

視覚フィードバックと自己評価による 共同注意の段階的獲得

Incremental Learning of Joint Attention by Visual Feedback and Self Evaluation

森田 章生 (阪大) 正 長井 志江 (阪大)
正 細田 耕 (阪大, 阪大FRC) 正 浅田 稔 (阪大, 阪大FRC)
Akio MORITA, Osaka University, 2-1, Yamadaoka, Suita, Osaka
Yukie NAGAI, Osaka University
Koh HOSODA, Osaka University, HANDAI Frontier Research Center
Minoru ASADA, Osaka University, HANDAI Frontier Research Center

This paper proposes an emergent learning system of joint attention which consists of visual feedback controller and a self evaluator. Based on the proposed system, a robot can acquire the ability of joint attention through the incremental learning process without explicit evaluation.

Key Words: joint attention, incremental learning, self learning

1 はじめに

人間がコミュニケーションの能力を獲得する最初のステップとして、共同注意という行動があげられる¹⁾。共同注意は「自己が他者と同時に同一の対象物に注意を向けること」と定義される。この能力をロボットが獲得することができれば、人間とコミュニケーションをとることが可能になると考えられる。また、ロボットを通して共同注意の学習メカニズムを研究することで、人間の発達メカニズムの理解にもつながると期待される。

これまでのロボットの共同注意に関する研究として、長井ら²⁾はロボットに対して明示的な評価を与えることで共同注意の能力を獲得させるメカニズムを提案した。しかし明示的に評価を与えることは非常に手間がかかることであり、また幼児の共同注意の発達過程とも異なると思われる。

そこで、本研究ではロボットが生得的に持つ視覚フィードバック制御器と自己評価器を基にして、複雑な実環境において養育者との共同注意の能力を明示的な評価なしに獲得するメカニズムを提案する。ロボットは視覚フィードバック制御器によって特徴的な対象物がカメラ画面内に存在する場合にそれを注視する。そして自己評価器によって対象物を注視したときにその行動と養育者の顔画像との間で学習が行なわれる。よって対象物を注視する試行と、学習の二つのフェーズを繰り返す。その繰り返しのなかでロボットは共同注意が成立したときの入出力データの間のみ相関を発見する。そしてこの相関をメカニズム内に蓄えて行くことで、明示的な評価なしに共同注意の能力を獲得することができる。また、提案するメカニズムによってロボットの学習過程は複雑な環境の下で段階的な現象を示すと考えられる。

2 共同注意のメカニズム

本研究で提案するメカニズムを Fig. 1 に示す。本メカニズムは特徴抽出器、視覚フィードバック制御器、学習器、ゲート、自己評価器の五つのモジュールで構成される。そしてロボットは、これらのモジュールを基に対象物を注視する試行と学習を繰り返す。

2.1 試行フェーズ

まずロボットはカメラから得られた画像 $[I]$ のなかから特徴抽出器によって特徴的な対象物を検出する。そして特徴的な対象物がカメラ画面内に検出された場合、視覚フィードバック制御器が対象物を注視するためのカメラの制御角を出力し、それと並行して学習器が養育者の顔画像と現在のカメラ角度を入力としてその制御角を出力する。そしてどちらの出力を採用するかをゲートが決定する。ここで、ゲートは学習初期には視覚フィードバック制御器の出力を多く採用し、学習が進むにつれて学習

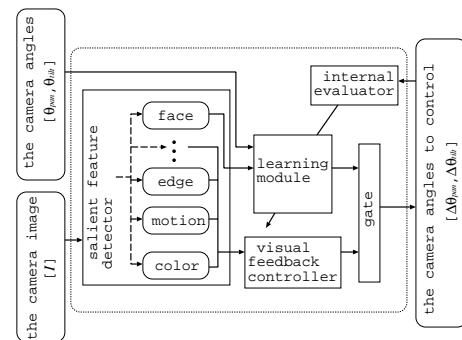


Fig.1 The proposed mechanism for joint attention

器の出力を多く採用するように設計する。これによって段階的な学習が実現される。一方で対象物がカメラ画面内に検出されなかった場合は、学習器のみが出力を生成する。これらのモジュールによってカメラ角度を制御し、対象物を注視するという試行を実現する。

2.2 学習フェーズ

対象物を注視したときに自己評価器が学習の引金を引く。学習器ではそのときの入出力データを教師データとして、誤差逆伝播法によって学習を行う。さらにその学習結果は次の試行で利用される。

環境中に複数対象物が存在する場合、ロボットは養育者が注視している対象物とは異なった対象物を注視した状況でも自己評価器が学習の引金を引き、学習を行ってしまう。しかし対象物の位置は常にランダムに設定されているため、ロボットは試行と学習を繰り返していくうちに真の対象物を注視したときの入出力データの間のみ相関を発見する。これによってロボットは複雑な実環境の下で養育者からの明示的な評価を受けることなく、共同注意の能力を獲得することができると考えられる。

3 段階的学習

ロボットは出力を選択するゲートを 2.1 節に述べたように設定することで、以下のような段階的な学習を行なうと考えられる。

1. 学習初期

学習初期では視覚フィードバック制御器の出力を多く採用する。そのためロボットはカメラ画面内の対象物に対し、それが共同注意を成立させるものか否かに関わらず、注視を行なう。

2. 学習中期
ロボットは養育者を観察したときのカメラ画面内に真の対象物が存在する場合に、学習器の出力によって共同注意を成立させることができるようになる。
3. 学習後期
学習が進み、ゲートで学習器の出力が多く採用されるようになると、ロボットは真の対象物が養育者と離れた位置に存在する場合にも共同注意を成立させることができる。

以上の段階的な学習は幼児の発達過程³⁾と類似しており、本研究で提案するメカニズムを実現することで、幼児の発達メカニズムの理解にもつながると期待される。

4 実験結果

実験環境を Fig. 2 に示す。本実験では対象物を 4 個、学習回数を 500000 回とし、ゲートをシグモイド関数 (Fig. 3) に設定した。そしてこのときのタスクパフォーマンスを評価し、また段階的学習が実現されているか確認した。

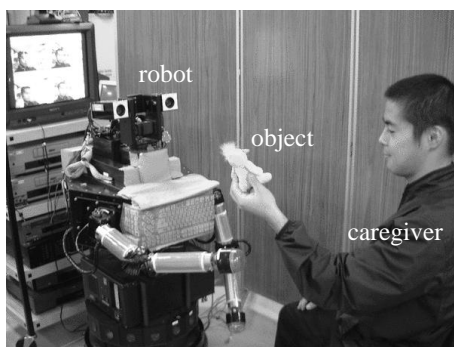


Fig.2 The experimental environment for joint attention

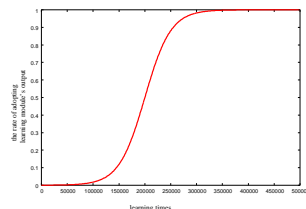


Fig.3 sigmoid function

4.1 タスクパフォーマンスの評価

対象物を注視する試行回数に対して、各時点での過去 1000 回における共同注意の成功確率を評価した。その結果を Fig. 4 に示す。

Fig. 4 より試行に対する共同注意の成功確率が 8 割となったことがわかる。よって複雑な環境の中でも、提案したメカニズムによって十分に養育者との共同注意の能力が獲得できたといえる。

4.2 段階的学習

段階的学習が行なわれているかどうか確認するため、ロボットが対象物を注視したときのカメラ角度を、共同注意が成立した場合とそれ以外とを区別して記録した。その結果を Fig. 5 に示す。

Fig. 5 より試行回数 300000 回を境としてそれ以前とそれ以降を比較すると、共同注意が成立したデータが 300000 回以降の方が多くなっていることが分かる。よって養育者を注視した時のカメラ内で共同注意を成立させることができるようになったことから、学習初期から学習中期での段階的学習が実現されたといえる。

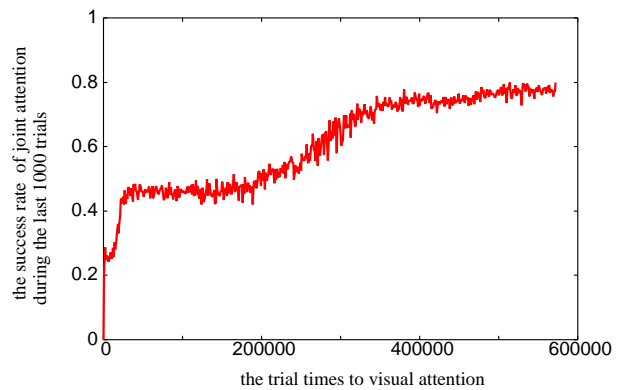


Fig.4 The success rate of joint attention

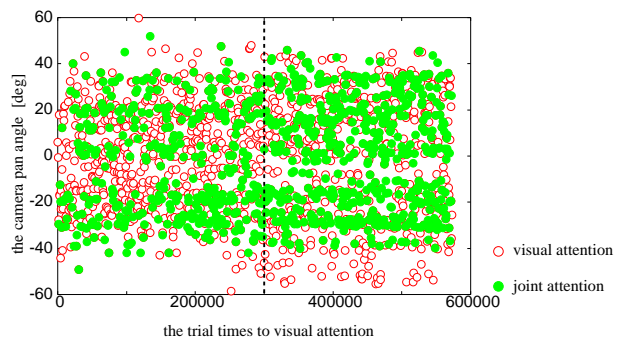


Fig.5 The camera pan angle when the robot could attend to the object.

5 おわりに

本稿ではロボットが視覚フィードバックと自己評価によって、複雑な実環境の下で養育者との共同注意の能力を獲得するメカニズムを提案した。またそのメカニズムによってロボットが学習する場合に、段階的な現象を現すことを述べた。そして実験の結果から提案したメカニズムによってロボットは共同注意の能力を学習することが可能であることを示した。さらに段階的学習については、学習初期から学習中期にかけての現象が観察された。今後の課題として、本研究ではゲートをあらかじめ設定して実験していたが、ロボット自らがパフォーマンスを評価し、ゲートを決定するようなメカニズムについて議論することがあげられる。また学習中期から学習後期における段階的な現象についても議論を進める。

参考文献

- [1] Chris Moore, Philip J. Dunham (大神英裕監訳) (編). ジョイント・アテンション - 心の起源とその発達を探る. ナカニシヤ出版, 1999.
- [2] 長井志江, 浅田稔, 細田耕. ロボットと養育者の相互作用に基づく発達の学習モデルによる共同注意の獲得. 人工知能学会論文誌, Vol. 18, No. 2, pp. 122-130, 2003.
- [3] Butterworth G. The ontogeny and phylogeny of joint visual attention. *Blackwell*, 1991.