

HAIにおける身体環境共有に伴う認知的効果

Human Recognition of Shared Environment in Real World HAI

内藤 久詞^{1*} 竹内 勇剛¹
Hisashi NAITO¹ Yugo TAKEUCHI¹

¹ 静岡大学大学院情報学研究科
¹ Graduate School of Informatics, Shizuoka University

Abstract: In a cooperative task experiment with an agent in the real world, we investigate the influence on the frequency of the person's reception to the instructions of the agent depending on the difference as to whether the agent's body exists in the virtual world or the real world. As a result, we found that the reception frequency in the case of the agent having the body in the real world is higher in significance than the reception frequency in the case of the agent having the body in the virtual world or in the case of information only by sounds. In conclusion, it was suggested that sharing the same environment through the body affected the reliability of the information provided by the agent.

1 はじめに

人のコミュニケーション対象として、CG キャラクターやロボットなどといった「人以外のコミュニケーション対象（エージェント）」が誕生しつつある中、今まで存在していなかったこれらの存在とどのように付き合っていくべきかに関して数多くの研究がなされている。しかしそれらの研究で扱われている対象の多くは、我々の日常生活の中にまで入り込んでくるのに時間がかかることが予想される。一方で我々の身近にはすでに人とインタラクションを行なうことによって、ユーザの目的に合わせた振る舞いをするものも存在しつつある。その中でも、今日国内だけにおいても3,500万台以上出荷され、高度な情報通信機器として知られるドライブナビゲーション機器（カーナビ）は、今後様々なインタラクションの実現の可能性を秘めている。

カーナビの機能は、運転者に現在位置の表示や目的地への走行経路案内をはじめとし、交通渋滞予測、施設や観光地などの検索、音楽や動画の再生など多種多様である。我々はこのような機能を有し、状況に合わせて様々な情報を提示してくれるカーナビを、単なる情報提示装置としてではなく、一定の社会的機能を人間に代わって果たす存在であると思うことがあるだろう。なぜならば、人がある情報が欲しいと思った際、ユーザの好みや状況に応じた情報をリアルタイムで提供してくれるカーナビに対し、目的を共有し何が必要であるかを考えて自律的に振る舞う友好的な存在として認知

することもあってはならないかと考えられるからである。そこにはカーナビを車の一機能としてではなく、1つの主体として捉えることによって人とエージェント間のインタラクションが実現していると思えることができる。では、実際人とカーナビのインタラクションはどのように行なわれているのだろうか。

現状のカーナビによる道案内では、曲がる交差点の場所をドライバーに伝える際、「100メートル先を右折です」等の具体的な数値を用いることがほとんどである。このような指示方法は、上空から全体を見降ろしているようないわゆる「鳥の視点」から見たものである。このような指示方法はドライバーの視点から得られる情報と異なるため、曲がるべき交差点を瞬時にかつ正確に判断するのが難しい。さらに指示の提示タイミングが適切でないと、ドライバーの視覚情報処理に負担がかかることも知られている[1]。そうした人の視界情報と直接対応していない情報提示に対し、人はカーナビからの指示を素直に受け入れられず、情報の信頼性に疑問を持つことも考えられる。このように現状のカーナビによる情報は、GIS (Geographic Information System) という電子的な空間記述にもとづいた形式的な表現で提示されており、ドライバーが存在する実世界の空間との対応付けがなされていないため、人に高い認知的負荷を与えていると考えられる。

一方で人による道案内では、「イタリア料理店の手前を左」等のランドマークを利用した指示や、「その交差点を右」等の具体的な対象指示を行なわない「あいまいな指示語」を用いた指示を行なうことが多い。このような指示方法は、地上から一部を見ているいわゆ

*連絡先： 静岡大学大学院情報学研究科情報学専攻
〒432-8011 静岡県浜松市中区城北3-5-1
E-mail:gs09039@s.inf.shizuoka.ac.jp

る「虫の視点」から見たものであり、ドライバーの視点と同じである。これらの指示方法はドライバーの視点から得られる情報と一致するため、認知的負荷が少ないのではないかと考えられる。つまり、情報伝達を行なう二者間の体の向きや視線などをできるだけ近づけ、置かれている場の状況・環境を共有することで、伝達すべき内容（言葉）の省略や指示語などのあいまいな言葉を用いた情報伝達を可能にしている [2]。

また人が道案内を行なうことで、実際に道案内をしている人がその場にいるという存在感がドライバーに与える影響は大きいものであると考えられる。予備校や塾の遠隔授業を例としてみると、授業内容さえ分かればよいのならば、黒板の内容と講師だけを撮影すればよいと考えるのが一般的である。しかし、実際には撮影現場に生徒が同席することで講師側が緊張感や雰囲気を感じ取り、授業の質が向上したり、映像を流している教室で講師が見回りをすることで生徒の緊張感や意欲が高まったりすることがある [3]。また人はナビゲーションを行なう際、電話による道案内サービスよりも通行人による情報を採用するケースが多く、通行人の身体表現による指示や、場の共有によって相手が自分と同じ環境からの情報を得ているという安心感が生まれるという報告がある [4]。

このような人対人のコミュニケーションにおける「情報の共有」と「身体を介した空間の共有」によって、情報の受け手の「行動の正確性」と「提示情報に対する理解度」が向上する結果が報告されている [5]。このことから環境を共有している感覚を創出し、信頼性の向上に繋がったのではないかと推測される。

そこで本研究では、このような人が存在する実世界の作業空間内の情報を共有した実世界指向のインタラクションに着目する。特に本稿では、人とエージェントが同一環境を共有することによってエージェントと目的を共有し、エージェントから提供された指示が信頼のあるものであると認識しやすい関係を形成する方法を明らかにする。それによって、人にとってよりコミュニケーションしやすいエージェントの設計デザインの検討に貢献できると考える。そのために、人対人のコミュニケーションにおける「情報の共有」と「身体を介した空間の共有」による同一環境の共有方法が、人対エージェントにおいても同様の効果が得られるか、協調作業実験を通して明らかにする。

2 背景

2.1 実世界指向インタラクション

現在使われているコンピュータのほとんどは、情報の提示にグラフィックを多用し、大半の操作をマウスなどのポインティングデバイスで行なう GUI (Graphical

User Interface) であり、従来のキーボードを使った CUI (Character-based User Interface) に比べて視認性、操作性に優れ、直観的な操作が可能である。例えばあるファイルを削除したい場合、コマンドでファイル名を指定して削除するよりも、ファイルのアイコンをゴミ箱にドラッグする方がはるかに直観的で楽である事などがその一例である。しかし CUI や GUI 等の従来のシステムは、仮想世界やデータベース上の情報を扱っており、受け手となるユーザが存在する実世界と異なった環境から情報を受け取っていることになる。そのため、情報の受け手となるユーザに対して情報提示を行なう際、ユーザの存在する実世界とは異なる環境から情報を提示することとなり、情報が環境から隔絶された状態となっていた (図 1) 。

しかし近年の情報技術の発達に伴い、このような情報と環境との関係性に変化が表れている。音声認識やモーションセンサ、タッチディスプレイなどの新しい入力方法の誕生や、コンピュータの処理能力向上、小型化やネットワーク技術の発達などにより、ユーザの存在する実世界に共に情報が存在することにより同一環境からの情報提示が行なわれる「実世界指向インタラクション」の実現が予見される (図 2) 。具体的な例として、形のない情報を直接触れることができるようにするタンジブルユーザインタフェースの技術や [6]、実世界内にコンピュータの生成する仮想物体や情報を重ね合わせてユーザに提示する拡張現実 (Augmented Reality) ・複合現実 (Mixed Reality) の技術などがある [7]。図 3 は複数人が空中に身体を使って直接描画し合うことで空間そのものをメディアとして情報を伝え合うコミュニケーション手法である。

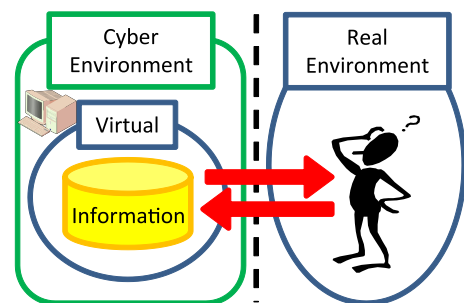


図 1: 従来の情報処理活動のイメージ

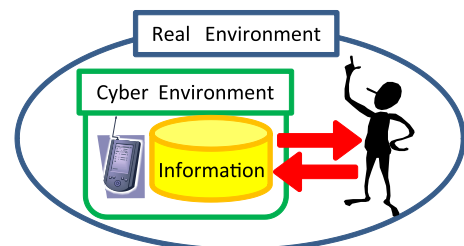


図 2: 実世界指向インタラクションのイメージ

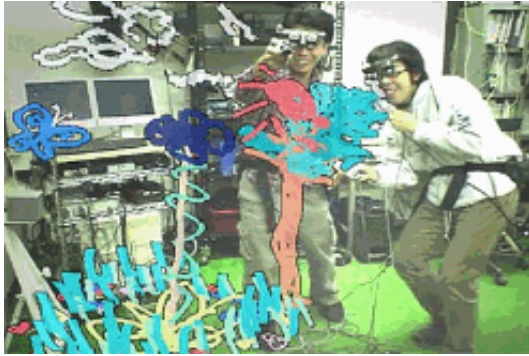


図 3: 空中描画による拡張現実

このように情報を形あるものとして捉える方法は、人間の周囲を取り巻く環境の一部の情報として扱い、コンピュータを意識して使うことなく情報のやり取りを行なうことを可能にしている点で、実世界指向インタラクションの1つの事例であると考えられる。そこで、人間が外界とインタラクションを行なう環境のほとんどが実世界であることに着目した場合、情報を具現化する方法も1つの方法であるが、人間が実世界の中の周囲の環境とどのような位置関係にあるかを考慮することによって、人間の認知様式に合致した自然な情報提供を実現することができると考えられる。

2.2 身体性

人は大切な話をする際に、対面で直接話をするだけで言葉によるバーバル情報だけでなく表情や身振りなどの身体表現といったノンバーバル情報のやり取りや、心拍間隔変動や呼吸などの生理的な側面によって、生体リズムの同調、引き込みが生じ、コミュニケーションを円滑にしている [8]。すなわち、身体性とは情報をやりとりすることで意識される「空間的」、時間的共有を互いの身体を介することによって行なわれるものであり、情報処理活動で重要な役割を果たしていると考えられる。

コミュニケーションを行なうこと自体を目的とした場合、仮想空間を利用することで物理的な制約を受けることなく様々な身体表現が実現可能である。しかし、実世界の環境に対する物理的なアクションができないといった、空間的な仕切りによる問題が生じるため、実世界の課題を行なうことができない。一方ロボットを用いた遠隔コミュニケーションシステムでは、複雑な身体表現を実現することが困難であり物理的な制約を受けるといった問題もあるが [8]、実世界という環境を共有したコミュニケーションが実現できると考えられる。

前章で述べた環境を共有している感覚を創出する方法として、同一環境からの情報を共有することが重要な要素の一つであると考えられるが、それ以外にも同一環境に身体が存在すること自体が、環境の共有感に

影響を及ぼしている可能性がある。コミュニケーションを行なう二者が同じ環境にいるということは、同じ環境に身体が存在するということであり、同じ環境にいる人の「環境に対する働きかけ」や「環境の変化」を互いに身体を介することによって共有することができる。つまり身体を介して環境に対応したやり取りを行なうことによって、コミュニケーション相手と立場や知識の一部を共有していると想定することができる [3]。

以上の議論から、人は普段からごく当たり前のようにこのような環境を共有したインタラクションを行なうことによって、互いの情報がどの程度信頼のおけるものであるかを判断しながら、情報の取捨選択を行なっているのではないかと考えられる。

2.3 エージェントと空間を共有した協調作業

我々人間を含むエージェント間の行為は、その行為によってもたらされた成果と、その結果からもたらされる帰結であるとされている [9]。つまりエージェントはある帰結をもたらそうと意図した場合、そのためにはある成果を為すことによってもたらされると仮定し、成果を為すために行為を行なう。エージェントと協調作業を行なう際、互いに帰結を目指し、そのために為すべき成果に向けて行為を行なう際、どのような問題が考えられるだろうか。

運転手がナビ機能を有するエージェントを用いて目的地へ行こうと意図した際（帰結）、エージェントの経路案内を用いることで目的地へ行くことができると信じ、エージェントとインタラクションを行なう（成果）。その際人間がエージェントを志向的な存在であると認知するためには、エージェントが意図していると思われる行為の帰結が、人間とエージェント間で共有できる環境内で実現される必要があるかもしれない。

Kidd らは、人は物理的に存在するロボットを本当に存在しているエージェントとして認識する反面、CG エージェントはあくまで仮想的な存在であると認識することを示している [10]。このことから、ロボットをエージェントとして用いる方が望ましいのではないかと考えられるが、大和ほかの実験では、ユーザのエージェントに対する評価は、エージェントの身体と達成される課題によって変化することが指摘されている [11]。実世界環境における課題ではロボットによる影響を、仮想世界環境における課題ではCG エージェントによる影響を受けやすい結果が報告されている。このことから、人間、エージェント、課題の3つの空間的な関係がエージェントに対する認知の仕方に大きく影響しているのではないかと予測される。

以上の議論から、本研究ではエージェントと行なう実世界の課題を通して、同一環境を共有することによる協調作業の効率化の検証を行なう。

3 心理実験

3.1 目的

先行研究 [5] から、人同士のコミュニケーションにおける「環境情報の共有」と「身体を介した空間の共有」が、同一環境を共有している感覚を創出し、コミュニケーション相手に対する信頼性の向上に繋がるのが推測される。そこで人对エージェントのコミュニケーションにおいて、エージェントの身体性の違いと、エージェントから提供される情報の環境との対応性の違いが、人のエージェントに対する評価に影響を及ぼすのではないかと仮説を立て、実世界におけるエージェントとの協調作業実験により検証を行なう。実世界における協調作業課題として宝探しゲームを設定し、実世界と仮想世界のエージェントのどちらの情報を信頼するか、また環境に対応した情報と対応が不明な情報を提示するエージェントのどちらを信頼するか観察を行なう。

3.2 実験方法

3.2.1 課題

被験者 大学・大学院生 45 名

被験者は図 4 に示すような迷路においてエージェントと一緒に簡単な宝探しゲームを行なう。図 4 のスタート地点から課題を開始し、分岐点に到達するとエージェントはルート選択に関する情報を提示する。分岐点におけるエージェントのルート選択に関する指示の内容は正しいものとする。迷路を進んでいき正解の場所に到達すると、宝箱を想定した番号の書かれた紙コップが 3 つ置かれている。どれか 1 つから一定の音が発せられているようにし、それを宝とする。被験者は集音器を用いることによってどのコップから音が聞こえるのかある程度聞き分けることができるようにする。エージェントは紙コップの番号を言うことによって 3 つのうちどれが宝であるかに関する情報を提示する。宝を

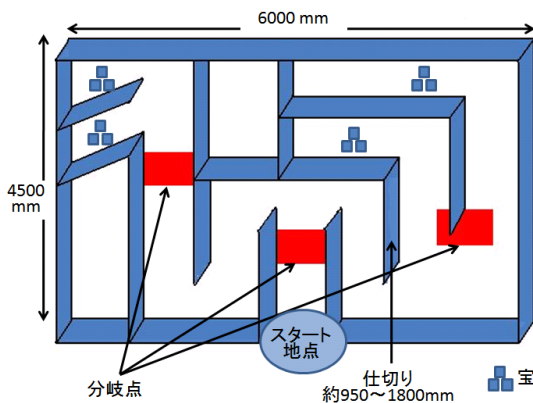


図 4: 実験場の迷路の概要

特定する際に、エージェントが正解の番号を提示した場合と正解でない番号の情報を提示した場合の被験者の行動の違いを観察する。集音器を用いて宝を特定している様子を図 5 に示す。

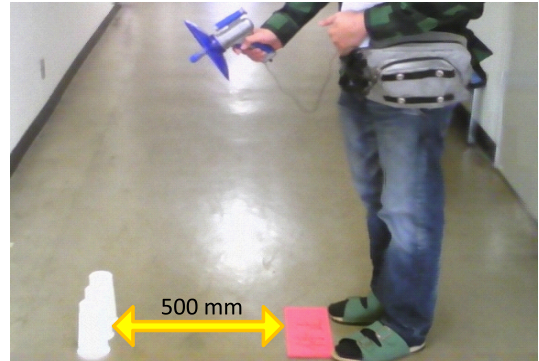


図 5: 集音器を用いて音を特定している様子

3.2.2 条件

要因は「エージェントの身体」と「情報の環境との対応性」の 2 つである。身体要因は、実体 (ロボット、図 6)・仮想 (CG、図 7)・コンピュータ (音声) の 3 水準である (表 1)。情報の環境との対応性要因は、対応あり・対応不明の 2 水準である。対応ありの情報とは、具体的なルート選択の指示である (例: 右のルートだと思っよ)。対応不明な情報とは、具体的なルート選択の指示ではなく、方向と距離による宝の位置の指示である (例: 0 時の方向に 100cm だと思っよ)。

対応ありの指示方法は、被験者の視点 (虫の視点) から得られる情報に対して右か左かを指示しているものであり、エージェントが被験者と同じ環境から情報を得ているという感覚が創出されることを想定した。一方で対応不明の指示方法は、上空から見たいわゆる俯瞰視点 (鳥の視点) であり、エージェントからの情報が自分の視点から得られる環境からの情報と違うため、環境を共有していないのではないかと疑念を抱かせることを想定した。

スタート地点から 2 つの分岐点を通り、宝箱の選択を行なうまでを 1 試行とする。被験者は身体要因のいずれかの水準 (実体・仮想・コンピュータ) のもとで、情報の環境との対応性要因の 2 水準をそれぞれ 2 試行ずつ、計 4 試行を行なう。

表 1: 実験条件

		エージェントの身体		
		実体	仮想	コンピュータ
情報の環境との対応性	あり	条件 A	条件 C	条件 E
	不明	条件 B	条件 D	条件 F



図 6: 実体エージェント

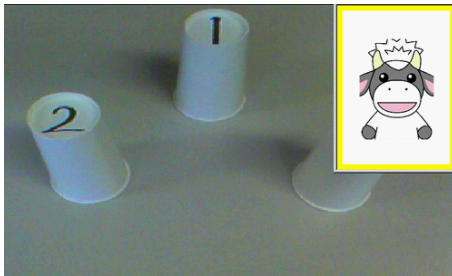


図 7: 仮想エージェント

情報の環境との対応性要因の各水準において、始めの1試行では3つの宝箱を数十センチ間隔で離して配置することで集音器を用いて正解を特定することを容易にする。そしてエージェントが正解の情報を提示することで、エージェントの意見との一致を図り、信頼関係の形成を行なう。次の1試行で3つの宝箱を隣接させて設置することで正解の特定を困難にした上で、エージェントが正解とは違う情報の提示を行なう。この際、エージェントの指示がなければある程度の正解の予想は可能であるが、エージェントが正解とは違う情報を提示することで迷いが生じる状況を意図的に作り出すことにより、各エージェントに対する信頼性の違いを観察する。

3.3 仮説と予測

本実験は、身体を介して環境を共有したもの（仮説1）、環境に対応した情報を提示するもの（仮説2）からなる情報が採用されやすいという仮説にもとづいて行なう。エージェントが宝の特定の際に正解でない情報を提示した際の被験者の行動として、以下の予測を行なう。

- 被験者は実体エージェントからの情報に従う回数が増える（条件 A, B > 条件 C, D, E, F）。
- 被験者はルート選択の際に環境に対応した情報を提示していたエージェントによる指示に従う回数が増えるが、対応不明な情報を提示していたエージェントによる指示より増える（条件 A, C, E > 条件 B, D, F）。

3.4 結果

実験結果を図8, 9に示す。結果から、身体要因において実体の方が仮想やコンピュータに比べ、指示に従う回数が有意に多かった ($F_{(2,42)} = 3.57, p < .05$)。仮想とコンピュータの間ではほとんど差が見られなかった。情報の環境との対応性要因については、対応ありと対応不明水準との間で、実体水準に若干差が見られるが他の2水準ではほとんど差が見られなかった ($F_{(2,42)} = 0.79, p < .05$)。またLSD法を用いた多重比較の結果、実体水準の平均が他の2水準のそれぞれの平均よりも有意に大きかった ($MSe = 0.2523, p < .05$)。

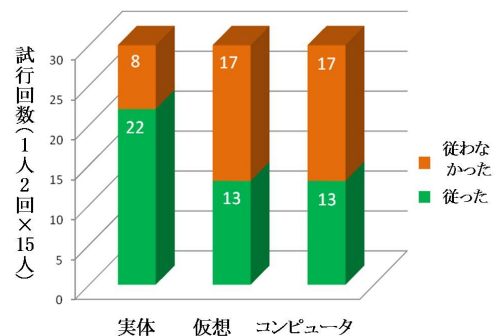


図 8: 実験結果 1

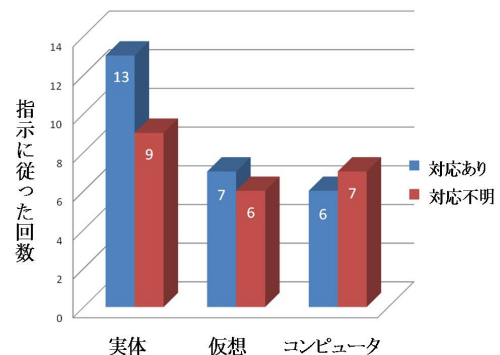


図 9: 実験結果 2

3.5 考察

今回の実験から、実世界の課題において実世界に身体を有するエージェントの指示に最も従いやすい結果が得られたことから、仮説1は支持された。このことから、今回のような実世界の環境から得られる情報（迷路のルート、宝の場所）を対象としたインタラクションを、行動を共にしながら行なうことを想定した実世界の協調作業課題においては、実世界に身体を有するエージェントに対する評価が高くなるという結果が得られたと推測される。また、今回実体エージェントを使用する際にLEGOを用いて顔と腕の動きを実現したが、実際に被験者が実体エージェントを持って実験を行なったため、動きによる振動が被験者に伝わるこ

とによって、よりエージェントの存在を印象づけた可能性が予想される。

一方、情報の環境との対応性要因に関しては有意な差が見られなかったことから、仮説2は支持されなかった。その原因として以下のことが考えられる。まず1人の被験者で、対応ありと対応不明の2水準を行ない、エージェントも同じものを用いた。この際被験者に対応ありと対応不明の場合でエージェントの思考回路が違うことを教示したが、区別があまりなされていなかったのではないかと考えられる。また本来は対応が不明な情報の分かりづらさから、ルート選択に迷いが生じ、その結果エージェントに対する評価が低下することを想定していた。しかし実験場の迷路が狭く、何度も試行を繰り返すことでエージェントの指示を参考にしなくてもある程度正確なルート判断を行なうことができてしまった。そのため信頼性に差が生じなかったのではないかと推定される。

また、傾向として実体の場合のみ対応ありと対応不明との間で差が見られたことから、実世界での身体存在を前提とし、環境と対応した情報のやり取りを行なうことで最もエージェントに対する信頼性を高めることができるのではないかと考えられる。

4 おわりに

本研究では、同一空間を共有することによる協調作業の効率化を目指し、その方法として人同士のコミュニケーションにおける身体を介した環境の共有感に着目し、エージェントインタラクションへ応用することが目的である。特に本稿では、実世界における課題において、実世界に身体を有するエージェントと環境を共有することによってエージェントの指示に対する受容頻度が最も多くなる結果を得た。今後行なう予定である仮想世界の実験において、仮想世界に身体を有するエージェントの指示に従いやすい結果が得られた場合、エージェントインタラクションにおいてエージェントの身体と、行なわれる課題が同一環境で共有されていることによって、エージェントを志向的な存在として認知しやすくなることが明らかになると考える。また、同時に被験者の置かれた環境によって、情報の提示方法を変えることによって人間、エージェント、課題の3つの空間的な関係について明らかにしていく。

今後、情報技術やネットワーク技術の発展によって様々な情報が扱われるようになるのと同時に、パソコンや家電製品などの人工物が、人と社会的にインタラクションを行なうエージェントとして広く普及することが予測される。その際単にエンターテインメントとして、また人が一方的に道具として利用するのではなく、人とエージェントが互いに協力し合うことによって、新しいコミュニケーション関係が形成されると考

える。本稿によって得られた知見が、エージェントと協調作業を行なう際にエージェントを志向的な意図を持ったパートナーとして認知し、円滑なコミュニケーションの実現に寄与することを期待する。

参考文献

- [1] 阿部真也, 川嶋弘尚, 熊田孝恒, “視聴覚情報処理の時間的特性に関する基礎的研究”, 信学技報, Vol.105, No.479, pp.97-101, 2005.
- [2] 中野有紀子, 岡兼司, 佐藤洋一, 西田豊明, “ユーザの視線に気づく会話エージェント - アテンションの知覚と制御を利用した会話の円滑化 -”, 第19回人工知能学会全国大会, 3B2-08, 2005.
- [3] 早稲田大学複雑系高等学術研究所(編), “身体性・コミュニケーション・こころ”, pp.151-216, 2007.
- [4] 新垣紀子, 野島久雄, “人はいつ道を尋ねるのか: ナビゲーションにおける外的資源としての他者”, 認知科学, Vol.5, No.3, pp.49-58, 1998.
- [5] 内藤久詞, 河村真吾, 竹内勇剛, “実世界指向インタラクションに基づく情報提示手法の提案”, 電子情報通信学会論文誌(A), Vol.J92-A, No11, pp.840-851, 2009.
- [6] 石井裕, “タンジブル・ビット 情報と物理世界を融合する, 新しいユーザ・インタフェース・デザイン”, 情報処理, Vol.43, No.3, pp.222-229, 2002.
- [7] 大崎章弘, 谷口裕之, 金子哲治, 三輪敬之, “3次元空中描画によるラピッド・プロトタイプングシステムに関する研究”, 第17回日本機械学会設計工学・システム部門講演会講演論文集(D&S2007), pp.158-159, 2007.
- [8] 渡辺富夫, “身体的コミュニケーションにおける引き込みと身体性 - 心が通う身体的コミュニケーションシステム E-COSMIC の開発を通して -”, ベビーサイエンス, Vol.2, pp.4-12, 2003.
- [9] G. H. von Wright, “Norm and Action,” Routledge (1963). (G. H. フォンウリクト著, 稲田静樹訳: 『規範と行為の論理学』, 東海大学出版会(2000).)
- [10] C. Kidd and C. Breazeal, “Effect of a Robot on User Perceptions”, IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS' 04), pp.3559-3564, 2004.
- [11] K. Shinozawa, F. Naya, J. Yamato and K. Kogure, “Differences in Effect of Robot and Screen Agent Recommendations on Human Decision-Making”, International Journal of Human-Computer Studies, Vol.62, pp.267-279, 2005.