

平成 26 年 6 月 13 日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2010～2013

課題番号：22300047

研究課題名(和文) ヒューマンエージェントインタラクションによる環境知能の実現

研究課題名(英文) Realization of Ambient Intelligence by Making Use of Human-Agent Interaction

研究代表者

小野 哲雄 (ONO, Tetsuo)

北海道大学・情報科学研究科・教授

研究者番号：40343389

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,000,000円、(間接経費) 4,200,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、ヒューマンエージェントインタラクションの手法を用いた環境知能システムのソフトウェアおよびハードウェア構成を設計し、実験室実験を通して機能を向上させ、実用化可能なレベルまでシステムの完成度を高めることを目指した。構築したシステムを用いた評価実験の結果、本システムは実環境においてユーザに対して文脈に応じた適切な情動的支援を行うことができることを確認した。本研究の成果は、主要な論文誌に9編、国際会議に9件、国内会議に7件の論文として公表された。

研究成果の概要(英文)：In this study, we designed and implemented software and hardware systems for realizing an ambient intelligence by making use of Human-Agent Interaction. Moreover, we undertook the task of functional advancement of this system through doing laboratory experiments, therefore we could put this system into practical use. As a result of experiments in practical situations, we verified that this system could support users adequately according to the context. Products of our research were published in 9 papers of major journals, 9 papers of competitive international conferences and 7 papers of domestic conferences.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・知能情報学

キーワード：ヒューマンエージェントインタラクション 知的エージェント 環境知能 生物感 マイグレーション

### 1. 研究開始当初の背景

情報が爆発的に増大する時代を迎え、情報検索や情報管理に関するさまざまな技術開発が進められている。しかし、人間とのしなやかな対話により、誰もが容易に安心して情報を活用できるヒューマンコミュニケーション基盤の研究開発はいまだ十分な成果が得られていない。

特に近年、ウェアラブルおよびユビキタスコンピューティングに関する研究がさかんに行われ ( Weiser 93, Poslad 09 ) , 上記の問題の解決を試みている。しかし、文脈に応じた一貫性のあるユーザ支援を行うためには、人間がコンピュータを装着したり、それを環境に遍在させるだけでは不十分である。文脈に応じた一貫性のある支援を行うためには、人間とメディア ( コンピュータ ) の間に関係を構築し、それを維持していくことが重要である。さらに、近年注目を集めている、人間と環境とのインタラクションをとおして知的な機能を実現することを目的とした環境知能システム ( 外村 08 ) を実現するためにも不可欠となる。これらの機能を実現するために、本研究では、ヒューマンエージェントインタラクション ( HAI ) の研究成果にもとづくインタラクションデザインの方法論を採用する。

### 2. 研究の目的

本研究の目的は、ユーザの趣味や嗜好を理解しているエージェントが環境内にあるさまざまなメディアや部屋自体へ移動 ( マイグレーション ) することにより、ユーザに対して文脈に応じた適切な情動的支援を行う、環境知能システム ( ITACO システム ) を実現することである。特に本研究では、人間の心理的特性に注目し、慣れ親しんだエージェントが形態を変えながら常にユーザの身近な環境でサポートすることにより、ユーザに安心感を与えるという自然なコミュニケーション機能の実現を目指す。さらに、環境知能システムの重要な要素として、ユーザに認知的な負荷をかけることなく、膨大な情報の中から文脈に応じた適切な情報を提供する状況適応的機能の実現を目指す。本研究では、前者をエージェントマイグレーション機構により、後者を「部屋」とのインタラクション機構によりシステムとして実現する。

### 3. 研究の方法

本研究ではまず、初期的な環境知能システムを実験室内に実装し、システムの妥当性を検証するための評価実験を行った。さらに、この研究成果にもとづき、研究期間の後半 ( 平成 24 ~ 25 年度 ) では、実際の日常生活においてユーザに情動的な支援を行うことができる環境知能システム ( ITACO システム ) へと機能を拡張することを目指した。

具体的な研究テーマとしては、以下の3つを想定していた。まず第1に、エージェント

マイグレーションの際に環境に遍在している計算資源を有効利用するため、計算資源とインタラクションのモダリティを文脈に応じて最適化するためのシステム設計方法を検討した。つまり、豊富な計算資源 ( センサ、アクチュエータ、ネットワークなど ) を使える環境が使えない環境かによって、エージェントが自律的にモダリティを最適化し、自身の振舞いを決定していく手法を検討した。

第2に、ユーザとの日常的なインタラクションをとおして、エージェントがユーザの趣味や嗜好を学習するメカニズムを検討した。日常生活で得られるデータからユーザの嗜好を推定するアルゴリズムは多数提案されている。今後はさらにセンサやコンピュータの遍在化が進むと考えられるため、それらから得られるデータにもとづきエージェントが学習可能なアルゴリズムを検討した。

第3に、ユーザが「部屋」と生物感を伴ったインタラクションを実現する方法を検討した。本提案システムでは、エージェントはユーザの前景と背景を移動しながら情動的支援を行う必要がある。そのためには、ユーザと「部屋」との有機的なインタラクションが不可欠となる。

### 4. 研究成果

本研究の成果を以下の3つに分けて説明する。

- (1) 実用化可能な環境知能システムの設計と構築
- (2) 複数の人とインタラクション可能なロボットシステムの設計と実装
- (3) 生体情報を用いたユーザの意図推定システムの設計と実装

(1) については、エージェントマイグレーションの手法 ( 図 1 ) を用いて、実用化可能な環境知能システムの設計と構築を行った。具体的には、日常的に用いられる環境知能システムでは、人と継続的にインタラクションを引き起こし、ユーザの情報を収集することが重要となる。これまでの研究から、人はエージェント性を持たせたインタフェースを用いることにより、そのインタフェースに愛着を感じ、持続的なインタラクションを行うことがわかっていた。さらに、エージェントインタフェースは、情報機器の操作等を、人とコミュニケーションを取るように自然に行うことができるため、日常的な情報を収集に適している。これらの理由から、本システムではエージェントマイグレーションの手法を用いることとした。

さらに、本システムでは、Practical Magic という、情報機器の動作エラーの原因をエージェントに転嫁するエージェントの振る舞い動作モデルを提案した。そして、この Practical Magic を効果的に実現するための機能として、エージェントマイグレーションを適用した。さらに、本システムの有用性を

検証するため、エージェントが情報機器を操作する環境を設定し、被験者のインタラクションの観察と、マイグレーションの有無が被験者に与える影響の検証を行った(図2)。実験結果は、被験者が期待した機能がない情報機器や、実行できないエージェントに対して、「気になるが、許せる」という Practical Magic に特有な傾向がみられた(図3)。またこのシステムを用いることにより、継続的にユーザの情報を収集できることが確認された。

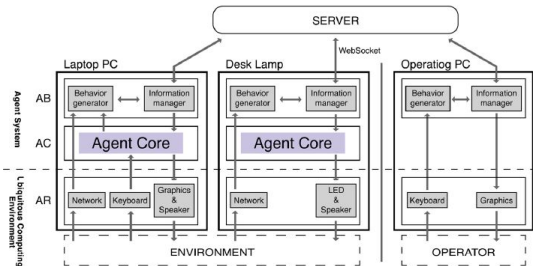


図1 マイグレーションシステムの概要

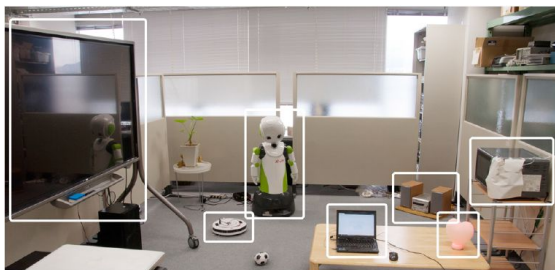


図2 実験環境(写真中の各メディア間をエージェントがマイグレーション)

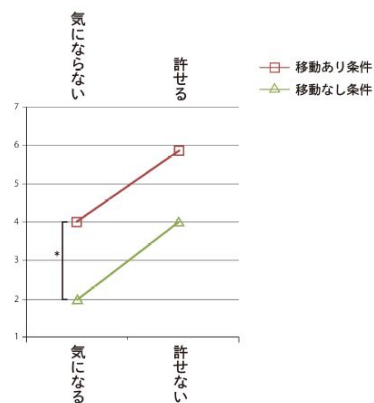


図3 被験者実験の結果

(2)については、実用化可能な環境知能システムを構築するため、複数の人とインタラクション可能なロボットシステムの設計と実装を行った。具体的には、ロボットに人-ロボット多体間での文脈適応的な模倣を行う能力を獲得させることを目指してシステムの設計と実装を行った。このシステムを用いることで人のいる状況が適切に判断されている場合においてはロボットが文脈適応的な模倣が可能であるという例を示した。図4では、ロボットが案内者(ガイド)の身体の動きを認識して、その動作から意図を抽出し、ロボットが移動した先で、その意図に基づく

行動を実現する仕組みを示している。また、図5は、ロボットが移動した環境に応じて、人を案内している様子である。

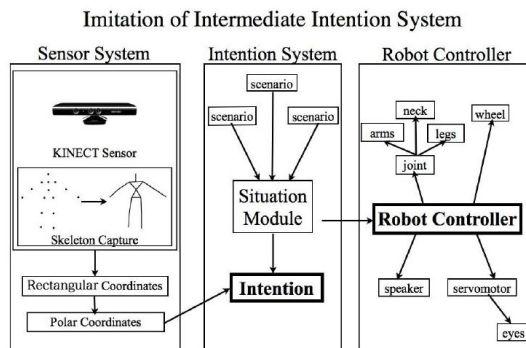


図4 ロボットシステムの概要

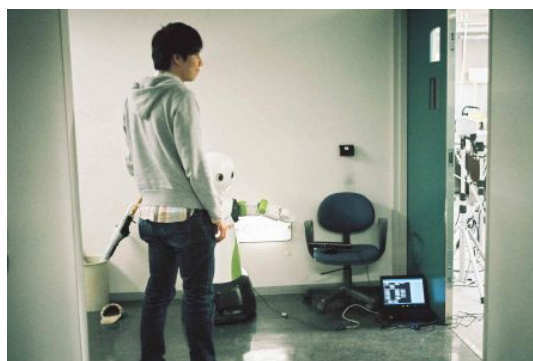


図5 環境に応じた案内をするロボット

(3)については、実用化可能な環境知能システムを構築するためには、ユーザの状態を認識する必要がある。このため、生体情報を用いたユーザの意図推定システムの設計と実装を行った。具体的な場面としては、家族や友人など、多くの人と映像を鑑賞する体験(スポーツの試合のパブリックビューイングや、映画館での映画鑑賞)と同様に、他者の興奮を感じることでより興奮するような体験をウェブ上で構築することを目標に研究を行った。この目標を実現するために、ユーザの興奮情報と動画に関連性があるかを調べるための実験を行った。ユーザの興奮は無意識的・非言語情報として手掌の皮膚コンダクタンス反応によって評価した。その結果、興奮反応とユーザの好みに関連性が見られた。この実験結果から、映像に対するユーザの興奮情報として SCR データを利用し、動画鑑賞中の興奮情報を共有することで、他者の反応を含めて動画鑑賞が出来る ExciTube というシステムを開発した。このシステムでは、他者を模したエージェントを動画とともに表示することで、エージェントの振る舞いを通して他者の興奮を感じる事が出来る。エージェントの振る舞いには、過去にその動画を鑑賞したことのある他のユーザの SCR データが反映される。このシステムを利用することで、他者の興奮を含めてどうかを楽しみ、生体情報を共有することならではのインタラクションを実現できているかどうかを実

験室やシンポジウムでのデモンストレーションを通して検証，考察した．本研究で開発した生体情報計測システムは，実用化可能な環境知能システムにも適用することができることも確認した．

#### 5．主な発表論文等

(研究代表者，研究分担者及び連携研究者には下線)

##### [雑誌論文](計 9 件)

大隅俊宏，大澤博隆，今井倫太，ソシオン理論に基づいたクラス内のいじめと同調方略のモデル化，電気学会論文誌 C，査読有，134 巻，2014，pp. 560-570．

谷 堯尚，山田 誠二，机上にかかる圧力を用いたユーザの割り込み可能性推定，人工知能学会論文誌，査読有 29 巻 2014，pp. 129-136．

小野哲雄，「空気を読むロボット」：コミュニケーション空間を利用した人を動かす HAI デザイン，人工知能学会誌，査読無，28 巻，2013，pp. 284-289．

大澤博隆，山田誠二，二軸の振る舞いによる 人間-箱間の物集めタスクの実行，ヒューマンインタフェース学会論文誌，査読有，15 巻，2013，pp. 39-50．

代蔵巧，棟方渚，小野哲雄，ExciTube：鑑賞者の興奮を共有する動画鑑賞システム，日本バーチャルリアリティ学会論文誌，査読有，18 巻，2013，pp. 247-254．

Hiroataka Osawa，Seiji Yamada，Social modification using implementation of partial agency toward objects, Artificial Life and Robotics, 査読有, Vol. 16, No. 1, 2011, pp. 78-81.

Takanori Komatsu，Seiji Yamada，How does the agents' appearance affect users' interpretation of the agents' attitudes - Experimental investigation on expressing the same artificial sounds from agents with different appearances, International Journal of Human-Computer Interaction, 査読有, Vol. 27, No. 3, 2011, pp. 260-279.

Kazuki Kobayashi，Seiji Yamada，Extending Commands Embedded in Actions for Human-Robot Cooperative Tasks, International Journal of Social Robotics, 査読有, Vol. 2, No. 22, 2010, pp. 159-173.

Bin Guo, Daqing Zhang, Michita Imai, Enabling user-oriented management for ubiquitous computing: The meta-design approach, Computer Networks, 査読有, Vol. 54, No.16, 2010, pp. 2840-2855.

##### [学会発表](計 16 件)

Takashi Ichijo, Nagisa Munekata,

Kazuo Hiraki, Tetsuo Ono, Entrainment Effect Caused by Joint Attention of Two Robots, 9th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI 2014), 2014 年 3 月 3 日~3 月 6 日, Bielefeld University (Germany)

Takumi Shirokura, Nagisa Munekata, Tetsuo Ono, AffectiView: Mobile Video Camera Application using Physiological Data, 12th International Conference on Mobile and Ubiquitous Multimedia, (MUM 2013), 2013 年 12 月 5 日, Lulea University of Technology (Sweden)

Akira Imayoshi, Hiroshi Yoshikawa, Nagisa Munekata, Tetsuo Ono, Robots that Can Feel the Mood: Adaptive Interrupts in Conversation Using the Activity of Communications, 1st International Conference on Human-Agent Interaction (iHAI 2013), 2013 年 8 月 7 日~8 月 9 日, 北海道大学 (札幌市)

Megumi Tsujimoto, Nagisa Munekata, Tetsuo Ono, Evaluating How the Impression Formation between Human and Robots is Effected by the Relation between the Robots, 1st International Conference on Human-Agent Interaction (iHAI 2013), 2013 年 8 月 7 日~8 月 9 日, 北海道大学 (札幌市)．

Wataru Kodama, Nagisa Munekata, Tetsuo Ono, Agents on Robots: Mixed Reality Robots with Changeable Appearances depending on the Situation, 1st International Conference on Human-Agent Interaction (iHAI 2013), 2013 年 8 月 7 日~8 月 9 日, 北海道大学 (札幌市)．

Takumi Shirokura, Nagisa Munekata, Tetsuo Ono, E3-Player: Emotional Excitement Enhancing Video Player using Skin Conductance Response, International Conference on Intelligent User Interfaces (IUI2013), 2013 年 3 月 19 日~3 月 22 日, Sheraton Delfina Santa Monica hotel (USA).

児玉 渉，棟方渚，小野哲雄，Agents on Robots:状況に応じて外観を変化させる Mixed Reality Robot の提案，情報処理学会第 75 回全国大会，2013 年 3 月 6 日~3 月 8 日，東北大学 (仙台)．

Akira Imayoshi, Nagisa Munekata, Tetsuo Ono, Robots that Can Feel the Mood: Context-Aware Behaviors in Accordance with the Activity of Communications, 8th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI 2013),

2013年3月3日～3月6日, 日本科学未来館(東京都).

金井祐輔, 今井倫太他, Agent を用いた実世界空間/仮想空間からの情報提示システム:BReA, インタラクシオン 2013, 2013年3月1日, 日本科学未来館(東京)  
小野哲雄, コミュニケーションや協同学習を促進するロボットの状況適応的な振る舞いの生成, 日本ロボット学会 第30回 学術講演会, 2012年9月17日～9月20日, 札幌コンベンションセンター(札幌).

チョウ・クン, 棟方渚, 小野哲雄, 「萌え」要因により促進される人-エージェント間の「共育」システムの提案と評価 - 非日本語環境における文化の伝播に関する一考察, HAI シンポジウム 2011, 2011年12月4日, 京都工芸繊維大学(京都市).

Tetsuya Kaneko, Tetsuo Ono, Nagisa Munekata, Implementation of context-adaptive Physical Imitation between Humans, 20th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (IEEE RO-MAN 2011), 2011年7月31日, The Renaissance Atlanta Hotel (USA).

植田俊輔, 谷口祐司, 大澤博隆, 今井倫太, T-SHOW:実世界移動エージェントを用いたオブジェクトの所有権情報提示, 人工知能学会全国大会(第25回), 2011年6月3日, アイーナ(盛岡市).

兼古哲也, 棟方 渚, 小野哲雄, 人-ロボット多体間の相互意図伝達による文脈適応的な身体模倣の実現, 人工知能学会全国大会(第25回), 2011年6月2日, アイーナ(盛岡市).

岡山明弘, 小野哲雄, Talking Social Space:エージェント化された空間の「つぶやき」による拡張社会空間の形成, HAI シンポジウム 2010, 2010年12月13日, 慶應義塾大学来往舎(東京).

Tetsuo Ono, Cognitive Effects to Interactions by Relationships between Humans and Agents, the 14th World Multi-Conference on Systems, Cybernetics and Informatics (WMSCI2010), 2010年7月2日, Rosen Centre Hotel, Orland, Florida, USA.

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

小野 哲雄 (ONO, Tetsuo)  
北海道大学・大学院情報科学研究科・教授  
研究者番号: 40343389

### (2) 研究分担者

山田 誠二 (YAMADA, Seiji)  
国立情報学研究所・コンテンツ科学研究系・教授

研究者番号: 50220380

今井 倫太 (IMAI, Michita)  
慶應義塾大学・理工学部・准教授  
研究者番号: 60348828