

多人数会話における会話調整とその方略の獲得

六井 淳 坂本 彰司 岡田 美智男
北陸先端科学技術大学院大学 情報科学研究科
〒 923-1292 石川県能美郡辰口町旭台 1-1
E-mail : rokui@jaist.ac.jp
ATR 知能映像通信研究所 第4研究室
〒 619-0288 京都府相楽郡精華町光台 2-2
E-mail : shoji@mic.atr.co.jp , okada@mic.atr.co.jp

あらまし: 多人数における会話は個人が会話の場の中で自分の役割を見出し、各々が互いの役割を会話の場に応じて変化させていると考えられる。本研究では会話を集団と個体との会話戦略の進行プロセスと捉え、会話戦略獲得のための方略として進化ゲーム理論を適用する。多人数会話での個体は内部で自分の行為を遂行するか、相手の行為を重視すべきかという葛藤により、内部状態を形成していると考えられる。本研究では2つの欲求のバランスを調整するSRM理論を用いたCSを提案し、実験を通して、多人数会話でそれぞれの個体が会話戦略を獲得し、会話の調整を達成することを示す。

キーワード: 会話戦略、3 疎み構造、進化ゲーム理論、SRM、デュアルダイナミクス

Dialogue coordination and its strategies emerged from multiple participants

Jun ROKUI and Shoji Sakamoto Michio Okada

School of Information Science, Japan Advanced Institute of Science and Technology
1-1 Asahidai, Tatsunokuchi, Ishikawa 923-1292 JAPAN

E-mail : rokui@jaist.ac.jp

ATR Media Integration and Communications Research Laboratories.

2-2 Hikaridai, Seika-cho, Soraku-gun Kyoto 619-0288 JAPAN

E-mail : shoji@mic.atr.co.jp , okada@mic.atr.co.jp

Abstract: In this paper, we propose new method to realize smooth turn-talking in conversation. There are an opinion that dialogue is organized and controled as the result of interaction. We propose method to introduce this perspective to conversation. Conversation need more factors than dialogue. So conversation needs to renewal our action reflexively by entrusting meaning of our action to conversation. In this paper we propose model based on bi-referential model given both action adapted conditions and perception from environment for smooth turn-talking.

Key words: Talking Strategy, Triangle Structure, evolutionary game, SRM, Dual Dynamics.

1 はじめに

日常の会話では制御系から与えられた固定規則などないが、リズムカルに会話が進む。会話の中で各個体が状況に応じた行動規則を組み立て、会話の変化に応じて最適な行動を選択していると考えられる。多人数で構成される集団内部では多様な話題が錯綜する。そのため個体内部で閉じているのは独り善がりな会話となり、集団内部でリズムカルな会話を進める上で大きな弊害となる。集団での会話は個体と集団内部の相手との繋がりによって、各個体が戦略を立て、発話を行うプロセスである。各個体の会話ストラテジーは相手の戦略と個体自身の戦略との駆け引きにより、互いの戦略上のバランスを保つ平衡点を見いだすプロセスより得られる。

本研究では会話を集団と個体との会話ストラテジーの進行プロセスと捉え、会話ストラテジー獲得のための方略として進化ゲーム理論 [4, 5] を適用する。進化ゲーム理論はインタラクションというものを真正面から取り上げた社会科学における最初のモデルであり、相手の行為でしか、こちらの行為が決まらないという前提で成り立っている。このため、会話ストラテジーは集団内部の発話した相手の反応によって決定される。進化ゲーム理論上で会話問題を論じることで、会話は場に応じた会話ストラテジーを個体が獲得できるかというモデル作成問題に置き換わる。

個体の会話ストラテジーは集団内での相手の出方を見て決定されるため、固定されたルールは単に入れ替えとなるだけでは、集団内部の多様な変化に対応できない。したがって、ルール自体が変化する必要があり、本研究では遺伝的プログラミング (GP: Genetic Programming) を用いることで、集団からの知覚によって自分自身の取るべき行為を変化させながら最適なストラテジーを獲得する機構を与える [1, 3]。

会話の行われている集団に個人の行為の意味を与えるため、GP を用いる場合、戦略としてどの行為が与えられた集団で最も有意かを決定する必要がある。会話の行われている集団にとっての個人の行為の意味を問うためには、個人の内部で評価価値を決めることはできず、集団からの評価が必要となる。評価値決定問題を解決するため、本研究では発達心理学 [6, 7] で用いられる自己充実欲求と繋合希求性の二つの構成要素を用いる。自己充実欲求とは自分自身の行為を遂行しようと願う欲求であり、繋合希求性とは他者と繋がっていたいと願う欲求である。これらのバランスによって社会性の創発が成されていることが確認されている [2]。この2つの欲求のバランスを与える行為こそが最適な行為であると仮定し、個々の行為のための評価値決定を最適化問題として捉えることで、最適な行為基準を与える関数系を

定義する。

関数系を定義する上で重要なのは、2つの欲求のバランスをどのように獲得するかである。これについて最適化問題で用いられる SRM (Structural Risk Minimization) 理論 [8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15] を使用する。SRM 理論は2つの相反する関数系によって最適解を求める手法であり、2つの欲求のバランスをデュアルを与える上で有効である。

本研究では提案する機構を CS (Classifier System) としてエージェントに埋め込んだ。エージェントによる3体構造から、実験を通して円滑な会話が構成されているかを確認する。

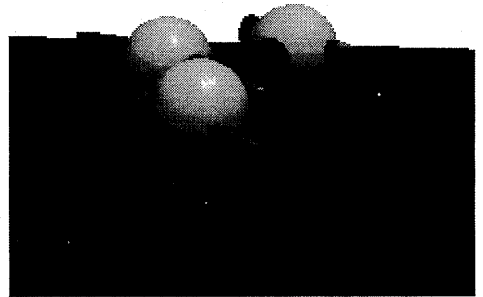


図 1: 3者による関ぎ合い構造

2 会話ストラテジー獲得モデル

2.1 多人数会話

多人数会話では、会話者が多ければ多い程、自分の話したいことが、なかなか言い出せないことがある。これは自分の主張を通したいが聞き手の反応や喋っている場の状況を見なくてはならないという相手との関わりを重視したためである。逆に、自分自身が話に夢中になり、周りの反応が見えなくなるということもある。自分の主張を通すことに強い価値を見いだし過ぎて、相手との関わりを無視した結果である。人は会話の中で自分の役割を見出し、会話が円滑に行われるよう会話ストラテジーを常に変化させている。本研究では対局化した欲求の引っ張り合いによって会話の構造が成り立っていると

考え、2つの欲求の評価のためのデュアルな関数系を設計した。

相互作用する行為基準の妥当性を他者に求める環境系と自己に求める目標系に分け、2つの欲求構造を模擬したモデルに双参照モデルがある。このモデルはこれまで集団における棲み分け問題が論じられ、「社会性」という部分に主眼が置かれていた。集団における役割や位置関係を本研究では会話における発話と置き換え、発話することに対する価値を多人数会話の場に問うものである。

本研究では多人数会話における最小単位として3個体による鬩ぎ合い構造の中で、個体が会話における行為取得を可変にすることが日常的な多人数会話を模擬するために重要であることを示す。

2.2 双参照モデル

環境からの相互行為をモデル化した研究として双参照モデルを用いた研究が行われている。従来の自分自身で行為決定を内包するアプローチとは異なり、環境を信頼することによって環境に自分自身の行為の意味を委ね、個体数やリソースによる膨大な情報量の削減と、原始的な社会性創発を確認した研究である。

双参照モデルを計算機上のシュミレーションとして実装するために、進化ゲーム理論を応用したCSを採用し、行為を環境に委ねることを模擬した環境系と、自己を維持することを目的とした目標系に分け、発話や移動などの行為をCSによる戦略と捉え、実装した。

CSは、ルールを処理単位とする分散処理システムであり、各々のルールは条件部、行為部、評価部の3つで構成されている。知覚に対して適合する条件部を探索し、最適な行為を発火させる。ここで、絞り込まれた行為部の複数の条件を条件部を与えた評価関数によって評価し、評価の最も大きいものを行為として与えてやるという汎用的なものである。行為部に格納されている複数のルールに関し、知覚に対する行為の有意性の評価値の低いものは淘汰、交配されるというGPを用いたシステムである。突然変異なども考慮することで、行為の偶発性も加味している。これは全体として行為基準の決定戦略となっている。

2.3 会話とデュアルダイナミクス

本研究での実装段階では条件部として、個体が持つ視界内に見えている他個体の数、個体と見えている他個体との距離、個体が確認している発話する他個体の数を設定した。3者による会話状況に対し、与えられた自由度の中でどのように個体の会話が変化するかを確認す

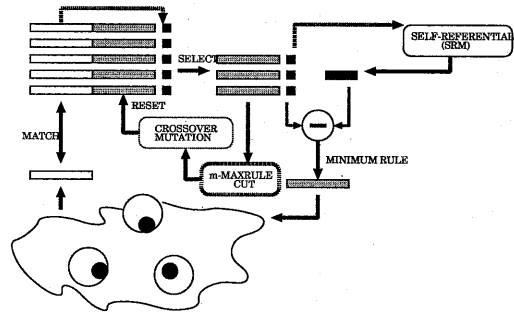


図2: CSの流れ

ることを目的としており、必要となる極めて少数の条件のみに限定した。少数条件の中でどのように3者による会話が行われるかを確認する。

モデル自体は個体自身が取った行為に対して環境からの知覚によって個体の戦略が更新されることになる。環境系は環境からの知覚によって戦略を組み立てるのだが、この戦略の目標として目標系を与えており、目標系は時間スパンLでSRM理論に基づいた関数系によって更新される。目標系が目標となる状態を与え、環境系はそれに近づくようルールを更新し、互いの関数系の引っ張り合いによって環境適応が行われる構造となっている。また、目標系内部でも自己充実欲求と繋合希求性が互いに引っ張り合いを行い、最適な解に落ちるよう更新される構造となっている。

2.4 環境系

3者のエージェントによる発話交替を双参照モデルによって実装するために、エージェントは他のエージェントの個数、位置関係(距離)、発話状況(発話している個体数と方向)を知覚する。これら知覚情報をルールとして条件部に与え、適合する行為部が発火する。行為部にはこれらルールに対する行為規則が内包されており、評価関数によって行為の優劣が決められる。つまり、環境系CSにとっての学習とは目標系から与えられる評価値と行為規則からの入力による評価関数値の更新によってなされる。

環境系の評価関数 $r(l)$ を次のように評価する。

$$G_i(x, y) = W0_i(l) + W1_i(l) * x + W2_i(l) * y + W3_i(l) * x^2 + W4_i(l) * y^2 + W5_i(l) * xy \quad (1)$$

$$z1_i = G_i(\text{number}(l), \text{speak}(l)) \quad (2)$$

$$z2_i = G_i(\text{near}(l), z1_i) \quad (3)$$

$$r_i(l) = G_i(\text{hear}(l), z2_i) \quad (4)$$

$$r(l) = \max_{i=1}^N r_i(l) \quad (5)$$

$G_i(x, y)$ は再帰的に評価関数を定義するための2次関数。 $number(l), speak(l), near(l), hear(l)$ はそれぞれ知覚情報であり、それぞれ個体の視界内の他個体数、個体が発話した回数、他個体との距離平均、発話した他個体数である。 $r_i(l)$ は i 番目規則における評価値、 $z1_i, z2_i$ はそれぞれ中間変数である。

$W0_i(l), W1_i(l), W2_i(l), W3_i(l), W4_i(l), W5_i(l)$ は2次関数の重みであり、各参照ルールの行為部によって決まる。行為部には移動や発話の有無、発話時間などが格納されており、本研究では8つの行為が設定されている。その内、移動と発話に関係する5つの行為を選択し、割り当てるものとする。

環境系で得られる評価値 $r_i(l)$ と目標系より与えられる評価値 $P(l-L)$ との二乗誤差 $E_i(l)$ により、誤差最小のルール i の行為を発火させる。

$$E_i(l) = |P(L) - r_i(l)|^2 \quad (6)$$

誤差の大きい m 個のルールは削除し、誤差の小さいルール $2m$ 個から m 個のルールを GP による淘汰、交配、突然変異によって再生成する。

2.5 目標系

環境系より得られた評価関数について、単位時間ごとの差分を取り、その和を取ったもの $\phi(L)$ を入力として評価関数値を決定する。環境系より得られた評価値に関して、次のような目標系の評価関数を定義する。

目標系においては参照スパン L での目標系からの総和である。

$$\phi(L) = \sum_l^L \Delta r(l) \quad (7)$$

$$Ego(L) = \exp(a\phi(L) + b) \quad (8)$$

$$Al(L) = \exp(-c\phi(L) + d) \quad (9)$$

$$P(L) = Ego(L) + Al(L) \quad (10)$$

a, b, c, d はそれぞれ正の重みである。 $Ego(L)$ と $Al(L)$ はそれぞれ SRM 理論に基づき生成した自己充実欲求と繋合希求性を示す関数である。 $P(L)$ は $Ego(L)$ と $Al(L)$ によって決まる目標系での評価値である。

a, b, c, d は次のように構成される

$$a = 1 / (1 + \exp(\alpha \sum_j^{QL} \sum_i^N W0_i(j))) \quad (11)$$

$$b = 1 / (1 + \exp(\beta \sum_j^{QL} \sum_i^N (W1_i(j) + W3_i(j)))) \quad (12)$$

$$c = 1 / (1 + \exp(\alpha \sum_j^{QL} \sum_i^N W5_i(j))) \quad (13)$$

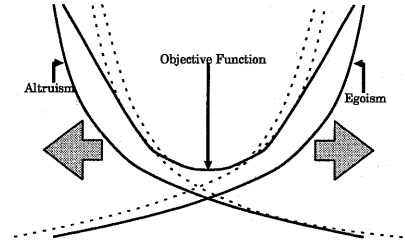


図 3: SRM 理論に基づく評価関数設定

$$d = 1 / (1 + \exp(\beta \sum_j^{QL} \sum_i^N (W2_i(j) + W4_i(j)))) \quad (14)$$

目標系は環境系からのパラメータの影響で個体の行為基準を変化させることができるが、発話交替の行われている集団内部での有意な発話行為がどのようなものであるかは、相互作用以前には知り得ない。また、目標系は個々において独立に個体内部に内包されており、環境からの窓口は環境系からの評価値のみとなる。これにより、直接、他個体の行為基準を参照することは不可能であり、発話という極めて抽象的概念において、閉じた構造を成している。

3 実験と考察

実験での3つのエージェントは個々に CS が組み込まれており、パラレルに動作する。このため、互いの影響は3者の置かれた環境のみということにあり、より実環境に近い状況で非分節化された多人数会話の状況を3者の関ぎ合い構造として模擬している。

3.1 非分節化発話交替

非分節化された3者の関ぎ合い構造による会話シミュレーションを検証する。実験では3個体の存在する空間に基準時間を設定し、空間での時系列上でどのように発話が組み合わされるのかを確認する。個体はそれぞれ独立のプロセスで行為を行うため、個々の内包する時間は異なる。粗に環境からの知覚にのみ個体の発話が委ねられていることで、日常の会話に近い滑らかな会話が実現するかを検証する。

図4から分かることは、序盤、個体Aが独占的に発話を繰り返し、会話の場の中心となっているが、中盤になると他の2個体も発話を始めるようになり、リズムカルに会話が進むようになった。会話も終盤になると、今度は個体Aがあまり発話をしなくなり、他の2個体が会話の中心になっている。これは「日和見」のような現

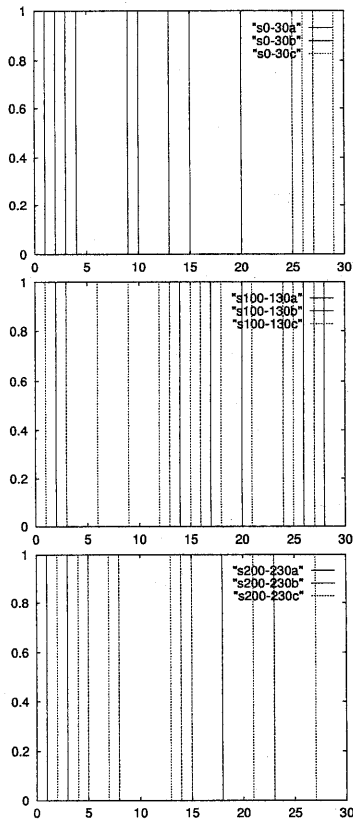


図 4: 非分節化発話交替 (上: 0-30 中: 100-130 下: 200-230)

象が個体 A に起っているとも取れ、目標系内で形成した価値観が、序盤に発話を繰り返したことで、自己充実欲求が低下し、整合希求性が上昇したため、他者の出方を見るという「日和見」が起ったと考えられる。他の 2 個体については逆のことが考えられる。

このシミュレーションによって、傍観者、極端な発話者など日常の多人数会話で発生するような様々な状況が確認された。

3.2 評価関数値の変化

目標系内に設定した 2 つの関数 $Ego(L)$, $Al(L)$ について考察する。多人数会話によって、設定された価値観が個々の個体内部でどのような振る舞いを見せているかを示す。本実験では 10 ステップ毎に目標系内の目標関数が書き変わるよう設定してある。試行は 1000 ステップである。

図 5 は 1000 スパン試行での各個体の欲求パラメー

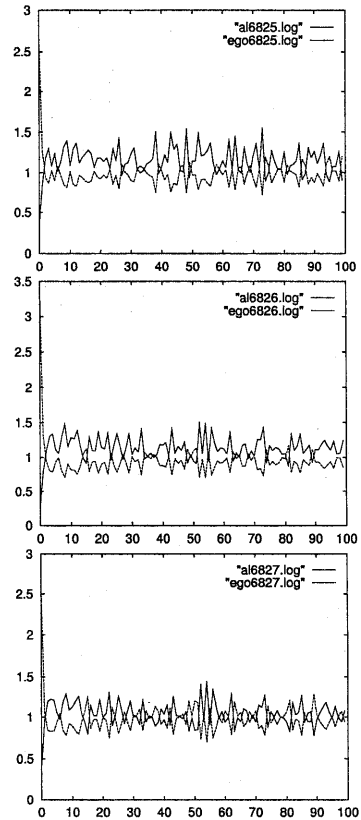


図 5: 個体別の 2 つの欲求パラメータ変化

タの変化を見たものである。2 つのパラメータが各々交錯しながら、変動していることが分る。これは互いの発話状況や相手との位置関係を見ながら自己充実欲求が高まったり、整合希求性が高まったりして、目的関数に近づくよう戦略が立てられていることを示している。これにより、個々の個体が本研究で与えた目的関数系により、別々の価値空間を個体内部に形成し、個体内部で閉じた独り善がりの発話ではなく、周りの状況をふまえた自然な発話を与えていると考えられる。

図 6 は 3 個体それぞれの欲求パラメータをまとめて表示したものである。いずれも異なった変動を示していることが分かる。部分的に同期が取れているような部分や、まるで違う動きをしている部分など様々であり、互いの発話状況を見ながらうまく戦略を立てている様子がうかがえる。

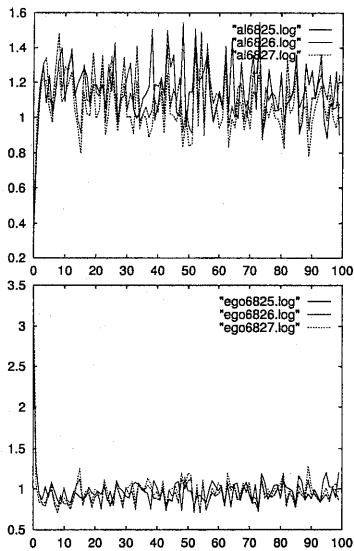


図 6: 3 個体の各欲求の変動差

4 まとめ

本研究では非分節化された会話シミュレーションを通して、3者の関わり合い構造を多人数会話における最小単位と仮定し、提案モデルの有効性を検証した。評価関数値の変動を通して3個体は会話が進むにつれて、個別の評価値の変化を示した。これは3者による対話においてそれぞれ個別の役割を取得していると言える。発話という行為の意味を環境に委ねることで、3者による会話は何らかの収束解を繰り返し、リズムカルな会話を実現していると考えられる。双参照モデルに埋め込んだ双対構造により、滑らかな会話の実現を確認した。

また、目標系からの2つの欲求パラメータの変化から、環境系へ影響を与える関数値の動きが互いに接近と離反を繰り返していることが確認された。これは目標系での振る舞いが、SRM理論に基づいた収束探索構造を実現し、多人数会話における戦略獲得がうまく機能していることの証明となっている。これにより、単調なリズムの会話ではなく、転調のあるリズムカルな会話が開かれ、日常の会話に近い振る舞いが確認されているものと考えられる。

今後の課題としては、今回与えた条件は必要最小限のものに留めているため、会話において必要と考えられる要素をより多く含んだ場合の3者間会話の変化を確認する必要がある。さらに、会話における予期的要素も含む必要がある。

参考文献

- [1] 岡田美智男: ロゴもるコンピュータ, 共立出版 (1995).
- [2] 塩瀬 隆之、岡田美智男、榎木 哲夫、片井 修: 双参照モデルにおける社会性の創発, 認知科学会 Vol.6 No.1(1999).
- [3] 岡田美智男: Talking Eyes-対話する「身体」を創る, システム制御情報学会 Vol.41 No.8 (1997).
- [4] 長谷川真理子: 進化ゲーム理論と動物行動, Cognitive Studies Vol.6 No.2 (1999).
- [5] 竹澤正哲、亀田達也: 所有と分配: 共同分配規範の社会的発生基盤に関する進化ゲーム分析, Cognitive Studies Vol.6 No.2 (1999).
- [6] ジョージ・バターワース、マーガレット・ハリス: 発達心理学の基礎を学ぶ, ミネルヴァ書房 (1997).
- [7] C. Cortes and V.N.Vapnik, "Support vector networks", *Machine Learning*, No. 20, pp. 273-297, 1995.
- [8] Kristin P. Bennett and Erin J. Bredensteiner, "Geometry in Learning", Mathematical Association of America, Washington, D.C., 1998.
- [9] Vladimir N. Vapnik. "The Nature of Statistical Learning Theory", Springer, 1995.
- [10] A. Gammerman, M.O. Stitson and J.A.E. Weston, "Theory of support vector machines" Csd-tr-96-17, Royal Holloway University of London, December 1996.
- [11] A. Gammerman M.O. Stitson and J.A.E. Weston, "Experiments with support vector machines" Csd-tr-96-19, Royal Holloway University of London, December 1996.
- [12] K.P. Bennett and J. Blue, "A support vector machine approach to decision trees" *R.P.I Math Report No. 97-100*, 1997.
- [13] O.L.Mangasarian. "Misclassify Minimization", *Journal of Global Optimization*, 5:309-323, 1994
- [14] K.P.Bennet and E.J.Bredensteiner, "A parametric optimization method for machine learning", Department of Mathematical Sciences Report No. 217, Rensselaer Polytechnic Institute, Troy, NY 12180, 1994.