

工作機械産業における熟練技能者の作業プロセス 可視化に関する研究

An Application to Personnel Training by the Visualization of the Expert Skills in Machine Tool Industries

神奈川大学 湯川 恵子

東京大学大学院 割澤 伸一

要旨

本研究では、我が国の工作機械産業の熟練技能の優秀性を支える人材の育成加速化や教育の効率化を目指し、熟練技能者の思考ないしは経験のプロセスをモデル化し、高度熟練技能人材育成の効果的な教育システムに展開するための方法論を検討した。個人の特性に付随しているために切り離してドキュメント化、マニュアル化、モデル化することが難しかった熟練技能を可視化するために、作業間の関連性に着目した「熟練技能関連表」を作成し、熟練技能者の行う作業プロセスをモデル化することで、熟練技能人材育成の加速化に貢献するものである。

キーワード：

熟練技能・人材育成加速化・作業プロセス可視化・熟練技能関連表・
工作機械産業

1 はじめに

ものづくり産業における熟練技能者の高齢化や若者の現場離れ、少子化などの社会構造の変化から、わが国の熟練技能のスキル低下や崩壊を招く危険性を危惧する声が高まっている。2007年に引き続き2012年問題としてもものづくり産業で取りあげられてきた熟練技能伝承の問題では、少なくともこの5年間で劇的な問題解決がなされたとは言い難く、むしろ「現場力」を維持・強化する人材の不足感に対して、「中途採用」や「ベテランの雇用延長」でなんとか問題を先送りしている状況にあるといえる（ものづくり白書,2012）。

わが国のものづくりを支える熟練技能を取りまく現状を鑑みると、効率的で加速的な人材育成プログラム構築の必要性が喫緊の課題となっていることは明白といえる。そこで本研究では、高度な熟練技能によって1982年から2008年まで生産額で27年間連続世界一の地位を保持してきたわが国の工作機械産業に着目し、その人材育成の現状を明らかにしたうえで、これまで熟練技能者の頭の中や経験に大きく依存して行われてきた作業プロセスを一部可視化することによって教育プログラムに組み込むことで、高度技能人材育成の加速化に向けた道筋を探っていきたい。

2 工作機械産業における人材育成の現状¹⁾

2.1 熟練技能伝承の課題への対応策

熟練技能の伝承課題について、どのような対策を行っているかについて複数回答を求めた結果が図1である。『OJTによる経験の引き継ぎ』が最も多い100%の回答結果になっており、現場において日常業務として教育が行われる姿を反映している。OJTは、技能伝承において伝統的に行われてきた手法ではあるが、人材育成の加速化が求められる現状において、熟練技能可視化に基づく教育プログラムの整備が欠かせないだろう。

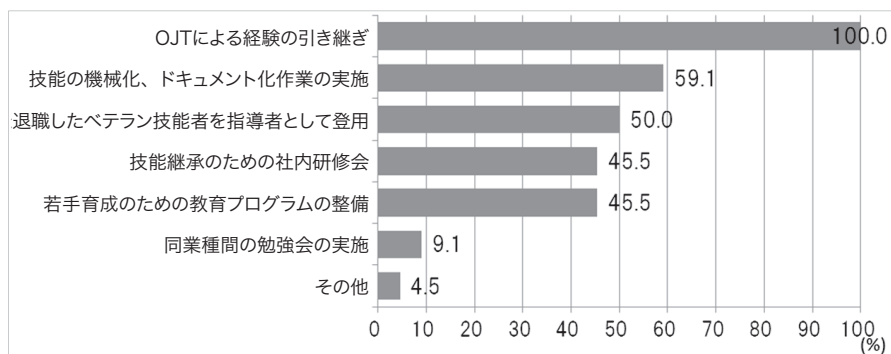


図1 熟練技能移転の課題への対応策（複数回答）

2.2 人材育成上の課題

人材育成していく上での課題について回答を求めた結果が図2である。68.2%の企業は、『人材育成システムを構築できていない』ことが人材育成に対する課題であると回答している。次いで『教える人材が不足している』が59.1%、『人材育成に割く時間が少ない』の45.5%というように、人的・時間的リソースの問題が続いている。

一方で『人材育成に割く資金がない』との回答は0社であった。すなわち、資金と問題意識はあるが、教育のためのシステムと時間、教える側の人材不足で、教育がままならないといった実態がみえる。また『その他』回答では、「各課任せになっている」「人材育成における評価方法が不明確」「教える人材の大量退職が続いており、教える人材も教えられる人材も不足していてデジタル化が難しい領域で簡単なマニュアルはあるがその活用もできていない」といった回答が寄せられた。

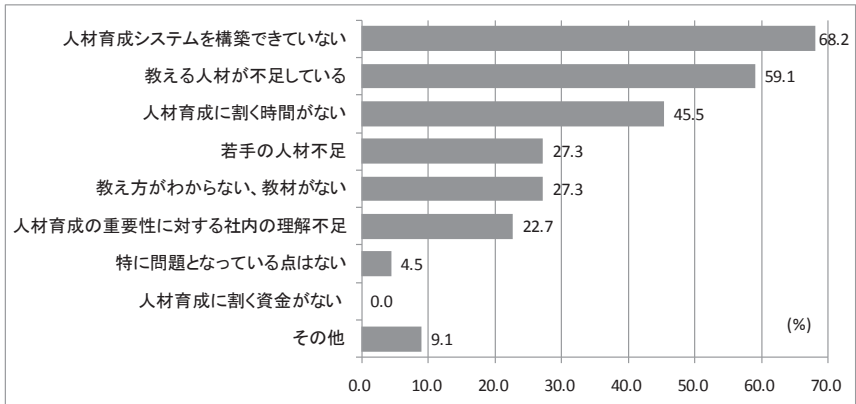


図2 人材育成における課題（複数回答）

2.3 熟練技能の伝承が課題である理由

緊急度・重要度とも高い課題であるにもかかわらず、技能伝承が課題であるのはなぜか、その理由についての結果が以下の図3である。

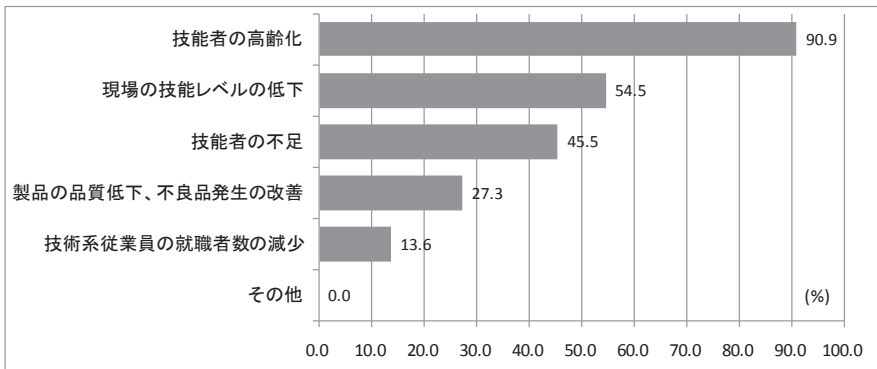


図3 熟練技能伝承の課題（複数回答）

『技能者の高齢化』が最も多い理由となっている。以下『現場の技能レベルの低下』『技能者の不足』と続いている。この結果から可能な推察は、現場における、技能の質・量の低下という現象である。技能者の高齢化によって熟練技能者そのものの減少の問題が顕在化している一方で、若手技能者にその熟練

技能が伝承されないまま現場技能の低下になっているといえよう。特に高い精度を得意とする日本の工作機械メーカーにおいては、熟練技能がうまく伝承されない現状は、すなわち会社のコアコンピタンスが消失しつつあることと同義という印象を受ける。ゆえにこの点は大変深刻な問題であると考えられる。

2.4 人材育成システム未整備の要因

以上の結果から、工作機械産業の人材育成にまつわる現状を概観してみると、「OJTに大きく依存した人材育成」(図1)や「人材育成システムの未整備」(図2)の問題が顕著になったといえる。このようにこれまで人材育成システムが構築されてこなかった背景には、2つの要因があることが推測される。

①OJTによる経験の引き継ぎに依存した人材育成

第一にOJTによる経験の引き継ぎに頼らざるを得ない教育が伝統的にとられてきたことがある。OJTを教育の中核に据えるのは、OJTが現場における現実的な方法であり、そもそも熟練技能は個人の特性に付随しているため、切り離して文書化するには難しいからである。現場への調査からも、OJTのメリットとデメリットを比較して、理由の別を問わずメリットの方が大きいからこそ図1にあるように「OJTによる引き継ぎ」が100%の回答結果になっていることがわかる。

表1 OJTのメリットとデメリット

OJTのメリット	OJTのデメリット
<ul style="list-style-type: none"> ・業務に教育を位置づけるのが現実的 ・作業手順書にかけない所を教えられる ・現場での体験が技能習得の近道だから ・教える側の経験は現場で引き出されやすい ・あいまいなことを教えられる 	<ul style="list-style-type: none"> ・繁忙期はOJTの時間が割けない ・滅多に発生しない事象についてはその作業が出現しないと教えられない (ex.5年に1度しか起きないような事象) ・教える人や部署の忙暇によって教わる側の習熟度にばらつきが生じる

※筆者らのインタビュー調査による

「教えるべき熟練技能や技術が無数にあるのでそれらをラインナップすることは不可能」「滅多に発生しない事象についてはその作業が出現しないと教えられない」「手順書はあるが、ノウハウまでは記述できない」といった声が現場から寄せられていることからわかるように、熟練技能教育がOJTによってなされるべき、あるいはなされているはず、という意見は大変重要な結果である。しかしこれは同時に危険な結果であることも明らかになった。

熟練技能を習熟したか否かは、本質的には入力に対して期待する出力が得られるかどうかということであって、それが教える人によって理解・咀嚼されたうえで受け手に伝えられ、受け手がその本質を十分理解した上で実体験によって獲得されたか、が大切である。この理解が十分に認識されていないために文書化、数値化、機械化などいわゆる技術化をすれば熟練技能は伝承できているといわれたり、熟練技能は表現できないからと片付けられてしまい、十分な理解・咀嚼無しにマニュアル化や手順書にすることで熟練技能を蓄積しようとするので、たとえば熟練技能者が経験をもとに行ってきたような組立誤差の原因を究明し、修正することが若手作業者にはできなかつたりする問題が往々にして浮き彫りになる。特に最近では、デジタルツールは高機能になり、測定ツールも自動で数値を算出してくれるので、当該作業は技術の進歩によって精度が出せると疑いもなく理解される。そのため、熟練技能が真に若手作業者に伝承されたのか、といった習熟度の判断も難しくなっている。

OJTに基づく熟練技能教育を重要視しながらも、標準化や生産性の視点から人の介在する余地を少なくしつつ、デジタルツールなどを活用して客観的な数値などに熟練技能を置き換えながら独自の強みや差別化、競争力の観点から効率的な教育手法を開発していくことが強く求められているのはいうまでもない。

②熟練技能のモデル化による技能流出への危惧

第二に熟練技能を機械化、ドキュメント化、いわゆるモデル化して技能伝承の問題に対処しようとする試みに対して、技能流出や国際競争力を維持できないといった議論が沸き起こってしまうことである。しかし人材育成システム策定のための熟練技能のモデル化は、技能獲得が過去の経験値の上に新たな経験

値を蓄積し共有するスパイラルアップのシステムとして発展してきたものであるため、おいそれと模倣することは難しい。ゆえに熟練技能者の思考や経験のプロセスをモデル化し、人材育成の効率的なプログラムに展開する方法論を模索することは、熟練技能教育の加速化において有効な方法論になるだろう。

そしてこれらの方法論の発見は、「文書化、手順書化、データベース化することによる技能の海外流出や模倣を招く」という議論が、浅薄なものであることを示唆すると考えられる。なぜなら、ここで蓄積される物理モデルは表層的な単なる方法論ではなく、日本という国民性をも含み、熟練技能を取りまく文化や風土と密接なかわりをもつという生産文化論(伊東, 1997)の視点に立っているからである。

確かに個人の特性に付随している熟練技能を取り出して、人材育成システムを構築するのは難しい。しかしわが国のものづくり産業全体を見渡してみると、熟練技能をデータベース化したり、モデル化、機械化、マニュアル化したり、すなわち「見える化」(高井他, 2009)することで、熟練技能人材育成の問題に取り組む試みがはじまっているのも事実である。たとえば平成12-15年度まで経済産業省が推進した「デジタルマイスタープロジェクト」では、設計・製造現場に暗黙知として存在する技能やノウハウを形式知化し、情報技術を活用してソフトウェア化、データベース化する手法等の開発を行うことで、情報技術と製造技術が融合した時間・コスト・品質競争力のある新たな生産システムの構築を図りつつ、高度な技能習得が無くても熟練工の作業に近い作業を短時間に達成しうる加工技術・加工支援技術を開発する試みが行われた。

またNonakaら(1995)が構築した知識創造モデルを土台に、暗黙知としての熟練技能を形式知に変換し、デジタル教材やeラーニングによる人材育成ツールが開発されたり(宗他, 2008)、保守現場における不具合事例共有のための経験の文書化による蓄積(坂上, 2008)など、熟練者の勘やコツといった暗黙的な熟練技能を形式的な技術に置換しようとする試みが各方面でなされている(伊東他, 2009)。経験の蓄積によって特定個人に身に付いている能力や知識を客観化、体系化、標準化し、誰もが共通に使える技術、方法、手順に置き換える試みの重要性が叫ばれているものの、実際の現場ではなかなかうま

くっていないのが現状である。そこでこうした問題を解決するために、次章では熟練技能者が行ってきた作業プロセスを抽出し、作業間の関係性から熟練技能者の思考の一部可視化を試みてみたい。

3 作業項目関連性みる熟練技能者の思考モデルの可視化

3.1 調査のフレームワーク

熟練技能者の行う作業プロセスをモデル化し、これを可視化することで熟練技能人材育成の加速化に役立てていくために、本調査ではこれまで熟練技能者の知識や経験のみに蓄積されてきた不可視の熟練技能を工程や作業との間で関連付けることで「思考モデルの一部可視化」を行っていきたい。ここでは工作機械でも主力機械となるマシニングセンタ²⁾の加工および組立の各作業における熟練技能の関連性から、熟練技能者が知識や経験によって蓄積してきた熟練技能を作業間でどのように関連付けているのかを図式化した「熟練技能関連表」を作成し、熟練技能者の思考モデルの可視化を試みた。熟練技能関連表作成にあたっては、A1の作業に対してA2の作業が関連すると回答した企業数をA1・A2がクロスしたところに挿入して表している³⁾。

3.2 マシニングセンタの加工作業間の関連性分析

「1.プログラム作成」の各作業（A1～A5）で数字が比較的密になっており、各作業と関連性があると回答している企業が多い。一般に、加工順序決定（A1・A2）→ジグ選定・製作（A3）→工具選定・製作（A4）→加工条件決定（A5）、の順に作業が進められるが、それぞれの作業において他の作業を考慮しながら進めていることがわかる。「3.段取り」の各作業（A7～A12）においても「1.プログラム作成」と関連付けていることがわかる。

「4.テストカット」における各作業は想定されるトラブルの有無へと関連し、トラブルが起こった場合には、段取り工程の各作業の再検討が必要であることが読み取れる。「6.トラブルシューティング」の際の「仕上げ面不良」（A26）および「びびり」（A27）が起きた際には、「1.プログラム作成」の「加工条件決定」（A5）との関連を見なければならない点も読み取れる。

表2 マシニングセンタの加工作業における熟練技能関連表

大分類	中分類	小分類	番号	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19	A20	A21	A22	A23	A24	A25	A26	A27	A28	A29	A30	A31	A32	A33			
1)プログラムの作成	加工順序決定	全体の加工順序が分かる	A1		5	6	6	3																															
		細加工順序で加工順序が分かる	A2	2		5	6	2							1																								
	ジグ選定・制作		A3	6	5		1	2		1												1																	
			A4	6	5	3		2				1										1																	
	加工条件決定		A5	2	2	2	2																		1			2	1	1	1								
			A6	1	1	1	1	1																					1	1	1	1	1	2	1	2	1		
2)準備	ジグ取付・交換	図解シート・手順書に基づいて作業できる	A7	2	2	3	3	1						1													2												
		図解シート・手順書がなくても作業ができる	A8	1	1	4	4	1		2								1										1	1										
	工具取付・交換	図解シート・手順書に基づいて作業できる	A9	2	2	2	2	1						1														1											
		図解シート・手順書がなくても作業ができる	A10	1	1	2	2	1				1	1																										
	ワーク取付	図解シート・手順書に基づいて作業できる	A11	2	2	1	1	1			2	1																4											
		図解シート・手順書がなくても作業ができる	A12	1	1	2	2	1			1	2			1																								
	4)テストカット	プログラムの内容が理解できる	A13	3	3	1	1	2										1	1	1	1	1																	
5)生産加工	ワーク取付	図解シート・手順書に基づいて作業できる	A19	1	1					2	1		2	1														1											
		図解シート・手順書がなくても作業ができる	A20			1	1				1	2		1	2																								
	切粉処理	A21																											1	1			1						
	加工収容のチェック	A22						1																						1		1	1						
	計測	A23								1																											2		
	ワーク取付時、誤取り・バリ取り	A24																											1										
6)トラブルシューティング	工具トラブル	A25						2	1																		1	1											
	仕上げ不良	A26			3		1	1	1	1	1	1	1															1	1										
	ひびり	A27			3		1	1	1	1	1	1	1															1											
	加工精度不良	A28			1		1	1	1	1	1	1	1														2			2		1	1	1				1	
	異音・異音	A29																																			2		
7)メンテナンス	機械管理	A30							1																														
	工具管理	A31																																					
	ジグ・取付具管理	A32																																					
	測定具管理	A33																																					

※調査企業24社のうち14社から回答を得た結果

「1.プログラム作成」の各作業（A1～A5）の縦の欄を見るとわかるように、プログラム作成以降の各作業の多くと関連付けていることから、プログラム作成以降の各工程を習得する場合には、早い段階でプログラム作成工程と関連させながら取り組むことが重要であり効率のよい学習となる可能性を示唆していることがわかった。

3.3 マシニングセンタの組立作業の関連性分析

マシニングセンタの組立作業の関連性については、「1.ユニット組立」の「ATC組立（工具交換装置）」（C4）が「マガジン組立（工具収納ユニット）」（C5）と、また「2.下検査精度だし」の作業の中の「各軸真直度精度だし」（C13）・「各軸直角度精度だし」（C14）が「ベース精度だし」（C8）と、さらに「5.検査」の「機械検査」（C28）が「4.設定・調整」の「機械設定・調整」（C28）と、それぞれ5社が関連性を指摘している。なお後者の「2.下検査精度だし」（C8～C15）の作業では、各作業との関連性が複数企業から指摘され、各作業が相互に強く関連していることがわかる。同様のことは「4.設定調整」の「電気設定・調整」（C25）から「6.修正」の「電気・機械検査修正」（C29）の作業においても相互の関連性が観察できる。

表3 マシニングセンタの組立作業における熟練技能関連表

大分類	中分類	番号	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	C12	C13	C14	C15	C16	C17	C18	C19	C20	C21	C22	C23	C24	C25	C26	C27	C28	C29	C30	C31	C32	C33	C34	
1.ユニット組立(サブアッサイ品組立)	ヘッド(主軸)組立	C1		1	2									1									1														
	INDEXキーブル組立(カブリングキーブル)	C2	2		1																		1	1		1											
	NCキーブル組立	C3	2	1																			1	1		1											
	ATC組立(工具交換装置)	C4					5												2	1			2	1		1											
	マガジン組立(工具戻りユニット)	C5					4												1	1			2	1		1											
	ハレットチェンジャー組立(パレット交換装置)	C6																						1	1		1										
	工具長計測装置	C7	1																					1													
2.下検査精度だし	ベース精度だし	C8									4	1	1		2	1	1																				
	リニアガイド取付面精度	C9								3	2	1	1	3	2																						
	テーブル取付-精度出し	C10	1	2	1					2	2		1	2	2	1	1																				
	コラム精度だし	C11								3	3	1		1	2	1	1					1															
	ヘッド(主軸)取付-精度出し	C12	4							1	2	2	1		2	1	1																				
	各軸真直度精度だし	C13								5	4	4	4	3		3	1																				
	各軸直角度度精度だし	C14								5	4	3	4	3	4		1																				
ボールネジ芯精度だし	C15								2	3	1	2	3	2	1	1							2	1													
3.本体組立・総組立	各ユニット取付	C16							1	1	1	1	1	2				1	1			1	1	1	1												
	ATC取付	C17			2																	3	1	1													
	マガジン取付	C18				1															3		1	1													
	ハレットチェンジャー取付	C19					1												1																		
	サーボモーター取付	C20																	1	1	1	1		1													
	油圧・空圧・切削水配管	C21							1										1	3	3	3	2	1			1										
	揺動面カバー取付	C22																								4											
本体カバー取付	C23																						3		1												
電装品組付機関接続	C24																	1	1	1			1	1	1	1	1										
4.設定・調整	電気設定・調整	C25																1	1	1	1	1	1	1	2	1		2									
	機械設定・調整	C26																1	1	1	1	1	1	1	1	1	1		3	1	1						
5.検査	電気検査	C27																1	1	1	1	1	1	1	1	3	2							1			
	機械検査	C28													1	1		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	5				2	1			
6.修正	電気・機械検査修正	C29																										1	2	3				1			
7.修正確認	検査指摘修正確認	C30																										1	1	2	1						
8.運転	出荷前連続運転	C31																																			
9.出荷整備	出荷許可機の整備	C32																																	3	2	
10.梱包・出荷	出荷整備済機の梱包	C33																																	1		
	出荷	C34																																		1	2

※調査企業24社のうち10社の回答を得た結果

以上のように、教える側にとっても教わる側にとっても、熟練技能関連表によって作業項目の関連性を可視化することで、個々の作業の理解や習得を加速化させるヒントを見いだすことができることが明らかにされた。さらに指摘しておきたいのは、昨今の動向として5軸制御のマシニングセンタの普及など、いわゆる従来の工作機械利用に対する熟練技能とは全く異なる新たな熟練技能の展開である。具体的には、それら工作機械の複雑な3次元動作を想定しながら加工順序に関する多くの候補から最適解を求めなければならず、その決定に

においては他の多くの作業項目を考慮しなければならなくなっている。こうした熟練技能の新展開に対しては、一層複雑化する熟練技能に対して、上で見てきたマシニングセンタ加工などの熟練技能の関連性をみていくなかでも、本研究の分析結果をもとにして「プログラム作成」「段取り」といった工程を中心に据えて、関連付けながら人材育成プログラムの中で対応していくことが、1つの熟練技能習得の効果的な方法論になると考えられる。

4 おわりに

技能人材育成加速化に向けて、熟練技能者の頭の中や経験で行われてきたことを一部可視化、すなわちモデル化する試みを熟練技能関連表によってしてみると、「縦（左）の欄の項目（ A_i ）を考えると横（上）の欄の項目（ A_j ）を関連付ける」という行為は、 $A_i \rightarrow A_j$ という思考の流れを表していると考えることができる。少なくとも、 A_j から A_i へ思考が戻る、あるいは、相互を行き来するという思考の流れを想定できるが、 A_j の先の関連付けを縦の欄の A_j から追えば、 $A_i \rightarrow A_j \rightarrow A_k$ という思考の流れを想定することも可能である。例えば、表2から、加工条件決定（ A_5 ）→工具トラブル（ A_{25} ）→加工条件決定（ A_5 ）という思考のループが観察される。この流れを熟練技能関連表で一つひとつ追うことで、熟練技能者がある作業を行う際に、他の作業の何をどれだけ意識して当該作業に当たっているのかという思考モデルを一部可視化することに役立つものとなったといえよう。

しかし今回のアンケートでは、単に関連のあるものを列挙していただいたので表2・3から思考の展開をとらえるには十分なデータではないが、思考展開を意識した問い方にすれば、熟練技能者の思考モデルの可視化が可能になりそうである。例えば、社内の熟練技能者にアンケートを行って頻度表を作成したり、さらに、0・1の回答ではなく関連性の強度に応じた重みを付ければ、より有効な熟練技能関連表、並びに思考モデルの可視化が完成するだろう。今回の調査は、工作機械産業のごく一部の熟練技能の整理に留まっているので今後は、広く拡大していくと同時に調査から得られた知見が現場において人材育成加速化に寄与するものとなるか否かも精査していきたい。

注

- 1) ここでの調査結果は『工作機械産業にみる熟練技能の技術への置換可能性—生産文化論的視点からの人材育成加速化への取り組み』（財団法人工作機械技術振興財団研究助成、2010年）にて行った調査結果となっている。なお財団は2012年5月1日に公益財団法人に移行しているが助成当時の名称のまま表記している。
- 2) マシニングセンタとは、主として回転工具を使用し、工具の自動交換機能を備え、工作物の取付け替えなしに、多種類の加工を行う数値制御工作機械のこと（日本工業規格JISによる）。
- 3) 本調査は、一般社団法人日本工作機械工業会（2012年4月に一般社団法人に移行）の技術委員に登録されている工作機械メーカー各社にアンケート調査を行った。全62社中24社の回答を得て回収率は39%であった。調査は2010年4月に実施した。本調査では工作機械メーカーの主力製品であるマシニングセンタの加工および組立工程を取りあげ、「他の作業との関連性」の項目で点数化し、クロス集計した結果から分析した。

参考文献

- 伊東誼（1997）『生産文化論』日科技連。
- 伊東誼・水野順子（2009）『工作機械産業の発展戦略:日独亜の実力』工業調査会。
- 坂上聡子（2008）「保守現場における技術者知識の共有化の課題と実例」『システム制御情報学会誌』Vol.52, No.4 ,pp.142-147.
- 社団法人工作機械工業会編（2010）『工作機械統計要覧2010』。
- 高井紳二・宮崎洋（2009）『技術ブランド戦略』日本経済新聞社。
- デジタルマイスタープロジェクト制度評価検討会編（2005）『デジタルマイスタープロジェクト制度評価報告書』。
- 中村肇（1994）「製造業における技能伝承に関する研究」『三菱総合研究所報』No.25, pp.44-85.
- 日本工学アカデミー編（2008）『EAJ Information 作業部会報告 21世紀型ものづくりと社会へのメッセージ』No.136, March 1, 2008.
- 藤本隆宏（2004）『日本のもの造り哲学』日本経済新聞社。

- 宗陽一郎・江部宏典・中村英夫（2008）「技能継承活動支援システムの開発：溶接技能教育での試行導入システム」『システム制御情報学会誌』Vol. 52, No.4, pp.136-141.
- 湯川恵子・割澤伸一（2010）『工作機械産業にみる熟練技能の技術への置換可能性—生産文化論的視点からの人材育成加速化への取り組み』財団法人工作機械技術振興財団.
- Ikujiro NONAKA and Hirotaka TAKEUCHI (1995) The Knowledge-Creating Company, Oxford University Press.
- NEDO “第1回「デジタル・マイスター・プロジェクト（ものづくり・IT融合化推進技術）の研究開発」（事後評価）報告書”，<http://www.nedo.go.jp/content/100092028.pdf>（参照日2011年6月20日）.
- Shin'ichi WARISAWA (2006) “Forerunning Approaches to Thought-Model Based Manufacturing - Visualization of Thought Processes in Design” Yoshimi ITO and Klaus RUTH (Eds.) , Theory and Practices of Manufacturing Culture, Synergy of Culture and Production , Vol.3, artefact Verlag , pp.265-286.

謝辞

本研究は科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）若手研究（B）「工作機械産業における熟練技能の技術への置換による人材育成システムの提案」（平成23-25年度）の助成を受けて行われたものです。また本研究は公益財団法人工作機械技術振興財団の研究助成による予備研究を経て行われています。関係各位に記して深く感謝申し上げます。また調査の段階でご協力いただいた匿名の工作機械メーカーならびに関係団体の皆様にもお礼申し上げます。

Key Words :

Expert skills, Personnel Training, Visualization, Operation Planning List, Machine Tool Industries