

2010年度採択 研究推進プログラム「若手・スタートアップ」研究成果報告書

研究代表者	所属機関・職名：理工学部ロボティクス学科・准教授 氏名：玄相昊（教職員番号：1000070）
研究課題	直接教示と軌道最適化による作業技能伝達アルゴリズム開発

・研究計画の概要

研究の計画について、概要を記入してください。

本研究は、作業空間における力制御に、直接教示という人間の自然な物理的介入を効果的に組み合わせることにより、複雑な環境においても、作業の詳細を予めプログラムすることなく難易度の高い作業技能「群」を人間からロボットに直接伝授する新しい理論的枠組みを提案し、それを実験的に検証するものである。

本研究は、科研費・若手研究(A)と連動して着任直後から開始したプロジェクトであり、目標を達成するために以下の3段階の計画を立てた。

- 1) 直接教示と強化学習によるインタラクティブな作業学習アルゴリズム
 - 2) 直接教示による追加学習の理論的考察
 - 3) 評価用ロボットの製作とベンチマークテスト
- 1) 関節軌道の反復学習法と、転置ヤコビアンを用いた作業座標系の反復学習法のアイデア（両者とも単独では実装済み）を組み合わせることで、固定した拘束条件の下で計画された力場を生成しつつ、軌道を最適化するアルゴリズムを開発する。次に、拘束条件を変化させた条件の下で、再度軌道を最適化する。
 - 2) 上記、最適化プロセスにおける人間のアシストの効果について理論的に解析し、実験的に検証する。
ロボットの力学的構造と提案する学習アルゴリズムの幾何学的な構造から、局所最適解に陥ることなく安定かつ安全に学習を促進するための適切な教示方法を検討する。
 - 3) 作業空間上で力制御が可能な3関節程度の評価用ロボットを開発し、上記アルゴリズムの実装を行い、ベンチマークテストを行うことでアルゴリズムの性能と限界を明らかにする。

・研究成果の概要

研究成果について、概要を記入してください。

上記3つの段階毎の成果について述べる。

- 1) まず、固定した拘束条件の下で、ユーザーが与えた望ましい接触力を制御している状態で、各関節の入力が最少となるように冗長関節の姿勢を最適化する方法を考案し、シミュレーションで確認した。次に、拘束条件を途中で変化させた際にも、とくにプログラムの変更なしで軌道がオンラインで最適化させることを確認した。さらに、仮想的に外力を与え、全く制御目標をプログラムせずとも、拘束条件と力場をデータから学習する方法を考案し、シミュレーションで確認した。
- 2) 上記課題において、外力を人間が介在する力と考え、人間が学習を促進するように各部に教示力を発生させた場合の学習効果についてシミュレーション調査を行った。その結果、局初回からの脱出に有効であることは確認できたが、どのように安全に教示力を与えるかについては、シミュレーションを通じた定性的な知見しか得られていない。今後、ロボットの構造と学習の幾何学的構造から、解析的な知見を得ることが必要である。
- 3) 科研費で製作中の3関節評価用ロボットが完成した。本研究の補助を受けて、当初の予想よりも早期に完成させることができた。このロボットに上記1)のアルゴリズムを実装し、その有効性を確認した。