連続的なセル生産作業の習熟評価に関する研究*

平田将太**, 甲賀 涼***, 福田康明****, 山田裕昭*****

In this study, the process of learning cell production procedures was investigated by classifying the processes involved. In addition, the efficiency of the learning process was analyzed by rating the amount of work achieved. As a result, the value of achievement had a tendency to increase with an increase in the number of days. Furthermore, the achievement was examined by taking into account the working factor of cell production; there existed no difference in manual labor during the day, spanning a period of five days. However, an increase in the amount of intellectual labor was observed, and the relation between the tendency index and the rate of variability was examined. The results confirmed a negative correlation. From the above results, it was possible to present an evaluation model using which the learning efficiency of cell production workers could be estimated.

本研究では、作業構造の分類をもとにセル生産の習熟実験を行い、達成度手法を用いて作業習熟の解析を行った。その結果、習熟状態の評価量である達成度の値は、作業日数の増加にともなう増加傾向を示した。さらに、セル生産の各作業因子別に達成度を検討すれば、身体労働作業においては作業1日目と作業5日目の間にあまり差が見られなかったが、知的労働作業においては大幅な増加が見られた。また、習熟過程の作業時間の減少傾向を示す傾向指数と作業時間のばらつきを示す変動率の関係を検討した結果、傾向指数の増加にともない変動率が減少する負の相関関係が確認できた。以上の結果から、セル生産における作業者の習熟状態を推定することができる評価モデルを提示した。

(キーワード：作業構造の分類、セル生産、作業習熟、達成度手法、習熟の評価モデル)

1. 緒 言

近年、消費者ニーズの多様化や短命化により、国内製造業では製造品目の多品種化および高度化が要求されている。このような要求に対応するため、各工場の生産工程は、従来の少種多量生産方式から多種少量生産方式へ移行しており、さらに昨今では、生産品種や生産量が常に変動する変種変量生産方式の導入が増加している。このような変種変量生産方式によるフレキシブルなものづくりへの対応として、組立工程ではセル生産による作業方式が主体となってきている。ここでセル生産とは、生

産ラインを幾つかの小単位に分割して、多能工化した一人もしくは少数の作業員で、第一工程から最終工程まで一貫して生産を担う自己完結型生産方式をいう¹⁻⁵⁾。このセル生産を導入する利点として、製品・仕掛在庫の削減、段取り替えの簡易化、製造リードタイムの短縮などが挙げられ、これにより生産変動に対して柔軟な対応が可能となる。しかし、セル生産を導入することによって、作業が複雑化・高度化するため多能工の育成が必須となること、新機種導入時に多くの訓練期間を要すること、および個人の技量差による影響が大きくなることなど、作業員の訓練過程における習熟に起因することが問題となっている。

一般に、作業員の訓練過程における習熟に関する研究は心理学、人間工学、およびIE (Industrial Engineering) の各分野からいくつか報告されているが⁶⁻¹²⁾、作業が複雑化・流動化するセル生産においては習熟期間が長期化することが予測でき、これに関する報告はあまりされていないのが現状である。また、セル生産においては頻繁な生産変動に対して作業員に逐一教育を行うことは稀であり、OJT (On-the-Job Training) による訓練が多く、習

*受付：2011年7月1日 受理：2012年1月16日

**アイシン精機(株)

Aisin Seiki Co., LTD

***名城大学大学院

Graduate School of Meijo University

****名城大学理工学部

Faculty Science and Technology, Meijo University

*****山田コンサルティング事務所

Yamada Consulting Service

熟の初期段階で作業の切り替えが発生してしまう状況にある。したがって、作業の訓練過程における習熟状態を数値的に把握し、評価することができる生産システムを構築することが必要であると考えられる。

筆者らは先行研究において、実際にセル生産を導入している某工場の事務機器組付け工程を参考とし、実験作業のモデル化を行った。その際、より近似的な作業モデルを設計するために、対象のセル生産に従事する多能工に必要とされる各種作業について、作業因子（作業から抽出される適応能力）に基づいた作業構造の分類を検討した⁷⁾。さらに、作業因子の異なる6種類の作業からなるセル生産モデルを対象としたライン作業を20回繰り返す実験を行い、各作業の習熟特性を明らかにした。しかし、先に述べた通り、実際の生産現場においては、1日のみならず数日間継続して訓練する場合が多い。そのため、数日間連続して訓練を行った場合における訓練効果についても明らかにする必要がある。このことは、セル生産導入における作業時間の見積もり、新規採用者の教育や訓練計画、およびロットの大きさに対応した標準時間の補正等の合理的な生産活動や作業活動を展開する上で数多くの利用価値を含んでいるといえる。

そこで本研究では、作業因子の異なる6種類の作業で構成されたセル生産モデルを対象とした習熟実験を5日間連続して行い、達成度手法を用いて実験結果を解析するとともに、作業者の訓練課程における習熟状態を容易に把握することのできる評価モデルを提示した。

2. 達成度手法の理論

本研究では作業習熟の解析に達成度手法を適用した。達成度手法とは、作業者が同一作業や類似作業を連続的に行う場合、その作業時間のばらつきを定量的に把握し、習熟状態を数値的に評価する手法である^{9-11,13)}。

ある作業を連続して行う場合、最も理想的な習熟状態を1とする。その際、1回の作業で得られる評価量を q ($0 \leq q \leq 1$)、得られなかった評価量を $(1-q)$ 、改善率を r ($0 \leq r \leq 1$)、作業の繰り返し回数を n とする。ここで、作業状態を評価する達成度評価量 Q_n は式 (1) となる。

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

実際に作業達成度 Q を求めるには、式 (1) より誘導した式 (2) を用いる。

$$Q = 1 - \sqrt[n]{1 - \left(\frac{1}{\delta} \right)} \quad (2)$$

ただし、 δ は標準変動を示す。

図1 傾向式

Fig. 1 Professing equation in production.

達成度の評価理論を応用した、時系列的に作業の習熟過程を表す傾向式を式 (3) に、作図例を図1に示す。

$$t = aN^b * (\delta_1 N^b) \quad (3)$$

式 (3) において、 t : 作業時間、 a : 常数 (初期作業時間)、 N : 作業の繰り返し回数、 b : 傾向指数、 δ_1 : 初期変動率、 b' : 変動指数、 $*$: $\times$ または、 $\div$ を示す。図1において、 $\times$ の場合は上限線 ($t = aN^b * (\delta_1 N^b)$) を表し、 $\div$ の場合は、下限線 ($t = aN^b / (\delta_1 N^b)$) を表す。

式 (3) は習熟過程における作業時間の低減を表す一般式 (aN^b) と、ばらつきの変動を表す変動式 ($\delta_1 N^b$) から成立する。

本研究の実験結果の解析には式 (2)、式 (3) を適用した。

3. 実験方法および実験条件

3-1. 実験作業

本研究では、実際にセル生産を導入している某工場の事務機器組付け工程を実験の対象モデルとした。事務機器組付け工程の作業工程を図2に示す。図2によれば、作業工程は、第1工程の仕分け作業から第6工程の最終組付け作業までの6つの単一作業から構成されている。この作業工程をもとに、各作業に適正と思われる実験機器を、従来から広く一般に普及している一般職業適性検査を主体として選択し、作業因子が異なる6種類の実験作業の検討を行った^{7,14)}。表1にはセル生産における実験作業の概要を示す。

3-2. 実験条件

- (1) 6作業をセル生産の実験作業の1サイクルとし、個々の作業を円形に配置した。
- (2) 実験作業を連続して15サイクル行い、各サイクルの作業時間の測定を繰り返す、5日間測定した。

表1 実験作業の概要

Tab. 1 Outline of experimental works.

実験作業名	作業内容	作業因子	作業工程
①カード分類作業	2重の円の間に並んだ4つの数字が書かれた18枚のカードを、同じ絵柄の検査器の穴に1枚ずつ分類していく	知的能力	仕分け作業
②リング挿し作業	皿の中の25個のリング(中央に直径3 mmの穴のあいた直径9 mm)をピンセットでつまみ、250 mmの長さの挿し棒に1個ずつ入れていく	指先の巧緻性	ビス等組付け作業
③糸挿し作業	検査台(340 W×94 D)の33本(11本×3列)の金属棒(直径6 mm)の先の孔に片手で持った11本の糸を通していく	手先の巧緻性	配線組付け作業
④記憶操作作業	1～49まで書かれたボタンがランダムに配置された記憶操作盤に対して片手で指示棒を持ち、操作盤のボタンを順に押していく	記憶能力	配線挿し込み作業
⑤両手共応動作作業	検査台(320 W×240 D)のルール状の経路図からはみ出さないよう両手の操作で線を描いていく	目と手の共応	接着作業
⑥精神反応速度作業	10個の窓に現れる図形と各窓の下に描かれている図形を見比べ1対のみ同図形を探し出してボタンを押していく	形態知覚	最終組付け作業

図2 作業工程

Fig. 2 Working process.

- (3) 被験者は、作業未経験者である21歳～22歳までの男子学生6名 (A～F) とした。
- (4) 実験作業はすべて立位姿勢とし、作業台の高さは被験者の肘の高さで統一した。
- (5) 実験前に被験者全員に対して実験作業の内容や注意事項を教示し、最善の努力を持って作業を遂行するように指示をした。
- (6) 実験室内の環境は、温度18～23℃、湿度40～45%、照度400 lxに設定した。

4. 結果および考察

4-1. 達成度手法による解析

実験結果の一例として、被験者Aの訓練過程における傾向式を図3に示す。図の横軸は作業日数Dを5日間 (作

図3 作業日数Dと作業時間tの関係 (被験者A)

Fig. 3 Relations of the working days (D) and working hours (t) (Subject A).

業繰り返し回数Nを75回)、縦軸は作業時間tを示している。図によれば、作業日数D (作業繰り返し回数N) の増加にともなって作業時間の傾向指数bとばらつきの双方が減少していることが全体として観察できる。また、この結果は他の被験者についても同様に観察された。

さらに、表2には各被験者の実験結果をもとに式 (2)、式 (3) を用いて解析した結果を示す。表2の変動率 δ は、初期変動率 δ_i (作業1回目における作業時間のばらつき) と末期変動率 δ_{15} (作業15回目における作業時間のばらつき) の差を求めたものである。さらに、この変動率 δ を式 (2) に代入して得られた評価量が達成度Qである。ここで、図4には作業日数D、達成度Q、および初期作業時間aの関係を示す。図4によれば、達成度Qの値は作業1日目では $Q=61.1\%$ 、作業2日目では $Q=61.5\%$ 、作業3日目では $Q=74.4\%$ 、作業4日目では $Q=79.3\%$ 、さらに作業5日目では $Q=83.3\%$ となり、作業日数Dの増加にともなって増加する傾向を示した。ここで、作業1日目の達成度から作業2日目の達成度にほとんど差が見られないのに対して、作業3日目以降では大幅な増加がみられた。一方、初期作業時間aについて検討すれば、初期作業時間a

表2 実験結果

Tab. 2 Experiment result.

被験者	作業 日数	傾向式 $t=aN^b \ast (\delta_1 N^{b'})$					達成度 Q (%)
		a	b	δ_1	b'	δ	
A	1	687.5	-0.203	1.235	-0.066	1.196	59.5
	2	306.5	-0.081	1.149	-0.037	1.106	69.0
	3	359.9	-0.163	1.166	-0.036	1.101	69.7
	4	254.2	-0.062	1.083	-0.009	1.024	84.6
	5	261.2	-0.077	1.074	-0.009	1.024	84.8
B	1	632.3	-0.298	1.251	-0.071	1.213	58.1
	2	411.2	-0.247	1.331	-0.098	1.303	51.8
	3	266.5	-0.096	1.087	-0.019	1.052	77.7
	4	226.9	-0.100	1.169	-0.035	1.098	70.1
	5	195.4	-0.047	1.074	-0.009	1.025	84.4
C	1	845.0	-0.272	1.372	-0.112	1.355	48.8
	2	557.8	-0.191	1.369	-0.111	1.300	51.9
	3	345.8	-0.104	1.139	-0.033	1.092	71.0
	4	287.5	-0.051	1.089	-0.014	1.039	80.7
	5	302.1	-0.097	1.152	-0.021	1.059	76.4
D	1	574.0	-0.171	1.158	-0.042	1.119	67.4
	2	407.8	-0.171	1.235	-0.065	1.193	59.8
	3	251.6	-0.058	1.077	-0.010	1.028	83.6
	4	243.2	-0.079	1.110	-0.017	1.046	79.1
	5	213.0	-0.069	1.061	-0.008	1.022	85.4
E	1	610.8	-0.101	1.173	-0.024	1.066	75.1
	2	436.7	-0.064	1.171	-0.050	1.144	64.5
	3	395.7	-0.075	1.098	-0.017	1.048	78.6
	4	348.4	-0.079	1.114	-0.015	1.070	80.0
	5	333.1	-0.052	1.082	-0.005	1.015	88.0
F	1	675.2	-0.203	1.246	-0.073	1.219	57.6
	2	413.8	-0.130	1.123	-0.031	1.087	71.8
	3	377.4	-0.155	1.206	-0.046	1.132	65.9
	4	275.3	-0.056	1.086	-0.013	1.037	81.2
	5	265.3	-0.089	1.084	-0.014	1.039	80.7

は5日間を通じて減少傾向を示し、特に、作業1日目の初期作業時間aから作業2日目の初期作業時間aの減少が最も大きく、その後、緩やかな傾向となっている。このことから、初期作業時間aは作業に着手した時点から指数的に低減していくが、達成度Qは、初期作業時間aが1日目と比較して50.0%以上低下し、減少傾向が穏やかになるあたりから増加することが分かった。これは、作業2日目が1日目と比較して、作業者の作業に対する技能不足による作業速度の不安定さが影響して作業時間にばらつきが発生し、達成度Qの増加には繋がらなかったものと考えられる。このことより、作業工程の切り替えにおいては、まずは標準の設定や工法の変更、ポカヨケ（作業者のミスがあっても、工程内ですぐに気付くような仕組みや機構）の設置など、作業者の作業時間のばらつきを抑える仕組み面からのアプローチが必要であると考えられる。

図4 作業日数D, 達成度Q, および初期作業時間aの関係

Fig. 4 Relations of the working days (D), Work achievement (Q), and Time that the first work takes (a).

図5 各作業の達成度Q

Fig. 5 Achievement (Q) of each work.

また、3日目以降は、作業への慣れから作業速度が安定し、作業時間のばらつきが小さくなったことによって、作業時間の低下とともに達成度も増加した。なお、作業者の1日平均作業時間は、1日目は平均1.9時間、5日目は平均0.9時間であった。

ここで、達成度Qについて、作業日数と被験者間において二元配置分散分析による検定を行った結果、作業日数間においてF (4,20)=3.0 (p<0.05)、被験者間においてF (5,20)=15.6 (p<0.01) となり、共に有意差が認められた。さらに、平均値の差の検定を行ったところ1日目に対して2日目の有意差は認められなかったが、1日目に対して3日目で $t (\phi=10, \alpha=0.05)=2.23 < t_0$ 、1日目に対して4日目、および5日間で $t (\phi=10, \alpha=0.01)=3.17 < t_0$ となり、それぞれ有意差が認められた。

つぎに、セル生産を構成する6種類の作業内容別の解析

結果を図5に示す。これは各作業内容と達成度Qの関係を作業1日目と作業5日目で比較したものである。図5によれば、達成度Qの差は精神反応速度作業が22.5%と最も大きく、以下ではカード分類作業は18.0%、記憶操作作業は13.7%、両手共応動作作業は6.5%、リング挿し作業は1.7%、および糸挿し作業は0.1%という結果を示した。これより、達成度Qの差が大きい3つの作業（精神反応速度作業・カード分類検査作業・記憶操作作業）は、感覚器官や中枢神経系における情報受容過程を作業因子としている知的労働作業であり、反対に達成度Qの差が小さい3つの作業（両手共応動作作業・リング挿し作業・糸挿し作業）は、身体器官における情報伝達過程を作業因子としている身体労働作業であり、両労働作業間において、1日目と5日目の作業に対する達成度の増加幅に差異のあることが分かった。この結果より、身体労働作業は、作業の初期段階において比較的高い作業習熟を達成することが容易であるが、知的労働作業（特に精神反応速度作業とカード分類作業）は習熟するのにある程度の訓練期間が必要であり、作業全体の習熟を阻害していることが示唆される。作業後におけるヒアリングによる主観調査においては、絵柄や数字を探す作業に時間的切迫感を感じて集中できない、作業終盤は頭がぼんやりして上手く判断できない等の意見も得られている。したがって、判断・記憶・選択といった知的労働作業は、身体労働作業と異なり、無意識に近い状態で作業を繰り返すことが困難であり、また、長時間連続的に作業に従事させることで疲労が習熟を阻害するため、極力作業者の業務内容から取り除くべきであると考えらる。

ここで、達成度Qについて、作業日数と被験者間について二元配置分散分析による検定を行った結果、作業日数間においてカード分類作業では $F(4,20)=3.3$ ($p<0.05$)、精神反応速度作業では $F(4,20)=3.0$ ($p<0.05$)となり、共に有意差が認められた。さらに、平均値の差の検定を行ったところカード分類作業と記憶操作作業では $t(\phi=8, \alpha=0.05)=2.31<t_0$ 、精神反応速度作業では $t(\phi=8, \alpha=0.01)=3.36<t_0$ となり、それぞれ有意差が認められた。一方、リング挿し作業、糸挿し作業、両手共応動作作業などの身体労働作業においては有意差が認められなかった。

4-2. 作業習熟の評価モデル

達成度手法の特徴は、習熟過程における作業時間の減少傾向とばらつきの双方を把握できることにある。したがって、作業時間の減少傾向を表す傾向指数bと作業時間のばらつきの減少量である変動率 δ の両者の関係を検討

図6 傾向指数bと変動率 δ の関係

Fig. 6 Relation between tendency index (b) and rate of variability (δ).

図7 習熟の評価モデル

Fig. 7 Evaluation model of learning.

した。図6には、傾向指数bと変動率 δ の関係を示す。図6によれば、各実験日数の5日間全てにおいて傾向指数bの増加にともなって変動率 δ が減少する負の相関関係が確認できる。さらに、両者間において相関係数rを求めて検定を行った結果、5日間全てに有意水準5%で有意差が認められた。また、図6における傾向指数bを独立変数x、変動率 δ を従属変数yとして回帰方程式を求めると式(4)が得られる。

$$\left. \begin{array}{l} \text{作業1日目} \quad y = -1.134x + 0.958 \\ \text{作業2日目} \quad y = -1.132x + 1.022 \\ \text{作業3日目} \quad y = -0.836x + 0.985 \\ \text{作業4日目} \quad y = -1.302x + 0.959 \\ \text{作業5日目} \quad y = -0.654x + 0.983 \end{array} \right\} \quad (4)$$

つぎに、図6の傾向指数bと変動率 δ の関係から達成度Qを把握することで習熟状態を推定することができる習熟の評価モデルを検討した。その評価のモデルを図7に示す。図7は縦軸に変動率 δ をとり、横軸左に傾向指数b、横軸右に達成度Qを示したものである。この図の左側は例として式(4)の作業1日目の回帰方程式を表し、右側は式(2)から求めた曲線を表している。表2をもとに、

表3 習熟の評価指標

Tab. 3 Evaluation index of learning.

作業日数	1		2		3		4		5	
b	δ	Q	δ	Q	δ	Q	δ	Q	δ	Q
−0.04										
−0.05										
−0.06					1.035	0.815	1.037	0.810	1.023	0.851
−0.07			1.101	0.697	1.044	0.796	1.050	0.781	1.029	0.832
−0.08			1.113	0.682	1.052	0.778	1.064	0.756	1.036	0.814
−0.09			1.124	0.668	1.060	0.761	1.077	0.733	1.042	0.799
−0.10			1.135	0.655	1.069	0.746	1.090	0.713	1.049	0.784
−0.11	1.083	0.723	1.147	0.642	1.077	0.733				
−0.12	1.095	0.706	1.158	0.631	1.085	0.719				
−0.13	1.106	0.690	1.169	0.619	1.094	0.707				
−0.14	1.117	0.676	1.181	0.609	1.102	0.696				
−0.15	1.129	0.662	1.192	0.599	1.111	0.685				
−0.16	1.140	0.649	1.203	0.589	1.119	0.674				
−0.17	1.151	0.637	1.215	0.580						
−0.18	1.163	0.626	1.226	0.571						
−0.19	1.174	0.615	1.237	0.562						
−0.20	1.186	0.604	1.249	0.554						
−0.21	1.197	0.594	1.260	0.546						
−0.22	1.208	0.585	1.271	0.538						
−0.23	1.220	0.576	1.283	0.531						
−0.24	1.231	0.567								
−0.25	1.242	0.558								
−0.26	1.254	0.550								
−0.27	1.265	0.542								
−0.28	1.276	0.535								
−0.29	1.288	0.527								
−0.30										

式(4)の $x(b)$ の値を変化させ、 $y(\delta)$ を算出し、さらに $y(\delta)$ を式(2)の δ に代入することで、習熟状態を達成度 Q によって評価できる。例えば、傾向指数 $b=-0.20$ ならば、変動率 $\delta=1.18$ と求まり、さらに達成度 $Q=60.4\%$ と把握できる。このように、任意の傾向指数 b が求まれば、変動率 δ が把握でき、達成度 Q の評価が可能となる。同様に他の作業日数においても式(4)をもとに計算し、数値化した習熟の評価指標を表3に示す。表3によれば、作業者が取りうる傾向指数 b の範囲は作業1日目では $b=-0.11\sim-0.29$ であるが、以下、作業日数の増加にともない減少していき、作業4日目、5日目では $b=-0.05\sim-0.10$ とほぼ同値である。一方、その際の達成度 Q を見てみると、作業4日目においては $Q=71.3\sim86.4\%$ となるが、作業5日目においては $Q=78.4\sim87.4\%$ と多少の増加がみられる。その後、傾向指数 b はこのまま安定を続け、達成度 Q は少しずつ増加し、習熟の理想状態に近似していくと予想される。今回検討した作業習熟の評価モ

デルは比較的初期段階の作業者の習熟過程に対応しているため、対象の作業工程における多能工の育成の際に、現状の段階における習熟状態を推定すること、特定の作業者の更なる訓練の必要性を判断すること、および他の作業者との比較など、セル生産導入における問題解決の一助となると考えられる。

5. 結 言

本研究では、作業構造の分類をもとにセル生産の習熟実験を5日間連続して行い、達成度手法を用いて作業習熟の解析を行った。結果を要約すると以下ようになる。

- (1) 達成度手法を用いて習熟状態を評価すれば、達成度 Q の値は作業1日目では $Q=61.1\%$ 、となり、以下では作業日数 D の増加にともなって達成度 Q は増加する傾向を示し、作業5日目では $Q=83.0\%$ となり、その差を見ると5日間では22.1%の増加となった。

- (2) 達成度手法における傾向式の初期作業時間 a は、作業1日目では $a=670.8$ secとなり、以下では作業日数 D の増加にともなってゆるやかに減少し、作業5日目では $a=261.7$ secとなり、5日間では409.1 secの低減が見られた。
- (3) セル生産を構成する各作業内容別について達成度 Q を用いて検討すれば、両手共応動作作業、リング挿し作業、および糸挿し作業などの身体労働作業においては、作業1日目と作業5日目の差は2.8%と比較的小さい結果となった。一方、精神反応速度作業、カード分類作業、および記憶操作作業などの知的労働作業においては、作業1日目と作業5日目の差は18.1%と比較的大きい結果となった。
- (4) 傾向指数 b と変動率 δ の関係から達成度 Q を把握することができる作業習熟の評価モデルを構築した。さらに訓練過程における習熟状態を把握し、推定することができる評価指標を提示した。

参考文献

- 1) 本位田光重：組立セルによる生産の最適化についての一考案, 日本生産管理学会誌, 10 (2), 181-186, 2003.
- 2) 岩室宏：トコトンやさしいセル生産の本, 28-29, 日刊工業新聞社, 2008.
- 3) 岩室宏：セル生産システム, 27-35, 日刊工業新聞社, 2003.
- 4) MHSコンソーシアム：ホロニックス生産システム, 64-98, 社団法人日本プラントメンテナンス協会, 2004.
- 5) 中野甚一郎, 山田善教：ヒューマンウェアの生産システム革新, 191-201, 白桃書房, 1997.
- 6) 大島正光, 大久保堯夫：人間工学, 58-72, 朝倉書店, 1989.
- 7) 大矢雅之, 福田康明, 山田裕昭：セル生産における作業者の習熟特性に関する研究, 人間工学, 45 (5), 278-285, 2009.
- 8) 小野茂：多品種少量生産における行程見積もりの実際, 89-107, 日刊工業新聞社, 1996.
- 9) 福田康明, 大久保堯夫, 原盛将：一般適性検査作業における中断期間の長さが習熟に及ぼす影響, 人間工学, 34 (1), 45-52, 1998.
- 10) 福田康明：作業難易と習熟に関する研究, 人間工学, 37 (2), 67-73, 2001.
- 11) 福田康明, 大久保堯夫：作業習熟の転移と評価に関する研究, 人間工学, 31 (3), 197-204, 1995.
- 12) 師岡孝次：習熟性工学, 201-294, 建帛社, 1971.
- 13) 福田康明, 大久保堯夫：達成度手法による作業習熟の研究, 人間工学, 29 (4), 215-222, 1993.
- 14) 長谷川勝久, 福田康明, 斎藤真：セル生産における作業者の生体負担に関する研究, 人間工学, 45 (5), 220-221, 2009.