

ロボットにおける基礎定位とその調整機構

The Coordination Mechanism of The Basic Orientation in Robot

李銘義*1*2

Meigi Lee

岡田美智男*2

Michio Okada

足立紀彦*1

Norihiko Adachi

*1京都大学情報学研究科

Graduate School of Informatics, Kyoto University

*2国際電気通信基礎技術研究所 知能ロボティクス研究所

ATR Intelligent Robotics and Communication Laboratories

How we realize the situation 'keep still' in social interaction. In this paper, we treat the primitive problem of positioning or orientation for systematizing communication and social behavior with otherness, based on the robot as the platform. Then we want to argue about the coordination mechanism which coordinates the orientation of the robot via the interaction with otherness, different from the traditional mechanism.

1. はじめに

「じっとしている」あるいは「そこにいる」ということはどのように実現されるのか。行為主体は他者と対峙してインタラクションを交わす際、常にこれらの状態を保っている。しかし、これら状態の保持はほぼ動的な調整過程にある。その動的な調整過程を観察すると、空間的には物理的な位置取りや定位がなされ、行為的には社会心理学的な表示行為が様々に合わさっている。つまり、社会的相互行為における場に適意なニッチを見出し、かつ互いの行為間を互いの表示行為で補うことで前述の状態が保持される。本研究では社会的相互行為を支えるそのようなニッチに着目し、ニッチへ繋ぐ身体配置と姿勢の調整について、ロボットを交えた観点から生態心理学的に考察する。また、ニッチへの調整過程に現れる表示行為が多数であることをヒントに、最低2つの異なる志向を持つ行為システムを設けて、社会的相互行為における基礎定位を実現する調整機構を提案する。かつ、実験から身体配置・位置取りが、異なる志向を持つ行為システム群の複合として組織化された一種の動的平衡状態であることも示す。

2. 基礎定位の調整機構

2.1 基礎定位システム

社会的な場における身体配置と姿勢の調整は、空間的な位置取りではあるが、他者や環境との関係の中で時間的な変化も常に示されている。つまり、「じっとしている」ことは、「はじめから動かない」ということではない。そこで、他者や環境との関係によって動的に実現される調整機構を、生態心理学では基礎定位システムと呼ぶ。基礎定位システムは他の全ての機能的活動を支える。本研究では、社会的相互行為における機能的活動の成立に欠かせない身体調整を担う基礎定位システムを最も基本的な調整機構と捉える。

2.2 身体の不定性

機能的活動は身体的定位が他者や環境との関係の中で能動的に維持されることで発展する。つまり、その状況下ではじめて行為の意味・役割が発現される。その状況はほとんど対客体的

な状態(対他者もしくは対物的な状態)にある。従って、定位も客体の存在なくして成立しないのである。逆に行為の意味・役割が発現されない場合は、身体に係わる行為自体が定まらないため、身体の不定性による特徴や現象が現れる。すなわち、身体(による行為)の帰属が定まらなくなる。本研究では、基礎定位の調整機構は環境におかれた身体の不定性を減少させる役割を持つと考え、身体の不定性は逆に調整機構の解放に係わるものと考えられる。

2.3 調整機構の構築

社会的相互行為における調整機構の実現にあたり、その構成要素である単位行為システム群をまず明らかにする必要がある。前述の基礎定位システムと身体の不定性を軸に考える。調整機構の機能は身体の不定性を抑えると同時に身体的定位を促すことである。身体的定位による特徴と身体の不定性による特徴には相対するものがある。調整機構はその両者間のトレードオフに対する調整過程を司っている。この調整過程において、表示される数種の行為が調整機構を構成する単位行為システム群と考える。そこで、環境との関係を動的に維持する基礎定位の次の2つの機能に着目した：

(α) 対客体的でない状態から対客体状態に導くこと。

(β) 対客体状態から次の対客体状態への脱却を導くこと。

機能(α)による調整過程は、客体に対する近接などを志向とする行為に相当する。機能(β)による調整過程は、次の対客体状態への遷移が終るまで、客体に対する離脱などを志向とする行為に相当する。ここでは、前者を近接システム、後者を離脱システムとして、調整機構の構成要素である単位行為システムと位置付ける。また、それら単位行為システムを、それぞれ上記の機能(α)と(β)に沿う志向を持たせた学習機構としてロボットに実装した。学習手法として強化学習のQ学習を用いた。単位行為システムの行動価値関数 $Q(s, a)$ は、知覚による状態 $s(t)$ において行動 $a(t)$ を取った時に、単位行為システム自体の熟成度に応じて将来的に得られる報酬 r の積算の期待値を予測する。さらに、より高い価値 $V(s) = \max_a Q(s, a)$ を持つ状態 s に導く行動 a を出力するように更新される。以下に示す状態と行動の組に関する更新式を基に、単位行為システムは独自に設けた状態と行動に対して、各々の行為を自律的に学習・調整する。

$$Q_{t+1}(s, a) = Q_t(s, a) + \alpha(r_t + \gamma V_t(s') - Q_t(s, a)) \quad (1)$$

$$V_t(s') = \max_{a'} Q(s', a') \quad (2)$$

連絡先: 李銘義, lem@sys.i.kyoto-u.ac.jp

連絡先: 岡田美智男, okada@atr.co.jp

連絡先: 足立紀彦, adachi@sys.i.kyoto-u.ac.jp

2.4 調整機構の構成要素間の規定

次いで、単体行為システム群間の行為の複合を促して調整機構を構成させる規定を加える。今、近接システムの行動集合を A_1 、離脱システムの行動集合を A_2 とする。ただし、 $A_1 \cap A_2 \neq \phi$ 。志向 R_1 の近接システムと志向 R_2 の離脱システムによる行動をタイムスケールで考える。図 1 の点線で囲まれた部分が示す

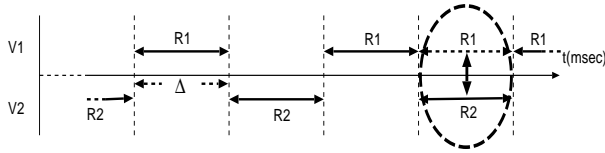


図 1: 2つの志向が合わさった行動系列 (V_1 : 近接システムの行動政策, V_2 : 離脱システムの行動政策)

志向 R_2 の行動 $a \in A_2$ は $a \in A_1 \cap A_2$ でもある。ゆえに、志向 R_1 による行動の系列は志向 R_2 による行動によって付け足される。従って、異なる志向を持つ行為間に複合が生じる場合が存在する。この場合、行為間の複合は異なる志向 R_1 と R_2 が均衡した状態で混在することになる。すなわち、この状態が頻繁に出現するのなら、そこには2つの志向性を許容できる新たな志向 R が発現していると考えられる。よって、調整機構の構成に要する規定は次のようなものである。規定 a : 単体行為システム群間に互いの志向性を許容できる行動を要素として持つことである。この行動要素はそれら異なる志向性がともに満足される状況に至った時の行動間のつなぎ役となる。つまり、ここでは近接システムと離脱システムの両システムの行動がある時間帯において、ともに高い価値 $V(s)$ を得るような契機を果たす。ただし、留意すべきことは、前述の規定 a を有効にするためには、規定 b : 行為主体と環境客体とのインタラクションが必要となる。

3. 実験:調整機構の振舞い

2章で述べた概念を基に、近接システムと離脱システムを組み合わせた基礎定位システムによるロボット2体の行為について観察する。この場合、基礎定位システムによる行為は近接と離脱の両特性を持ち合わせたものとなる。

図2で示したのは、ロボットAとロボットBとの十数秒間における相互行為の過程である。図示のように、ロボットAはロボットBの動きを察し、その場で定位を行なっている。その際、ロボットAは停止などの特定の行動を繰り返し、近接と離脱の両特性を満たす動きを見せた。一方、ロボットBはロボットAの動きを知覚するがこれを見失い、探索的活動を続けている。これはロボットAが先に定位を試みたので、ロボットBがロボットAの動きを十分に検知できなかったためである。ロボットBは自身をロボットAの知覚対象として寄与しているが、ロボットAは逆にその時間帯においては寄与していないこととなる。次いで、図示していないが、その後ロボットAは定位が維持できず、近接システムあるいは離脱システムによる別の行為を示すこととなる。つまり、ロボットAの調整機構はその場において基礎定位システムの役割を果たすが、時間的にその役割が失われていき、最終的には基礎定位を解くこととなる。

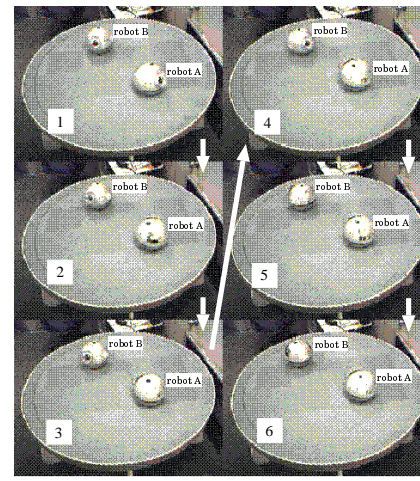


図 2: 単体行為システム群による調整機構の動的な平衡状態

4. まとめ

結果的に、行為主体単体が持つ近接システムと離脱システムがうまく複合できれば、基礎定位システムなる調整機構が新たに生成されることが観察できた。その際、両システムの志向である“近接”と“離脱”がともに満たされる行動が個々に繰り返されたのである。また単体の定位は他の単体の支えがないと、時間的に前述の両システムによる個別の行為へと動的に分散する。つまり、この状況に至った場合、あえて定位に固執せずに行為を解放させることとなる。

無論、行為システム間の複合とその維持の難しさはあるが、これは機能的な行為システム群が複合できれば、新たな機能を持つ行為システムができることを示している。本論文では、社会的相互行為における基礎定位が、志向を異とする行為システム間の複合によって実現された動的平衡状態である一例を挙げた。また、その動的平衡状態こそが社会的相互行為を促す一種の調整機構(行為システム)となることがわかる。

謝辞

日頃ご議論頂いているATR 知能ロボティクス研究所のMuuプロジェクトメンバーに感謝の意を捧げたい。尚、本研究は総務省戦略的情報通信研究開発推進制度の委託研究「スキルの獲得・伝承を行う関係発達論的なインタフェースの研究」の一環として行なわれたものである。

参考文献

- [Lee 03] 李銘義, 岡田美智男, 足立紀彦: 社会的相互行為における基礎定位とその調整機構, ヒューマンインタフェース学会論文誌特集号「コミュニケーションと身体性」, Vol.5, No.2(2003 掲載予定).
- [Lombardo 00] T・J・Lombardo 著, 古崎他訳: ギブソンの生態学的心理学, 勁草書房(2000).
- [Okada 01] 岡田美智男: 社会的な相互行為における「不定さ」について, 人工知能学会誌 Vol.16, No.6, pp819-825(2001).
- [Suzuki 97] 鈴木健太郎, 三嶋博之, 佐々木正人: アフォーダンスと行為の多様性, 日本ファジィ学会, Vol.9, No.6, pp.826-837(1997).