

---

能動操作器を用いた教示操作量の力覚教示による技能習熟支援システム

---

(12650248)

平成12年度～平成13年度科学研究費補助金（基盤研究（C）（2））研究成果報告書

平成14年4月

---

研究代表者 末長 修

（静岡大学工学部教授）

静岡大学附属図書館



030850539 5

---

は し が き

研究組織

研究代表者 : 末長 修 (静岡大学工学部教授)

交付決定額 (配分額)

(金額単位: 千円)

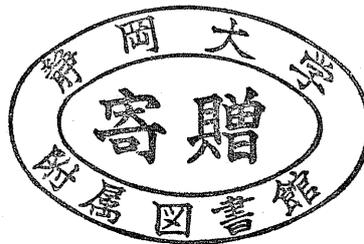
	直接経費	間接経費	合計
平成12年度	800	0	800
平成13年度	300	0	300
総計	1100	0	1100

研究発表

- (1) 学会誌等 (なし)
- (2) 口頭発表 (末長 修, 能動操作器を用いた技能習熟支援システム,  
人間工学会, 平成13年9月5日)
- (3) 出版物 (なし)

研究成果による工業所有権の出願・取得状況

なし



## 研究成果

本研究は、人間-機械系における教育・訓練の一手法として、力覚表示機能を有する操作器（能動操作器）を用いて、被訓練者に過大な訓練負担を課すことなく、操作・制御に関する技能、さらにはその習熟速度を高めることのできる技能習熟支援システムの確立を目的とする。ここで、能動操作器を用いた訓練方法とは、基本的には、時々刻々と変化する制御状況に対処すべき操作量に関する情報（教示操作量）を実時間で算出し、これを能動操作器を介して被訓練者に力覚教示する。被訓練者にこれらを操作力の変化として知覚、受容させることにより、被訓練者の制御技能を高めようとするものである。具体的には、教示操作量と被訓練者による操作量との差に比例した力を、その差が減少する方向に発生させることにより、教示操作量の教示を行う。

また、被訓練者の制御技能レベルだけに依存するのではなく、訓練負担の軽減を図るため、被訓練者の心理状態（心的負担）をも考慮した教示操作量の調整方法の確立も目指す。

従来の能動操作器を用いた訓練方法においては、1自由度の能動操作器（回転つまみ+サーボモータ）を用いていた。そこで本研究では、まず実用性をより高めるため、能動操作器に市販の力覚機能を有するジョイスティックを用いた力覚教示による訓練を試みた。さらに、これまで構築してきた支援方策が多自由度の能動操作器（ジョイスティック）にも適応できるかどうかを実験的に確かめた。訓練作業はディスプレイ上を8の字を描くように動く目標をパーソナル・コンピュータにより表示させ、これをジョイスティックの2次元操作により追跡する作業とした。その結果、多自由度系の操作器においても、本手法による技能習熟支援システムの有用性を示すことができた。

また、手動制御時における心的動揺度に関する基礎解析を行うために、被訓練者の皮膚電位反射（GSR : Galvanic Skin Reflex）を測定した。ただし、制御作業は上述のものと同様であるが、力覚教示は行っていない。その結果、GSRを目的変数に、そして訓練状況を表す種々の変数を説明変数に用いた重回帰分析より、主としてジョイスティックの縦方向の操作時で心的動揺が生じる可能性を見出した。これは人間の手首の構造（骨格等）からもほぼ妥当な結果であると思われる。しかしながら、GSRの波形（数値）には個人差が大きく存在するため、GSRと技能の習熟度との関連を明確にすることはできなかった。このため、心的動揺度を考慮した教示操作量をどのように調整するかといった問題までは解決できなかった。さらにまた、GSR反応には時間的遅れが存在するなどといった問題点も明らかとなり、被訓練者の心的動揺度も考慮した教示操作量を調整するまでには至らなかった。

そこで、被訓練者の心的動揺を軽減するという観点から、ニーズ適応型支援を組み入れた訓練手法を検討した。そのために、マニピュレータ型ロボットを制御対象とし、マニピュレータの指先の位置制御を作業課題とする手動制御系を構成した。まず比較実験として、習熟者の手動制御によるマニピュレータの障害物回避操作から、マニピュレータ指先の軌跡を測定し、これを目標軌道とした。そして、この目標軌道と被訓練者によるマニピュレータの軌道との差に比例した力をその差が減少する方向に発生させ、目標軌道を実現する操作量を力覚教示する訓練を行った。これに対し、比較実験のように目標軌道を力覚表示により常時教示するのではなく、被訓練者がどのような操作をすれば分からず、申し出あったときのみ（具体的には、被訓練者によりジョイスティック付属のトリガ・ボタンが押されている間のみ）、目標軌道を力覚教

示するといったニーズ適応型支援を組み入れた訓練を行った。その結果、ニーズ適応型支援の有無と GSR との明確な関連を見出すことはできなかったものの、訓練効果としては、比較実験の結果よりも良好な結果を得た。