（独）科学技術振興機構
戦略的創造研究推進事業
チーム型研究（CREST）
追跡評価用資料
「高度メディア社会の生活情報技術」

研究総括　長尾　真

2013 年 3 月

目　次

要旨 1

1. 調査概要 7

1-1 調査の対象と調査方法 7
1-1-1 調査の対象 7
1-1-2 調査方法 7
1-2 全研究課題の調査のまとめ 10
1-2-1 研究者情報 10
1-2-2 研究課題マップ 11
1-2-3 研究助成金獲得状況 11
1-2-4 発表論文 12
1-2-5 特許 16
1-2-6 発表論文数と特許出願数 18
1-2-7 受賞 19
1-2-8 共同研究・連携 19
1-2-9 アウトリーチ 20
1-2-10 開発ソフトウェア 21
1-2-11 まとめ 21

2. 研究領域における研究の継続・発展状況 23

2-1 研究領域としてのねらいと達成状況 23
2-2 研究課題ごとの研究のねらいと研究期間中の達成状況 25
2-2-1 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） 25
2-2-2 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） 26
2-2-3 表現豊かな発話音声のコンピュタ処理システム（研究代表者：Nick Campbell） 27
2-2-4 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） 28
2-2-5 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） 29
2-2-6 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） 30
2-2-7 テ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） 31

2-2-8 情報のモビィリティを高めるための基盤技術（研究代表者：辻井 潤一）... 32
2-2-9 人間中心の知的情報アクセス技術（研究代表者：橋田 浩一）..... 33
2-2-10 セマンティック・タイポロジーによる言語の等価交換と生成技術 （研究代表者：池原 悟）..... 34
2-2-11 デジタルヒューマン基盤技術（研究代表者：金出 武雄）..... 36
2-2-12 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）..... 37

3. 詳細調査事例 38

3-1 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」 38
3-1-1 研究期間中における状況..... 38
3-1-2 研究終了後の基礎研究としての継続・発展状況..... 38
3-1-3 研究成果の社会へのインパクト..... 46
3-1-4 人材育成..... 46
3-2 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」 48
3-2-1 研究期間中における状況..... 48
3-2-2 研究終了後の基礎研究としての継続・発展状況..... 49
3-2-3 研究成果の社会へのインパクト..... 55
3-2-4 人材育成..... 58
3-3 研究課題 「連想に基づく情報空間との対話技術」 59
3-3-1 研究期間中における状況..... 59
3-3-2 研究終了後の基礎研究としての継続・発展状況..... 59
3-3-3 研究成果の社会へのインパクト..... 64
3-3-4 人材育成..... 66
3-4 研究課題 「デジタルヒューマン基盤技術」 67
3-4-1 研究期間中における状況..... 67
3-4-2 研究終了後の基礎研究としての継続・発展状況..... 68
3-4-3 研究成果の社会へのインパクト..... 69
3-4-4 人材育成..... 71
3-5 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」 72
3-5-1 研究期間中における状況 72
3-5-2 研究終了後の基礎研究としての継続・発展状況 72
3-5-3 研究成果の社会へのインパクト..... 78
3-5-4 人材育成..... 80

参考資料

要旨

追跡調査の目的

CREST 事業は、「科学技術創造立国」をめざし、明日の科学技術につながる知的資産の形成を図ることを目的とし、大学や国立試験研究機関などの研究ポテンシャルを活用しつつ、重点化した基礎研究を推進するものとして平成 7 年度に発足した。その後平成 14 年度には、国の科学技術政策や社会的・経済的ニーズを踏まえ、国が定めた戦略目標の達成に向けた基礎的研究を推進する戦略的創造研究推進事業として再編成されて今日に至っている。CREST の研究は研究総括のマネジメントのもと、研究総括と領域アドバイザの助言を得て、研究代表者を中心とした研究チームを複数編成して推進される。

基礎研究の推進を目的とする CREST においては、研究成果の学術的な評価を得ることや研究結果が実用化などに発展するには、一定の期間が必要になると思われる。このため JST では、領域終了から 5 年経過を目途に「研究終了後一定期間を経過した後、副次的効果を含めて研究成果の発展状況や活用状況等を明らかにし、事業及び事業運営の改善に資すること」を目的とする追跡調査を実施することとした。

本資料は、戦略的創造研究推進事業 CREST における研究領域「高度メディア社会の生活情報技術」(2000- 2006 年) において実施された 12 課題について、研究終了時から現在までの研究成果の発展状況を調べたものである。

本研究領域は、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めざした。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った。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の構築・発展を期待して実施された。

研究領域における全課題の研究成果の発展状況や活用状況

第 1 章では、CREST 終了後の発展状況について、下記項目について数量的に整理した。概要は以下の通りであった。なお、数値は 2012 年 3 月現在の値である。

⑴研究者情報：各研究代表者は、CREST での研究成果を発展させる形で、所定の部署で研究を継続している（逝去された 1 名を除く）。

⑵研究助成金：獲得数は全体で 75 件（5 百万円以上の案件 56 件、内数）であった。

⑶発表論文：CREST 期間中（終了報告書に記載の報文）の総数は 417 報（英文 185 報、内数）に対して CREST 終了後（研究代表者が著者になっている報文）の総数

は 637 報（英文 319 報、内数）であった。

(4)特許：延べ出願数/成立特許総数は CREST 期間中と期間終了後で、それぞれ 107/45 件および 78/23 件であった。

(5)受賞：CREST 終了後の受賞総数は、102 件（海外 30 件、内数）であった。

(6)共同研究／連携：CREST 終了後の共同研究総数は、26 件であった。

(7)アウトリーチ：CREST 終了後のテレビ報道総数、新聞記事総数は、それぞれ 57 件、264 件であった。

(8)開発ソフトウェア:研究代表者が開発して WEB 上に公開している総数は 29 件であった。

以上から、本領域の研究は全体として、CREST 終了後も活発に発展しているといえる。

各研究課題について CREST における研究の狙いと期間中の達成状況

第 2 章では、各研究課題について CREST における研究の狙いと期間中の達成状況についてまとめた。ここでは成果の要点のみ記載した。(　) 内は研究代表者、採択年度を示す。

(1) 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（池内克史、平成 11 年）

有形・無形文化遺産の形状幾何情報、光学情報、環境情報、動き情報を取得するセンサー、得られたデータを統合するアルゴリズムが開発され、鎌倉大仏、東大寺大仏・広目天、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。

(2) デジタルシティのユニバーサルデザイン（石田亨、平成 11 年）

都市中心部を対象とした「都市での危機管理」などを実現するため、地図による都市空間「地域情報検索システム」(2D)、幾何モデルによる都市空間「仮想都市空間システム」(3D)、実写映像による都市空間「映像都市空間システム」(2.5D) および異種空間の情報を統合する「ユニバーサル・モバイルインタフェース」などの基盤技術が開発された。

(3) 表現豊かな発話音声のコンピュータ処理システム(Expressive Speech Processing)（Nick Campbell、平成 11 年）

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自動抽出を行い、それらを既知の言語構造や個別の発話行為の特徴へマッピングすることにより「表現豊かな発話音声のコンピュータ処理システム」が構築された。

(4) 高度メディア社会のための協調的学習支援システム（三宅なほみ、平成 11 年）

協調学習支援ツール群、それらを活用した学部学生が認知科学を学習するためのティーチング･ポートフォリオ、実際の教室での実践的な評価・改善の繰り返しで蓄積された授業実践記録からなるリサーチ・ポートフォリオが構築された。これによって、他の機関でも同様な学習実践を行うことができるようになった。

(5) 心が通う身体的コミュニケーションシステム E-COSMIC（渡辺富夫、平成 11 年）

各種の感覚情報を制御できる仮想環境で、対話者のノンバーバル情報と生体情報を処理することによって、ヒューマンインタラクションを体系的に解析できる身体的バーチャル

コミュニケーションシステムのプロトタイプを開発し、本システムの有効性を実証した。

(6) 日常生活を拡張する着用指向情報パートナーの開発（木戸出正繼、平成 12 年）

小型で常時携帯可能なコンピュータへのオペレーティングシステム（OS）の開発とパッケージングを行い、次世代携帯型情報端末の基盤環境を確立した。特に、音声、画像処理機能を充実させたマルチメディアカーネルアーキテクチャ、常時情報ブラウジングできるネットワーク機能、既存バックエンド情報機器群とのシームレスな連携が可能なデータベース機能の開発を行った。

(7) テ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（舘暲、平成 12 年）

「オフィス・公共機関用テレイグジスタンス電話」TWISTERⅡ～Ⅴ、「家庭用テレイグジスタンス電話」i-ball、i-ball 2、SeeLINDER の開発、「携帯型テレイグジスタンス電話」の情報取得／提示型ウェアラブルコンピュータの機器構成を研究し、「視覚・聴覚・場所・環境・感情」といった様々な情報の取得／提示が出来ることを明らかにした。

(8) 情報のモビリティを高めるための基盤技術（辻井潤一、平成 12 年）

主辞駆動句構造文法 HPSG(Head-driven Phrase Structure Grammar)による英文解析システム（Enju）の開発、生命科学の意味つきコーパスとオントロジー（GENIA コーパス）：2000 抄録（2 万文、50 万語）の Annotated Text（GENIA コーパス）の作成と公開、さらに、分散計算環境のツール GPX 、Enju 、機械学習による POS/NER、GENIA コーパスの統合により、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。

(9) 人間中心の知的情報アクセス技術（橋田浩一、平成 12 年）

セマンティックオーサリングシステム、意味構造を表わすラベル付グラフ間の近似照合を効率よく実行するアルゴリズム、キーワード間の類義性を調整するインタラクティブ情報検索システム Kamome、マルチモーダル会議支援システム、ユビキタス情報サービス用の個人用インタラクティブ無電源小型情報端末 CoBIT および記号的統計モデリング言語 PRISM を開発した。

(10) 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（池原悟、平成 13 年）

文型パターン辞書開発、文型パターンの意味類型化、パターン検索プログラム作成により、意味類型パターン辞書を構築した。この辞書は、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した。

(11) デジタルヒューマン基盤技術（金出武雄、平成 13 年）

デジタルヒューマンは、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で、モデル化のため、人を観察する技術、モデルで再現する技術、結果を提示する技術を開発した。これらの研究によってデジタルヒューマン基盤技術という新しい研究分野が立ち上がった。

(12) 連想に基づく情報空間との対話技術（高野明彦、平成 13 年）

連想的対話環境を特徴とする 12 種類の情報サービスを構築した。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人気サイトになった。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」は、各分野の情報サービスとして国内 No.1 の評価を得た。さらに、これらの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「想－IMAGINE Book Search」として公開した。

第 3 章では､追跡調査事例として研究総括の長尾 真先生にご相談し 5 研究課題について、CREST の研究期間終了後の発展状況について、調査した。各研究課題の要点は、次の通りである。

(1) 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（池内克史、平成 11 年）

有形・無形文化遺産をデジタルコンテンツとして保存する技術を展開し、国内の文化遺産だけではなく、海外の文化遺産のデジタルコンテンツ化が積極的に展開された。具体的には、科学技術振興調整費リーディングプロジェクト「知的資産の電子的な保存・活用を支援するソフトウェア技術基盤の構築」における研究課題「大型有形・無形文化財の高精度デジタル化ソフトウェアの開発」を担当し、そこで開発された高精度位置合わせアルゴリズムを活用し、日本国政府アンコール遺跡救済チームの協力を得て、寺院全体のデジタルアーカイブ化を推進し、バイヨン寺院全体の形状計測、尊顔の詳細計測、ペディメントの精密な形状計測などの成果を上げた。また、複合現実感技術を検討し、実画像に仮想物体の画像を違和感なく重ね合わせるため、仮想物体像の陰影付け、実画像との合成技術を開発し、奈良県明日香村甘樫丘展望台及び川原寺跡にて、システムの一般公開実験を行った。さらに、科学技術試験研究委託事業「デジタル・ミュージアムの展開に向けた実証実験システムの研究開発（複合現実型デジタル･ミュージアム)」に参画し、平城遷都 1300 年記念事業 最先端映像技術でよみがえる平城宮、バーチャル飛鳥京、および明日香村屋外ギャラリーを実行した。

有形・無形文化遺産をデジタルコンテンツとして保存する技術は、今後、世界の文化遺産への適用が期待され、人類の知恵の結晶である文化遺産の保存、修復、次世代への継承という点でその意義は大きい。また、MR 技術により、古代の遺跡などを現実の空間で体験できるようになり、新たなデモンストレーション手法として、今後、歴史教育や観光資源開発のツールとして活用されると期待される。以上の成果に対して、マスメディアの注目も高く、大仏やバイヨン寺院の形状データ、飛鳥京や平城京での MR による古代の建物や人物の復元を中心に、TV 報道は 11 回、新聞報道は 109 件に達した。

(2) 高度メディア社会のための協調的学習支援システム（三宅なほみ、平成 11 年）

基盤研究（A)「認知科学を対象とした長期に亙る統合的学習理論の構築」において、人が数年かけて専門性を身につけるような知識構築の過程を、認知科学を対象に実践的に明らかにし、「2 年間実施用カリキュラム」を完成させた。

戦略的創造研究推進事業発展研究（SORST)「高度メディア社会のための発展的協調的学

習支援システム」において、動的ジグソー法と CMSonBBS（Commentable Movie Sheet on Bulletin Board System）を用いた講義ビデオ振返りによる内容理解支援活動とを融合することにより、学生が講義内容を理解する手助けになりうることを明らかにした。また、協調的学習支援ツールをインターネット上に展開し、大学での集中講義 2 件、ワークショップ 1 件、ならびに海外の学会でのチュートリアル 2 セッションで試験運用し、ニーズの異なる多様な学習者に活用可能であり効果を上げうることを確認した。

新学術領域研究(研究領域提案型)「人とロボットの共生による協創社会の創生」において、人とロボットとが共生するために必要なロボットの開発、そのロボットを用いて人の認知行動の解析や学習理論の構築が行われた。

上記の研究成果により「学習科学」という新しい学問分野が切り開かれ、「協調学習」の考え方をベースに、学術教育に加えて産業界での教育など、教育の質の向上を目指して、大学発教育支援コンソーシアム推進機構 CoREF が、東京大学を拠点に 2008 年に立ち上げられた。CoREF は、2010 年には全国 10 の教育委員会と連携し、知識構成型のジグソー法を新しい学習のあり方として実践する活動を行い革新的な教育手法として注目されている。

(3) 連想に基づく情報空間との対話技術（高野明彦、平成 13 年）

連想計算エンジン GETA(Generic Engine for Transposable Association)が高速実行する連想計算の数学的構造を「連想計算の代数」として定式化し理論的補強を行うとともに、「想－IMAGINE Book Search」をさらにバージョンアップし、画像情報の DB として、毎日新聞社が提供する毎日フォトバンクから厳選した 1 万 1 千枚の写真を自由なキーワードや文章で連想検索して閲覧できる情報サービス pictopic や、松岡正剛氏が執筆し一般公開している内容豊富な書評群を、連想検索で関連づけて読み進むための情報サービスを目指して「千夜千冊マップ」を構築した。

新たな DB として、e 読書ラボ、小布施正倉、Powers of Information 徳川美術館、Webcat Plus、早稲田大学演劇博物館版、国立美術館版を公開した。また、特別展示として、高精細画像で絵巻を鑑賞「国宝 玄奘三蔵絵の世界」奈良国立博物館、タッチパネルと高精細画像で書誌学の世界にふれる「Powers of Information 斯道文庫」慶應義塾図書館旧館、「ゴーギャン展　インサイト・ビューコンテンツ」東京国立近代美術館などを行った。

(4) デジタルヒューマン基盤技術（金出武雄、平成 13 年）

デジタルヒューマンとは「人が関わるシステムにおける Weakest Link は人である」との認識から、それを解決するため人間機能をコンピュータ上に実現したモデルで、モデル化のため、人を観察する技術、モデルで再現する技術、結果を提示する技術の研究が行われ、これらの研究によって「デジタルヒューマン」研究という新しい研究分野が立ち上がった。

様々な人間機能（人体形状、運動力学、感性、指の感覚、子供の行動、患者の心理生理反応など）を再現するコンピュータモデルの開発が行われた。これらのモデルを活用した具体的な製品として、メガネフレーム、マウス、人体形状スキャナー、超音波位置センサー、総合人体モデル“Dhaiba”などが商品化された。また、デジタルコンテンツとして、

事故再現映像、人間特性データベース等が公開されており、各方面で広く活用されている。

さらに、2010 年 4 月 1 日から、デジタルヒューマン研究センターは、デジタルヒューマン工学研究センターと改称され、個人の身体機能をモデル化して身体と製品のみで最適設計をするだけでなく、製品やサービスの提供を受けたときの個人の行動や生活もモデル化し、より広い視点で人間生活と製品・サービスを最適設計する必要があるとの考えから、学術的なデジタルヒューマン研究における、身体をより精密に、臓器、細胞、遺伝子レベルまで掘り下げてモデル化していく方向に加えて、身体を基盤とした行動、生活、社会をモデル化していく研究が展開されるようになった。CREST での研究成果をもとに新しい分野融合的な研究が発展・展開されている。

(5) 心が通う身体的コミュニケーションシステム E-COSMIC（渡辺富夫、平成 11 年）

CREST で明らかになった、各種ノンバーバル情報や生体情報が、コミュニケーションとして重要かつ有効であることを生かして、さらなる研究、製品開発がすすめられた。

NEDO の次世代ロボット実用化プロジェクト（プロトタイプ開発支援事業）で、子供と会話を楽しむ身体的コミュニケーションロボット InterAnimal が開発された。

特定領域研究「一体感が実感できる身体的コミュニケーションインターフェース」では、3DCG オブジェクトを用いた音声駆動型身体的引き込みシステムを開発し、その原理を応用した癒し系玩具「ペコツぱ」「花っぱ」の商品化が行われた。

2006～2011 年度の CREST「デジタルメディア作品の制作を支援する基盤技術」において研究課題「人を引き込む身体性メディア場の生成・制御技術」を担当し、音声駆動型身体的引き込みシステム Enhanced Audience、語りかけに対してうなずきのタイミングで前後に加速度運動をする音声駆動型身体的引き込みチェアシステム InterChair、タイピング駆動型身体引き込みキャラクタチャットシステム InterChat、語りかけに集団引き込み反応をして場を盛り上げる身体的インタラクションシステム PekoPeko を開発し、コミュニケーションにおける、身体的インタラクションの効果、重要性を実証した。

これらの研究成果を生かして、ベンチャー企業インタロボット㈱が設立され、話を聞いてくれる優しい玩具、生き生きと動くＣＧキャラクター、ＣＧアバター、メッセージを伝えるアミューズメントロボットなどを開発し、販売、レンタル、コンサルタント事業などを行っている。マスメディアの注目も高く、TV 報道は、NHK の人体をテーマにした知的バラエティー番組「解体新ショー」で「なぜ人はうなずくのか？」をはじめ、14 回におよんだ。また、新聞報道は 35 件に達した。本研究で、開発したシステムは、身体的インタラクションロボット・玩具、携帯電話・インターネット等の音声インタフェース、ゲームソフト・音声認識ソフトへの導入など、教育・福祉・エンタテインメントをはじめ人とかかわる広範囲な分野で応用が可能であり、今後の展開が期待されている。

1. 調査概要

1-1 調査の対象と調査方法

1-1-1 調査の対象

本件調査の対象は、戦略的創造研究推進事業 CREST として平成 11 年度から平成 18 年度にかけて実施された「高度メディア社会の生活情報技術」領域は、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めざした。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った。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 12 課題が実施された。これら 12 課題の研究代表者名、研究課題名は表 1-1 に示すとおりである。

表 1-1　調査対象研究課題

課題 No.	採択年度	研究代表者	研究課題名
1	H11	池内 克史	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
2	H11	石田 亨	デジタルシティのユニバーサルデザイン
3	H11	Nick Campbell	表現豊かな発話音声のコンピュータ処理システム（EXPRESSIVE SPEECH PROCESSING）
4	H11	三宅 なほみ	高度メディア社会のための協調的学習支援システム
5	H11	渡辺 富夫	心が通う身体的コミュニケーションシステム　E-COSMIC
6	H12	木戸出 正繼	日常生活を拡張する着用指向情報パートナーの開発
7	H12	舘 暲	テ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
8	H12	辻井 潤一	情報のモビリティを高めるための基盤技術
9	H12	橋田 浩一	人間中心の知的情報アクセス技術
10	H13	池原 悟	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
11	H13	金出 武雄	デジタルヒューマン基盤技術
12	H13	高野 明彦	連想に基づく情報空間との対話技術

1-1-2 調査方法

CREST 研究終了時から現在（調査時点）までの、各研究課題の研究成果の発展状況や活用状況を明らかにするために、下記事項について研究者ホームページ、各種データベース等による業績の調査を行った。

(1)研究者情報
(2)研究助成金
(3)発表論文
(4)特許
(5)受賞
(6)共同研究／連携
(7)アウトリーチ
(8)開発ソフトウェア

以下、各調査事項について、調査方法の詳細を示す。

（１）研究者情報

各研究課題の研究代表者の CREST 研究終了時および現在（調査時点）における所属機関、所属部署、役職等を調査した。CREST 研究終了時については課題終了報告書あるいは JST ホームページを参照して調査し、現在（調査時点）については研究代表者のホームページその他を参照して調査した。

（２）研究助成金

研究の展開状況を表す指標の一つとして、外部研究資金の獲得状況を調査した。研究者ホームページを参照した他、科研費データベース、科学技術振興機構（JST）の戦略的創造研究推進事業、産学連携･技術移転事業、成果展開事業等、NEDO プロジェクト、各省庁の研究プロジェクト等を調査して、資金額 100 万円以上のものをピックアップした。ただし資金額が不明のものもあったが、明らかに資金額が少ないと思われるものを除いてリストアップする方針をとった。

（３）発表論文

CREST 期間中の発表論文としては、課題終了報告書にリストアップされている全論文を調査対象とし、CREST 期間終了後は研究代表者が著者となっている解説文献、原著論文等を調査対象とした。CREST 期間終了後の発表論文は研究代表者や所属機関のホームページを参照した他、英文文献についてはトムソン-ロイター社の学術文献データベース Web of Science（WoS）を用いて、著者名および所属機関をキーワードとしてピックアップし、邦文文献については JST の J-STAGE、J-GLOBAL を用いて研究代表者名をキーワードとしてピックアップした。

被引用件数の調査では WoS を使用した。CREST 期間中については調査対象の文献名等が予めわかっていたので、通常の検索を行なった。CREST 期間終了後については、CREST 終了年から調査時点までを検索期間として設定して、研究代表者が著者に含まれる文献を先ず検索し、次に②研究者情報の調査時に予め調べてあった CREST 研究開始以降の研究代

表者の所属機関を用いて絞込みを行った。

被引用情報が得られた文献については、当該文献が被引用件数上位 1%に含まれるか否かを、トムソン-ロイター社の Essential Science Indicator (ESI)を用いて調査した。

（4）特許

CREST 研究期間中の出願特許は、課題終了報告書にリストアップされているものを調査対象とし、CREST 期間終了後は、研究代表者が発明者になっているものを調査対象とした。国内特許については IPDL 日本国特許庁の電子図書館を利用して調査し、海外出願については欧州特許庁の esp@cenet を利用して調査した。また esp@cenet ではパテントファミリーについても調査、整理した。

（5）受賞

CREST 研究開始から現時点（調査時点）までの研究代表者の受賞状況を、研究者ホームページの参照および研究者をキーワードとした一般的なインターネット検索により調査した。CREST 研究期間中については、課題終了報告書にリストアップされていないものを抽出した。

（6）共同研究／連携

CREST 研究終了後の研究代表者の、他機関や産業界との共同研究などの連携状況や、ベンチャーの設立等について、主に研究代表者のホームページを参照して調査した。

（7）アウトリーチ

CREST 研究終了後の研究代表者に関する新聞記事、テレビ報道を日経テレコン、主要新聞社（朝日、毎日、読売）のデータベースを用いて検索調査した。

（8）開発ソフトウェア

基本的に研究代表者の HP を参照して、研究代表者が主体となって開発したと認められ、一般に公表されているソフトウェアをピックアップした。

1-2 全研究課題の調査のまとめ

1-2-1 研究者情報

研究代表者の CREST 研究終了時および現在（調査時点）における所属機関部署、役職等を表 1-2 に示す。また CREST 終了後の職歴も含めて参考資料 1 に示す。

表 1-2 CREST 研究終了時および現在における研究代表者の所属情報

課題 No.	研究代表者 氏名	研究終了時所属	現所属
1	池内克史	東京大学大学院 情報学環 教授	東京大学大学院 情報学環・学際情報学府 教授
2	石田 亨	京都大学大学院 情報学研究科 教授	京都大学大学院情報学研究科 社会情報学専攻 広域情報ネットワーク分野 教授
3	Nick Campbell	株式会社国際電気通信基礎技術研究所 プロジェクトリーダー	ダブリン大学トリニティカレッジ Stokes 教授 奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科 客員教授
4	三宅 なほみ	中京大学 情報科学部 教授	東京大学大学院 教育学研究科 教授 東京大学 大学発教育支援コンソーシアム推進機構 副機構長
5	渡辺 富夫	岡山県立大学 情報工学部 教授	岡山県立大学 情報工学部 情報システム工学科 教授
6	木戸出 正繼	奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科 教授	奈良先端科学技術大学院大学総合情報基盤センター長 大学附属図書館館長
7	舘 暲	東京大学大学院 情報理工学系研究科 教授	慶應義塾大学大学院 メディアデザイン研究科 教授 国際バーチャルリアリティ研究センター長
8	辻井 潤一	東京大学大学院 情報学環 教授	英国/マンチェスター大学、情報学研究科 教授 （ハーフタイム） 英国/国立テキストマニングセンター（ＮａｃＴｅｍ）研究担当ディレクター
9	橋田 浩一	（独）産業技術総合研究所 情報技術研究部門 副研究部門長	（独）産業技術総合研究所 社会知能技術研究ラボ ラボ長
10	池原 悟	鳥取大学工学部情報システム工学科 教授	逝去（2009 年 12 月）
11	金出 武雄	（独）産業技術総合研究所 デジタルヒューマン研究センター 研究センター長	（独）産業技術総合研究所 デジタルヒューマン研究センター 産総研特別フェロー(デジタルヒューマン学連携講座．客員教授)
12	高野 明彦	情報・システム研究機構 国立情報学研究所 連想情報学研究開発センター センター長・教授	情報･システム研究機構 国立情報学研究所 コンテンツ科学研究系教授 連想情報学研究開発センター センター長

1-2-2 研究課題マップ

各研究課題はその内容から、①情報コンテンツ構築技術の研究、②情報システム技術の研究、③ヒューマンインターフェース技術の研究、④次世代情報社会に向けた基盤技術の研究、に分類される。課題マップを図 1-1 に示す。図中の数値は表 1-1、表 1-2 に示してある課題番号である。

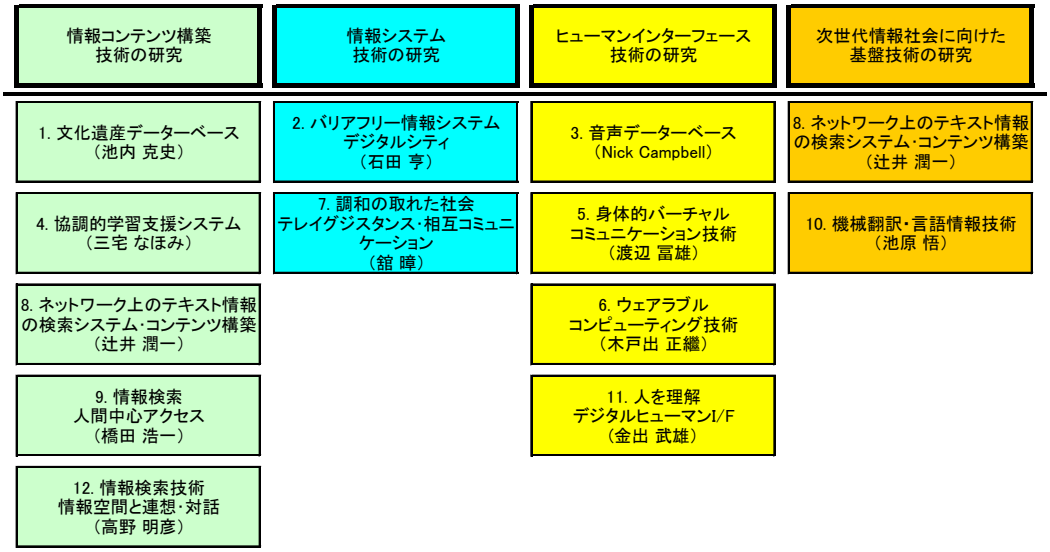


図 1-1　CREST「高度メディア社会の生活情報技術」の課題 MAP

1-2-3 研究助成金獲得状況

CREST 研究以降の研究助成金獲得数（100 万円以上、および 500 万円以上）を表 1-3 に示す。また 500 万円以上の研究助成金リストを参考資料２に示す。

表 1-3　研究助成金獲得数

No.	代表研究者	研究助成金獲得数 （1～5 百万円）	研究助成金獲得数 （5 百万円以上）	研究助成金獲得数 合計
1	池内克史	7	8	15
2	石田　亨	3	11	14
3	Nick Campbell	1	6	7
4	三宅　なほみ	2	6	8
5	渡辺　富夫	2	5	7
6	木戸出　正繼	0	0	0
7	舘　暲	0	4	4
8	辻井　潤一	0	9	9
9	橋田　浩一	0	2	2
10	池原　悟	0	0	0
11	金出　武雄	2	0	2
12	高野　明彦	2	5	7

100 万円以上の助成金獲得数は、池内が 15 件と最も多く、石田が 14 件、辻井が 9 件で続いている。そのうち 500 万円以上の大型案件について見ると、石田の 11 件、辻井の 9 件、池内の 8 件がベスト 3 である。また辻井の他、舘（4 件）、橋田（2 件）は 100 万円以上の助成金全てが 500 万円以上の大型案件である。

その他助成金の獲得とは異なるが、石田は JST さきがけ「情報環境と人」領域（2009～2016 年度）の研究総括、情報通信研究機構（NICT）の「言語グリッド」プロジェクト（2006～2010 年度）のプロジェクトリーダーも務めている。

1-2-4 発表論文

発表論文数、被引用件数等の調査結果総括表を表 1-4 に示す。

表 1-4　発表論文総括表

課題No.	代表研究者	研究期間の論文							期間終了後の研究代表者の論文					
		論文数（英文）	被引用論文数（英文）	論文数（邦文）	総論文数（英＋邦）	被引用件数/年 の平均	平均被引用件数	最高被引用件数	論文数（英文）	論文数（邦文）	総論文数（英＋邦）	被引用件数/年 の平均	平均被引用件数	最高被引用件数
1	池内克史	18	17	34	52	2.25	19.12	49	64	74	138	0.59	3.30	43
2	石田　亨	34	20	35	69	0.88	7.95	40	57	26	83	0.29	1.40	34
3	Nick Campbell	10	4	25	35	0.58	5.75	12	14	4	18	0.41	2.36	10
4	三宅　なほみ	8	4	7	15	1.24	11.50	20	6	8	14	0.11	0.67	4
5	渡辺　富夫	4	2	20	24	2.00	16.00	24	17	40	57	0.08	0.41	3
6	木戸出　正繼	13	11	21	34	1.00	7.27	35	18	29	47	0.12	0.61	7
7	舘　暲	5	4	12	17	0.03	0.25	1	42	43	85	0.14	0.57	6
8	辻井　潤一	34	23	12	46	0.50	4.04	33	43	12	55	1.33	6.19	69
9	橋田　浩一	26	10	25	51	0.72	7.40	50	1	41	42	0.00	0.00	0
10	池原　悟	10	1	16	26	0.17	1.00	1	0	20	20	–	–	–
11	金出　武雄	23	8	18	41	0.38	3.00	11	56	12	68	0.35	1.41	29
12	高野　明彦	0	0	7	7	–	–	–	1	8	9	0.25	1.00	1
合計		185	104	232	417				319	317	636			
最大値		34	23	35	69	2.25	19.12	50	64	74	138	1.33	6.19	69
平均		15.42	8.67	19.33	34.75	0.89	7.57	25.09	26.58	26.42	53.00	0.33	1.63	18.73

（1）発表論文数

CREST 研究期間中の発表論文数を図 1-2 に、CREST 終了後の発表論文数を図 1-3 に示す。なお図では、1-2-2 の技術分類に従って並べ替えている。

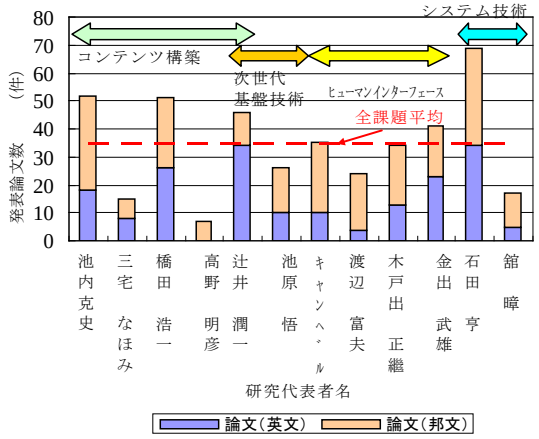


図 1-2 CREST 期間中の発表論文数

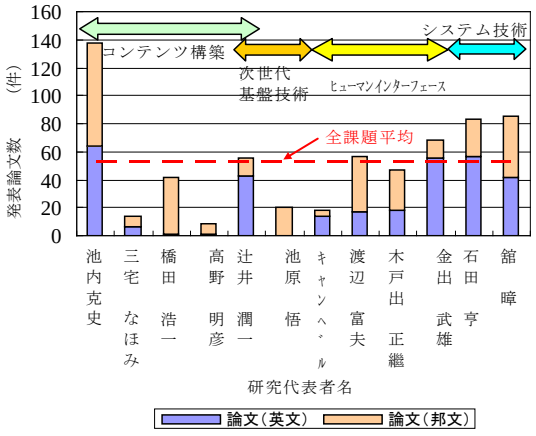


図 1-3 CREST 終了後の発表論文数

本領域の特徴は、邦文の発表論文が他の領域と比較して多いことである。英文の論文を全く発表していない研究者も見られる。

英文、邦文を合わせた領域全体の論文数は、CREST 期間中が 417 報に対して、CREST 終了後の方が 636 報と約 1.5 倍に増えている。CREST 期間中は CREST 参加研究者全員の論文が対象であるのに対して、CREST 終了後は研究代表者の論文のみを対象としていることを考慮すると、CREST 終了後の発表論文数は極めて多くなっていると言えるが、CREST 終了後の論文は、CREST 研究との関連性を考慮せずにリストアップしているので、発表論文数の増加だけから CREST 研究が発展していると単純に言うことは出来ないと考えられる。

CREST 期間中の発表論文数が多いのは、石田、池内、橋田、辻井であるが、英文だけを見ると、辻井は石田と並んで最多の論文発表数を示している。CREST 終了後は池内の発表論文数が群を抜いているが、英文論文に限ると石田、金出の発表論文数も多い。

（1） 被引用論文数

CREST 研究期間中の英文の発表論文のうち、WoS による検索でヒットしたもの（表 1-4 の 4 列目、被引用論文数（英文）に相当。被引用数がゼロの論文も含む。）の比率を図 1-4 に示す。この比率は、発表論文がどの程度ポピュラーな雑誌に掲載されているかの尺度を表すものと考えられる。比率が大きいのは池内、木戸出、舘、辻井である。また石田も全研究課題の平均を上回っている。なお CREST 終了後については、発表論文の抽出自体を WoS で行っているので、この比率は全て 1.0（100%）となっている。

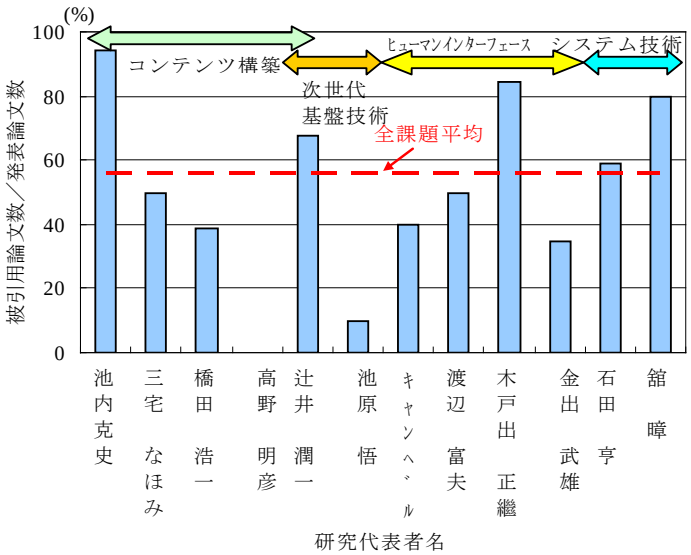


図 1-4 英文発表論文数に対する WoS 検索でのヒット件数

WoS による検索でヒットした論文（被引用数がゼロの論文も含む）の平均被引用件数を、CREST 研究期間中について図 1-5 に、また CREST 終了後について図 1-6 に示す。CREST 研究期間中で、平均被引用件数が高いのは池内、渡辺、三宅であり、終了後では辻井、池

内である。なお、図の縦軸（平均被引用件数）の尺度が CREST 研究期間中と終了後とで異なっており（CREST 研究期間中は、CREST 終了後の約 3.5 倍）、CREST 研究期間中の平均被引用数が全体として高くなっている。論文発表後の経過年数が異なることが原因の一つと考えられる。その中で、辻井は CREST 終了後の平均被引用件数の方が CREST 期間中よりも高くなっているのが注目される。

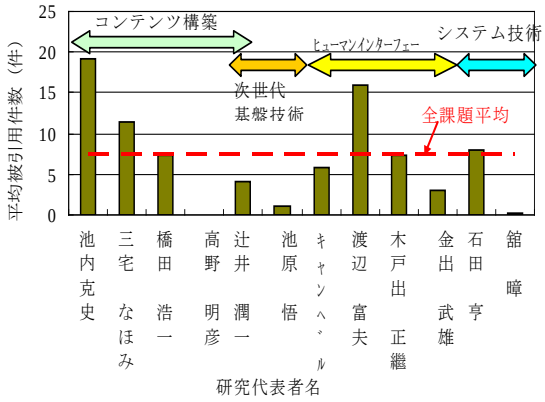


図 1-5 発表論文の平均被引用件数（期間中）

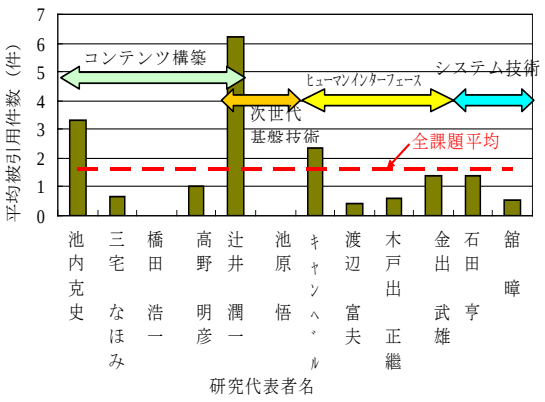


図 1-6 発表論文の平均被引用件数（終了後）

CREST 研究期間中の最高被引用件数（発表論文のうち、最も被引用件数が高かった論文の被引用件数）を図 1-7 に、CREST 終了後を図 1-8 に示す。CREST 期間中では橋田、池内の論文で被引用件数が 50 件に近いものがある。CREST 終了後では辻井の 69 件が最も多く、池内がそれに次いでいる。

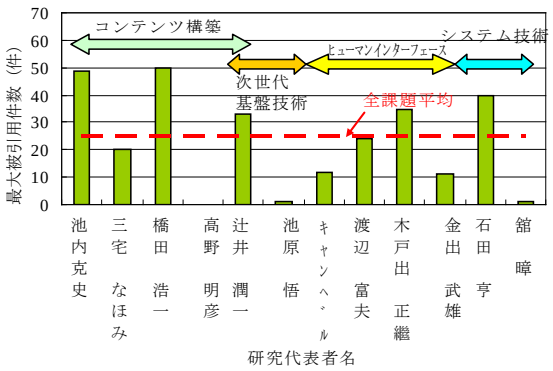


図 1-7 CREST 期間中の最高被引用件数

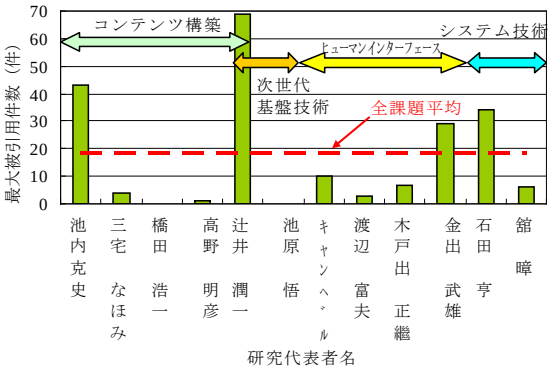


図 1-8 CREST 終了後の最高被引用件数

（2） トップ 1%論文

全ての発表論文中で、ESI のトップ 1 %論文に入ったのは、以下の 2 件だけであった。いずれも辻井の論文であり、フィールドは Computer Science であった。

表 1-5　トップ１％論文

研究代表者	発表論文	被引用件数	発行年
辻井 潤一	Kim JD, Ohta T, Tsujii J "Corpus annotation for mining biomedical events from literature" *BMC Bioinformatics,* 9, Art No 10, 2008	28	2008
辻井 潤一	Miyao Y, Sagae K, Saetre R, Matsuzaki T, Tsujii, J "Evaluating contributions of natural language parsers to protein-protein interaction extraction" *Bioinformatics*, 25(3), 394-400, 2009	16	2009

（３）　発表論文数と平均被引用件数

各研究代表者の発表論文数と論文の平均被引用件数を散布図にプロットした。CREST 研究期間中を図 1-9 に、CREST 終了後を図 1-10 に示す。

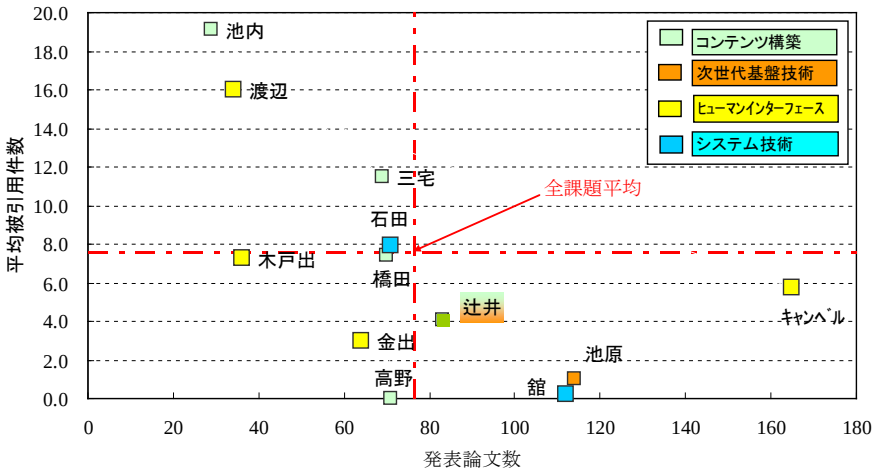


図 1-9　発表論文数 対 平均被引用件数（CREST 研究期間中）

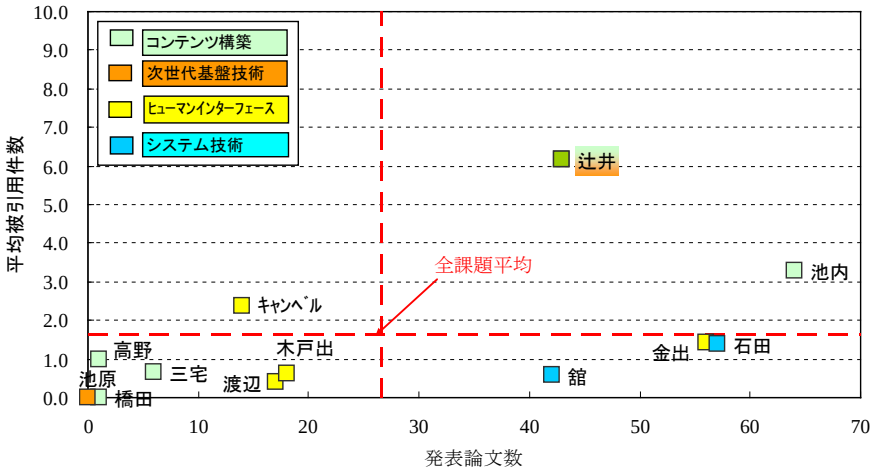


図 1-10　発表論文数 対 平均被引用件数（CREST 終了後）

CREST 研究期間中（図 1-9）では発表論文数、平均被引用件数とも領域全体の平均を上

回る研究者はいなかったが、CREST 終了後（図 1-10）では、辻井、池内の２名が発表論文数、平均被引用件数の両者で領域平均を上回った。その仲でも辻井は平均被引用件数に、池内は発表論文数に特徴がある。

1-2-5 特許

CREST 研究期間中の各研究課題の特許出願状況、CREST 終了後の研究代表者の特許出願状況、およびそれら出願特許の成立状況を研究課題毎に一覧表の形に整理した。結果を表 1-6 に示す。

表 1-6　出願特許総括表

No.	代表研究者	研究期間の出願特許				期間終了後の研究代表者の出願特許			
		パテントファミリー数	延べ出願数	成立特許数	成立数/延べ出願数	パテントファミリー数	延べ出願数	成立特許数	成立数/延べ出願数
1	池内克史	5	9	4	0.444	11	15	5	0.333
2	石田　亨	1	6	1	0.167	5	9	0	0.000
3	Nick Campbell	5	8	7	0.875	4	8	3	0.375
4	三宅　なほみ	0	0	0		0	0	0	
5	渡辺　富夫	5	5	2	0.400	1	1	1	1.000
6	木戸出　正繼	9	12	2	0.167	3	4	0	0.000
7	舘　暲	3	9	5	0.556	11	20	7	0.350
8	辻井　潤一	0	0	0		2	3	0	0.000
9	橋田　浩一	24	55	22	0.400	3	3	3	1.000
10	池原　悟	0	0	0		0	0	0	
11	金出　武雄	3	3	2	0.667	8	15	4	0.267
12	高野　明彦	0	0	0		0	0	0	
合計		55	107	45		48	78	23	
最大値		24	55	22	0.875	11	20	7	1
平均		4.58	8.92	3.75	0.46	4.00	6.50	1.92	0.37

（１）出願特許数

CREST 研究期間中の延べ出願特許数およびパテントファミリー数を図 1-11 に、CREST 終了後の延べ出願特許数およびパテントファミリー数を図 1-12 に示す。延べ特許出願数とパテントファミリー数の差は、ほぼ海外出願数に相当する。

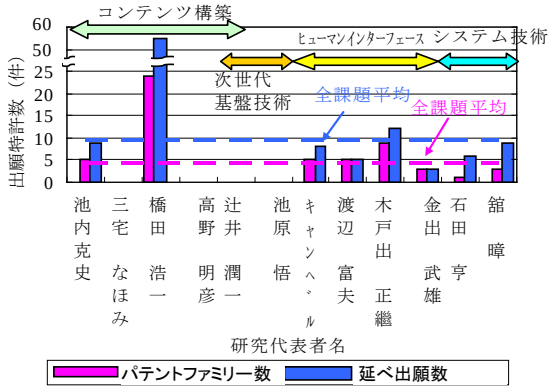


図 1-11　出願特許数（CREST 期間中）

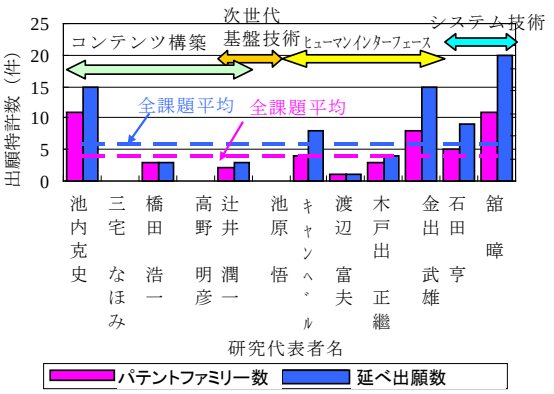


図 1-12　出願特許数（CREST 終了後）

CREST 研究期間中に特許出願の多かったのは橋田であり、CREST 期間終了後は舘、池内、金出の出願特許数が多い。

（２）成立特許数

CREST 研究期間中の成立特許数を図 1-13 に、CREST 終了後の成立特許数を図 1-14 に示す。成立特許の数が多いのは、CREST 研究期間中は橋田、CREST 終了後は舘、池内、金出であり、出願特許数の傾向と同様である。

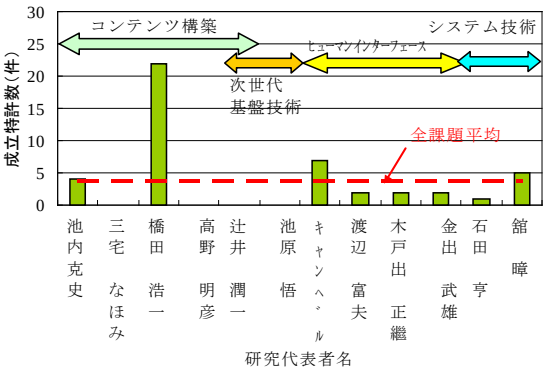


図 1-13　成立特許数（CREST 期間中）

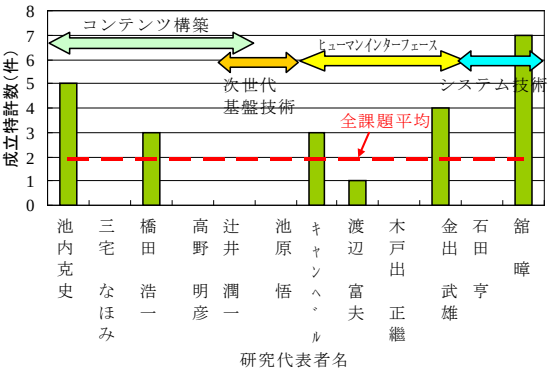


図 1-14　成立特許数（CREST 終了後）

（３）出願特許数と成立特許数

延べ出願特許数と成立特許数の比率（特許成立率）について、CREST 研究期間中を図 1-15 に、CREST 終了後を図 1-16 に示す。

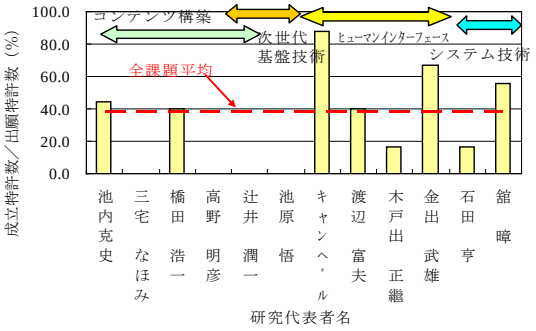


図 1-15 出願特許数 対 成立特許数
（CREST 期間中）

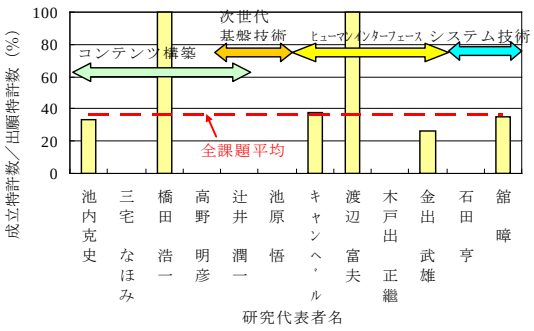


図 1-16 出願特許数 対 成立特許数
（CREST 終了後）

CREST 期間中では、Campbell、金出、舘の特許成立率が高く、CREST 終了後では橋田、渡辺の特許成立率が 100%になっている。ただし、CREST 終了後の橋田の出願特許数は 1 件、渡辺のそれは 3 件と絶対数は少ない。

1-2-6 発表論文数と特許出願数

各研究代表者の発表論文数と延べ特許出願数を散布図にプロットした。CREST 研究期間中を図 1-17 に、CREST 終了後を図 1-18 に示す。CREST 期間中では橋田が両指標とも高い値を示しており、CREST 終了後では池内、舘が両指標とも高い値を示し、さらに石田、金出も両指標で領域の平均値以上となっている。これらの研究者は論文発表および特許出願のいずれにおいても活発な研究活動を展開していると考えられる。

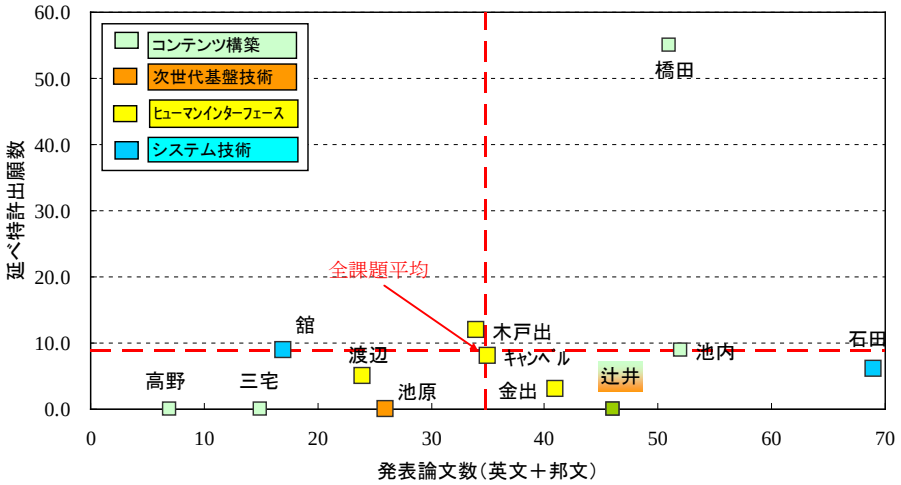


図 1-17 発表論文数 対 延べ特許出願数（CREST 期間中）

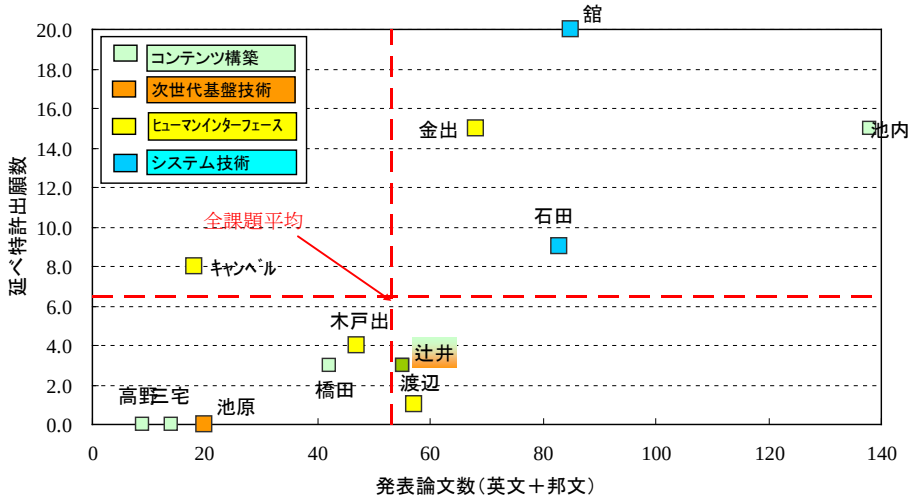


図 1-18　発表論文数 対 延べ特許出願数（CREST 終了後）

1-2-7 受賞

CREST 期間中ではあるが課題終了報告書に記載のなかった受賞および CREST 終了後の受賞の数を表 1-7 に示す。領域全体では 102 件の受賞があり、受賞数が最も多いのは石田および舘の 20 件であった。海外での受賞を見ると、舘の 9 件、石田の 5 件の他、池内および金出の 4 件が多い。領域全体の平均値は 8.5 件（国内 6.0 件、海外 2.5 件）であった。

表 1-7　CREST 終了後の受賞数

No.	代表研究者	国内	海外	合計
1	池内克史	10	4	14
2	石田　亨	15	5	20
3	Nick Campbell	2	1	3
4	三宅　なほみ	2	0	2
5	渡辺　富夫	13	2	15
6	木戸出　正繼	2	2	4
7	舘　暲	11	9	20
8	辻井　潤一	5	3	8
9	橋田　浩一	1	0	1
10	池原　悟	1	0	1
11	金出　武雄	3	4	7
12	高野　明彦	7	0	7
合計		72	30	102
最大値		15	9	20
平均		6.0	2.5	8.5

1-2-8 共同研究・連携

CREST 終了後の共同研究数を表 1-8 に示す。表 1-8 には、共同研究とはやや異なるが、

学会への貢献件数も併記した。領域全体の共同研究数は 26 件であり、領域平均は 2.17 件である。最も多いのは、石田、辻井の 5 件であり、池内、木戸出、高野の 4 件が続いている。

表 1-8　CREST 終了後の共同研究数

No.	代表研究者	共同研究件数	学会への貢献件数
1	池内克史	4	2
2	石田　亨	5	5
3	Nick Campbell	0	0
4	三宅　なほみ	0	0
5	渡辺　富夫	0	1
6	木戸出　正繼	4	3
7	舘　暲	2	3
8	辻井　潤一	5	2
9	橋田　浩一	2	1
10	池原　悟	0	0
11	金出　武雄	0	0
12	高野　明彦	4	0
合計		26	17
最大値		5	5
平均		2.17	1.42

1-2-9 アウトリーチ

CREST 終了後のテレビ報道件数、新聞記事件数を表 1-9 に示す。領域全体のテレビ報道件数は 57 件で、領域の平均は 4.75 件である。テレビ報道件数が最も多かったのは舘の 21 件で、渡辺の 14 件、池内の 11 件がそれに次いでいる。

領域全体の新聞記事件数は 264 件で、領域の平均は 22.0 件であった。新聞記事件数が最も多かったのは池内で 110 件と飛び抜けて多い。それに告ぐのは渡辺の 32 件、石田の 31 件である。

表 1-9　CREST 終了後のアウトリーチ

No.	代表研究者	テレビ報道件数	新聞記事件数
1	池内克史	11	110
2	石田　亨	9	31
3	Nick Campbell	0	0
4	三宅　なほみ	1	20
5	渡辺　富夫	14	32
6	木戸出　正繼	0	7
7	舘　暲	21	21
8	辻井　潤一	0	2
9	橋田　浩一	0	3
10	池原　悟	0	1
11	金出　武雄	0	19
12	高野　明彦	1	18
合計		57	264
最大値		21	110
平均		4.75	22.00

1-2-10 開発ソフトウェア

研究代表者が開発して、Web 上で一般に公表しているソフトウェアの件数を表 1-10 に一覧表として示す。辻井が 12 件、高野が 8 件と顕著な数を示している。

表 1-10　開発ソフトウェア数

No.	代表研究者	開発ソフトウェア数
1	池内克史	3
2	石田　亨	5
3	Nick Campbell	0
4	三宅　なほみ	0
5	渡辺　富夫	0
6	木戸出　正繼	0
7	舘　暲	0
8	辻井　潤一	12
9	橋田　浩一	0
10	池原　悟	1
11	金出　武雄	0
12	高野　明彦	8

1-2-11 まとめ

各調査項目の、CREST 終了後における数量的値を一覧表として表 1-11 に示す。表中の赤字表記は、各項目のベストスリーを表わしたものである。

表 1-11　CREST 終了後の成果一覧

課題No.	代表研究者	研究助成金獲得数	論文数		出願特許数		受賞		共同研究・連携		アウトリーチ		開発ソフトウェア
			海外	国内	パテントファミリー数	延べ出願数	海外	国内	共同研究	学会への貢献	新聞報道	テレビ報道	
1	池内克史	**15**	**64**	**74**	**11**	**15**	**4**	10	**4**	2	**110**	**11**	3
2	石田　亨	**14**	**57**	26	5	9	**5**	**15**	**5**	**5**	**31**	9	**5**
3	Nick Campbell	7	14	4	4	8	1	2	0	0	0	0	0
4	三宅　なほみ	8	6	8	0	0	0	2	0	0	20	1	0
5	渡辺　富夫	7	17	40	1	1	2	**13**	0	1	**32**	**14**	0
6	木戸出　正繼	0	18	29	3	4	2	2	**4**	**3**	7	0	0
7	舘　暲	4	42	**43**	**11**	**20**	**9**	**11**	2	**3**	21	**21**	0
8	辻井　潤一	**9**	43	12	2	3	3	5	**5**	2	2	0	**12**
9	橋田　浩一	2	1	**41**	3	3	0	1	2	1	3	0	0
10	池原　悟	0	0	20	0	0	0	1	0	0	1	0	1
11	金出　武雄	2	**56**	12	**8**	**15**	**4**	3	0	0	19	0	0
12	高野　明彦	7	1	8	0	0	0	7	**4**	0	18	1	**8**
合計		75	319	317	48	78	30	72	26	17	264	57	29
最大値		15	64	74	11	20	9	15	5	5	110	21	12
平均		6.25	26.58	26.42	4.00	6.50	2.50	6.00	2.17	1.42	22.00	4.75	2.42

注）赤字表記は、各項目のベストスリー。

各項目のベストスリーに着目すると、池内、石田、舘はまんべんなく成果をあげていることが見て取れる。渡辺は国内の受賞とアウトリーチに特徴があり、木戸出は共同研究・連携の面で活発な活動を行っていると考えられる。辻井は開発ソフトウェア数が 12 課題中で最も多く、その他助成金獲得数、共同研究数も多い。橋田は邦文の発表論文数が多いのが特徴である。金出は英文の発表論文数、出願特許数、海外の受賞数が多い。特許については、延べ出願数とパテントファミリー数の差は、海外出願数にほぼ相当することから、金出は一般に海外での活動が活発と言えよう。高野は共同研究、ソフトウェアの開発の面で活発な活動を行っている。

2. 研究領域における研究の継続・発展状況

2-1 研究領域としてのねらいと達成状況

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。誰もが便利に使えて役に立つ「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のでなく、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。

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ものもある（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）。

また、課題の性格に応じて、論文などの学術的評価、広く活用されるサービス、科学技術展示・教育コンテンツとしての社会発信など、多岐にわたる十分な成果が達成された。

以下のテーマは、研究分野にインパクトをもたらした。文化遺産データベースのテーマは大規模な文化遺産のデジタル保存への道を開拓した。感情音声分析のテーマは発話音声の表現力の豊かさを探求した。デジタルヒューマンのテーマは人間機能のモデリングに挑戦した。テレイグジスタンス（遠隔存在感）のテーマは遠隔相互コミュニケーションの完成度を高めた。また、情報のモビリティのテーマなど国際的に評価が高い成果も得られている。連想に基づく検索技術は実用性の高さが評価できる。

文化遺産データベース、デジタルシティ、着用指向情報パートナー、デジタルヒューマンなどは、マスコミで取り上げられ、近未来の「生活情報技術」の啓蒙に大きく貢献した。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。

本研究領域で取り纏められた書籍「ヒューマン・インフォマティクス」の出版は、一般読者に向けて高度メディア社会の未来像を適切に呈示するのに大きく役立ち、また、若手研究者にとっても、この分野の非常に有益な手引き書となっている。

2-2　研究課題ごとの研究のねらいと研究期間中の達成状況

2-2-1 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）

本研究は失われゆく有形・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。

本研究で開発された高い精度の画像復元技術は国内外でもトップクラスといえ、コンテンツ分野では広い応用が可能な重要技術である。今後３次元画像が広く使われる場面は多く、３次元物体の記録技術としてコンテンツをベースにした商用システムへの展開が高く期待される。そのためにデジタルアーカイブのフォーマット標準化が今後の重要なテーマになるであろう。一方学問的な観点からは、集められた文化遺産のデータ分析・解釈などから新しいデジタル考古学のような展開も考えられる。

本研究期間中の成果は、52 報の学術論文として発表された。特許は日本出願が 5 件とこれに関わる外国出願が 2 件であった。本研究終了年の 2004 年以降に、池内は 8 件の科研費を獲得し、さらに 2011 年度には「視聴覚を利用した見まね学習によるアクティブな動的動作生成に関する研究」を実施して研究を大きく発展させた。この間の成果として、国際誌の学術論文は 64 報に、また国内論文として 74 報を発表している。また終了後、日本特許出願を 11 件行った。日本バーチャルリアリティ学会最優秀論文賞他 6 件を受賞している。マスコミに多く取り上げられ、新聞、雑誌、ＴＶ報道などで文化財保存への取り組みや実際の計測データが多方面で報道されたことは特筆すべき点である。

2-2-2 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）

デジタルシティは都市メタファとしてインターネット内の情報を集積・発信し、市民に様々な社会活動への参加を促す試みである。1994 年頃から欧州を中心に多彩な活動が開始された。 わが国では京都大学を中心にデジタルシティ京都が 1998 年に活動を開始した。本研究では従来インターネット内の活動であったデジタルシティを現実の都市とリアルタイムに結合し、モバイル・ユビキタス環境での都市生活の支援を目標とした。

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」の研究を進めた。さらに本研究では都市の情報を集積・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、開発した知覚情報基盤と社会的エージェントを適用する研究活動を進めた。

都市中心部を対象とした「都市での危機管理」、都市周辺部を対象とした「郊外での環境学習」という２つの実証実験を先導的アプリケーションと位置づけ、これを実現するための地図による都市空間（2D)「地域情報検索システム」、幾何モデルによる都市空間（3D)「仮想都市空間システム」、実写映像による都市空間（2.5D)「映像都市空間システム」、 さらに異種空間の情報を統合する「ユニバーサル・モバイルインタフェース」などの基盤技術の開発を進めた。これらの研究の成果は京都、ソウルでの地域 Web 情報検索システム、地下鉄京都駅での避難誘導、富山県山田村における環境の可視化、日中共同作業によるデジタル北京の構築、 スタンフォード大学－京都大学の社会心理学共同コース、京都市立稲荷小学校や京都市野外教育センターにおける野外学習、独立行政法人消防研究所への危機管理シミュレーションの導入などに展開されている。

以上の研究成果は出版、報道、ソフトウェアの公開、会議の開催などを通して国内外に発表されている。特にプロジェクトが主催した国際会議を中心に 3 冊のデジタルシティに関する論文集が Springer-Verlag から出版され、世界におけるデジタルシティ研究を先導した。

本研究期間中の成果は、論文発表は国内 36 件、海外 35 件、口頭発表は国内 154 件、海外 101 件と活発な情報発信が行われ、この分野における研究をリードしてきたといえる。特許は国内１件、海外１件であった。受賞は ACM Symposium on Applied Computing (2001) ベストペーパー賞など国際会議 4 件、国内会議 6 件の受賞があり、また、開発されたシステムや研究員が電子通信普及財団テレコムシステム技術賞情報処理学会坂井記念特別賞を受賞した。本研究終了後 2004 年以降に、石田は 3 件の科研費、SCOPE など 4 件の研究費を獲得し研究を大きく発展させた。この間の成果として、国際誌の学術論文は 57 報に上り、受賞数も海外 5 件、国内 15 件と多く新聞報道も 31 件と注目される成果を上げていると言える。

2-2-3 表現豊かな発話音声のコンピュタ処理システム（研究代表者：Nick Campbell）

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したものである。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が持つ機能的役割、特に言語情報以上の発話様式で表現する「声が持つ意味」について解明することが大切である。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。音声データから人がどのように声を使って話を伝え、どのように音声情報から発話の「意味」を解釈するか、という人の話し方の研究から意味表現構造を解明した。

本研究の成果である「表現豊かな発話音声のコンピュータ処理システム」の構築はコミュニケーション支援技術をはじめ、人と機械の音声インタフェースのあり方、人に優しい情報交換の手段などを定義し、高度メディア社会において多面的に貢献したといえる。さらに、具体的な成果物として得られた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した。

本研究における音声コーパスの書き起こし結果を分類すると、I-型発話（information 語彙情報）と A-型発話（affect 情動情報）の 2 種類に分ける必要があると判った。I-型発話は書き起こし情報のみ（つまり文字情報）であり、充分な意味を解釈できるが、A-型発話の場合は韻律情報・声質情報がないと意味（つまり話者意図）を解釈できない場合が多い。

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。その発話候補は同様なテキスト形式（文字列）であっても目的対話意味を伝える発話単位である。

本研究期間中の成果は、論文発表は国内 31 件、海外 4 件であった。本研究終了後 2004 年以降に、Nick Campbell は 3 件の科研費、SCOPE など 2 件の研究費を獲得し研究を大きく発展させた。この間の成果として、国際誌の学術論文は 14 報に上る。受賞は海外 1 件、国内 2 件である。

2-2-4 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。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。

研究の成果として協調的な学習を推進するための協調学習支援ツール群と、実際それらのシステム群を活用して学部学生が認知科学を学習するためのティーチング･ポートフォリオがある。また、４年間に亙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。

学習活動支援ツール群：本研究で開発し実際教室で使用評価した主なツールとして「マルチメディア素材を扱うデータ共有吟味環境（MMD: Multimedia Document System）」、「ビデオ教材へのコメントや要約の共有吟味を可能にするビデオ･コメント･ツール（CMS: Commentable Movie Sheet）」、「多様なアイディアの外化･共有･関連付けにより協調的な相互吟味を支援する概念地図型ノート共有吟味環境（ReCoNote: Reflective Collaboration Note）」がある。

認知科学以外の領域で協調的な方法による新しい学習方法とそれを実現するシステム群の有効性を実証するために、高等学校の数学を題材に共有・再吟味可能な教材をウェブ上に構築した。本研究の成果として将来的に利用価値が非常に高いと考えられるデータベースが出来上がっており、今後実践的な研究に移行する準備が整いつつある。

ティーチング・ポートフォリオティーチング・ポートフォリオには授業を実践するために必要なシナリオや教材、具体的な協調学習法などが含まれる。ここには授業のシナリオとしての教案、学生に配布して活動を誘発するワークノート、実際授業がどう進行したかについての実績報告、授業内容に関連する資料など実際に授業するために必要なほぼすべての資料が含まれる。これによって、他の機関でも同様な学習実践を行うことができる。

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。

本研究期間中の成果は、論文発表は国内 7 件、海外 8 件、口頭発表は国内 43 件、海外 29 件と少ないが、論文にし難い分野でもあり、やむを得ない面もある。また、この分野は特許になじまないこともあり、特許出願はされていない。本研究終了後 2004 年以降に、三宅は SORST に採択され研究を継続発展させた。また、２件の科研費を獲得した。

2-2-5 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）

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。

研究成果として、各種の感覚情報を制御できる仮想環境で対話者のノンバーバル情報と生体情報を処理することによって、ヒューマンインタラクションを体系的に解析できる身体的バーチャルコミュニケーションシステムのコンセプトを提案し、そのプロトタイプを開発した。本システムでは対話者のうなずき、まばたき、腕部運動等の身体運動を電子メディアの仮想環境上で表現する VirtualActor をリアルタイムで合成し、対話者は VirtualActor を介することで仮想環境での対面コミュニケーションが実現され、システムの有効性が実証されている。本研究で開発したシステムは初めて本格的に身体性の共有を考慮したシステムであり、実験対話中の自己の振舞いを含む場の情報、すなわち対話者相互の身体的関係を得ることが可能である。

特に実験と同時に各種ノンバーバル情報や生体情報が計算機の記憶媒体に収集され、仮想環境でのコミュニケーションの各種パラメータを制御してシミュレーション実験する合成的解析により、体系的にコミュニケーション特性を解析することができた。さらに、上記の研究成果を基に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、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した。更にはその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。特に発話音声から引き込むようにコミュニケーション動作を自動生成するインタロボット技術は、本プロジェクトによる世界で最初の本格的な身体的コミュニケーション技術である。身体的インタラクションロボット・玩具、携帯電話・インターネット等の音声インタフェース、ゲームソフト・音声認識ソフトへの導入など、教育・福祉・エンタテインメントをはじめ人とかかわる広範囲な応用が容易に可能であり、既に商品化された玩具もある。応用研究・実用化研究として最初からビジネスマインドを持って進め、ベンチャーの立ち上げ、技術移転、商品化まで実現した。

本研究期間中の成果は、論文発表は国内 20 件、海外 4 件、口頭発表は国内 160 件、海外 33 件と活発な情報発信が行われ、特許も 5 件が出願されている。2001 年度から 2005 年度にかけてヒューマンインタフェース学会論文賞を 4 度受賞、また 12thIEEE International Workshop on Robot-Human Interactive Communication（RO-MAN 2003）の Best Paper Award 受賞など国内外で 19 件を受賞しており、ヒューマンインタフェースへの新しい提案としての評価は高い。

2-2-6 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）

固定的に設置され既に巨大な地球規模のネットワーク化を実現しつつある情報機器群をバックエンドとし、日常生活に着用、携帯できる単一の情報デバイスを想定して、その中核となる要素技術の開発を行った。現在の携帯型情報デバイスの発展の軌道を修正し、より機能拡張性の高い標準ソフトウェアプラットフォームの実現を目標とした。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。特に、現在の携帯型情報デバイスの持つ音声、画像処理機能を充実させると共に、OS レベルでこれからの情報を取り扱うためのマルチメディアカーネルアーキテクチャを確立した。さらに、常時情報ブラウジングを可能とするための高適応性をもったネットワーク機能、既存のバックエンド情報機器群との積極的でシームレスな連携が可能なデータベース機能の開発を行った。

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。

本研究で期待される成果の本質は着用指向情報パートナーの実現に必要な各要素技術の集合体であり、研究期間満了時に開発したプラットフォーム上で音声 IF・ビジョン IF を実現し、目標アプリケーション（拡張現実ナビゲーション、知的共同作業支援、拡張記憶アルバム）が完全な形で動作することを想定したものではない。しかしながら、本研究で開発してきた各要素技術は着用指向情報パートナーWIPS を実現する上で必須の要素であり、情報パートナーの実現に向けて自然に相互利用されてゆくべきものであると考えられる。

今回の要素技術の研究成果を本来の目標である着用指向情報パートナーの形に統合し、それを用いた斬新なアプリケーションへの適用を社会に提示することによって新しいライフスタイルが見えてくる可能性は大きい。単に技術の進展だけではなく、服飾デザインやライフスタイルなどにもインパクトを与えるような研究に展開することが期待される。そのためにはウェアラブル機器が常時作動し、情報パートナーとして人々の生活に役立つための環境や技術に対する要求をできるだけ速やかにまとめることが重要である。そのまとめを足がかりにして真に役立つウェアラブル機器の研究開発が促進されるものと思われる。

本研究期間中の成果は、論文発表は国内 21 件、海外 13 件、口頭発表は国内 215 件、海外 150 件と活発な情報発信が行われた。特許出願は国内 9 件、海外 3 件である。実用化を見据えた研究であることから、もっと積極的に工業所有権を取得する努力がほしかった。

2-2-7 テ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）

空間と時間の壁を乗り越えることと等価な体験を与え、バーチャルな意味での「存在感」の相互提示を行うことがテレコミュニケーション（遠隔通信）のめざす理念である。本研究ではテレイグジスタンス（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テレイグジスタンスシステムの開発を目標とした。本手法においては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点が技術的に画期的な特徴である。

「オフィス・公共機関用テレイグジスタンス電話」として TWISTERⅡ～Ⅴの４段階の試作機を作成した。TWISTER の三次元映像提示においては、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ている。この手法は以下の 2 要素を兼ね備えている点が大きな特徴である。(1)ユーザの視野をほぼ覆いつくす水平方向 360 度の領域に映像を提示　(2)特殊な装置を顔面に装着しなくても、ユーザは裸眼で立体映像を観察できる。このどちらか一方の条件を満たした立体ディスプレイは存在するが、両方を兼ね備えた立体ディスプレイは他に例を見ない。

「家庭用テレイグジスタンス電話」として i-ball、i-ball 2、SeeLINDER を試作した。i-ball 2 はインタラクティブな透明球ディスプレイ i-ball（interactive/information ball）のコンセプトに基づいて新たに開発したハードウェアであり、レンズ系を使用して利用者の視点からは装置中央に備えられた透明球内に映像が浮かんで見えるものである。SeeLINDER は回転する円筒の外側に向けて立体映像を表示する装置であり、360°どの方向からも立体映像を観察することができる。

「携帯型テレイグジスタンス電話」について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かめることができた。

また、「知的ヒューマンコミュニケーション技術の研究」において、利用者がより高度な臨場感を経験するための画像提示法、画像構成法などをはじめとする人間重視のヒューマンインタフェースを提案した。近未来の遠隔会議システムや人工現実感生成にきわめて大きいインパクトを与えるであろう。遠隔会議システムにおける現実的な参加方式を検討する場合に、本研究を避けて議論することはできないだろう。テレイグジスタンス実現への確実な一歩をきざんだ研究であり、科学技術、戦略的にも評価できる。

本研究期間中の成果は、論文発表は国内 12 件、海外 5 件、口頭発表は国内 87 件、海外 36 件と件数はそれほど多くないが、質の高い論文が発表されている点は評価できる。特許出願は国内 3 件、海外 3 件である。基本特許出願後に CREST 研究がスタートしたこともあるが、特許出願にはもう少し積極的に取り組んでほしかった。

2-2-8 情報のモビィリティを高めるための基盤技術（研究代表者：辻井 潤一）

本研究は、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とした研究に取り組んだ。

(1)自然言語の構文・意味構造を説明する文法理論である主辞駆動句構造文法HPSG(Head-driven Phrase Structure Grammar)による英文解析システム（Enju）を開発、これは深層構文解析システムであり、かつ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ものであり、精度の点でも現在世界有数のものとなっている。 (2)生命科学の意味つきコーパスとオントロジー（GENIA コーパス）：2000 抄録（2 万文、50 万語）のAnnotated Text（GENIA コーパス）を作成し、世界に公開した。プロジェクト終了時 240 を越える研究チームがこのデータを使って研究していた。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。 (3) 引き込み原理と確率推論を使った人間・人工物インタラクション方式を開発し、それを実際のロボットに実装することでその有効性を確認した。これは個々のジェスチャの意味づけを予め行わない非記号的なジェスチャによるインタラクションを世界に先駆けて実現したものである。プロジェクト後半の 2 年間は、これらの要素技術だけでなく、それらを統合する研究を積極的に推進し、統合的な実験や統合サービスシステムの構築を行った。 (4) 統合実験：分散計算環境のツール GPX 、HPSG による文解析器(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。これは深い文解析を使った実験としては従来の研究を質・量ともに大きく凌駕するものである。分散処理を行わない場合には、この種のシステムでは最速の Enju を使っても 2 年以上の時間を要する。 (5) 統合的なサービスシステムとして、生命科学分野の研究者と緊密な共同研究を行い、病疾患・遺伝子の関係発見を援助するシステム、蛋白質相互作用の抽出システム、Medline の知的検索システムを作成した。また、ユーザを特定しない専門用語認識システム(言選)や多言語情報検索システム(KIWI)を開発、公開した。

このような複数分野の最新成果をテキスト情報の収集・処理・提供のために統合して、系統的な基盤技術を開発する研究は本研究開始時の 5 年前には世界でも全く行われていないものであった。

本研究期間中の成果は、論文発表は国内 14 件、海外 35 件、口頭発表は国内 49 件、海外 78 件である。国内 3 件、国際 4 件の受賞があるが、研究代表者が多くの国際会議において基調講演、招待講演に招かれていることや、英国マンチェスター大学の国立テキストマイニングセンターへ招聘されたことなど、研究成果が国際的に高く評価されている。

2-2-9 人間中心の知的情報アクセス技術（研究代表者：橋田 浩一）

本研究においては、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の創出を目指し、セマンティックコンピューティングの研究を行った。セマンティックコンピューティングとはセマンティックギャップ(semantic gap; 人間が扱う意味と人工物が扱う意味との乖離)を解消し、すなわち人間と IT システムが意味を共有して、それに基づいてさまざまな情報サービスを可能にする知識処理の枠組みを作る研究といえる。

(1) セマンティックオーサリングとは、明示的な意味構造込みでコンテンツを作成・編集することであり、これによってコンテンツの作成コストを低減しかつコンテンツの品質を高めることができる。KJ 法のような発想支援法に意味構造を導入することによって、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ステムを開発した。

(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 を開発した。

(3) 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した。このシステムは議事録の作成者や閲覧者が音声・映像とテキストとを関連付ける意味的アノテーションを行えるようにする機能を持ち、さらに検索や要約の機能も含む。意味構造化された議事録に基づいてディスカッションオントロジーを構築し、それを用いて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。

(4) Aimulet は造語であり、ユビキタス情報サービス用の個人用小型情報端末機の総称である。その初期の版としてインタラクティブ無電源小型情報端末(CoBIT)を開発した。さらに100個程度の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実装し、人工知能学会全国大会において人間関係ネットワークおよびスケジューリングシステムと連携して実働させた。また、愛・地球博のグローバルハウスでは屋内用の端末 Aimulet GH を用いて展示品に関する説明を音声で提供した。同じく愛・地球博のローリーアンダーソン WALK においては、屋外用の端末 Aimulet LA によって音声情報サービスを行った。

(5) 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 を開発した。

本研究期間中の成果は、論文発表は国内 26 件、海外 27 件、口頭発表は国内 191 件、海外 163 件と活発な情報発信が行われた。比較的特許化が難しい分野にも拘わらず、特許出願は国内 28 件、海外 3 件と多くの出願がなされ、権利の確保に留意しながら研究が進められたことをうかがわせる。受賞は国内 6 件、国際 1 件。

2-2-10 セマンティック・タイポロジーによる言語の等価交換と生成技術

（研究代表者：池原 悟）

本研究では「意味類型論（セマンティック・タイポロジ)」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。本研究では重文複文を対象とする「意味類型パターン辞書」を研究開発することを主たる目標とした。まずは「文型パターン辞書」を試作した後に、それを意味的に類型化することによって「意味類型パターン辞書」を開発した。その過程でそれらの品質を評価し、さまざまな改良を実施するために「パターン検索プログラム」を試作した。

（１）文型パターン辞書

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記述言語を設計し、重文複文のパターン記述の観点から約６千語の用言意味辞書と約６万語の名詞意味辞書を作成した。更に文型パターン作成手順の半自動化を図った。文型パターン辞書として、タグ付きの対訳コーパス(15 万件)を作成し、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、句レベル、節レベルの文型パターン辞書（合計２２．７万件）を作成した。

（２）文型パターンの意味類型化

文型パターン辞書の意味類型化を行うため、重文複文の統語的構造に関する分類体系と意味の分類体系を構築した。また、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した。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関係に着目した「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７４２種類)」を開発した。

（３）パターン検索プログラム

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」を作成した。

本研究の最終的な成果物である意味類型パターン辞書は実験の結果、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。開発の過程で作成された日英対訳コーパス（100 万文）はもちろんのこと、英語構文体系（８３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る。

本研究の成果は、論文発表は国内２２件、国際５件、口頭発表は国内１２７件、国際１９件と積極的に発表しているが、何れも工学系の学会である。対象が言語処理であることから、これからはいわゆる「文系」の言語学研究者にも理解してもらう努力が重要である。この成果を他の研究者にも判り易い表現で説明して理解を広めること、蓄えられた言語資産をさらなる研究の展開のために公開することを要望したい。特許出願はないが、本研究は工業所有権にはなじまない内容であることからやむを得ないと考える。しかしながら、

研究によって得られた知的財産は大きく、今後これが十分に活用されることを期待する。

2-2-11 デジタルヒューマン基盤技術（研究代表者：金出 武雄）

デジタルヒューマンは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で、モデル化すべき人間の機能を生理解剖、運動機械、行動の３つの側面で考えて人間機能の統合モデルを構築しようというものである。デジタルヒューマン基盤技術はこのための人を観察する技術、モデルで再現する技術、結果を提示する技術から構成される新しい複合境界領域の分野である。本研究では、(a) 人間の運動・行動による人体の形状が強く関わる具体的課題設定を通じて、人間の行動を再現するメカニズムの解明を目指した人間機能の統合的モデリング**“人を知るデジタルヒューマン”**を基軸とした。その具体的事例として、(b) さまざまなセンサを備え、日常生活空間内での行動観察技術の研究を進めることで、睡眠時無呼吸症候群の診断、高齢者の夜間行動見守りシステム、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から住宅内事故に繋がるハザードを発見し、低減する技術を開発するなど、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”**の研究を行った。また、(c) 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、人間の運動中の変形や表面触覚感度分布などに応じて製品のフィット性を向上させる技術の研究を行い、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”**の研究を行った。さらに、(d) 人間様体形としてヒューマノイドロボットのコンピュータモデルを与え、複雑な障害物環境下での移動経路と全身運動計画をシミュレーションし、その結果を、上記で確立したヒューマノイドプラットフォームを用いて実証した。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”**の構築を進めた、このプロジェクトの研究によってデジタルヒューマン基盤技術という新しい研究分野が立ち上がった。これらの具体的研究課題を通じて実際的成果をあげつつ知的資産を形成し、新研究分野デジタルヒューマンの確立を目標に研究を進めた。

本研究期間中の成果は、論文発表は国内２２件、国際２３件、口頭発表は国内２１３件、国際１５７件で、新たに提案したデジタルヒューマンという研究領域を認知させるための学会活動がきわめて精力的に行われ、かつ、それらを学会や産業界が認めつつある。さらに発表に対して表彰を多数受けており、発表内容が質の面でも高いものであると言える。一方で特許出願は３件であり、研究課題の特質を考慮すると、より多くの知的所有権の取得が可能と考えられることから不満が残る。人工知能学会業績賞（平成１６年）、Longuest Higgins Prize（2006 年）など国内１８件、国際４件を受賞。

2-2-12 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）

現在の電子化された情報空間は、高信頼な知識獲得手段としてはもちろん、創造性を刺激するメディアとしても極めて不十分であり、遠く書籍に及ばない。本研究は、電子情報空間においても、読書に匹敵する効果的な情報体験の場を実現し、思考や議論を深めるための情報技術を確立することを目的とした。取り扱う情報の量ではなく、その情報利用環境で得られる経験の質を追及した。

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る。ここでは２つの「連想」を考えている。１つは利用者である人間の頭の中で起きている「連想」である。人は何らかの問いかけを外から受けると、無意識のうちにそれに対応する記憶が連想的に想起され、いくつかの文脈がウォームアップされる。２つ目は、電子情報空間における「連想」を指す。統計的処理の安定する数万件以上の文書集合について、文書間や単語間の類似性を確率的計量で測ることにより、与えられた文書と類似する文書の収集や、文書集合の内容を要約する単語群の自動抽出が可能となる。これが２つ目の連想である。「連想の情報学」では、これらの２つの「連想」がどのように創造的に相互作用可能かを研究した。

本研究では、研究開始時には既に完成していた汎用連想計算エンジン GETA （ Generic Engine forTransposable Association）を基本コンポーネントとして活用することで初めて実現可能となる高信頼な連想的情報アクセスシステムの構築を目指した。さらにそれら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。

５年間の研究では、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。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。

本研究期間中の成果は、論文発表は国内 7 件、国際論文なし、口頭発表は国内 25 件、国際 10 件と極めて少ない。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。実用システムの開発というフェーズを考えると、特許出願が全くなかったことには終了時不満とされた。

3. 詳細調査事例

3-1 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　東京大学大学院　情報学環・学際情報学府　教授）

3-1-1 研究期間中における状況

(1) 本研究開始の頃の状況

CREST では、有形文化財の幾何情報取得のための要素技術の開発を行い、有形文化財における各部位の幾何情報を取得するためのセンサー、各部位の幾何情報の位置合わせを行い有形文化財全体としての幾何情報として統合する手法を開発した。さらに、統合した幾何情報に光学（色、光沢）情報を重ね合わせて、文化財が本来持っている光学情報を含んだデジタルモデルを構築する手法を開発した。具体的な対象として、鎌倉大仏、奈良東大寺の大仏、広目天等についての 3 次元デジタルデータが得られた。

また、ガラス製などの透明な文化財について、表面反射光の偏光状態を解析することにより、その形状を計測する方法を開発した。

さらに、無形文化財（舞踊）の動きのデジタル化技術および動きの再現技術の開発を行い、舞踊（津軽じょんがら節および会津磐梯山）の動きのデジタル化、その情報を基にしたヒューマノイドロボットによる舞踊の再現技術の開発、舞踊のデモンストレーションを行った[1]。

3-1-2 研究終了後の基礎研究としての継続・発展状況

池内が、本プロジェクトならびにその後、獲得した主な研究助成金は、図 3-1 の通りであり、研究助成金ごとの研究内容、成果のうち、本研究終了後の継続・発展に関係することは以下のとおりであった。

[1] 研究終了報告書

期間	研究資金	研究テーマ	金額(千円)	代表/分担	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
2000～2004年度	CREST	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	1期											
2004～2008年度	リーディングプロジェクト	大型有形・無形文化財の高精度デジタル化ソフトウェアの開発	?	研究分担者												
2004～2009年度	特定領域研究	火山噴火罹災地域の地力回復過程の時空間的解析に関する研究	158,900	研究分担者												
2005～2007年度	基盤研究(A)	鶏の形態嗜好に関する日本とタイの多面的比較感性モデル	41,340	研究分担者												
2005～2007年度	基盤研究(C)	透過物体画像からの映り込み/背景成分分離と映り込み物体の光学特性モデル化	3,280	研究分担者												
2007～2009年度	基盤研究(C)	古代ローマにおけるギリシア人彫刻工房の研究	3,770	研究分担者												
2007～2010年度	基盤研究(A)	アンコール遺跡・バイヨン寺院浮き彫りの保存方法の研究	43,290	研究分担者												
2011～2011年度	基盤研究(A)	視聴覚を利用した見まね学習によるアクティブな動的動作生成に関する研究	11,440	研究代表者												

図 3-1　本プロジェクト以降に獲得した主な研究助成金

(1)　デジタルバイヨンプロジェクト

2004 年から開始された文部科学省科学技術振興調整費リーディングプロジェクト「知的資産の電子的な保存・活用を支援するソフトウェア技術基盤の構築」における研究課題「大型有形・無形文化財の高精度デジタル化ソフトウェアの開発」を担当し、そこで開発された高精度位置合わせアルゴリズムを活用し、日本国政府アンコール遺跡救済チーム（Japanese Government Team for Safeguarding Angkor、以下 JSA、団長：中川武　早稲田大学教授）の協力を得て、寺院全体のデジタルアーカイブ化を推進した。CREST 期間中の研究として、アンコール寺院の塔に施された尊顔の形状測定については部分的に行っていたが、その成果も踏まえて以下の計測、デジタル化に展開した。

①バイヨン寺院全体の形状計測

バイヨン寺院は 160m×140m×45mの規模を有しているが、CRESTで開発した、鏡センサー、木登りセンサー、気球センサーを駆使、改良し、その形状を全体にわたって計測し、得られた膨大なデータを統合して、寺院全体の 3 次元形状データを得た。寺院全体の計測データを可視化した結果を図 3-2 に示した[2]。

[2] 池内克史他、3 次元デジタルアーカイブ、東大出版会、p105、2011、画像は本書付属の DVD から引用

図 3-2　バイヨン寺院全体の計測結果

また、中央塔およびそれを囲む 8 つの副塔およびその東側に連続する塔までを含む範囲について、外部から見た形状の計測に加えて、塔の内部形状の計測も行った。これらのデータから、中央塔および副塔の正確な平面図や断面図を得た[3]。

その結果、バイヨン寺院全体が地球経線に対して、反時計回りに 0.94° 回転していることや中央塔および副塔の正確な壁厚を明らかにした（池内克史他、3 次元デジタルアーカイブ、東大出版会、p188、2011）。さらに、3 次元形状データから得られる外部形状の立面図を用いて、実地調査および建築学的知見を加えて建築当初の中央塔の復元予想図を得た[4]。

②尊顔の詳細計測

破壊や崩壊を免れて現存している 173 面の尊顔について、詳細な計測を行った。計測データを可視化した結果の一例を図 3-3 に示した。

[3] 池内克史他、3 次元デジタルアーカイブ、東大出版会、p183、2011
[4] 池内克史他、3 次元デジタルアーカイブ、東大出版会、p190、2011

図 3-3　尊顔の一例

得られたデータの線形判別解析、階層クラスタ解析により、尊顔の特徴が 3 つのタイプに分類できることを明らかにし、美術史的な観点から主観的に分類されていたデーヴァ（男神)、デヴァター（女神)、アシュラ（悪魔）の特徴を客観的に裏付けることが出来た。また、類似した特徴を持つ尊顔が、近接して存在することから、同一グループの職人が、同じ塔や位置的に近い塔の尊顔を制作した可能性を示唆していることを明らかにした[5]。

③ペディメント（壁に封じ込まれて通常は観察不可）の精密な形状計測

バイヨン寺院には、数多くのペディメント（窓飾り）が残されているが、増改築によって、地上 4-5m、対面する壁との距離が 30-40cmと狭いところにあるものが多く、光も届かないため写真撮影も困難であった。そのため、鏡を使用した特殊なレンジセンサーを開発し、それにより得られるデータから、1 枚のペディメント全体の映像化を行った。その一例を図 3-4 に示した。図 3-4 から、このペディメントは破壊されておらず、仏教の千手観音像が中央にきれいに残っていることを明らかにした[6]。

[5] 池内克史他、3 次元デジタルアーカイブ、東大出版会、p227、2011、画像は本書付属の DVD から引用
[6] 池内克史他、3 次元デジタルアーカイブ、東大出版会、p199、2011、画像は本書付属の DVD から引用

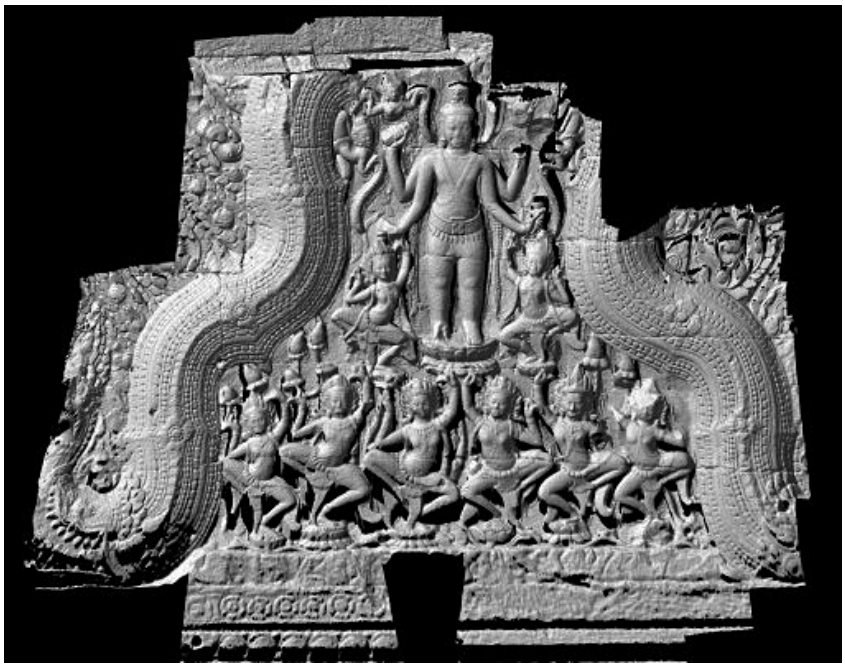


図 3-4　破壊されずに残ったペディメント

一方、図 3-5 に示したペディメントでは、中央部分の仏像が削り取られて、ヒンズー教のシバ神のシンボルであるリンガ（男根）が彫られており、バイヨン寺院における仏教からヒンズー教への改宗が示唆されることを明らかにした。

図 3-5　仏教からヒンズー教への改宗を示唆するペディメント

④回廊のレリーフの分光解析

アンコール遺跡・バイヨン寺院浮き彫りの保存方法の研究（2007～2010 年度基盤研究（A)、研究代表者：沢田正昭　国士舘大学・21 世紀アジア学部・教授）における研究分担者として参画し、回廊部分にあるレリーフに着生している生物の分光解析を行う手法を開発し、着生生物の同定、その季節変動などを明らかにした[7]。

なお、バイヨン寺院のデータを用いて、凸版印刷がVRコンテンツを作成し、東京国立博物館でVR展示した。

(2) 複合現実感（MR: Mixed Reality）技術の開発

文部科学省科学技術振興調整費リーディングプロジェクトの研究課題「大型有形・無形文化財の高精度デジタル化ソフトウェアの開発」において MR 技術を開発した。

仮想現実感(VR: Virtual Reality）技術による体験は、パソコン画面や VR スクリーンなどの設備が必要であり、コンテンツを鑑賞する場所が博物館のような施設内等に限定されてしまうことや，CG（Computer Graphics）アニメーションや VR コンテンツでは実世界の景観などの情報を完全に再現することが難しく，臨場感や現実感に乏しいという問題があった。これに対して、実世界と仮想世界を融合してユーザに提示する複合現実感（MR）技術を用いた屋外環境での遺跡等の復元が期待されており、その開発を行った。図 3-6 に MR による遺跡の復元のイメージを示した。

図 3-6　MR による遺跡復元のイメージ

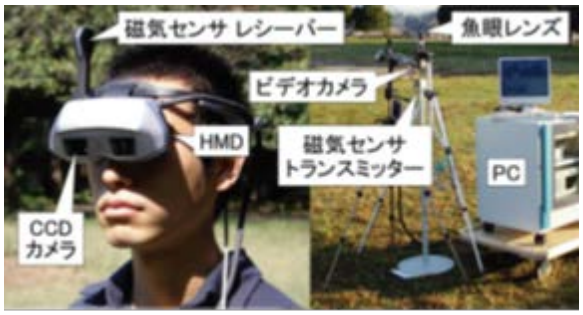


図 3-7　MR システム外観

HMD (Head-Mounted Display) を使って（システムの外観を図 3-7 に示した)、実画像に仮想物体の画像を違和感なく重ね合わせるため、仮想物体像の陰影付け、実画像との合

[7] **研究成果報告書**(http://kaken.nii.ac.jp/d/p/19251001)、**森本哲郎，池内克史**: "Normalized Cut **法を用いた分光情報に基づく色復元" 映像情報メディア学会誌** Vol. 62, No. 9. 1453-1460、2008

成技術を開発し、奈良県明日香村甘樫丘展望台及び川原寺跡にて、システムの一般公開実験を行った[8]。

(3) デジタル・ミュージアムの展開に向けた実証実験システムの研究開発（複合現実型デジタル･ミュージアム）（2010～2015 年度 文部科学省 科学技術試験研究委託事業、研究代表者：廣瀬通孝 東京大学 大学院情報理工学系研究科 教授）に参画し、平城遷都 1300 年記念事業 最先端映像技術でよみがえる平城宮（2010/09/29-10/06）、バーチャル飛鳥京(2010/10/31-11/02)、および明日香村屋外ギャラリー（(2011/11/03-05）を実行した（http://www.mr-museum.org/)。明日香村屋外ギャラリーでのイベントについて、事前にプレスリリースされたイメージを図 3-8 に示した（京都新聞、2011 年 10 月 27 日)。

図 3-8　明日香村屋外ギャラリーでのイベントのイメージ

(4) 火山噴火罹災地の文化・自然環境復元（2004～2009 年度特定領域研究、総括：青柳正規　国立西洋美術館館長）における研究項目 A-05「火山噴火罹災地域の地力回復過程の時空間的解析に関する研究」を分担し、遺構と地形の 3 次元計測、発掘遺構と地形の 3 次元計測を行った。

計測した 3 次元データから、遺跡の発掘調査の進行に合わせ、デジタル地勢モデルの作成を行った。さらに、そのモデルへ文献データ・物理探査結果・地力の推定結果などを統合してデータベースを構築した[9]。

また、イタリア・ソンマヴェスヴィアーナにおける歴史的建造物(初代ローマ皇帝 Augustus の別荘ではないかと言われている)のデジタル化を行い、遺構の平面図作成、バラバラに発掘された彫刻の破片から、仮想空間での組み立てによる全体像の復元などを行った[10]。

---

[8] 角田哲也他、バーチャル飛鳥京：複合現実感による遺跡の復元と観光案内システムへの展開、生産研究、vol.59, No.3, 172-175, 2007

[9] 研究成果報告書(http://kaken.nii.ac.jp/d/p/16089206.ja.html)、大石岳史，佐川立昌，中澤篤志，倉爪亮，池内克史: "分散メモリシステムにおける大規模距離画像の並列同時位置合わせ手法" 情報処理学会論文誌 46,9. 2369-2378 , 2005

[10] 高松淳，小野晋太郎，影沢正隆，池内克史: "イタリア・ソンマヴェスヴィアーナにおける 3 次元形状デジタル化

(5) 鶏の形態嗜好に関する日本とタイの多面的比較感性モデル(2005～2007 年度基盤研究(A)、研究代表者：原田昭　札幌市立大学学長)における.生物・生態学グループの一員として参画し研究を実施した。

現地調査により、タイの在来鶏の形態学的・遺伝学的解析と野鶏との比較研究を行った。また、鶏の頭骨の形状をレーザレンジセンサを用いて計測し、コンピュータ内で仮想頭骨データを構築し、曲率情報に基づき、主成分分析、階層クラスタ分析等を用いて分析する手法を考案し試験した[11]。

(6) 透過物体画像からの映り込み/背景成分分離と映り込み物体の光学特性モデル化（2005～2007 年度基盤研究（C)、研究代表者：原健二　九州大学・大学院芸術工学研究院・助教授）に研究分担者として参画した。

バーチャル美術館実現のためには、窓ガラスを通して物を見るとき、窓ガラスの反射により見えにくくなることを防ぐ技術や、ガラスケースの中にある作品をガラスケースから取り出すことなく計測する技術が必要であり、これらの問題に対し、二重画像分離手法、多重画像分離手法、照度差ステレオ手法を開発した。この結果、一枚の画像のみから低次レベルの処理で反射を分離することが可能となった[12]。

(7) 古代ローマにおけるギリシア人彫刻工房の研究（2007～2009 年度基盤研究（C)、研究代表者：芳賀京子　東北大学・大学院・文学研究科・准教授）に研究協力者として参画した。

ナポリ国立考古学博物館に所蔵されている、紀元前 1 世紀の 5 体のブロンズ像《踊り子たち》と、紀元前 1 世紀のオリジナルに由来する大理石製 2 人像《オレステスとエレクトラ》について、3 次元デジタル計測とデジタルデータによる手足部分の形状比較により、古代ローマにおけるギリシア人彫刻工房における分業体制等についての、美術史的仮説の構築をアシストした[13]。

(8) 視聴覚を利用した見まね学習によるアクティブな動的動作生成に関する研究（2011～2012 年度基盤研究（A)の研究代表者として、研究推進中である[14]。

技術の活用" 3 次元映像シンポジウム. 17-20,2006(http://www.cvl.iis.u-tokyo.ac.jp/papers/all/855.pdf)

11 研究成果報告書(http://kaken.nii.ac.jp/d/p/17200015)、池内克史, 高松淳, 大石岳史: "デジタル形態学からデジタル歴史学まで" 家禽資源研究会報、家禽資源研究会 5 号. 4-12、2006

12 研究成果報告書(http://kaken.nii.ac.jp/d/p/17500113.ja.html)、K. Hara, et. al.: "Mixture of Spherical Distributions for Single-View Relighting" IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence(PAMI) 30. 25-35、2008

13 研究成果報告書(http://kaken.nii.ac.jp/d/p/19520088.ja.html)、芳賀京子, 鎌倉真音, 池内克史: "古代カンパニア地方の 2 つの彫刻工房-彫刻家ステファノスを 3 次元計測でつかまえる-" 国際シンポジウム「火山噴火罹災地の文化・自然環境復元」.2009、02、11. 東京大学

14 http://kaken.nii.ac.jp/d/p/23240026.ja.html

3-1-3 研究成果の社会へのインパクト

大型有形文化財を 3 次元デジタルデータとして保存する方法が開発され、文化財の保存、修復、CG として公開等のための基礎データとして有効であることが実証された。今後、世界の文化財への適用が期待され、人類の知恵の結晶である文化財の保存、修復、次世代への継承という点で、その意義は大きく、社会的なインパクトは計り知れないものがある。

また、MR 技術の開発により、古代の遺跡などを現実の空間で体験できるようになり、新たなデモンストレーション手法として、今後、歴史教育や観光資源開発のツールとして活用されると期待される。

以上の成果に対して、マスメディアの注目も高く、大仏やバイヨン寺院の形状のデジタルデータ、飛鳥京や平城京での MR による古代の建物や人物の復元を中心に、TV 放映は 2005 年から 2010 年にかけて 11 回、新聞報道については 2005 年から 2011 年にかけて 109 件に達した。博物館などでの展示の実例を以下に示した。

(1) 九州国立博物館開館 2 周年記念企画展「迫真のアンコール遺跡 尊顔とバイヨン寺院」

2007.10.2 から 10.20 に行われた企画展に協賛し、文化財のデジタルアーカイブの事例紹介として、バイヨン寺院の 3 次元計測の意義、手法の紹介を行うとともに、尊顔、ペディメント、浮彫りの計測データおよび画像の展示に協力した。通常の写真撮影が不可能なペディメントの計測データから得られた画像は、世界初の公開となった。また、VRコンテンツとして「アンコール遺跡バイヨン寺院-尊顔の記憶」を、VRデータからナレーションを入れて 19 分の映像に編集し、400 インチのスクリーン上に上映した [15]。

(2) バーチャル飛鳥京の開催

明日香村では、MR技術を応用し、明日香村に眠る地下遺構と、その上に建っていたと考えられる建築物などをCGで復元し、現実の風景を重ね合わせることで、古代の飛鳥をわかりやすく体験できるイベントが、2012/11/2～11/4 に開催された [16]。

3-1-4　人材育成

本プロジェクトに参加した主要若手研究者の動静について下記表 3-1 に示す。

15　池内克史他、3 次元デジタルアーカイブ、東大出版会、p241、2011

16　http://www.asukamura.jp/topics/virtual_asukakyo/index.html

表 3-1　参加若手研究者の動静

メンバー	期間中所属	職位	現所属	職位
倉爪　亮	九州大学	助教授	九州大学	教授
西野　恒	JST	CREST研究員	ドレクセル大学（米）	准教授
Supatana Auethavekiat	JST	CREST研究員	チュラーロンコーン大学（タイ）	准教授
長谷川一英	JST	CREST研究員	富士フイルム	
Robby T. Tan	JST	CREST研究員	ユトレヒト大学（オランダ）	准教授
宮崎　大輔	東京大学	博士学生	広島市立大学	准教授
佐藤いまり	東京大学	博士学生	国立情報学研究所	准教授
大石　岳史	東京大学	博士学生	東京大学	准教授
堀田　智仁	東京大学	博士学生	凸版印刷	
白鳥　貴亮	東京大学	博士学生	マイクロソフト	
小川原　光一	JST	研究員	和歌山大学	准教授
高松　淳	JST	研究員	奈良先端科学技術大学院大学	准教授
中岡　慎一郎	東京大学	博士学生	産業技術総合研究所	研究員
工藤　俊亮	東京大学	協力研究員	電気通信大学	准教授

3-2 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　東京大学大学院　教育学研究科　教授）

3-2-1 研究期間中における状況

(1) 本研究開始の頃の状況

CREST では、認知科学という学問分野について、それを学習する方法として、先生から講義を受け学習するという従来の方式ではなく、学生自身がお互いに相談・意見交換などを行いながら協調的に認知科学に関する知識や理解を深めていくという学習方式の確立を目標に研究が推進された。その結果、次の成果が得られた。

①学習活動支援ツールの開発

次の 3 つのシステムを開発した。

・MMD（Multimedia Document System）
　マルチメディア素材を扱うデータ共有吟味環境を有するシステム
・CMS（Commentable Movie Sheet）
　ビデオ教材へのコメントや要約の共有吟味を可能 にするシステム
・ReCoNote（Reflective Collaboration Note）
　多様なアイデアの外化・共有・関連付けにより協調的な相互吟味を支援する概念地図型ノートと共有吟味環境を有するシステム

②ティーチング・ポートフォリオの構築

授業シナリオ（教案）、教材（学生に配布するワークシート等）、具体的協調学習法、授業の進行実績報告、授業内容に関連する資料等、授業に必要なすべての資料を集大成したもので、これを基に、他の機関での学習実践が可能となる。

③リサーチ・ポートフォリオの構築

授業のビデオ、学生のグループ活動の音声記録、ワークシートへの書込み記録、システム上に作成されたデータならびに各種ログを集大成したもので、これにより、教材改良、学生による自己の学習履歴の確認､協調学習法における知識構成過程の解析が可能となる[17]。

[17] 研究終了報告書

3-2-2 研究終了後の基礎研究としての継続・発展状況

三宅が、本プロジェクトならびにその後、獲得した主な研究助成金は、図 3-9 の通りであり、研究助成金ごとの研究内容、成果のうち、本研究終了後の継続・発展に関係することは以下のとおりであった。

期間	研究資金	機関名	研究テーマ	金額(千円)	代表/分担	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
2000~2004年度	CREST	JST	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				1期											
2003~2006年度	基盤研究(A)	文部科学省	認知科学を対象とした長期に亙る統合的学習理論の構築	51,090	研究代表者															
2003~2006年度	基盤研究(B)	文部科学省	詳細な学習記録に基づくプログラミング学習の認知過程の研究と教育環境のデザイン	15,600	研究分担者															
2005~2007年度	発展研究(SORST)	JST	高度メディア社会のための発展的協調的学習支援システム		研究代表者															
2008~2010年度	基盤研究(C)	文部科学省	能動的数学理解を促進する教材・教具開発	4,550	研究分担者															
2009~2011年度	新学術領域研究(研究領域提案型)	文部科学省	人口ボル共生学総括班	201,890	研究代表者															
2009~2011年度	新学術領域研究(研究領域提案型)	文部科学省	ロボットによる協調学習支援と学習コミュニティの形成	66,560	研究代表者															

図 3-9　本プロジェクト以降に獲得した主な研究助成金

(1) 認知科学を対象とした長期に亙る統合的学習理論の構築（2003～2006 年度、基盤研究（A)、研究代表者：三宅なほみ、中京大学 情報理工学部 教授）を推進した。

本研究は、人が新しい分野に挑戦し数年という長い時間をかけて、徐々に専門性を身につけるような積極的な知識構築の過程を、認知科学を対象に実践的に明らかにすることを目的に、「2 年間実施用カリキュラム」を完成させた[18]。

(2) 詳細な学習記録に基づくプログラミング学習の認知過程の研究と教育環境のデザイン（2003～2006 年度、基盤研究（B)、研究代表者：三宅芳雄、中京大学 情報理工学部 教授）に研究分担者として参画した。

本研究は、コンピュータープログラミング学習の複雑な認知過程を解明する理論の構築、それに基づく現実的で効果的なプログラミング学習のための教育環境のデザインを目的としておこなった。

そのために、教授学習過程の事例を広範に収集し、それら事例の詳細な分析に基づき、プログラミング学習の背後にある複雑な認知過程の実態を分析した。その結果、プログラ

[18] **研究成果報告書概要**(http://kaken.nii.ac.jp/d/p/15200020/2006/6/ja.ja.html)、Miyake, N., Shirouzu, H.: "A collaborative approach to teaching cognitive science to undergraduates : The learning sciences as a means to study and enhance college student learning" Psychologia 49(2). 110-113、2006

ミングの認知過程を多様な表象の重ね合わせとして捉える枠組みを基礎に、プログラミングに直接関連する概念だけでなく、より一般的な認知機構（例えば、推論や習熟の程度など）と連携させた統合理論を構築した。

上記理論に基づき、どのような学習環境がプログラミング学習に効果的であるかという検討を進め、学習、理解の部分的な成立という習熟の過程に配慮した、学習教育環境をウェブ上に構築した。特に、学習の躓きに即応し必要な情報を学習者が自分から取りにいける学習環境を構築し、教育実践の中で、部分的にではあるが、その有効性を確認した[19]。

(3) 高度メディア社会のための発展的協調的学習支援システム（2005～2008 年度、戦略的創造研究推進事業発展研究（SORST)、研究代表者：三宅なほみ、中京大学 情報科学研究科 教授）が、CRESTの発展研究として実施された[20]。

①動的ジグソー法と呼ばれる協調的な理解深化活動と、CMSonBBS（Commentable Movie Sheet on Bulletin Board System）上で実践される講義ビデオの振返りによる内容理解支援活動とを融合することによって、難度の高い講義であっても、学生がその内容を自力で解体･統合して理解する手助けになりうることを明らかにした。また、専門資料を読み解くための読解支援ツールを RCN（ Reflective Collaboration Note ）に有機的に融合させた結果、専門資料から読み取ったアイデアの概念地図化が一部の学生でより活発になり、そのようにして作成した概念地図をもとに行われた協調学習が、より質の高い最終レポートの作成につながる結果を見出した。

②協調的学習支援ツールをインターネット上に展開し、大学での集中講義 2 件、ワークショップ 1 件、ならびに海外の学会でのチュートリアル 2 セッションで試験運用し、これまでに開発したコンテンツやツール群が、ニーズの異なる多様な学習者に活用可能であり、ニーズに応じた効果を上げうることを確認した。これらの実践研究の結果から、多様な知識を持つ多数の学習者が、それぞれのニーズに従って自らの理解を深めるためには、各自がテーマの理解を深めるための教材、グループでの話し合いに適した肌理の教材、グループを組み替えて多数の教材を統合する際に参考となる教材等、同じテーマについて多層な資料があることが望ましいことを明らかにした。

(4) 能動的数学理解を促進する教材・教具開発（2008～2010 年度、基盤研究（C)、研究代表者：何森仁 神奈川大学 工学部 教授）に研究分担者として参画し、確率および微分という概念について、その指導にための教具の開発を行った。

---

19 **研究成果報告書概要**(http://kaken.nii.ac.jp/d/p/15300089/2006/6/ja.ja.html)、Kondo, H., Miyake, Y.: "Development and evaluation of an exhaustive recording-retrieving system of daily PC-related activities" Proceedings of the 5th International Conference of Cognitive Science. 145-146,2006

20 SORST **研究終了報告書**

①確率に関しては、確率のもっとも大切な概念である「大量現象の実験による相対度数の安定」の把握を、生徒が能動的行えるよう「変形サイコロ(サイドタ)」を考案し（図 3-10 参照)、多くの高校で使用され、生徒の確率への理解が変わったとの報告も来るようになった。サイドタは実用新案として登録がなされた。

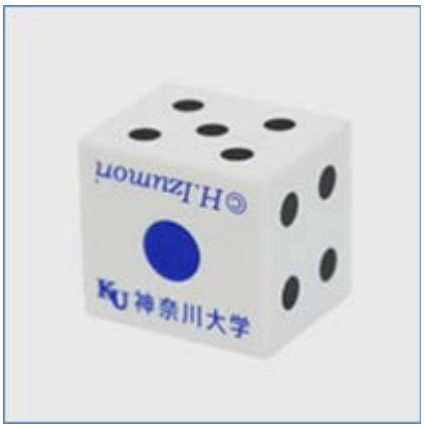


図 3-10　サイドタ
（寸法：16mm×18mm×20mm。誤差 0.15mm 以内。ジュラコン樹脂製）

②微分に関しては、以前考案した「直線傾き計測具(セッセンサー)」を改良し、高校の先生 20 数人に実際に授業で使用してもらった結果、微分の概念を生徒が把握するのに優れているとの評価が報告されている。本教材も実用新案として登録が行われた[21]。

(5) 人とロボットの共生による協創社会の創生（2009～2013 年度、新学術領域研究(研究領域提案型)、研究代表者：三宅なほみ 東京大学 教育学研究科(研究院) 教授）全体の総括および、研究班「ロボットによる協調学習支援と学習コミュニティの形成」の代表として研究を推進した。本研究では、

・ロボットは、人々の位置や行動を認識し、擬人的な身振りを交えて人々に話しかけ、個人を識別して相手に応じて適応的に会話内容を変える、といった人と関わるための基礎的な機能を既に持ち始め、今後それらの機能をどう拡張し、どのような関わり合いの中でどう生かすか、その将来の可能性を試すべき時期が来ていること
・認知科学や学習科学の研究から、他人との協調的な活動や、自分自身の思考や行動の内省がより創造的で知的な成果を生むこと、内省や協調は、人が経験を通して獲得するスキルであり、それを獲得するためには、普段内的に起きる認知過程を意識的に外化し、その外化対象を編集しやすい状況に置くなど一定の条件が必要なことが明らかになりつつあり、ロボットは、これらの条件が満たされる環境を提供することによって、積極的に人の協調

[21] **研究成果報告書**(http://kaken.nii.ac.jp/pdf/2010/seika/jsps/32702/20530865seika.pdf)

的認知過程の質を上げる役割を果たすことが期待できると同時に、相互作用するロボットを賢くする可能性もあること

以上のロボット工学、認知科学、学習科学の進展を背景に、これらを融合して、人と関わるためのロボットシステム（システムの協創）、人とロボットの関係に関する認知科学（関係の協創）、この両者を基盤として、ロボットを活用した学習科学（知恵の協創）の研究により、人間の相互理解がこれまでより格段に進む未来社会に向けた新たな学術領域の提案を目標に推進中である。得られた主な成果は次の通りであった[22]。

①人と関わるためのロボットシステム（システムの協創）

フィールド実験用アンドロイドが開発され、表情や男女差が人に及ぼす影響、アンドロイドへの人の没入感などが研究された。「アクトロイドF」と名付けられた実験用アンドロイドを図 3-11 に示した。このロボットは、生体の揺らぎを模倣して対話相手に同調した動作や、微妙な表情を創ることが出来、この生体の揺らぎを利用した制御方法は、一般にも注目された（産総研オープンラボでのデモ風景の映像がYouTubeで 300 万回以上再生された）だけでなく、学術的にも高く評価されている[23]。「アクトロイドF」を使って、病院診察室での陪席実験、高齢者施設での対話実験、発達障害児を対象としたデモ、人のアンドロイドへの没入感の生態信号による定量的観測などに用いられた。

図 3-11　開発されたフィールド実験用アンドロイド

また、人々の対話行動認識のため、空間内で対話が起きている場所の検出、音声・話者同定を、同時かつ高精度で行える技術を開発し、パターン認識や音声信号処理に関する難

[22] http://www.irc.atr.jp/human-robot-symbiosis/
[23] S.G.Nurzaman, etal., “From Levy to Brownian: A Computational Model Based on Biological Fluctuation,” PLoS ONE Vol.6, No.2, e16168, 2011

度の高い国際会議でも注目され、国際的にも高く評価されている。さらに、遠隔操作可能な小型ロボット Robovie W が開発され（図 3-12 参照）、③に記載した、グループの協調学習支援の研究と連携し、協調学習行動の解析実験に用いられた。

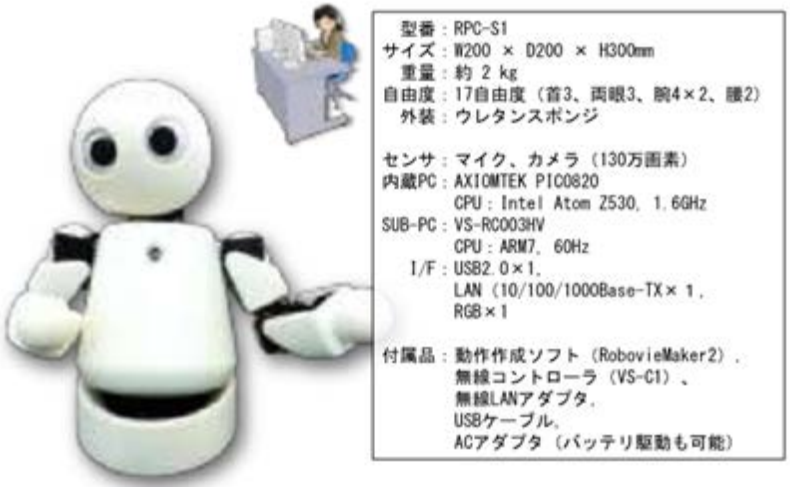


図 3-12　遠隔操作可能な小型ロボット Robovie W

②人とロボットの関係に関する認知科学（関係の協創）

脳科学・行動科学的なアプローチにより研究が行われた。人性認知の指標として脳におけるミラーニューロンの活動が使える可能性が明らかにされた。

また、ロボットの視線の効果を赤ちゃんを使って検証する実験が世界で初めて行われた。実験のイメージを図 3-13 に示した。

図 3-13　ロボットの視線の効果を調べる実験

この結果、物体に対する人の視線はロボットの視線に比べて、乳児の物体選択・物体に対

する注視時間の持続・物体処理行動を、より強く触発、促進することが明らかになった[24]。

さらに、情動誘発画像を見た時の脳内の事象関連電位（ERP）の振幅は、友人が同席する場合とアンドロイドが同席する場合とでは差がないこと、ロボットと人との接触行為は、ロボットと人との会話の場に影響を与える可能性があること、ロボットの視線と発話の同時行動により人はロボットからの依頼に従いやすいこと、ロボットから人への自己開示の内容が肯定的な場合、ロボットの能力に対する人の不安を抑制することなどを明らかにした。

③ロボットを活用した学習科学（知恵の協創）

学び合いの「仲間」として制御可能なロボットを導入することで、学び合いの成立条件やその成果を明らかにし、「仲間（ロボット）を制御する」経験そのものを対象化して、ロボット導入により学習活動を促進する実証的な研究を行った。学び合いの場における「理解」に関し、小学生（5～6 年生）35 人を 9 グループに分け、遠隔操作可能な小型ロボット Robovie W とを組合わせて、特定のテーマ（例えばデンプンの消化の仕組み）について、その理解度を実践的に調査した。その結果、ロボットが特定テーマについてエキスパートとしてグループを司会するより、わからない点を質問するなど仲間として振舞わせた方が、理解度が高まることを明らかにした。理解度を比較した結果を図 3-14 に示した。

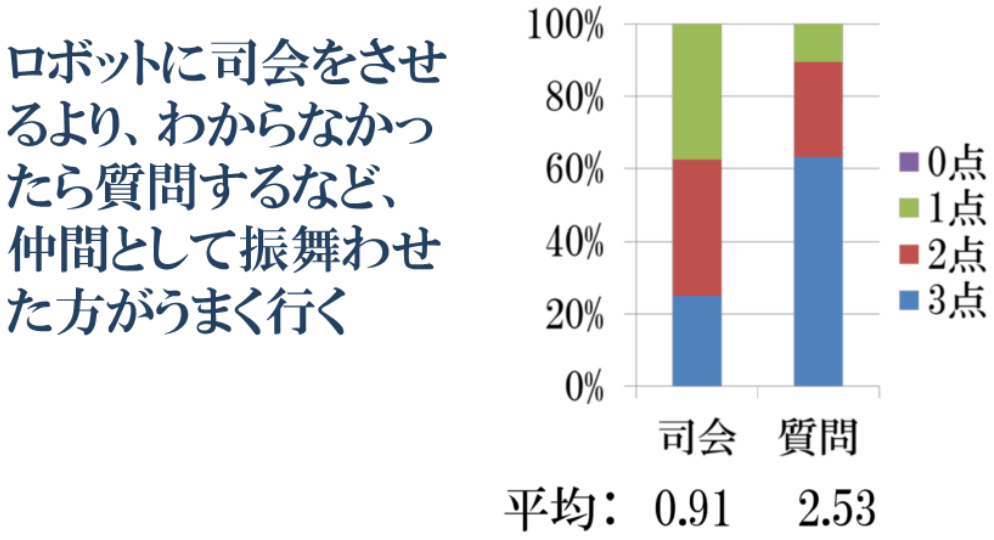


図 3-14　実践的調査結果

(6) 人ロボット共生学総括班（2009～2013 年度、新学術領域研究(研究領域提案型)、研究代表者：三宅なほみ　東京大学 教育学研究科(研究院) 教授）の代表者を務めた。

[24] Tange,A., etal., “Effect of Facial Expression of Mother on 15-21-Month-Old Infants Using Salivary Biomarker, ” Sensors and Materials, Vol.23, No.1, 87-94, 2011

本計画研究では,時代が要請する高度に知的かつ創造的な社会に向けて、ロボット開発を支える工学的研究と、人の協調的、社会的賢さを実現しようとする認知科学研究とを融合させ、新学術領域「人ロボット共生学」を創成するため以下の総括活動を行った[25]。

①研究用プラットフォームの改良と維持

H21 年度に構築した領域内で共通利用するネットワークロボットシステム(センサネットワークと共生型ロボット)を改良し、本領域の各計画研究・公募研究の実験で利用するためのカスタマイズを実施した。

②共同実証実験の企画

研究成果を統合・確認する場として、各班での知見を結集して統合システムを構築し、共同実証実験の企画を進めた。具体的には、共用実験プラットフォームや既に各班で行った実験の紹介デモを兼ねた本領域全体(計画班・公募班をあわせた)の合同会議を 5 月と 11 月に開催し、共同実証実験の具体的な時期や内容、新たな連携について検討した。

③人ロボット共生ワークショップ及び国際シンポジウムの企画・開催

本領域に関連の深い国際会議である HRI(Human-Robot Interaction) 2011 において、人ロボット共生に関するワークショップ(Robots with Children in HRI)を開催した。

3-2-3 研究成果の社会へのインパクト

認知科学をベースにして、人が学習していく過程を理論付ける学習理論の構築およびその理論に基づいた実践的な学習の繰り返しにより、学習の質を高めることを目的とした研究分野である「学習科学」という新しい学問分野を切り開いた。また、三宅が見出した「協調学習」の考え方をベースに、大学などの学術教育だけでなく、産業界での教育、教育委員会が所管する中・初等教育など、様々な教育の質の向上を目指して、大学発教育支援コンソーシアム推進機構CoREF（Consortium for Renovating Education of the Future）[26]が、2008 年に立ち上げられた。

CoREFは、2010 年には全国 10 の教育委員会と連携し、知識構成型のジグソー法を新しい学習のあり方として実践する活動を行い（東京大学　大学発教育支援コンソーシアム推進機構　自治体との連携による協調学習の授業づくりプロジェクト　平成 22 年度活動報告協調が生む学びの多様性 [27]）革新的な教育手法として、インパクトを与え始めている。

---

[25] **研究実績報告書**(http://kaken.nii.ac.jp/d/p/21118001)

[26] http://coref.u-tokyo.ac.jp/

[27] https://ecsweb.center.spec.ed.jp/coref/index.php?page_id=187

- この動きはその後徐々に発展しており、次頁図のような広がりを見せている。図 3-15 は、24 年度終了時に連携していた行政区での学校数、連携教員数などをまとめたもの、図 3-16 は連携による教育改革運動が始まってから 4 年間の学校数、連携教員数の推移をグラフにしたもの、である。学校数の伸びより連携教員数の伸びが大きいのは、同じ学校内で他教科、多学年などに協調学習の実践が広がっているためである。図 3-17 は、上記報告にあるロボットを介在させての実験的な試みが、学校と社会、教員、研究者と社会人シニア・プロを繋ぐ新しい教育支援コミュニティを形成しつつあることを写真で示したものである。現在この動きは、全国の教室での個人個人の学習のマイクロプロセスをビッグ・データとして収集し、一回の授業毎に、いつ、誰がどんな発話をし、メモを取り、どう行動していたかの一覧記録から、一人ひとりが何をどう学んだかを推測し、次の授業づくりに役立てるプロジェクトを構想するに至っている。このデータ分析（データから見える学びの過程の推測）、分析に基づく授業提案、教材作り支援等の活動が、将来的には社会人が教員として教室を直接支援できる「社会人教員化」のためのルートを提供し、国際的に見ても日本が大幅に立ち遅れている学習科学研究者を養成し、研究者が授業過程を分析しつつより発展的な授業の展開を支援する新しい実践的な研究分野を開拓することを目指している。

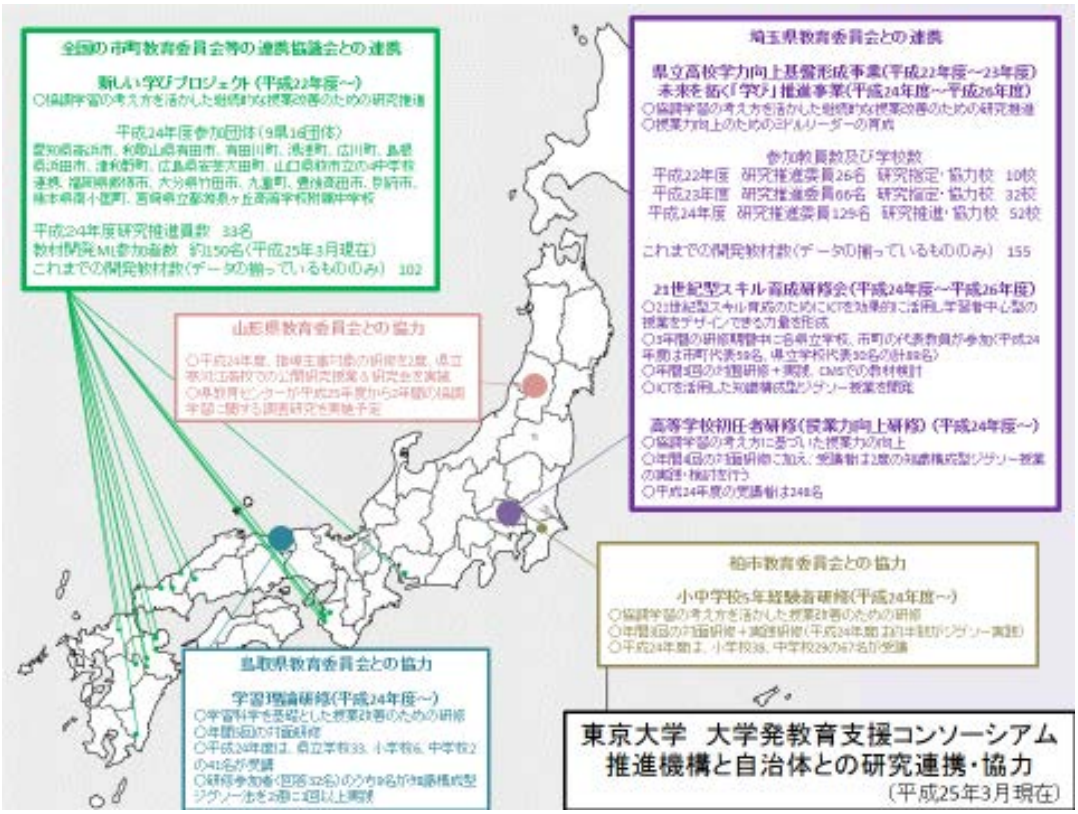


図 3-15　平成２４年度終了時の、大学発教育支援コンソーシアム推進機構の活動の広がり

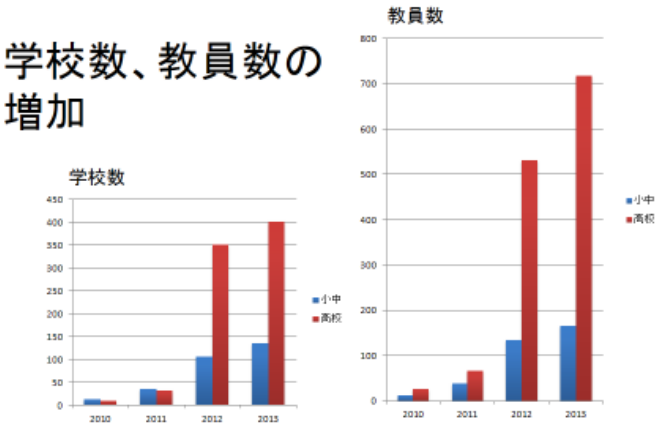


図 3-16　大学発教育支援コンソーシアム推進機構による 2010 年から 2013 年までの連携学校数、連携教員数の推移

ここに挙げた教員数は、教育委員会から指定を受けた正規の推進委員数。実際に大学発教育支援コンソーシアム推進機構が推奨する知識構成型ジグソー法による協調学習を実施している教員数は、この 4，5 倍になる。その成果は、平成 24 年度活動報告書「協調が生む学びの多様性第 3 集――子どもが変わる・先生が変わる――」に詳しい。

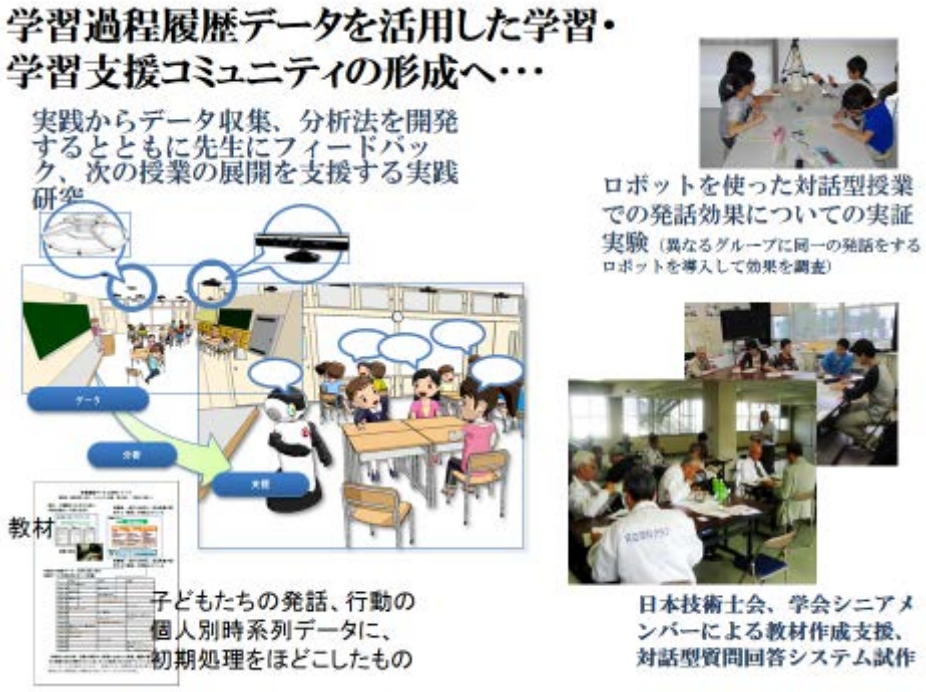


図 3-17　大学発教育支援コンソーシアム推進による今後の活動の発展方向

3-2-4　人材育成

本プロジェクトに参加した主要若手研究者のキャリアアップについて下記表 3-2 に示す。

表 3-2　参加若手研究者の動静

メンバー	期間中所属	職位	現所属	職位
田中　真一	JST	CREST研究員	神戸大学	准教授
落合弘之	JST	CREST研究員	愛知県立大学	図書情報課主任
小笠原秀美	中京大学	助教授	中京大学	准教授
土屋　孝文	中京大学	助教授	中京大学	准教授
白水　始	中京大学	講師	国立教育政策研究所	総括研究官

3-3 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 国立情報学研究所コンテンツ科学研究系 教授）

3-3-1 研究期間中における状況

(1) 本研究開始のころの状況

電子情報空間において、読書に匹敵する効果的な情報体験の場を実現し、思考や議論を深めるための情報技術を確立することを目的とし、統計的処理の安定する数万件以上の文書集合について、文書間や単語間の類似性を確率的計量で測ることにより、与えられた文書と類似する文書の収集や、文書集合の内容を要約する単語群を自動抽出できる検索エンジンを開発した。具体的には、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た。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 の評価を得た。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。

3-3-2　研究終了後の基礎研究としての継続・発展状況

高野が、本プロジェクトならびにその後、獲得した主な研究助成金は、図 3-18 の通りであり、研究助成金ごとの研究内容、成果のうち、本研究終了後の継続・発展に関係することは以下のとおりであった。

期間	研究資金	機関名	研究テーマ	金額（千円）	代表/分担	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
2001～2006年度	CREST	JST	連想に基づく情報空間との対話技術		研究代表者					3期							
2002年度	特定領域研究	文部科学省	連想計算の代数に基づく並列連想計算方式の研究	5,500	研究分担者												
2003年度	特定領域研究	文部科学省	連想計算の代数に基づく並列連想計算方式の研究	2,800	研究分担者												
2003～2005年度	基盤研究(B)	文部科学省	工学技術デジタルアーカイブのためのアーカイビング手法ならびにその体系的提示法	16,200	研究分担者												
2004～2005年度	特定領域研究	文部科学省	連想計算の代数に基づく並列連想計算方式の研究	6,300	研究分担者												
2004～2008年度	知的資産のための技術基盤プロジェクト	文部科学省	自発的な学びを育む連想的情報アクセス技術	261,000	代表研究者												
2006～2007年度	特定領域研究	文部科学省	電気関連技術に関わるマルチメディア技術史アーカイブの情報発信方法の研究	4,400	研究分担者												

図 3-158　本プロジェクト以降に獲得した主な研究助成金

(1) 連想計算の代数に基づく並列連想計算方式の研究（2002 年度、文科省特定領域研究、研究代表者：高野明彦 国立情報学研究所ソフトウェア研究系 教授）

膨大な情報に基づく連想過程に計算的な基礎づけを与え、「連想の情報学」の基盤となる情報処理技術を提供することを目的に、連想計算エンジンGETA(Generic Engine for Transposable Association)が高速実行する連想計算の数学的構造を「連想計算の代数」として定式化し、その代数構造に基づくプログラム変換により汎用性の高い並列連想計算方式を提案した。提案方式はGETAを用いてPCクラスタ上に実装し、その実用上の有効性を検証した。GETAはその後、いくつかの商用サイトやスタンフォード大学でも使用されている [28]。

(2) 連想計算の代数に基づく並列連想計算方式の研究（2003 年度、文科省特定領域研究、研究代表者：胡振江 東京大学 大学院情報理工学系研究科 助教授）に研究分担者として参画した。

連想計算エンジン GETA が高速実行する連想計算について、次の点を明らかにした。

① GETA でサポートされている各種類似性計量による連想計算を一般化し、連想計算の代数モデルを考察した。インデックス行列の基本操作を抽象化し、代数的なデータ構造としてモデル化することにより、GETA で高速処理可能な計算を準同形として定式化した。

② GETA が扱う WAM データベースをリストなどのデータ構造を代数的にとらえて、GETA ライブラリを利用するためのインターフェイスをリスト操作の視点から構築し、以下の成果を得た。

(A) わかりやすさ : 基本的なデータ構造であるリストの操作としてインターフェイスを定義し、ユーザがすぐに使えるようにした。

(B) 安全性 : Haske11 の型推論によって実行時のエラーを排除した。また、代数間の写像として関数の性質を明確に記述できるようになった。

(C) 効率 : プログラム変換により、細部を隠蔽した抽象度の高いプログラムの記述と実行時の効率を両立させた。代数的手法が変換の正しさの証明や変換の自動的な導出が可能にした。

さらに、このインターフェイスを用いていくつかのアプリケーションを作成し、簡潔なプログラムで実用的な機能と性能を達成できることを示した [29]。

(3) 連想計算の代数に基づく並列連想計算方式の研究（2004～2005 年度、文科省特定領域研究、研究代表者：胡振江 東京大学 大学院情報理工学系研究科 助教授）に研究分担者と

---

[28] **研究最終報告**(http://kaken.nii.ac.jp/d/p/14019085)、**高野明彦、情報管理** Vol.49, No.3, 142-144, 2006

[29] **研究概要（最新報告）**(http://kaken.nii.ac.jp/d/p/15017215)、K Matsuzaki,etal., "Parallelization with Tree Skeletons"Lecture Notes in Computer Science. 2790. 789-798、2003

して参画した。

構成的アルゴリズム論に基づいて,100万件規模の文書DBを対象に連想計算(類似性計算)を高速実行するエンジン GETA について、連想計算の機構を「二つの世界とそれらを結ぶための双方向変換」として定式化し、双方向変換言語を提案した。双方向変換は、2 つのデータの間での同期を取ることを目的に考案された技術であり、始点と終点の 2 つのデータ間について、順方向の変換を記述することが同時に逆方向への情報の更新方法も実現するように設計した。

連想計算の新しい応用として、「梅林(Bi-Link)」という新しいファイルマネージャを実現した。既存のファイルマネージャは実際のディレクトリ木の見せ方に関する自由度が低く、ファイルに対する注釈、表示するファイルの順序、特定のファイルの隠蔽などの機能を細かくカスタマイズすることは出来ないが、「梅林」では、このような“見せ方”を連想計算(双方向変換)として記述すため、これらの機能を統一的に表現でき、なおかつ見せ方の自由度を高めることが出来た[30]。

(4) 工学技術デジタルアーカイブのためのアーカイビング手法ならびにその体系的提示法（2003～2005 年度、基盤研究（B)、研究代表者：末松安晴 国立情報学研究所 顧問）に研究分担者として参画した。

日本において第二次大戦後開発された工学技術の成果を、蓄積する手法、体系的に提示する手法の構築を目的に研究が実施された。国立情報学研究所を中心に、電気電子・情報関連 5 学会(映像情報メディア学会、情報処理学会、照明学会、電気学会、電子情報通信学会)が研究に協力する体制で行われた。特に、これらの学会では、科学研究費補助金(研究成果公開促進費:データベース)による活動として「映像情報・情報処理・照明・電気・電子・通信分野での戦後日本の世界的高揚期における卓越技術データベース」の構築を進めており、その活動と連携・協力することにより、実践的に研究を推進した。その結果、将来も継続して適用しうる標準的なデータ蓄積様式、適用すべきキーワードのあり方、著作権処理、ウェブを介したデータを蓄積、利用を前提としたインターフェースのあり方、海外の状況把握などに関して、基本的な考え方を確立した[31]。

(5) 自発的な学びを育む連想的情報アクセス技術（2004～2008 年度、文科省知的資産のための技術基盤プロジェクト 研究開発領域 2 教育機関向けデジタル・アーカイブ利用システム）において、本課題の代表者として研究を推進した。

CREST で開発された、複数の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

---

[30] **研究概要(最新報告)**(http://kaken.nii.ac.jp/d/p/16016213)、Shin-Cheng Mu, etal., "Bidirectionalizing Tree Transformation Languages：A Case Study" **コンピュータソフトウェア** 23･2、2006

[31] **研究成果報告書概要**(http://kaken.nii.ac.jp/d/p/15300039.ja.html)、Y.Sumatsu: "Reevaluation of Jpan's Highly Developed Technology" **電気学会論文誌** A Vol.124-A,No.1. 29-30、2004

連想探索できる検索エンジン「想－IMAGINE」のさらなるブラッシュアップが行われた。

①連想的 DB 結合技術（DB リンク）

リンクする DB として、画像情報、映像情報、三次元物体情報などにも適用できるように拡張する検討が行われた。画像情報のDB として、毎日新聞社が提供する毎日フォトバンクから厳選した 1 万 1 千枚の写真を自由なキーワードや文章で連想検索して閲覧できる情報サービスpictopicを開発した [32]。「世界遺産」で検索したときのpictopicの画面を図 3-19 に示した。

図 3-169　pictopic の検索画面

千夜千冊 [33]は、松岡正剛氏が超人的な努力で執筆して一般公開しているサイトの内容豊富な書評群を、連想検索で関連づけて読み進むための情報サービスを目指して、「千夜千冊マップ」を構築した [34]。

②連想的 DB 要約技術（DB サマライザ）

学習者の発想や興味に応じて、各データベースやデジタル・アーカイブがどのような関

[32] http://photobank.pictopic.info/
[33] http://www.isis.ne.jp/mnn/senya/
[34] http://senya.pictopic.info/

連情報を保持しているかを、学習者の連想を刺激する形で概観できる技術として、文書以外のメディアや日付・位置等の標準的なメタデータを用いる概観法についても検討した。

③情報濾過技術（DB ピュリファイヤ）

百科事典、各種専門事典、新聞記事 DB、各種デジタル・アーカイブなど信頼性の保証されている情報源を連想的に相互結合し、それを濾過フィルターのように用いて信頼性を判定する技術を開発した。学習者の発想や興味に応じて、ほとんどがゴミのインターネット由来の情報から、信頼性の高そうな情報を選択的に抽出できるようになった。判定の根拠となった高信頼な関連情報へのリンクが自動生成されるので、個別に情報の正しさを確認することも可能となった。

④理解容易な自己説明機能を持つコンテンツ（フェイルセーフ・コンテンツ）構築技術

一つの情報について、平易で分かりやすい記述から専門的で正確な記述までが多重に用意されていて、学習者の知識や理解力に応じて理解可能な記述へナビゲートする技術を検討した。

また、新しい試みとして、「想－IMAGINE」をパソコン操作で立ち上げるのではなく、興味のある新書を書架から数冊ピックアップし、専用架台に置くことにより、それにつながったパソコンの画面に、選んだ新書から連想される情報が表示されるシステムの運用を、千代田区図書館の協力を得て開始した。システムの外観を図 3-20 に示した[35]。

図 3-20　新書で起動される「想－IMAGINE 」

(6) 電気関連技術に関わるマルチメディア技術史アーカイブの情報発信方法の研究（2006～2007 年度、文科省、特定領域研究、研究代表者：末松安晴 国立情報学研究所 大学共同

[35] http://www.hal.t.u-tokyo.ac.jp/cc-society/index.html

利用機関等の部局等 顧問）における、研究分担者として参画した。

本研究では、日本が過去に蓄積してきた電気関連技術を、WEB 技術・検索技術を中心とする先端 IT 技術を活用して、若年層を含む一般者にも技術の専門家にも、分かりやすく情報発信する方法を研究開発することを目的とし、電気電子・情報関連の 5 学会（映像情報メディア学会、情報処理学会、照明学会、電気学会、電子情報通信学会）と国立情報学研究所(NII、National Institute of Information)が連係する委員会体制を組んで、研究を推進した。

コンテンツの素材は学会が提供し、NIIが中心となってデータベース化し、2007 年 7 月に試作された「日本の電気電子・情報関連卓越技術データベース」をモニターに試用してもらい、それに基づく改善を実施した。2007 年 11 月にはデータベースを暫定公開し、一般者にも分かりやすくするため、技術説明の平易化を含むさまざまな改善を実施した。本データベースの愛称を「電気のデジタル博物館」とし、2008 年 3 月 26 日に報道発表をするとともに本格公開を開始した [36]。

なお、本研究は現在進行中の二つの科学研究費補助金「映像情報・情報処理・照明・電気・電子・通信分野での戦後日本の世界的高揚期における卓越技術データベース」「工学技術デジタルアーカイブのためのアーカイビング手法ならびにその体系的提示方法」の成果を活用し、継承発展させる形で進めた [37]。

3-3-3 研究成果の社会へのインパクト

(1) 連想情報学研究開発センターの設立

高野らの研究成果を受けて、連想情報学の重要性が認識され、国立情報学研究所に、表記センターが 2002 年に設立された。

連想情報学では、多様で膨大な電子情報から関連情報を収集整理して、新しい発想を生み出すのに役立つ情報利用環境を追求し、情報内容の類似性を高速に計算する連想計算エンジンを開発した。それを活用して様々な分野の情報を関連づけて利用する情報サービスを公開して、出版業界、美術館・博物館関係者、図書館関係者などに様々なインパクトを与えている。

「信頼できる情報を得やすい社会」の実現には、引用元をどこまでもたどれる情報表現によって、主張の根拠を誰でも確認でき、裏が取れる形での情報発信を広く行き渡らせることが必要で、そのような情報発信に確かな基盤を与えるためには、図書館（**L**ibrary）、美術館・博物館（**M**useum）、街（**A**rchives）に蓄えられてきた文化的な情報の活用が欠か

[36] http://www.dbjet.jp/

[37] **研究概要報告書、最新報告(http://kaken.nii.ac.jp/d/p/18046017.en.html)、大来雄二他、特定領域研究「日本の技術革新－経験蓄積と知識基盤強化－」、第 3 回国際シンポジウム研究発表会　論文集、電気関連技術に関わるマルチメディア技術史アーカイブの情報発信方法の研究、2007**

せず、本センターでは、ここに照準を定めて、M・L・Aの各分野で蓄積された情報源に連想技術を適用して、情報内容の関連性によるMLA連携を推進しており、実用的な情報サービスを構築して、それらを一般社会に届けることにより、「信頼できる情報を得やすい社会」の実現に貢献している。具体的な活動を次に列挙した[38]。

①DB などの公開

・e読書ラボ[39] 2011 年 11 月～

本の街・神保町にオープンした小さな公開実験室。電子書籍端末、紙の本、パソコンを自由に組み合わせて未来の読書を体験できる。

・小布施正倉[40] 2011 年 5 月～

高井鴻山が土台を築いた芸術を愛するまち、長野県小布施町内に点在する文化遺産を検索・一覧できる

・Powers of Information 徳川美術館 2010 年 11 月～

名古屋開府 400 年および徳川美術館開館 75 周年を記念した特別展「国宝 初音の調度」展にあわせて開発した、徳川美術館の所蔵作品をタッチパネルと高精細画像で楽しむことができる電子企画展。特別展終了後も Powers of Information は館内で常設展示されている。

・Webcat Plus[41] 2010 年 6 月～

本・作品・人を手がかりに、大学図書館、公共図書館、新刊書店、古書店から情報を探り出して整理するための電子書斎「連想 x 本棚」を備えた図書検索サイト。

・早稲田大学演劇博物館版 想－IMAGINE[42] 2010 年 6 月～

演劇博物館が公開する浮世絵などの文化財アーカイブと他機関の情報とを連想的に検索できるサービス。

・国立美術館版 想－IMAGINE[43] 2010 年 6 月～

国立美術館 4 館が公開している美術作品などのデータベースと他機関の情報との連想的に検索できるサービス。

②特別展示

・高精細画像で絵巻を鑑賞「国宝 玄奘三蔵絵の世界」

奈良国立博物館で開催された特別展「天竺へ 三蔵法師 3 万キロの旅」にあわせて、国宝「玄奘三蔵絵」（藤田美術館所蔵）の高精細画像を鑑賞できるサービス「国宝 玄奘三蔵絵の世界」を奈良国立博物館と共同で制作し、一般に公開した。

---

38 http://rensou-center.cs.nii.ac.jp/index.html
39 http://edokusho.info/
40 http://obuseshoso.info/
41 http://webcatplus.nii.ac.jp/
42 http://imagine.enpaku.waseda.ac.jp/
43 http://imagine.artmuseums.go.jp/

会期：2011 年 7 月 16 日～8 月 28 日

場所：奈良国立博物館

・タッチパネルと高精細画像で書誌学の世界にふれる「Powers of Information 斯道文庫」

慶應義塾大学附属研究所斯道文庫が所蔵する貴重な書物の数々を高精細画像で楽しむことができる。

会期：2010 年 11 月 29 日～12 月 4 日

場所：慶應義塾図書館旧館（斯道文庫開設 50 年記念事業『書誌学展』）

・東京国立近代美術館「ゴーギャン展　インサイト・ビューコンテンツ」

ゴーギャンの代表作「我々はどこから来たのか　我々は何者か　我々はどこへ行くのか」を対象に、絵画を構成する各種モチーフを読み解きながら、その世界へ分け入っていける電子展示作品。

会期：2009 年 7 月 3 日～9 月 23 日

場所：東京国立近代美術館

3-3-4　人材育成

本プロジェクトに参加した主要若手研究者の動静について下記表 3-1 に示す。

表 3-3　参加主要若手研究者の動静

メンバー	期間中所属	職位	現所属	職位
丸川　雄三	国立情報学研究	特任助手	国立民族学博物館	准教授
佐藤　一郎	国立情報学研究	助教授	国立情報学研究所	教授
村田　剛志	国立情報学研究	助教授	東京工業大学	教授
古山　宣洋	国立情報学研究	助教授	NII・東京工業大学	准教授
江口　浩二	国立情報学研究	助手	神戸大学	准教授
黒橋　禎夫	東京大学	助教授	京都大学	教授

3-4 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 （独）産業技術総合研究所 デジタルヒューマン研究センター、特別フェロー　客員教授）

3-4-1 研究期間中における状況

(1) 本研究開始のころの状況

デジタルヒューマンは「人が関わるシステムにおける Weakest Link は人である」との認識のもとに、人間の機能をコンピュータ上に実現したモデルである。モデル化すべき人間の機能を、生理解剖、運動機械、行動の３つの側面で考えて、人間機能の統合モデルを構築することを目標に、人を観察する技術、モデルで再現する技術、結果を提示する技術から構成される新しい複合境界領域分野の確立を目指して研究が推進された。本研究では、人間の運動・行動による人体の形状が強く関わる具体的課題設定を通じて、人間の行動を再現するメカニズムの解明を目指した人間機能の統合的モデリング“人を知るデジタルヒューマン”を基軸とした。その具体的事例として、

① さまざまなセンサーを備え、日常生活空間内での行動観察技術の研究を進めることで、睡眠時無呼吸症候群の診断、高齢者の夜間行動見守りシステム、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から住宅内事故に繋がるハザードを発見し、危険性を低減する技術を開発するなど、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”の研究を行った。

② 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、人間の運動中の変形や表面触覚感度分布などに応じて製品のフィット性を向上させる技術の研究を行い、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”の研究を行った。

③ 人間様体形としてヒューマノイドロボットのコンピュータモデルを与え、複雑な障害物環境下での移動経路と全身運動計画をシミュレーションし、その結果を、上記で確立したヒューマノイドプラットフォームを用いて実証した。

このプロジェクトの研究によってデジタルヒューマン基盤技術という新しい研究分野が立ち上がった。

3-4-2 研究終了後の基礎研究としての継続・発展状況

金出が、本プロジェクトならびにその後に、獲得した主な研究助成金は、図 3-21 の通りであり、研究助成金ごとの研究内容、成果のうち、本研究の継続・発展に関係することは以下のとおりであった。

期間	研究資金	機関名	研究テーマ	金額（千円）	代表/分担	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
2001～2006年度	CREST	JST	デジタルヒューマン基盤技術		研究代表者					3期					
2002年度	IPA未踏ソフトウェア推進事業	情報処理振興事業協会（現 独立行政法人情報処理推進機構）	二足歩行のためのデジタル・ヒューマンウエア	2,000	研究代表者										
2004年度	基盤研究(C)	文部科学省	センシンググリッド	2,000	研究分担者										

図 3-21　本プロジェクト以降に獲得した主な研究助成金

(1) 二足歩行のためのデジタル・ヒューマンウエア（2002 年度、未踏ソフトウェア推進事業）が、IPA（Information-technology Promotion Agency, Japan：情報処理推進機構）において実施された。

本研究は、デジタルヒューマン技術において動力学的に安定な二足歩行を可能とするための観測・生成ソフトウェアの作成を目的とし、ソフトウェアとして、

① 人間の機構的・形状的・力学的なデジタルヒューマン表現ソフトウェア
② 三次元視覚による人間の歩行のデジタルヒューマンモデルの獲得
③ 任意の体形の人間の動力学的に安定な二足歩行軌道の生成
④ 生成した歩行軌道のシミュレーション・表示環境
⑤ ヒューマノイドロボットによる実証環境

が開発された。

その結果、歩行という人間の基本動作を力学的・形状的・機構的制約を満たす形で表現する広範なソフトウェアがえられた。これによりヒューマノイドロボットのより人間に近い自然な歩行と動作のデモンストレーションが産業技術総合研究所で行われた。図 3-22 にその状況を示した。このように、人間の運動を力学的に正しい形で計測し，計測したデータを用いて仮想環境上でさまざまな行動をさせる運動・機械的なモデリングが可能となれば，人間工学的な製品の設計・評価，建築や都市環境の設計・評価，医学応用などが可能

になると期待されている。

図 3-22　ヒューマノイドロボットによる二足歩行の実証実験

(2) センシンググリッド（2004 年度、文科省、基盤研究（C)、研究代表者：美濃導彦 京都大学 学術情報メディアセンター 教授）に研究分担者として参画した。

本研究では、近年急速な普及が見られるユビキタスセンサネットワークの存在を前提とし、次世代のセンサーの新たな利用可能性を開拓する技術である"センシンググリッド"のコンセプトについて検討し、その実現のためには、異種センサの同期、センサーデータの蓄積・管理・共有化、情報要求・サービス提供の仕様記述,アプリケーション開発のためのバターン処理ツール開発、プログラムの隔離・自律化、センサー情報・利用者情報の秘匿化、被観測者の個人情報の選択的開示等の技術が必要となることを明らかにした。

3-4-3 研究成果の社会へのインパクト

(1) 新しい研究領域「デジタルヒューマン」の創出

2001 年の産総研設立と同時に、同研究所内に設置されたデジタルヒューマン研究ラボは、同年から CREST の研究資金を得て、分野融合的なデジタルヒューマン研究を推進し、その成果を踏まえて、2003 年にデジタルヒューマン研究センターとなり、様々な人間機能（人

体形状、運動力学、感性、指の感覚、子供の行動、患者の心理生理反応など）を再現するコンピュータモデルの開発が行われた。これらのモデルを活用した具体的な製品として、①メガネフレーム[44]、②マウス[45]、③人体形状スキャナー[46]、④超音波位置センサー[47]、⑤総合人体モデル“Dhaiba”[48] などが商品化されている。

また、デジタルコンテンツとして、
⑥事故再現映像[49]、⑦人間特性データベース[50]等が公開されており、各方面で広く活用されている。

さらに、2010 年 4 月 1 日に、デジタルヒューマン研究センターは、デジタルヒューマン工学研究センター（Digital Human Research Center : DHRC）と改称され、新たな研究をスタートさせた。前身のデジタルヒューマン研究センターの基本理念であった「人間個人の機能モデルで個人の欲求を満足するように製品を最適化する技術開発」の成果を生かした製品群により、明らかになってきた課題「個人の欲求と社会全体の価値の相反（子どもに安全な製品が大人には少し使いにくいため普及しない、健康への取り組みがなかなか持続できず社会の医療負担が低減できないなど)」を踏まえ、単に、個人の身体機能をモデル化して、身体と製品のみで最適設計をするだけでなく、製品やサービスの提供を受けたときの行動や生活もモデル化し、より広い視点で人間生活と製品・サービスを最適設計する必要があるとの考えから、学術的なデジタルヒューマン研究における、身体をより精密に、臓器、細胞、遺伝子レベルまで掘り下げてモデル化していく方向に加えて、身体を基盤とした行動、生活、社会をモデル化していく研究が展開されるようになった。DHRCの研究のコンセプトを図 3-23 に示した[51]。CRESTでの研究成果がベースとなり、新しい分野融合的な研究に、発展・展開されているといえる。

44 http://www.dh.aist.go.jp/jp/research/centered/eyeglass/
45 http://www.dh.aist.go.jp/research/centered/mouse/
46 http://www.dh.aist.go.jp/jp/research/centered/bodyscanner/
47 http://www.dh.aist.go.jp/research/enabling/Ultrasonic3DTag/index.php.ja
48 http://www.digitalhuman-tech.com/
49 http://www.shouhiseikatu.metro.tokyo.jp/anzen/kyougikai/h19/sample.html
50 http://www.tech.nite.go.jp/human/sapience/contents/infosheets/sheet0047d.html
51 http://www.dh.aist.go.jp/jp/dhrc/、持丸正明、“デジタルヒューマン工学研究センター”、Digital Human Symposium 2011,1-4, 2011

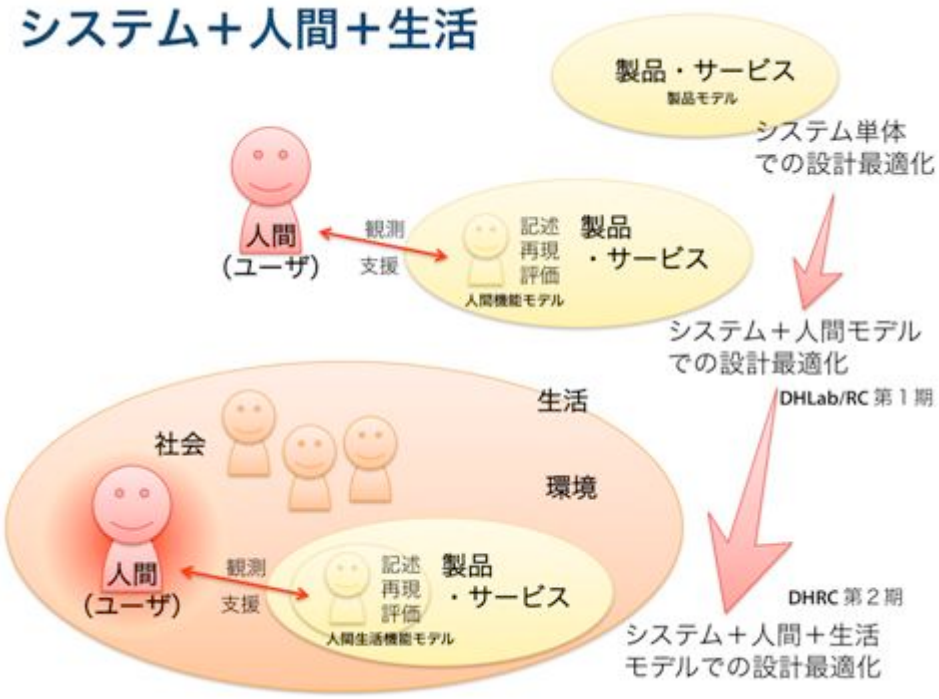


図 3-23　DHRC での研究のコンセプト

3-4-4　人材育成

本プロジェクトに参加した主要若手研究者の動静について下記表 3-1 に示す。

表 3-4　参加主要若手研究者の動静

メンバー	期間中所属	職位	現所属	職位
吉田　宏昭	JST	CREST研究員	信州大学	准教授
青木　慶	JST	CREST技術員	産業技術総合研究所 デジタルヒューマン研究センター	技術研究員
中田　亨	産業技術総合研究所	研究員	産業技術総合研究所	主任研究員
宮田なつき	産業技術総合研究所	研究員	産業技術総合研究所	主任研究員

3-5　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　岡山県立大学情報工学部　教授）

3-5-1 研究期間中における状況

(1) 本研究開始のころの状況

本研究では相手と一体感があり、お互いの心が通い合う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、各種の感覚情報を制御できる仮想環境で、対話者のノンバーバル情報と生体情報を処理することによって、ヒューマンインタラクションを体系的に解析できる身体的バーチャルコミュニケーションシステムのコンセプトを提案し、そのプロトタイプを開発した。本システムにおいては、対話者のうなずき、腕部動作等の身体動作を電子メディアの仮想環境上で表現する VirtualActor をリアルタイムで合成でき、対話者は VirtualActor を介して仮想環境での対面コミュニケーションが可能となり、システムの有効性が実証された。本研究で開発したシステムは、本格的に身体性の共有を考慮した初めてのシステムであり、対話中の自己の振舞いを含む場の情報、すなわち対話者相互の身体的関係を得ることが可能となった。

特に実験と同時に各種ノンバーバル情報や生体情報が計算機の記憶媒体に収集され、仮想環境でのコミュニケーションの各種パラメータを制御してシミュレーション実験する合成的解析により、コミュニケーション特性を解析することができた。さらに、上記の研究成果を基に、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、このシステムを用いて身体的コミュニケーションを解析し、身体性の共有の重要性を明らかにした。

更には、コミュニケーション・メカニズムに基づいた次世代ロボットやヒューマンインタフェースを提案した。

3-5-2 研究終了後の基礎研究としての継続・発展状況

渡辺が、本プロジェクトならびにその前後に、獲得した主な研究助成金は、研究助成金ごとの研究内容、成果のうち、本研究の継続・発展に関係するものは図 3-24 のとおりであった。

期間	研究資金	機関名	研究テーマ	金額（千円）	代表/分担	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
2000～2004年度	CREST	JST	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				1期											
2004～2005年度	次世代ロボット実用化プロジェクト（プロトタイプ開発支援事業）	NEDO	子供を元気づける身体的コミュニケーションロボットの研究開発	2005年度 930,000	プロジェクトリーダー															
2005～2007年度	基盤研究（C）	文部科学省	仮想空間協調作業支援システムにおける身体性の効果	3,680	研究分担者															
2006～2011年度	CREST デジタルメディア作品の制作を支援する基盤技術	JST	人を引き込む身体性メディア場の生成・制御技術		研究代表者															
2007～2008年度	特定領域研究	文部科学省	一体感が実感できる身体的コミュニケーションインタフェース	6,300	研究代表者															

図 3-24　本プロジェクト以降に獲得した主な研究助成金

(1) 子供を元気づける身体的コミュニケーションロボットの研究開発（2004～2005 年度、NEDO、次世代ロボット実用化プロジェクト（プロトタイプ開発支援事業)、プロジェクトリーダー：渡辺富夫 岡山県立大学 情報工学部 情報システム工学科 教授）にリーダーとしてロボットを開発した。開発のコンセプトは、子供を励まし元気づけるなどこれまでとは違った関係で、子供と会話を楽しむ身体的コミュニケーションロボットとし、InterAnimalと名付けられた[52]。開発したシステムを図 3-25 に示す。

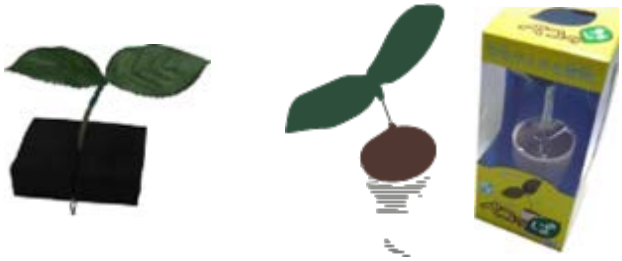
図 3-25　開発したシステム InterAnimal

(2) 身体的コミュニケーションの引き込み原理に基づく生活基盤ヒューマンインタフェース（2005～2008 年度、文科省、基盤研究（B)、研究代表者：渡辺富夫 岡山県立大学 情報

[52] 加藤裕代、渡辺富夫、山本倫也、“音声駆動型身体引き込み動物キャラクタ InterAnimal”、ヒューマンインタフェースシンポジウム論文集、Vol. 2005、 619-622、2005

工学部 教授）おいて、研究代表者として研究を推進した。

音声対話におけるうなずきや身振りなどの身体的リズムの引き込みをCGキャラクタやロボットなどのメディアに導入することで、身体的インタラクションを促進させ、一体感が実感できる身体的コミュニケーションシステムを研究開発した。本システム・技術は、メディアロボット・コンテンツ制作や携帯電話・インターネット等の音声対話インタフェース、音声認識ソフトへの導入など、広範囲な応用が容易に可能で、うなずく植物「ペコッぱ」など商品化した[53]。「ペコッぱ」の外観を図 3-26 に示す。



（a）プロトタイプ　　（b）㈱セガトイズ「ペコツぱ」

図 3-26　うなずき草「ペコッぱ」

(3) 一体感が実感できる身体的コミュニケーションインタフェース（2007～2010 年度、文科省、特定領域研究、研究代表者：渡辺富夫 岡山県立大学 情報工学部 教授）において、研究代表者として研究を推進した。

人は、単に言葉だけでなく、うなずきや身振りなどを共有し、互いに引き込むことでコミュニケーションしているが、この身体性の共有を、キャラクタや 3D オブジェクトなどのメディアに導入し、対話者と身体性を共有してインタラクションを円滑にする身体的コミュニケーションインタフェースを開発し、引き込みによる身体的インタラクションの重要性を実証することを目的に研究した。

① 間の合った対話の実現に関して、3DCGオブジェクトを用いた音声駆動型身体的引き込みシステムを開発し[54]、そのシステムを、うなずき草「ペコッぱ」の開発と商品化に活用した。

② 発話音声と発話動作の生成タイミングのわずかな違いが、異なるコミュニケーション効果をもたらす点に着目し、人とキャラククとの典型的なかかわり行動である、情報提示インタラクションを対象に、動作に対する発声タイミング制御の効果を合成的に解析し、そ

[53]研究概要、最新報告(http://kaken.nii.ac.jp/d/p/17360118)、Tomio Watanabe"Human-entrained Embodied Interaction and Communication Technology"Emotional Engineering, Springer, 161-177, 2011.

[54] 吉田真章、渡辺富夫、山本倫也: "3DCG オブジェクトを用いた音声駆動型身体的引き込みシステム" ヒューマンインタフェース学会論文誌 Vol.9,No.3. 369-378 ,2007

のコミュニケーション効果の解明を試みた。その結果、情報が提示される時開に拘わらず、勤作と発声を同時に生成するのではなく、適度に発声を遅延させることで「好き」「丁寧」など好ましいインタラクション効果をもたらすことを明らかにした[55]。

③ うなずき反応モデルをバーチャル空間で重畳した場合の身体的インタラクションの促進効果や、身体的引き込みを複数のキャラクタに導入することで、身体的インタラクションを促進する場の生成システムのプロトクイプを開発し、人と人がかかわり合い楽しむ仕組みの解明を行った[56]。

(4) 人を引き込む身体性メディア場の生成・制御技術（2006～2011 年度、CREST、デジタルメディア作品の制作を支援する基盤技術、研究総括：原島博 東京大学 名誉教授）において、研究代表者として、研究課題を担当した。

本プロジェクトの目標は、観客があってこそ成立するメディア芸術の創造支援を対象として、身体性を活かして演者と観客が一体化するメディア場を創出するために、仮想観客を生成して身体的引き込みにより場を盛り上げる「身体的引き込みメディア技術」、観客を取り込んだ場を統合表現する「身体的空間・映像メディア技術」、身体運動により音響場を生成する「身体的音響メディア技術」を研究した[57]。

① 身体的引き込みメディア技術の研究開発

(A) アバターを介して身体的インタラクション・コミュニケーションを合成的に解析する身体的バーチャルコミュニケーションシステムにおいて、バーチャル空間の壁全体に広がる複数のひまわり型CGオブジェクトが身体的引き込みに反応してコミュニケーション場にかかわる音声駆動型身体引き込み壁画システムInterWallを応用し、場の盛り上がりに応じて身体的引き込みを変化させる音声駆動型身体的引き込みシステムEnhanced Audienceを開発展開し、システムの有効性を明らかにした[58]。

(B) 握手ロボットや腕相撲ロボットの身体的インタラクションシステム開発の知見を活かして、語りかけに対してうなずきのタイミングで前後に加速度運動をする音声駆動型身体的引き込みチェアシステム InterChair を開発し、２体用いて対話者同士に身体的引き込みを誘発させることで、身体的インタラクション効果を確認した。開発したシステムを図 3-277 示す。

---

55 山本倫也、渡辺富夫: "身体的エージェントの情報提示インタラクションにおける動作に対する発声タイミング制御の効果" ヒューマンインタフェース学会論文誌 Vol.10, No.2. 135-143, 2008

56 瀬島吉裕、渡辺富夫、山本倫也: "うなずき反応モデルを重畳した VirtualActor を介する身体的コミュニケーションの合成的解析" 日本機械学会論文集(C 編) Vol.75,No.758. 169-178、2009

57 研究終了報告書（http://www.jst.go.jp/kisoken/crest/research/s-houkoku/03_04.pdf）

58 瀬島吉裕、石井裕、渡辺富夫：アバタコミュニケーション支援のための音声駆動型身体的引き込み絵画を用いた仮想観客システム，日本機械学会論文集（C 編），Vol.78, No.786, pp.523-534, 2012

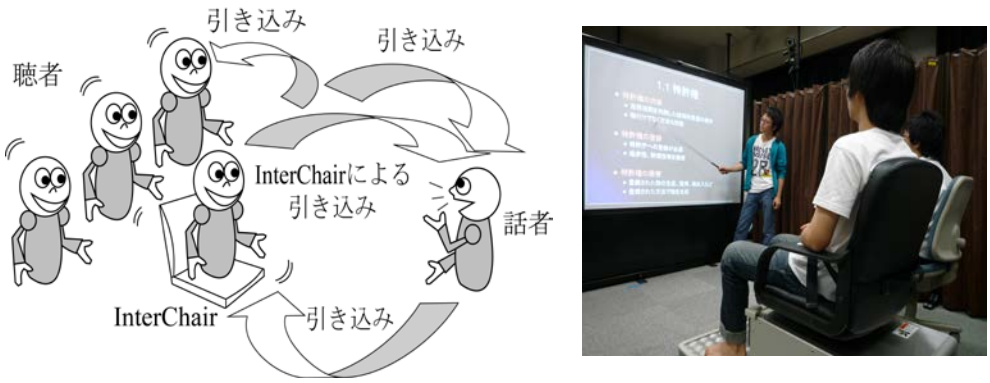


図 3-27　音声駆動型身体的引き込みチェアシステム InterChair

(C) タイピング駆動型身体引き込みキャラクタチャットシステム InterChat を開発展開し、３者間でのチャットシステムへの拡張や入力情報提示手法を考案し、実用性・汎用性を高めた。

(D) 語りかけに草花がうなずきなどの引き込み反応をする身体的インタラクション玩具として商品化した「ペコッぱ」32 体と「花っぱ」12 体を用いて、語りかけに集団引き込み反応をして場を盛り上げる身体的インタラクションシステム PekoPeko を開発した。また、音声・音響に基づいて映像球がうなずきのタイミングで発光する身体的点滅映像システムを開発し、本システムを身体の動きを影メディアとして表現する Shadow Awareness Ⅱシステムへ組み込み、映像メディアを取り込んだダンスパフォーマンスで公開した。

(E) これらの場を盛り上げ、場の雰囲気をつくるシステム・技術の研究成果は、ジェノバ・サイエンスフェスティバル、ドラえもんの科学みらい展、予感研究所３等の多くの場で公開展示することで、身体的引き込みの重要性や不思議さをアピールした。

②身体的空間・映像メディア技術の研究開発

(A) 地理的に離れた場所にいる観客と演者の間で一体感や共存在感が生み出されるための劇場型の影システム（WSCS）を設計製作した。次に、観客と演者との間に気づきと出会いの場が創出されるための影メディア投影手法について検討した。具体的には、舞台と観客席の境界に通り抜け可能な透過型のスリットスクリーンを設置し、スクリーンの両側（舞台側と観客席側）から影メディアを同時に投影できるシステム（Shadow Awareness II）を新しく開発した。これにより、影メディアを介して、観客のイメージ生成が促されると同時に、演者による表現の場（舞台）が観客の働きによって劇場全体にまで拡張される見通しを得るここができ、観客インタフェースとしての有効性を確認した。

(B) 手合わせ表現における共振感覚に着目した研究を通じて、自己の明在的領域と暗在的領域とのインタラクションによって、「表現の場」が創出され、それに伴ってイメージやコンテクストが生成されることを思考作業モデルとして提案した[59]。

(C) 自身（参加者）の身体の動きに連動して動く影アバターを自身の身体の影と重畳させて提示する影アバターシステムにおいて、影アバターが持つ冗長自由度の動きを、このアバターが存在する映像空間の重力環境に合わせて変化させると、その条件に合致した身体感覚が体験者に自ずと創出される可能性があることを発見した。そして、本システムを予感研究所 3（2010 年 5 月、日本科学未来館）にて公開展示した。

(D) 自身が存在する現場と映像メディア空間とを非分離的に統合する無境界インタフェースを実現するために、霧空間の多層化による全周囲型霧ディスプレイの製作し、イメージ・共感ジェネレータとして活用できることを現象的に示した。

③身体的音響メディア技術の研究開発

(A) 把持動作に伴うボールの歪および外部環境の光の強弱を検出する新しいタイプのワイヤレスインタフェース TwinklBall を複数同時に使用できるシステムとして完成した。このインタフェースは透明なビニールボール様であり内部光源を有するため、視覚的にもユーザの運動を見ることができる。また、加速度センサも搭載しているため把持姿勢のセンシングにより、多様な使用法が可能である。身体的空間・映像メディア技術グループの成果を中心とするダンスパフォーマンスにおいて、TwinklBall を複数のダンサーが使用して身体的音響メディアによる協調作業の試みを行った。

(B) 人間の演奏と機械系の演奏の総合音響を聴取し、その信号レベルおよびパターンレベルの特徴から、場の盛り上がりを推定し、機械系の演奏に反映させるシステムを製作した。本システムは、全体音響を入力とするため、電子楽器以外や複数人による演奏にも適応可能である。

(C) 音響提示を動的に制御するために、面状に配置した超音波スピーカ群による音響提示法を検討し、音場の実時間制御を試みた。本システムでは、音圧、位相ではなくスピーカを配置した 2 次元曲面を変化させることでより柔軟な音場制御を実現した。

(D) 触力センシングに基づく人間と機械系の身体性インタラクションに関しては、ロボットの足底に圧力センサを取り付けて、人間が外力を非周期的に加えてもバランスを保持する

[59] T. Watanabe, “Electromyography Focused on Activeness and Passiveness in Embodied Interaction: Toward a Novel Interface for Co-creating Expressive Body Movement”, J. Advanced Mechanical Design, System, and Manufacturing, Vol.5 No.1, pp.35-44, 2011

制御機構を実装しその有効性を確認した。また、様々なセンサ出力信号の雑音を除去する非線形フィルタリングおよび信号処理に関しては、雑音抑制をSN比で評価するのではなくパターンレベルでの抑制効果をみるために、音声認識率での評価を行うとともに新しい画像認識機構の提案を行った[60]。

(E) 以上の成果のいくつかは、予感研究所 3 およびジェノバ・サイエンスフェスティバルにおいて展示とデモンストレーションを行った。

3-5-3　研究成果の社会へのインパクト

(1) ベンチャー企業インタロボット㈱の設立

渡辺を中心とした産学連携の研究成果を礎として、2000 年に創業された[61]。

音声から、コミュニケーションのベースとなる身体動作を生成する技術を活用し、ヒューマノイドロボットの対話時の身体動作、話を聞いてくれる優しい玩具、生き生きと動くＣＧキャラクタ、ＣＧアバター、メッセージを伝えるアミューズメントロボットなどを開発し、販売、レンタル、コンサルタント事業などを行っている。

(2) 癒し系玩具の商品化

3-5-2 (3) で述べたように、音声を認識してCGコンテンツを駆動する技術を応用した「ペコッぱ」が、「“空気が読める”？！不思議な葉っぱ」というキャッチフレーズで、㈱セガトイズから 2008 年 9 月 30 日に発売された[62]。

この商品は 5 万個以上売り上げるヒット商品となり、うなずきシリーズの新商品として「花っぱ」が 2009 年 7 月 24 日に発売された。うなずきに加えて、特徴ある動きが出来るように工夫されている。商品の種類と、その特徴を図 3-28 に示す[63]。

---

60 M., Bundzel, etal., "Object Identification in Dynamic Images Based on the Memory-Prediction Theory of Brain Function ",J. Intelligent Learning Systems and Applications, Vol.2 No.4, 212-220, 2010

61 http://www.i-robot.co.jp/

62 http://www.segatoys.co.jp/company/press_release/pdf/20080606.pdf

63 http://www.segatoys.co.jp/company/press_release/pdf/20090625.pdf

図 3-28　花っぱの 3 種類の商品

(3) 各種イベント、展示会でのデモンストレーション

発話音声から引き込むようにコミュニケーション動作を自動生成するインタロボット技術は、本プロジェクトにより開発された、世界初の本格的な身体的コミュニケーション技術であり、日本科学未来館で常設展示 [64]されている。それに加えて、各研究プロジェクトで得られた新しいシステムは、試験を兼ねて積極的に展示・公開が行われている。例えば、愛知万博プロトタイプロボット展での、InterAnimalの展示 [65]や、3-5-2（4）②で得られた成果の、サイエンスフェスティバル(2010 年 10 月 29 日～11 月 7 日、イタリア・ジェノバ)での展示などである。この展示では、会場のボルサ宮に、高さ 4m、幅 10mのスリットスクリーンを設置して、幅 10m、奥行き 14mの空間に影メディアを投影し、Shadow Awareness Ⅱの体験展示と技術紹介のデモを行った。さらに、作品「Dual 2010」を 5 回にわたり、車椅子の 2 人を含む 8 名のダンサーで上演した [66]。また、ワヤン・クリ（南アジアの影絵人形)、ピノキオ、人形浄瑠璃を題材とした影アバターシステムをボルサ宮に設置し、公開した。

64　http://www.miraikan.jst.go.jp/
65　http://pc.watch.impress.co.jp/docs/2005/0613/nedo.htm
66　Y. Miwa, etal., “Shadow Awareness: Enhancing theater space through the mutual projection of images on a connective slit-screen”, Leonardo, the journal of the International Society for the Arts, Sciences and Technology (SIGGRAPH 2011 Art paper, 2011

(4) マスメディアの注目

NHK の人体をテーマにした知的バラエティー番組「解体新ショー」で「なぜ人はうなずくのか？」（2007/6/23）で取り上げられたのをはじめ、フジテレビ「とくダネ！」で「「ペコッぱ」という癒し系オモチャ」（2008/10/27）、テレビ東京「たけしのニッポンのミカタ」で「空気を読んでリアクションできる　大人気コミュニケーショントイ」（2009/9/4）など、2005 年から 2009 年の間で、14 回におよんだ。また、新聞報道は 2005 年から 2010 年の間で、35 件に達した。

本研究で開発したシステム・技術は、文部科学省科学技術政策研究所による第 3 期科学技術基本計画のフォローアップに係わる調査研究「政府投資が生み出した成果の調査」で代表的な成果 39 事例の一つとして、「イノベータ日本」世界を魅了するユビキタス社会の実現の成果「人を引き込む身体的コミュニケーション技術(身体的引き込み技術)」として選定された。本システム・技術は、身体的インタラクションロボット・玩具、携帯電話・インターネット等の音声インタフェース、ゲームソフト・音声認識ソフトへの導入など、教育・福祉・エンタテインメントをはじめ人とかかわる広範囲な分野で応用が可能であり、今後の展開が期待されている。

3-5-4　人材育成

本プロジェクトに参加した主要若手研究者の動静について下記表 3-1 に示す。

表 3-5　参加主要若手研究者の動静

メンバー	期間中所属	職位	現所属	職位
神代　充	岡山県立大学	助教授	岡山県立大学	教授
山本　倫也	岡山県立大学	助手	関西学院大学	准教授
黒田　勉	香川大学	助教授(助手)	香川大学	准教授
山田　貴志	香川大学	講師	香川大学	准教授
石井　裕	神戸大学(元岡山県立大学)	助手	岡山県立大学	准教授

参考資料

参考資料１　研究代表者の所属機関、役職および CREST 以降の経歴

NO	研究者氏名	研究終了時所属	現所属	職歴
1	池内克史	東京大学大学院　情報学環 教授	東京大学生産技術研究所　教授	カーネギーメロン大学 April 1996 to present　東京大学　生産技術研究所　教授 April 1996 – present　東京大学　電気工学科　教授 April 1997 to present　東京大学　情報科学科　教授 April 1997 to March 2001, April 2005 to present　東京大学　空間情報科学研究センター　教授 April 2000 to present　東京大学　大学院学際情報学府　教授 April 2006 to present　国立情報学研究所　教授
2	石田　亨	京都大学大学院　情報学研究科　教授	京都大学大学院情報学研究科 社会情報学専攻 広域情報ネットワーク分野　教授	1998–present: 京都大学　社会情報学研究科　教授 2008– present: 国立情報学研究所　客員教授 2006–present: Project Leader (April 2006 – March 2011), Language Grid, National Institute of Information and Communications Technology. 2002–2009:　上海交通大学　客座教授 2006 summer: 清華大学　コンピューター科学部　客員教授 1998–2005: NTTコミュニケーション科学基礎研究所　リサーチプロフェッサ 2003 summer:パリ第六大学　招聘教授 2002 summer: メリーランド大学　客員教授 2000 spring: パリ第六大学　招聘教授
3	Nick Campbell	株式会社国際電気通信基礎技術研究所 プロジェクトリーダー	ダブリン大学トリニティカレッジ Stokes教授 奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科 客員教授	2008–present: ダブリン大学トリニティカレッジ　Stokes教授 2005–2008: ATR音声言語コミュニケーション研究所 Chief Researcher 2006–2008: (独)情報通信研究機構　Expert Researcher ATR ネットワーク情報学研究所
4	三宅　なほみ	中京大学　情報科学部　教授	東京大学 教育学研究科(研究院)教授 東京大学 大学発教育支援コンソーシアム推進機構 副機構長	1991年　中京大学 情報理工学部 教授 2008年　東京大学　大学教育学研究科　教授
5	渡辺　富夫	岡山県立大学　情報工学部 教授	岡山県立大学 情報工学部　情報システム工学科　教授	1993年10月　岡山県立大学情報工学部情報システム工学科教授 2000年度～2004年度　科学技術振興事業団（JST）・戦略的基礎研究推進事業（CREST）研究代表者 2004年度～2005年度　新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）プロジェクトリーダー 2006年度～2011年度　科学技術振興機構（JST）・戦略的創造研究推進事業（CREST）研究代表者
6	木戸出　正繼	奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科　教授	奈良先端科学技術大学院大学 総合情報基盤センター長 大学附属図書館館長	1994–1996 岡山大学 非常勤講師 1995–1996 大阪大学 非常勤講師
7	舘　暲	東京大学大学院情報理工学系研究科　教授	慶應義塾大学大学院　メディアデザイン研究科　教授 国際バーチャルリアリティ研究センター長	2001–2009 東京大学　情報理工学系研究科　教授 2009–現在　慶應義塾大学　大学院メディアデザイン研究科　教授に就任 東京大学名誉教授
8	辻井　潤一	東京大学大学院情報学環　教授	英国/国立テキストマニングセンター（NacTem）研究担当ディレクター 英国/マンチェスター大学、情報学研究科　教授 （ハーフタイム）	1995年より東京大学教授。 ２００５年７月–２００８年６月 英国・国立テキストマイング・センターのセンター長、 現在, 英国・国立テキストマイング・センター 研究担当ディレクター. 現在　マンチェスター大学教授を兼任 このほか、中国・北京郵電大学（BUPT）の顧問教授を務める。
9	橋田　浩一	(独)産業技術総合研究所 情報技術研究部門 副研究部門長	(独)産業技術総合研究所 社会知能技術研究ラボ　ラボ長	2001年から産業技術総合研究所
10	池原　悟	鳥取大学工学部情報システム工学科　教授	逝去（2009年12月）	
11	金出　武雄	(独)産業技術総合研究所　デジタルヒューマン研究センター研究センター長	(独)産業技術総合研究所 デジタルヒューマン研究センター　産総研特別フェロー（デジタルヒューマン学連携講座. 客員教授）	2001年 産業技術総合研究所 デジタルヒューマン研究ラボ ラボ長（非常勤） 2003年 産業技術総合研究所 デジタルヒューマン研究センター センター長（非常勤） 2006年 カーネギーメロン大学 生活の質工学研究センター設立 センター長
12	高野　明彦	情報・システム研究機構　国立情報学研究所　連想情報学研究開発センター　センター長・ 教授	情報・システム研究機構　国立情報学研究所　コンテンツ科学研究系教授 連想情報学研究開発センター センター長	2001年より現職。 2002年より東大大学院コンピュータ科学専攻教授併任。 NPO連想出版理事長。

参考資料２　研究助成金リスト（500 万円以上）

NO	採択年度	期間	研究者	研究資金	機関名	研究テーマ	金額（百万円）	代表/分担	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
1	H11（1999）	2000-2004	池内 克史	CREST	JST	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				1 期											
2		1997-1999	池内 克史	基盤研究(B)	文部科学省	視覚情報工学の技法による仮想現実感システムのための幾何/光学モデルの自動生成	15.6	研究代表者															
3		1997-2001	池内 克史	創成的基礎研究費	文部科学省	人間主体のマルチメディア環境形成のための情報媒介機構の研究	1,072	研究分担者															
4		2003-2005	池内 克史	基盤研究(A)	文部科学省	複合現実感交通実験スペースの構築によるサステイナブルITSの研究	44.98	研究分担者															
5		2004-2005	池内 克史	特定領域研究	文部科学省	人間行動の観察とロボットのタスク・スキル獲得に基づく作業熟練過程の解明	8.4	研究代表者															
6		2004-2009	池内 克史	特定領域研究	文部科学省	火山噴火罹災地域の地力回復過程の時空間的解析に関する研究	158.9	研究分担者															
7		2005-2007	池内 克史	基盤研究(A)	文部科学省	鵜の形態嗜好に関する日本とタイの多面的比較感性モデル	41.34	研究分担者															
8		2007-2010	池内 克史	基盤研究(A)	文部科学省	アンコール遺跡・バイヨン寺院浮き彫りの保存方法の研究	43.29	研究分担者															
9		2011-2011	池内 克史	基盤研究(A)	文部科学省	視聴覚を利用した見まね学習によるアクティブな動的動作生成に関する研究	11.44	研究代表者															
10	H11（1999）	2000-2004	石田 亨	CREST	JST	デジタルシティのユニバーサルデザイン		研究代表者				1 期											
11		1998-2000	石田 亨	基盤研究(B)	文部科学省	経済学モデルを用いた広域ネットワークの資源割り当て	11.5	研究代表者															
12		1999-2001	石田 亨	基盤研究(A)	文部科学省	コミュニティ情報流通プラットフォームの構築	36.09	研究代表者															
13		1999-2001	石田 亨	地域連携推進研究費	文部科学省	社会情報基盤としてのデジタルシティの構築	10.5	研究代表者															
14		2003-2005	石田 亨	基盤研究(A)	文部科学省	人間中心の(ヒュマンセンタード)セマンティックWeb	53.17	研究代表者															
15		2005-2007	石田 亨	戦略的情報通信研究開発推進制度（SCOPE）	総務省	ユビキタスネットワーク社会におけるメガナビゲーション技術に関する研究	20百万円/年 以内	研究代表者															
16		2006-2007	石田 亨	新たな通信・放送事業分野開拓のための先進的技術開発支援(国際共同研究助成)	総務省	異文化コ ラボレーション基盤の形成	約15百万円？	研究代表者															
17		2006-2008	石田 亨	基盤研究(A)	文部科学省	大規模マルチエージェントシステムを用いた参加型デザインの研究	48.62	研究代表者															
18		2007-2009	石田 亨	基盤研究(B)	文部科学省	知識創成型多言語コラボレーションツールの構築	18.85	研究分担者															
19		2008-2009	石田 亨	戦略的情報通信研究開発推進制度（SCOPE）	総務省	多言語共生社会における医療対話支援のための多言語対話用例プラットフォームの構築	20百万円/年 以内	研究分担者															
20		2009-2011	石田 亨	基盤研究(A)	文部科学省	サービスコンピューティングに基づく集合知の研究	47.06	研究代表者															
21		2009-2011	石田 亨	戦略的情報通信研究開発推進制度（SCOPE）	総務省	サービスコンピューティングに基づく多言語サービス基盤の実現	20百万円/年 以内	研究代表者															
22	H11（1999）	2000-2004	Nick Campbell	CREST	JST	表現豊かな発話音声のコンピュータ処理システム（Expressive Speech Processing）		研究代表者				1 期											
23		2000-2003	Nick Campbell	特定領域研究（B)→特定領域研究	文部科学省	韻律コーパスとその作成自動化	64.6	研究分担者															
24		2004-2006	Nick Campbell	基盤研究(A)	文部科学省	日本語・英語・中国語の対照に基づく、日本語の音声言語の教育に役立つ基礎資料の作成	35.75	研究分担者															
25		2004-2008	Nick Campbell	戦略的情報通信研究開発推進制度（SCOPE）	総務省	ヒューマンコミュニケーションの「場」が読めるロボットの研究	約50	研究代表者															
26		2007-2010	Nick Campbell	基盤研究(A)	文部科学省	人物像に応じた音声文法	44.2	研究分担者															
27		2007-2011	Nick Campbell	科学研究費（B）	文部科学省	音声コミュニケーションにおけるノンバーバル発話の研究	約20	研究分担者															
28		2010-2015	Nick Campbell	FAST NET	SFI（Science Foundation Ireland）	FAST NET社交的コミュニケーションの行為情報に着目するネットワーク技術	約100	研究代表者															
29	H11（1999）	2000-2004	三宅 なほみ	CREST	JST	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				1 期											
30		2000-2002	三宅 なほみ	基盤研究(B)	文部科学省	深い理解を促進する協調的学習支援環境の研究	14	研究代表者															
31		2003-2006	三宅 なほみ	基盤研究（A）	文部科学省	認知科学を対象とした長期に亙る統合的学習理論の構築	51.09	研究代表者															
32		2003-2006	三宅 なほみ	基盤研究(B)	文部科学省	詳細な学習記録に基づくプログラミング学習の認知過程の研究と教育環境のデザイン	15.9	研究分担者															
33		2005-2007	三宅 なほみ	発展研究（SORST）	JST	高度メディア社会のための発展的協調的学習支援システム		研究代表者															
34		2009-2011	三宅 なほみ	新学術領域研究(研究領域提案型)	文部科学省	人ロボット共生学総括班	201.89	研究代表者															
35		2009-2011	三宅 なほみ	新学術領域研究(研究領域提案型)	文部科学省	ロボットによる協調学習支援と学習コミュニティの形成	66.56	研究代表者															
36	H11（1999）	2000-2004	渡辺 富夫	CREST	JST	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				1 期											
37		1999-2001	渡辺 富夫	基盤研究(B)	文部科学省	インタラクティブ遠隔プロトタイピングシステムの開発	9.2	研究分担者															
38		2001-2004	渡辺 富夫	基盤研究(B)	文部科学省	身体的コミュニケーションにおける引き込み原理に基づくヒューマンインタフェース設計	12	研究代表者															
39		2004-2005	渡辺 富夫	次世代ロボット実用化プロジェクト（プロトタイプ開発支援事業）	NEDO	子供を元気づける身体的コミュニケーションロボットの研究開発	930（2005年度）	プロジェクトリーダー															
40		2006-2011	渡辺 富夫	CREST デジタルメディア作品の制作を支援する基盤技術	JST	人を引き込む身体性メディア場の生成・制御技術		研究代表者															
41		2007-2008	渡辺 富夫	特定領域研究	文部科学省	一体感が実感できる身体的コミュニケーションインタフェース	6.3	研究代表者															

NO	採択年度	期間	研究者	研究資金	機関名	研究テーマ	金額（百万円）	代表/分担	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
42	H12（2000）	2000-2005	木戸出 正繁	CREST	JST	日常生活を拡張する着用し工場法パートナーの開発		研究代表者				2期											
43	H12（2000）	2000-2005	舘 暲	CREST	JST	テ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				2期											
44		2001-2006	舘 暲	21世紀COEプログラム研究	文部科学省	情報理工学系研究科に『情理』の創設																	
45		2003-2007	舘 暲	厚生労働科学研究費補助金 医療機器開発推進研究事業:身体機能解析・補助・代替機器開発研究	厚生労働省	新たな手術用ロボット装置の開発に関する研究	367	研究分担者															
46		2008-2010	舘 暲	戦略的情報通信研究開発推進制度（SCOPE）	総務省	多人数が自由に行動する実空間への身体性を有したテレイグジスタンス技術の研究開発	20	研究代表者															
47		2009-2016	舘 暲	CREST	JST	「共生社会に向けた人間調和型情報技術の構築」領域 さわれる人間調和型情報環境の構築と活用		研究代表者															
48	H12（2000）	2000-2005	辻井 潤一	CREST	JST	情報のモビリティを高めるための基盤技術		研究代表者				2期											
49		2000-2004	辻井 潤一	特定領域研究（C）→特定領域研究	文部科学省	文献からの生物知識の抽出と体系化	183.2	研究分担者															
50		2001-2005	辻井 潤一	創成的基礎研究費→学術創成研究費	文部科学省	人間同士の自然なコミュニケーションを支援する知能メディア技術	400.4	研究分担者															
51		2001-2005	辻井 潤一	創成的基礎研究費→学術創成研究費	文部科学省	学術創成のための知識の構造化とネットワーク型知識基盤の構築	403	研究分担者															
52		2001-2005	辻井 潤一	創成的基礎研究費→学術創成研究費	文部科学省	言語理解と行動制御	455	研究分担者															
53		2005-2006	辻井 潤一	発展研究（SORST）	JST	次世代テキストマイニングの技術基盤に関する研究		研究代表者															
54		2005-2007	辻井 潤一	基盤研究（A）	文部科学省	Webテキストからの知識抽出支援システムに関する研究	43.42	研究分担者															
55		2005-2009	辻井 潤一	特定領域研究	文部科学省	知識処理技術を用いた生命システムの再構築とその解析	158	研究分担者															
56		2006-2010	辻井 潤一	特別推進研究	文部科学省	高度言語理解のための意味・知識処理の基盤技術に関する研究	499.33	研究代表者															
57		2010	辻井 潤一	厚生労働科学研究費補助金 行政政策研究分野 厚生労働科学特別研究	厚生労働省	厚生労働科学研究成果データベースの検索機能強化に関する研究	55	主任研究者															
58	H12（2000）	2000-2005	橋田 浩一	CREST	JST	人間中心の知的情報アクセス技術		研究代表者				2期											
59		2005-2007	橋田 浩一	基盤研究（B）	文部科学省	Webからの研究者ネットワークの抽出	16.6	研究分担者（2005～2006年度） 研究代表者（2006～2007年度）															
60		2006-2010	橋田 浩一	特定領域研究	文部科学省	書き言葉コーパスの自動アノテーションの研究	91.7	研究分担者															
61	H13（2001）	2001-2006	池原 悟	CREST	JST	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		研究代表者					3期										
62	H13（2001）	2001-2006	金出 武雄	CREST	JST	デジタルヒューマン基盤技術		研究代表者					3期										
63	H13（2001）	2001-2006	高野 明彦	CREST	JST	連想に基づく情報空間との対話技術		研究代表者					3期										
64		1998-2001	高野 明彦	基盤研究(B)	文部科学省	プログラム運算システムの実用化に関する研究	10.7	研究分担者															
65		2002	高野 明彦	特定領域研究	文部科学省	連想計算の代数に基づく並列連想計算方式の研究	5.5	研究分担者															
66		2003-2005	高野 明彦	基盤研究(B)	文部科学省	工学技術デジタルアーカイブのためのアーカイビング手法ならびにその体系的提示法	16.2	研究分担者															
67		2004-2005	高野 明彦	特定領域研究	文部科学省	連想計算の代数に基づく並列連想計算方式の研究	6.3	研究分担者															
68		2004-2008	高野 明彦	知的資産のための技術基盤プロジェクト	文部科学省	自発的な学びを育む連想的情報アクセス技術	261	代表研究者															

CREST
科研費
SCOPE
COE
NEDO
厚生労働科学研究費補助金
SORST
その他