

リズムの相互引き込みを用いた「場」的制御
 ——人間—マルチロボット間における開かれたコミュニケーション系の構築——
 金沢工大 三宅美博、○田中淳一、清水 博

Mutual-Entrainment-Based “Ba” Oriented Control

---- Open Communication System between Human and Multi Robot ----

Yoshihiro MIYAKE, O Junichi TANAKA, Hiroshi SHIMIZU: Kanazawa Inst. Tech.

Abstract--- Mutual-entrainment-based “Ba” oriented control is proposed. In this report, open communication system between human and multi-robot was constructed as an example of it. As a result, mutual entrainment between them was observed in walking rhythm and it was clarified that coordinative group formation is achieved by using such mutual-entrainment-based communication.
Key Words: “Ba” oriented control, mutual entrainment, human-robot communication

1 はじめに

従来の知的人工システムでは、設計者がシステムと環境を分離し予め環境を規定することによって、システムを一義的に設計する自己完結型のシステム構築法が用いられてきた。しかし、このような方法では予め規定されない環境には対応できないという重大な限界がある。そのため、人間（ユーザ）のように設計者にとって予め予測できない環境変動に対しては、原理的に対応が不可能となる。そこで起こり得る多くの状態を予め設定する方法がとられるが、これはシステムを過設計化し、さらにブラックボックス化してしまう。このような結果、人間にとって使いにくい人工システムが氾濫するようになってしまった。

そこで我々は、状況に応じてリアルタイムに、システムと人間の間の機能的関係を生成することのできる開かれた人工システムを構築することを試みる。昨年度は、その最も簡単なケースとして、ロボット間でのみ開かれているマルチロボットシステムを構築し、「場」的制御を実現した。（詳細に関しては、昨年度の本学会講演論文を参照のこと）そこで、今年度はこのマルチロボットシステムと人間が共存する問題を設定し、ロボット間だけではなく人間に対しても開かれているモデルを構築する。そして、予め予測できない行動をする人間との共存を前提としたマルチロボットシステム構築の可能性を探る。そして、そのような問題に対する、リズムの相互引き込みを用いた「場」的制御の有効性を確かめる。

2 実験システム

人間と共存させるマルチロボットシステムの構造は昨年度報告した、グループ編成モデルと同じであり、その基本的構造は前演者の講演論文の Fig.2に対応している。個々のサブシステムにおけるS層として用いたのは、我々の研究グループの多賀によって提案された2足歩行モデルである。それは、神経系と筋骨格系の間での循環的相互作用を通して多義的な歩行パターンを生成できる自己組織システムであり、拘束条件としての神経系への定常入力に依存して歩行パターンが

限定される。そしてこれを要素として1次元マルチロボットシステムを構成する。一方、コミュニケーション場を構成するC層として用いたのは、個々のロボットの歩行リズムとそれらの間での相互引き込みである。人と並んで歩くときに無意識のうちに歩行リズムが同調した経験を持つ人は多いと思われるが、それに対応した現象である。具体的には、個々のロボットの足の接地タイミングをパルスとして隣接ロボットの神経系に入力した。そして、各ロボットが歩行リズムの相互引き込みを通して生成する位相勾配パターンがグローバルな勾配系を生成し、それを位置関係を表現する拘束条件として用いることで、個々のロボットの歩行パターンの無限定性を自己言及的に限定し、距離関係を規定し、協調的グループ形成を実現した。

ただし、ここでは人間をロボットと共存させるため、Fig.1のように、ロボットモデルのシミュレーションをリアルタイムで行ない、さらに、ロボットと人間の間での適当なインターフェースを構築する必要がある。まず、ロボットのシミュレーションは、WSを複数台用い、それぞれを1台ずつのロボットに対応させることでリアルタイム化を実現した。具体的には、人間を先頭にして4台のロボットが1次元の隊列を形成する状況を設定した。さらに、人間の歩行運動における足の接地タイミングを靴に装着したセンサーにより検出し、電気信号に変換しWSに無線で送信しロボットモデルの神経系に入力した。一方、WS中のロボットの歩行運動における足の接地タイミングを検出し、それを音として合成し、人間側へ無線で送信しヘッドフォンを通して聞かせた。このような実験システムを用いることで、人間は仮想空間中のマルチロボットシステムと歩行リズムを介した相互作用をすることが可能になる。

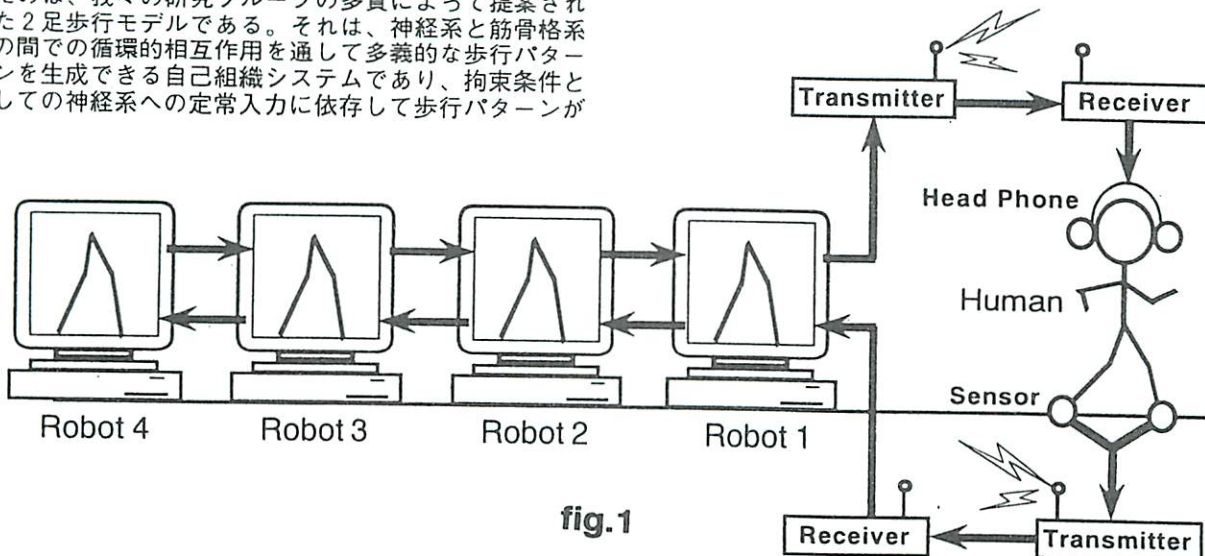


fig.1

3 リズムの相互引き込みに基づく開かれた人間-ロボットコミュニケーション系

3-1. 歩行リズムの相互引き込み

まず、歩行リズムを介した人間とロボットの間での相互引き込みの可能性を調べる。そこで、最も基本的な形として、人間とロボット1体の間で生成する歩行リズムの周期および位相関係を計測した。

結果の一例をFig.2に示す。図中の↑までは、両者の歩行リズムは相互作用しておらず、それぞれの周期が異なっている。しかし相互作用開始後は、そのほぼ中間的な値で同調し、さらに両者の位相関係もほぼ安定に生成した。この場合は、人間の方が固有周期が短かいため同調後の位相関係では人間の方が位相進みに対応している。次に、歩行リズムの固有周期の変化がこの位相関係にどのような影響を与えるかを調べた。ここでは、特に人間側の歩行リズムの周期を変化させてみる。このとき位相関係の時間発展の一例をFig.3に示す。↑より前では、人間は肘を曲げ競歩のようなフォームで固有周期を短くして歩いている。↑以降は、肘を伸ばし固有周期が長くなっている。このように人間側が固有周期を変えることにより、相互引き込みにおける位相関係の生成プロセスに拘束をかけられることが明らかになった。

3-2. 相互引き込み場の生成

次に、相互引き込みを用いた人間-ロボット間でのコミュニケーション場の生成の可能性を調べる。そこで、4体のロボットと人間の間で歩行リズムの相互引き込みを通して生成する位相パターンを計測し、さらにそれを拘束条件としたグループ編成という協調制御を実現する。

まず生成した位相パターンの時間空間的發展の一例をFig.4に示す。先頭の人間から末尾のロボットにかけて直線的に減少する位相勾配のグローバルな勾配系が生成していることがわかる。したがって、人間を含む場合でも、この位相勾配を拘束条件として用いることで昨年度と同様にグループ編成させることが可能になる。このとき、2つの↑で挟まれた時間帯は、人間が肘を曲げて歩行の固有周期を短くしている。それ以外の時間帯は、肘を伸ばして周期を長くしている。つまり、人間が主体的に固有周期を変化させることで、相互引き込みを通して生成する拘束条件としての位相勾配パターンをコントロールすることが可能になっている。このとき、Fig.4の位相勾配に対応させてグループ編成をさせた結果をFig.5に示す。現在、種々の条件下でデータを取得中である。

4 まとめ

本研究では人間-マルチロボット共存システムにおけるリズムの相互引き込みを用いた「場」的制御を試みた。具体的には、昨年度提案したグループ編成モデルにおいて、人間とロボットが協同して拘束条件を生成することによって人間-マルチロボット共存システムとしての協調制御を実現した。さらに拘束条件の生成プロセスに人間が主体性に参与できる可能性も示された。このように開かれたコミュニケーションシステムでは、人間は単にメンバーとして参加するだけでなく、システム内部から設計者として、拘束条件生成に参与することも可能になると考えられる。本研究は「場」的制御にもとづく人間と人工システムの新たな関係の可能性を提案した。

参考文献

- [1] Y. Miyake and H. Shimizu (1994). Mutual entrainment based human-robot communication field. *Proc. of 3rd. IEEE Int. Workshop on Robot and Human Communication*, Naqoya, Japan, pp. 118-123.
- [2] Y. Miyake, S. Tabata, H. Murakami, M. Yano and H. Shimizu (1995). Environment-dependent self-organization of positional information field in chemotaxis of *Physarum plasmodium*. *J. Theor. Biol.* (in press)

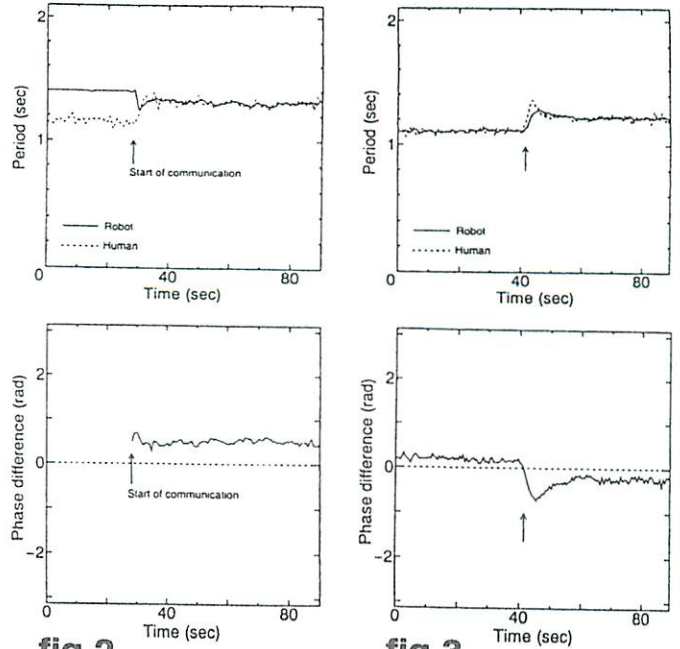


fig.2

fig.3

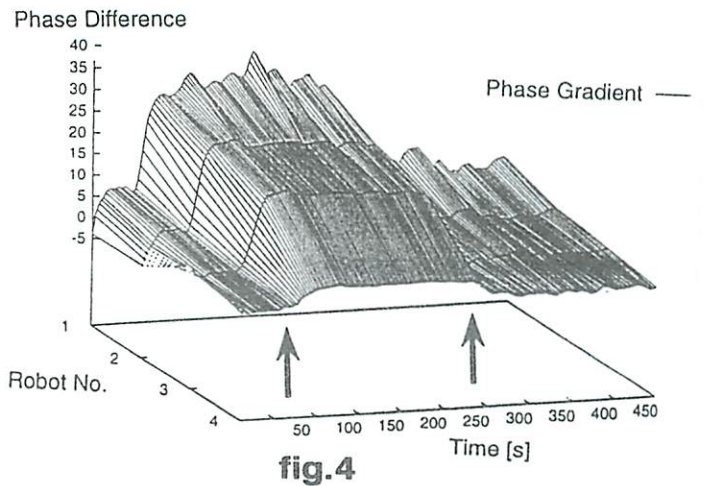


fig.4

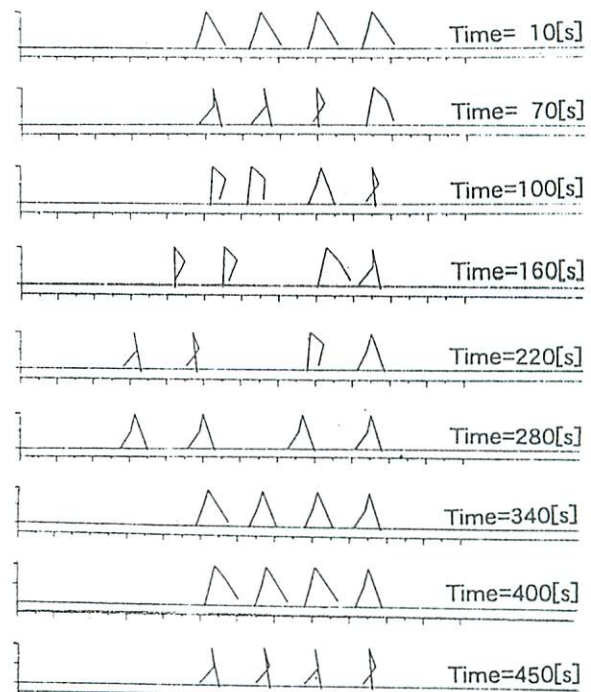


fig.5