

実世界情報システムプロジェクト

佐藤 知正

情報理工学系研究科知能機械情報学専攻

概要

本プロジェクトでは、実世界情報学を展開することを念頭において、人との新しいインタラクションを実現する知的環境である実世界情報学環境の構築を進めている。本年度はその要素環境であるヒューマンロボット環境、VR 環境、アテンティブエンバイロメント環境、ネオサイバネティクス環境、ヒューマンインフォーマティクス環境の要素技術の高度化に関して成果を得た。また国際的研究者交流においても報告する。

1 はじめに

本プロジェクトでは、実世界情報学を展開をめざして、知的環境の構築を通して人と情報システムの新しいインタラクションの研究を進めている。昨年度の中間評価の段階で、ヒューマノイド環境、VR 環境、ユビキタス環境、視聴覚のエージェントの環境、人間を主体にした環境を実現し、本年度はそれらおよび要素技術の高度化の研究を進めた。本章では、プロジェクトの考え方、研究の進め方と現状について報告する。



図1 実世界情報システム学環境のイメージ

2 プロジェクトのねらい

実世界情報システムプロジェクトでは、人間を中心とする情報システムの実現を通じ、実世界情報学の明確化と展開をねらっている。具体的には、人間、ヒューマノイド、エージェント、ユビキタスアプライアンスが共棲する実世界情報学環境を構築し、ロボティクス、バーチャルリアリティ、音声音響処理、センサ・アクチュエータ技術などの融合的研究を推進する。

その研究内容を実現しようとしている機能で説明するならば、実世界情報システムプロジェクトでは、人とインタラクションする知的存在が、情報世界の中ではエージェントとして人に寄り添い、実空間ではヒューマノイドロボットやセンサ・アクチュエータを備えたユビキタスアプライアンスとして、バーチャルリアリティの世界ではアバターとしてシームレスにつながり、人間と共棲する環境とそこでの新しい人間とシステムのインタラクション機能の実現による解明を目指している。

このような知的環境構築の社会的な意義は、来るべきユビキタス社会での人間活動のプロトタイプを示すことにあり、また科学的な意味は、実世界情報システムと人間との関係の分析を通して人間の認識と行動のモデルを得ることにある。このプロジェクトの特徴は、人との新しいインタラクションに関する情報科学技術を、人への情報サービスのみでなく動きを伴う物理サービスも対象とした、人とシステムの新しいインタラクション機能の研究を通して追及している点にある。

3 研究目的と年次展開、研究体制

3-1 研究目的

本プロジェクトでは、図1に示すような知的環境を実現する。そこでは、日常動作を認識する情報エージェントが人を見守っていて、自然な対話ができるバーチャルリアリティ（VR）システムが人に働きかけ、複雑な作業をこなせるヒューマノイドロボットが人に歩み寄ってきて、さらに将来の情報家電としてのユビキタスアプライアンスが人に手を差し伸べる環境が実現される。本プロジェクトでは、このような環境の構築と高度化と並行して、この環境における人間とシステムの相互作用を明らかにすることをその目的としており、これらの研究を通じて実世界情報学の展開をはかる。

3-2 研究方針

このプロジェクトを推進するにあたって、以下の方針を採用している。

第一番目の方針は、このプロジェクトにおける研究を、コントリビューション・ベース・リサーチという概念でとらえ、プロジェクト研究を推進していることである。予算が非常に限られた中で成果を上げることを考えると、研究資金をもらったから研究を実施するという考え方ではなくて、この実世界情報システムプロジェクトにどのような貢献ができるかということ各構成メンバーに提案してもらい、それらの成果を積極的にこのプロジェクトの中にとり入れ統合してゆくことで、全体としての成果を極大化することをねらっている。これを踏まえて資金投入が効果的であると判断された研究に対し集中的に資金提供することとした。有効な資金提供が行えたとともに、予算獲得の有無にかかわらず成果を積み上げてゆけるからである。あるいは、このプロジェクトをどのようにすれば成果の豊かなものにできるのかという提案をプロジェクトの参加者全員から常にもらえるということもこの考え方の重要な効果として期待している。

第二番目の方針は、限られた予算を有効に使うことを徹底させるためのもので、このプロジェクトで予算配算して実現する設備に関しては、基本的には最終的なショールームやスタジオのデモにかかわる設備に限ることとした。この方針によれば、本プロジェクトの予算でサポートされた設備は、最終的にはショールームやスタジオに設置され、デモンストレーションに用いられるだけでなく、自分以外の研究者にも利用可能な研究プラットフォームが実現するので、構築された実世界情報学環境にいけば世界トップレベルの研究設備が存在し、その展開研究やその統合研究が実施できるという意味で、世界のCOEを構成することが可能になると考えている。

3-3 年次展開

本年度は中間評価を超えた最初の年であり、最終の一年前の年度である。中間評価段階では、ヒューマノイド環境、VR環境、ユビキタス環境、視聴覚のエージェントの環境、人間を主体にした環境を実現し、それらの組み合わせとしての知能仮想環境を提示した。本年度は、ヒューマノイドや、VRシステム、情報エージェント、ユビキタスアプライアンスなど多数のシステム要素の高度化とその統合準備を実施した。以下に、本プロ

プロジェクトの各年度ごとの展開を示す。

平成 14 年度：音声エージェントシステム，バーチャルリアリティシステム，音源定位システム，人間計測システムを，実世界情報学研究のプラットフォームとして構築するとともに，ヒューマノイド環境，VR 環境，ユビキタス環境，視聴覚エージェントの環境要素の高度化を図った。

平成 15 年度：実世界情報システムを構成する要素としてのヒューマノイドロボット，高速ビジョンシステムなどの情報環境を構成する要素を今後の統合研究を推進するうえでのプラットフォームとして利用できるように実現，整備した。それとともに，ヒューマノイド環境，VR 環境，ユビキタス環境，視聴覚のエージェントの環境，人間を主体にした環境の統合について議論をふかめ，それらの組み合わせとしての知能仮想環境を提示した。

平成 16 年度：実世界情報学環境要素の高度化と，統合研究のための枠を構築した。

これらをふまえ本年度は，

平成 17 年度：実世界情報学環境要素の高度化を引き続き実施するとともに，ユビキタス情報システムとヒューマノイドおよび人間の融合システム化（ショールームやスタジオ）を準備した。さらに人間計測と理解に基づく環境型対話知能情報処理モデルの構築を行った。また大域ディペンダブル情報基盤プロジェクトで実現された要素との統合をめざした試みも実施した。

最終年度の来年度は，

平成 18 年度：実世界情報学環境を完成させ，工学部 8 号館等の建物内の研究インフラとして設置して実証実験を行う予定でいる。並行して，情報環境人間支援モデルの評価，大域ディペンダブル情報基盤プロジェクトで実現された要素を統合した大規模システムの評価と最適化，超ロバスト計算原理プロジェクトで開発した超ロバストシステム設計原理の評価をふくめた総合評価を実施する。

3-4 研究実施体制

この COE が発足したときのヒアリングで，以下のことが審査委員会から指摘された。一つは，拠点として成功するかどうかは，ヘッドクォーターが各分野間の協力・融合を推進できるかどうかにかかっているということ，もう一つは，個性を重んじた研究による独創の芽を摘まないという指摘である。

また中間評価段階では，

これらを踏まえて，実世界情報システムプロジェクトでは，次に述べるようなプロジェクト推進体制をとっている。

a) 研究推進会議

この会議は，5つの研究グループリーダーと，特任助手および特任研究員がほぼ毎月一回の割合で集まって，それぞれの研究の進捗状況を報告するとともに，今後の方向性を議論するものである。

具体的には，佐藤知正を委員長として，嵯峨山茂樹，高増潔，國吉康夫，稲葉雅幸，館暲，大津展之，鈴木宏正の教員と，それに，小谷潔，杉正夫，大武美保子，酒向慎司の特任助手，および森下広特任研究員より構成されている。また，臨機応変に，関係者の参画を求めている。

3-5 参加研究者

実世界情報システムプロジェクトへの参加研究者は以下のとおりである（敬称略）。このメンバがシステム統合および，要素技術の先鋭化高度化の研究にあたっている。ただし，○は1ユニットを構成していることを示している。

<ヒューマンロボティクス研究グループ>

研究リーダー：稲葉雅幸

○稲葉雅幸，稲邑哲也，加賀美聡，○佐藤知正，森武俊，森下広（特任），野口博史（RA），○下山勲，松本潔，星野一憲

<ヒューマンインフォマティクス研究グループ>

研究リーダー：國吉康夫

○土肥健純，○大津展之，國吉康夫，深野亮（RA），○中村仁彦，山根克，杉原知道，○神崎亮平，高橋宏和，大武美保子（特任）

<VRシステム研究グループ>

研究リーダー：館暲

○館暲，川上直樹，林淳哉（RA），○廣瀬通孝，広田光一，○満洲邦彦，竹内昌治，鈴木隆文，○原島博，苗村健，○原辰次，津村幸治

<ネオサイバネティクス研究グループ>

研究リーダー：嵯峨山茂樹

○安藤繁，篠田裕之，○石川正俊，並木明夫，小室孝，○嵯峨山茂樹，小野順貴，酒向慎司（特任），米田隆一（RA），○廣瀬啓吉，○眞溪歩，○伊福部達，井野秀一

<アテンティブエンバイロメント研究グループ>

研究リーダー：高増潔

○木村文彦，鈴木宏正，佐藤洋一，○高増潔，高橋 哲，小谷潔（特任），○新井民夫，太田順，杉正夫（特任），○樋口俊郎，鳥居徹，山本晃生，○新誠一，○小林郁太郎，○横井浩史，○神保 泰

彦, ○毛利 尚武, ○須賀 唯知, 伊藤 寿浩

4 本年度の研究成果 1 (個別成果)

本年度は, 各研究グループによる要素研究に成果があった。各研究グループの本年度の具体的成果について, この章でその概要を示す。第5章では, これまでの研究成果の外部発信について述べる。

4-1 ヒューマンロボティクス (HR) 研究グループ

ロボット研究グループでは, ロボティクスの新しいステージとして, 人の自然な行動を阻害することなく, 人を見守り人を支えるための自然な対応が可能なロボティクスの研究を行っており, 高信頼性等身大ヒューマノイド, ウェアラブル・ユービキタス支援デバイス, ルーム環境型行動支援ロボットなどを通して, 複数の人が集まる場を例にとり, 人への対応のあり方とそれぞれのロボットがどのように人を支援するかに関する研究を行っている。

本年度は, 高信頼ヒューマノイドに関しては, 音響理解に基づく行動決定, ロボットの自己位置同定, 指差し動作認識, インタラクティブな行動教示機能の実現, 視聴力覚を利用する物体判別, 感覚運動の相互想起モデルによる模倣機能などの実現を行い, 日常生活環境での支援行動システムへの統合を行った。ウェアラブル・ユービキタス支援デバイスにおいては, 力覚デバイスとしてロボットハンドへ装着するためのフレキシブル触覚センサ, 視覚デバイスとして反射型ズームカメラ, 液体プリズムを用いたパンチルトカメラ, さらにセンサデバイスとして気柱共鳴を用いた超音波センサを提案し, その基本機能を確認した。ルーム環境型行動支援ロボットとしては, 人の素足での歩行の情報をセンシングフロア (スイッチセンサを密に配置した床) で収集し, この時系列情報に基づいて個人を同定したり, 個人を同定しながらその人の歩行追跡を実現するアルゴリズムを構築した。

4-2 ヒューマンインフォマティクス (HI) 研究グループ

実世界情報システムの中心課題である, 人間との知的インタラクションを実現するためには, 人間自身の知的インタラクションの能力を解明しモデル化し, これに基づき新たな情報処理手法を構築することが必要である。

ヒューマンインフォマティクス研究グループでは, 人間の知覚・行動・認知機能の計測・解析に基づくモデル化, 実世界情報処理の数理的基礎, それらに基づく新たな認識・行動, コミュニケーション, 協調・介助機能の基本手法の構築を目的として研究を展開している。

今年度は, 人間行動の認識と遂行のための実世界知能情報学(國吉)における, 全身接触行動用触覚センサの開発, 全身動作のための分布触覚センサ, 力学構造に基づく行動の自動生成, 身体像適応と道具使用のモデル, 因果関係検出手法, 記号と運動をむすぶ脳型情報処理の研究(中村, 山根)における, ミメシス理論に基づく記号と運動の情報処理, バイオメカニクスと感覚情報の計算, ヒューマノイドロボットの機構と制御, 生物の適応能力と脳の可塑性(神崎, 高橋)における, 生物機械融合システム, 脳の書き換え技術, Computer Graphics 作成法を用いた Integral Videography の高画質化に関する研究(土肥)などの研究成果をあげた。また, 大域ディペンダブル, 超ロバスト計算原理, との融合研究および大学院生の PBL(project based learning)の趣旨で 100 時間ワークショップ(大武, 佐藤)というプロジェクトを実施し, 各研究室の先端技術を持ち寄り, 融合することで高性能な人間行動認識システムを構築し, デモを行うことに成功した。さらに, ロボット分野の世界的権威の招聘や, 世界の一流の研究者を講師とするコンテンポラリーロボットデザイン・ワークショップ(中村)を実施し, 国際交流・貢献を推進した。

これらにより, 実世界情報システムにおけるヒューマンインフォマティクス要素技術が高度化する一方, COE 内融合の具体的な成果が上がった。また, 国際研究協力も着実に展開した。

4-3 VR システム (VR) 研究グループ

本研究グループでは, 特殊なルーム空間ではなく, 実際に人間が活動する日常空間に「現実と本質的に等価な世界計算機上の情報世界」を表示する, オーグメンテッド・リアリティ(現実空間に情報や映像を VR としてつけ加えた空間)技術や, テレグジスタンス(オペレータが遠隔に存在するロボットに入り込んだような感覚を有して自在に操る)技術の研究開発を行ない, 本年度は次のような成果を得た。1)全周型立体ディスプレイ TWISTER IV を改良し, 科学館などでの一般むけに利用しうる装置として安全性・耐久性を含めた高機能化を実現した。2)実世界 VR 環境を利用

したコミュニケーションを目的として、ビデオアバタを実空間で提示するための要素技術や画質の向上について検討を行った。3)実体型映像の提示については、今年度の検討により小型のビデオアバタについては十分なリフレッシュレートによる表示が可能となり、実物大の人物像を提示することのできるディスプレイの実現に対して、大きく一步前進した。4)実環境における情報の提示に関しては、実験環境が構築され、今後はその環境におけるインタフェースの提案の基盤が構成された。5)3次元モデル生成手法の検討では、実空間において撮影された一枚の映像から3次元モデルの構築をする手法を提案・実装した。6)感覚神経への直接の入力信号とそれによって生じる触圧覚との関係を定量的に検討した。7)神経系と高度な情報入出力を行うための多機能神経プロブの試作と改良を行った。8)神経信号による外部機器制御システムの一例として、ラットの運動野から計測した神経情報によりラット自身の乗った車両を操縦するシステム(ラットカー)の開発を行った。9)人に優しいメディア環境の実施例として、屋内外公共空間におけるアートとデジタル技術とを結びつけたデジタルパブリックアートという考え方に着目し、テストベットとして物体の変形量「ひずみ」を計測し、インタフェースに利用する技術である **Strino** を用いて屋外の公園遊具を既存の空間を壊すことなくインタラクティブメディアにすることを試みた。

4-4 ネオサイバネティクス (NC) 研究グループ

本グループは、ロボットの感覚器や脳に相当する機能と能力を機械に持たせることを目的とし、知能的で高速・高性能な視覚・聴覚・触覚センサの研究から、高速のロボットや人間らしい振舞をする擬人化音声対話エージェントまで、幅広い範囲を対象とする。現在、博物館内を案内しユーザと対話するようなロボットとして、自走機能を持つ音声対話擬人化エージェントを構想・開発中で、音声認識、音声合成、対話制御、顔画像生成、全方位置移動台車、プロジェクタとスクリーン、音源定位センサ、音源分離システム、位置センサ、高速ビジョンシステム、ジェスチャ認識などの要素を投入する。上記構想に関して、本年度の成果としては、人間に代わって働き、人間と対話し、人間に見せて聞かせる機械あるいは環境を構成するために、音響、音声、聴覚、視覚、触覚情報などの物理量・感覚量のセンシング、認識と理解、

制御と呈示の技術で成果を得た。

4-5 アテンティブエンバイロメント (AE) 研究グループ

本研究グループは、生産環境における“人と機械との新しいインタラクション”をテーマとし、セル生産などの次世代生産環境における作業を支援するため、新しい知能機械システムの開発を目指している。このような新しい知能機械システムを“作業者に手を差し伸べる環境”として **AE (Attentive Environment)** について研究を行っている。また、開発のターゲットとして、組立作業の中心となる部品のハンドリング作業を柔軟に行うシステムを検討し、モーショントレイや情報提示、バイタルサインモニタを統合した **Attentive Workbench (AWB)** システムの構築を考えている。

昨年度までに、主要構成要素について研究開発を行った。

平成 17 年度は、開発した主要構成要素のレベルを高めると同時に、これらの構成要素をどのように統合化するかを検討し、統合化へ向けた大枠のシナリオを検討した。以下にその概要を示す。

○平面リニアモータによる作業支援：6 台のソーヤ式平面リニアモータを利用した作業支援環境を構築した、この環境において作業者とのインタラクションを考慮した作業支援実験が行える。

○新しい平面リニアモータの開発：歯車車輪方式平面移動機構を提案し、完全なワイヤレス化可能な移動トレイシステムを構築することが可能となった。

○組み立て作業の補助：組み立て作業を補助するツールとして、非接触ハンドリング、静電モータおよびパラレルメカニズムを開発した。特に非接触ハンドリングツールは、力覚提示と組み合わせることで作業者の組み立て作業を支援できる。力覚に関しては、機械的な動作と力覚の関係のシミュレーションが行えるようになった。

○バイタルサインモニタリング：新たに血圧測定を導入し、心臓血管系評価実験を行い、呼吸位相における血圧変動の評価が行えた。

○人間とのインタフェース：人間とのインタフェースとして、バイタルサイン以外にも、人間の出す種々の音をウェーブレット変換して解析する手法や、指差しを認識する手法を開発した。以上のようなメカニカルな作業支援と人間と機械のインタフェースを考える作業支援環

境が構築可能である。この環境では、作業者の状態を動作認識手法やバイタルサインモニタによって認識し、複数のメカニカルな作業支援ツールによって支援を行う。本年度までに構築したこの作業支援環境を用いて、統合化を示すデモンストレーションを行うことを予定している。

5 本年度の研究成果 2（国際交流）

先端研究成果の教育への還元、対外発信、国際貢献と国際交流は、当 COE の重要なミッションの一部である。本年度は、実世界情報システムプロジェクトとして下記の活動を実施した。

5-1 21 世紀 COE プログラム主催コンテンツポラリ・ロボットデザイン・ワークショップ

5 大学の 21 世紀 COE プログラムの共催で「コンテンツポラリ・ロボットデザイン・ワークショップ」を 2005 年 9 月 18 日に弥生講堂一条ホール（東大本郷キャンパス（東京都文京区））で開催した。この 21 世紀 COE プログラム主催コンテンツポラリ・ロボットデザイン・ワークショップではロボットデザインに焦点を当てた。世界の著名大学で教育にたずさわり、研究やビジネスで新しいロボットデザインを実践する 5 名の研究者が講演者を行った。

メーリングリストでのアナウンスが主だったが新しいロボットデザインの潮流に関心をもつ学生、技術者、研究者、約 90 名が参加した。これは、IEEE の Robotics Automation Society 主催で 2005 年 9 月 18～23 日に開催された「International School of Robotics Science 2005」に合わせて開催されたものである。

5-2 21 世紀 COE 実世界 세미나

Oussama Khatib 氏を招聘しセミナーを開催した。同氏は 1980 年にフランス、ツールーズにある Sup' Aero で学位を取得、現在スタンフォード大学コンピュータ科学科の教授である。Khatib 教授の現在の研究は、ヒューマンセンタード・ロボティクス、人間の動作生成、ヒューマノイドロボット、力学シミュレーション、ハプティック・インターアクション、ヒューマンフレンドリ・ロボットデザインなど広い分野を占めている。COE 事業の一環として、COE が共催する 3 月 8 日の COE セミナーにおいて、ヒューマノイドロボットに関する講演をして頂いた。また 3 月 6 日に広島大学で開催される本 COE 事業と広島大学の COE

事業（ハイパーヒューマン技術）との連携についての打ち合わせと技術情報の交換に出席していただき、アドバイスを受けたことは、COE プロジェクトに関係する研究者にとって大変意義のあることであった。また本学における滞在期間中は、彼の専門分野を中心に関連する研究室の訪問やそこでの教員、学生との蕨論等を通して、学生の指導、研究への助言などを受けた。

6 おわりに

実世界情報学を展開することを念頭において、人と新しいインタラクションを可能にする知的環境である実世界情報学環境の構築を進めているが、本稿では、その実世界情報システムプロジェクトの研究目的と研究計画、平成 17 年度の成果について述べた。個々の成果の先鋭化のほかに、国際交流においても一層の進展をはかれたことが本年度の重要な成果である。

ヒューマノイドや、VR システム、情報エージェント、ユビキタスアプライアンスなど多数のシステム要素の統合化、そしてそれをふまえた情報システムと人間との新しいかかわりをデモンストレーションすることが、来年度つまり最終年度の課題となっている。