

# 遅延視覚フィードバックによる主体感覚の乖離を利用した 意思決定支援システム

A Decision Support System Using the Loss of a Sense of Agency Elicited  
by Time-Delayed Visual Feedback

前田 真梨子 尾関 基行 岡 夏樹  
Mariko MAEDA Motoyuki OZEKI Natsuki OKA

京都工芸繊維大学 大学院工芸科学研究科  
Graduate School of Science and Technology, Kyoto Institute of Technology

No matter how silly the question such as “Which is better ...”, we cannot give short shrift to the question from our friend or familiar person. As the scapegoat, we propose a novel decision support system based on user’s unconscious muscular action (ideomotor effect), which is considered as a part of the basis of a table-turning, dowsing, etc. The expected features of this divination-like system are (1) it does not lose consuler’s feeling of “I’m asking someone’s advice” because sensors for measuring the biological information are not required and (2) it can partially read consuler’s feelings because the output is actually controlled by the consuler. The experimental results of fourteen subjects indicates that the proposed method may have the above features.

## 1. はじめに

人の主体感覚（自分の行為であるという感覚）とは曖昧なもので、自らの起こした運動について、脳が予測した結果と感覚器から得られた結果が一致しないと「これは自分の行為ではない」と脳は判断してしまう。この主体感覚の乖離という現象は、解離性障害などの精神疾患だけでなく健常者にも時折みられ、また、意図的に引き起こすこともできる。例えば、人にディスプレイを介して自分の手を見せるようにした上で、自身の手の映像を遅延表示したり回転表示すると、その手の主体感覚を損なわせることができることが知られている [Shimada 2009]。また、こっくりさんやダウジングなどもこの類の現象として説明される [安斎 2004]。これらの現象は無意識的な筋肉の動きが関係しており、脳の予測では「自分は動かしていない（コインやスティックは動かない）」のに、感覚器からは「自分の触れているコインやスティックは動いている」という入力があり、そのギャップが「霊の仕業」という理由付けを生み出したりもする。

この現象を HAI (Human Agent Interaction) 研究の立場からみると、「では、その乖離した主体感覚（から転じた“行為の意図性”）はどこに帰属されるのか」という点に興味を惹かれる。こっくりさんの例で挙げたように、その行為に関与していそうなものが他になければ、霊の仕業にされたり、宇宙人から遠隔操作されている…ということになったりする。高橋らも触れているように [高橋 2010]、ここには新しいエージェントを創出するヒントがありそうである。また、主体感覚が乖離しているときに、その行為に他の誰か（何か）が関与しているようにみえれば、その行為主はその誰か（何か）に転嫁される。外部からの誘導や強制によるものではなく、自分への説明のために必要に迫られて帰属された意図性には強いリアリティが伴うと考えられる。エージェントに意図性を帰属させることは HAI 研究の一つのテーマであり、主体感覚の乖離現象をうまく利用した HAI デザインはその一つのアプローチになり得ると我々は期待している。

我々は、この主体感覚の乖離現象を利用したアプリケーション

連絡先: 〒 606-8585 京都市左京区松ヶ崎橋上町 1

京都工芸繊維大学 大学院工芸科学研究科 情報工学専攻  
インタラクティブ知能研究室, maeda@ii.is.kit.ac.jp

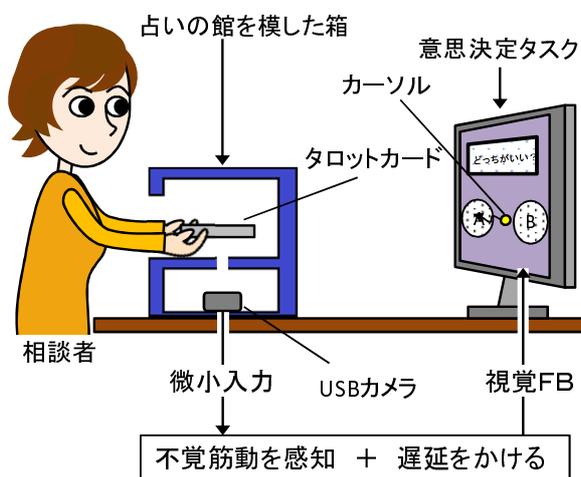


図 1: システムの概要

ンとして、個人向けのちょっとした意思決定支援システムを構築した [前田 2014]。このシステムは、ビジネスや経営上の問題を扱うのではなく、もっと個人的な迷い（相談）に答えることを目的とする。友人や恋人に「どっちのほうがいいかな？」と聞かれ、テキトウに答えて機嫌を損ねられた…という経験をした人は少なくないだろう。相談者は「他人の意見を聞きたい」と確かに思っているのだが、潜在意識下ではどちらがよいか決まっておらず、ただ他人からの後押しが欲しいのである。相談された側としては、相談者と共に悩み、相談者の隠れた意図を推定して自分の意見として答える…という高度なコミュニケーション能力が要される。そこで、前述の主体感覚の乖離現象を利用して、実際には相談者自身が回答を選んでいるのだが、コンピュータプログラムや誰か他の存在が答えてくれたかのように錯覚させる手法を考案した。

システムの概要を図 1 に示す。提案手法の仕組みは次のとおりである。まず、システムは占いの館を装っており、相談者には自分の相談事を占いに持ち掛けてもらう。相談者は二つの

選択肢をシステムに入力し、タロットカードを箱の中にかざして静止させる。ディスプレイには二つの選択肢が表示され、その間を六芒星を模したカーソルがユラユラと移動し、最終的にどちらかの選択肢を選ぶ。相談者は大抵気づかないが、この六芒星の動きは、相談者のかざしたカードの微弱な動き（不覚筋動\*1）を平滑化して増幅し、適当な遅延（今回は233ms）を与えて表示しただけのものである。カードの動きの認識には、相談者から見えないように箱に仕込んだUSBカメラと、カードに印刷したARマーカを使用している。

関連研究として、エージェント同士の会話を見せることで相談者の意思を顕在化させるオーバーヘッドコミュニケーションを用いた方法[鈴木2005][安田2011]や、タイミングよく相槌を打ってくれる聞き手エージェントに話を聞いてもらうことで自己解決させる方法[Maatman2005][渡辺2006]、脳血流や脈拍といった接触型生体センサを用いて相談者の隠れた意思を推定する方法[射手矢2012]などが考えられる。しかし、これらのアプローチでは、相談者が「誰かから意見をもらった」という感覚が得られない。「どっちがいいと思う？」という類の相談は、自己解決できればよいというものではなく、誰かに相談したという事実も大切である。アイトラッカーによる選好注視法[Fantz1958][Shimojo2003]を使えば、相談者に知られることなくその意思を推定してうまく後押しをするシステムを構築することは可能であるが、現時点ではセンサが大変高価である。その他、相談相手に求められる要件や関連研究の詳細についての詳しい議論は[前田2014]を参照されたい。

## 2. 実験方法

試作したシステムの使用手順の概要を図2に示す。詳細な手順は次のとおり：

1. 実験参加者にあらかじめ考えてきてもらった相談事（例：どちらのイヤリングを付けていくか？）と二つの選択肢（例：イルカのイヤリング、花のイヤリング）をキーボードから入力してもらう。
2. ディスプレイの前に置かれた箱の中に両手で持ったカードを差し込み、カードを浮かせたまま静止してもらう。
3. カードを左右に動かすと六芒星を模したカーソル（以下、六芒星と呼ぶ）がその動きに合わせて左右に動くことを確かめてもらう。（これは六芒星が自動的に動くことはないという印象を与えるための演出であり、この時点では遅延フィードバックは加えず、平滑化のみ行なっている。）
4. 六芒星が中央の位置に戻るのを、再度カードを空中に静止させ、「どっちがいいと思いますか？」と心の中で問いかけながらディスプレイを眺めてもらう。（ここからは遅延フィードバックが加わる。）
5. カードを空中で静止させ続けていると筋肉の疲れに伴う不覚筋動が発生し、六芒星がユラユラと動き出す。六芒星がどちらかの選択肢の領域に入ると、それが占い結果（相談相手の意見）として強調表示される。
6. その意見を見た上で自分の相談事について再考してもらい、アンケートに答えてもらう。

比較手法としては、入力を乱数で発生させてランダムに六芒星を動かしたもの（ランダム選択）を用意した。動き方を調

\*1 本人が自覚していない筋肉の動きのこと。

### ①相談事を入力する



### ②占いシステムに相談



### ③占いシステムによる選択



### ④結果を受けて、再度考え最終決断する



図2: 試作システムの使用手順

整し、ランダムであることを知っている著者らにも提案手法との区別がつかなくなるようにしている\*2。各実験参加者には、どちらがいいか決めきれない相談事を六つ用意してきてもらい、提案手法と比較手法による実験を3回ずつ、計6回実施してもらった（上記1~6の手順を6回繰り返す）。提案手法と比較手法の提示順は、各手法が合計3回ずつになるようランダムに決めた。各手法3回の結果の平均をとって一人分のデータとし、対応ありのt検定で評価した。本システムの主なターゲットを女性とし、実験参加者として21歳~24歳までの女子大学生・大学院生および社会人の計14名を集めた。

用意したアンケートは次の五つ：

- a. 六芒星を動かしていたのは以下のいずれのように感じられましたか？（頭で考えたものではなくて、どのように感じられたかを答えてください）  
[自分・コンピュータプログラム・その他の何か]
- b. （六芒星が示した提案を見た上で）あなたの決断はどちらですか？  
[左の選択肢・右の選択肢・まだ決められない]
- c. 六芒星が示した提案は参考になりましたか？
- d. この相談相手にまた相談してみたいと思いますか？
- e. この相談相手は自分の迷いに共感してくれていると感じましたか？

質問aは、主体感覚の乖離が起こっているかどうかを調べるためのものである。実験参加者には自分の持っているカードと連動して六芒星が動くことを実験手順3で確認してもらっているので、六芒星を自分で動かせることはわかっている状態にある。つまり、自分がカードを静止させているかぎり、六芒星が動くはずはないことは頭ではわかっている。その状況で、目の前の六芒星はユラユラと動いている（こっくりさんなどと同じ状態を作り出している）。ただし、カードを空中に浮かせて持ち続けているので、自分の手がフラついてくることも何となく感じ取ることができ、六芒星の動きを自分の手のフラつきに起

\*2 後述するアンケートの質問aの結果をみても、二つの手法を区別できた実験参加者はいなかったと思われる。

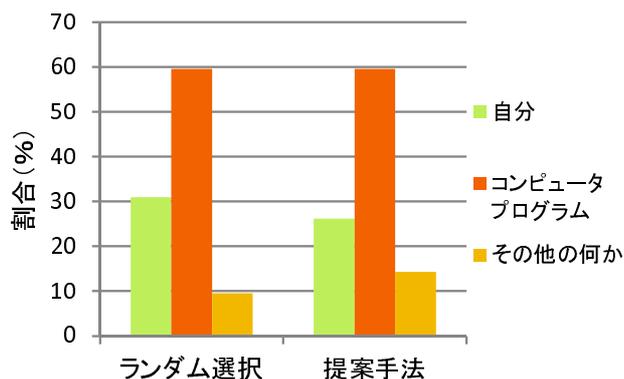


図 3: 六芒星を動かしていたのは誰だと感じたか (質問 a)

因させることもできる。そういった状況下で、目の前で起こっている行為が自分のものか否かを試行毎に判断してもらう。

質問 b によって、システムの選択と相談者の最終的な決断が一致した割合、つまり、システムの提案が相談者の後押しになった割合を調べる。これは、間接的に、相談者の隠れた意図の推定精度を測っているともいえる。提案手法では、相談者本人が気づいていない～とはいえ、自分自身で六芒星を動かしている、潜在意識下にある意思（選好）の影響が筋肉に及ぶと考えられる。よって我々としては、ランダム選択は 50%前後、提案手法はそれより有意に大きい割合で、システムの選択と相談者の最終的な決断が一致すると予想した。

質問 c～e は意思決定支援システムとしての純粋な評価で、「全くそう思わない～非常にそう思う」の 7 段階で回答してもらった。主語に「システム」という言葉を使わないようにすることで質問 a への影響に配慮した。質問 e については、六芒星のフラつきが相談者自身の迷いをうまく反映していれば、共感して一緒に悩んでくれていると感じさせることができるのではないかと仮説を検証する目的もある。

### 3. 結果と考察

まず、「質問 a. 六芒星を動かしていたのは誰だと感じたか」についての結果を図 3 に示す。提案手法に対して「自分で動かしている」という回答が 30%弱あるが、この値はランダム選択と同程度以下になっている。相談者の持ったカードの動きに遅延を与えて出力しただけで、その主体感覚を損なわせることに成功していることがわかる。「自分で動かしている」という感覚がランダム選択の場合にもしてしまうのは、実験手順 3 でカードを使って六芒星を動かす経験をしているからであり、本番の際もカードのフラつきと六芒星の動きの偶然の一致によって「自分で動かしている」という感覚が生じたものと思われる。

自分以外の誰が動かしているかについては「コンピュータプログラム」という回答が多かった。実験参加者の半数以上 (14 人中 8 人) が工学系の学生であったこともあり、口頭でのインタビューでは「どうしても頭でシステムの仕組みを考えてしまった」といった意見が得られた。この傾向は、提案手法とランダム選択の間で違いはなかった。我々の狙いとしては、相談者から乖離した行為の意図性が古い相手に帰属されることにより、無生物であるコンピュータプログラムではなく、「その他の何か」という回答が多く得られることを期待していたが、そのような結果にはならなかった。

次に、「質問 b. システムの選択と相談者の最終的な決断が

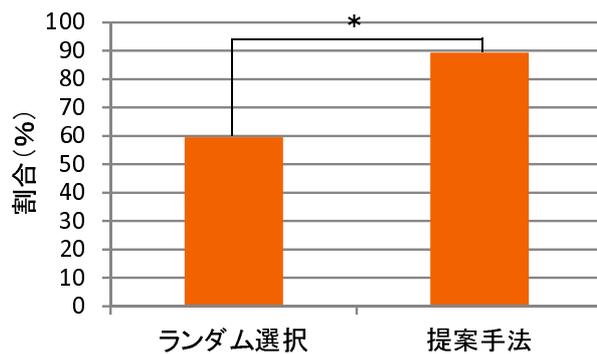


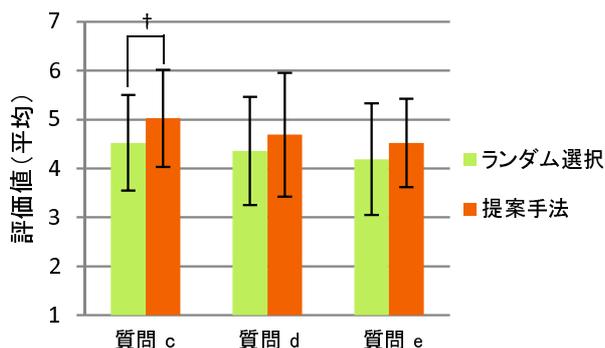
図 4: システムの選択と相談者の最終的な決断が一致した割合 (質問 b)

一致した割合」の結果を図 4 に示す。データからは「まだ決められない」という回答 (16.7%) を除いて計算した<sup>\*3</sup>。提案手法による選択の 89.3%が相談者の最終的な決断と一致しており、59.5%だったランダム選択に対して有意な差がみられた ( $t(13)=-2.96, p=0.01, \text{効果量}=0.64$ )。この結果はほぼ予想どおりであり、相談者は無意識のうちに自分の潜在的な選好に従って筋肉を動かしていると考えられる。ただし、ランダム選択の選択の一致率が 5 割より高くなっていることから、相談者の意図の推定如何に関わらず、古い結果に引きずられて決断した場合が 1 割ほどあった可能性がある。とはいえ、生体センサなどを使わない非常に単純な方法でも、(最終的に決断のついた相談事に対しては) 総合的に 9 割近い確率で後押しが成功したということは一定の成果といえる。

最後に、質問 c～e の結果を図 5 に示す。「六芒星の示した提案は参考になったか」については有意傾向 ( $t(13)=-2.09, p=0.06, \text{効果量}=0.50$ ) がみられたが、「この相談相手にまた相談したいか」と「自分の迷いに共感してくれていると感じたか」については、提案手法とランダム選択の間に有意差はみられなかった。HAI 研究の観点からは、意図性がエージェント (この場合はコンピュータプログラムなど) に帰属されることで、特に質問 e に顕著な差が出て欲しいところであった。これは「自分は動かしていないのに、六芒星が勝手に動いている!」といった驚きを実験参加者に与えられていないことが一つの理由だと考えられ、インストラクションや状況設定への工夫が必要である。

また、評価値の絶対値も 7 段階の 4.5～5 程度であり、相談相手として改良の余地がありそうである。このような結果となった原因の一つとして、カードを数十秒から 1 分近く持ち続けるという作業を 6 回も繰り返したことが考えられる。実験ではなく、本当に相談したいときに 1 回だけ使用した場合には結果が変わってくると予想される。そのためには、今回のような装置を要さず、いつでも使える形で古いシステムを提供する必要がある。この目的のために、現在、スマートフォンの傾きセンサを使った同様のシステムの構築を計画しており、アプリとして配布してデータを集める予定である。

\*3 ちなみに、「まだ決められない」と答えたデータを一致しなかった場合として数えても、提案手法の 71.4%、ランダム選択が 50.0%となり、有意傾向がみられた ( $t(13)=-2.09, p=0.06, \text{効果量}=0.50$ )。



質問 c: 六芒星が示した提案は参考になりましたか？  
 質問 d: この相談相手にまた相談してみたいと思いますか？  
 質問 e: この相談相手は自分の迷いに共感してくれていると感じましたか？

図 5: 質問 c~e の結果

#### 4. まとめ

本研究では、主体感覚の乖離から転じた「意図性の帰属」の可能性に注目し、それを利用した一つのアプリケーションとして、「どっちがいいと思う？」という類の相談相手になってくれる意思決定支援システムを構築した。本手法は、相談者が持ったタロットカードの動きに視覚的な遅延フィードバックを与えるというだけのシンプルなものだが、評価実験では約 9 割の相談事に対して後押しとなる提案ができることを示した。しかし、相談相手としての評価はそれほど高くなく、意図性の帰属が期待どおりになされたかについても明確な結果は得られなかった。

今後は、より自然な状況でシステムに相談してもらうために、スマートフォンの傾きセンサを用いた同様の相談システムを構築し、アプリとして配布してデータを集める予定である。その際、主体感覚が乖離していることを相談者に気づいてもらう工夫を取り入れ、また、相談相手を具現化したオンスクリーンエージェントを表示して意図性の帰属先を明示的に示すことなどを計画している。

謝辞: 本研究は科研費 (25330259) の助成を受けたものである。

#### 参考文献

[安斎 2004] 安斎 育郎: こっくりさんはなぜ当たるのか, 水曜社 (2004)

[Fantz 1958] Fantz, R.: Pattern vision in young infants., The Psychological Record, 8, p.43-47 (1958)

[射手矢 2012] 射手矢 賢, 加藤 俊一: 生理的指標に基づく商品への興味度合の推定, 映像情報メディア学会技術報告, Vol.36, No.19 (2012)

[Maatman 2005] Maatman, M., R., Gratch, Jonathan., Marsella, Stacy.: Natural behavior of a listening agent., Lecture Notes in Computer Science, Vol.3661, p.25-36 (2005)

[前田 2014] 前田 真梨子, 尾関 基行, 岡 夏樹: ユーザの不覚筋動を利用した意思決定支援システム, 第 18 回一般社団法人情報処理学会シンポジウム, A1-1 (2014)

[Shimada 2009] Shimada, S., Qi, Y., Hiraki, K.: Detection of Visual Feedback Delay in Active and Passive Self-Body Movements, Experimental Brain Research, Vol.201, No.2, pp.359-364 (2009)

[Shimojo 2003] Shimojo, S., Simion, C., Shimojo, E., & Scheier, C.: Gaze bias both reflects and influences preference., Nat Neurosci, 6, p.1317-1322 (2003)

[鈴木 2005] 鈴木 聡, 山田 誠二: 擬人化エージェントによるオーバーハードコミュニケーションのユーザの態度への影響, 情報処理学会論文誌, Vol.46, No.4, pp.1093-1100 (2005)

[高橋 2010] 高橋 英之, 宮崎 美智子: 「こっくりさん」の振る舞いの定量化 -self agency の有無に応じたアイ・スクラッチ課題における視線軌道の差異-, HAI シンポジウム 2010, 2B-4 (2010)

[渡辺 2006] 渡辺 富夫: うなずきロボット InterRobot, 日本ロボット学会誌, Vol.24, No.6, pp.692-695 (2006)

[安田 2011] 安田 淳志, 山本 景子, 倉本 到, 水口 充, 辻野 嘉宏: 複数エージェントとの会話による意思決定支援システムにおける性格の違いがユーザに与える影響, HAI シンポジウム 2011, II-2A-3 (2011)