両手協応動作における習熟と作業負担

○百瀬 貴志, 福田 康明 (名城大学)

Learning process and mental workload in a both hands cooperation motion.

Takashi Momose, Yasuaki Fukuta (Meijo University)

1. はじめに

同一機能を果たすための行為の繰り返しの効果があるとき習熟が発生する。一般に作業習熟に及ぼす要因は、作業者の習熟をはじめ、機械設備や治工具の改善、設計や製作技術の改善、管理技術の向上などがある。しかし、作業習熟と作業者の作業負担の関係についてはあまり明らかにされていない。このことは、作業時間の設定、作業の教育訓練などの生産管理活動にとって有効である。

本研究では、旋盤作業をモデル化した両手協応動作作業の実験を行い、作業習熟と作業負担の関係を明らかにすることを目的とする。

2. 達成度の理論

達成度手法は、同一作業や類似作業を連続に行う場合、作業時間のばらつきを定量的に把握し、作業状態を数値的に評価する方法である。ある作業を連続して繰り返す場合、最も理想的な作業の評価量を1とする。1回の作業で得られる作業の達成度を q ($0 \leq q \leq 1$)、得られなかった評価量を $(1-q)$ 、改善率を r ($0 \leq r \leq 1$) とし、この作業を n 回繰り返したときの作業評価量 Q_n は、式(1)で表される。

$$Q_n = q(q \cdot r)^{n-1} + r \left\{ \frac{1 - (q \cdot r)^{n-1}}{1 - (q \cdot r)} \right\} \quad \dots(1)$$

実際に作業達成度 $Q_{(q=r)}$ を求めるには、変動率 δ_{∞} (作業時間のばらつき)を式(2)に代入して求める。

$$Q = 1 - \sqrt{1 - (1/\delta_{\infty})} \quad \dots(2)$$

さらに達成度の理論を応用した傾向式は、式(3)で表示する。

$$t = N^b \times (\delta_1 N^{b'}) \quad \dots(3)$$

$\left[\begin{array}{l} t: \text{作業時間, } N: \text{繰り返し回数, } a: \text{常数, } b: \text{傾向指数,} \\ \delta_1: \text{初期変動率 (} N=1 \text{), } b': \text{変動指数, } \times: \times \text{または} \div \end{array} \right]$
式(3)は習熟における作業時間の減少を表す項(aN^b)と、ばらつきの変動を表す項($\delta_1 N^{b'}$)から成立する。本実験結果の解析には式(2)、(3)を適用した。

3. 実験方法

本実験作業には、普通旋盤をモデル化した両手協応動作検査器を用いた。この作業は左で縦送り、右手で横送りのハンドルを回すことによって遊動板を動かし、辿路をたどっていく作業である。この辿路の始点から終点まで移動させる時間を測定し、この作業を1日30分、5日間連続して行った。作業負担測定には、自覚症状調査、NASA-TLX、フリッカー値、ピンチ力、心拍数測定の各評価技法を用いた。被験者は21歳から22歳の健常者6名である。また、作業開始前日から刺激物の摂取を禁止し、さらに作業開始2時間前に食事等の飲食を済ませるように指示した。

4. 実験結果の解析および考察

4.1 傾向式による解析

被験者を式(3)の傾向式によって解析した。その一例を図1に示す。また、表1は図1に

よって作成されたものを式(3)の傾向式の各パラメータおよび式(2)によって求められる達成度Qを示した。図1より、作業日数の経過とともに、傾きが緩やかになり、ばらつき幅も減少し、作業時間が減少していく習熟現象を観察することができる。表1の達成度Qによって習熟遂行度を評価すれば、1日目と5日目では83.55%となっており、習熟の増加が確認できる。

4. 2 作業負担の解析

作業負担の評価技法の一例として、ピンチ力測定の結果を検討した。図2は各作業日数における被験者6人のピンチ力の変化率とその平均値である。作業日数の経過につれて、変化率は小さくなる傾向が見られる。このことから、作業日数の経過につれて、作業負担は減少することが明らかになった。

4. 3 習熟と作業負担の関係

図3は、習熟遂行度を示す達成度Qとピンチ力変化率の関係について、各被験者6名の実験結果を打点し、回帰方程式を求めたものである。その結果、達成度Qが増加するにつれて、ピンチ力変化率は減少する負の相関関係が見られた。両者間より相関係数rを求めると $r=0.483$ となり、有意水準5%で有意が認められた。このことにより、作業の習熟が進むにつれ、作業負担が減少することが明らかになった。

5. 結言

- 1) 両手協応作業における習熟過程を達成度手法を用いて数値解析した。
- 2) 達成度Qによって作業習熟を評価すれば、作業日数の経過につれて達成度Qは増加する傾向が見られ、習熟の増加が確認できる。

図1. 傾向式の解析結果(被験者A)

表1. 解析結果(被験者A)

作業日数	傾向式	$T = a N^b \times (\delta_1 N^{b'})$				変動率 δ	達成度 Q (%)
	a	b	δ_1	b'			
1日目	158.9	-0.233	1.201	-0.043	1.118	67.5	
2日目	103.0	-0.092	1.164	-0.027	1.069	74.6	
3日目	76.5	-0.007	1.157	-0.020	1.053	77.6	
4日目	67.2	-0.072	1.110	-0.014	1.038	80.8	
5日目	59.3	-0.042	1.076	-0.005	1.028	83.6

図2. 作業日数とピンチ力変化率の関係

図3. 達成度Qとピンチ力変化率の関係

- 3) 達成度Qとピンチ力変化率との関係から相関係数を求めた。その結果、両者間には有意が認められた。その他、フリッカー値、NASA-TLX、自覚症状調査についても同様な傾向となった。このことにより、作業習熟が進むにつれて作業負担が減少することが明らかになった。