

## ユーザ評価傾向の獲得によるヒューマンインタラクションの創発

Emergence of Human Interaction by Reflecting User's Evaluation Tendency

佐久間 拓人 宮越 喜浩 加藤 昇平  
Takuto Sakuma Yoshihiro Miyakoshi Shohei Kato

名古屋工業大学工学研究科情報工学専攻

Department of Computer Science and Engineering Graduate School of Engineering Nagoya Institute of Technology

Recently, research on a human interaction is done actively. We believe that mutual understanding between a user and a system is effective in improvement in intimacy to a system. In this paper, we propose the system which can promote a mutual understanding by acquiring and reflecting a user's evaluation tendency from interaction of a user and a system. User and the system express a simple symbol by turns, and a user evaluates an interaction. Proposal system learns the relation of an interaction and a user's evaluation. Thereby, the system gains the interaction-rule which raises a user's evaluation. We believe that the intimacy to a system improves by offering a better interaction for a user using the gained interaction-rule. The validity of the proposal system was shown by the sensitivity evaluation experiment.

## 1. はじめに

近年ヒューマンインタラクションに関する研究が活発に行われている。[西田 06, 稲邑 01, 小笠原 04] その中でもユーザのシステムに対する親密感を向上させる研究が注目を浴びている。これは、インタラクションシステムは人間と共同でタスクを達成するシステムであるからと考えられる。工業用システムのようにシステム単独でタスクを達成するシステムと異なり、インタラクションのシステムをユーザがシステムに対して親近感や親密感を抱くように設計することで、タスク達成率の上昇が望めるのではないかと考えられる。ユーザのシステムに対する親密さ向上を目指した研究として、ロボットに情動モデルを搭載し、ユーザ-ロボット間の情緒コミュニケーションの実現を目指した研究 [尾形 99] が行われている。また、ユーザがロボットに対して親密感を抱くことでユーザのロボットに対する行動の変化を調査した研究 [小野 00] も行われている。

親密感を抱かせる手法はいくつかあるが、我々はユーザがシステムに対して親密感を抱くには互いの意思疎通を図る必要があると考える。人とシステムの意思疎通に着目した研究として、人が無意識的にとる行動と意思との関連性を調査した研究 [佐藤 95] や、単純なインタラクションを通じて、人とシステムがどのように意思を疎通していくのかを調査した研究 [鴨田 10] が行われている。しかし、これらの研究は「一般的に人が行う行動」を基にユーザの行動を認識しており、ユーザの個性に対応出来ていない。

本研究は、ユーザの個性を反映したヒューマンインタラクションシステムの構築を目標としている。ユーザの個性を反映したシステムは、ユーザとより親密になることが可能と考えられる。本稿ではユーザの個性として「ユーザのインタラクション評価傾向」を採用した。システムはユーザとのインタラクションを通してユーザの好むインタラクションルールを獲得する。獲得したルールをユーザとのインタラクションにおいて使用し、ユーザにとってより良いインタラクションを表出することで、ユーザのシステムに対する親密さ向上を目指す。

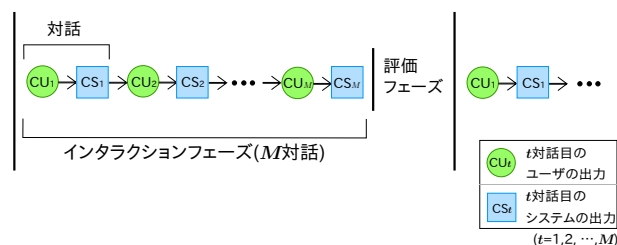


図 1: インタラクションモデル

## 2. インタラクションモデル

本稿では非常に単純なインタラクションモデルを使用する。インタラクションモデルを原始的なものとするので、構築するシステムが汎用的なものとなり、今後別のインタラクションモデルを扱う場合に、構築したシステムを応用することが可能となる。

本稿で提案するインタラクションモデルを図 1 に示す。インタラクションモデルはインタラクションフェーズと評価フェーズの 2 つから成る。

インタラクションフェーズにおいてユーザとシステムはインタラクションを行う。なお、インタラクションは「楽しむ」ことを目的とするものとする。人同士が「楽しむ」ためのコミュニケーションを通じて親密さを深めるように、ユーザとシステムにおいても「楽しむ」ためのインタラクションをすることによって親密さを深めることが出来る。なお、本稿ではインタラクションに以下のような制約を設けた。

- ユーザ、システムのどちらもあらかじめ設定された出力記号の中から記号を選び出力する
- ユーザまたはシステムの出力が連続することはない
- ユーザ、システムのどちらにおいても、記号を出力しないという選択肢はない

インタラクションフェーズ後の評価フェーズにおいて、ユーザは直前のインタラクションフェーズにおけるインタラクシ

連絡先: 加藤昇平, 名古屋工業大学, 愛知県名古屋市昭和区御器所町, 052-735-5625, shohey@katolab.nitech.ac.jp

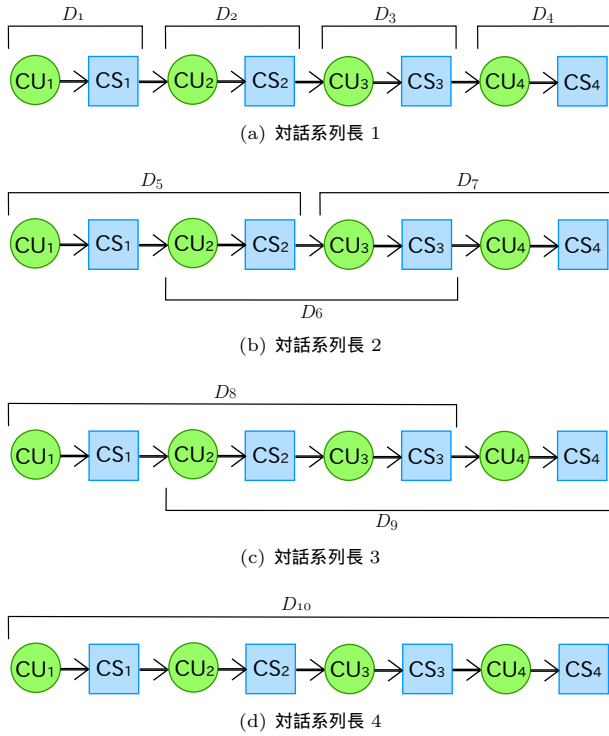


図 2: 1 インタラクションの分割 (M=4 の場合)

ンの評価を行う．このように，インタラクションフェーズと評価フェーズを繰り返すことで，システムはユーザの評価傾向を反映したインタラクションルールを獲得する．なお，本稿ではユーザとシステムが1回ずつ出力することを1対話と呼び，規定 (M) 回対話を行うことを1インタラクションと呼ぶ．

### 3. ユーザ評価傾向の獲得

#### 3.1 1 インタラクションの分割

ユーザは M 回対話毎にシステムに評価を与える．評価値は整数とした．評価値をユーザから与えられた時，その評価値を1インタラクション全体の評価としてしまうと，評価の際にユーザがどの対話系列に対して評価を与えたのか，どのような理由で評価を与えたのかをシステムは把握出来ない．よって，ユーザの評価傾向を詳細に獲得するため，システムは1インタラクションを様々な対話系列長でとらえ分割する．対話系列長は最小単位1対話とし，最大 M 対話とした．例として M = 4 の時にどのようにシステムが対話系列をとらえるか，図 2(a), 2(b), 2(c), 2(d) に示す．ただし，ここでは出力記号が重複した場合は考慮していない．

このように対話系列長毎に1インタラクションを分割することで，ユーザの評価傾向を詳細に獲得出来ると考える．

#### 3.2 インタラクションルールの更新

インタラクションルールは評価フェーズの度に更新される．なお，本稿ではユーザの評価傾向を格納した対話ルールの全集合をインタラクションルールと呼ぶ．インタラクションルールの概要を図 3 に示す．また，更新とは分割された対話系列を基に，インタラクションルール内の各対話ルールの評価値集合を更新することとする．ここで対話ルール  $R_i$  は，対話系列  $D_i$  と  $D_i$  の過去の評価値集合を格納しており，対話系列  $D_i$  のある評価値  $P$  は式 (1) で算出される．

### インタラクションルール

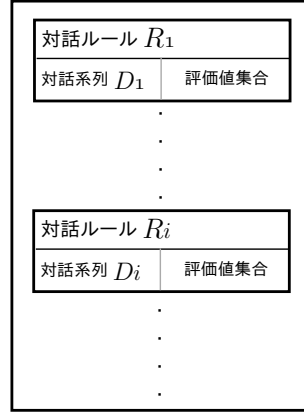


図 3: インタラクションルール概要

$$P = \frac{U \times A_i}{M - \|D_i\| + 1} \quad (1)$$

$i$  は対話ルールの総数以下の自然数， $U$  はユーザの出力した評価値， $A_i$  は  $D_i$  が1インタラクションに出現した回数， $\|D_i\|$  は  $D_i$  の対話系列長である．

ユーザの評価をそのまま対話系列  $D_i$  に与えた場合，短い対話系列ほど何度も評価されやすいという特性上，対話系列の評価の振れ幅が大きくなり，正確にユーザの評価傾向を捉えられない問題がある．式 (1) は対話系列長に応じてその対話系列への評価を変えるため使用した．対話系列長の小さいものほど評価の絶対値を小さくすることにより，対話系列長の違いによる評価値の振れ幅を減らし，より正確にユーザ評価傾向を捉えることが出来ると考えられる．

### 4. システムの出力

システム出力  $CS_t$  は獲得したインタラクションルール及び， $CS_t$  までのやりとり系列 ( $CU_1, CS_1, \dots, CU_t$ ) によって決定される．システムは評価フェーズにおけるユーザからの評価を最大化するような出力記号を選ぶ．

ユーザとシステムの出力記号の集合を  $A = \{\alpha_1, \dots, \alpha_k\}$  とすると，システムは出力記号毎に評価期待値  $E_{\alpha_j}$  を以下の手順で決定する．

1. 集合  $R_{\{\alpha_j\}}$  を求める． $R_{\{\alpha_j\}}$  は下式を満たす集合である．

$$R_{\{\alpha_j\}} = \{R_i \mid t - \|D_i\| \geq 0 \wedge (CU_{t-\|D_i\|}, CS_{t-\|D_i\|}, \dots, CU_t, \alpha_j) = D_i\} \cup \{R_i \mid t - \|D_i\| < 0 \wedge (CU_1, CS_1, \dots, CU_t, \alpha_j, *, \dots, *) = D_i\} \quad (2)$$

2. 出力記号  $\alpha_j$  の評価期待値  $E_{\alpha_j}$  を下式によって求める．

$$E_{\alpha_j} = \frac{1}{\#R_{\{\alpha_j\}}} \sum_{R \in R_{\{\alpha_j\}}} F(R) \quad (3)$$

$$F(R) = \begin{cases} \mu(R) \times \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma(R)}} & (\sigma(R) \neq 0) \\ \mu(R) & (\sigma(R) = 0) \end{cases}$$

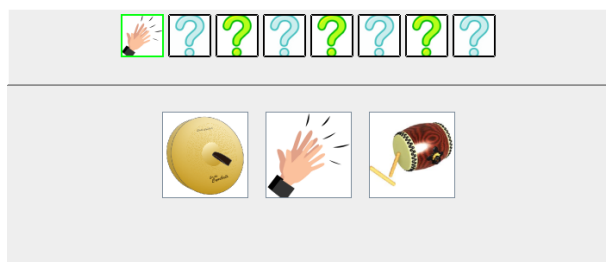


図 4: 実験に用いた GUI

ここで  $\mu(R)$  は  $R$  が持つ評価値集合の評価値の平均値を,  $\sigma(R)$  は標準偏差を表し,  $\#R_{\{\alpha_j\}}$  は  $R_{\{\alpha_j\}}$  の要素数を表す. なお式 (3) は正規分布の確率密度関数 (式 (4)) を参考に, 平均値の確率密度  $f(\mu(R))$  を尤度として  $\mu(R)$  に積算した.

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left(-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right) \quad (4)$$

人の感性による評価はあいまいであり, その時の心情や状況などが影響するため同一のインタラクションに常に同じ評価が与えられるとは限らない. しかし, ある程度のばらつきはありつつも好みのインタラクションには平均して高い評価を与えると考えられる. 本稿では人の評価のばらつきは正規分布に従うと仮定した. そして対話ルールを持つ評価値集合の評価値の標準偏差から決まる値を, 評価値の平均値の尤度とした. 分散が大きい対話ルールは尤度が小さくなり, その対話ルールの評価値の平均値は尤度を掛けることで絶対値が小さくなり, システムの出力決定への影響が小さくなる. 逆に分散が小さい対話ルールは尤度が大きくなるため, その対話ルールの評価値の平均値はシステムの出力決定へ大きい影響を及ぼす.

以上の 2 ステップで算出された各出力記号の評価期待値から相対的に決定確率を算出し, 決定確率に基づいて  $CS_t$  を出力する. 各出力記号の決定確率  $DP_j$  は式 (5) によって算出される.

$$DP_j = \frac{E_{\alpha_j}}{\sum_{j=1}^k E_{\alpha_j}} \times 100 \quad (5)$$

これにより,  $CS_t$  はユーザからの評価が高くなる確率の高い記号となる. なお, 抽出された対話ルールが一つも無い場合はランダムに  $CS_t$  を出力する.

## 5. 感性評価実験

本稿で提案したシステムの有効性を確認するため, 感性評価実験を行った. ユーザとシステムのインタラクションには GUI を用いた. 図 4 に本実験で用いた GUI を示す. インタラクションフェーズにおいてユーザは GUI 下段に描かれているアイコンをクリックすることで出力を行い, ユーザの出力から一定時間後にシステムが出力する. ユーザおよびシステムが出力を行うと GUI 上段にどのような出力が行われたかが描かれていく. また, 規定回数の  $M$  対話が終了すると 1 インタラ

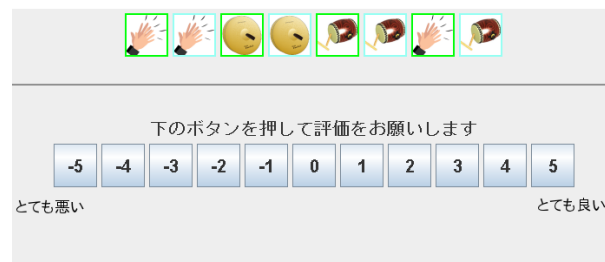


図 5: 評価画面

クションが終了し, 評価画面に移行する. 表示される評価画面を図 5 に示す. 評価値は -5 (とても悪い) から +5 (とても良い) の間の 11 段階評価とした.

今回, ユーザとシステムの出力記号集合  $A$  は {シンバル, ハンドクラップ, 太鼓} の 3 つ ( $k=3$ ) の音 (及びそれを表すアイコン) とし, 1 インタラクションは 4 対話 ( $M=4$ ) とした. 被験者として 20 代男女 25 名にシステムとインタラクションを行わせた. 各被験者は事前に未学習のシステムとやりとりをし, システムに各被験者のインタラクションルールを獲得させた. 学習は, インタラクションフェーズと評価フェーズを 20 回繰り返すまでとした. なお, 今回取り扱うユーザの評価に返答テンポを含めないため, あらかじめ被験者には返答テンポを考慮しないよう指示した.

### 5.1 評価実験

被験者には 3 つのシステムとやりとりをしてもらい, やりとり終了後に感性評価をしてもらった. 感性評価には SD 法を用い, 以下の 4 つの形容詞対について 7 段階評価で行った. 評価実験に用いたシステムを以下に示す.

- システム P: 提案手法によってユーザの評価傾向を学習したシステム
- システム G: 提案手法によって被験者全員の評価傾向を学習したシステム
- システム M: ユーザの出力をそのまま返す「ミラーリングシステム」

なお, 今回一般的なユーザが良いと思う評価傾向に従う「一般的傾向システム」として被験者全員の評価傾向を学習させたシステム G を採用した.

実験に用いた形容詞対を以下に示す.

1. (システムに対して) 良い-悪い
2. (システムに対して) 好き-嫌い
3. (システムとのインタラクションに対して) 楽しかった-苦しかった
4. (システムとのインタラクションに対して) 成功した-失敗した

### 5.2 実験結果

図 6 に感性評価実験の結果を示す. 棒グラフはユーザの感性評価の平均を, 誤差棒は標準偏差を表す. 各システムの評価に対して Tukey の多重比較検定による有意差検定を行った. 検定の結果, 提案システム (システム P) はミラーリングシステ

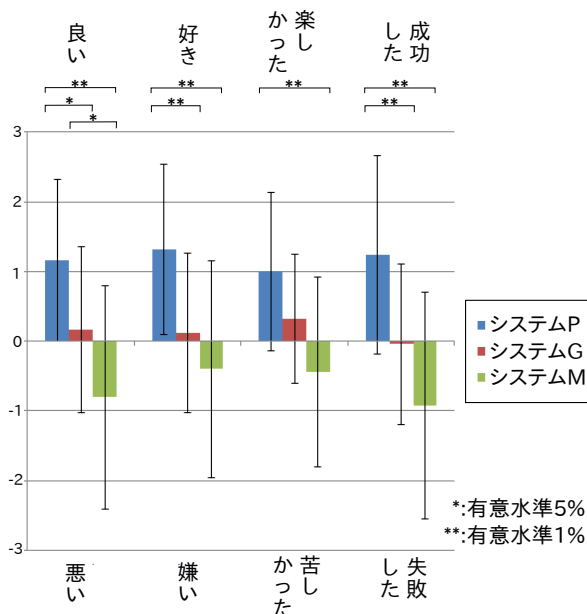


図 6: 感性評価

ム (システム M) に対して全ての項目で有意水準 1% で有意であることが確認された。また、一般的傾向システム (システム G) はミラーリングシステムに対して「良い」の項目で有意水準 5% で有意であることが確認された。このことから、提案手法によるユーザの評価傾向を用いたシステムは単純な返答を行うシステムよりもユーザにポジティブな印象を与えることが確認された。さらに、提案システムは一般的傾向システムに対して、「好き」、「成功した」の項目において有意水準 1% で有意であり、「良い」の項目に対して有意水準 5% で有意であることが確認された。これらの結果から、提案システムは「ユーザ自身」の評価傾向を学習することで、「一般的なユーザ」の評価傾向を用いた一般的傾向システムと比べ、ユーザによりポジティブな印象を与えることが確認された。特に、「好き」、「成功した」の項目について他のシステムと高い有意差が現れていることは、提案システムがインタラクションを通じてユーザと意思疎通を図ることができ、ユーザのシステムに対する親密さを向上させることが出来たと考えられる。

## 6. おわりに

本稿では、ユーザの評価傾向を学習することでユーザの好むインタラクションを提供するシステムを提案した。GUI を用いた感性評価実験によって、提案システムは単純な返答を行うシステムや、「一般的なユーザ」の評価傾向を用いたシステムと比べ、ユーザにポジティブな印象を与えることを確認した。また、提案システムにより「ユーザの評価傾向」を反映することは、ユーザとシステムの意志疎通性向上に有効であり、ユーザのシステムに対する親密さ向上にも有効であることが示唆された。今後の課題としてより高度なインタラクションを扱えるシステムの考案があげられる。ノンバーバル・コミュニケーションの研究としてジャズセッションを扱っている研究 [金森 95] があり、出力記号に使用する音の種類や、インタラクションモデルを連続音を許容できるものに変更することで、セッションすることが出来るシステムの構築が可能であると考えられる。また、やりとり遊び [香川 85] を題材とした研究

[Kuriyama 08] のように子供が遊べるような、あるいは育児の練習として大人が使えるようなシステムの構築も視野にいれて研究していきたい。

## 謝辞

本研究は、一部、文部科学省科学研究費補助金若手研究 B (課題番号 20700199) の助成により行われた。

## 参考文献

- [Kuriyama 08] Kuriyama, T. and Kuniyoshi, Y.: Acquisition of Human-Robot Interaction Rules via Imitation and Response Observation, in *Proceedings of the 10th international conference on Simulation of Adaptive Behavior: From Animals to Animats*, SAB '08, pp. 467-476, Springer-Verlag (2008)
- [稲邑 01] 稲邑 哲也, 稲葉 雅幸, 井上 博允: PEXIS:統計的経験表現に基づくパーソナルロボットとの適応的インタラクションシステム, 電子情報通信学会論文誌. D-I, 情報・システム, I-情報処理, Vol. 84, No. 6, pp. 867-877 (2001)
- [鴨田 10] 鴨田 貴紀, 角 裕輝, 竹井 英行, 吉池 佑太, 岡田 美智男: Sociable Dining Table:相互適応による「コンコン」インタフェースに向けて, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol. 12, No. 1, pp. 57-70 (2010)
- [金森 95] 金森 務, 片寄 晴弘, 新美 康永, 平井 宏, 井口 征士: ジャズセッションシステムのための音楽認識処理の実現法, 情報処理学会論文誌, Vol. 36, No. 1, pp. 139-152 (1995)
- [香川 85] 香川 泰子, 玉置 哲淳:「やりとり遊び」とは何か - D. スターン・H. ワロンを手がかりとして, 大阪教育大学幼児教育学研究, Vol. 5, pp. 55-67 (1985)
- [佐藤 95] 佐藤 知正, 西田 佳史, 市川 純理, 畑村 洋太郎, 溝口 博: ロボットによる人間の意図の能動的な理解機能, 日本ロボット学会誌, Vol. 13, No. 4, pp. 545-552 (1995)
- [小笠原 04] 小笠原 嘉靖, 田島 敬士, 畠山 誠, 西田 豊明: 引き込み現象に基づく人間とロボットの暗黙情報のコミュニケーション, 人工知能学会全国大会, Vol. 18, pp. 2B3-05 (2004)
- [小野 00] 小野 哲雄, 今井 倫太, 江谷 為之, 中津 良平: ヒューマンロボットインタラクションにおける関係性の創出, 情報処理学会論文誌, Vol. 41, No. 1, pp. 158-166 (2000)
- [西田 06] 西田 謙一郎, 久保田 直行: パートナーロボットのスパイクニューロンを用いた予測に基づくコミュニケーション, インテリジェントシステム・シンポジウム講演論文集, Vol. 16, pp. 325-330 (2006)
- [尾形 99] 尾形 哲也, 菅野 重樹: 情動モデルを有する自律ロボット WAMOEBA-2(ワメーバ) と人間との情緒交流, 日本機械学会論文集. C 編, Vol. 65, No. 633, pp. 1900-1906 (1999)