

ロボットによる推奨のユーザの意思決定への影響の定量的評価*

2B-03

篠沢 一彦, 納谷 太, 小暮 潔†

大和 淳司‡

日本電信電話株式会社

日本電信電話株式会社

NTT コミュニケーション科学基礎研究所§

第 3 部門¶

1 はじめに

近年のコンピュータの性能向上によって、音声認識、音声合成を行い、画面内の姿を自在に動かすスクリーンエージェントが実現されてきている。

また、スクリーンエージェントの効果についての研究が行われている。スクリーンエージェントを用いた実験では、動作をともなった音声発話は、ユーザの正確な聞き取りに対してより効果的であったり、逆に適切でない口の動きは、発話音声の間違って聞き取らせる効果が指摘されている [1]。擬人化の効果についても、人間はより一般的なメディアに対しても人間に対する場合と同じような態度をとることが報告されており [4]、スクリーンエージェントに関しても、人間とおなじような互恵性をもって接することが示され [6]、さらに、人間と同じようなインタラクション戦略が効果をあげることが示されている [5]。このようにスクリーンエージェントは、ユーザに対してよりわかりやすい対話インタフェースとして注目され、また、人間のコミュニケーション相手としての研究が行われている。

一方、パーソナルロボットはペットのように、コミュニケーションを中心としたものの商品開発や研究が行われている。ロボットをペットとしたコミュニケーションでは癒しを中心とした研究が行われ、アニマルセラピーにおける動物の代わりとしてペット型のロボットを用いた場合にも、緊張を和らげることが示され始めている [9]。ロボットは、スクリーンエージェントと違い画面内ではなく実世界に実体をもつので、視線の正確な表現や身体表現がより効果的にコミュニケーションに役立つことが考えられる。物理世界に身体があることによって、方向の確認を身体動作によって誘発し、人間の理解をたすけるような効果も明らかになりつつある [11]。

しかし、スクリーンエージェントとその同型ロボットとの推奨実験の比較では、ロボットの推奨がスクリー

ンエージェントよりも影響を与えられなかったことが示されている [7, 10] (以後、実験 A)。この結果は、ロボットがその特性を効果的に発揮できない状況があることを示しており、コミュニケーション相手としてみられるために適切なデザインが必要であることを示している。

コミュニケーションで用いられる発話は、常に状況や環境に依存する部分が多く、曖昧である。このため、言葉の解釈は辺りの状況や相手の動作、表情などから推察することを繰り返す [8]。そのため、人間はコミュニケーション相手の存在する環境をすばやく認識する必要があると考えられる。

実験 A では、被験者に色の名前を選択させる課題を行わせ、スクリーンエージェントやロボットが傍らで推奨を行ったときに、その選択結果に影響をおよぼすかどうかを調べている。提示される色はコンピュータ画面上に提示され、選択はマウスで行っている。ここで、被験者が行う操作について考えると、その操作は画面上に提示される色について、マウスでカーソルを選択ボタンへ移動し、クリックをする。

課題を達成するために認知し、操作しなければならぬアイテムが存在する世界を課題世界と呼ぶと、実験 A ではそのほとんどがコンピュータ画面内にあるので、課題世界はコンピュータ画面と言える。この時に、スクリーンエージェントは、コンピュータ画面内に登場し、色が提示されるその横で推奨を行う。ロボットは、コンピュータディスプレイ装置の横に位置し、その場から推奨を行っている。スクリーンエージェントはコンピュータ画面内におり課題世界内に存在すると言えるが、ロボットは課題世界外に存在することになる。

本研究では、この課題世界の差異に注目し、課題世界によってロボットの推奨の影響が変化することを実験で検証する。

2 方法

課題は、実験 A と同じ色選択課題を用いる [5]。この課題では、提示される色に対して、被験者が色の名

*Quantitative Evaluation of Effect of Robot Recommendations on User Decision

†Kazuhiko Shinozawa, Futoshi Naya, Kiyoshi Kogure

‡Junji Yamato

§NTT Communication Science Labs, NTT Corp.

¶Department III, NTT Corp.

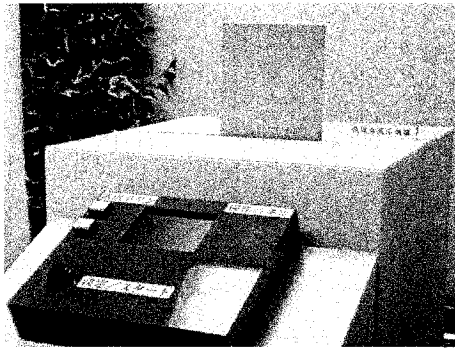


図 1: 色見本提示装置

前を2つの選択肢から選ぶ。この時、スクリーンエージェントやロボットが一方の色の名前の選択肢を推奨し、推奨された色の名前の選択率を、推奨がある場合と無い場合で比較する。

ただし、課題世界を、コンピュータ画面内から物理世界へ変更するために、提示する色は印刷された色紙を自動的に提示する機械を開発し、選択は専用の選択装置を用意した。さらに、課題世界中のロボットの存在感を増すために、ロボットが被験者の位置に視線を向けるシステムを開発した。

2.1 実験システム

実験システムは、色紙を提示する色見本提示装置、被験者が選択肢を選択する選択装置、ユーザ頭部追跡装置からなる。実験 A との比較を用意するため、提示される色の領域の大きさ、提示する位置などをほぼ同一のものとした。被験者への威圧感などないように小型化し、色の対比効果によって影響が起きないように、無彩色の筐体にした(図 1)。

2.1.1 提示する色

色の名前の選択率は、提示される色や選択肢によって変化する。実験 A では、コンピュータ画面中の色が使われたが、ここでは印刷された色紙を使う。色紙の色を極力、コンピュータ画面で提示される色と合わせるために、色紙は、表示に用いた画像データを印刷し用意した。一般に RGB で表現された色と、CMYK で表現された色を厳密にあわせることは難しいので、なるべく近い色になるようにプリンタドライバと印刷オプションを設定し印刷した。また、最終的な微調整として、予備実験を行い数人の被験者から画面の色と同

じ色になるパラメータを決定した。

2.2 ロボット

推奨を行うロボットは、色見本提示装置の箱の上に座った形で位置し、動作を行いながら、色名選択肢の一つの推奨を行う。ロボットは、NTT サイバースペース研究所で開発されたもので、動作は、顔、口、首(上下、左右)、手(上下)、腰(左右)の計 6 自由度からなる。また、推奨の発話は同研究所で開発された“Fluet”[2]の音声合成を用いる。

2.2.1 視線移動

本実験システムにおける課題世界はコンピュータ画面でなく、物理世界である。ロボットの物理世界での存在を強調するために、被験者の位置へロボットの視線を向けることを行う。そのためには、被験者の頭の位置を検出するためが必要である。被験者に実験のためだけの拘束を排除するためには、頭の位置を特別な装置をつけること無く、検出する技術が必要である。我々は、2つの隠しカメラからの画像を用い、頭の位置を検出するシステムを開発した。

実験室は無彩色で比較的明るい色の壁を使い、被験者は実験室の定位置に座るよう指示した。カメラの画像は被験者の天井からと後方からの2方向を用いて、後方の画像の暗い部分でもっとも高い位置が、大まかに被験者の頭部の頂点のとし、求められた部分に対応する天井のカメラの画像からもっとも暗い部分を被験者の頭部の中心とするシステムを用いた。また、陰の問題は差分画像を用いることによって解決を行った。この頭部検出システムは、被験者の頭の動きが制限される場合に有効である。

この検出システムをつかって、ロボットが被験者に話しかける時にはいつでも被験者の方へ視線を向け、ロボットが被験者を認識し、被験者に向かってはなしていることを演出することによって、ロボットが物理世界に存在していることを強調した。

2.3 選択装置

被験者は、色の名前を選択装置を用いて選択する。選択装置には色の選択肢を表示する部分と、選択肢の左の選択ボタン、さらに決定ボタンからなる。その配置は、実験 A で用いられた配置と同様とし、マウス

の代わりに直接指でボタンを押すようにデザインした (図 2)。

色名前の選択率は選択肢の並び順に依存するので [5]、実験 A と同じ並び順を用いた。2つの選択肢は、選択装置の液晶ディスプレイに白黒で提示され、被験者が選択ボタンを押すと、該当する選択肢の部分が反転する (図 3, 図 4)。

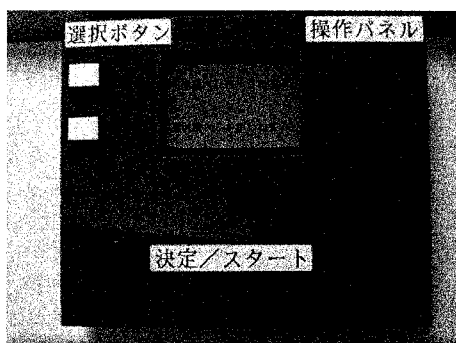


図 2: 選択装置

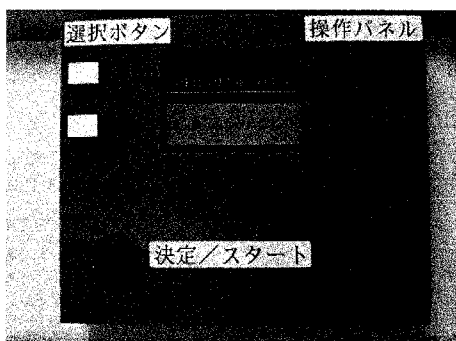


図 3: 上部選択肢、選択状態

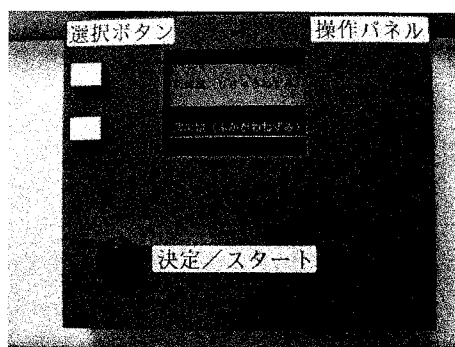


図 4: 下部選択肢、選択状態

名である。被験者は色の名前を選ぶ実験であるとしてだけ伝えられ、また、色の名前の選択に正解は無いと伝えられた。ロボットの推奨については、ロボットに対する役割をあらかじめ与えないため、被験者にはなにも伝えず、実験室に入るまでなにも知らない状態とした。

図 5 は、推奨のない場合の実験風景である。



図 5: 推奨のない場合の実験風景

2.4 実験

被験者は、18才から45才までの男性30人、女性31人の計61人の男女である。被験者は色の専門家ではなく、マウス操作ができることを条件に集めた。

実験条件は、以下の2つを行った。

Group G. 推奨なし。

Group H. ロボットが推奨を行う。

被験者の数は、Group G が30名、Group H が31

Group Hの被験者は、選択装置のスタートボタンを押すとロボットが起きる動作を行い、自己紹介を行ったあと、色選択の実験が始まる。基本的な実験手順は、実験A[7]と同じである。違いは、色見本提示装置と選択装置、ロボットのユーザ追跡である。

図6は、ロボットの推奨がある場合の実験風景である。

色選択課題では30問の選択のあと、表1のアンケートの記入を行った。

ロボットに関する質問(13-19)はGroup Hのみにを行い、すべて5段階で得点づけを行っていただいた。

表 1: アンケート項目

| | | |
|-----------------------|-----------|----------|
| 1 色見本は | 5:見やすい | 1:見にくい |
| 2 選択装置の画面の文字は | 5:読みやすい | 1:読みにくい |
| 3 装置の反応は | 5:速い | 1:遅い |
| 4 実験室は | 5:暑い | 1:寒い |
| 5 実験室は | 5:うるさい | 1:静か |
| 6 自信をもって答えられましたか? | 5:自信有り | 1:自信無し |
| 7 なじみのある色が多かったですか? | 5:多い | 1:少ない |
| 8 なじみのある色の名前が多かったですか? | 5:多い | 1:少ない |
| 9 質問の数は、 | 5:多すぎ | 1:少なすぎ |
| 10 質問の仕方は、 | 5:わかりやすい | 1:わかりにくい |
| 11 実験方法の説明は、 | 5:わかりやすい | 1:わかりにくい |
| 12 実験にかかる時間は、 | 5:長すぎ | 1:短すぎ |
| 13 言葉使いはわかりやすいですか? | 5:わかりやすい | 1:わかりにくい |
| 14 動きは自然に見えましたか? | 5:自然 | 1:不自然 |
| 15 親しみがわきましたか? | 5:わいた | 1:わかない |
| 16 信頼できましたか? | 5:信頼できた | 1:信頼できない |
| 17 声は聞き取りやすかったですか? | 5:聞き取りやすい | 1:にくい |
| 18 声の大きさはどうでしたか | 5:大きすぎる | 1:小さすぎる |
| 19 喋る速度はどうですか? | 5:速すぎる | 1:遅すぎる |



図 6: 推奨のある場合の実験風景

2.5 結果

図 7 は、平均の色の名前を選択率を示している。

色の名前を選択率は、ロボットが推奨を行った選択肢について、被験者が選んだ割合である。また、平均は各グループ内における平均である。Group G に関しては、ロボットの推奨がないが、Group G, Group H とともに色の名前を選択肢は同一であるので、Group H においてロボットが推奨を行った選択肢に関して、Group G において選ばれた割合を算出した。そして、Group G と H の比較を t 検定によって行った。

比較の結果を表 2 に示す。Group G と Group H において、30 問中推奨された選択肢の平均選択率は、0.43 と 0.55 となった。また、 $p < 0.01$ であるので、その差は有意である。

表 2: Group G と H の比較

| Range | Group G | Group H | p |
|-------------|---------|---------|-------|
| total(1-30) | 0.43 | 0.55 | 0.002 |

つまり、Group H において、ロボットが推奨を行った選択肢は、Group G で推奨が無い場合よりも多く選ばれている。この結果は、ロボットの推奨が被験者の意思決定に影響をおよぼしていることを示している。

2.5.1 実験条件の確認

また、前述した実験後のアンケートの結果を同様に t 検定で比較を行ったところ、2つのグループ間のアンケート項目の間に差は無く、ロボットを除いた条件はほとんど等しい。

実験は 2 週間通して行った。期間中の提示した色紙の測定を日に一度測色器ミノルタ CS-100 を用い測定した。実験期間を通して色の値の変化は 7%未満と小さく被験者に同じ色を提示し、被験者は同じ色を見た。

2.5.2 親密感と信頼感

Group H において、アンケートによる信頼感と推奨された色の選択率の関係と、ロボットへの親密感と選択率の関係を見るために、選択率の高低で 2つのグループに分け (Group H_h , Group H_l)、それぞれのア

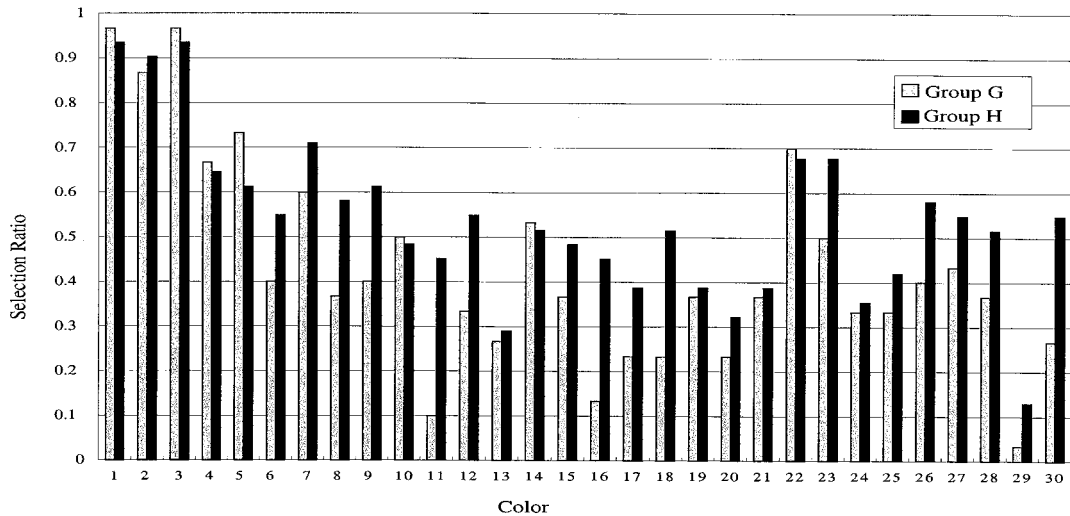


図 7: 選択率

アンケートの信頼感と親密感の平均を t 検定で比較を行った。親密感においては、Group H_h, H_l 間に有意な差異は見られなかった ($p > 0.1$)。この結果は、過去の実験 [10] と同様に、親密感と選択率に関係がないことを示している。

Group H_h, H_l の間の信頼感における差異は、有意ほどではないが認められた ($p < 0.08$)。この結果は、ロボットの推奨において信頼感の高低が、被験者の意思決定への影響の有無に寄与していることを示している。

3 議論

本研究結果は、ロボットも被験者の意思決定へ影響できることを示した。

一般的に言って、親密感はコミュニケーション相手にとって重要であると思われるが、本結果は被験者は親密感だけでロボットやスクリーンエージェントの推奨を受け入れないことを確認した。親密感はより長期的な効果を持ち、本実験を含めた短期的な実験ではその効果が出にくいと思われる。親密感に関しては、親密感を醸成する過程を前もって行った後に色の選択実験を行うなどして、その効果を調べるなど長期的な検証が必要に思える。一方で、信頼感は一時的な実験であっても、ロボットの推奨の効果に影響を与えることがアンケートの結果から言える。

また、過去の実験 A の結果との差異は、ロボットの

推奨が影響を与えるには条件をそろえる必要があることを示している。実験 A では、色の提示や選択の操作対象がコンピュータ画面内にあり、課題世界はコンピュータ画面となる。この時、スクリーンエージェントが画面内に登場することで、スクリーンエージェントの存在は課題世界内になる。本実験では、色を提示する色見本提示装置や選択装置がそれぞれ独立したものとして存在し、指の直接操作で行われるため、課題世界は実世界となっている。ロボットの存在は実世界であり、課題世界内となる。ともに、課題世界内からの推奨が影響を与えていることから、影響における課題世界の重要性が示唆される。

しかし、課題世界内からの推奨の重要性を確固とするためには、課題世界が実世界な場合において、スクリーンエージェントの推奨の低影響の検証が必要である。さらに、ロボットの疑似アイコンタクトと課題世界の結び付きの検証も必要である。

今後、課題世界が実世界であった場合にスクリーンエージェントの推奨が影響を与えるかどうか、さらに、ロボットの疑似アイコンタクトだけで、課題世界に関係なく影響を与えられるかどうかを検証するために、本装置でスクリーンエージェントの推奨を行う実験と、実験 A にロボットが被験者に視線をむけることを付加した実験を行い、その差異が有意になるか検証する予定である。この 2 つの実験は、コミュニケーションの観点からロボットの物理的体の重要性の一つを明らかにし、コミュニケーションロボットのためのデザイ

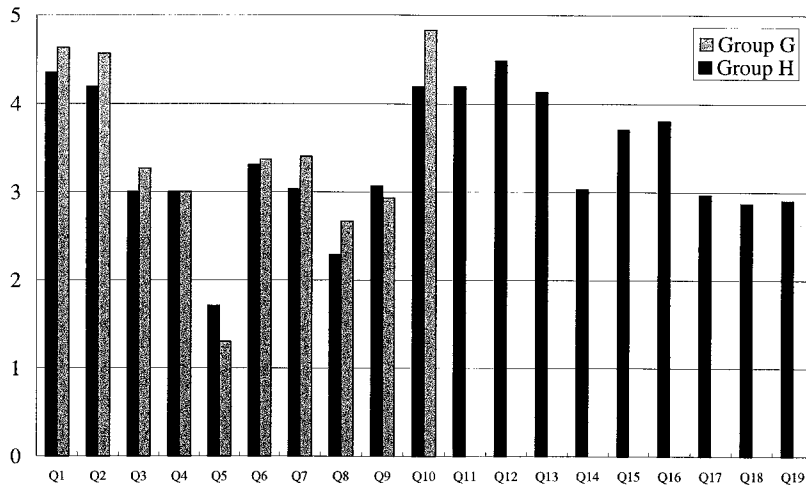


図 8: アンケートの結果

ン重点項目を埋めることになる。

参考文献

- [1] Jonas Beskow and Scotte McGlashan. Olga - conversational agent with gestures. In *Proceedings of the IJCAI-97 Workshop on Animated Interface Agents: Making them Intelligent*, 1997.
- [2] Osamu Mizuno and Shinya Nakajima. Synthetic speech/sound control language: Mscl. In *3rd ESCA/COCOSDA Proceedings of International Workshop on Speech Synthesis*, pp. 21-26, 1998.
- [3] Clifford Nass, Katherine Isbister, and Eun-Ju Lee. Truth is beauty. In *EMBODIED CONVERSATIONAL AGENTS*, chapter 13. MIT Press, 2000.
- [4] Byron Reeves and Clifford Nass. *The Media Equation*. Cambridge University Press, 1996.
- [5] Kazuhiko Shinozawa, Junji Yamato, Futoshi Naya, and Kiyoshi Kogure. Quantitative evaluation of effect of embodied conversational agents on user decision. In *Proceedings of HCI International 2001*, pp. 998-1002, 2001.
- [6] Yugo Takeuchi, Yasuhiro Katagiri, Clifford Nass, and B.J. Fogg. Social response and cultural dependency in human-computer interaction. In *Proceedings of PRICAI*, pp. 114-123, 1998.
- [7] Junji Yamato, Kazuhiko Shinozawa, Futoshi Naya, and Kiyoshi Kogure. Effects of conversational agent and robot on user decision. IJCAI-01 Workshop on Autonomy, Delegation, and Control: Interacting with Autonomous Agents, 2001.
- [8] D. スペルベル, D.h ウイルソン. 関連性理論. 研究社出版, 1993.
- [9] 斎藤具子, 柴田崇徳, 和田一義, 谷江和雄. 高齢者施設へのメンタルコミットメントロボット導入前後における尿検査による巣とれる反応の変化の検討. SICE SI2001 講演論文集, pp. 249-250, 2001.
- [10] 大和淳司, 篠沢一彦, 納谷太, 小暮潔. エージェントとロボットによるユーザ行動への影響評価. 電子情報通信学会 技術研究報告 HCS2000-56-61, pp. 15-19, 2001.
- [11] 小野哲雄, 今井倫太, 神田崇行, 石黒浩. 身体表現を用いた人とロボットの共創対話. 情報処理学会研究会報告 2001-ICS-126, pp. 1-6, 2001.