

不定な観測からの行動生成の研究

2 A F - 2

今井 倫太 宮里 勉

ATR 知能映像通信研究所

1 はじめに

本稿では、センサを持つインタラクティブシステムの構築に向け基本アーキテクチャを提案する。また、実用例としてCG上に自律アクタを構築する。インタラクションの例としては、明確なタスクがないものを想定している。具体的には、センサで人間をCG内に取り込み、人間の動きや命令を元に自律アクタが行動を生成し、逆に、人間も、自律アクタの振舞いの影響を受け行動するものである。

一般的に、物理環境や人間とのインタラクションを持つシステムには、予測できない事態に対処する必要がある。従来のシステムは、環境変動への対応として、反射的アーキテクチャ [1] や、エージェントネットワーク [2] を用いて構築されていた。

反射的規則やエージェントの規則は、普通、タスクの目的に則して適切に設計される。しかし、インタラクションの多様性を追求するシステムでは、明確なタスクがなく、恣意的な規則設計になってしまう。また、恣意的設計は、インタラクションの多様性自体も殺してしまう。

そこで、本稿では、行動によって環境の解釈が変化し、解釈の変化が行動を変化させるループ形状をなすアーキテクチャICA(Indefinite Communication Architecture)を提案する。ICAは、以下の特徴を持つ。

- ループ計算による行動の自己産出：恣意的な行動規則の設計が不用
- 一定確率で間違えを侵す観測（不定な観測）：新たな環境変化をシステムに取り込む

本稿では、自律アクタの集団の相互作用を通して、ICAの行動産出過程を説明する。

2 不定な観測と環境適応

一般的に、センサデータの観測では、タスクに則した精密なデータ判定が望まれる。一方、不定な観測とは、i) 観測の判定結果により判断基準の秩序を作り出す ii) 揺らぎによる判定ミスをする観測過程である。不定な観測は、上記の特徴 ii) より、観測の判定基準を変化させ、環境に適応する。例えば、人間が、二つの箱にミカンを大小分類する時には、大小の境界がきっちりせず、過去数回の判定を元に、毎回、判定基準を決めていることで



図 1: 自律アクタ

ある。揺らぎながら判定モデルが作られるため、みかんの母集団の変動に応じて新たな判定基準が作り出される。

ICAでは、不定な観測を用いて自律アクタの行動生成を行なう(図1)。本稿では、例として、自律アクタの移動速度を扱う。不定な観測を用いてアクタどうしが速度を観測しあい、集団内に、速度の同期の生成消滅が起き、行動秩序の遷移が生じる。

3 Indefinite Communication Architecture

ICAは、不定な観測機構(図2. P^t, P^{t+1})と行動生成機構(図2. G^t)を持つ。また、行動生成の秩序を決める秩序規則(図2. $F(, ,) \rightarrow \{0, 1\}$)を持つ。ICAは、不定な観測機構と行動生成機構、秩序規則に依存関係があり、ループ構造を持つ。ループ構造全体で、揺らぎつつ安定性を確保するため、速度同期の生成、崩壊が起きる。

以下、図2中の時刻 t の行動生成の流れを示す。

1. 不定な観測機構 (P^t): アクタ (Me: 自分, A1, A2: 近傍のアクタ) の速度が自分の基準に合うか判定
2. 秩序規則 ($F(, ,) \rightarrow \{0, 1\}$): 観測結果を元に行動生成の基準を速度生成に用いるか判定
3. 行動生成機構 (G^t): 秩序規則の返り値 (0 か 1) を受け行動生成の基準を元に速度生成

逆に、生成された速度は、不定な観測(図2. P^{t+1})により時刻 $t+1$ で評価され秩序規則自体を変更する。ICAでは、上記の計算が繰り返えされ、行動観測と行動生成、秩序規則が互いに依存しあって動く。

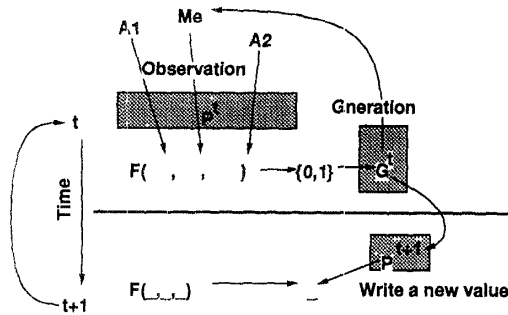


図 2: ICA の行動生成

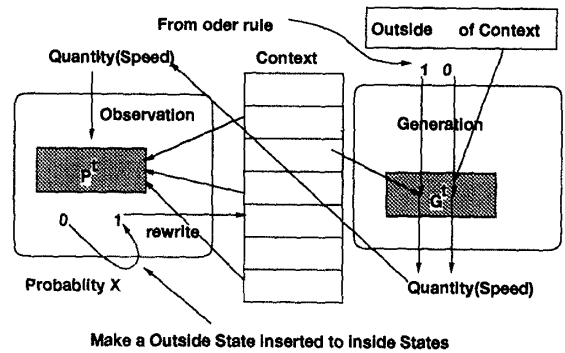


図 3: 不定な観測機構と行動生成機構

3.1 不定な観測機構

不定な観測機構と行動生成機構は、観測した速度を保存する有限な大きさの行動データベース（コンテキスト）を共有し、観測の判定基準と行動の生成基準として同一の行動秩序を持つ。

不定な観測機構は、以下の四つの特徴を持ち（図 3. P^t ）、観測した速度が、判定基準に対して真か偽か判定する。

i) 観測の判定基準：コンテキストから作られる。ii) 観測間違い 1：コンテキストの一部（ランダムに選択）だけを判定基準の生成に用いる。iii) 観測間違い 2：一定確率 X で偽の判定を真に変換する。iv) 秩序の生成：判定が真となった速度をコンテキストへ書き込む（書き込む場所はランダム）。iii) の観測間違い 2 の影響で、コンテキストには、観測の判定基準に関わらず、観測している行動の秩序が溜って行く。よって、行動の判定基準は、観測対象の速度秩序自体に大きく依存する。

3.2 行動生成機構

行動生成機構（図 3. G^t ）は、秩序規則の返り値に依存してコンテキストを使用するかを決める。よって、生成される速度は、必ずしも、コンテキストによる秩序だったものではない。コンテキストが使われるのは、秩序規則の返り値が 1 の時のみで、0 の時には、コンテキストにない値を乱数で生成する。よって、生成される速度の秩序は、秩序機構の返り値の 1 の数に依存する。

3.3 秩序規則と行動秩序

秩序規則の返り値は、不定な観測機構による速度の自己判定（図 2. P^{t+1} ）で変わる。よって、ICA は、3.1 で説明した観測間違い 2 の影響で任意の行動を真として判定する時があり、返り値に 1 が増え、秩序だった速度を生成する。しかし、観測の判定基準は、観測の度に揺らぐ可能性があり、図 2 の観測で $P^t \neq P^{t+1}$ となる。一方、観測機構と行動生成機構の同時刻の秩序基準は、コンテキストの共有により $P^t = G^t$ となる。よって、1 の返り値に対して G^t から秩序だった速度が生成されて

も、 P^{t+1} によって偽と判定され、秩序規則の返り値が 0 になる場合がある。ICA では、0 を持つ秩序規則が適宜作られ、自発的に速度生成の秩序を変える働きをする。

4 ICA による自律アクタの速度生成

ICA は、不定な観測機構と行動生成機構、秩序規則の依存関係のループによって自律性と適応性を保ち、速度同期の生成、崩壊を実現する。自律アクタの速度の同期は、観測間違いによってコンテキストが流動的になるため、自律アクタ同士の速度が似ることによる。一方、観測間違いによるコンテキストの変動自体が、秩序規則の返り値を 0 にし、逆に、コンテキストに従わない新たな速度秩序を生成する。よって、ICA は、不定な観測により、自律性と適応性が表裏一体となっており、しばらく速度の同期を保つと、各々のアクタが違った速度で移動し始め、また、新しい速度同期が生まれる。

5 まとめ

ICA は、観測間違いによる環境適応の能力と、コンテキストから脱却する自発的能力の釣合によって、行動秩序の生成、崩壊が起こる。また、秩序の生成、崩壊は、環境からの要因のみならず自発的にも起き、システム自ら行動秩序を生成する。ICA は、不定な観測にのみ挙動が依存するため、インタラクティブシステムの構築に際し、観測の設計と言った新たな設計方針を与える。

今後は、実際にセンサを用いて、人間とのインタラクティブシステムを構築する予定である。また、ユーザからの命令とアクタの行動規則を扱うために、不定な観測機構を拡張していく予定である。

参考文献

- [1] R. A. Brooks. Intelligence without reason. In *IJCAI-91*, pages 561-595, 1991.
- [2] P. Maes. How to do the right things. In *Connection Science*, volume 1(3), pages 291-323, 1989.