関係があるかについて概要を述べる。

自然言語処理は、計算機にことばを理解させる（＝知の利活用）、計算機上でことばを処理する（＝知の集積）の2つの機能を担っている。

人の知的活動の支援を検討する上では以下の2軸を提示したい。

- (1) ワトソンがなぜ賢くなったか？を考える場合、テキストで書かれた人間の知識をうまく利用する技術を活用した質問応答システムをうまく作れたからだといえる。人間との対話、テキスト処理によるウェブからの知識獲得、ソーシャルメディアマイニング、論文、特許、Wiki、質問応答サイトなど、人手で構築された知識を人の知的活動に利活用するという軸。
- (2) 人間そのものも「知識」の中に含まれるものなので、「ネットワークでつながった人」の中で、どのような場面でその人を活用し、知的に活動するのかという見方がある。熟練者、専門家を同定し、その人との関係性において人の知的活動（思考、記憶、予測、発見）を支援するという軸。

「ユーザモデリング」と呼ばれる概念にあたると思うが、人とコミュニケーションをとる場合に、相手の状況を様々な観点から理解し、感情・立場・知的レベル等を管理していくこともテキストから推測する技術が今後とも必要と考えている。

(質疑応答ならびに討論)

高島：対話とテキスト処理を分けていたが、この辺の重なりをどう理解すればよいのか？

回答：指摘通り重複がある。ここではざっくりと切っている。実際に人間と計算機が対話することで賢くなるとの観点に立つと、知の利活用と知の集積との間でインタラクションが必要となる。

茂木：音声からテキスト認識する部分は技術的に完成されているのか？

回答：現在、限定的な人については音声→テキスト認識が可能だが、まだ、任意の人と対話して理解することは難しい。

山口：従来のセマンティックがビッグデータに押されていると思うが、この状況をどう捉えているか？量を集めて、Shallowな分析でも対応関係からそれなりの知識が得られるというのが現状と認識している。ビッグデータの処理ではできる範囲と、どうしてもできない領域の線引きが可能か？WhenとかWhereはできてもWhyはできないとか。ワトソンも事実確認はできるが、Whyはできない。

回答：ビッグデータだけでできることは限定的。言語処理でも、対応づけるだけで答えられるものはできても、推論が必要なものはできない。

言語処理と 「知のコンピューティング」

奥村学(東京工業大学)

図 2.2-1

自然言語処理

- 計算機に「ことば」を理解させる
- 計算機上で「ことば」を処理する

知の利活用

知の集積



図 2.2-2

人間との「対話」

- 話し相手としてのコンピュータ
 - 雑談, 「聞き上手」, 「共感」, ...
- 学習支援
 - 問題作成, 自動採点, 添削, ...
- 合意形成支援
 - 議事録の自動作成
 - 対話自体の支援

図 2.2-3

テキスト処理

- Webからの知識獲得
 - オントロジーの自動構築
 - 因果関係, 常識(ものの大きさ), ...
 - 経験知, 暗黙知の体系化

図 2.2-4

ソーシャルメディアマイニング

- 個人間の情報発信
- ...
- 断片的な知識の共有
 - その集約, 構造化 = 集合知の構成
 - **集約(マイニング), 構造化を行う技術**

図 2.2-5

人の知的活動の支援

- 思考, 記憶の補強
 - 検索, 質問応答システム
- 予測, 発見
- ...
- 論文, 特許, Wikipedia, 質問応答サイトなど, 人手で構築された知識の利活用
- 熟練者, 専門家の同定

図 2.2-6

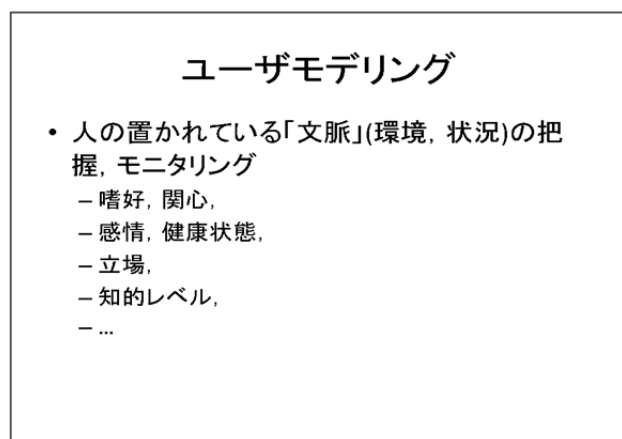


図 2.2-7

2.3 知識処理と知のコンピューティング 古崎晃司(大阪大学)

オントロジーが専門なので、知識処理全般ではなくオントロジーに限った説明をする。

知識処理基盤を与える概念体系として、オントロジーを作っていく仕事をしたい。オントロジーは、対象世界に対する理解が反映されたもの。オントロジーは、Linked Open Data (LOD) に共通語彙、データスキーマを提供することで発展する。LOD は、ウェブページ、画像データ、文献情報等、各種知識ベース（ウェブ、画像データ、文献情報等）にメタデータを付与することで得られる。

LOD を、どうやってオントロジーにつなげていくか。また、どこまで上位のオントロジー（モノとは何ぞや、といった哲学的な思考）ができるかが鍵となる。一方で、メタデータの信頼性の確保も分野の課題となっている。

例えば、サステナビリティ学といったあいまいな対象世界の知をどのように構造化していくか、あるいは臨床医学オントロジーといったことが取り組まれている。すでに様々な LOD が公開されているので、これらをどう体系化し、活用していくのが課題となる。また、従来の推論処理と他の手法（機会学習、マイニング等）を柔軟に組み合わせる方法論の確立が必要であると考えます。

（質疑応答ならびに討論）

山口：G8 でもオープンデータの整備が進められている。総務省も力を入れている。行政データのオープン化はこれからどんどん進む。しかし、それを使ってどういうサービスができるかがはっきりしない。サービスのアイデアが貴重である。

回答：LOD コンテストの実行委員をやっているが、まさにサービス側のアイデア出しが難しいと考えている。このための議論も必要。

岩野：Knowing のようなダイナミックプロセスを支援するには、LOD のほうにもダイナミックな機能が必要なのではないか。より良い推論をするために、LOD を改善・更新していく仕組みがいるのではないかな？

回答：LOD をカバーする View をどんどん更新していくという考え方はありうる。

山口：LOD の考え方には、Produce と Consume がある。日本は Produce の段階だが、欧米では、Produce はおおむね終わり、どう使うか（Consume）の議論に移っている。

Ho - zo
法造
an Environment for
Building/Using Ontologies
www.hozo.jp

ミニワークショップ「知のメディア」
2013/10/31@JST東京本部

**知識処理 (Linked Dataとオントロジー)
と知のコンピューティング**

古崎 晃司
大阪大学産業科学研究所

ISIR
Osaka University

2013/11/5 ミニワークショップ「知のメディア」 1

図 2.3-1

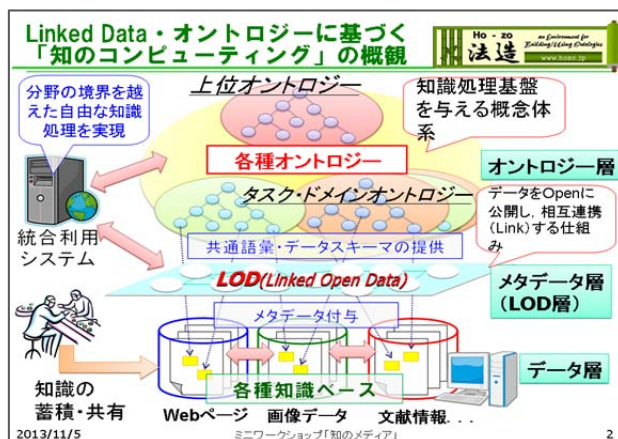


図 2.3-2

Linked Data・オントロジーに
関わる基盤技術① (知識体系化)

Ho - zo
法造
an Environment for
Building/Using Ontologies
www.hozo.jp

- 技術的課題
 - ドキュメント、数値、画像、動画、音声、...といった多様な形式・粒度のデータ・知識をコンピュータによる知識処理が可能で一貫性を持った体系化を行う。
- 現存の基盤技術
 - オントロジーとDBのマッピング
 - オントロジーのクラス定義をDBのスキーマへマッピング
 - オントロジーに基づきインスタンスをDBのデータへマッピング
 - オントロジーで定義された語彙に基づくメタデータの付与
 - 例) 文献、Webページ、画像などへのアノテーション...など
 - 既存のDB (RDBなど) のオントロジーベースDB (RDF-DBなど) への変換 例) DBpediaなどのLOD、バイオインフォマティクスのDB、など。
- これらの基盤技術を目的に応じて組み合わせて利用する

2013/11/5 ミニワークショップ「知のメディア」 3

図 2.3-3

Linked Data・オントロジーに
関わる基盤技術② (知識利用)

Ho - zo
法造
an Environment for
Building/Using Ontologies
www.hozo.jp

- Linked Data・オントロジーの特徴
 - オントロジーには、対象世界の理解(どのように捉えたか)が反映される。
 - (洗練された)オントロジーは汎用的でリッチな知識を一貫性をもったセマンティクスで定義した知識体系となる。
 - Linked Dataは分散した知識を統一的な手法で「つなぐ」技術を提供する。
- Linked Data・オントロジーに基づく知識処理
 - オントロジーがRaw Dataにセマンティクスを提供する。
 - Linked Dataとオントロジーの概念(クラス)階層を用いることで様々な概念レベルで、領域を横断した知識処理が可能となる。
 - ある種のLinked Data・オントロジーは、そのものを自身を体系化された「専門知識」として利用できる。

2013/11/5 ミニワークショップ「知のメディア」 4

図 2.3-4

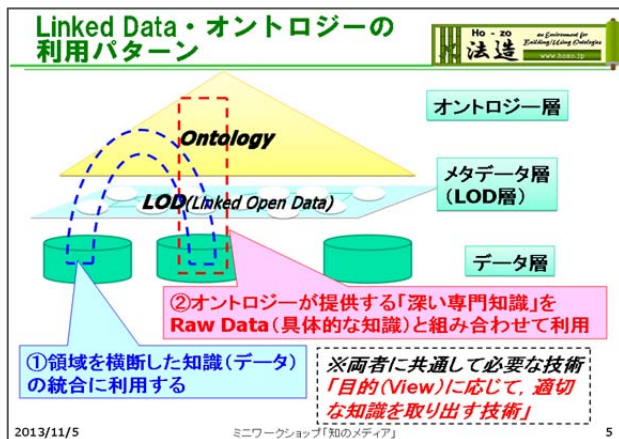


図 2.3-5

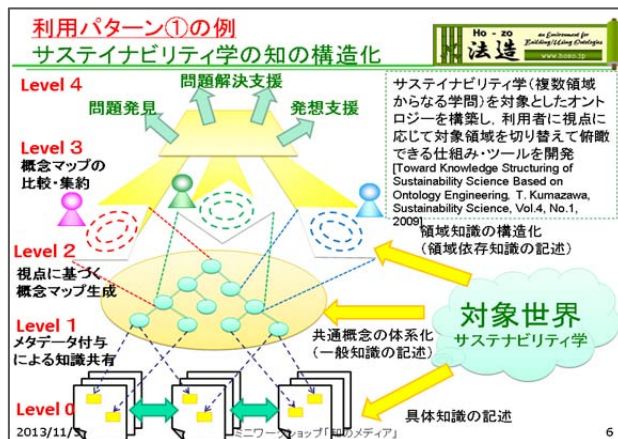


図 2.3-6

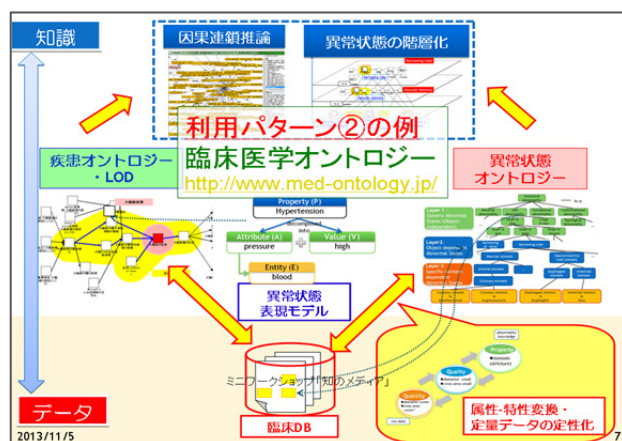


図 2.3-7

知識処理分野 (Linked Data・オントロジー) の最新動向

■ Linked Data (LD)/Linked Open Data (LOD) を利用したデータ公開の普及

- セマンティックWeb、ライフサイエンス、学術情報、などの分野でLDの利用が急速に進んでいる。→次項のLODクラウドを参照
 - 既に、多数のLODが公開されて、それらを利用した応用システムの開発が進められている。
- オントロジーについても、米国NCBOのBioPortalなど本格的な公開・共有が進められている
- セマンティックWebが提唱された際に問題となっていた「使えるデータが無い」という状況は既に改善されている。

■ オープンデータの推進

- G8による「オープンデータ憲章(2013.6)」を始め、各国でオープンデータの推進が強力に進められている。
- 国内においても、「LODチャレンジ(<http://lod.sfc.keio.ac.jp/>)」を始め、オープンデータに関わる団体・取り組みが急増しており、大小・多様なデータの公開が進んでいる。

2013/11/5 ミニワークショップ「知のメディア」 8

図 2.3-8

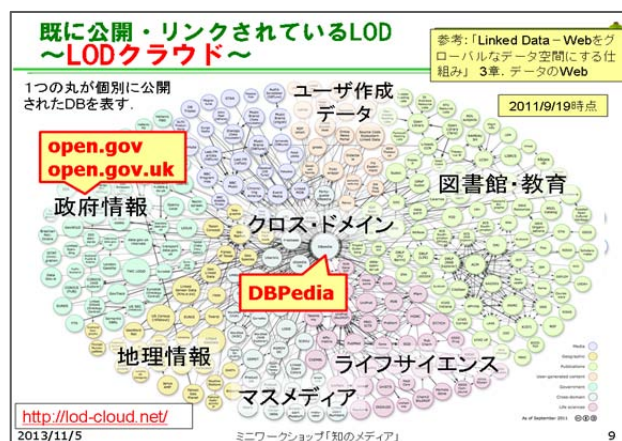


図 2.3-9

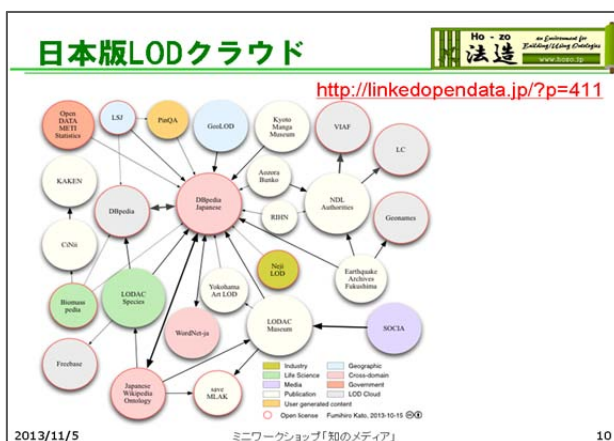


図 2.3-10

2013/05/24 「世界最先端IT国家創造」宣言(案)

～第二次安倍内閣の「新たなIT戦略」～

1. 基本理念

1. 両立を打破し、再生する日本へ
 - 景気長期低迷・経済成長率の鈍化による国際的地位の後退
 - 少子高齢化、社会保障給付費増大、大規模災害対策等、課題先進国
 - 「成長戦略」の柱として、ITを成長エンジンとして活用し、日本の閉塞の打破、持続的な成長と発展
2. 世界最高水準のIT活用社会の実現に向けて
 - 過去の反省を踏まえ、IT総合戦略本部、政府CIOにより、省庁の縦割りを打破、政府全体を横断で進め、IT施策の推進、政策課題への取組
 - IT活用活用の裾野拡大に向けた組織の壁・制度、ルール打破、成功モデルの実証・提示・国際展開
 - 5年程度の期間(2020年)での実現

2. 目指すべき社会・姿

世界最高水準のIT活用社会の実現と成果の国際展開を目標とし、以下の3項目を柱として取り組む。

1. 革新的な新産業・新サービスの創出・全産業の成長を促進する社会の実現
 - 公共データの民間開放(オープンデータ)の推進、ビッグデータの活用促進(パーソナルデータの流通・促進等)
 - 産業・地域の産業の高度化・高度化(1)オープンデータ・ビッグデータの活用促進(パーソナルデータの流通・促進等)
 - 地域(離島を含む)における次世代放送サービスの実現による映像産業分野の新事業の創出
2. 健康で安心して生活できる社会の実現
 - 公共データの民間開放(オープンデータ)の推進、ビッグデータの活用促進(パーソナルデータの流通・促進等)
 - 利便性の高い電子行政サービスの提供、国・地方を連した行政情報システムの改革
 - 政府におけるITガバナンスの強化

<http://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/dai61/siryousu2-1.pdf> より

2013/11/5 ミニワークショップ「知のメディア」 11

図 2.3-11

G8サミット・首脳宣言で「オープンデータ憲章」に合意

2013/06/18 G8各国が、「オープンデータを推進すること」に合意

我々は、オープンデータが、イノベーションと繁栄を可能にし、また、市民のニーズに合致した、強固かつ相互に繋がった社会を構築していくための大きな可能性をもった未開発の資源であることに合意する。

そのため、我々は、以下の原則に合意する。

- ・原則としてのオープンデータ
 - ・質と量
 - ・すべての者が利用できる
 - ・改善したガバナンスのためのデータの公表
 - ・イノベーションのためのデータの公表

http://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/page23_000044.html

2013/11/5 ミニワークショップ「知のメディア」 12

図 2.3-12

今後の課題①
知識体系化について

- データ・知識の品質管理
 - これまで以上に多様なデータが公開されつつある状況下で、一貫性のある知識の体系化、公開されたデータ・知識の品質管理（正しさの保証）が必要とされている。
- 多様なデータの統一的な体系化手法
 - （キーワード的な）メタデータ付与にとどまらず、統計情報など、スキーマやオントロジーが十分に整備されていない領域が存在する。
 - 専門領域により、オントロジーの整備状況にバラツキがある。
- 効率的な体系化手法
 - セマンティクスが与えられていないデータも、多数存在しており、それらの効率的な体系化（メタデータ付与、DB変換、オントロジー構築等の（半）自動化）が求められている。
 - オープンデータ活動の普及により、公務員や一般市民など非ITエンジニアがデータを公開する機会が増加しており、それらの人々が容易にデータを公開できる仕組みが求められている。

Ho - zo
法造
an Environment for
Building Living Ontologies
www.hozo.jp

2013/11/5
ミニワークショップ「知のメディア」
13

図 2.3-13

今後の課題②
知識利用について

- 目的・観点に応じた知識処理手法の体系化
 - コンテキストに応じて、必要な知識を抽出・統合する技術
 - コンテキストに応じて、用いる知識処理の種類（深さ）を適切に切り替える技術
 → これらを明らかにすることに取り、「**目的に応じた知識の体系化**」も可能になる
 - 例）検索用となら、広く浅い体系化で良い．．．など
- 新しい知識処理のパラダイムに向けて
 - 従来の推論処理と、他の手法（機械学習、マイニングなど）を柔軟に組み合わせて利用する方法論の確立

Ho - zo
法造
an Environment for
Building Living Ontologies
www.hozo.jp

2013/11/5
ミニワークショップ「知のメディア」
14

図 2.3-14

2.4 知識インフラ基盤としての自然言語処理 乾健太郎(東北大学)

情報や知識（多くは言語で書かれている）を編集することを考えてきている。情報の信頼性を見分け、その質を担保するための研究を進めてきた。「言論マップ」では、同意、対立、根拠を認識し、否定と肯定に整理する。ウェブはハイパーリンクの空間。そこに、論理的な言語空間を構築し、意味の対立・根拠等の提示を行い、情報間の関係性をモニタリングしていきたい。言論の「裏をとる」支援などで、言論の信憑性をあげていくこともできる。

どんな文章でも、文章の中に省略されていることがたくさんある。「行間を読む」ためには、省略されている言葉を掘り起こしていく必要があるが、ここで仮説推論が必要になる。「行間を読む」アルゴリズムで、現実の文章から素早く頑健な推論が可能になってきている。評価関数を作ることで、膨大な仮説空間の中からもっともらしい仮説を引き出してくることができるようになってきている。知のコンピューティングでは、意見の論述構造の解析、インタラクションの解析、その結果人の意見がどう変わり、なぜ変わったか、議論の可視化、参加者へのフィードバック、相互理解・合意形成の支援があった。

(質疑応答ならびに討論)

山口：ハイパーリンクの上に言論空間を構築するとあったが、その意味リンクはどれくらいあるのか？

回答：意見の種類は膨大にある。賛成と反対という形に最終的には整理するが、条件付反対などもあってややこしい。素朴にやるとすごい数になるので扱えない。文章を解析するときに、世の中で対立が起こっていきそうな命題を集めてくる必要がある。技術的には、「〇〇という意見があるけど私は反対です」のように、文章からトピックや対立関係をある程度同定できる。

岩野：実際のウェブ空間は情報の一次ソースばかりではない。コピペしたり孫引きした情報が入り混じっている。情報の一次ソースだけの良質な空間でこうしたことをできないか？

回答：意見が醸成されているプロセスを見ていきたいと思っている。

岩野：そういうところが一番重要。言論空間の成り行きを見ていくことが大切。裏をとるとか、大事な概念だ。

回答：現実にはなかなか難しいが、そういうことを機械だけで全てやるのではなく、機械で人の判断を支援していくことはできる。

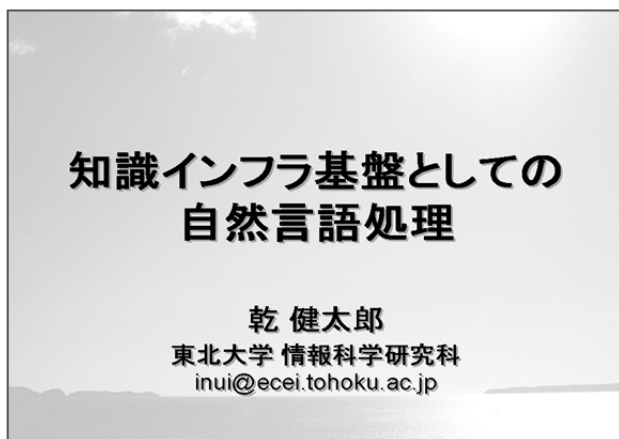


図 2.4-1

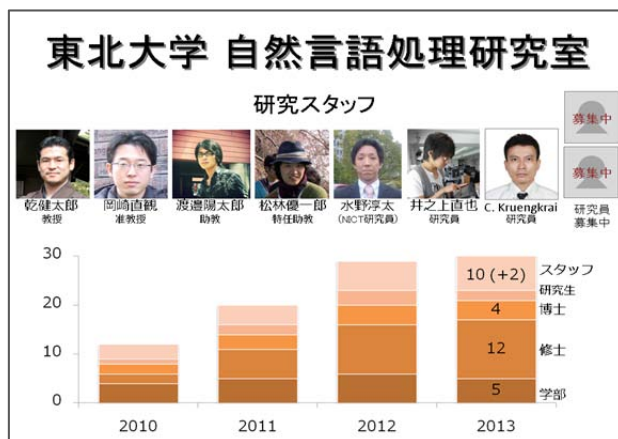


図 2.4-2



図 2.4-3

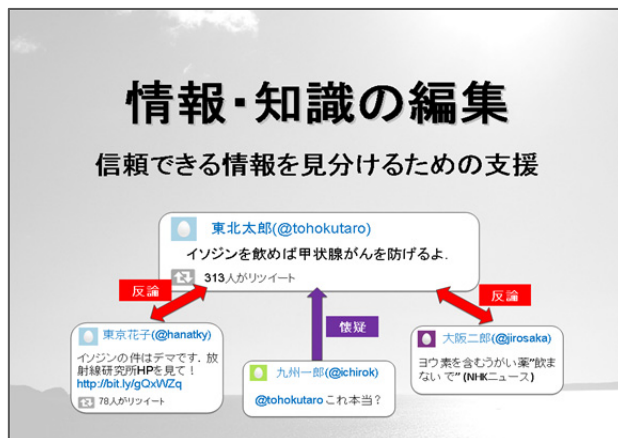


図 2.4-4



図 2.4-5

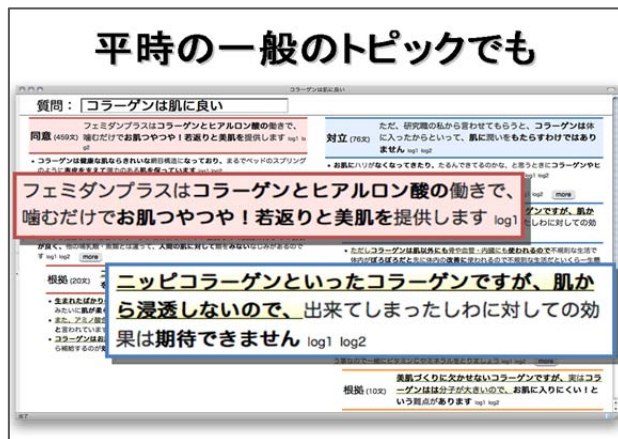
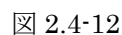
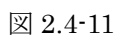
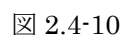
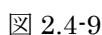
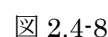
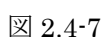


図 2.4-6



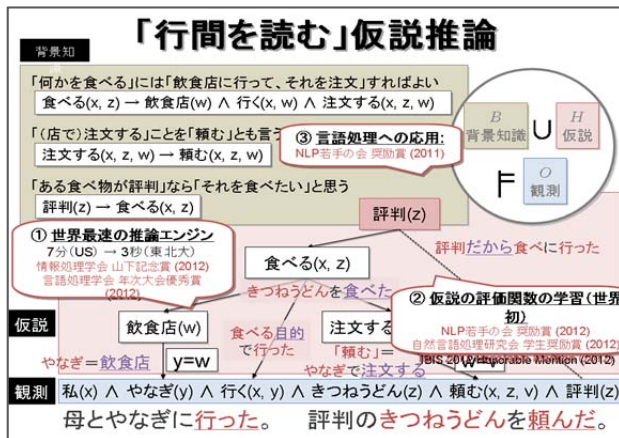


図 2.4-13

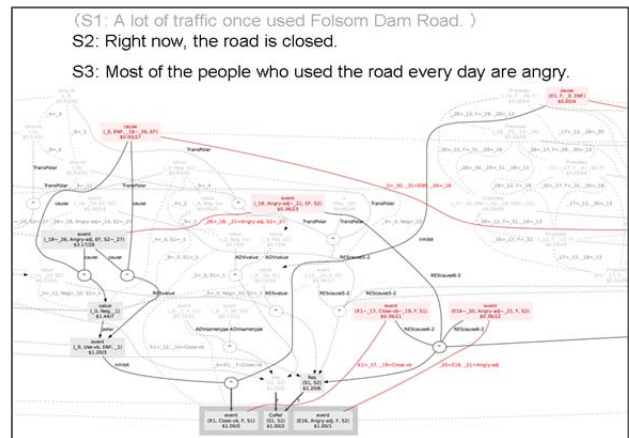


図 2.4-14

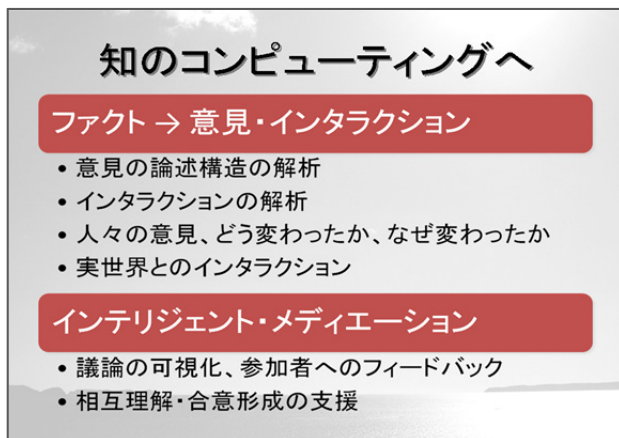


図 2.4-15

2.5 知のメディアワークショップ 美濃導彦(京都大学)

計算機が計算ツールとしてではなく、コミュニケーションのツールになってきた。社会の基盤はコミュニケーションである。それが計算機によって変わってきている。そもそもコミュニケーションが成り立つ前提は、表現が共通していること、表現の解釈ルールが存在すること、行動規範・考え方（文化、社会観衆、非言語情報）が共通することである。一意にはつながらないので、対話や推論が重要である。

人間の場合、意図に基づく直感的推論を行っている。これは非論理的推論も含む。一方、計算機の場合、（意図が無いので）厳密な論理的推論のみしかできない。人間は、外界のセンサ情報によって知能を発達させてきた。直感は、認知されないが感覚されている情報に基づいているかもしれないという仮説に基づく、直感的で論理的な推論は外部状況（感覚器からの情報）、内部情報（心の状態、感情）の両方に依存することになる。

やればいいことを二つ提案する。一つは、知識処理、言語処理、画像処理、音声処理の分野の協同。メディアという切り口で、これらの分断された領域をつなぐ。環境のいろいろなセンサ情報があるほうが有利だし、非言語情報を有効活用したい。個別技術の高度化は必須。

もう一つは、目的に応じた知的対話や知的処理をするシステムの研究開発。外部環境の情報、システムの内部状態に依存した目的に応じた推論メカニズム。推論結果の提示、表示に関するメカニズムの研究が含まれる。やり方としては、脳科学の研究成果の取り入れと脳科学者との共同研究。出口はロボットプラットフォームへの実装。知的対話システム、社会に有用な知的情報処理システムなどがあげられる。

（質疑応答ならびに討論）

岩野：ディシプリンの統合には共有できる目的が必要。どんな目的のイメージがあるか？

回答：たとえば、料理の支援はマルチモーダル。臭い、触覚、味覚のセンサが必要になる。

手を出しすぎないのがよい子育て。困っている時に手助けしてあげるのがよい。困っているのはどう判定するのか。でしゃばらない支援、やりすぎない支援が人間にとって一番ありがたい支援ではないか。今は認識すらできない。

乾：メディエーションも同様。介入しすぎないで起こっていることを把握するのが重要。



図 2.5-1



図 2.5-2



図 2.5-3



図 2.5-4

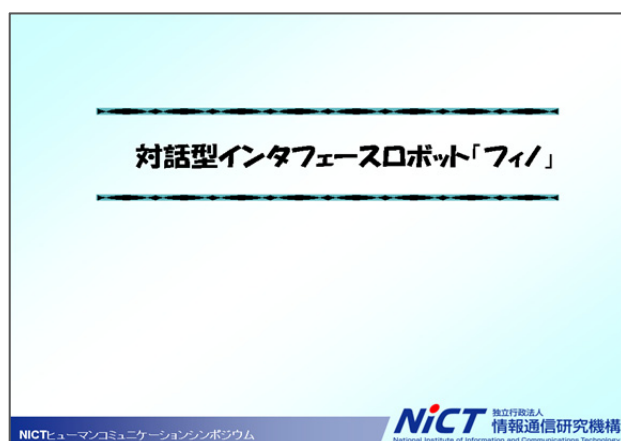


図 2.5-5



図 2.5-6



図 2.5-7

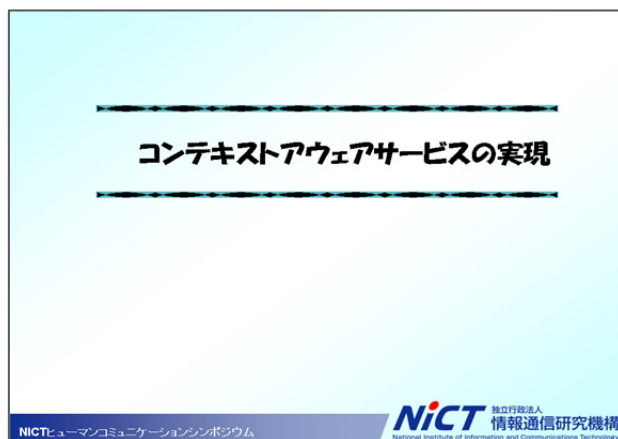


図 2.5-8

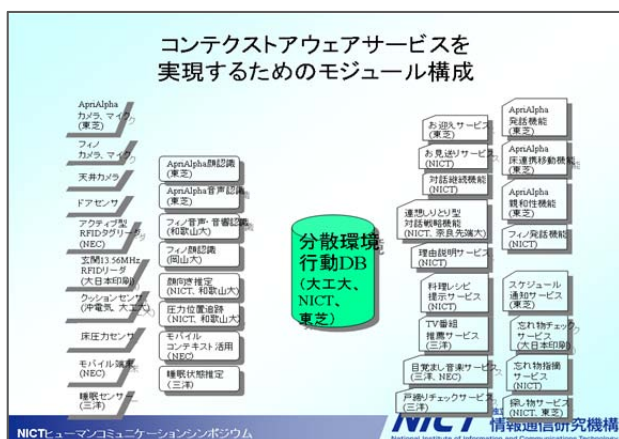


図 2.5-8



図 2.5-9

生活実験概要

- ・ ユビキタスホームに継続的に住んでもらい、サービス評価・データ取得を行う実験を4回実施。

	実験期間	被験者
第1回	4月8日～4月19日 (12日間)	3人家族 (30代の夫婦と3歳の娘)
第2回	5月24日～6月7日 (15日間)	ユビキタス研究関連者 (40代男性、30代女性、20代男性)
第3回	8月15日～8月26日 (12日間)	3人家族 (40代の夫婦と12歳の娘)
第4回	10月1日～10月16日 (16日間)	4人家族 (30代の夫婦と3歳の娘、1歳未満の息子)

NICT 独立行政法人 情報通信研究機構
National Institute of Information and Communications Technology

図 2.5-10

生活実験の成果

- ・ センサに対する反応
 - ・ 生活開始後の三日間は緊張があり、常に姿勢を正すような生活、四日目くらいからは気にならなくなった
 - ・ ロボットに見られているのはいいが、天井のカメラに監視されているのは嫌
- ・ フィノに対する反応
 - 話し掛けるとテレビやエアコンを操作してくれるので、他に売られているペットロボットとは違う
 - それじゃただのリモコンのように無機質なものと思えばいいのかと考え、明らかに異なる。
 - 使っているうちに言うことを理解するようになった

NICT 独立行政法人 情報通信研究機構
National Institute of Information and Communications Technology

図 2.5-11

メディア論的考察

- 計算機の変遷
 - 計算機は計算しない
 - コミュニケーションのツール
- 人間の能力の拡張(マクルーハン)
 - グローバルビレッジ
 - コミュニケーション能力の拡大
- 人間の社会活動
 - コミュニケーションがその基盤
 - 社会基盤としての情報システム

図 2.5-13

情報を伝えるもの：メディア

- 「メディア」の語源
 - シャーマン 霊界と人間界の媒体
- 広辞苑
 - 双方の間にたつてとりもつもの
 - あるものを他のものを通じて存在させること

図 2.5-14

コミュニケーションのモデル化

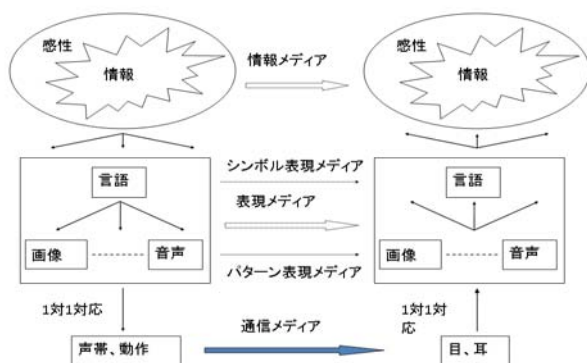


図 2.5-15

コミュニケーションの原点

- 言語表現が共通
 - 同じ言語を双方が理解
- 表現の解釈ルールが存在
 - 知識の共有が前提
 - 人間であるというのが最低限の共有知識
- 行動規範, 考え方が共通
 - 文化, 社会慣習を共有
 - 非言語情報の共有

図 2.5-16

対話の重要性

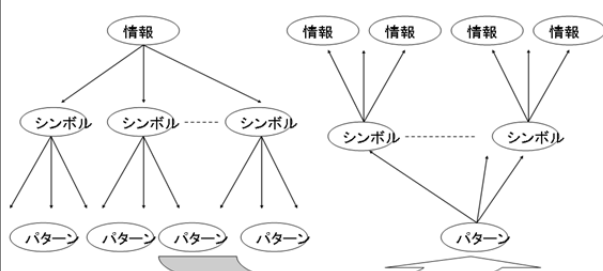


図 2.5-17

計算機による情報メディア Computer Mediated Communication

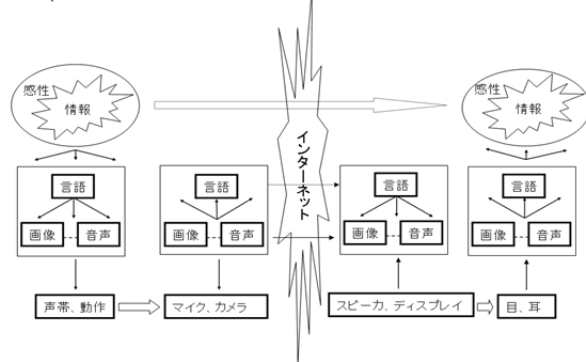


図 2.5-18

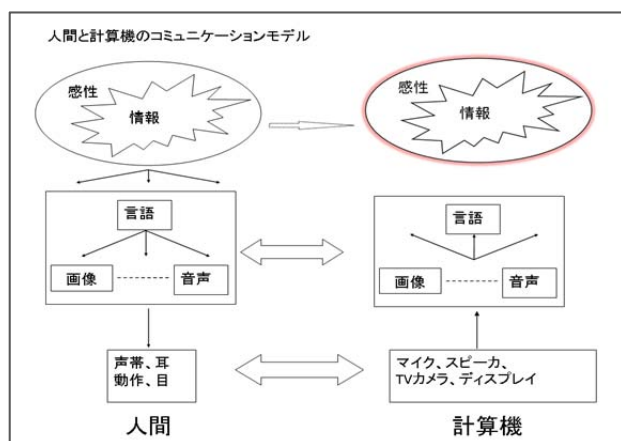


図 2.5-19

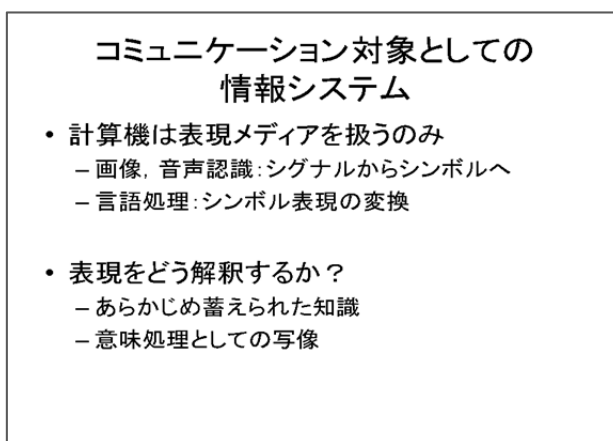


図 2.5-20

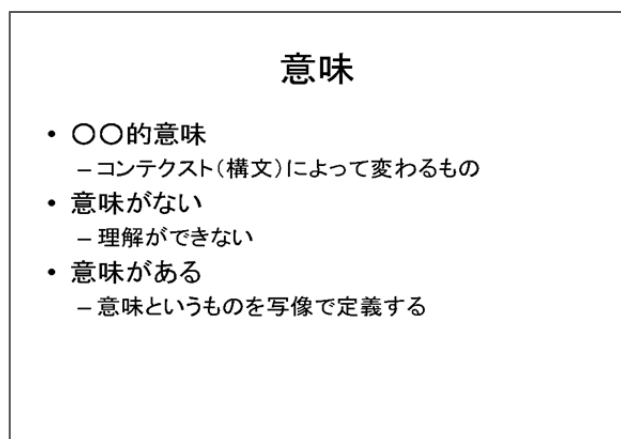


図 2.5-21

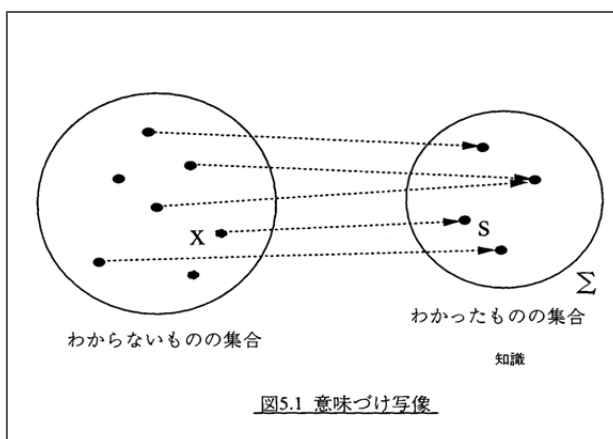


図 2.5-22

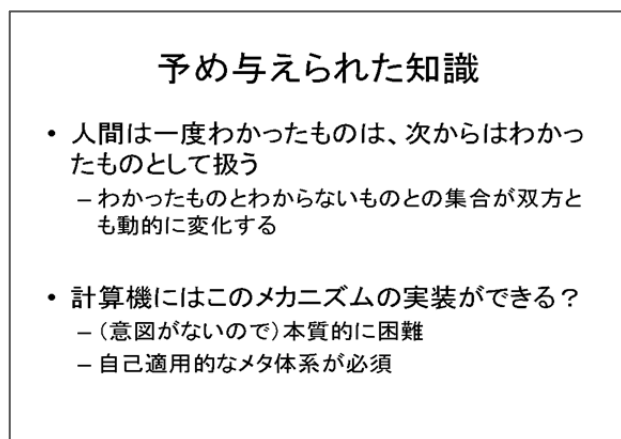


図 2.5-23

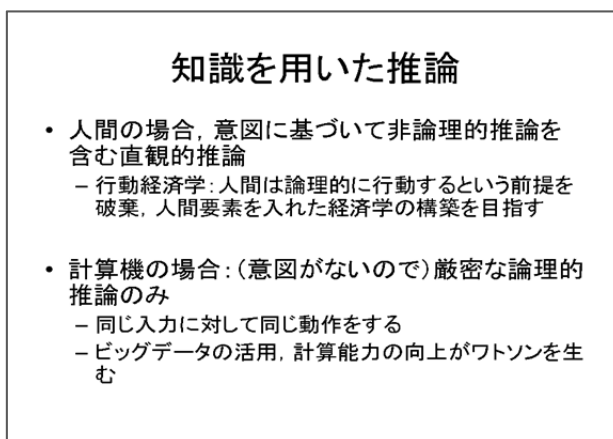


図 2.5-24

人間の特性

- 人間は5感を駆使して知的活動をしている
 - 外界のセンサ情報は知能を発展させてきた
 - 直観は認知されないが感覚される情報に基づいているかもという仮説
- 直観的で論理的な推論の威力と欠点
 - 外部状況(感覚器からの情報), 内部状況(心の状態, 感情)に依存
 - 外部信号の解釈ミス, 思い込みによるヒューマンエラーの問題

図 2.5-25

やればいいこと

- 知識処理, 言語処理, 画像処理, 音声処理の分野が協働
 - 環境のいろいろなセンサ情報がある方が有利
 - 非言語情報を有効活用する
 - 個別技術の高度化, 高性能化は必須
- 目的に応じた知的対話や知的処理をするシステムの研究開発
 - 外部環境の情報, システムの内部状態に依存した目的に応じた推論メカニズム
 - 推論結果の提示, 表示に関するメカニズムの研究
 - どうすればうまく情報が伝わるか
 - 目的: 与えられるもの
 - 意図: 自発的に出てくるもので目的に変換される

図 2.5-26

やりかた

- 手法
 - 脳科学の研究成果の取り入れ
 - 脳科学者との共同研究
- 出口
 - ロボットプラットフォームへの実装(動作する場合)
 - 知的対話システム
 - 社会的に有用な知的情報処理システム

図 2.5-27

ビッグデータの処理研究

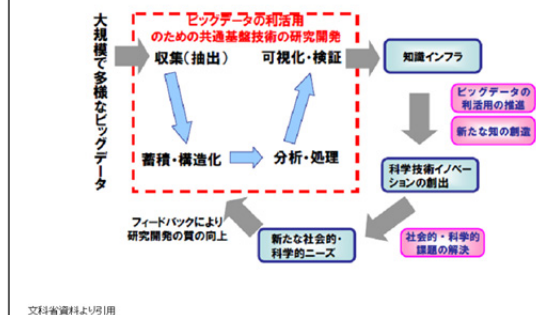


図 2.5-28

情報工学的な「意味」

- わかろうとするのがコンピュータの場合
- 例: コンパイラ
 - プログラミング言語を機械語に翻訳
 - プログラミング言語: 構文が明確
 - 機械語: コンピュータにとっての意味

図 2.5-29

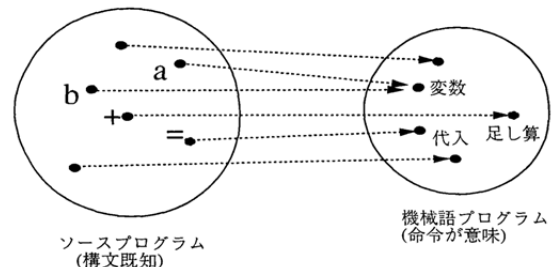


図5.2 コンパイラによる意味づけ

図 2.5-30

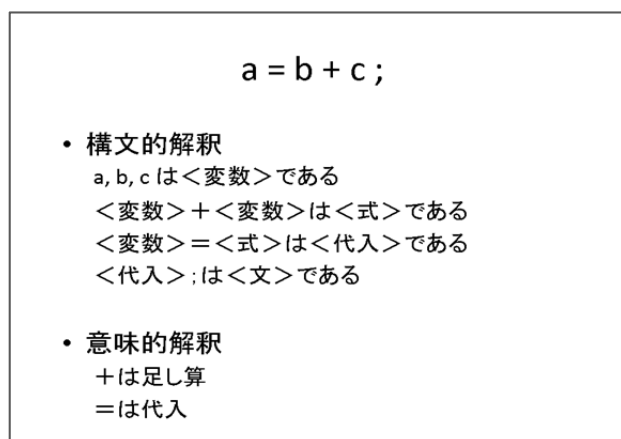


図 2.5-31

2.6 知のメディア-視覚メディア処理の観点から- 馬場口 登(大阪大学)

機械学習や統計パターン認識、DBなどを駆使して顔認証ができるようになってきた(認識率は現在3割といわれている)。視覚メディア処理分野では現在、状況認識に取り組もうという段階。状況認識できれば、タイムリーに有用な情報が提供できる。

例えば2人の人間をセンシングした場合、その二人の関係は何か?気分はどうかといったことをも捉えようと試みている。このためには、実世界の今の状況をセンシングすることが必要である。画像例(概念を代表する画像)に基づいて、概念の間の距離を定義し、その時間・空間ダイナミクス解析を行いたい。

センシング情報は現在、ATM前といったポイントでのセンシング情報から、広域連携センシングへと移行してきている。これらは、画像イメージから物体認識をし、概念とのセマンティックギャップを認識していくものである。

この中で、我々の2つの試みを紹介する。ひとつ目は、プライバシー情報保護活用基盤として、個人情報を出すとより上質な情報を提供できるような「状況認識型情報提供」の仕組みである。二つ目は、概念は時間によって変わるものであるが、この経時変化を説明できるようになれば、トレンド予測に活用できるようになる。Web上のものが変われば、概念と概念との距離が理解できるようになる。これらの技術は、よりきめの細かいトレンド予測、トピック抽出、マーケティングなどに使えるはず。クロスメディア解析、インターモダル協調などが、知のコンピューティングとの親和性は高いかもしれない。

(質疑応答ならびに討論)

山口：ディープラーニングについて、メディアの専門家はみてどう見てるのか?マイニングとモデリングが **Integration** されていないのではないかと?

回答：メディアはツールとして使われている。SVMやDeep learning等、良さそうな手法が出てきたらツールとして積極的に採用している。高度な **Integration** のためには、ご指摘のとおり、マイニングとモデリングの **Integrate** が重要である。

山口：タグというのはラベルを貼っただけのものであるが、より詳しくいうと、Catの定義は難しいので、CatとDogの距離を見る形に置き換えている。

岩野：状況認識について、今まで捉えられていないシグナルを捉え得るのか?どのような例があるか。

回答：異常状態の検知がある。エレベータ内の異常の画像認識を三菱が行っているなど、異常検出は多く取り組まれているテーマである。正常状態をモデリングしておいて、そこから外れたものを検知するという方法くらいしかできない。知のコンピューティングのコンセプトからはまだ少し距離がある。

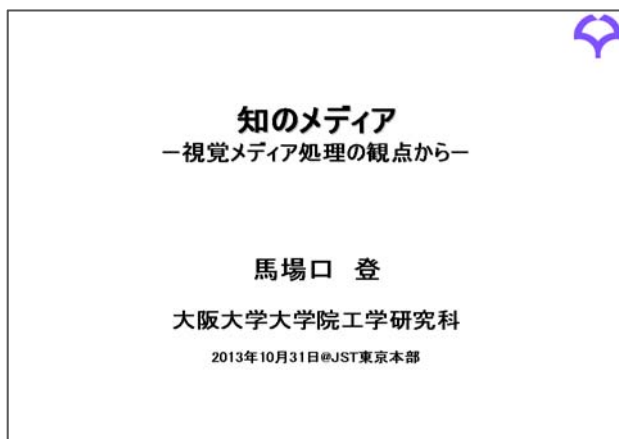


図 2.6-1

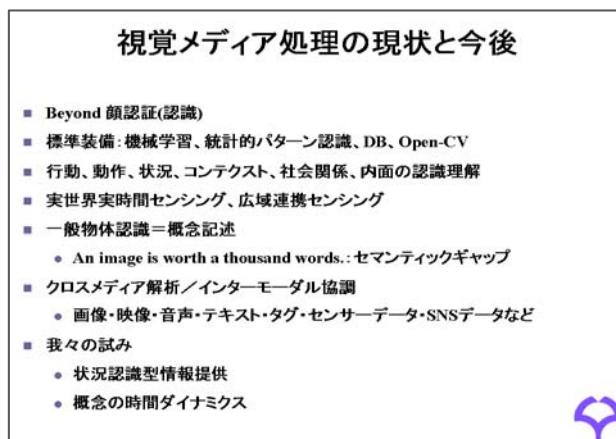


図 2.6-2

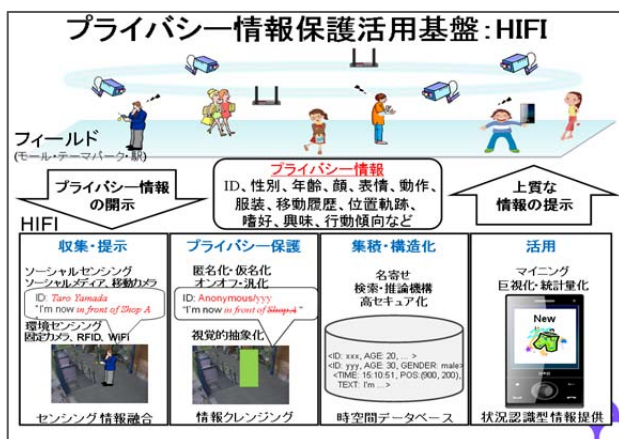


図 2.6-3



図 2.6-4

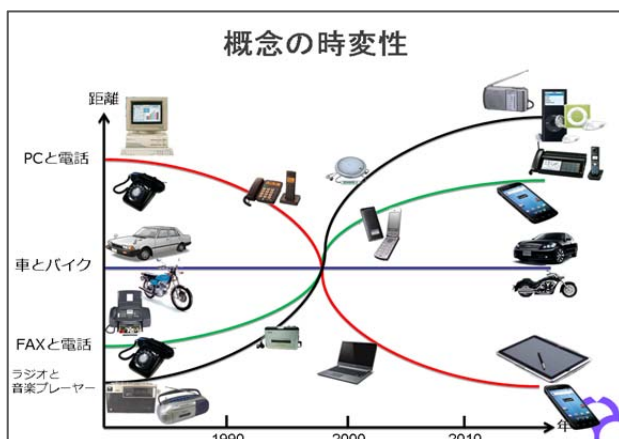


図 2.6-5

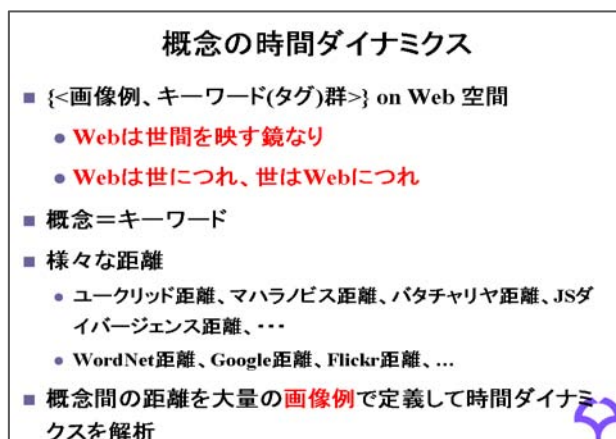


図 2.6-6

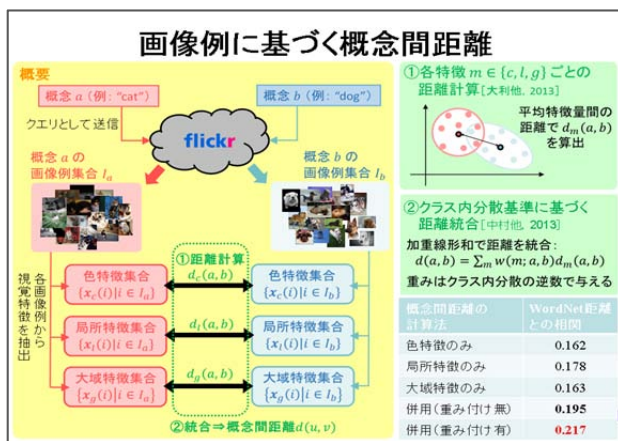


図 2.6-7

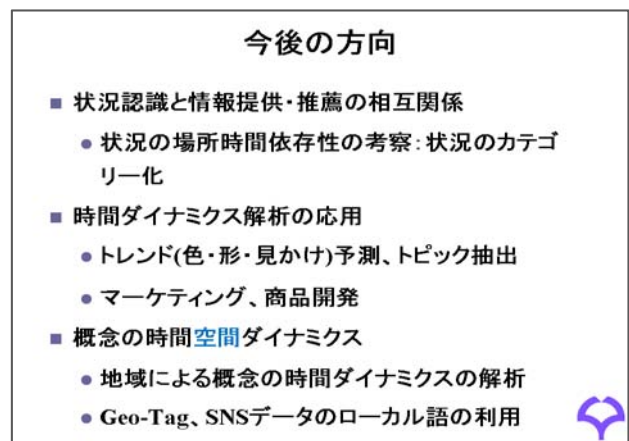


図 2.6-8

2.7 知能技術は統合の時代へ 山川 宏(富士通研究所)

知能技術は統合・汎用化に向かっているという認識がある。今後、人が技術を作る時代から、機械が技術を作る時代に移行しつつある。これが起こると、創造を超えたスピードで物事が発展していく。今は過渡期だから、人間と機械が協力して技術を作ることになる。それが、知のコンピューティングだと考えている。

AI で未実現の知能は、ほぼ大脳新皮質の表現学習である。同じ機構で多様な機能を果たせる汎用性を持ったしくみが必要。脳機能の解明は機械技術の統合ということもできる。生物学的な知見は膨大に蓄積されている。それらの機能を機械学習に正しく対応づけることができれば、脳を機能的に理解したことになる。それが知能システムの目標だと思う。

神経科学的な知見の蓄積、機械学習の成熟、計算資源の増大によって、知見はかなり出そろっている感がある。つまり、脳型計算に必要なピースはかなりそろっているが、超巨大なパズルであるがゆえに個人の認知限界を超えてしまい、それらを統合できないという状況にあるように思う。もちろん統合が可能という保証はない。フレーム問題など、難しい問題は依然として存在している。しかし、統合していくことで、できないことが明らかになってくるともいえる。

(質疑応答ならびに討論)

山口：実問題からは遠い話に聞こえる。最後のスライド（言語の発展は、インデクシング、記号間関係の学習、記号の用という発展をするという話：Terrence Deacon, “The Symbolic Species”）で、機械学習のステップ2のところがぐっと発展しているのはよくわかる。仮設空間が設定できたら機械がうまくできるのは当たり前だ。ステップ1（インデクシング）のところで、いいインタラクションをしながら仮設空間を作っていくのが大切なのではないか。

回答：そうである。今の Deep Learning にステップ1はないのはわかっている。ステップ1をどうするかをまじめに取り組めといっている。

山口：どうやったらできるのか。

回答：それは非常に細かい技術の話になってしまうが、いくつか考えはあってやっている。仮説空間が増えてしまうのは仕方がないことだが、脳ではその範囲がある程度決まっているはず。そのメカニズムを脳から学ぶということになる。



図 2.7-1

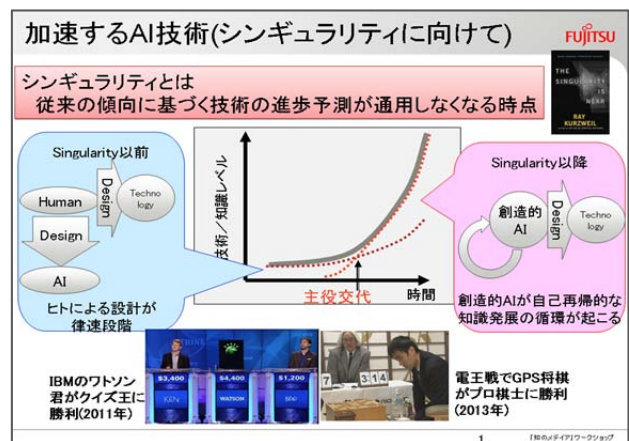


図 2.7-2

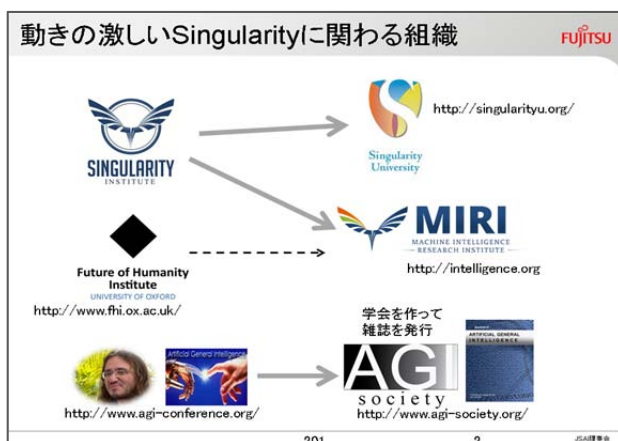


図 2.7-3



図 2.7-4

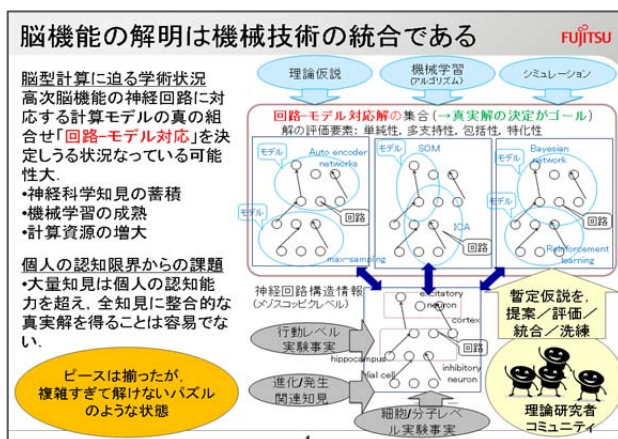


図 2.7-5

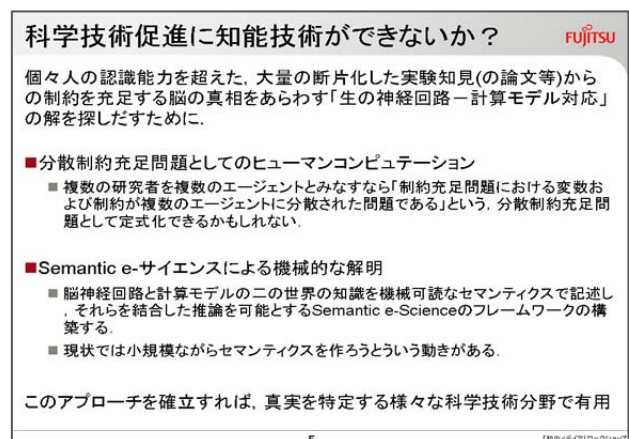


図 2.7-6

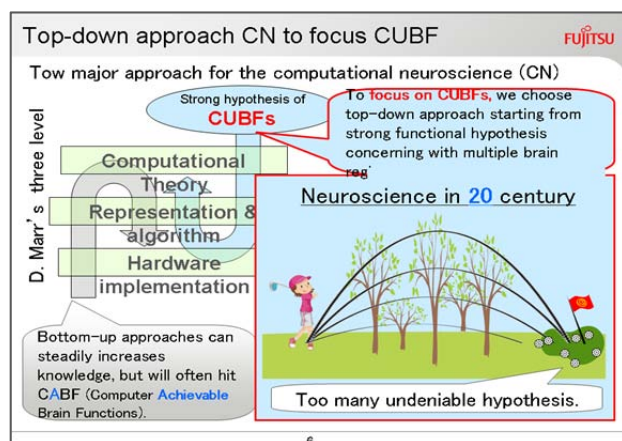


図 2.7-7

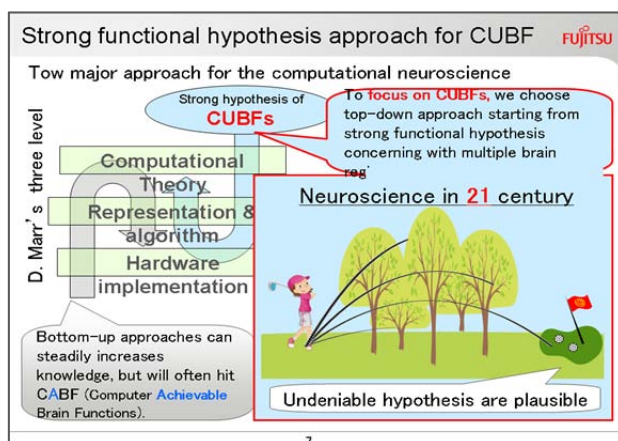


図 2.7-8

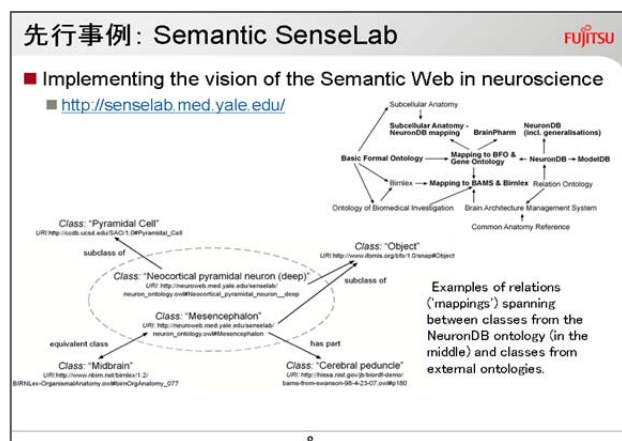


図 2.7-9

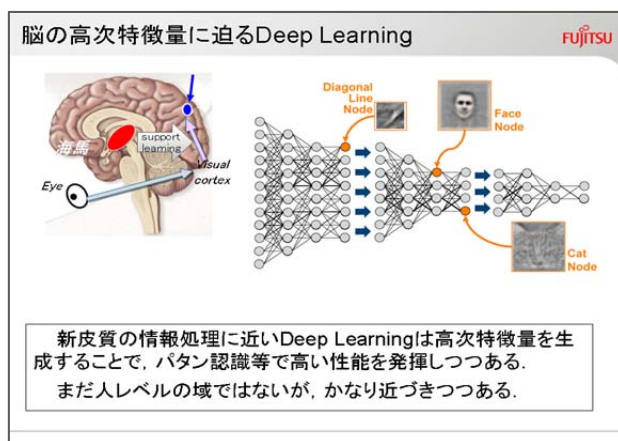


図 2.7-10

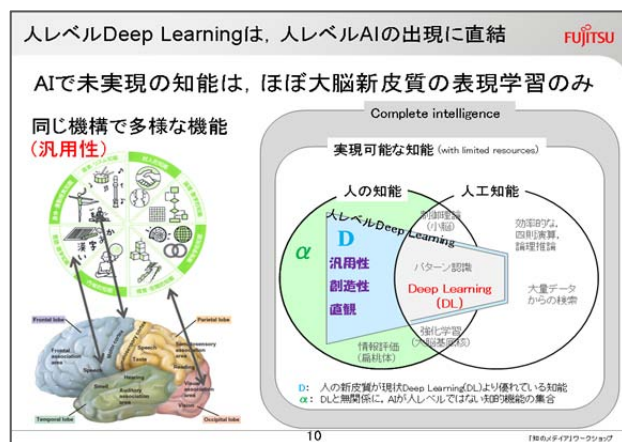


図 2.7-11

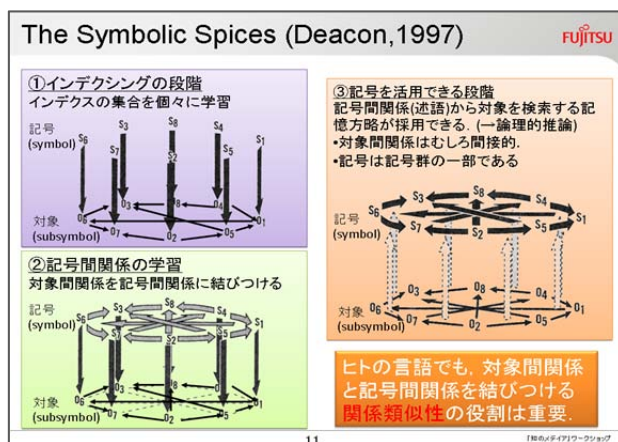


図 2.7-12

2.8 多様性からの知の創発／関係からの知の創発 栗原 聡(電気通信大学)

生物は細胞レベル（あるいは臓器レベル）で変わっても、身体レベルでの人そのものは変わらない。知が創発される基本原理も複雑階層構造ととらえられる。身体レベル、臓器レベル、細胞レベルの層は、層間の独立性と異なる時間粒度が特徴。系のダイナミクスに流れる時間粒度が異なる。これらの層の制御形態はトップダウンともボトムアップとも違ったものである。

例えば、熟練農家の農業におけるオペレーションの中で、その人が置かれている環境も含めて捉えれば、ディープデータが得られ、そこから暗黙知を導入できる可能性がある。

この複雑動的システムを、工学のまな板の上にのせたい。単なる統合というだけでは主張が弱いので、一本筋が通った仕組みとする必要がある。応用分野は、スマートグリッド、AI 農業（暗黙知抽出）、防災・減災システム、レジリエントシステム、大規模複雑システムなど。

(質疑応答ならびに討論)

山口：社会に影響を与えるところまで持って行きたいとしたら、どこまでできるか？

回答：農業やスマートグリッドは、ドメインが明確なので具体的に取り組める。

岩野：スマートグリッドや農業を知のコンピューティングが質的に変えられるか？例えば、スマートグリッドの場合で、ダイナミックプライシング等に貢献できるか？

回答：これから研究に取り組むべき対象のとらえ方を示している。ソリューションはまだ持っていない。

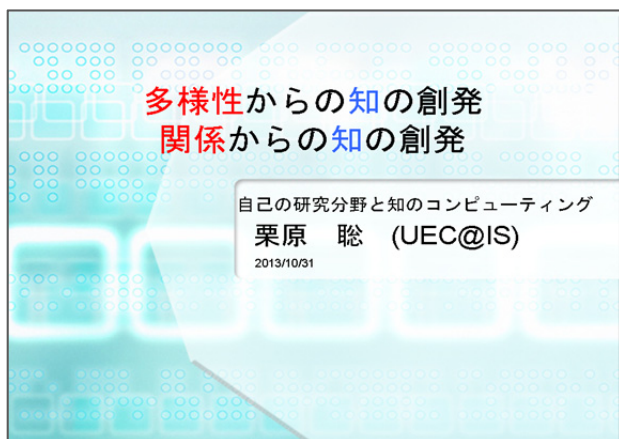


図 2.8-1

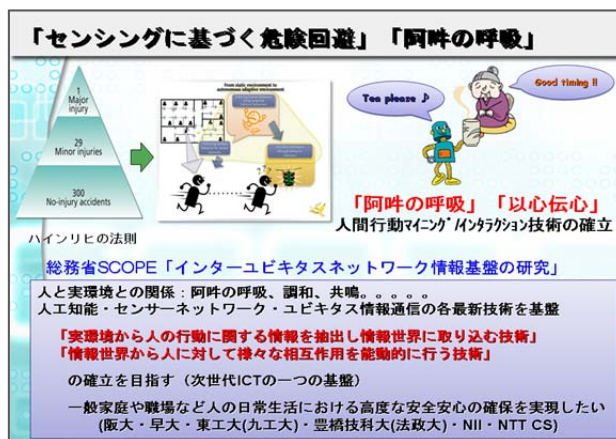


図 2.8-2

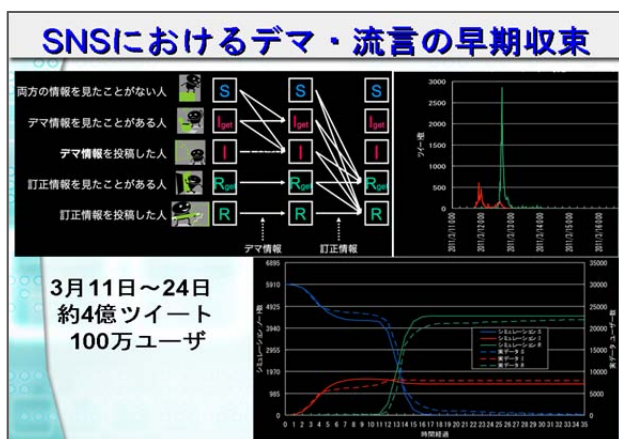


図 2.8-3

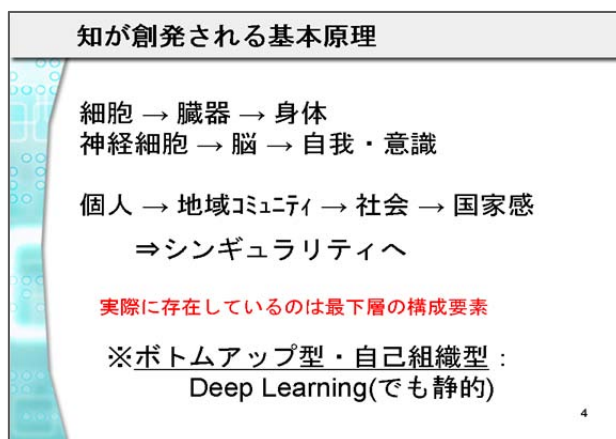


図 2.8-4

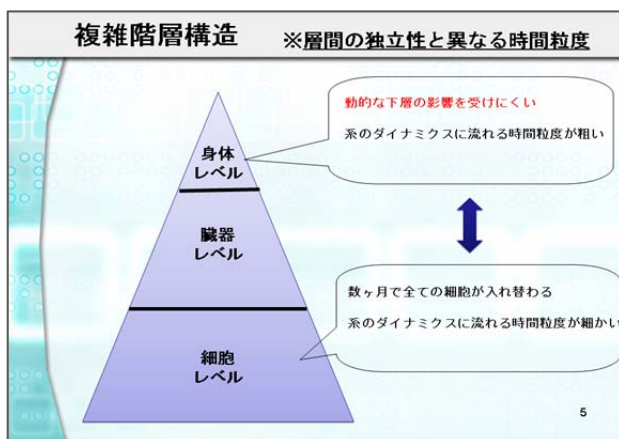


図 2.8-5

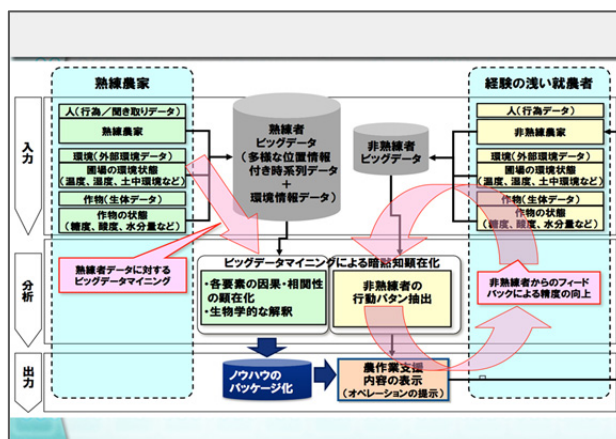


図 2.8-6

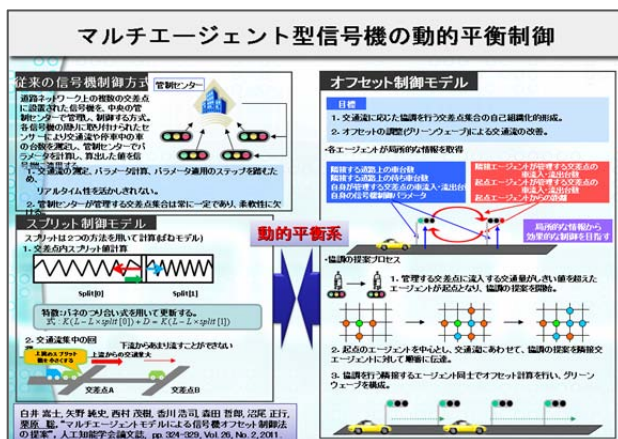


図 2.8-7

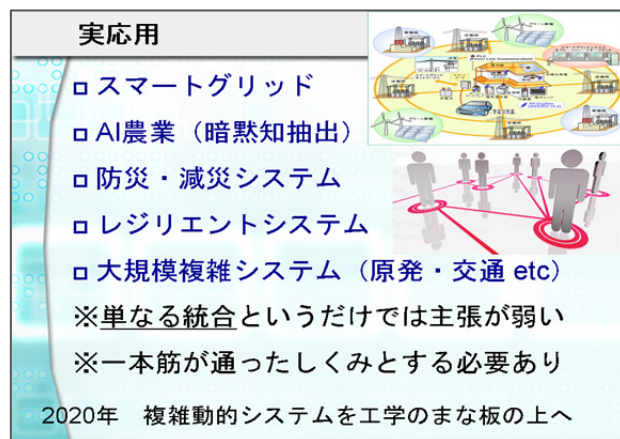


図 2.8-8

2.9 Intelligent Hospitalに向けて-新たな診療支援- 津本周作(島根大学)

アプリケーション側から、病院のお話をする。現実問題として、医療の専門知識が高度化、専門医と家庭医のレベル格差が拡大している。その結果、医師の選択で余命が変わってしまう。これを情報技術で克服したい。

医師や看護師が電子カルテに観察所見を入力する時代になっている。もちろん負担はあるが、検索性、一覧性、スピード、画像処理など、それをしのぐメリットは大きい。もはや、病院での診療に電子カルテは必須。この傾向は今後ますます強くなる。

現場では、リスク因子の自動検知、類似症例の呈示、治療ガイダンスが求められている。例えば、知的プログラムによる医師のワークフローのナビゲーション、診療のナビゲーション、データ収集のナビゲーションを可能にしたい。

ビッグデータ研究の背景は、多種多様なデータを同時に、高頻度サンプリング、長期間収集可能になったこと。データの語源はラテン語の **dare** であり、「人に意志に関係なく与える」が語源。データを収集する過程を（意志と関係させて）デザインすることで、目的とする問題解決に関するデータが豊富にアクティブに収集できる。知的実験計画法とデータ品質管理が必須になる。診療支援・ワークフローマネジメントが重要。

(質疑応答ならびに討論)

岩野：家庭医が統合するというお話と知のコンピューティングとの接点は何かないか？

回答：あると思う。

岩野：ワトソンが各家庭医の支援を行うイメージか？

回答：ワトソンのような **Q&A** 形式のエキスパートシステムというよりはむしろ、類似の症例や治療経過の事例を知れるものがほしい。医師は症例を掘り下げて、どのようなシナリオで治療していくか判断したい。ワトソンは推論がきかない研修医レベル。これは、医師と知的プログラムの共進化にもつながる。

山口：医療現場でのデータ活用はまだまだ進まないのではないか。

回答：それは違う。医療行為の標準化や電子カルテの利用は現場では常識化しつつある。

Intelligent Hospitalに向けて -新たな診療支援-

津本 周作
島根大学医学部医学科医療情報学講座
tsumoto@med.shimane-u.ac.jp

図 2.9-1

EBMの時代

- Evidenceによる各専門学会でのガイドライン作成
 - 治療の標準化/ ルールベース化
- 専門的治療の飛躍的進展
 - 専門医は自分の領域以外は常識的な治療しかできない。
 - Overspecialization
- 家庭医と専門医とのレベルの格差拡大

図 2.9-2

電子カルテの登場

- 医師/看護師が「観察所見」を電子計算機に入力する時代の到来。
 - カルテ記載、オーダー発行・実施の負担はあるが...
 - それをしのぐメリット
 - 検索性、一覧性、スピード
 - 画像処理
- もはや、病院での診療に電子カルテは必須。

図 2.9-3

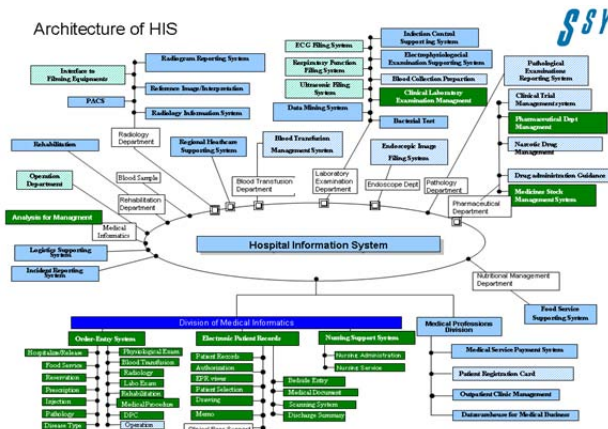


図 2.9-4

電子カルテの登場で

- 電子計算機を苦手とする人
 - 診療のプロセスを変えて、「適応しようとする。」
 - 適応しきれない時に、ミス犯す。
- ミスを起こさないような「仕掛け」を実装する必要性
 - 人に適応させるのではなく、機械が適応できる必要性

図 2.9-5

入力データの再利用

- Multimodality
- 大規模なテキストデータの登場
 - 所見・検査結果の解釈等がすべて保存
- 現在のテキストデータだけでも、所見の拾い上げを行うことで、情報編集、エキスパートシステムによる診療支援が可能となってきた。
 - 従来の課題であった「入力」の問題の解決
 - エキスパートシステムの自動駆動

図 2.9-6

エキスパートシステムを越えて

- 現場のニーズ
 - リスク因子の同定およびその自動検知
 - 類似症例の提示: Case-based Reasoning
 - とともに治療に関するガイダンス
- 患者情報の一覧性
 - Information Fusion / Integration
 - Temporal Integration: 患者内一覧性
 - Spatial Integration: 患者間の一覧性
-

図 2.9-7

EBM/電子カルテ/診療支援

- 治療の標準化
- すべての診療情報の電子化
- 診療支援システムを病院情報システムに埋め込む
 - 「診療支援」サービス
 - 標準的な治療の実践の「ガイド」
 - 実践した結果の蓄積
 - サービスの評価と深化
- 医師のWorkflowに対する介入

図 2.9-8

時間帯別オーダー発行数 (火曜日, 2010)

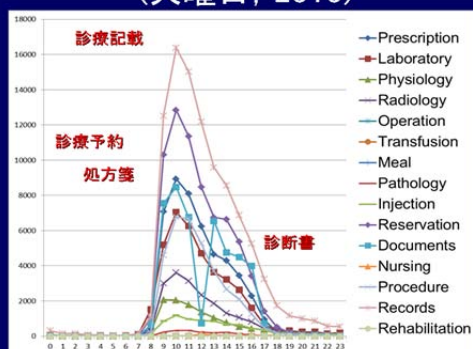


図 2.9-9

時間帯別オーダー発行数 (肝臓内科/火曜日 2010)

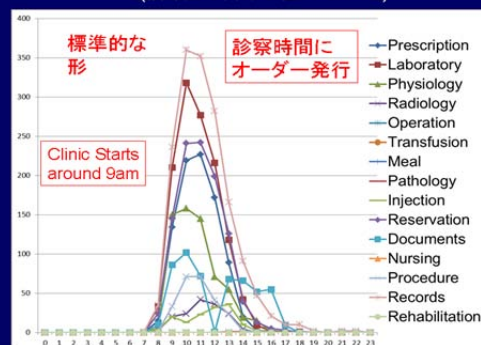


図 2.9-10

時間帯別オーダー数 (リウマチ内科: Tuesday, 2010)

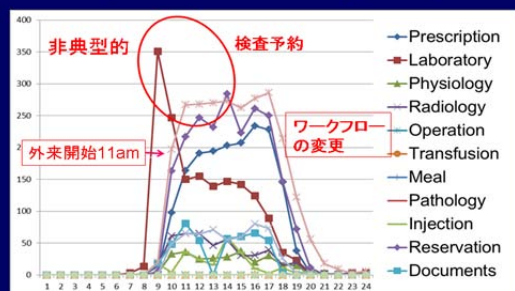


図 2.9-11

データから予測できるワークフロー

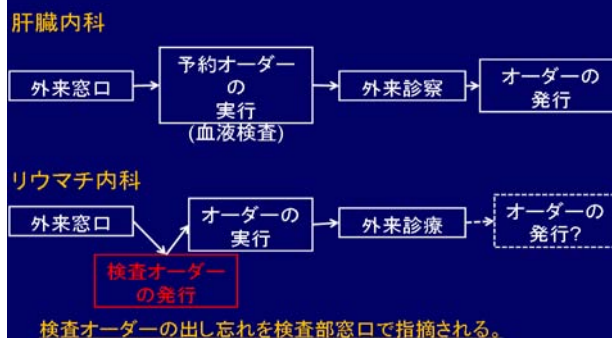


図 2.9-12

医師の診療過程のナビゲーション

- ・ リウマチ内科
 - － 医師へのインタビュー：外来終了後、検査オーダーを
 - － 発行するが、忘れてしまうことがある。
 - － ⇒ オーダー数変化にて検知
- ・ 2011: 検査オーダーに関するアラート
- ・ 2012: 検査オーダー履歴の一括表示

図 2.9-13

時間帯別オーダー数 (リウマチ内科: Tuesday, 2010)

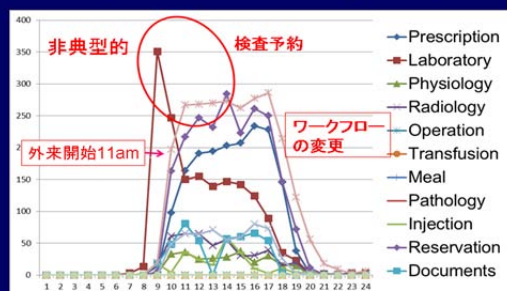


図 2.9-14

時間帯別オーダー数 (リウマチ内科: 火曜日, 2011)

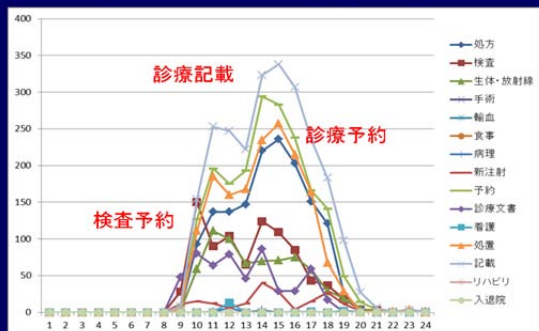


図 2.9-15

時間帯別オーダー数 (リウマチ内科: 火曜日, 2012)

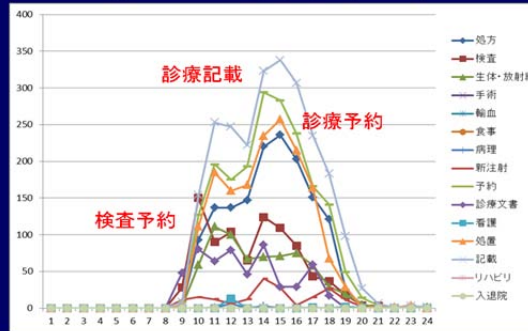
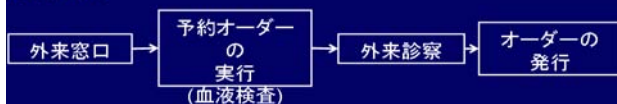


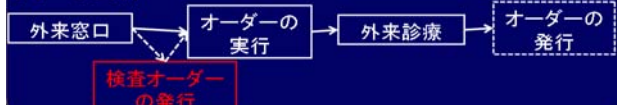
図 2.9-16

データから予測できるワークフロー (2)

肝臓内科



リウマチ内科



チェックによるオーダーの出し忘れ減少/ 診察時間前の予習

図 2.9-17

ナビゲーション

- ・ 知的プログラムによる:
 - － ワークフローのナビゲーション
 - － 診療のナビゲーション
 - ・ リスク検知, レポート
 - ・ 類似症例
 - － EBMの実践に必要なデータ収集のナビゲーション
- － 医師と知的プログラムの共進化

図 2.9-18

2.10 知のメディアワークショップー適切な目標の設定ー

松原仁(公立はこだて未来大学)

どのようなグランドチャレンジがありえるか、考えてみた。コンピュータ将棋の研究は2015年に終わる研究。必ず人間に勝てる。ロボカップは少し難しすぎかもしれない。星新一さんのようなショートショートはどうか。そろそろ技術的な基盤がそろいつつあり、5年間を目安として挑戦するにはちょうどよい対象だと考えている。

従来のグランドチャレンジは問題解決型だったが、違ったタイプの問題に挑戦したい。知性を理性と感性に分けると従来のグランドチャレンジはもっぱら理性。感性を対象としたグランドチャレンジをしたいと考えた。また、星新一さんは、高品質の作品(教師データ)が大量(1000作品以上)に存在する。プロットが明確でちゃんと“おち”がある。子供から大人まで時代を越えて楽しめる、どろどろしていない、ファンがたくさんいる第一人者、創作法を星さん自身が公開している、といった理由でよいと考えた。また、ショートショートは、原稿用紙20枚以内くらいで、コンピュータに創作できるちょうど良い長さだ。

ここでいうチャレンジテーマとビッグデータ研究との違いは、平均的な知を対象とするか、トップの人間の知を対象とするかだ。トップレベルの知をモデル化してコンピュータに搭載して維持したい。これが人工知能を介した人間の知の向上につながる。

現実への応用としては、観光情報学(個人旅行客のモデル化による満足度向上)、スマートシティ(オンデマンド交通システムによる住民および個人観光客の満足度向上)、AI農業(トマト作りの名人の暗黙知の明示)などがあげられる。

(質疑応答ならびに討論)

山口：ショートショートの創作は、どういうプロセスに分解されるのか？

回答：単文は作れるが、文章としてつなげることが難しい。最終的には、人の文章作成を支援したいが、人を支援するには機械がまずまずの文章をかけなければならない。

山口：ショートショートの創作までに、ニュース報道の編集のような、より簡単なタスク(編集など)があるのではないか？

回答：その通り。ツイッター小説、携帯小説(400文字)への応募が当面の課題。

高島：ショートショートの評価基準はどうなるか？

回答：それは確かに問題。善し悪しの評価は、コンテストに応募して入賞するかどうかの一つの基準になるだろう。

岩野：チューリングテストはクリアできそうか？

回答：まだできていないが、そろそろ可能になると思っている。日本で取り組んでいる人は少ないと思う。

知のメディアワークショップ —適切な目標の設定—

松原 仁
公立はこだて未来大学

図 2.10-1

グランドチャレンジ

- 一般にもわかりやすい具体的な目標
- 直接は役に立たなくても重要な技術的要素を含む
- 多くの研究者を巻き込む面白さを持つ
- 典型例はアポロ計画
- 人工知能ではコンピュータチェス

図 2.10-2

関わっているグランドチャレンジ

- コンピュータ将棋 名人に勝つ
1975年頃スタート **2015年頃エンド**
- コンピュータ囲碁 名人に勝つ
1960年頃スタート **2025年頃エンド?**
- ロボカップ ワールドカップ優勝チームに勝つ
1995年スタート **2050年エンド?**

図 2.10-3

きまぐれ人工知能プロジェクト 作家ですよ

- 新しいグランドチャレンジ
- 星新一さんのようなショートショートをコンピュータに創作させることを目標とする
- ショートショート of 厳密な定義はないが、およそ原稿用紙20枚以内(8000字以内)の小説
- 5年間を一応の目安とする
- その先は芥川賞、直木賞

図 2.10-4

- 「もちろん、わかっておりますわ。。。。」
彼女だって、本人や家族に伝えるつもりはない。もともと、カルテで住所を調べ、職業を調べ、その人にうらみを持っている人や、商売がたきには。。。。

図 2.10-5

- その夜、バーは遅くまで灯がついていた。ラジオは音楽を流しつづけていた。しかし、だれひとり帰りもしないのに人声だけは絶えていた。
そのうちラジオも「おやすみなさい」と言って、音を出すのをやめた。??は「おやすみなさい」とつぶやいて、つぎはだれが話しかけてくるのかしらと、つんとした顔で待っていた。

図 2.10-6

- ・「まあ、説明をお聞き下さい。もちろん、故障もおこさず狂いもしないロボットも作れます。だが、それといっしょに一月も暮らすと、運動不足でふとりすぎたり、頭がすっかりぼけたりします。それでは困るでしょう。ですから、人間にとっては、このほうがはるかにいいのです。」「そういうものかな」とエヌ氏は、わかったような、また不満そうな顔でつぶやいた。

図 2.10-7

なぜこのテーマか？

- ・従来のグランドチャレンジは問題解決型（難問を解くタイプ）なので違うタイプのグランドチャレンジをしたい
- ・知性を理性と感性に分けると従来のグランドチャレンジはもっぱら理性が対象だったので感性を対象としたグランドチャレンジをしたい
- ・そろそろ技術的な基盤が揃いつつある

図 2.10-8

なぜ星新一さんか

- ・高品質の教師データが大量に存在する（1000作品以上）
- ・プロットが明確（ちゃんと「おち」がある）
- ・内容が普遍的（こどもから大人まで、時代を越えて楽しめる）
- ・どろどろしていない
- ・ファンがたくさんいる第一人者
- ・星さんが創作法を公開している

図 2.10-9

なぜショートショートか

- ・いずれにしろ小説の創作はむずかしいが
- ・長編小説はとてもむずかしそう
- ・超短編小説もとてもむずかしそう
- ・ショートショートはそれらに比べると可能性があるのではないか（コンピュータに創作できるとすればまずはショートショートではないか）

図 2.10-10

平均的な知とトップの知

- ・ビッグデータなどの手法は集団の傾向を見出すという意味で平均的な知が対象
- ・トップの人間の知（環境とのインタラクションを含む）をモデル化してそれをコンピュータに載せるという方法論を追及したい
- ・それが人工知能を介した人間の知の向上（維持？）につながるはず
- ・コンピュータ単独ではなく人間とコンピュータの協働によるwisdomの実現

図 2.10-11

現実への応用

- ・観光情報学
個人旅行客のモデル化による満足度向上
コンシェルジュロボットの実現？
- ・スマートシティ（公共交通システム）
デマンド交通システムによる住民の満足度向上
人の移動をサポートするシステムの実現？
インターネットは情報の移動をサポートした
これらは東京オリンピックが一つのターゲット？
- ・AI農業（トマト作りの名人の暗黙知の明示化）

図 2.10-12

2.11 表現の学習:ウェブマイニングから Deep Learning へ 松尾 豊(東京大学)

ウェブの分析の研究をしている。選挙予測、自信検知、顧客の嗜好、導線、ファン行動、日本の製品の評判予測など様々なことに取り組んでいる。今日は二つ紹介したい。

一つは自分マイニング。ソーシャルメディアは社会現象を知るためにつかわれているが、自分の行動パターン抽出に使える。いつ頃寝ていつ頃起きたか、メールの返信頻度、仕事の進み具合、機嫌、その行動要因が分析できる。パフォーマンスがよい時期は続く、機嫌が悪いとツイートが多い等。自分が持っている自分についての知識を更新し、自分の行動を変えていく。人単位、企業単位、国単位で実践してはどうかと思う。

もう一つは Deep learning。自分は「なぜ人間が森羅万象のデータの洪水の中からあることに気付くことができるのか」に興味を持って研究をしてきた。今の技術では、画像から画像特徴の抽象化を行っている。次は、観測したデータ（画像、文字、音声、センサ等）からマルチモーダルな抽象化、その次は自分の行動に関するデータ&観測したデータから行為・帰結の抽象化、その次は行為を介しての抽象化から名詞だけでなく動詞（その様態としての形容詞や副詞）の生成（推論、オントロジー）、その次は高次特徴の言語によるバインディング（シンボルグラウンディング）、その次はバインディングされた言語データの大量の入力からさらなる抽象化、言語理解、自動翻訳と進化していければと思う。

（質疑応答ならびに討論）

岩野：図 2.11-23 の 3.（自分の行動に関するデータ&観測したデータから行為・帰結の抽象化）をどうやるのか？

回答：ネット上のエージェントからとるのだと思う。

高島：自動翻訳は抽象化しただけで良いものなのだろうか？

回答：日本語の抽象解釈と英語の抽象解釈をと照らしあわせれば、（文化、対象者の知識レベル、年齢などに応じた）意識ができるようになる。

岩野：自分マイニングだけでなく、集団に対しても同じようなことができるか？するとアクションにつながるのでは？

回答：できると思う。

表現の学習： ウェブマイニングからDeep Learningへ

東京大学 大学院工学系研究科
松尾 豊

図 2.11-1

ウェブ上のデータから、社会を観測する

- ブログから選挙結果の予測: 2008年～。世界でも最初期
- Twitterから地震の検知: 2009年～。WWW論文、600以上の被引用、洗滞情報の検知(トヨタ自動車との共同研究)に展開



	予測数	正解数	誤り数	正解率	的中率
ブログ分析	300	256	43	85.3%	
ブログ分析 (選挙当日)	254	241	13	94.88%	
朝日新聞	260	245	15	94.23%	
日経新聞	288	264	24	91.67%	



ワールドビジネスサテライト(2012/1/15)、日経新聞1面(2012/3/25)、朝日新聞3面(2012/12/22)等

図 2.11-2

実用化の試み

- SPYSEE(国内最大の人物検索)
- READYFOR(国内初、最大規模のクラウドファンディング)



オーム株式会社(2008年設立)で運営

図 2.11-3

ウェブ分析に関する企業との共同研究

- ゼクシィ(結婚情報誌): 顧客の嗜好を把握し、適切なレコメンデーションを行う
- Suumo(住宅情報誌): 顧客の導線を分析し、マッチング精度を上げる
- AKB(アイドルグループ): ファンの行動を観察し、最適な広報戦略を見つける



結婚式の観客ネットワーク



AKBのファンの遷移図

図 2.11-4

経済産業省との取り組み

- 「消費インテリジェンス」
 - データ分析に基づいた消費者、生活者理解
- そのプロジェクトのひとつとしてのアジアトレンドマップ
 - アジアのどの国でどのマンガが人気があるか
 - マンガ・アニメ 5000件についてのアジアでの人気をウェブから分析、サイトを構築



図 トレンド予測モデルの精度評価方法

http://asiatrendmap.jp

図 2.11-5

- 1. 自分マイニング
- 2. Deep Learning

図 2.11-6



図 2.11-7

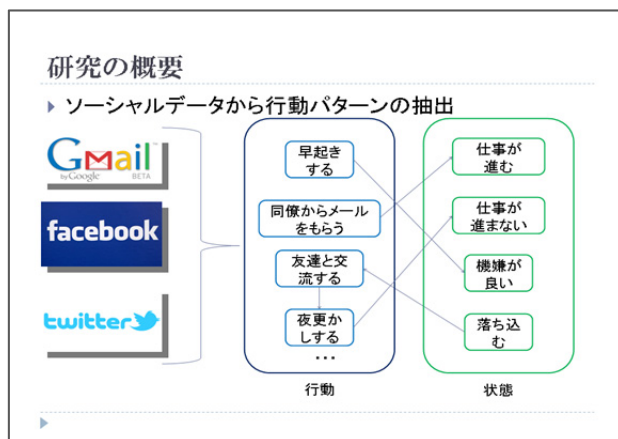


図 2.11-8

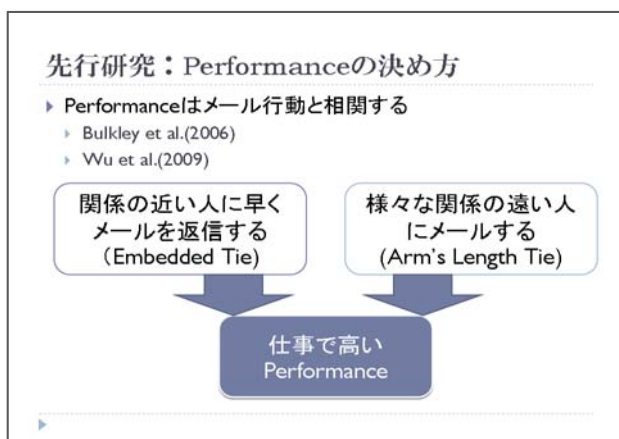


図 2.11-9

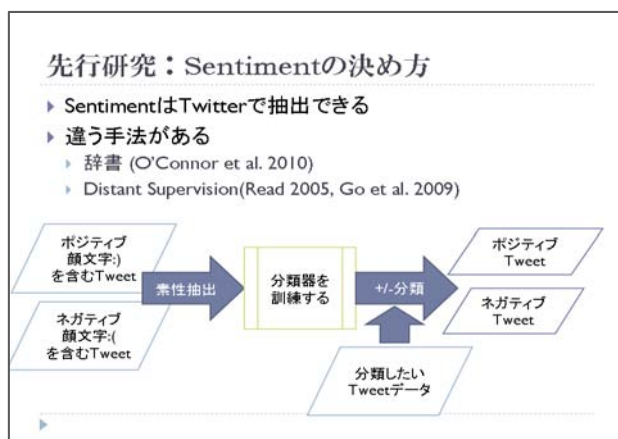


図 2.11-10

データ収集

Gmail, facebook, twitter

気象庁

日付	最高気温(℃)	最低気温(℃)	湿度(%)	日照時間
2011/7/1	28.7	28.7	63	6

図 2.11-11

素性の作成：タイムライン

▶ 一日の決め方

Time	Activity
23:55 2012/07/01	Facebookでステータス更新
00:30 2012/07/02	Twitterでつぶやく
01:15 2012/07/02	Twitterでつぶやく
08:25 2012/07/02	Gmailでメール返信する

ここから新しい日

▶ タイムライン素性の一覧

Name	Description	Type(Range)
AVER_BEDTIME	Personal average of time of the last activity in the day	Numerical(0-24)
AVER_UPTIME	Personal average of time of the first activity in the day	Numerical(0-24)
AVER_SLEEP	Personal average of time length from bedtime to upstine	Numerical(0-24)
TODAY_BEDTIME	Time of the last activity of last night relative to upstine	Numerical(12-12)
TODAY_UPTIME	Time of the first activity of the day relative to personal average	Numerical(12-12)
TODAY_SLEEP	Length of sleep last day relative to personal average	Numerical(12-12)
LID_BEDTIME	TODAY_BEDTIME of the previous day	Numerical(12-12)
LID_UPTIME	TODAY_UPTIME of the previous day	Numerical(12-12)
LID_BEDTIME	TODAY_BEDTIME of the day before last day	Numerical(12-12)
LID_UPTIME	TODAY_UPTIME of the day before last day	Numerical(12-12)

図 2.11-12

素性の作成：ソーシャル活動・天気

Gmail/Facebook/Twitter頻度、天気状況

Name	Description	Type(Range)
AVER_PRES	The average number of e-mails the person received from embedded contacts each day	Numerical(0~+∞)
TODAY_PRES	Number of e-mails received from embedded contacts normalized by average	Numerical(0~+∞)
LLD_PRES	TODAY_PRES of the last day	Numerical(0~+∞)
LLD_PRES	TODAY_PRES of the day before last day	Numerical(0~+∞)
AVER_FBCOUNT	The average number of feeds the person posts each day	Numerical(0~+∞)
TODAY_FBCOUNT	Number of feeds the person posts on the day relative to personal average	Numerical(0~+∞)
LLD_FBCOUNT	Number of feeds the person posts on the last day relative to personal average	Numerical(0~+∞)
LLD_FBCOUNT	Number of feeds the person posts on the day before the last day relative to personal average	Numerical(0~+∞)
AVER_TTCOUNT	The average number of tweets the person posts each day	Numerical(0~+∞)
TODAY_TTCOUNT	Number of tweets the person posts on the day relative to personal average	Numerical(0~+∞)
LLD_TTCOUNT	Number of tweets the person posts on the last day relative to personal average	Numerical(0~+∞)
LLD_TTCOUNT	Number of tweets the person posts on the day before the last day relative to personal average	Numerical(0~+∞)
HIGH_TEMPERATURE	The day's high temperature	Numerical
LOW_TEMPERATURE	The day's low temperature	Numerical
HUMIDITY	The day's humidity	Numerical (0%-100%)
DAYLIGHT	The daylight of the day (longer when it's sunny)	Numerical (0-24)

図 2.11-13

実験と結果：実験の設定

- 50人のGmail/Facebook/Twitterデータを収集した
 - 年齢：20~50歳
 - 学生も社会人もいる
 - 国籍はばらばら
 - 東京に在住/通学/通勤
- 2011年7月1日~2012年6月30日の1年分のデータ
 - Gmail/Facebook/Twitter API使用、Open Authorization認証
 - メール74,246件/Facebook Feeds 6,388件/Tweet 29,175件
- 機械学習のタスクはデータマイニングソフトWEKA使用
 - 分類：線形カーネルSVM
 - クラスタリング：k-means

図 2.11-14

実験と結果：Performance予測

- 集合データでTODAY_PERFORM予測(+/-1)
- 結果：精度 83.7 %
- 重み→Performanceを影響する行動パターン

Feature	Weight	
TODAY_PRES	8.043	•TODAY_PRES → +
TODAY_TTCOUNT	1.231	
TODAY_FBCOUNT	1.030	
LLD_BEDTIME	-0.766	•前日良く寝る → +
LLD_SLEEP	0.712	
LLD_PRES	-0.662	•前日Facebook(twitter)も → -
LLD_FBCOUNT	-0.659	
TODAY_BEDTIME	0.637	
HIGH_TEMPER	-0.547	•高い最高気温 → -
AVER_UPTIME	-0.540	
LD_PERFORM	0.526	•前日Performance → +

図 2.11-15

実験と結果：Sentiment予測

- 集合データでTODAY_SENTI予測(+/-1)
- 結果：精度 73.0 %
 - Performance(83.7%)ほど精確ではない
- 重み→Sentimentを影響する行動パターン

Feature	Weight	
AVER_SENTI	0.933	•Sentiment 平均値 → +
AVER_BEDTIME	-0.133	
AVER_SLEEP_TIME	0.067	•早寝早起き → +

- Sentimentは平均的な要素がその日の要素より影響が大きい → Performanceより安定な状態

図 2.11-16

実験と結果

- 各要素から今日の行動を予測

	TODAY_BEDTIME	TODAY_UPTIME	TODAY_SLEEP	TODAY_PRES	TODAY_TTCOUNT	TODAY_FBCOUNT
TODAY_UPTIME	0.725					
TODAY_SLEEP	-1.140	1.566				
TODAY_BEDTIME		1.361	-0.870			
LLD_UPTIME			0.634			
LLD_TTCOUNT					0.029	
LLD_PRES				0.148		
LLD_FBCOUNT						0.491
LLD_BEDTIME				0.172		
LD_TTCOUNT					0.066	
LD_FBCOUNT						0.508
TODAY_SENT					-0.330	
DAYLIGHT					0.430	

前日のTweet数は今日のTweet数と関係ないが、前日のFacebook活動は今日のFacebook活動に影響する

機嫌が悪い日はTweetが多い

日が長いと、Tweetも増える

図 2.11-17

実験と結果

- 個人データでPerformance/Sentiment予測
- Performanceは個人行動が強い83.7% → 86.1%
- Sentimentは一般的なルールが強い73.0% → 57.6%
- 集合データと重みが大きく変わるパターン

Feature	Weight in Individual Data	Weight in Collective Data
TODAY_PRES	5.738 ↓	8.043
LLD_TTCOUNT	-0.936 ↑	-0.225
TODAY_FBCOUNT	0.933 ↓	1.030
LLD_PRES	-0.915 ↑	-0.662
TODAY_TTCOUNT	0.824 ↓	1.231
LD_FBCOUNT	-0.546 ↓	-0.659
DAYLIGHT	0.365 ↑	0.257

図 2.11-18

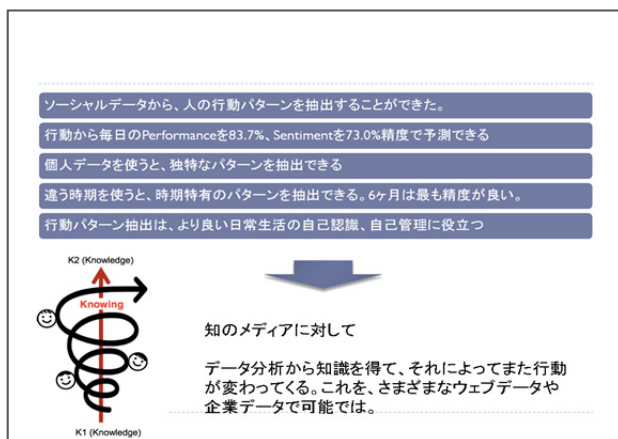


図 2.11-19



図 2.11-20

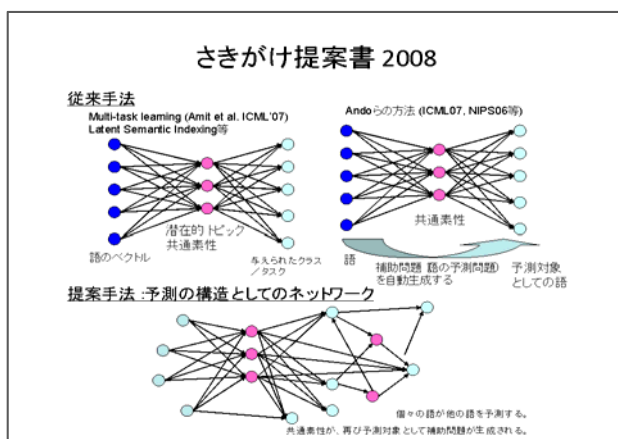


図 2.11-21

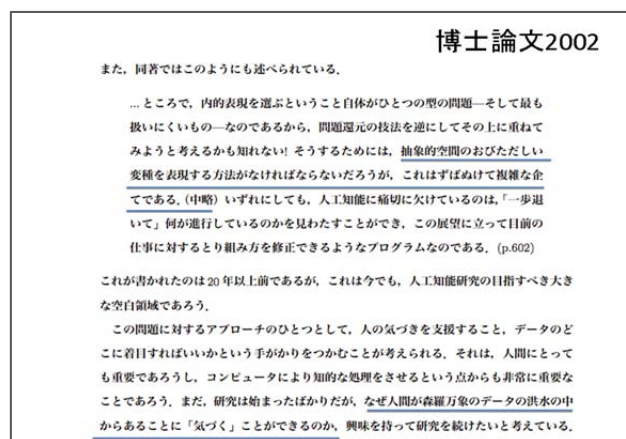


図 2.11-22

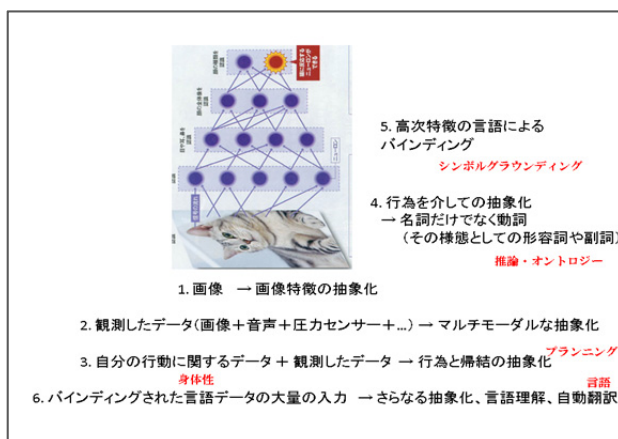


図 2.11-23

2.12 「知のコンピューティング」狙い・イメージ・構想 茂木強(JST/CRDS)

CRDS としての考えを伝えたい。技術的なことはさておき、最終的やりたいのは3つで、知の集積・伝播・探索 (①)、予測、発見の促進 (②)、知のアクチュエーション (③) である。インフラ (④) は、それを実現するための枠組みである。ポリシー (⑧) は、法律、ガイドライン、倫理規定等を考えていくというもの。

これがシステムの全体像だが、もう少し具体的にどのようなことをやらなければいけないかを3つのレイヤーで考えている。一つ目は、情報・状況を把握するレイヤー。既存の知識の抽出・構造化を行うようなことが必要。集合知のような、対話を含むダイナミックなものも含まれる。二つ目は、知の集積・伝播のレイヤー。集めてきたものを処理できるような形に変換するレイヤーだ。自律分散的な情報処理システムが必要だろう。状況判断をして、シミュレーションしたりリスク分析したりする。三つ目は社会に影響を与えるレイヤー。助言や合意形成が必要。インフラはそれを実現するための枠組みである。これがCRDSでもともと考えてきた知のコンピューティングの成果イメージ。

今後、知のメディア、知のインフラ、知のコミュニティ、といったテーマでワークショップを企画していく予定。来年は、知のアクチュエーションとかソーシャルサイエンスとヒューマニティといった観点からの検討も企画したい。あわせて海外調査を行って海外の動向を調査するとともに、欧州や米国との協力も進めたい。

推進方針は、知のコンピューティングという新しい流れを世界に興すこと。この提案はイニシアティブとして複数の戦略目標を包含したものになる。つまり、今年一回提案して終わるのではなく、知のコンピューティングに関する研究プロジェクトを複数立ち上げていこうと考えている。

CRDS の提案は、文部科学省に次の国の戦略としての提案。文部科学省の戦略目標にこの提案が取り入れられると、JST の戦略事業の目標になり、予算がつく。

プロジェクトの成果は、ソフトウェアとかシステムとかデータセンターとして残る。プロジェクト完了後も市民が利用できるプラットフォームになることを想定している。

(質疑応答ならびに討論)

山口：JST の組織構造を説明してほしい。みんなわからない。

回答：CRDS の戦略提言は、文部科学省でもまれる。文部科学省で正式に戦略目標になったら、その実行機関としての JST にそれが下りてくる。知のコンピューティングについて、CRDS で行われるべき研究の内容を詰めている段階だが、同時並行的に、JST の事業部門では、来年の事業設計の準備を始めている。現在非常に重要な時期。

山口：欧米の会議ではファンディング機関の方々が講演されるが、日本は少ないように思う。そういうこともやってほしい。

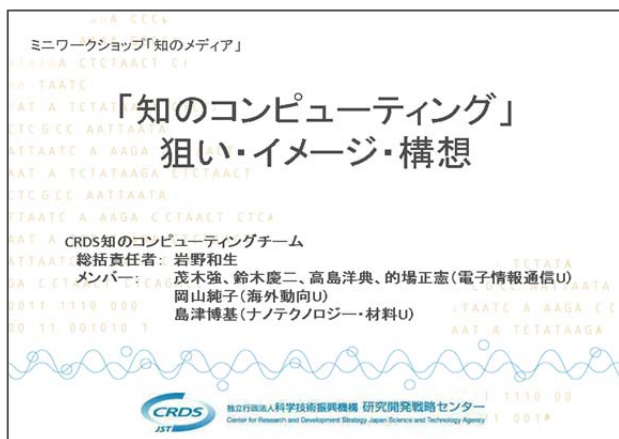


図 2.12-1



図 2.12-2

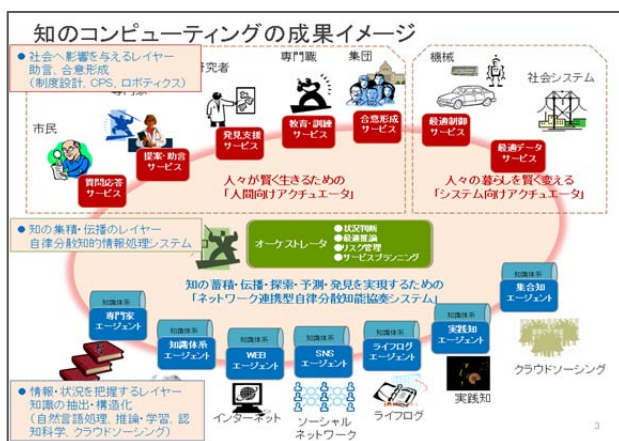


図 2.12-3

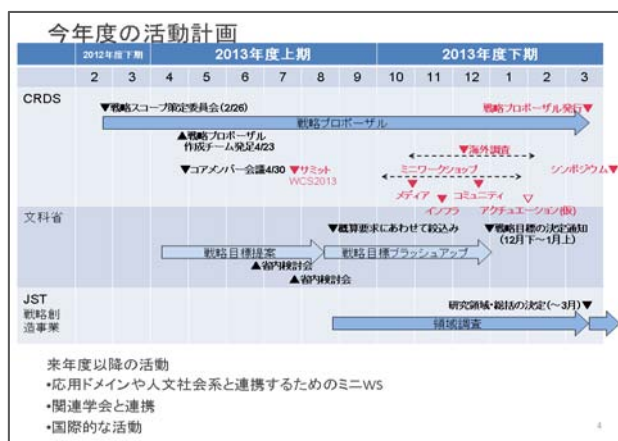


図 2.12-4

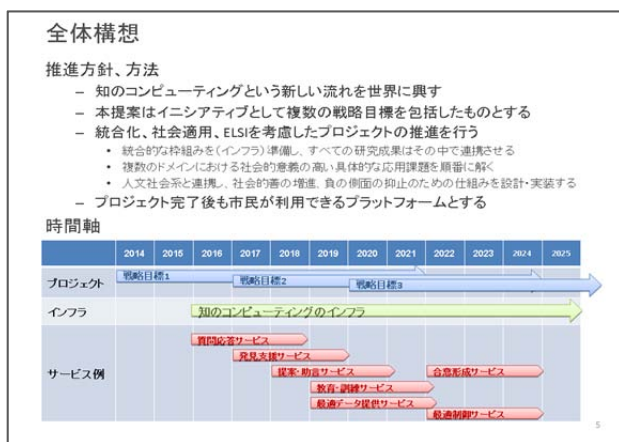


図 2.12-5

3 総合討議

3.1 2020 年に向けたチャレンジ

総合討議では、「知のメディア」としての特定タスクに関して、「2020 年にどんなことが達成できるか!?!」というメタクエスチョンをワークショップ参加者に投げかけ、様々な観点から討議し、以下に示す 6 個のチャレンジを抽出した。また、そのタスクが自律かそれとも人との相互作用によって知を生み出すものか、メディアとして①画像・映像、②音声・対話、③知識、④言語資源（テキスト）のいずれを主に扱うものであるかという分類を行った。なお、本章の記述にはワークショップ後の参加者からの補足説明を含む。

(1) 動き認識

映像から人間の動きを認識する。映像から人間の動きを認識することは、自律的または相互作用的なプロセスである。映像から動きをどこまで認識できるか？ウインブルドンテニスでは、フォールト判断を映像審査でやっているが、現状の技術ではコーディネートした複雑なもの（例えば、フィギュアアスケート、体操、柔道等の技）を自動認識し、評価（定量化）することは困難である。したがって、人間の解釈にどれだけあったものを抽出できるかが重要な課題解決テーマである。

動き認識をメディア種別として分類すると「①画像、④言語、③知識」に分類される。サービスとしては、アミューズメント応用（放送応用）、コーチング（教育）支援、生活支援、高齢者支援、マーケティング等が考えられる。そのための要素技術には、認識された行動からの（技能レベルに応じた）説明文生成技術が必要不可欠である。また、オントロジー・パターンモデルとしては、動作パターン分析、個人特性モデル、映像処理、パターン認識、言語情報との対応付け、信号処理、人体モデル、動作モデル、内面・行動モデル、スキルオントロジー等が挙げられる。構造化の際には、機械学習、統計的パターン認識、人間の分節モデル化、人体制約と言ったアプローチが必要となる。その際に収集すべきデータとしては、多視点映像データ、センサデータ（圧力・接触・位置）、人体モデル（3D）データ等がある。



図 3.1 複雑な動作・行動の「質」の解析と定量化
(馬場口、美濃)

(2) 実践知継承

熟練者の知を言語・知識・動作を連携させて継承させる。実践知継承は、相互作用的なプロセスである。これは、広い意味での教育であり、言語、知識、動作を連携させて実践知を継承させる知的作業である。人によって、内部特性が違う（自分しか分からないものがある）ので、実践知を継承させるには、内部特性をタイプ分けし、行動を分類する必要がある。例えば、逆上がりができない人をコーチする際には、どのようにアドバイスするかについては、相手の内部状態や理解度を推定してのアドバイス等の知的作業が必要であり、コーチングシステム構築には欠かせない基盤技術である。また、農業技術（トマト名人）、落語（米朝）、介護等の実践知伝承は、ナレッジ・マネジメントに深く関係し、人類が賢く生きるための「知の維持」としての重要な知的作業であると言える。

実践知継承は、メディア種別としては、①画像～④言語の全てに分類される。サービスとしては、内部表現（暗黙知）のコミュニケーション、時系列データの分節化等が考えられる。そのための要素技術には、自然言語処理、意図理解、画像認識、音声認識、ロボティクス等の技術が必要不可欠である。また、オントロジー・パターンモデルとしては、教授戦略モデル（オントロジー）等が挙げられる。構造化の際には、暗黙知抽出と言ったアプローチが必要となり、その際には、センサデータ、ユーザログ等のデータを収集しなければならない。

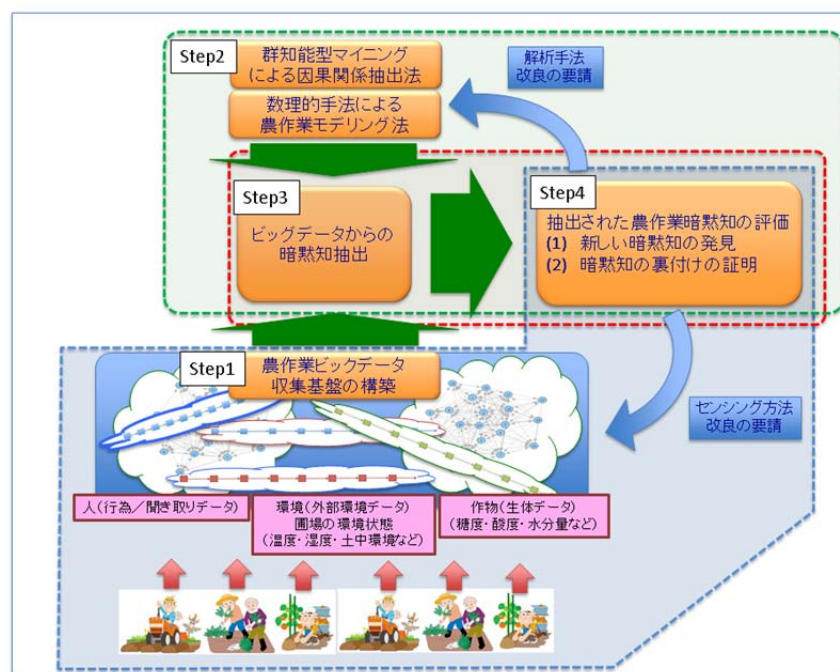


図 3.2 農業における実践知の抽出(栗原)

(3) 病院情報システム

診療方針決定ためのメディエーションを支援する。病院における診療のプロセスは、相互作用的なプロセスである。診療方針を決定する際、医師スタッフが全員集まり、症例カンファレンスという仮説空間を作るアプローチが実際に存在する。カンファレンスにおける診療方針の検討では、その方針を巡って様々なメリット・デメリットがあるので、個々の医療スタッフの経験から、医療データから類似例を見出し、その時点でベストと考えられる治療方針を探る。ここに、「経験」という医師の wisdom が重要な役割を果たしている。

病院における診療のプロセスは「治療方針のためのメディエーション」技術であると言える。医師は、実際には自らの wisdom、経験に基づいて治療しており、探索空間を広げるような計算機との共創的なアプローチは、まだまだ未知のアプローチである。

診療のプロセスにおける情報処理をメディア種別として分類すると「①画像、②音声、③知識」に分類される。サービスとしては、診療支援等が考えられる。そのための要素技術には、事例ベース推論（CBR）、コメントグラフの生成（議論の可視化）、根拠の検索、知識・情報の間の関係づけ（因果、整合、矛盾、変化等）、議論の可視化、要約等の技術が必要不可欠である。また、オントロジー・パターンモデルとしては、医療行為モデル（介護、CHARM：Convincing Human Action Rationalized Model）、医療オントロジー（疾患、解剖学）等が挙げられる。構造化の際には、患者にパーソナライズした推論（診断などのため）、検査データ（時系列）、外れ値検出と言ったアプローチが必要であり、医療行為モデルを有効に活用するために収集すべきデータとしては、インシデントデータ、多次元・多時間粒度データ（センサデータ）等がある。

（４）観光情報コンシェルジュ

その場、その時、その人に合わせた観光案内を提供する。IT を活用したコンシェルジュが研究され、実用化もされ始めているが、まだるるぶ等の情報誌を読むほうがいいという声大きい。また、観光情報は膨大なので観光センターで人に聞く状況である。一方で、るるぶ等の情報誌は平均的な知である。知のメディアが目指すべきはその人に合わせたコンシェルジュである。そのためにはユーザプロファイルが必要である。もう一つは「今」の案内ができること。例えば、天気や混み具合やイベントなどに対応した案内が考えられる。当然コンシェルジュとのやりとりができなくてはならない。

観光情報コンシェルジュは相互作用的なプロセスであるが、知というより顧客満足度を上げることに主眼がある。メディア種別として分類すると「③知識、④言語、①画像、②音声」に分類される。サービスとしては、旅行プランニング支援、観光スポット推薦（現状を考慮した交通案内、混雑状況を考慮した店推薦）等が考えられる。そのための要素技術には、抽象化技術、現状把握（観光地、店等の把握）技術、観光者追跡技術、ユーザモデリング、ソーシャルメディアマイニング等の技術が必要不可欠である。また、オントロジー・パターンモデルとしては、移動軌跡分析、観光客行動分析等のモデルが挙げられる。構造化の際には、自治体等が提供する観光情報のリンクト・オープン・データ（Linked Open Data: LOD）が必要であり、WEB、GPS、ガイドブック、ユーザログ等のデータ収集が必要である。

（５）新サービス／新ビジネス創出支援

新サービスや新ビジネスを創出するためのコンサルティングを行う。情報を営業や事業にどれだけ生かせるか。見えないものを見えるようにする（チャンス発見）によって新しいサービスやビジネスを創出するためのコンサルタント的役割が期待される。現状では、ある程度の情報分析の後には、人間がモデルを選択する必要がある。これを行えるコンセプトデザイナーのような人材が不足している。ビジネスモデルのパターンを推論的に、また

市場やリスクを考えた上でどこに適用できるか。考え出したサービスを仮説・検証する仕組み（例えばシミュレーション）が必要である。

新サービス／新ビジネス創出支援は相互作用的なプロセスである。サービスとしては、コンセプト創造支援、関係性の発見、価値観のマイニング・モデル化等が考えられる。そのための要素技術には、関係性の発見、進化計算技術、創発計算技術、仮説生成と検証、等の技術が必要不可欠である。また、オントロジー・パターンモデルとしては、デザインとデータのバウンダリの調整、メタレベルでのデザインパターンの抽出および発見等が挙げられる。構造化の際には、仮説生成、サービスオントロジー、因果関係抽出、創発型構造化と言ったアプローチが必要であり、フィールド・イノベーションログデータを収集する必要がある。

（６）見守り・助言・支援システム

人間側をじっと観察していて、困ったときだけうまく助けるシステムである。例えば、子供・お年寄りの見守りや料理のアシストなどが考えられる。困ることは日常的にいくらでもあるので、何らかの抽象化をしなければならない。人間の非論理的な活動を認識するのが非常に難しい。人間と機械のコミュニケーションモデルを検討する必要がある。また、巧みなアクチュエーションが必要となる。

見守り・助言・支援システムは相互作用的なプロセスであるが、知というよりは顧客満足度を上げることに主眼がある。メディア種別として分類すると「①画像、②音声、③知識、④言語」に分類される。サービスとしては、迷子、調理支援、工作支援、教育支援等が考えられる。そのための要素技術には、タイミング検出、表情認識、状況認識、潜在知可視化等の技術が必要不可欠である。また、オントロジー・パターンモデルとしては、困っている状態を検出できるモデル、何に困っているかを判定するモデル、意思推定のモデル等が挙げられる。構造化の際には、人体動作分節、顔表情分類、音響信号分類と言った作業が必要であり、そのためには映像データ、音響データ、荷重データ等を収集しなければならない。

（７）共通の課題

これらの解決のために各メディアの研究者が協働すべきである。インテグレーションを考えたとき、プログラムレベルでの協働が必要だが、プログラムを書ける人材が減っているし、研究のマネジメントが難しいのが現状である。これまで軽視されてきたソフトウェア技術力をアップさせなければならない。また推論的方法、統計的方法、オントロジなどの統合も必要となる。

3.2 技術課題、研究課題

3.1 の議論の成果を下表の通りまとめ、各タスクを実現する上で特に重要なブレークスルー(●)を抽出した。

表 3.1 チャレンジを実現するために必要な技術・研究課題

	動き認識	実践知継承	病院情報	観光情報コンシェルジェ	新サービス／新ビジネス創出支援	見守り・助言・支援システム
アプリ例	・フィギュアスケート、体操、柔道の技の認識と採点 ・運動選手へのコーチング	・生徒への逆上がりのコーチング ・トマト名人、桂米朝の技の獲得と継承	・症例カンファレンスでの治療方針の決定支援(異なる意見をエビデンスにもとづいて mediate して結論を出していく)	・ユーザの観光履歴や趣味を反映して観光案内する(現在の混雑度なども考慮して案内する)	・データ分析から一歩進んで、現場の営業の知識や商品開発に結びつける ・新しいコンセプトの提案やデザインを支援する	・迷子の検出 ・調理や工作の支援(困っている状況の検出と、状況に応じた支援) ・教育支援
自律的／相互作用的	・稼動時は自律的 ・学習は相互作用的 ・コーチング応用では相互作用的	・相互作用的	・相互作用的	・相互作用的(知の向上より顧客満足度向上が主眼)	・相互作用的	・相互作用的(知の向上より顧客満足度向上が主眼)
利用する主要なメディア	①画像・映像、④言語資源、③知識	①画像・映像、②音声・対話、③知識、④知識	①画像・映像、②音声・対話、③知識	③知識、④言語資源、①画像・映像、②音声対話	①画像・映像、②音声・対話、③知識、④言語資源	①画像・映像、②音声・対話、③知識、④言語資源
サービス	・アミューズメント応用(放送等) ・(言語的な)コーチング(教育)支援 ・高齢者支援 ・マーケティング	●内部表現のコミュニケーション(特に言語的に表現しにくい暗黙知) ●時系列データの分節化	●診療支援 ●事例ベース推論(CBR) ●類推エンジン	・旅行プランニング支援	●コンセプト創造支援 ●関係性の発見 ●価値観のマイニング、モデル化	・迷子 ・調理支援 ・工作支援 ・教育支援
要素技術	●認識された行動について相手に応じた説明文生成	・自然言語処理 ・意図理解 ・画像認識 ・音声認識 ・ロボティクス	●コメントグラフの生成(議論可視化) ●根拠の検索 ●知識、情報の間の関係づけ(因果、整合、矛盾、変化) ●議論の可視化、要約	・次の観光スポット推薦(混雑状況など現状を考慮した交通案内、店推薦など) ・抽象化技術 ・現状把握技術 ・観光者追跡技術 ・ユーザモデリング ・ソーシャルメディアマイニング		・タイミング検出 ・表情認識 ・状況認識技術 ・潜在知可視化
オントロジ／パターンモデル	・動作パターン分析 ・個人特性モデル ●映像処理 ●パターン認識 ●言語情報との対応付け ●信号処理 ●人体・動作・内面行動モデル ●スキルオントロジ	・教授戦略モデル	・医療介護行為モデル(CHARM: Convincing Human Action Rationalised Model) ・医療オントロジ(疾患、解剖学)	・移動軌跡分析 ・観光客行動分析	●デザインとデータのバウンダリ調整 ●メタレベルのデザインパターンの抽出、発見	・困っている状況検出モデル ・何に困っているかの判定モデル ・意図推定
構造化	・機械学習 ・統計的パターン認識 ・人体の分節モデル化 ・人体制約	・暗黙知抽出	・診断などのための患者にパーソナライズした推論 ・検査データ(時系列) ・外れ値検出	・自治体等が提供する観光情報のLOD、オープンデータ	・仮説生成 ・サービスオントロジ ・因果関係抽出 ・創発型構造化(多段階階層構造創発メカニズム)	・人体動作分節 ・顔表情分類 ・音響信号分類
データ	・多視点映像データ ・センサデータ(圧力、接触、位置) ・人体モデル(3D)データ	・センサデータ ・ユーザログ	・インシデントデータ ・多次元、多時間粒度(センサデータ)	・Web、ガイドブック、アンケート ・ユーザログ ・センサデータ	・フィールドイノベーションログ	・映像データ ・音響データ ・荷重データ

（１）言語処理における重要な技術テーマ

○複数のメディアを横断する言語（シンボル）とのアンカリング

例：動画からの説明文生成

【現状】個別のアクションの認識

【目標】一連のアクションから具体的なアクティビティを認識

→動き認識と関連

○（ネット上などでの）人のインタラクションを知識の関係づけも含めて捉える

【現状】ある程度の対話の文脈の認識

【目標】発話者の背景や対話の文脈から発話者ごとの言論を可視化

→病院情報（コメントグラフ）と関連

（２）知識処理における重要な技術テーマ

○Deep learning などの AI 技術を発展させてシンボルとリンクするような内部表現（サブシンボル）を作り出す

別の言い方をすると、シンボルグラウンディングする相手を用意すること。あるいは、言語、動画など統合的に Interact できる内部表現を作ること。また、新サービス創出という観点では、データとデザインの境界をどう調整するかということ。

→実践知継承（内部表現の獲得、時系列データの分節化）、および、

新サービス／新ビジネス創出支援（デザインとデータのバウンダリの調整）と関連

【現状】顔の画像が顔として出てくる

【目標】複数が組み合わさったコンセプトをデータから取り出す

○事例ベース推論のような技術

例えば、病院で治療方針を決める症例カンファレンスで困ったときなどに、どういう症例があって、どういう形態になるという情報を過去の事例から類似したものを見つけてくる技術。

【現状】情報に欠落がある場合に探すことができない

【目標】情報に欠落がある場合でも推論して探してくる

→病院情報（診療支援、事例ベース推論）と関連

○データからボトムアップに関係性やすきまを発見する技術

【現状】従来のトップダウン型の処理を適用している。Deep Learning によりボトムアップ型の手法の可能性が見出されつつある。

【目標】ボトムアップ型マイニング技術の確立。Deep Learning と異なり、実時間性やオンライン型手法を構築する必要がある。

→新サービス／新ビジネス創出支援（コンセプト創造支援、関係性の発見）と関連

（３）画像・映像処理における重要な技術テーマ

○動の実環境での人間の複雑な動作・行動の認識、「質」の解析と定量化

【現状】単純環境（固定視点、単純背景、照明条件既知など）下で単純動作（歩く、手を振る）が認識できる程度。現実世界で観測される複雑複合的な動作を認識するレベルに至っていない。

【目標】動作の認識と「質」の解析・定量化のための知識源（人体モデル、動きモデル、動作・行動オントロジなど）と特徴抽出、機械学習、統計的識別などの技術を統合することにより、以下を達成する。

状況が刻々と変化する実世界で、長時間かつ広域に観測することによる人間の動作・行動の「質」の解析：例えば、屋外実環境での社会的弱者（高齢者、身体障害者、迷子など）の見守り

高度で複雑な技能的動作の「質」の解析と定量化：例えば、フィギュアスケート、体操、柔道などのスポーツ競技での自動動作解析と評点付け

→動き認識（人体・動作・内面-行動モデル）、実践知継承と関連

（４）音声・対話処理における重要な技術テーマ

○人間とシステムの自然な対話

【現状】単独の人間との表面的なやりとりはある程度可能

【目標】人間の意図を理解し、相手によって内容や表現を変える。

複数人の対話に議論の仲間として介在すること。

→動き認識、実践知、病院情報、観光情報コンシェルジェ、新サービス／新ビジネスと関連

（５）インテグレーション

○推論と統計的な手法の組み合わせを含む広い意味での Integration 技術

【現状】自然言語処理では統計的处理で、ここ 20 年やってきて、次に論理的な推論と統計的手法、機械学習を混ぜたプラットフォーム実現の取り組みが始まった

【目標】各種手法の組み合わせた統合的なプラットフォーム

○サービスレベルやディペンダビリティを確保するコンポーネントの粒度やコンポーネント間のインタフェースの定義

3.3 その他の重要な議論

- 人と機械とのインタラクションを通じての適切な feature 生成が 2020 年の目標として重要。将棋などのゲームでは feature set を最初に人が決めて機械学習させることが、できるが小説など創作的なことを学習させるには、あらかじめ feature set、探索空間を仮定することが困難。現実問題である経営判断なども feature が多すぎてあらかじめ用意することができない。プロ棋士などが直感的に判断するところは、良い feature set を使ってやっていると考えられる。また、プロ棋士に勝利した GPS 将棋では、勝利の三角形という feature をプログラマが与えた。そういうものを Interaction を通じて学習できれば一段先に進んだことになる。
- 新サービス／新ビジネス創出支援では、ビジネスモデルを一から考えることはチャレンジングだが、人間が考え出した既存のビジネスモデルのパターンを新たな領域に適用することの支援も十分にチャレンジングである。例えば、そのモデルの適用

が本当にうまく行くか、リスクは何かというインプリケーションを推論やシミュレーションする技術（仮説生成と検証）は難しい。仮説検証で必要となる、市場の大きさ、受け入れ具合などは、かなり状況判断が必要で、知のコンピューティングのテーマとなる。これまでも AI で取り組まれてきた **What-if** で、いろいろな **factor** を考えてシミュレーションすることで、正確なシミュレーションができれば大きな価値がある。

- 個人や作業に対する見守りやお助け以外に、コミュニティや社会、マスコミや SNS などのメディアがどうなっているかという把握まで考えると幅広いテーマ。調理支援でも 2 人で協働してやるような場合、困ったときに助ける場合など、いくつかの種類化すると使う技術やデータが異なってくる。**Persuasive Computing** では納得性のある結果を得るように妥協点をどうするか、適当なタイミングでパッと助言してもらえると納得できるなど。不都合な状況をなくすというのが本来のメディアータの意味で、ソフトウェア分野なら入出力の差をなくすこと。そういう次元から国家間の調停まで、いろいろなメディアータがあるので少し整理が必要。

4 まとめ

平成 25 年 7 月に開催した知のコンピューティングサミットの成果を踏まえ、課題別に議論を深めるためミニワークショップを計画した。第 1 弾として開催した「知のメディア」ミニワークショップでは、山口高平先生（慶應義塾大学）をチェアに迎え、音声・言語処理、メディア処理、知識処理に関わる 9 名の産学官からの研究者を含めた、総勢 24 名の参加者により、取り組むべき研究課題の深掘りと 2020 年を狙ったチャレンジを討議した。

(1) 主旨説明（知のメディアの目指すもの）

山口高平チェアより、「知のメディア」では、知のコンピューティングを「Knowing のダイナミックなプロセスを実現させる」ことと捉え、そのために次のような目標が提示された。

- 独立ではなく協働・インタラクションの枠組みの整備
- 音声対話、動作、知識レベルなど多様なインタラクションレベルの実現
- Knowledge から Knowing への転換（より深い意味を知る、知識の更新と発見）
- Knowing を通した実践知による社会貢献



(2) 関連研究分野と研究課題の特定

「自己の研究分野と知のコンピューティング」というテーマで各研究分野から見た研究の課題と問題意識を相互に発表しあい、知のコンピューティングとの関連を討議した。共有された知のメディアを構成する研究分野と研究課題は下表の通り。

表 4-1 知のメディアの研究分野と研究課題

研究分野	研究課題
言語処理・音声対話処理	● 言語意味解析 ● テキストからの知識獲得 ● 意見分析 ● 音声認識、音声合成
メディア処理	● 画像理解 ● 動画理解（行動理解） ● 内容検索
知識処理	● リンクトデータ、オントロジー、ルール ● Web インテリジェンス ● 情報（記号とメディア）統合 ● Deep Learning ● 汎用人工知能からの知見
知の活用	● AI インテグレーション、AI ルネッサンス（PIQANT から Watson へ、ES から BRMS へ） ● ヒューマンプロセスとマシンプロセスの摺り合わせ ● インタラクションデザイン ● コンテキスト判断、管理 ● 知の個人への適用（創造支援、助言、行動支援） ● 知の社会への適用（病院、行政、企業）

(3) 2020 チャレンジ(分かりやすいチャレンジ)

総合討議により 2020 年をターゲットにした 6 つの具体的な達成目標（チャレンジ）を抽出した。

- ① 人間の複雑な動きが認識できる、たとえば、体操競技の技の判定など
- ② 言語、知識、動作を連携させて「名人」の実践知を継承できる
- ③ 病院情報システムにおいて治療方針決定のためのメディエーションができる
- ④ 個々人の興味や「今」の状況に対応できる観光コンシェルジュが実現できる
- ⑤ 新サービス、新ビジネスの創出のためのコンサルティングの支援ができる
- ⑥ 人が困っているときに手を差し伸べて助けてくれる

(4) 特定した研究課題ごとの達成目標(既存の研究との差分)

チャレンジを最上位にした右図のような階層モデルを考え、チャレンジを実現するために必要な研究開発項目の特定とブレークスルー課題を討議し、課題となる研究課題を洗い出したうえで、特に重要な項目を同定した。

1. 言語処理：複数のメディアを横断する言語とのアンカリング、人のインタラクションを知識の体系付け
2. 知識処理：シンボルとリンク可能な Deep Learning の発展、事例ベース推論、データから関係性を発見
3. 画像・映像処理：動の実環境での人減の動作・行動の認識、「質」の解析と定量化
4. 音声・対話処理：人間とシステムの自然な対話
5. インテグレーション：推論と統計的な手法の組み合わせを含む広い意味で統合、サービスレベルやディペンダビリティを確保するための研究

チャレンジ①～⑥
サービス合成
要素技術
オントロジー・モデル
構造化技術
データ

図 4-1 階層モデル

ここでの共通認識は、知のメディアとして取り組むべき中心的な研究課題は、個々の研究分野における既存の研究課題の進歩ではなく、複数のメディア処理と知識処理といった異分野の研究を統合させるための研究であるということであった。そのためには、チャレンジに挙げられたような達成目標を実際にひとつずつ実現するようなアプローチが有効である。

(5) 今後の取り組み

JST/CRDS では、この後に、「知のプラットフォーム」、「知のコミュニティ」を含む一連の課題別ミニワークショップ開催して、研究課題全体の俯瞰と達成目標の明確化を推進する計画である。その成果をもとに、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）。

5 付録

5.1 開催プログラム

日時：2013年10月31日（木）10:00～18:15

場所：科学技術振興機構 東京本部 9階第1会議室

プログラム

10:00-10:05	開会のあいさつ
10:05-10:20	趣旨説明
10:20-12:00	自己の研究分野と知のコンピューティング（各10分）
12:00-13:00	昼食
13:00-14:50	研究分野に関する議論（全体像の共有）
14:50-15:00	ブレイク
15:00-17:10	達成目標に関する議論
17:10-18:00	2020チャレンジ（分かり易い目標）
18:00-18:15	ラップアップ

5.2 参加者一覧

【チェア】

山口高平※ 慶應義塾大学 理工学部 教授

【知識】

古崎晃司 大阪大学 産業科学研究所 教授

【音声言語】

奥村学 東京工業大学 精密工学研究所 教授

乾健太郎※ 東北大学大学院 情報科学研究科 教授

【画像映像】

美濃導彦 京都大学 学術情報メディアセンター 教授

馬場口登 大阪大学大学院 工学研究科 教授

【Web】

松尾豊※ 東京大学大学院 工学系研究科 准教授

山川宏※ 富士通研究所 ソフトウェア技術研究所 研究員

栗原聡※ 電気通信大学大学院 情報システム学研究科 教授

【ビジネス・チャレンジ】

津本周作※ 島根大学 医学部医学科医療情報学講座 教授

松原仁※ 公立はこだて未来大学 教授

【JST/CRDS】

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

【オブザーバ】

田畑伸哉	文部科学省研究振興局	参事官（情報担当付）	補佐
花岡宏亮※	文部科学省研究振興局	参事官（情報担当付）	主任
松尾浩司	科学技術振興機構	戦略研究推進部	調査役
稲上泰弘	科学技術振興機構	戦略研究推進部	上席主任調査員
嶋田義皓	科学技術振興機構	戦略研究推進部	主査

※WCS2013 参加者

CRDS-FY2013-WR-07

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：知のメディア」

平成 25 年 10 月 31 日（木）開催

平成 25 年 12 月 December 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 情報科学技術ユニット
Information Science and Technology 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.

