



Title	卓球タスクにおける認知スキルと動作スキル
Author(s)	武内, 将洋
Citation	大阪大学, 2018, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/69607
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

論文内容の要旨

氏 名 (武 内 将 洋)	
論文題名	卓球タスクにおける認知スキルと動作スキル
論文内容の要旨	
近年、視覚をはじめとする様々なセンサーがロボットに搭載されることで、より複雑で多様な作業が可能となっており、お掃除ロボットのように、ヒトの生活空間内で働くロボットが現れはじめています。これらのロボットには、複雑かつ高速に変化する環境を認識するための認知スキルや、ヒトにやさしい動作スキルが必要になる。こうした背景のもと本研究では、3次元空間を飛来・バウンドする卓球ボールを複雑かつ高速に変化する環境とみなし、試作したロボットによる打撃タスクの実現を通して、認知スキルや動作スキルを具体化する方法について検討する。 [壁打ちタスクにおける認知スキルと動作スキル] まず、卓球の初心者が行う練習のひとつである壁打ちタスクを考える。打撃の各試行をまたぐ離散システム(discrete system)の安定解析を行い、その軌道の高低の違いで難易度を分類する方法を提案する。また、離散システムが安定となる打撃軌道の場合は、打撃位置を予測する認知スキルと打撃時のラケット角度・速度を一定目標値として実現する動作スキルだけで壁打ちタスクが継続的に実現できることを明らかにし、実験的に検証する。 [対人ラリータスクにおける認知スキルと動作スキル] 次に、対人ラリータスクを実現するため、Koditschek のミラー則を応用してラケットを制御する方法を提案する。この方法の動作スキルは、Ramanantsoa の仮想ターゲットをサンプリング時間毎に設定し、これにラケットを追従させるものである。この追従のためのフィードバックゲインは、K-d Tree と呼ばれる入出力関係を表したマップから算出する。さらに、同様の入出力関係を相手コートへの着地点制御にも応用することで、対人ラリーを実現する。 [ダイナミクスを考慮した動作スキル実現のための繰り返し学習制御] さらに、繰り返し学習で得られた過去の訓練経験を統合し、未知の一度限りのスイング動作を行う方法を提案する。この方法では動作スキルとしてスイング開始後の途中動作切替えができる。そのため、動き始めは粗い打撃点予想でおおまかに動き、その後動作を微調整することが可能となる。このことは打撃位置の予測精度を高めることにもなっていることを、壁打ちタスクを通して検証する。 [ヒトの動作スキルの解析とロボットへの実装] 最後に、ロボットが学習するのではなく、熟練したヒトの動作スキルをロボット移植する方法を提案する。認知スキルとして、複数のヒトの熟練度をスイング軌道の主成分分析を通して判断し、最も熟練度の高いヒトの平均スイングをプリミティブスイングとして抽出する。動作スキルとして、ヒトから抽出されたスイングをロボットアームに適用し、その結果対人ラリーを実現する。 以上のように本研究は直接的にはロボットの高性能化を目指しているが、適用しようとする認知スキルや動作スキルは全てヒトから発想を得ている。つまり本研究はロボットを通し、仮説として設定したヒトのスキルを検証することにもなっている。	

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 (武 内 将 洋)			
	(職)	氏 名	
論文審査担当者	主 査	教 授	宮崎文夫
	副 査	教 授	尾方成信
	副 査	教 授	野村泰伸

論文審査の結果の要旨

ヒトは身体多くの自由度を協調的に操作し、タスク遂行に必要な巧みな運動を生成することができる。ただしこのような能力（運動スキル）は、生まれながらに備わっているものではなく、日々の練習、すなわち学習を積み重ねて獲得されるものである。そのメカニズムが明らかになれば、スポーツの効果的な練習方法やリハビリテーションにおける有力な療法を導くことができる。また、ヒトと同様の機能を備えたロボットに多様な運動スキルを実装することも可能になる。本研究は、ダイナミクスが大きく関わるタスクの典型例として卓球タスクを取り上げ、それを実現するために必要な認知スキルや動作スキルについて深く考察したものである。

まず最初に取り上げた壁打ちタスクでは、生態学的なアプローチ（打撃の各試行を関連付ける離散システムモデルによる安定解析）により、ボールの軌道パターンに応じてタスクの難易度が変化することを示している。すなわち、ボール打撃時のラケットの高さ、姿勢、速度を一定にするだけで安定に壁打ちタスクを遂行できる軌道パターンがあることを明らかにし、実験的にも検証している。

また対人ラリータスクでは、運動制御分野における reactive アプローチ（巧妙なフィードバック則の導入）により、飛来するボールの状態に応じたスイング動作を生成し、ボールの着地点を制御しながら対人ラリーが実現できることを実証している。一方、運動制御分野における active アプローチ（学習機能を備えた運動プログラムの導入）により、ボールの着地点およびスピードを自在に制御しながら対人ラリーが実現できることも実証している。さらに、熟練したヒトの運動スキルをロボットに移植するアプローチ（過去の経験をデータベース化し、類似の経験をピックアップし、それらを重みづけ統合して予測するメモリーベースド学習の導入）により、ロボットへの運動スキル実装を加速する新たな手法を提案している。

以上のように、ヒトやロボットの運動スキルを多面的に考察した本研究は、ヒトの運動制御の理解やロボットの高機能化に大きく寄与するものであり、博士（工学）の学位論文として価値のあるものと認める。