

戦略的創造研究推進事業
－チーム型研究（CREST）－

研究領域「高度メディア社会の生活情報技術」

研究領域事後評価用資料

平成19年3月29日

1. 戦略目標

「大きな可能性を秘めた未知領域への挑戦」

我が国が、長引く景気の停滞や国内産業の空洞化を克服し、活力ある社会を維持・発展させていくためには、既存の概念にとらわれず、新たな分野・領域を開拓し、独創的・革新的な技術の創成を通じて、新技術・新産業を創出していかなければならない。また、我が国の国際的立場に鑑みれば、それ自身が価値を有するものとしての、人類の新しい知的資産の拡大にも積極的に貢献していく必要がある。このような観点から、多くの新たな知見の獲得が期待されているが、未だ知られていないことが多い領域、例えば、複雑で多様な生命現象の解明、分子・原子単位の極微細な領域の解明及び超高压・超高真空等の極限的な状態における現象の解明、新たな情報技術の探索を通じて、革新的な技術の確立を目指す研究を進めることが不可欠である。

したがって、戦略目標を、以上のように多くの未知を抱えた領域の現象の解明等により知的資産を拡大するとともに、新技術・新産業の創出を目指す「大きな可能性を秘めた未知領域への挑戦」とする。

2. 研究領域

「高度メディア社会の生活情報技術」（平成11年度発足）

日常生活に深く関連する様々な情報技術を、「あらゆる人々が自由に使いこなせる」という観点からとらえて研究するとともに、社会科学的な側面からの研究についても対象とし、質が高く安心できる暮らし、活力ある社会の構築を目指す。具体的には、バリアフリー情報システム技術、人間重視ヒューマンインターフェイス技術、調和のとれた社会の構築のための情報システム技術などの研究を行う。また、これらを支えるソフトウェアの開発研究、情報コンテンツ構築とその構築技術の研究、教育情報コンテンツ構築とその活用システムの研究、煩雑化する情報社会の有るべき姿の多角的な探索および次世代情報社会へ向けた基盤技術などの研究を行う。

3. 研究総括

長尾 真（独立行政法人 情報通信研究機構 理事長）

4. 採択課題・研究費

(単位：百万円)

採択年度	研究代表者	終了時 所属・役職	研究課題	研究費
平成 11年度	池内 克史	東京大学 教授	文化遺産の高度メディアコンテンツ化のための自動化手法	591
	石田 亨	京都大学 教授	デジタルシティのユニバーサルデザイン	780
	Nick Campbell	(株)国際電気通信基礎技術研究所 主幹研究員	表現豊かな発話音声のコンピュータ処理システム	495
	三宅 なほみ	中京大学 教授	高度メディア社会のための協調的学習支援システム	492
	渡辺 富夫	岡山県立大学 教授	心が通う身体的コミュニケーションシステム E-COSMIC	247
平成 12年度	木戸出 正繼	奈良先端科学技術大学院大学 教授	日常生活を拡張する着用指向情報パートナーの開発	605
	舘 暲	東京大学 教授	テレグジスタンスを用いる相互コミュニケーションシステム	503
	辻井 潤一	東京大学 教授	情報のモビリティを高めるための基盤技術	581
	橋田 浩一	(独)産業技術総合研究所 副研究部門長	人間中心の知的情報アクセス技術	524
平成 13年度	池原 悟	鳥取大学 教授	セマンティックタイポロジーによる言語の等価変換と生成技術	468
	金出 武雄	(独)産業技術総合研究所 研究センター長	デジタルヒューマン基盤技術	764
	高野 明彦	国立情報学研究所 教授	連想に基づく情報空間との対話技術	346
			研究費総額	6,396

5. 研究総括のねらい

高度なメディア社会については種々のことが語られているが、日常の家庭生活を営んでいる人達からすると、まだまだ他の世界のことである。そのギャップはどこに存在しているか、その壁を破るにはどのような問題を解決しなければならないかが、ここでの問題である。

この研究領域はそういった意味で大きく分けて情報技術の研究開発と、具体的な情報コンテンツの蓄積と活用のための研究開発とが主たるものとなる。誰もが便利に使える役に立つ「人にやさしい情報技術」に結びつく基盤技術としての研究成果を期待した。

ここでの研究においては、これまでに存在しなかった情報技術、既に存在しているがその精度を1桁以上向上するといった飛躍的な改善をもたらす技術、技術の新しい組み合わせによる新しい方法やシステムの創造などが情報技術の研究対象である。情報コンテンツについても単に新しいコンテンツを蓄積するというだけでなく、それによって新しい利便性をもたらしたり、従来のシステムの利便性が飛躍的に向上するといった研究、コンテンツの円滑な流通のために必要なセキュリティ技術、コンテンツに含まれるプライバシー情報保全技術などが対象となる。また、「人にやさしい」という観点からバリアフリー情報システム、人間重視ヒューマンインタフェース、社会的側面からの研究なども視野に入れた研究提案を期待した。

1 研究課題に対する研究期間5年間の本研究は必ずしも実用になる完成された結果を要求するものではないが、ある程度の規模でデモンストレーションが出来、その創造性と真価が感じられ、近い将来産業に結びついてゆく可能性のあるものであることを期待した。

延べ7年間にわたる研究の結果として幾つかの課題は残るものの、研究成果が世界的な標準となりつつあるもの、実用化に向けた研究へと展開しているものなど、各研究課題ともにこれらの期待に応える成果を挙げられたと考える。

6. 選考方針

研究内容がこれまでになかったものや独創性の豊かなものであり、なおかつ内容が具体的によく検討されていて、5年間で目標達成が十分に期待できるものであり、学問的な成果だけでなく、実用につながり、社会に貢献すると考えられるものに重点をおいた。採択にあたってはできるだけ類似の研究テーマを避け、領域アドバイザー全員の合議による審議を行い、3年間で合計12件の研究課題を全員一致で選定した。

結果的に研究領域のねらいに対して幅広い分野をカバーできる研究課題が採択され、採択課題の研究領域における位置付けは次ページのようなものとなった。

研究課題の研究領域における位置付け

研究課題	研究領域における位置付け
文化遺産の高度メディアコンテンツ化のための自動化手法	情報コンテンツ構築とその基礎技術 ソフトウェア技術
デジタルシティのユニバーサルデザイン	バリアフリー情報システム技術 ソフトウェア技術、エージェント技術
表現豊かな発話音声のコンピュータ処理システム	人間重視ヒューマンインタフェース技術 音声データベース構築
高度メディア社会のための協調的学習支援システム	教育情報コンテンツ構築 コンテンツの教育現場における活用システム
心が通う身体的コミュニケーションシステム E-COSMIC	人間重視ヒューマンインタフェース技術 コミュニケーション技術
日常生活を拡張する着用思考情報パートナーの開発	人間重視ヒューマンインタフェース技術 ユビキタスコンピューティング技術
テレグジスタンスを用いる相互コミュニケーションシステム	調和のとれた社会の構築のための情報システム技術 煩雑化する情報社会の有るべき姿の多角的な探索
情報のモビリティを高めるための基盤技術	次世代情報社会へ向けた基盤技術 情報コンテンツ構築とその構築技術
人間中心の知的情報アクセス技術	情報コンテンツ構築とその構築技術 情報検索技術
セマンティックタイポロジーによる言語の等価変換と生成技術	次世代情報社会へ向けた基盤技術 言語情報コンテンツ構築
デジタルヒューマン基盤技術	「人を理解する」ための基盤技術 人間重視ヒューマンインタフェース技術
連想に基づく情報空間との対話技術	情報コンテンツ構築とその構築技術 情報検索技術

7. 領域アドバイザーについて

アドバイザー 氏名	所属	役職	任期
植村 俊亮	奈良先端科学技術 大学院大学	教授	平成12年4月～平成19年3月
牛島 和夫	九州産業大学	教授	平成12年4月～平成19年3月
後藤 敏	早稲田大学	教授	平成12年4月～平成19年3月
坂内 正夫	国立情報学研究所	所長	平成12年4月～平成19年3月
諏訪 基	国立身体障害者 リハビリテーションセンター	研究所長	平成12年4月～平成19年3月
所 眞理雄	ソニー株式会社	コーポレート エグゼクティブ SVP	平成12年4月～平成19年3月
松田 晃一	NTT-AT IP シェアリング 株式会社	代表取締役社長	平成12年4月～平成19年3月

(注) 所属、役職は研究領域終了時のもの

大学だけでなく企業等においてこの研究領域に深い経験を有する研究者で、かつ国際的な視野をもつ人が適当であると考え、上記の方々に領域アドバイザーを依頼した。

研究課題の選定、中間および事後評価における審議、さらに研究実施にあたっては研究実施機関への訪問並びに研究者に対する適切なアドバイスなど、領域アドバイザーの方々の7年間にわたる研究推進への積極的な協力に対して深く謝意を表したい。

8. 研究領域の運営について

採択した研究課題がスタートして2年程経ち、研究が実質的に進展した段階で領域アドバイザーと共に研究現場を訪問し、研究の進展状況を把握するとともに当初目標への方向性が確かであるかをチェックし、種々のアドバイスを行った。その中には研究の焦点をもっと絞る方向のものもあった。さらに1～2年において、研究の最終のまとめに入る段階で再度訪問し、研究の成果を確認するとともに、最終のまとめ方、さらにその後の展開の仕方等について意見交換を行った。

(具体的な研究現場への訪問先及び時期については添付資料を参照)

一方、研究の年々の進展状況については別途本領域の研究事務所を通じて随時把握し、研究代表者の要望も聞きながら予備費等の追加配分、次年度予算配分などを決定した。この研究予算の配分の仕方は各研究課題の研究の進捗に効果的で、予算は十分有効に使われたと考えている。

研究期間中に5回の領域シンポジウムを行い、外部の人達に研究の内容、進展状況を聞いてもらい、意見をもらうと共に、各研究テーマ間での相互理解と相互啓発に役立てた。また一般読者を対象とした書籍「ヒューマン・インフォマティクス」を出版し、各研究課題の内容を分かり易く説明すると共に、これらの研究がこの分野の最先端を進んでいること、将来の社会にどのように貢献するかということが分かってもらえるようにする努力をした。

各研究の評価については、研究テーマが独立で多岐にわたっていることもあって、同一評価基準で機械的に評価することはせず、各研究課題毎に領域アドバイザー間でよく議論すると共に、その意見を集約するというプロセスをとり、最終的には研究総括者がそれを取りまとめた。

9. 研究を実施した結果と所見

本研究領域は全部で12課題、各研究課題は5年間の研究、総額で約64億円の研究費を投入した研究であった。急速に進展する情報分野の中で常にその先端をリードし、国際的にも大きく貢献した研究課題が多く、そういった意味でこの研究をJSTが行った意義は大きい。実用につながっていきつつある研究成果もあって社会や文化に対しても貢献したと考えている。

またその課題領域に貴重な整理された基礎データやソフトウェアを提供し、多くの研究者に使われたり、あるいはそれらの公開が待たれているという研究成果もある。幾つかの研究課題については、その研究のインパクトによって新しく研究分野が切り拓かれてきている（例えば、デジタルヒューマン、文化遺産データベース、感情音声分析など）というものもある。

文化遺産データベース、デジタルシティー、新しい協調的学習支援システム、デジタルヒューマン、連想に基づく情報検索、その他の研究成果はこれからの国民生活社会にいろいろな良い形で影響を与え、また貢献することになるだろう。着用指向情報パートナーやテレグジスタンス、デジタルヒューマン、連想に基づく情報検索などの成果は将来産業界でも採り上げられ、経済に貢献することになる可能性がある。

これらの研究成果の幾つかはかなり完成度の高いもので、成果の利用という方向に進むと考えられる。その他のものについては、その研究成果の上にたって新しい研究段階へ入って行きつつあるものもあり、更に大きな成果につながっていくものと期待される。

1、2の研究課題については、研究のねらいは良かったが少し具体性に欠け、得られた研究成果が本当に次のステップにつながって行くかどうか、はっきりしないものがあったが、今後の努力に期待したい。

各研究課題の具体的な成果について以下に述べる。

研究課題：文化遺産の高度メディアコンテンツ化のための自動化手法

研究代表者：池内 克史

失われゆく有形・無形文化遺産を画像処理技術を用いてデジタルコンテンツ化し、永久保存する手法の研究を行った。形状幾何情報取得、色合いなどの光学情報取得、環境情報取得、動き情報取得という4つの切り口から並行して進めた。

幾何情報の取得に関しては、距離センサから得られる膨大な数の部分距離画像を対象とした高速同時位置合わせや巨大データ統合手法、表面の色情報を形状モデルに張り付ける自動化手法などを開発した。また、東大寺大仏殿のような大型建造物の計測のため、気球を利用して空中に浮遊しながら計測できるセンサを開発すると共に、画像全体からセンサの動きを補正するアルゴリズムを開発した。これらの手法を用いて鎌倉大仏、奈良大仏、飛鳥大仏、タイのスコータイ遺跡とアユタヤ遺跡、カンボジアのバイヨン遺跡などの数多くのデジタルコンテンツ化を行った。

光学・環境情報の取得に関しては、文化財表面の色情報を、光源の影響を受けることなく、正確に取得する方法やこれをコンパクトに保存し忠実に見えを再現する各種の手法を開発した。また、透明表面を持つ物体の形状を得られるセンサの開発にも成功した。これらの手法は環境光に影響される従来方法と異なり、文化財本来の見えの再現を可能とするものである。これらの手法を使用して東大寺広目天像の実物により近い姿のCG再現を実現した。

動き情報の取得に関しては、舞踊等の無形文化財の動作を記録し、動きの解析や提示手法の研究を統一的に行ってきた。踊りの動きを時間軸で分解して基礎的な共通部分と、踊り手の特徴が含まれる個性成分を分離・抽出する解析手法を開発した。動きの提示技術として、解析結果から得られた動作プリミティブを組み合わせてロボットの動きを生成し、舞踊動作の表現にも成功した。

研究課題：デジタルシティのユニバーサルデザイン

研究代表者：石田 亨

情報空間と現実空間の連動を実現するための要素技術として、1)都市のセンサをネットワーク化する「知覚情報基盤」と、2)情報空間での新しいヒューマンインタフェースである「社会的エージェント」の研究を行った。さらに都市の情報を集積・発信する情報空間として地図空間(2D)、映像空間(2.5D)、仮想空間(3D)という3種の異なる空間表現を用い、知覚情報基盤と社会的エージェントを適用することによって情報の取得、再構築、提示に関する研究を行った。Web情報を地図上に統合する地図情報システム(2D)、実写映像を用いた映像都市空間システム(2.5D)、3次元幾何モデルによる仮想都市空間システム(3D)についてそれぞれFreeWalk、KyotoSEARCH、TownDigitizingと呼ぶソフトウェアシステムを開発した。さらには、これら三つの異種空間を統合し、ユーザが利用

できるインタフェースを開発した。その技術的成果を「都市の危機管理」と「郊外の環境学習」という2種の実証実験を実施した。

地図情報システム(2D)はWeb情報と都市のランドマークを結びつけたものである。都市のランドマークを大量のWeb情報を解析することにより自動抽出し、Web上の膨大な地域情報の効率的な検索を可能にした。

映像都市空間システム(2.5D)は全方位カメラの画像を用いて、ウォークスルー環境を生成するもので、短期間に広範囲の都市空間の再現を可能とした。京都大学演習林の映像空間を構築して実際に小学校の授業に導入し、環境学習を実施してその有効性を確認している。また、地下鉄京都駅に28台のカメラを設置し、駅構内での人々の移動経路と行動モデルの構築を進め、仮想都市空間における避難シミュレーションとの連動を図った。

仮想空間(3D)に関する研究では仮想都市の多数のエージェントを並行制御するためのシナリオ記述言語を開発した。次に仮想都市でのシミュレーションにインターネットユーザやモバイルユーザが参加し、仮想体験が得られるシステムを構築した。この成果を都市中心部での危機管理に適用した。まず過去に実空間で行われた避難訓練や、実際に起こった大規模火災を仮想空間に再現できるシナリオを記述した。次に地下鉄京都駅にセンサ群を設置し、実際に観察された群集行動を仮想空間に反映できる方式を提案し、仮想空間上の操作により携帯電話を通じて誘導情報を送信するシステムを実現した。

研究課題： 「表現豊かな発話音声のコンピュータ処理システム」

研究代表者： ニック キャンベル

本研究はコンピュータによる音声合成のための新たな情報形式を提案するものである。従来の音声合成技術は主に情報提供という観点に立つもので、人間が日常的に行う双方向的コミュニケーションの利用には不適切である。人の双方向的コミュニケーションには感情を含む必要がある。具体的には発話音声を持つ機能的役割、特に言語情報以上の発話様式で表現する「声を持つ意味」について解明することが大切である。人は文字には表れない発話意図、態度、感情状態などの情報を声の調子によって示す。大規模自然音声対話データベースの収集と分類により、発話様式のバリエーションを分析すると共に、声の表情を含む表現豊かな音声合成や言い方認識技術への応用に向けて研究を行った。

発話音声の波形から音素情報、韻律情報、声質の3要素を基本系として、話し手の感情や発話意図などに対応する音声特徴のコンピュータによる自動抽出を行う。さらに、それらを既知の言語構造や個別の発話行為特徴へマッピングすることにより、高次の発話情報処理技術が可能となることを明らかにした。

対話発話音声コーパスの分析によって、発話音声信号のなかでコード化されている情報は言語情報だけでなく、それと同等にノンバーバルな情報が重要な役割を持つことを明確にした。このノンバーバル情報が示すものは発話者の感情状態にとどまらず、興味や気分などの

心的状態と共に聞き手との人間関係や対話環境から生まれる親しさなどの情報を多面的に含んでいる。このような情動情報を表現するため、音声合成の入力に新たなインタフェースの開発を行い、文字入力ではなく意図入力の定義による音声合成手法を提案している。このインタフェースは意図だけでなく話者状態(気分・興味など)と共に相手関係(人間関係・対話環境状況など)を入力可能とし、この情報に基づいて目的発話の性質・韻律特徴がフィルタ化され、環境や意図に適切な発話単位がデータベースから選択される。

本研究成果によって音声信号が伝達する言語情報と情動情報両方の処理が同時にできるようになった。具体的な成果物として得られた膨大な音声データベースは比較言語学、比較文化学、実験心理学および音声工学に対して国際的に類を見ない研究材料を提供できた。言語科学・音声工学分野として新たな見方を提案した研究である。

研究課題：高度メディア社会のための協調的学習支援システム

研究代表者：三宅なほみ

本研究は技術的な基盤を有効に利用して、情報社会の実現に必要な高度な知力を育成する新しい教育方法を協調的な学習理論に基いて提案している。新たな教育方法は何をどのように教えるのかというコンテンツについての十分な検討と、学習活動デザインの裏付けとなる学習理論なしには成立しない。本研究では研究チームの専門分野である認知科学を中心的な学習領域とし、現実の授業のなかで実践的に検証しながらコンテンツを開発した。同時に人の協調的な認知活動についてこれまでの認知科学研究で明らかになってきた理論を発展させ、その知見を基に協調的な学習活動やそれらの活動を支援するツール群をデザインした。これらのコンテンツとツール群は今後さらに斬新的な教育方法を創成してゆくための実践的な研究方法を支えている。

これらのシステムを利用して、学部学生を対象に認知科学を協調的に教えるための総合的なカリキュラムを構成し、具体的な教材と授業案をセットにしたティーチング・ポートフォリオを作成、それを実践的に評価、改良しつつ研究を進めてきた。4年間に亘って実際の教室場面での実践的な評価・改善を繰り返してきた過程で蓄積された授業実践記録はリサーチ・ポートフォリオとして保管されている。300人以上の学生が2年間かけて「認知科学」という新しい分野について概念的な知識を構成する過程が週単位で個人毎に集積されており、これだけ長期にわたる詳細な学習プロセスが記録・分析された例は最近の学習科学研究でもほとんどない。

認知科学を学ぶためのコンテンツと協調学習支援ツールは将来的に他の領域の学習にも利用可能である。同時に学習記録のデータは認知科学が新たな協調的学習の理論を構築するための資産として多様な方向から分析することが可能である。

研究課題：心が通う身体的コミュニケーションシステム E-COSMIC

研究代表者：渡辺富夫

対面コミュニケーションにおいては単に言葉によるバーバル情報だけでなく、音声の周辺言語やうなずき、まばたき、表情、身振り・手振りなどの身体動作といった言葉によらないノンバーバル情報が話し手自身はもちろん、話し手と聞き手とで相互に引き込み、対話者相互に関係を成立させ、コミュニケーションを円滑にしている。本研究では相手との一体感があり、お互いの心が通い合える身体から身体へのコミュニケーションシステムの開発を目指し、音声に基づく身体的インタラクションシステムや身体的バーチャルコミュニケーションシステムのプロトタイプを世界に先駆けて開発した。前者は発話音声に基づいて聞き手及び話し手として身体全体で応答・反応するインタラクションロボット **InterRobot** 及び CG キャラクタ **InterActor** によるコミュニケーション支援システムである。後者は自分と相手の分身である **VirtualActor** を仮想のコミュニケーション環境で観察しながらコミュニケーションできるシステムで、人間のコミュニケーション特性を合成的に解析できるシステムである。

このようなインタラクションメディアを介したコミュニケーションで、対話者の音声情報およびノンバーバル情報を加工することによって身体的コミュニケーションが可能なインタラクションシステムを開発した。このシステムを用いて身体的コミュニケーションを体系的に解析し、身体的行為がコミュニケーションに果たす役割を明らかにすると共に、身体的コミュニケーションの有効性を実証した。

ヒューマンコミュニケーション・メカニズムに基づく次世代ロボットやヒューマンインタフェースを提案してきた。開発したシステムは各種イベント等の多くの場で公開、テストを繰り返しており、現在日本科学未来館に常設展示されている。身体的コミュニケーション効果を理論としてだけでなく、デモンストレーションシステムとして体験できる形で実証している。

研究課題：日常生活を拡張する着用指向情報パートナーの開発

研究代表者：木戸出正継

小型で常時着用、携帯可能な処理機能を持つ情報端末、いわゆる着用コンピュータを前提に、その想定プラットフォーム上に生活空間での各種機能を実装した。その開発プロセスでは、着用コンピュータのオペレーティングシステムの開発とパッケージングを行い、次世代の携帯型情報端末の基盤環境を確立した。

具体的には1) 拡張現実ナビゲーション、2) 知的共同作業支援、3) 拡張記憶アルバムというユーザの日常生活を革新的に前進させる3つの応用場面を設定し、そのために必要な前記の基盤アーキテクチャ (OS、データベース、ネットワーク) の研究開発を行った。

ウェアラブルコンピュータの実現に向けて、その要素技術を多方面から追求し、

その成果として1) 拡張現実ナビゲーションに向けたユーザ位置・姿勢推定手法の確立、2) 知的共同作業支援に向けた遠隔コミュニケーション確立のための実環境の簡易モデル化、3) 拡張記憶アルバムのためのアーキテクチャ提案、4) ビジョンインタフェースとしてビジョンベースのハンズフリー入力インタフェースを実現、5) 音声インタフェースとしてのハンズフリー入力のための音響信号処理技術の確立、6) データベース機構として着用環境に適したDBアクセス制御を実現、7) OS機構における省エネ・省メモリOSとコンテキストウェアミドルウェアの実現などが挙げられる。新たなコンセプトないしはパラダイムの提案といった大きい広がりのある成果という面ではやや物足りなさを感じるが、個別の要素技術としては高いレベルの成果であり、その一部は実用化に向けた開発にまで進んでいる。

研究課題：トレイグジスタンスを用いる相互コミュニケーションシステム

研究代表者：舘 暲

トレイグジスタンス（遠隔存在感）技術を用いることで、利用者がお互いに物理的に遠く離れていても、あたかも同一の空間を共有し、すぐそばにいるかのように顔を合わせて会話することができる相互トレイグジスタンスシステムの研究開発を行った。特殊な眼鏡等を付けることなく、三次元映像の「提示」と「撮影」とを同一の装置により実時間で行うことが可能となるという技術的に画期的な特徴を持つ臨場感の高いコミュニケーションシステムを実現した。

(1) オフィス・公共機関用トレイグジスタンス電話

研究代表者らによって提案された「回転型パララクスバリア」と呼ばれる手法を採用した三次元映像提示装置としてTWISTER II～Vの4段階の試作機を作成し、コミュニケーションにおいて重要な役割を果たすノンバーバルな情報のやり取りを可能にする点で、高度コミュニケーションシステムの構築に適していることを実証した。

(2) 家庭用トレイグジスタンス電話

利用者の視点から装置中央に備えられた透明球内に映像が浮かんで見え、同時に観察者を撮影できる透明球ディスプレイ「i-ball 1」、「i-ball 2」を開発した。また、回転する円筒の外側に向けて立体映像を表示し、360°どの方向からも立体映像を観察することができる「SeeLINDER」を開発した。いずれも情報提示手法の評価は高く、新しいメディアとしての可能性を示唆することができた。

(3) 携帯型トレイグジスタンス電話

情報取得型及び情報提示型ウェアラブルコンピュータの機器構成についての研究を行い、「視覚・聴覚・場所・環境・感情」といった様々な情報の取得、提示に必要な構成とその効果を確認することができた。

研究課題：情報のモビリティを高めるための基盤技術

研究代表者：辻井潤一

ネットワーク中の膨大なテキスト情報を効率的に収集し、ユーザが真に必要とする情報をわかりやすい形で提示するシステムを構築するために、言語処理と知識処理、ネットワーク・クローラーや知的エージェントの研究など複数分野の研究を有機的に統合した基盤技術を確立することを目的に研究を行い、以下の成果を得た。

(1) 大規模テキストを現実的な時間で解析できる世界最初の英文解析システム Enju を開発。文法の精緻化により、精度の点でも現在世界有数のものである。

(2) 高効率な領域代数処理システム、素性構造データベースの開発及び指定の意味構造検索を高速に検索するシステムを開発。また、これを使った統合サービスシステムとして14億語の解析済み Medline での検索システムを構築し、世界的にも有数の検索能力を持つことを確認した。

(3) 分野に依存した POS タガ (part-of-speech tagger)、NER (Named Entity Recognition) を開発、従来手法よりも優れた精度がでることを確認し、国際的にも高い評価を得た。

(4) 生命科学における 2000 抄録 (2 万文、50 万語) の Annotated Text 意味つきコーパス (GENIA コーパス) を作成し、世界に公開した。このデータはいくつかの国際ワークショップでのゴールド・スタンダードとしても活用されている。

(5) テキスト収集の高速クローラーと分散処理のための基盤ソフトウェア GPX を開発し、1 台の計算機で 600 ページ/秒のダウンロード速度を数時間維持すること、20 台程度での並列実行でも性能がスケラブルに向上する (約 10,000 ページ/秒) ことを確認した。

(6) 前記分散計算環境ツール GPX、文解析器 Enju、機械学習による POS/NER、GENIA コーパスという、4 つの研究成果を統合することにより、生命科学分野のテキストベース Medline 抄録全体 (14 億語) を 8 日間で処理することに成功した。

(7) 生命科学分野における Medline の知的検索システム、ユーザを特定しない専門用語認識システム (言選)、多言語情報検索システム (KIWI) などを開発、公開した。

研究課題：人間中心の知的情報アクセス技術

研究代表者：橋田 浩一

知的コンテンツを中心に据えつつも、人間を中心として生活世界の意味を扱う一般的な技術体系を創出するため、当初はかなり探索的に多様な研究テーマを設定したが、研究が進んで展望が開けてくるに従ってセマンティックコンピューティングというビジョンにテーマを絞り込んできた。

具体的成果として以下のものが挙げられる。

(1) 明示的な意味構造込みでコンテンツを作成・編集でき、通常の文章に相当する内容を含む一般的なコンテンツの作成をサポートするセマンティックオーサリングシ

システムの開発。

(2) 意味構造を表わすラベル付グラフの間の近似照合を効率よく実行するアルゴリズム、および検索の文脈に依存してキーワードの間の類義性を調整する方法に基づくインタラクティブな情報検索システム Kamome を開発。このような意味構造を利用した方法はセマンティックコンピューティングにおける主要な検索の手法になると期待される。

(3) Web の情報から人間関係を抽出し社会ネットワーク分析の手法を用いて人間関係を抽出するシステム Polyphonet の開発。

(4) 実世界での会議からマルチモーダルな知的コンテンツを生成し高度再利用するマルチモーダル会議支援システムを開発。議論の展開や重要な発言の抽出などの知識発見を可能にした。

(5) 位置情報を用いて利用者の置かれた状況を推測し、適切な情報支援を実現するためにグラウンディングと認知的資源を用いたマルチエージェントアーキテクチャ CONSORTS (Coordination System of Real-world Transaction Service) を開発。マルチエージェント技術に基づく計算資源の管理はセマンティックコンピューティングにおけるセマンティックプラットフォームに必須の技術である。

(6) ユビキタス情報サービス用の個人用小型情報端末機 Aimulet を開発。ID 受信センサネットワークを活用して数百人への情報提供を実現するためのプロトタイプシステムを作成し、愛・地球博や人工知能学会全国大会で音声情報サービスを行った。

(7) 記号的に表現された観測データを統計的に説明する確率モデルを論理プログラムとして記述する記号的統計モデリング言語 PRISM を開発。確率的制約プログラミングの実用化への貢献が期待できる。

研究課題： セマンティック・タイポロジーによる言語の等価変換と生成

研究代表者： 池原 悟

「意味類型論 (セマンティック・タイポロジー)」と「等価的類推思考の原理」の2つの観点から言語の「意味的等価変換方式」を提案し、その実現に向けた研究開発を進めてきた。言語表現とそれを構成する要素の線形性と非線形性の定義を明確にし、「すべての言語表現は0個以上の線形要素と非線形要素から構成される」とする非線形言語モデルを提案した。このモデルに基づいて文型パターンを記述する文型パターン記述言語を設計すると共に、文型パターン作成手順の半自動化を図るための各種ツールを開発し、以下の手順で意味類型パターン辞書を開発した。

比較的標準的な日英対訳例文約 100 万件を収集、解析を行い、タグ付きの対訳コーパス (15 万件) を作成した。次に、この対訳コーパスを対象に半自動的な汎化手順を適用して、単語レベル (12.2 万件)、句レベル (8.0 万件)、節レベル (1.2 万件) の文型パターン辞書 (合計 21.5 万件) を作成した。

次に文型パターン辞書の意味類型化を行うため、すべての文型パターンに統語的分類コ

ードと意味分類コードを付与する共に、第1の分類体系として重文複文全体を構成する複数の節の意味的關係に着目した「節間意味分類体系(4段 227 種類)」を、第2の分類として個々の節の意味を表す「節の意味分類体系(5段 735 種類)」を開発して意味類型パターン辞書を完成した。

意味類型パターン辞書の被覆率を評価し、問題分析と改良に役立てるため、「パターンパーサ」と「意味検索プログラム」を作成して 15 万件の標本文と 21.5 万パターン間の照合実験(クロス照合実験)を行った結果、意味類型パターン辞書は統語的被覆率 98.5%、意味的被覆率 79.5%と実用的な水準を達成することができた。

本方式は意味的に非線形な表現構造を分解不能な単位とすることによって全体を線形近似に持ち込むものであり、意味処理の基本技術として多くの応用が可能である。さらに、開発の過程で作成された日英対訳コーパス(100 万文)や英語構文体系(60 分類)、重文複文と英語構文の意味的対応表などは従来にない知的な資産であり、また、意味属性体系や単語意味辞書などは様々な意味処理に使用可能で、今後の多くの研究に役立つと期待される。

研究課題：デジタルヒューマン基盤技術

研究代表者：金出 武雄

人が関わるシステムにおける Weakest Link を解決するために、人間機能をコンピュータ上に実現したモデルの構築を目指して、モデル化すべき人間の機能を生理解剖、運動機械、心理認知の3つの側面を考え、(1) 人間機能の統合的モデリングをめざす“人を知るデジタルヒューマン”を基軸とし、その具体的事例として、(2) システムが人間を観察し、人間を支援するように環境を制御する“人を見守るデジタルヒューマン”、(3) デジタル空間の中で人間と環境の親和性を評価し、人間と調和がとれるよう実環境を設計する“人に合わせるデジタルヒューマン”の研究を行い、(4) これらの技術環境を与える“デジタルヒューマンプラットフォーム”の構築を進めてきた。

(1) 人を知るデジタルヒューマンでは形状や運動よりも心理・認知的側面が強く関わる具体的な課題設定を通じて、人間の心理・認知的反応を再現するメカニズムの解明を目指した。具体的には、内視鏡下副鼻腔炎手術をトレーニングするために、外界からの物理刺激(手術)に対する人間(患者)の心理・生理反応を再現するシステム、通常の間行動に5つの基本運動様式がどの程度含まれているかを定量化する技術「舞紋」、自動車のパネル操作における運動生成誤差を確率的に生成し、その誤差が認知エラーとして伝播していくモデルなどを開発した。

(2) 人を見守るデジタルヒューマンでは生活を支援する“Enabling Environment”を構築するための行動観察技術として、睡眠中生理量をモニタリングして提示し睡眠時無呼吸症候群の診断を支援するシステム、老人福祉施設での高齢者の夜間行動見守りシステム、行動と単語を関連づけることで外国語学習を支援する“Learning by Doing”システム、乳幼児の住宅内行動を模擬することで住宅内事故に繋がるハザードを発見、低減する技術などを開発した。

(3) 人に合わせるデジタルヒューマンとしては設計段階で製品と人間のインタラクションを再現

できる人間モデルの構築を目指し、静的な形状を計測・モデル化し適合製品を設計するための基盤技術、さらにそれを触覚・感性・動的変形に拡張して製品のフィット性を向上させる技術、量産品の適合性を向上させる製品設計用人体シミュレータとして、自動車乗降動作をターゲットとした全身モデルと、詳細な手モデルを可視化プラットフォーム上に統合した人体シミュレータ「Dhaiba(ダイバ): Digital Human Aided Basic Assessment system」などを開発した。

(4) デジタルヒューマンプラットフォームとしてヒューマノイドロボット移動自律性向上のために、人間の歩行安定制御を参考にした二足歩行実現、3次元視覚による環境認識技術、高度な地図作成技術、その地図環境に応じて移動経路と安定な全身運動計画を瞬時に計算する技術を開発した。また、これらの技術をヒューマノイドロボットに統合するための統合化研究環境を開発した。

研究課題：連想に基づく情報空間との対話技術

研究代表者：高野明彦

研究のアプローチは「連想の情報学」という標語で要約でき、これを実用上も意味のある本物のコンテンツに適用して、社会的に意義のある情報サービスの立ち上げに繋げることを最優先した。これにより提案技術の実用性を実証するとともに、上質の情報サービスを一種の公共財として社会へ提供することを最大の目標とした。研究代表者はこの研究方針を、論文等の学術的成果を偏重する普通の基礎研究プロジェクトにならないようにとの自省を込めて設定した。論文では研究成果の実用性を謳っていながら、実用性のまったくないおもちゃのようなデータへの適用実験しかクリアできない「基礎技術」や、研究プロジェクト終了と同時にデータ更新が止まってしまう「実証サイト」の構築には意味がないと考えた。本研究における連想情報学が従来の基礎研究とは一線を画する本物の実用的情報技術であることを実証することを目標とした。

5年間の研究では、この新分野に計算機科学の手法によりアプローチして、膨大な情報に基づく連想過程の計算的な基礎づけや、情報空間の内容的概観をフィードバックして人の連想を効果的に刺激する対話手法を開発した。この情報技術を実用上も意味のある文書情報に適用して、連想的対話環境を特徴とする12種類の情報サービスを実際に構築した。そのうちの8サイトは一般公開され、ユニークな情報サービスとして多くのユーザを集める人気サイトになっている。特に「Webcat Plus」、「文化遺産オンライン」、「新書マップ」、「Book Town じんぼう」、「闘病記ライブラリー」の5サイトは、それぞれの分野の情報サービスとして国内 No.1 の評価を得ている。

さらに、2006年7月には、これらの特徴ある情報源を自在に組み合わせて仮想的に1つの情報源として連想探索できる技術を開発して、「想－IMAGINE Book Search」を公開した。この「想・IMAGINE」は電子情報空間での新しい「読書環境」と呼ぶに相応しいシステムである。本研究プロジェクトで追及してきた実用的な情報技術としての「連想の情報学」研究の最大の成果となった。

10. 総合所見

情報分野は特にその進歩発展が急速な分野である。平成10年にこの研究領域を設計し、平成11年度から研究を始めたわけで、平成19年の今日からすると9年、10年の期間となる。その間様々な進歩・発展があったが、この研究領域の研究課題がその進歩・発展の原動力になったり、その中心となって活動したと言えるものが多い。

一方、表面的な進歩・発展には寄与していないように見えるかも知れないが、その基礎を支える地味なところで確実な成果を挙げ、将来にわたってその成果が利用されてゆくだらうと考えられるものもある。前項9にも述べたが、[幾つかの研究課題については新しい研究分野を切り拓いており、これらは学問的に高く評価されるべきであろう。](#)

全ての研究課題について、その研究代表者は一流の人達であるので、その人達の力が十分発揮できるように配慮し、無理に課題間の交流をさせるといったことはせず、年1回の研究会合で相互理解・意見交換をするということで領域全体の活力を保つことに努めた。

研究総括としての非常に荒い感想的な自己採点としては、研究領域の出した成果は85点というところであろうか。

最後に本研究領域を作り、予算を配分し、また研究上の事務処理を全てやっていただいた科学技術振興機構及び本研究領域の研究事務所の方々に深く感謝の意を表したい。