



| | |
|--------------|---|
| Title | 動物体を扱うロボットの運動計画と制御 |
| Author(s) | 阪口, 健 |
| Citation | 大阪大学, 1993, 博士論文 |
| Version Type | VoR |
| URL | https://doi.org/10.11501/3065938 |
| rights | |
| Note | |

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

| | |
|------------|---|
| 氏名 | さか 阪 口 健 |
| 博士の専攻分野の名称 | 博士(工学) |
| 学位記番号 | 第 10767 号 |
| 学位授与年月日 | 平成5年3月25日 |
| 学位授与の要件 | 学位規則第4条第1項該当 基礎工学研究科物理系専攻 |
| 学位論文名 | 動物体を扱うロボットの運動計画と制御 |
| 論文審査委員 | (主査) 教授 宮崎 文夫 (副査) 教授 福岡 秀和 教授 辻本 良信 |

論文内容の要旨

ロボットのように自由度の多い機械システムでは、目的のタスクを実現する運動パターンをいかに生成するかが最も基本的な問題となる。これは通常、運動計画と呼ばれる静的な問題と、それに対して動的なサーボ問題に分けて扱われる。しかし、このようなアプローチは、機械システムのおかれた環境自体が変化する場合（対象とする物体が動いているような場合）には適用し難い。そこで本論文では、タスクを実現するために必要な以下の機能

1. 先見的知識や学習制御ストラテジを用いた理想運動パターンの獲得
2. センサ情報の前処理と環境変化の予測
3. 状況に応じた理想運動パターンの修正

を個々に具現化した後、それらを統合するアプローチを提案した。

本論文では、これらの機能を駆使して実現されるタスクとして「ジャグリング」や「剣玉」に注目した。これら2つのタスクは、いずれも作業環境である飛翔物体の「投げ」「捕獲」の基本動作から成り立っていることに注目すると、それ程本質的な違いはない。

第1の機能の実現にあたっては、まず「投げ」と「捕獲」の動作を連続して滑らかに行なうことができる手先軌道を楕円軌道とし、作業環境とロボット自身の相互作用により生じる時空間的拘束を自由に設定できるパラメータ表現を導入することによって、様々な運動パターンの手先軌道を獲得できる方法を提案した。剣玉では任意の捕獲地点に対して最適な運動パターンを決定でき、ジャグリングでは複数個のボールに対して任意の頂点高さの弾道軌道でタスク実現が可能なことをシミュレーションにより確認した。この際、人間の行なったタスクの解析からも手先軌道として楕円軌道が妥当であることを確認した。しかしながら、提案した理論式によって理想軌道を決定しても、実際にはボールやロボットアームのダイナミクスの影響により理想通りの運動が実現されることは限らない。本研究では、この初期軌道を逐次修正することにより、実際に理想的なボールの弾道軌道を発生する手先軌道を学習的に獲得する方法として階層学習制御則を提案し、実験によりその有効性を確認した。

ジャグリングタスクを確実に繰り返し実行させるには、さらに第2、第3の機能が必要となってくる。両機能は密接に関連しており、両者を切り離して考えることはできない。そこで両機能の実現にあたっては、視覚センサを用いてボールの弾道軌道の頂点付近を捉え、弾道モデルを用いて捕獲予測地点と捕獲予測時刻を割り出し、第1の機能で獲得された基準的な手先軌道を発生させるタイミングを捕獲予測時刻に応じて調整するビジュアルフィードバック則

を提案し、実験によりその有効性を確認した。

以上1～3の機能を統合化するにあたっては、トランスピュータを用いて画像処理部と予測部、及びロボットアームの制御部をそれぞれ別のCPUに振り分け、これらを並列処理することによって処理時間の短縮化を計った。これにより、一周期内での弾道軌道の予測と手先軌道の微小修正が可能となり、実際に複数個のジャグリングを実現した。

剣玉タスクでは、ジャグリングのように連続的な動作を考える必要はないので、第1機能の実現に議論を絞っている。但し、ボールの質量や紐の長さなどの事前知識がない状態から、手先に伝わる力覚情報のみを用いてロボット自身が物理パラメータを推定する方法や、モータの出力トルクを考慮してボールの投げ上げ速度を最大にする最適手先軌道の計画方法まで言及した。これらの方法により、ロボットが剣玉タスクを自律的に遂行できることを実験的にも確認した。

論文審査の結果の要旨

従来の産業用ロボットは、予め用意された手先軌道をある程度忠実に再現する機能を利用し、様々な用途に利用されてきた。しかし、その作業環境は静的なものに限られているのが現状である。作業スピードの向上やタスクのレパートリーを広げるには、作業環境がダイナミックに変化する場合にも十分対処し得る能力をロボットに与える必要がある。

本論文では、複数のボールの投げ上げと捕獲を連続的に行うジャグリングや、ひもの張力をたくみに使って行う剣玉をとり上げ、これらの実現を通して、ロボットにダイナミックなタスクの遂行能力を与える方法を示している。

ロボットのタスク遂行能力を飛躍的に向上させることができることを示した本論文は、ロボットの知能化技術の進展に大いに貢献するものであり、学位論文に値するものと考える。