

J-044

# 人対ロボット間のコミュニケーションにおける相互引き込み制御

## Mutual Entrainment Control in Human-Robot Communication

向井 謙太郎†  
Kentaro Mukai

寺本 佳生‡  
Yoshinari Teramoto

宮脇 健三郎 †  
Kenzaburo Miyawaki

佐野 睦夫 †  
Mutsuo Sano

### 1. はじめに

近年、コンピュータ技術の発展により、様々な場所でロボットと接する機会が増えるようになった。人対ロボットのコミュニケーションを促進するためには、話し手の振る舞いおよび聞き手の振る舞い[1]が重要であり、最近では聞き手ロボットなども開発されてきている。[2]

本研究では、コミュニケーション実験の分析を通じて、円滑なコミュニケーションを行うための相互引き込みを起こすモデルを提案し、3Dモデルに実装することを目的とする。

### 2. コミュニケーション分析

#### 2.1 コミュニケーション実験

本研究ではまず始めに、人とロボットが円滑にコミュニケーションを行うためにはどのような要素が必要か分析を行うために、コミュニケーションの実験を行い、対話中に行う動作の特徴について調べた。

実験方法は人対人で行い、被験者には聞き手と話し手の明確な区別を行わず、対話内容は被験者の自由とした。実験は20歳前後の男女15人に対して行う。被験者には胸部下方にベルトを取り付け、胸部の起伏運動から呼吸データをとる呼吸センサや、頭頂部に設置することで傾きや相槌のデータをとる加速度センサ、音声をとるためのヘッドセットをつけてもらい、実験の様子は側面からビデオカメラにより撮影を行った。ここで傾きとは発声を行わずに首を上下に動かすアクションとし、相槌は傾きと発声を同時に行ったものとしている。

また被験者の視線と顔の向きを確認するために、撮影できる場所にビデオカメラを設置した。実験方法を図1に示す。

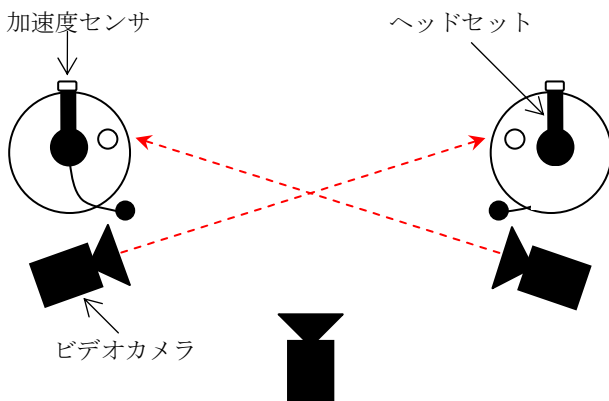


図1 実験方法

#### 2.2 実験結果

実験での傾きは、ほとんどが句読点や語末のタイミングで行われているが、話題が両被験者に共通のものであり、話を聞いていて共感できた時点や話の先を予測できた時点で傾くこともあった。傾きと視線の関係であるが、ほとんどの傾きは視線が一致している状態で起こることが多い。また、傾いた後に視線をそらす場面もみられた。

#### 2.3 考察

これらの実験結果より、傾きのタイミングが会話の区切りや視線などと関係していることが伺える。また、話し手が文末に行う傾きには必ず聞き手も同期して傾きを行っている。しかし、会話中の話し手の傾きには聞き手は必ずしも同期して傾きを行っていない。このことから、文末に行う局所的引き込みを促す傾きと、発話全体の大局的引き込みをうながす傾きがあると考えられる。

### 3. 相互引き込みモデル

今回の実験により、会話の語尾、呼吸、視線などが傾きや相槌に関係が深く、傾きや相槌により相互引き込みを起こしていると考えられる。また、相互引き込みには大局的引き込みと局所的引き込みがあり、この2重構造によりコミュニケーションを促進していると考えられる。そこで、対話における相互引き込みモデルを図2に示す。

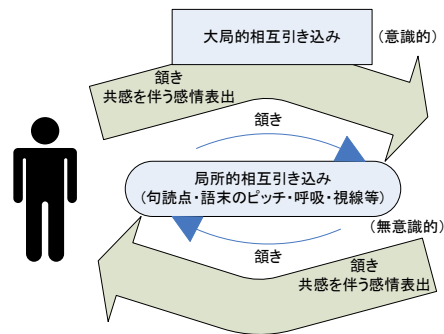


図2 相互引き込みモデル

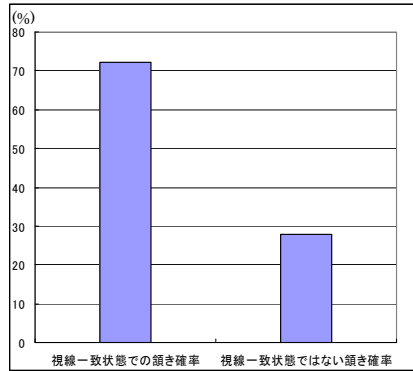
局所的引き込みは無意識的に行われるものであり、視線情報などが大きく関わっていると考えられる。また、語尾のピッチにより傾きの速度などが変化し、単文の引き込みが行われていると考えられる。大局的引き込みは、意識的に行われるもので、話の前後関係を把握しながら内容や感情に関係してくるものなのではないかと考えられる。例として、話を聞いていて確信や共感した場合などがあげられる。

† 大阪工業大学大学院情報科学研究科  
‡ 大阪工業大学情報科学部

#### 4. 局所的頷きと視線一致情報の関係性

局所的な頷きには、視線の一致情報が大きく関わっている。実験より得られた結果を表 1 に示す。この実験では、視線一致状態での頷き確率は 72.2% となった。

表 1 視線情報による頷き発生確率



視線の一致情報に関しては、黒目部分の向きの計測を行った。黒目部分が正面を向いている場合は対面の被験者を見ており、互いに正面を向いているタイミングが視線一致状態であるとした。実験の結果を図 3 に示す。上から、被験者 A の視線、被験者 B の視線、被験者 A と B 視線一致情報をあらわしている。

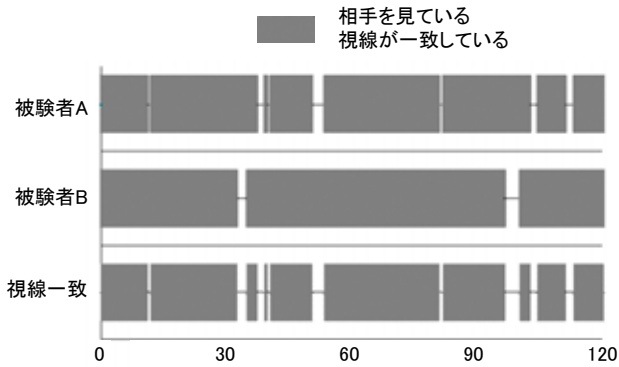


図 3 視線一致情報

#### 5. 実装アルゴリズム

局所的な頷き生成アルゴリズムは、句読点や語末から頷きのタイミングを生成しているため、句読点や語末の検知が必要となる。そこで、「発話句音末のピッチやパワーの変動パターンは発話継続・終了によって異なる」という研究 [3] を元に決定木を作成し、頷きのタイミングの生成 [4] を行う。今回決定木を作成するにあたって用いた素性を表 2 に示す。

表 2 決定木の素性

決定木の素性	
要素	形式
音声の振幅値	数値
呼吸の振幅値	数値
相手の頷きの有無	Yes/No
頷き	Yes/No

これらの素性を用いて作成した決定木を図 4 に示す。

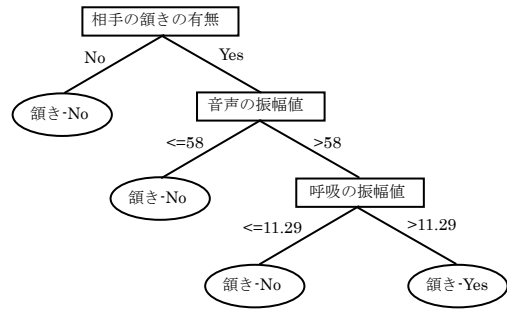


図 4 決定木

音声の振幅値の最大値は 2625、最小値は 0 であり、呼吸の振幅値の最大値は 414、最小値は 0 であった。これより、音声や呼吸の振幅値が小さい状態で頷きが起こることがわかる。

これらのアルゴリズムを実装し、人とコミュニケーションを行わせる 3D モデルを図 5 に示す。現在開発中であるが、頷きや相槌以外にも瞬きやボディーモーションなども行わせていく予定である。



図 5 3D モデル

#### 6. おわりに

本論文では、協調的なコミュニケーションを行うための相互引き込みモデルと、実装するアルゴリズムの提案を行った。大局的相互引き込みについては意識レベルのものであると考えているため、今後も検証を続け局所的な引き込みとの関連性を調べていく必要がある。また、このモデルとアルゴリズムに基づき、3D モデルへの実装を行い、コミュニケーション実験を行っていく予定である。

#### 参考文献

[1] 小林哲則: ロボットが会話において「聴く」行為について、計測自動制御学会誌, Vol.46, No.6, pp.466-471, June.2007  
 [2] 渡辺富夫 他: InterActor を用いた発話音声に基づく身体的インタラクションシステム, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.2, No.2, pp.21-29, 2000  
 [3] 小磯花絵 他: 先行発話断片の終端部分に存在する次発話者に関する言語的・韻律的要素について, 電子情報通信学会技術研究報告. NLC, 言語理解とコミュニケーション Vol.95, No.600(19960321) pp. 25-30  
 [4] 竹内真士 他: 韻律・表層的言語情報を発話タイミング制御に用いた雑談対話システム, 情報処理学会研究報告. SLP, 音声言語情報処理 Vol.2004, No.15(20040206) pp. 87-92 2004-SLP-50-(14)