

## 【助成 39-09】

### 高速画像センシングによりヒトの運動能力を引き出すマン・マシンシステムの研究

代表研究者 名古屋大学大学院工学研究科 准教授 青山 忠義

共同研究者 国立長寿医療研究センター 室長 加藤 健治

#### 〔研究の概要〕

本研究では、高速画像計測により少し先の未来を予測する「未来視」を基盤とし、高速画像計測による予測結果を遠隔ロボットの動作修正に使用し、その運動感覚をヒトへ提示するヒューマン-マシン・システムを開発した。また、開発したシステムを通じた運動感覚をヒトへ提示する運動補完がヒトの運動学習に与える影響を調査した。実施した卓球のリフティング動作による被験者実験の結果から、ヒトの学習能力を大幅に超える運動感覚の提示により、運動学習が促進させる可能性が示唆された。

#### 〔研究経過および成果〕

これまでにスポーツトレーニング支援の研究開発が行われているが、その多くは、映像提示によるトレーニング支援であり、コーチやインストラクターが手取り足取り指導するような、フィジカルなスポーツコーチング支援には至っていない。昨今のコロナ禍により、人の接触がないスポーツ指導への要求は上がっているものとする。本研究では、高速画像計測による予測結果を遠隔ロボットの動作修正に使用し、その運動感覚をヒトへ提示するヒューマン-マシン・システムを開発した。本研究では、高速画像計測による少し先の状態量を推定する技術を「未来視」と呼称する。本研究論文では、開発したシステムを用いて、未来視による運動補完がヒトの運動学習に与える影響を調査し、スポーツトレーニング支援システムへの応用を見据え、ヒトの運動学習を促進させる手法を考察したので報告する。

図 1 に本研究で提案しているヒューマン-マシン・システムの構成図を示す。提案しているシステムでは、

高速ビジョンによる実時間画像処理により、操作対象の少し先の状態量を推定し、操作するロボットの動作を修正する。その際、修正された運動感覚がハプティクスデバイスを介してヒトへフィードバックされることにより、ヒトの運動学習を促進させることを狙ったものである。図 2 に提案システムの外観を示す。3 自由度ロ

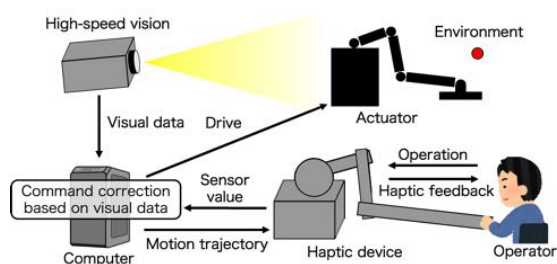


図 1 提案システムの概要

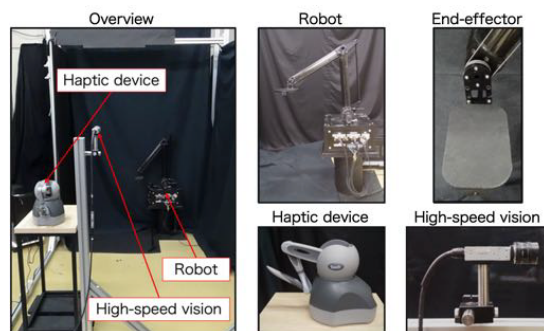


図 2 提案システムの外観

ロボットアーム, 制御用 PC, 高速ビジョンシステム, 力覚デバイスから構成されている。ロボットアームはヒトが操作する力覚デバイスの先端位置情報を基に 2 自由度で駆動する。高速ビジョンはロボットアームから 1.25 m 離れた地点に設置している。

未来視による運動補完がヒトの運動学習に与える影響を調査するため, 被験者実験を行った。本実験は, 名古屋大学工学部倫理部会の承認を経て実施された(21-16)。被験者は自由落下するボールを遠隔ロボットに装着した卓球ラケットにて設定された目標点を目指して打ち返す。打ち返したボールの軌道の最高点と目標点との誤差を評価指標とする。タスクの難易度を調節するため, ボールの落下開始地点を 2 箇所, 目標点を 4 箇所設定する。タスク 1 試行ごとに目標点は反時計回りの順番に, 落下点は目標点との組み合わせが全て同じ回数になるように適宜変更する。各被験者はこのタスクを 104 回, それを 3 セット繰り返し行う。被験者をグループ A, B に分割し, グループ B の 2 セット目のみに対して力覚教示を行う。それ以外の実験では, 力覚教示を行わない。本実験では力覚教示が両グループとも行わない 1 セット目から 3 セット目にかけての評価指標の改善量を導出し, 改善量が大きいほどヒトの運動学習が進んだと判断する。改善量に着目し, 力覚教示の有無による運動学習の変化について考察を行う。被験者は各グループ本システムの操作経験のない 6 名ずつ, 計 12 名で行った。

表 1 に各グループに属する被験者全体における評価指標の平均値をセット毎に示す。このセット毎の結果に対し, 要因をタスクの試行回数と各グループとした反復測定分散分析を行った。その結果, 力覚教示の条件が等しい 1 セット目の成績に有意な差は生じ

表 1 実験結果 (評価指標の平均値)

Groups	Set numbers		
	1st set	2nd set	3rd set
Group A	0.333	0.283	0.276
Group B	0.362	0.229	0.309

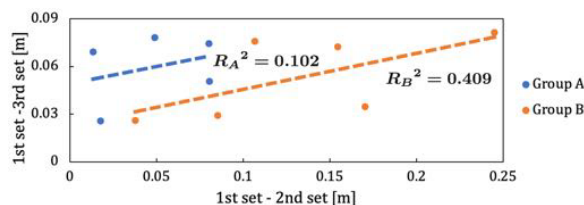


図 3 評価指標の改善量

なかった( $p>0.01$ )。しかし, グループ B の被験者に対し力覚教示を行った後に, 再び等しい条件に戻す 3 セット目ではグループ A の成績が有意に高くなることが確認された( $p<0.01$ )。図 3 に各被験者の 1-2 セット間及び 1-3 セット間の評価指標の改善量を示す。この傾向から, 本システムの力覚動作教示により, 2 セット目に 1 セット目を大きく超えるアシストを行うことで, 運動学習が促進される可能性が示唆される。力覚教示によって自身の成績が大きく向上したことで, 動作教示への信頼性が向上し, その結果として教師あり学習が進んだためであると我々は考えている。なお, 本成果に詳細な解析・考察を加えた論文の投稿準備中である。

[発表論文]

1. 松井諒, 青山忠義\*, 加藤健治, 竹内大, 長谷川泰久, “高速画像計測による動的な力覚動作教示を通じたヒトの運動学習に関する調査”, ロボティクス・メカトロニクス講演会 2022, 2P1-R10, 2022.
2. 松井諒, 青山忠義\*, 加藤健治, 竹内大, 長谷川泰久, “未来予測と人工筋スーツによる力覚提示を統合した卓球のフォアハンドスイング指導システムの開発”, ロボティクス・メカトロニクス講演会 2023. (2023 年 6 月発表予定)