

非言語コミュニケーションの分散協調モデル

Distributed Coordination Model of Nonverbal Communication

櫻井 良伸†
Yoshinobu Sakurai

安藤 敏彦†
Toshihiko Ando

1. はじめに

近年の携帯電話の普及や PC の浸透によって、社会生活の中で人同士が実際には顔をあわせない非対面コミュニケーションを行う機会が増えており、今後ますます増えていくと考えられている。これに伴い、人のコミュニケーションスキルの低下が社会問題となっている。一方、技術力の発展により、人とロボットや仮想空間上のアバターが対面しているかのようなコミュニケーションを行うことが現実の事になりつつある。

人間同士のコミュニケーションの場において人に円滑で快適なコミュニケーションを実現させる要因として、会話内容などによる記号的な情報交換ではなく、アイコンタクトや発話のタイミング、テンポの同期などによる非言語コミュニケーションが重要と考えられている。身振りのタイミングが同期した時、まさに”息が合った”時に一体感を感じており、コミュニケーションが円滑に行われている。

そのため、コミュニケーションの非言語的な側面に注目したさまざまな研究が行われ続けている。協調タッピング課題を扱った研究¹⁾や発話タイミングにおける引き込みを分析した研究²⁾などのほか、ロボットやアバターに引き込み原理を導入した非対面コミュニケーションの支援システムの開発³⁾も行われている。

これまでの先行研究では動作のタイミングの情報に基づいて協調動作を扱うことが多く、これらの情報だけでは離散的な振り舞いしか扱えない。人とコミュニケーションをとるロボットやアバターをタイミングのみで制御していくことには限界があると考えられる。

これまで筆者らのグループは、非言語コミュニケーションにおける個人内・個人間の身体の相互関係を全身レベルで分析してきた。鈴木らがこれまでに行ってきたグラフィカルモデリングを用いた分析⁴⁾により、非言語コミュニケーションの場において身体の数部位間に関係性が生成されていることが明らかになっている。

本研究では、コミュニケーションにおける身体数部位間の関係性に注目し、身振り協調のモデル化を提案する。モデルとして、身振りの随意的動作と協調動作を考慮した分散的な随意-協調モデルを提案し、協調動作を担う協調モジュールには、実測したモーションキャプチャによるデータをグラフィカルモデリングで分析した注目点同士の相互相関を用いる。ロボットやアバターにモデルを導入することで人-機械間の快適なコミュニケーションの実現が期待できる。

2. 個人内・個人間の身体部位の相互作用

2.1 シアターゲーム

本研究では演劇などの即興練習に用いられるシアターゲ

ームを対象とし、演技者間で非言語コミュニケーションによって形成される身振り協調をモーションキャプチャによって運動解析し、身体の数部位間の動きを分析することでモデル化を行っている。

シアターゲームとは、集中力、協調性、想像力を養うために2名以上の演技者で行われる即興練習をいい、本研究ではその中の1つである棒つなぎゲームを対象とする。棒つなぎゲームとは、2者が中指で1m程度の棒を支え合い、棒を落とさないようにフィールド内を動くものである。この動作をモーションキャプチャシステム Vicon612 で測定している。

2.2 身振りの協調

上記のモーションデータを相互相関とグラフィカルモデリングで分析した結果、身振り動作の協調はいくつかのフェーズ(反射、ネゴシエーション、協調)を経て形成され、加えて恣意的動作が身振りに存在することが分かってきている⁴⁾。また、身体の数部位間に時間遅れをともなった関係性が存在する(図1)。

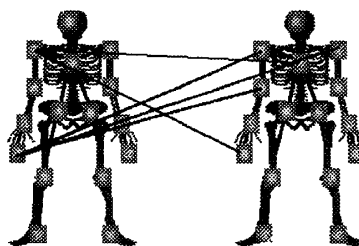


図1. 複数部位間関係性

3 分散的な随意-協調モデル

本研究では、局所的コミュニケーションのみを行うセルと呼ばれる通信単位からなるネットワークを用い、セル同士が協調をとることで身振り同期が形成される分散協調モデルを考える。つまり、セルを身体部位に対応付け、部位間の相互作用に注目しモデル化を行う。

3.1 随意-協調モデル

モデルには、対面する演技者に協調しようとする動き(協調項)と演技者の随意的な動き(随意項)が含まれ、その合成で動きが決定されるものと考えている。このうち特に協調動作が重要であると考えられ、現在は協調項のみからなるプロトタイプモデルを作成している。

部位 i の部位 j に対する協調動作として(1)式を考える。この式では、部位 j の動きが与えたもとでの部位 j と相関関係にある部位 i の動作を条件付き3次元正規分布に従う乱数で与える。

$$\overline{v}_i(t) = \overline{\mu}(t) + M \overline{X} \quad (1)$$

† 仙台電波工業高等専門学校

但し,

$$\vec{\mu}(t) = \vec{\mu} + \Sigma_y \Sigma_{jj}^{-1} (\vec{v}_j(t-D)) \quad (2)$$

$\vec{\mu}$: 相関を考慮した部位*i*, *j*の速度平均ベクトルの差.

D: 部位*i*が部位*j*の動きに反応するまでの時間遅れ

Σ_{ij}, Σ_{jj} : 部位*i*, *j*の共分散行列および部位*i*の分散行列

M: 分散共分散行列から得た下三角行列.

\vec{X} : 3次元の独立な標準正規乱数.

(1)(2)式より, 部位 *i*, *j* についての平均ベクトル, 共分散行列, 時間遅れが決まれば全てのパラメータが決定されるので, 相互相関分析などを用いて試技を実測したモーションデータを分析することでパラメータを推定できる.

ただ, 実際には全ての注目点間に有意な関係性が観察されるわけではない. そこでグラフィカルモデリングを用いて注目点間の相関関係を明らかにしてモデルのパラメータに含める必要がある.

3.2 パラメータ推定

3.2.1 相関解析

相関解析では, 基準部位に対する 2 者の各身体部位の反応時間遅れの算出を行う.

- (1) 任意の身体部位を基準とし, それ以外の部位の速度時系列データのデータ範囲を動かすことで相互相関を計算する.
- (2) 相関値が示すピークを示す時間より, その部位の時間遅れを決定する.
- (3) 基準部位以外の身体部位間の時間遅れは基準部位に対する部位 *i*, *j* の時間遅れを D_i , D_j としたとき, 部位 *j* に対する部位 *i* の時間遅れ *D* を次式で与える.

$$D = D_i - D_j \quad (3)$$

3.2.2 グラフィカルモデリング

グラフィカルモデリング⁵⁾では, 身体部位間の相関関係について時間遅れを考慮した実測データを用いてグラフィカルモデリングを行うことで分析する.

- (1) 時間遅れを考慮した身体部位の時系列データを変数として, 部位間の相関係数から相関行列を作成する
- (2) 相関行列の逆行列から偏相関係数を導出する. 相関行列を $\Pi = (\rho_{ij})$ とし, その逆行列を $\Pi^{-1} = (\rho^{ij})$ とすると, 偏相関係数 $\rho_{ij-rest}$ は次式で与えられる.

$$\rho_{ij-rest} = -\frac{\rho^{ij}}{\sqrt{\rho^{ii}} \sqrt{\rho^{jj}}} \quad (4)$$

ここで偏相関係数 ρ^{ij} は注目点 *i*, *j* を除く他の注目点の値を与えたもとの条件付分布での相関係数を意味する.

- (3) 偏相関係数 $\rho_{ij-rest}$ の値が 0 に近いほど, 変数全体の関係における *ij* 要素の関係性は無相関になる. そこで, 偏相関行列における偏相関係数 $\rho_{ij-rest}$ の絶対値が 0 に近い *ij* 要素を 0 とおき, 統計モデルを修正することでより単純な部位間の関係性を構成していく.

4 実験結果

棒つなぎゲームにおいて平行移動を繰り返しているシーンを解析対象とし, 1 回の平行移動を 1 ターン単位, これを 3 つ以上のフェーズに分け, フェーズ毎にモデルのパラメータを推定する.

これまでに注目点を 20 点(こめかみ, 胸, 腰, 膝, 足首, つま先, 肩, 肘, 手首, 右手甲, 右手中指)として, 約 10 秒間の 1 つのターンを 4 つのフェーズに分けて解析を行い, フェーズの切り分け, 時間遅れ, 部位間の関係性の推定を行った. ここで推定されたパラメータを用い, 人間-モデルの系で棒つなぎゲームをシミュレータ(図 2)を用い行った. シミュレータ上での人間側の動きにはパラメータ推定時に使用したモーションデータを使用した.

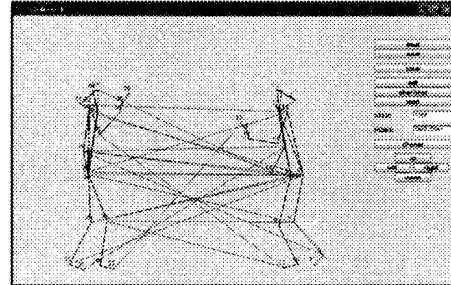


図 2. 棒つなぎゲームのシミュレーション

シミュレーション結果と実測データから相関解析を行った結果, いくつかの部位間には関係性が認められたが, それ以外の部位に大きな相関は認められなかった. モーションデータに欠落がありその区間ではモデルが有効に機能しないことが原因のひとつとして考えられる. また, 身体的につながっている部位間(例えば腰と膝)の距離が一定に保たれないという問題も明らかになった.

5 おわりに

本研究では, 非言語コミュニケーションにおける身体複数部位間の関係性に注目して部位間の分散協調による身振り協調の随意-協調モデルを提案し, そのうち協調項からなるモデルを実装したシミュレータを作成して実測モーションデータよりシミュレーションを行った. これより, 人の身振りに対するモデルの協調動作が確かめられた. しかし, 現行モデルでのいくつかの問題点が明らかになった. この解決策として, データ欠落に対する対策やなんらかの拘束項をモデルに含めることで部位間の距離を一定に保つ必要があると考えられる.

参考文献

- 1) 今誉, 三宅美博, "協調タッピングにおける相互同調過程の解析とモデル化", ヒューマンインタフェース学会論文誌 Vol.7, No.4, 2005.
- 2) 渡辺富夫, 大久保雅史: 「コミュニケーションにおける引き込み現象の生理的側面からの分析評価」, 情報処理学会, vol.39, No.5, 1998.
- 3) 渡辺富夫, 大久保雅史: 「身体的コミュニケーション解析のためのパーチャルコミュニケーションシステム」, 情報処理学会, vol.40, No.2, 1999.
- 4) 鈴木渉, 松本啓介, 安藤敏彦, "シアターゲームにおける非言語コミュニケーションの分析 I - 時間的空間的相互関係の分析 -", 情報処理学会東北支部 2006 年度第 6 回研究会, 06-6-A3-1.
- 5) 宮川雅巳, "グラフィカルモデリング", 朝倉書店, 1997.
- 6) 赤池, 尾崎, 北川, "時系列解析の方法", 朝倉書店.