



Title	リズムミック運動の認識と生成
Author(s)	平井, 宏明
Citation	大阪大学, 2004, 博士論文
Version Type	VoR
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/2027">https://hdl.handle.net/11094/2027</a>
rights	
Note	

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏 名	平 井 宏 明
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 18810 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 16 年 3 月 25 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 1 項該当 基礎工学研究科システム人間系専攻
学 位 論 文 名	リズムミック運動の認識と生成
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 宮 崎 文 夫 (副査) 教 授 吉 川 孝 雄    教 授 佐 藤 俊 輔

### 論 文 内 容 の 要 旨

本論文ではリズムミック運動に焦点を当て、その「繰り返し」によって生み出されるリズムに対し、「認識」と「生成」の2つの立場から考察を行なう。

#### (1)リズムミック運動の認識：

「無重力下で自由回転する未知剛体の物体上の点の位置情報に基づく運動推定」

宇宙ロボットにより無重力空間を自由運動する未知剛体を自律的に捕捉する際、対象の運動を認識することは不可欠である。そこで本論文では、対象の運動を複数軸の等速回転運動の組み合わせと表現できるとし、対象上のある1点の位置情報に基づいて運動推定を行なう。提案手法により、観測点の3次元位置時系列のフーリエ変換から剛体運動の記述に必要な運動パラメータが導出可能となる。また、観測時系列の周期性を利用したデータ復元についても述べ、隠れ等により欠測が生じる場合にも正しい運動推定が可能となることを示す。

#### (2)リズムミック運動の生成：

「双方向性弱結合アプローチによる疑似ジャグリングロボットのリズム運動生成」

本論文では、環境と身体の相互作用に働く力学系を利用した受動的制御、およびそのセンサーモーター協調問題を扱う。ここでは、ジャグリング様な複数ボールを用いた壁打ちタスクを対象に、そのリズム運動生成機構を提案する。

ロボットの感覚器として感圧センサーを取り付け、ボール打撃時のセンサー信号に応答したリズムミックな運動の生成を行なう。このタイミングは、内部・外部環境を含む系全体の自己組織化により生成され、システムの持つ力学系により受動的に決定される。このとき、ロボットは環境に対する情報を必要とすることなくタスクを継続でき、シンプルなデザインながら環境適応能力も有している。

ここには、「引き込み」、「開ループ安定」、「離散フィードバック」の同等な効果を示す3つの異種機構が共存し、その冗長性が系全体の強い安定性を保証している。また、タイミングとして圧縮された運動情報は、環境を介して別のロボットにも伝えられ、運動リズムの自己組織的共有により複数ロボット間の協調動作が実現される。さらに、この情報圧縮はロボットと環境の弱結合化を実現し、系全体の自己組織化が運動リズムの創発にも有用であることを示す。

## 論文審査の結果の要旨

一般に運動は、周期運動と非周期運動の2つのカテゴリーに分けることができる。これらの運動は、ともに運動形成において不可欠な要素と言える。本論文は、特に前者の周期運動に焦点を当て、「繰り返し」によって生み出されるリズムに対して運動認識と運動生成の2つの観点からアプローチしたものである。

まず、リズム運動の認識に関する研究では、概周期運動を行っている未知の剛体に対する運動認識手法を提案している。この手法は、未知剛体上の観測点の時系列位置データをフーリエ変換し剛体の運動を記述するのに必要なパラメータである回転周波数及び回転軸方向を導出するものであり、無重力空間を自由運動する未知剛体の運動推定に有効であることを示している。また、観測中にデータの欠測が生じる場合も考慮し、時系列の周期性を利用した欠測区間のデータ復元手法も提案している。これは、隠れなどによって観測時系列の欠測が頻繁に生じる可能性のある宇宙空間における未知剛体の運動推定問題に対して有力な解決策となり得るものである。

一方、リズム運動の生成に関する研究では、環境と身体との相互作用に関わる力学系を利用した受動的制御、及びこれらによるセンサ/モータ協調問題を取り上げ、双方向性弱結合アプローチに基づいたリズム運動生成機構を提案している。また、このリズム運動生成機構を組み込んだシステムが、「引き込み機構」「開ループ安定機構」「離散フィードバック機構」からなる基本的に同等な効果を持つ異種機構の共存とその冗長性によって、強い安定性を生み出すことを明らかにしている。具体例として取り上げたロボットによる複数のボールを用いた壁打ちタスクでは、内部環境、外部環境を含むシステム全体の自己組織化によって生成されるタイミングにより、ロボットは環境に関する詳しい情報を必要とすることなくタスクを継続し得ることを示している。また、タイミングとしてエンコードされた運動情報を環境を介して別のロボットにも伝え、複数ロボット間で運動リズムを自己組織的に共有することで、ロボット間の協調動作も可能になることを示している。

以上のように、リズム運動の認識と生成の問題を広い視野で捉えた本論文は斬新であり、また得られた成果も示唆に富んでいる。特に後者は、非平衡システムにおける時空間パターンの自然発生及びそこに生じる自己組織化現象として多くの理工学分野の対象となっているパターン形成問題に他ならず、今後の発展が大いに期待される。このように本研究は、ロボティクスの分野のみならず他分野の発展にも大きく貢献するものであり、博士（工学）の学位論文として価値のあるものと認める。