Vol.2012-MPS-87 No.29
2012/3/2

衝突回避ゲームにおけるエージェントの行動学習に基づくコミュニケーションの創発

白﨑史子† 佐藤尚††

現在我々が様々な手段で行なっているコミュニケーションは，単純な原始的コミュニケーションから複雑化してきたものだと考えられる．本研究では，原始的コミュニケーションがジェスチャーで行われていたという仮説に基づき，どのようにして目的を持った「動作」にコミュニケーション上の「意味」が結びつくのか，また「動作」と「意味」が結びつくためにはどのような要素や条件が必要であるのかを明らかにすることを目的とする．我々は学習エージェントによる衝突回避ゲームを用い，コミュニケーションの成功に報酬を与えない場合でもエージェントが協調行動を獲得できるかを調べた．その結果，視線を自由に動かせる個体は，視線を固定した個体よりもゴールへ到達しやすくなることがわかった．

Emergence of communication based on agent's action learning in a collision avoidance game

Fumiko Shirasaki† and Takashi Sato††

Currently we communicate with each other in various ways. Such communication would have complexified from a primitive simple communication. In this paper, based on the gesture theory that is one theory on the origin of language, which tries to establish that speech originated from gestures, we discuss how "meanings" in the communication can be associated with "actions" having some purpose and what elements and conditions are necessary in order to connect the meanings and the actions. To investigate whether or not agents can learn to acquire cooperative actions without rewards for success of the communication, we adopt a collision avoidance game. In our simulation, we found that agents who can freely move the direction of their eyes arrive to the goal easily than agents who can see only the direction of their own movement.

1. はじめに

現在，我々人間は，音声，文字，ジェスチャーなど，様々な手段を用いてコミュニケーションを行なう．しかし，原始のコミュニケーションは，現在よりも遙かに単純なものだったのではないかと推測される．では，コミュニケーションはどのようにして創発し，現在のような複雑な形へ進化してきたのだろうか．この疑問に対し，コーバリス[1]は，原始のコミュニケーションは手や腕を用いたジェスチャーによるものであったと主張している．本研究では，この主張を基に，目的を持った「動作」にコミュニケーション上の「意味」が結びつくことで，「意味」の伝達のためのジェスチャーとして「動作」が利用されるようになるのではないかという仮説を立て，どのようにして「動作」と「意味」が結びつくのか，また，「動作」と「意味」が結びつくために必要な要素や条件を明らかにする．

ジェスチャーによるコミュニケーションの創発を扱ったものとして，高野・有田の研究[2]がある．この研究では，衝突回避タスクを対象とした進化シミュレーションによって，コミュニケーションが成功したことに報酬を与えていないにも関わらず，動作を通じて回避行動を知らせるという協調行動が創発することを示した．高野･有田[2]の用いたモデルでは,エージェントが進化によって行動を調整していた．しかし，実際のコミュニケーションの創発において，コミュニケーションの成立に必要となる知識や方法は先天的に持つのではなく，学習によって後天的に獲得されるものだと考えられる．そのため，本研究では，学習により行動を調整するようにし，高野・有田[2]と同様の協調行動が学習モデルにおいても創発するかを調べる．

2. モデル

シミュレーション実験には，高野・有田らのモデルと同等のモデルを使用する．環境内の複数のエージェントは個々に設定されたスタート地点からゴール地点へ速く移動することを目的とする．この時，エージェント同士が衝突すると移動速度が大きく低下する．エージェントは扇型の視界Rを持つ対向 2 輪の車輪移動型とし，ゴールの相対位置(d_g, θ_g), 自分の視線の角度(ϕ), 視界内の最近傍の他個体の情報$(d_\alpha, \theta_\alpha, \alpha, \beta)$, 壁の情報$(d_w)$を得ながら行動する．ここで，$d_g, d_a, d_w$はそれぞれゴール，他個体，壁までの距離，$\theta_g$は進行方向に対するゴールの角度，$\phi$は進行方向に対する視線の角度，$\theta_a$は視線に対する他個体の角度，$\alpha, \beta$はそれぞれ他個体から自分を見た方向に対する他個体の進行方視線の角度である．また，エージェントは車輪の接地面の速度w_r, w_lと

† 沖縄工業高等専門学校 専攻科 創造システム工学専攻 情報工学コース
Advanced Course of Information Engineering, Okinawa National College of Technology
†† 沖縄工業高等専門学校 メディア情報工学科
Depertment of Media Information Engineering, Okinawa National College of Technology

ⓒ2012 Information Processing Society of Japan

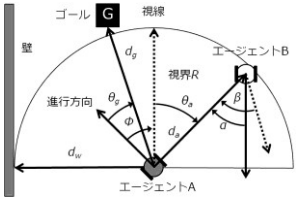

図 1　エージェントの得る情報
Fig.1　Input values for agents.

視線の角速度$\Delta\phi$を出力し，次(1)および(2)を用いてエージェントの移動を決定する．

$$a_{t+1} = a_t + \frac{w_r - w_l}{2r} \tag{1}$$

$$v = \frac{w_r - w_l}{2} \tag{2}$$

ただし，aは進行方向，rはエージェントの半径，vは速度である．さらに，視線を進行方向へ向けないと速度が落ちるという明示的なコストを与えるため，視線の方向ϕに応じてエージェントの移動速度を低下させる．

また，今回想定するような，コミュニケーションに用いられる記号や形式が確立されていない状況においては，エージェントは試行錯誤的にコミュニケーションの手段を獲得したのではないかと推測されることから，学習には Q 学習を用いる．

3. シミュレーション実験

本研究では，視線を動かせることがエージェントの振る舞いにどのような影響を与えるのかを調べるために，視線を進行方向に固定した場合と，視線を自由に動かせる場合の 2 種類のシミュレーション実験を行う．エージェントに与える報酬は，ゴール到着時に+100，他個体との衝突時に-40，壁への衝突時に-30，壁への接近の際には距離に応じて-20～-5 とし，更に(前時刻のゴールとの距離)-(現時刻のゴールとの距離)を報酬として用いる．シミュレーション実験は 100×100 のフィールドで行い，エージェント数は 100, ステップ数は 10 万ステップとする. また, エージェントは半径$r = 0.5$の円形，視界Rは角度πの扇型で半径 5，他個体との衝突時の移動速度は通常の 0.004 倍とする．

各設定での，全エージェントのゴールへの合計到達回数と合計衝突回数のアンサンブル平均を図 2 に示す．ゴールへの到達回数は視線を進行方向に固定した場合よりも視線を自由に動かせる場合のほうが多くなった．しかし，他個体との衝突回数も視線を自由に動かせる場合のほうが多いという結果を得た．

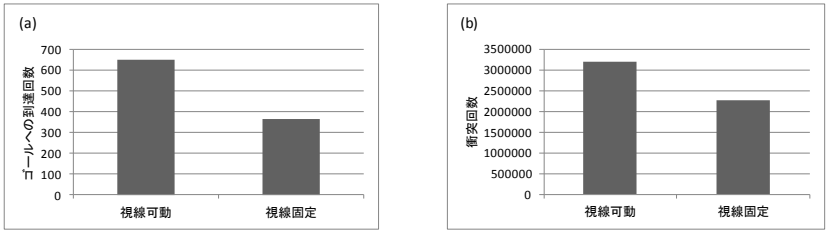

図 2　(a)ゴール到着回数と(b)他個体との衝突回数のアンサンブル平均
Fig.2　The average numbers of arrival to the goal (a) and collision between agents (b).

視線を自由に動かせる場合に比較的衝突回数が多くなる理由は，視線を動かすことで視線を進行方向に固定した場合より移動速度が低下するため，視線を進行方向以外の方向に動かしたまま一度他個体と衝突するとその状態を解消しにくく，結果として同じ個体と何度も衝突することになるためだと考えられる．また，ゴール回数が視線を進行方向に固定した場合より多くなったのは，他個体同士の衝突で作られるクラスタに含まれなかった個体がゴールへ移動することが容易になるためだと考えられる．

4. まとめ

本研究では，原始的コミュニケーションがジェスチャーで行われていたという仮説に基づき，目的を持った「動作」にコミュニケーション上の「意味」がどのように結びつくのか，また「動作」と「意味」が結びつくためにはどのような要素や条件が必要であるのかを明らかにすることを目的とした．我々は学習エージェントによる衝突回避ゲームを用いて，コミュニケーションの成功に対して報酬を与えずともエージェントが協調行動を獲得できるかを調べた．その結果，視線を自由に動かせる個体は，視線を固定した個体よりもゴールへ到達しやすくなることがわかった．今後は，各エージェントの動きをさらに詳細に解析し，それぞれの要素がエージェントの動作にどのような影響を与えるのかを明らかにする．

参考文献

1) マイケル・コーバリス, 大久保街亜訳: 言葉は身振りから進化した—進化心理学が探る言語の起源(シリーズ認知と文化 7), 勁草書房 (2008)
2) 高野雅典, 有田隆也: 視線の認識と制御の共進化に基づくコミュニケーションの成立に対する構成論的アプローチ, 数理モデル化と問題解決シンポジウム論文集, pp.203-208 (2006)

ⓒ2012 Information Processing Society of Japan