

リズムコントローラを用いた間合いの生成に関する研究

—状況に応じて変化するアバタ運動生成パターンの共有について—

○板井 志郎 (早稲田大学), 福島 一樹 (早稲田大学), 三輪 敬之 (早稲田大学)

Study about Creation of “Maai” using Rhythm Controller

-Share of Pattern of Creating Avatar Motion that Varies with the Situation-

○Shiroh ITAI (Waseda University), Kazuki FUKUSHIMA (Waseda University),
and Yoshiyuki MIWA (Waseda University)

Abstract: In this research, we focus on the pattern of creating avatar motion in the rhythm controller whose input does not have one-to-one correspondence with avatar motion, and study about the creation of “Maai.” From the results, we show that a human creates multiple patterns of creating avatar motion in the situation where both intending to take Maai and intending not to take Maai can happen.

1. 緒言

人間は、複雑な環境において、その場の状況に合わせて、即興的に相手と間合いを創り出すことができる。このような間合いの生成について研究するためには、人間の行為を、身体を介して自身の外側に表出される運動として捉えるだけでは不十分であり、この行為を生み出す人間の心身の働きについても研究する必要がある。しかし、人間の内部で生じる心身の働きを、観察可能な形で外部に取り出すことは、一般に困難である。

そこで、著者らは、映像のアバタをあたかも自身の身体の一部であるかのように扱うことを可能にしたリズムコントローラ[1]を用いて、研究を進めてきた。リズムコントローラは、コントローラの入力（コントローラ入力波形）と出力（アバタ速度）の間に、一対一対応が存在しないことに大きな特徴がある。この特徴に着目して研究を進めた結果、アバタが置かれた状況の違いによって、アバタ運動生成パターン（コントローラの入力と出力の関係）が変化することが明らかになった[2]。このことは、アバタ運動生成パターンに心身の働きが表現されている可能性があることを示すものである。したがって、アバタ運動生成パターンに着目すれば、間合いの生成を心身の働きと結びつけて研究することができるのではないかと考えられる。そして、著者らは、二人の被験者のアバタが一定の距離を保ちながら前後に移動している際に、被験者両者のアバタ運動生成パターンが合致することを明らかにした[3]。しかし、この協調移動実験は、2人の被験者にアバタを介して間合いを取り合うように指示した状態で行

われている。つまり、この実験においては、あらかじめ相手と間合いを取り合うことが決められており、かつ、実験中において、間合いは変化していない。そのため、アバタ運動生成パターンの合致が、間合いの生成そのものに関係しているかどうかは、不明である。

この問題に対して、本研究では、相手と間合いを取るのか取らないのかということがあらかじめ決められている条件と、それがあらかじめ決められておらず相手と間合いを取ろうとすることと取らないようにすることの両方が起きうる条件のそれぞれで、アバタ運動生成パターンの合致について調べた。具体的には、アバタ運動生成パターンが一定の状態で人間のアバタと一定の距離を保ち続けることができるエージェント（間合い生成エージェント）と人間との間でインタラクション実験を行い、人間のアバタ運動生成パターンの条件ごとの変化について調べたので報告する。

2. 実験システム

2.1 リズムコントローラ

リズムコントローラでは、図1に示すようにゼロクロス点を中心にコントローラを前後に振動させ、コントローラがゼロクロス点を通過した時に、現在から2つ前のゼロクロスが発生した時刻から現在までの間で

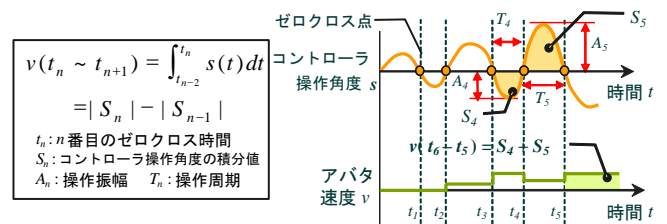


Fig.1 The operation rule of rhythm controller

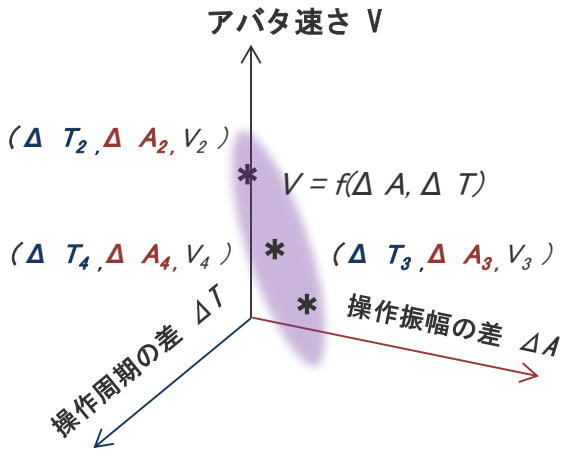


Fig.2 Estimation on method of avatar manipulation method
 コントローラ波形を積分し、その積分値 ΔS を次のゼロクロスが発生するまでの速度出力値としてアバタを動かす。この際、 ΔS (1 周期分のコントローラ波形の面積)は、主としてコントローラ波形の周期差 ΔT と振幅差 ΔA により決定される。したがって、アバタ速度 V は、以下のように記述できる。

$$V = k \cdot \Delta S \doteq f(\Delta T, \Delta A) \quad \text{--(1)}$$

ただし、操作者は、コントローラ波形の周期 (ΔT) と振幅 (ΔA) の両方を独立に自在に変えることができる。したがって、操作者は、アバタ速度 V だけでなく、コントローラ入力 (ΔT と ΔA) とアバタ速度 V の関係 (アバタ運動生成パターン) に相当する関数 f をも自由に変更する (時間変化させる) ことができる。本研究では、関数 f (アバタ運動生成パターン) について調べるため、コントローラがゼロクロス点を通過するごとに、(ΔT , ΔA , V)を、3次元散布図にプロットした (図 2)。さらに、主成分分析により、 ΔT と ΔA を1つの主成分に縮約した上で、この主成分を従属変数、アバタ速度 V を目的変数とした回帰分析を行った。この解析で得られる3次元空間での回帰直線を定めるパラメータは、方位角 θ と仰角 ϕ である。ただし、これまでの研究により、人間は、 \sin 波形によりコントローラ波形を創り出すため、仰角 ϕ が変化しないことが経験的に分かっている。そこで、本研究では、この回帰直線 (アバタ運動生成パターン) の違いを、方位角 θ で評価する。

2.2 間合い生成エージェント

本研究では、相澤の間合い生成モデル[4]を用いて、アバタ運動生成パターンが一定の状態、人間のアバタと一定の距離を保ち続けることができるエージェントを開発した。本エージェントの特徴は、現在の人間とエージェントのアバタ位置・速度から、少し先の互いのアバタ位置 (アバタ間距離) を予測し、その予測結果を基に、次のエージェントの行為 (アバタ速度)

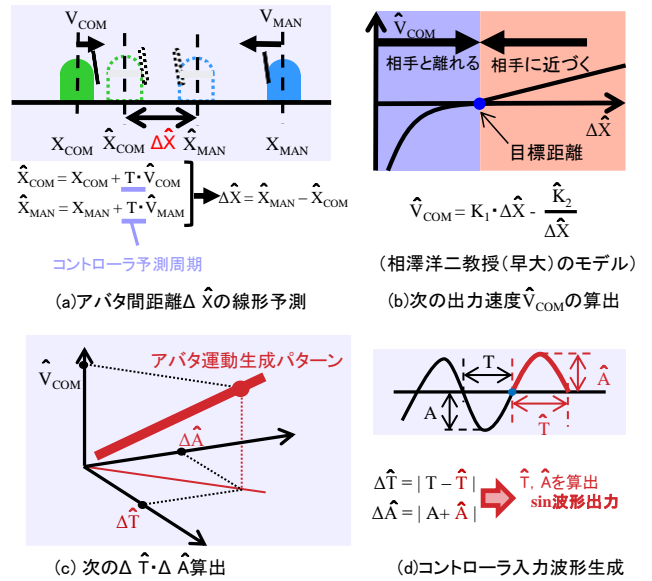


Fig.3 Avatar manipulation method of agent

を決定することで、人間のアバタと一定の距離を保とうとすることにある。その具体的な手順を図 3 に示す。まず、現在の時刻 t における人間とエージェントのアバタ位置、速度から、エージェントのコントローラ操作波形が、次にゼロクロスする時刻 $t + \hat{T}$ におけるアバタ間距離 $\Delta \hat{X}$ を予測する (図 3(a))。次に、時刻 $t + \hat{T}$ におけるエージェントのアバタ速度 \hat{V}_{COM} を、図 3(b) の式(2)により決定する。なお、式(2)によりアバタを運動させた場合、予測したアバタ間距離 $\Delta \hat{X}$ が近い時には、人間のアバタから離れようとし、 $\Delta \hat{X}$ が遠い時には、人間のアバタに接近しようとする。したがって、エージェントのアバタは、式(2)の左辺が 0 になる $\Delta \hat{X}$ の値を目標アバタ間距離として、人間のアバタと間合いを取りながら動くことになる。さらに、あらかじめ設定したエージェントのアバタ運動生成パターンの方位角 θ (固定値) と仰角 ϕ (固定値)、式(2)で決定した \hat{V}_{COM} から、エージェントのコントローラ波形の $\Delta \hat{T}$ と $\Delta \hat{A}$ を決定する (図 3(c))。最後に、これらの値から、図 3(d) に示す方法で、時刻 t から $t + \hat{T}$ までのコントローラ操作波形を作成する。なお、エージェントのコントローラ波形がゼロクロスした場合には、人間の場合と同様に、スピーカにより音を発生させている。

3. 実験結果

前章で述べたエージェントを用いて、以下で説明する 3 つの条件で実験を行い、間合いを取るものの有無が決まっている状況 (条件 1,2) と、それが決められていない状況 (条件 3) で、アバタ運動生成パターンに違いが見られるのか調べた。条件 1 は、相手 (エージェント) と間合いを取ることがあらかじめ決め

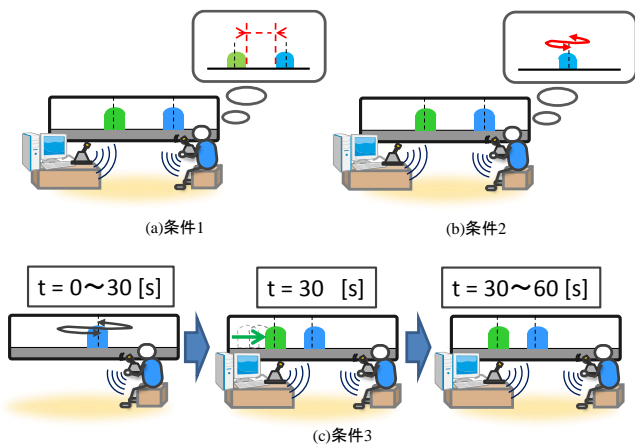


Fig.4 Experimental conditions

られた状態での実験であり、被験者に対して、実験開始前に、「エージェントの-avatarと一定の間合いを取りながら自由に動いて下さい」と指示をした。この実験において、エージェントの-avatarは、2.2節で説明したアルゴリズムにしたがって、人間の-avatarと一定の距離を保つように動く(図4(a))。条件2は、相手(エージェント)と間合いを取らないということがあらかじめ決められた状態での実験であり、被験者に対して、「エージェントの-avatarのことは気にせず、自由に自身の-avatarを前後に動かして下さい」と指示をした。ただし、エージェントの-avatarは、条件1と同様に、人間の-avatarと一定の距離を保つように動く(図4(b))。条件3は、相手(エージェント)と間合いを取るのか取らないのかということがあらかじめ決められていない状態での実験であり、前半30秒と後半30秒に分かれている(図4(c))。前半は、エージェントの-avatarが存在せず、被験者の-avatarのみが表示された状態で実験を行う。一方、後半は、画面の端から突然エージェントの-avatarが登場し、その後、エージェントの-avatarが、条件1や2と同様に、人間の-avatarと一定の距離を保つように動く。この際、被験者に対して、実験開始30秒後にエージェントの-avatarが登場することは事前に伝えず、実験開始前に、「自由に自身の-avatarを前後に動かして下さい」というのみの指示をした。なお、実験の被験者は、リズムコントローラの操作に熟練している。また、本研究では、全ての実験条件において、エージェントの-avatar運動生成パターンの方位角を、45[deg]とした。

実験の結果、条件1では、被験者の-avatar運動生成パターン(回帰直線)の方位角が44[deg]となり、エージェントのそれと合致することが分かった(図5(a))。一方、条件2では、被験者の-avatar運動生成パターンの方位角が70[deg]となっている(図5(b))。以上の結果は、間合いを取るものの有無が決められている状況に

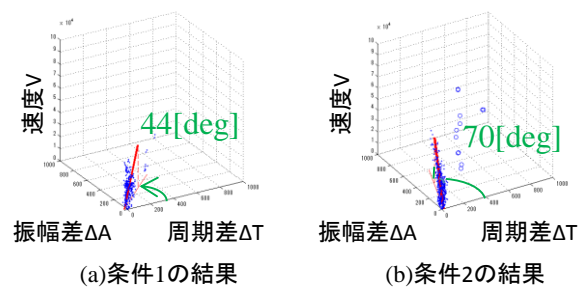
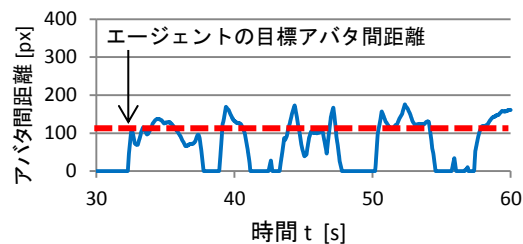
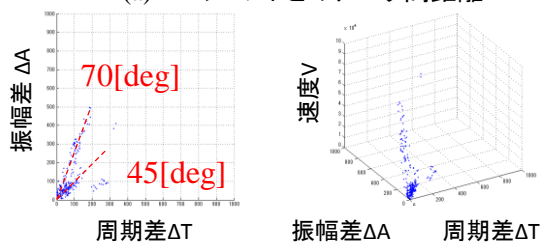


Fig.5 Experimental results of condition 1 and 2



(a)エージェントとの-avatar間距離



(b)コントローラ操作波形の散布図

Fig.6 Experimental results of condition 3

において、間合いを取るよう指示されているのか、間合いを取らないよう指示されているのかによって、被験者の-avatar運動生成パターンが異なることを示している。

また、条件3の後半部における互いの-avatar間距離の時間変化を図6(a)に示す。同図より、-avatar間距離が、0の状態(互いの-avatarが接触している状態)、エージェントの-target-avatar間距離に近い状態の2つの状態が混在していることが分かった。この際、被験者からは、「突然、別の-avatarが急接近してきたので、思わず避けようとしてこの-avatarと間合いを取ったが、実験前に、この-avatarと間合いを取るかどうかについては指示されていなかったため、この-avatarと間合いを取ってよいのかどうか戸惑った」というコメントが得られている。したがって、この実験の後半部においては、相手と間合いを取ろうとすることと取らないようにすることの両方が共存しており、一種の臨界状態になっているのではないかと推察される。そして、この実験の後半部におけるリズムコントローラ波形の3次元散布図(図6(b)右)は、条件1,2とは異なり、プロットされたデータが1本の直線上に分布していないことが分

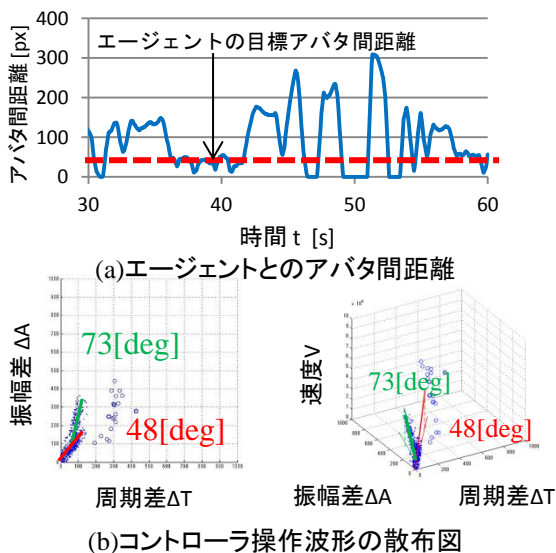


Fig.7 Experimental results of condition 4

かる。ただし、コントローラ波形の周期差 ΔT を横軸に、振幅差 ΔA を縦軸に取った2次元散布図(図6(b)左)より、条件1,2で現れた方位角(45[deg]と70[deg])付近に多くのデータがプロットされていることが確認できる。また、上述した間合いに関する一種の臨界条件を、条件3とは異なる条件で創り出すために、次に示す実験を行った。具体的には、被験者に目標アバタ間距離が小さいエージェントのアバタと間合いを取らないようにあらかじめ指示して、エージェントとインタラクション実験を行った(条件4)。この場合、被験者は、認知的には、事前の指示にしたがって、エージェントと間合いを取らないようにすることが要求される。しかし、エージェントの目標アバタ間距離が、通常の間合いを取るのか取らないのかという一種のジレンマ状態に陥るのではないかと考えられる。この実験の互いのアバタ間距離の時間変化を図7(a)に示す。同図より、アバタ間距離が、大きい状態、エージェントの目標アバタ間距離に近い状態、0の状態の3つの状態が混在していることが分かった。被験者からは、「思わずアバタから避けるために間合いを取ろうとしたが、実験前に、このアバタと間合いを取らないように指示されていたので、非常に戸惑った」というコメントが得られた。そして、アバタ運動生成パターンについても、条件3と同様な結果が得られた(図7(b))。

以上の実験結果より、アバタ運動生成パターンの合

致は、条件1において見られたことから、人間は、相手と一定の間合いを維持しようとする際に、自身と相手のアバタ運動生成パターンを合わせるのではないかと考えられる。さらに、相手のアバタと間合いを取ろうとすることと取らないようにすることの両方が共存している状態において、複数のアバタ運動生成パターンが出現していることが見出された。したがって、単一ではなく複数のアバタ運動生成パターンが創出されることが、間合いの生成に関係しているのではないかと推察される。ただし、以上の実験で使用したエージェントは、目標アバタ間距離が固定されているので、人間がエージェントに合わせる形で、人間がエージェントと間合いを取ることではできても、人間とエージェントが間合いを創り合うことはできないと考えられる。したがって、本研究結果については、今後のさらなる検証が必要になる。

4. 結言

本研究では、人間の間合いの生成について明らかにすることを旨とし、リズムコントローラのアバタ運動生成パターンに着目して、人間のアバタと一定の距離を保ち続けることができるエージェントと人間の間でインタラクション実験を行った。その結果、人間が、相手(エージェント)と一定の間合いを維持しようとする際に、互いのアバタ運動生成パターンを合致することを確認した。さらに、相手と間合いを取ろうとすることと取らないようにすることの両方が起きる状況において、人間が、複数のアバタ運動生成パターンを創り出している可能性があることを示した。

謝辞

本研究の一部は、早大理工学研究所におけるプロジェクト研究「共感的な場の創出原理とそのコミュニケーション技術への応用」、ならびにJSPS科研費(課題番号; 26870659)の支援を受けた。

参考文献

- [1] 板井, 三輪: “ソフトエンブレインメント”, 計測と制御, 51巻, 11号, pp.1059-1063, (2012).
- [2] 板井, 安井, 三輪: “身体が創り出すソフトインタフェース”, 第14回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会 SI2013 講演論文集, pp.1936-1940, (2013).
- [3] 板井, 須藤, 安井, 三輪: “リズムコントローラを用いた間合いの生成ルールに関する研究”, ヒューマンインタフェースシンポジウム2014 講演論文集, (2014).
- [4] 相澤, 私信, (2002).