

作業環境と身体を立脚させる世界との対応関係が HAIを通じた課題の達成に与える効果

Achievement Evaluation in Collaborative HAI Based on Task Environment and their Situatedness

竹内勇剛*1

Yugo Takeuchi

*1 静岡大学創造科学技術大学院

Graduate School of Science and Technology, Shizuoka University

This research focuses the possibility that the impression on the agent and the way of interpreting information offered by the agent changed owing to a difference of the environment where humans and agents exist and method of presenting information. We examined the effects of sharing an environment in two collaborative task experiments in real space and cyberspace. The result has shown that the credibility of information provided by the agent is improved by sharing the same environment with the agent through the body and the method of presenting information corresponding to task environment.

1. はじめに

スマートフォンの普及に象徴されるように、我々の日常における情報活動は移動している状況などあらゆる環境の中で実現できるようになってきた。さらに一部の Apple 社製品に搭載されている音声対話型秘書エージェントシステム Siri のように、ユーザの状況に合わせた情報検索をしたり、状況に対して適応的なサグステーションを提供してくる機能も身近なものになりつつある。

このとき、エージェントによる情報提供がユーザにとって有益なものとして利用されるためには、提供された情報がユーザにとって信憑性が高いものであると判断されることが前提となる。たとえ客観的にはユーザにとって有益な情報をエージェントが提供したとしても、ユーザがそれを有益なものであると判断しなければ、その情報はユーザにとって利用価値のないものとして取り扱われてしまう。すなわちエージェントから提供される情報の価値はユーザの主観的な判断に委ねられているため、両者のインタラクションを通してユーザの態度をマネジメントすることでその情報に対して価値を適切に与えることが可能となるはずである。そして同時に情報提供をするエージェントに対する社会的な信頼性もエージェントに帰属させることができるようになると期待される。

そこで本研究では、エージェントから提供される有益な情報を人間がその情報をもつ価値を認め、有益な情報として利用するためのインタラクションの構造の条件を明らかにし、人間がエージェントを社会的に信頼するためのインタラクションをデザインすることを目的とする。

2. インタラクションにおける立脚性

2.1 エージェントに対する人間の態度

人間の情報活動における認知バイアスの中で大きな影響を与える要因の 1 つに、情報の送り手の信憑性 (credibility) が挙げられる [Haas 81]。これは同じ内容の情報であっても、どのような属性をもった者がその情報を伝えようとしているかによって受け手の態度に及ぼす効果が異なるというものである。

送り手の信憑性は、次の 2 つの成分からなるといわれている [Barder 83, 山岸 95]。

- 情報の送り手の能力に基づく期待。送り手が情報の内容に関してどのような専門的知識や技能に基づいて主張しているとみなせるかに関する評価。
- 情報の送り手の意図に基づく期待。送り手がその情報をどの程度の誠実さのもとで伝えているとみなされるかに関する評価。

2.2 エージェントから提供される情報の信憑性

2.1 節でも指摘したように、エージェントは人間とのインタラクションにおいて主体的・自律的に振る舞い、社会的な関係を成り立たせるためには外界の環境を適切に理解し、行動できなくてはならない。ところがたとえエージェントの知的能力が高くても、エージェントが外界の環境を適切に理解できる保証はない。言い換えれば、エージェントが外界の環境を誤って客観的に正しい理解とは異なる状態の理解をした場合では、その理解に基づいてエージェントは人間に対して誠実に助言をしてもその助言は人間にとっては信憑性に乏しいものであると認識される可能性がある。つまり自律的なエージェントは、無自覚的なエラーを犯す可能性を潜在的に有している。

2.3 人間とエージェントの立脚性

エージェントの立脚性とは、エージェント自身がセンサや外界の状態を感知する機構によって、エージェントがおかれた環境との相互作用の中で現在の状態に関する情報を獲得できる能力を意味している [Pfeifer 01]。

エージェントにとっての環境とは、一般には身体的な相互作用をするための環境を意味することが多いが、人間とのインタラクション (HAI) を成り立たせるエージェントの場合は、人間が立脚している環境も同時に取り扱わなくてはならない [竹内 06]。つまり HAI においてエージェントは、自身の立脚性に基づく情報処理をする能力とインタラクションの相手である人間がどのように環境に立脚しているかを推測する能力を同時に備えている必要がある。後者の能力は換言すると、エージェントが人間が環境に対してどのように立脚性しているかを理解し、人間の立脚性に基づいてインタラクションできることを意味している。このような能力をエージェントが備えているかどうかの判断を人間の立場から記述すると次のようになる。

連絡先: 竹内勇剛, 〒 432-8011 静岡県浜松市中区城北 3-5-1,
Tel/Fax 053-478-1455, takeuchi@inf.shizuoka.ac.jp

- エージェントはどのような環境に立脚しているのか。
- エージェントは自分（人間）が立脚している環境を理解しているのか。

このような人間の立場に基づき、エージェントから提供される情報に対して人間がどのような態度を示すかを2.2節での説明に基づき予測すると、次のように整理できる。

予測 1 人間とエージェントとが同じ環境に立脚している場合では、エージェントから提供される情報に対して信憑性が高いものとして取り扱うだろう。

予測 2 人間とエージェントとが異なる環境に立脚している場合では、エージェントから提供される情報に対して信憑性が低いものとして取り扱うだろう。

3. 協調作業を通じた実験

3.1 実験目的と検証事項

エージェントと協調して問題解決をする作業課題が与えられた際、人間とエージェントが立脚する環境の違いが、エージェントから提供される情報に対する態度にどのような効果を示すかを検証することを実験目的とする。

実験仮説 人間 - エージェント間インタラクションにおける相互の立脚性に基づいて、人間はエージェントから提供される情報に対する態度を変える。

本実験では、エージェントから情報を提供される人間の態度を情報の信憑性に基づく反応として観察する。そこで情報の信憑性の評価における情報提供者の能力への期待を成分とした要因として、本実験では空間要因のもと以下の2つの水準を設定する。この要因は、エージェントから提供される情報が後述の3.2.1節で述べる問題解決に際して、エージェントの能力として状況的に的確な情報の提供（助言）となっているかどうかを評価するものである。

実空間水準 実空間において物理的な身体を有することで、人間と同じ環境に立脚することができるエージェントと人間とがインタラクションを行なう群。

情報空間水準 情報空間において仮想的な身体を有するために、人間と異なる環境に立脚しているエージェントと人間とがインタラクションを行なう群。

一方、エージェントが人間が立脚する環境を理解しているかを判断するための要因として、本実験では視点要因を設定する。この要因は、エージェントが課題達成に寄与する有益な情報を助言として提供する場合、エージェントが課題達成に協力的であり誠意ある内容の情報提供をしているかどうかを評価するものである。エージェントが人間が行なう課題に際して協力的で誠意ある内容の助言を行なうためには、エージェントが人間の立場で環境に立脚する必要がある。そこでこの要因については、次の2つの水準が設定される。

人間視点水準 課題に取り組む人間の視点に基づいた情報提供を行なう群。

エージェント視点水準 エージェントの視点に基づいた情報提供を行なう群。

表 1: 実験条件。

		空間要因	
		実空間	情報空間
視点 要因	人間視点	条件 A	条件 C
	エージェント視点	条件 B	条件 D

以上から、本実験では2要因各2水準からなる実験計画が立てられ（表1）、人間とエージェントとの間でのインタラクションが行なわれる中で、双方の立脚性がエージェントによって提供される情報の信憑性にどのような効果を示すかを実験を通して検証する。

3.2 方法

3.2.1 Tパズル課題

実験協力者には、認知科学研究において代表的な洞察問題であるTパズルを解かせる課題を与える（図1）。エージェントは実験協力者に助言を提示することによって、実験協力者の生産的思考を促すものとする。そこで実験協力者はエージェントと協力し、バラバラに置いてあるパズルを組み合わせさせて図1の下の形(a)および(b)をそれぞれ第1試行および第2試行において完成することを目指す。

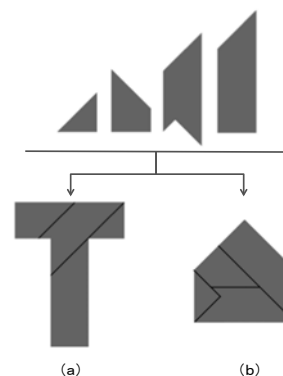


図 1: Tパズルのピースと完成形(a)(b)。

エージェントは実験協力者が持っている（選択している）ピースに対し、適切な向きにするための最小ステップの助言を行なう。配置に関する助言は行なわないものとする。エージェントからの助言は実験協力者がピースを選択している状態でエージェントに問題解決のためのヒントを聞くと、1~2秒以内に提示される。このとき助言の内容は課題の達成において常に的確なものとする。なお課題は、目標の形が完成するか課題開始から7分経過した時点で終了とする。

なお課題の遂行に際して、実験協力者には次の3点に留意しながら取り組むことが教示される。この教示によって、実験協力者は積極的にエージェントと協調して課題に取り組む動機が与えられる。

- パズルをできるだけ早く解き、指示された形状になるように完成させる。
- エージェントは課題の達成のために有益な助言を与えられる能力を有しているため、協力して課題に取り組むことが望ましい。その際、エージェントに何回質問してもよく、特にペナルティは生じない。
- エージェントに助言された内容についての疑義は受け付けない。

本実験で用いるエージェントは、図2および図3に示す身体を有している。双方とも身体動作は、音声による助言に合わせて右腕を数回前後に動作させた後、頭を数回上下に動作させる。



図 2: 実空間に立脚するエージェント。



図 3: 情報空間に立脚するエージェント。

図 2 の実空間型エージェントは図 4 で示す実空間に設置され、3.1 節で述べた実空間水準での実験環境を構成する。同様に図 3 の情報空間型エージェントは図 5 で示す仮想的な情報空間に表示され、情報空間水準での実験環境を構成する。



図 4: 実空間水準での実験環境。



図 5: 情報空間水準での実験環境。

3.3 実験手順

本実験では、情報学系の大学生・大学院生（年齢は 18～25 歳）48 名（男性 40 名，女性 8 名）が実験協力者としてボランティアに参加した。実験協力者は無作為に表 1 で示した 4 つの条件群に均等に割り振られ、それぞれが与えられた条件のもとで以下の手順に従って T パズル課題に取り組む。

1. T パズル課題の説明と課題遂行上の注意点を教示する。
2. 課題遂行においてエージェントと協動的に取り組むことと、エージェントが実験協力者の任意のタイミングでの質問に応じた的確な助言を提供してくれることを教示する。
3. T パズル課題（第 1 試行）を開始する。このときに実験協力者が取り組む T パズルの完成形は図 1 の完成形 (a) あるいは (b) のいずれかである*1。
4. 第 1 試行の課題達成後、あるいは 7 分間の取り組み期限後、再度 (3) のときとは異なる完成形の T パズル課題に実験協力者は取り組む（第 2 試行）。
5. 第 2 試行終了後、実験協力者に心理評定をするためのアンケート調査を行なわせる。

3.4 観察項目

本実験では、T パズル課題遂行時の実験協力者の行動を指標とした行動データと、T パズル課題終了後に行なうアンケート調査の結果から得られる心理評定データを、それぞれ表 2 に基づく観察項目ごとに計測する。

3.5 実験結果

*1 各条件内で 50% ずつになるようにしてある。

本実験の結果を概略的に整理すると、表 3 のようになる*2。

空間要因の実空間水準と情報空間水準とは割り当てられた実験協力者が行なった T パズルの操作方法が異なるため、行動データの課題達成

率および初質問時間をこの 2 水準間で直接比較することはできない。したがってこの 2 つの水準に対しては、それぞれ視点要因の 2 水準間での比較を行なった。

図 6 は、各条件群ごとの課題達成率を示している。同じ環境下では人間視点での情報提供がエージェントから行なわれた群の方が、人間と 90 度ずれた位置にいるエージェントの視点から見た助言を行なった群よりも T パズルの達成率が統計的にも高い（実空間水準 条件 A-B: $F_{(1,22)} = 11.70, p < .01$, 情報空間水準 条件 C-D: $F_{(1,22)} = 4.76, p < .05$ ）。

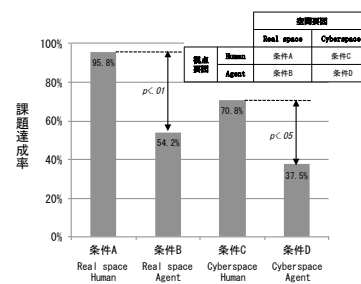


図 6: 課題達成率の結果。

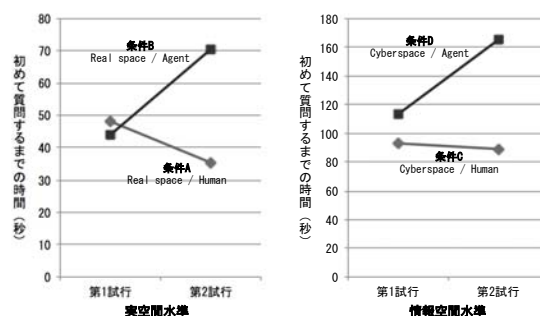


図 7: 初質問時間の結果。

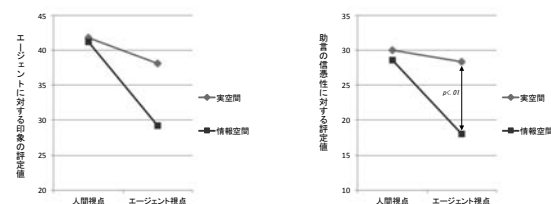


図 8: エージェントに対する印象の評定値の結果。

図 9: 助言の信憑性に対する評定値の結果。

実空間水準において、T パズル課題の第 1 試行と第 2 試行をそれぞれ水準とする試行要因を設定し、視点要因との間での 2 要因混合計画の分散分析を行なったところ、2 要因間での交互作用が観察された ($F_{(1,18)} = 4.81, p < .05$)。しかし各要因ごとの主効果は観察されなかった。単純主効果を検定したところ、エージェント視点水準において第 1 試行のときよりも第 2 試行のときの方が初質問時間が長くなる傾向が強いことが判明した。

次に情報空間水準においては、試行要因と視点要因との間に交互作用、主効果いずれも統計的に有意な値は観察されなかつ

*2 データの一部が欠損しているのは、実験協力者が質問する以前に課題を達成してしまった場合を除いているからである。

表 2: 観察項目

行動データ	課題達成率	Tパズル課題の第1試行と第2試行を合算した課題達成の割合。
	初質問時間	第1試行, 第2試行それぞれでの実験協力者がエージェントに初めて質問するまでの時間。
心理評定データ	印象評定	エージェントの印象に関する心理評定の結果。
	信憑性評定	エージェントの助言の信憑性に関する心理評定の結果。

表 3: 実験結果の一覧

実験条件	空間要因 (A)	視点要因 (B)	行動データ		心理評定データ	
			課題達成率 (%)	初質問時間差 (s)	印象評定値	信憑性評定値
			図 6	図 7	図 8	図 9
条件 A	実空間	人間視点	95.8	-12.9	41.8	30.0
条件 B	実空間	エージェント視点	54.2	26.6	38.1	28.3
条件 C	情報空間	人間視点	70.8	-4.3	41.2	28.6
条件 D	情報空間	エージェント視点	37.5	51.8	29.2	18.0
						A: S B: S A × B: S

た。しかし実空間水準の場合と同様に、エージェント視点水準において第1試行のときよりも第2試行のときの方が初質問時間が長くなる傾向が強い。

4. 総合議論

最初に課題達成率について述べる。この結果では、視点要因において人間視点水準の方がエージェント視点水準よりも有意に高い値を示していることから、人間とエージェントが互いに同じ視線を共有した助言が行なわれた場合のインタラクションが、問題解決に強く寄与したことが明らかになった。本研究では、エージェントの助言が人間の視点で行なわれることを通して、エージェントが人間の問題解決のための活動に対して協力的であり、人間の活動を助けようとする意図の現れであると定義している。そして、このことを裏付ける結果が、エージェントに対する印象の評定値(図8)および助言の信憑性に対する評定値(図9)でも示されている。つまりエージェントの助言が、人間と同じ視点に立って行なわれることで、人間はエージェントに対して好印象をもち、助言の内容に対して信頼する姿勢をもつことが明らかになった。

次に第1試行で実験協力者が最初にエージェントに対して質問したまでの時間と、第2試行でのその時間との差に注目して考察する。図7からも明らかのように、実空間水準と情報空間水準のいずれでも、第2試行の際にエージェント視点水準の時間が大幅に増加している点から、実験協力者は次のような反応を示したと推察できる。

- 自分と同じ視点に基づいた助言は、教示された通り提供される教示はすみやかな課題達成のために有益で信頼できる情報であると判断した。
- 自分と異なる視点に基づいた助言は、すみやかな課題達成のためにはあまり必要性を感じなかった。

実験協力者にはTパズル課題の第1試行の直前の教示で、3.2.1節で述べたように、エージェントは課題の達成のために有益で的確な助言を与えられる能力を有していることが伝えられている。したがって、第2試行でエージェントから助言を受けることをエージェント視点水準の実験協力者が「ためらった」と解釈できる反応を示した原因は、エージェントの助言に対する信憑性が第1試行でのインタラクションを通して低下したからであると考えられる。

しかしこの「ためらい」は行動データとしては顕在化したものの、実空間水準を割り当てられた実験協力者自身には自覚されていなかった可能性が図9から示唆される。すなわち、条件B群に相当する実空間水準/エージェント視点水準に割り当てられた実験協力者は、条件A群の実験協力者とほぼ同等な評定値を助言の信憑性に対して与えているのである。

このように本実験の結果から考察された事柄を集約すると、次のことが明らかになったといえる。

- 人間-エージェント間インタラクションにおける相互の立脚性に基づいて、人間はエージェントから提供される情報に対する態度を変える。
仮説は支持された。
- 人間は実空間に立脚するエージェントに対して、情報の送り手としての能力に期待し、送り手としての誠実さは意識しない。
- 人間は情報空間に立脚するエージェントに対して、情報の送り手としての能力に期待するだけでなく、送り手としての誠実さに対しても期待する。

ここで得られた知見は、信頼されるHAIのデザインにおける指針となることが期待される。特に実空間型エージェントすなわちロボットは道具的な存在としてみなされる可能性があるが、情報空間型の仮想的なエージェントはより社会的な側面も含めて重視される可能性が本実験を通して示唆された。

参考文献

- [Barder 83] Barder, B.: *The logic and limit of trust*, Rutgers University Press (1983).
- [Haas 81] Haas, R.G.: *Effects of source characteristics on cognitive responses in persuasion*, in "Cognitive responses in persuasion," R. E. Petty, T. M. Ostrom, & T. C. Brock, (Eds.) pp.141-172, Erlbaum (1981).
- [Pfeifer 01] Pfeifer, R. & Scheier, C. 著, 石黒章夫, 小林宏, 細田耕 監訳: 「知の創成 — 身体性認知科学への招待—」, 共立出版 (2001).
- [竹内 06] 竹内勇剛: 身体コミュニケーションとしてのHAI, 人工知能学会誌, Vol.21, No.6, pp.656-661 (2006).
- [山岸 95] 山岸俊男, 小宮山尚 著: 「信頼の意味と構造—信頼とコミットメント関係に関する理論的・実証的研究—」, INSS Journal, Vol.2 pp.1-59 (1995).