

# リビングルーム在室者の身体動作に基づく会話ロボットのための話しかけに適切なタイミング推定に関する基礎検討

永澤 由基<sup>†</sup> 藤本 雄一郎<sup>‡</sup> 徐 建鋒<sup>†</sup> 酒澤 茂之<sup>†</sup> 藤田 欣也<sup>‡</sup>

東京農工大学工学部<sup>†</sup> 東京農工大学大学院工学研究院<sup>‡</sup> KDDI 総合研究所<sup>†</sup>

## 1. はじめに

近い将来、会話による人とのインタラクションが可能なロボット(以下、会話ロボット)が各家庭に導入され、人間に対して、様々な情報提供やサポートを行うことが予測される。この会話ロボットが人に対して情報提供を行う際、ユーザの日常生活や心象を阻害しないタイミングでの話しかけが求められる。この問題の解決に向け、本研究は会話ロボットのためのリビングルームにおける在室者への適切な話しかけタイミングの推定を目標とする。本研究では人の身体動作の切れ目が比較的望ましいタイミングであるという仮説を立て、リビングルーム在室者の主観的な話しかけ拒否度とデブスカメラを用いて計測した頭部、上肢、体幹の動きの関係性を実験的に分析した。

## 2. 関連研究と本研究のアイデア

Takemae らは電話によるコミュニケーションのため、基礎的な音声・画像情報に基づくリビングルーム在室者の拒否度推定手法を提案した[1]。芝崎らはゲーム中の人々の退屈度合いと関連があると考えられる動作を Kinect により認識し、HMM を用いて退屈度推定を行った[2]。一方、田中らは作業の切れ目において拒否度が低下するタイミングであるという着想の元、オフィスにおける割り込み拒否度の推定システムを実現した[3]。これは個別の行動認識は行わず、行動間の遷移という瞬間に着目した手法である。

我々はこの考えをリビングルーム環境に適用し、ある行動中と比較してその行動の切れ目において、拒否度が低下するという仮説を立てた。一方、推定に使用する情報として、デブスカメラによる動作情報に着目した。一般的に、頭部の向きは興味の対象を、上肢の動きは行動の有無を、体幹の動きは姿勢変化や離席などを反映すると考えられる。これらの情報を複合的に用いて、間接的にリビングルーム在室者の拒否度



図1 実験環境と被験者の行動例

を推定することを目指す。

## 3. 話しかけ拒否度と在室者の活動の関連性調査実験(実験1)

### 3.1 実験概要

まず、リビングルームにおける人が他者からの話しかけを拒否する主観的度合い(以下、話しかけ拒否度)と活動の関連性を検証するための実験を行った。図1に実験環境の配置図と実験時の被験者の行動例を示す。被験者2名に対し、リビングルームを模した環境で、各120分間行動するよう指示した。被験者に許可した行動は、TV視聴、リモコン操作、各自の携帯電話(スマートフォン)の使用、読書、飲食、トイレ・飲食物を取りに行くための離席の7種類とした。実験者は「今よろしいですか。」という話しかけを被験者に対し間欠的に行った。被験者にはその話しかけに対する主観的拒否度を5段階(1:許容できた、~5:許容できなかった(拒否したい))でその場で回答させた。また、実験者が話しかけるタイミングとして、被験者がある行動を継続して行っている時、ある行動を中断もしくは終了した時を想定した。

### 3.2 実験結果

実験の結果を表1に示す。話しかけ後の被験者の行動から、結果を(ある)行動継続時(A)、中断時(B)、終了時(C)に実験後分類した。また便宜的にAを行動継続中だが、数秒程度視線(興味)が他に逸れた時(A-2)とそうでないとき(A-1)に

表1 在室者行動状態別の話しかけ拒否度平均値

| 状態        | A-1<br>(行動)<br>継続中 | A-2<br>継続中<br>興味逸れた時 | B-1<br>中断時 | B-2<br>中断時<br>反復 | C<br>終了時 |
|-----------|--------------------|----------------------|------------|------------------|----------|
| 平均<br>拒否度 | 3.5                | 3.7                  | 2.7        | 1.5              | 1.3      |

Fundamental Study on Estimation of Appropriate Speaking Timing to People at Living Room for Communication Robot by using Body Movement

<sup>†</sup>Yoshiki Nagasawa, <sup>‡</sup>Yuichiro Fujimoto, <sup>†</sup>Jianfeng Xu, <sup>†</sup>Shigeyuki Sakazawa, <sup>‡</sup>Kinya Fujita

<sup>‡</sup>Tokyo University of Agriculture and Technology

<sup>‡</sup>Graduate School of Tokyo University of Agriculture and Technology

<sup>†</sup>KDDI Research, Inc.

分類した。また B は中断が単発的な場合 (B-1) と、その後再度同様の中断が反復された場合 (B-2, 例: 携帯電話を触りながら、時々テレビを見る) に分類した。表 1 より、概ね A, B, C という順に拒否度が高かったことが分かる。このことから、行動の切れ目の度合いが強いほど、話しかけに対する拒否度が低い傾向にある可能性が示唆された。また、A-1 と A-2 の比較から、ある行動中に視線が数秒逸れる程度では拒否度に影響を与えないことが分かった。さらに B-2 から、ある行動の中断が繰り返し起こる、すなわち複数行動を行き来する際、特に拒否度が低くなる傾向も明らかとなった。

#### 4. 動作と拒否度の関連性調査実験 (実験 2)

##### 4.1 実験概要

次に、在室者の動作情報と主観的拒否度の関連性を確かめるための実験を行った。実験 1 と同様の環境で被験者 5 名に対し、各 90 分間行動させ、Kinect v2 で頭部、上肢、体幹の位置姿勢情報を計測した。実験 1 と同様に実験者が間欠的に被験者に対する話しかけを行い、それに対する拒否度をその場で口答させた。今回は、基礎的な身体動作情報を使用することに主眼を置き、頭部、上肢、体幹に何らかの変化が見られた時と、(比較のため) それらに目視できる変化が(ほぼ)ない時の拒否度を取得した。

##### 4.2 実験結果と考察

話しかけ拒否度に関連する特徴として (1) 頭部姿勢、(2) 各手掌と頭部との距離、(3) 体幹姿勢に着目した。今回は計 53 個の拒否度に対し、これらの時間的変化量の積分値や微分値を基礎的な特徴量として、分析を行った。まず、話しかけタイミングを起点 ( $t=0$ [秒]) として、過去 20 秒間の世界座標系における頭部と体幹の姿勢のフレーム間差分の合計値を便宜的な運動量として算出した。それを人が見て動いているか否かを判定する基準に近くなるよう設定した閾値により便宜的に【動きあり・なし】に分けた場合の各拒否度の度数分布を表 2 に示す。動きがないと判定された場合でも、拒否度 2-4 にある程度均等に分布する結果となった。

そこで【動きなし】と判定された場合の過去 20 秒間の体幹姿勢の平均値を分析した結果を図 2 に示す。横軸は矢状面における体幹と鉛直方向のなす角度を示しており、前傾方向が正の値である。前傾姿勢の場合拒否度が高く、逆に後傾姿勢の場合拒否度が低い傾向にあった。これらの結果は、オフィス環境における PC 作業者の姿勢と拒否度の関係性と同様であると解釈できる

[3]。しかし、これは TV がソファ前方に置かれているという本環境にも大きく依存するため、他の環境でも検証が必要である。

一方、【動きあり】と判定され、かつ 20 秒前～3 秒前の頭部姿勢の変化が比較的小さい場合について、過去 3 秒間の頭部角度最大・最小値差を算出した結果を図 3 に示す。(話しかけ)直前まで変化のなかった頭部姿勢が大きく変化したとき、拒否度が低い傾向にあると分かる。これは、ある対象に集中していた興味関心の方向が変化したタイミングだと解釈できる。

最後に過去 6 秒間の上肢位置と体幹姿勢の変化量の大小で二分した拒否度の度数分布を表 3 に示す。“動き大”の多くは手を伸ばし身体を傾け物体をテーブルに置く、もしくは取る動作であった。これはある行動の終了/開始時の可能性が高く一つの有効な指標と考えられる。

表 2 大まかな動きの有無別の拒否度分布

| 拒否度      | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    |
|----------|------|------|------|------|------|
| 割合(動きなし) | 0.07 | 0.33 | 0.33 | 0.27 | 0.0  |
| 割合(動きあり) | 0.39 | 0.34 | 0.16 | 0.03 | 0.08 |

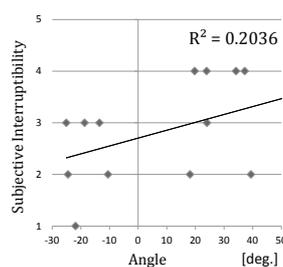


図 2 20 秒前～3 秒前の体幹姿勢の平均値(動きなし時)

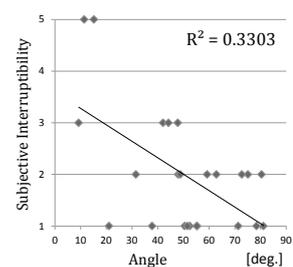


図 3 過去 3 秒間の頭部姿勢の平均値(動きあり時)

表 3 上肢・体幹動き量別拒否度分布(過去 6 秒間)

| 拒否度     | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    |
|---------|------|------|------|------|------|
| 割合(動き大) | 0.45 | 0.33 | 0.22 | 0.0  | 0.0  |
| 割合(動き小) | 0.24 | 0.24 | 0.24 | 0.19 | 0.09 |

#### 5. まとめ

本論文では、身体動作情報から算出した、いくつかの基礎的な特徴量と話しかけ拒否度との関連性を分析した。今後は、推定に向け動作反復性を反映した特徴について更なる分析を行う。

#### 参考文献

- [1] Yoshinao Takemae et al., “Estimating Interruption in the Home for Remote Communication Based on Audio-Visual Tracking”, Information and Media Technologies, Vol. 2, No. 2, pp. 592-600, 2007.
- [2] 芝崎泰弘他, “ロボットとの対話における人間の「退屈」状態の解析”, 情報科学技術フォーラム講演論文集 Vol. 14, No. 3, pp. 163-166, 2015.
- [3] 田中貴敏他, “業務従事者を対象とした PC 作業時の割り込み拒否度推定法の検討”, 情報処理学会論文誌, Vol. 53, No. 1, pp. 126-137, 2012.