

人間の熟練機構に関する研究

A study on a mechanism of human skill improvement

研究代表者 大阪大学工学部電子制御機械工学科助教授 小野里雅彦

Associate Professor, Department of Mechanical Engineering for
Computer-Controlled Machinery, Faculty of Engineering, Osaka University

A mechanism of human skill improvement was analyzed and a model of the mechanism was proposed. First, expertized works are categorized into four types. Scraping, one of the most expert works in manufacturing, was analyzed and main features of scraping experts was extracted. Then, a schema of task processing by human experts was proposed and some hypotheses about human skill improvement are set up. Lastly, two experiments were carried out for the verification of the hypotheses.

研究目的

近年、生産設備の自動化と熟練技能者の高齢化、さらには生産現場の海外移転に伴い、生産現場における技能の継承が大きな問題となっている。熟練技能はより高機能、高品質を実現するものづくりにおいて中核をなしているものであり、生産設備の自動機器の開発においても人間の有する巧みな技能は必要不可欠である。そうしたことから、熟練作業者のもつ優れた技能を機械システム上に実現しようとする試みもいくつか始められている。

そうした人間の技能を機械へと移植するという研究開発を実施する上で、最も重要かつ基本的なことは、熟練作業者はいかなる技能を有しており、それがどのような仕組みと過程を経て獲得されていくのか、ということである。従来、人間の単純な動作に対する習熟というものは、運動生理学や作業研究などの分野において多くの研究が行われてきた。しかしながら、生産現場における熟練作業という、より高度で複雑な作業に対する熟練という問題に対しては、

今後の課題となっている。

本研究も目的は、人間の熟練作業というものを可能としている仕組み—熟練機構—に対して、そこで生じる現象をより合理的に説明できるモデルを提示することを目的としている。そのために、まず熟練作業の分析を通じて仮説を立て、種々の作業実験を通じてその仮説の有効性を検証し、モデルを構成していくことを行う。

研究経過

本研究は主に次に示す四つの項目に関して実施された。

- (1) 熟練作業の分類
- (2) 特定の熟練作業の分析
- (3) 熟練機構のモデルの提案
- (4) 実験によるモデルの検証

これら各項目についての研究経過を以下に順に述べていく。

(1) 熟練作業の分類

一言に熟練作業といっても、それは非常に多様な作業内容を含んでいる。本研究ではまず、熟練作業をいくつかのカテゴリに

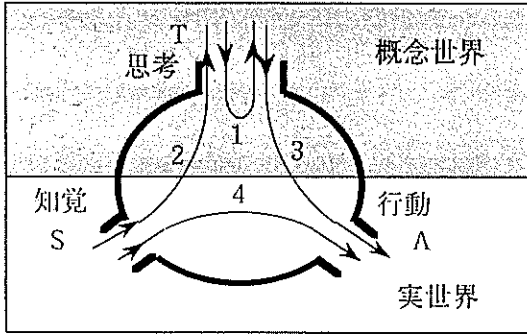


図1 作業の基本要素と作業における関連

表1 作業の分類と代表例

I O TYPE	例	#
T T 情報型	設計、スケジューリング	1
S T 認識型	鑑定、検査	2
T A 創成型	彫刻、速記、タイピング	3
S A 手作業型	きさげ、磨き、組立	4

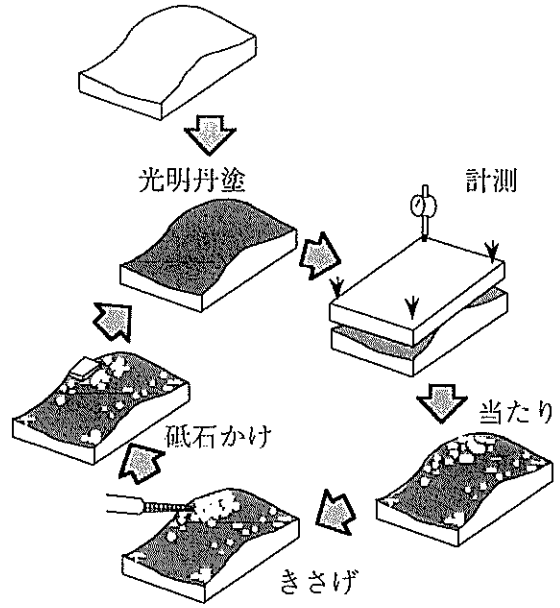


図2 きさげ作業の基本手順

分けることを行う。作業を分類する上で、作業の基本要素である、

- ・感じる (知覚：S)
- ・考える (思考：T)
- ・行う (行動：A)

の3つを考え、それらの相互関連により作業を分類する。すなわち、実世界からの情報の取得である知覚、実世界への働きかけである行動、そして言語などの概念世界からの入力を受け取る思考を考え、作業において何を入力とし、何を出力とするかを考えると、作業は図1に示すような4つのパターンが導出される。この4つのパターンに対して名前付けを行い、代表的な例を記したものを表1に示す。

同じ熟練作業といっても、情報型のスケジューリング作業と手作業型の磨き作業とでは熟練に関わるメカニズムが大きく異なることが予想される。そこで、本研究においては、現在、継承が最も急がれる手作業型の熟練作業を対象を絞り、熟練作業の分析を実施することとした。

(2) 特定の熟練作業の分析

手作業型の熟練作業の代表的な例として、本研究ではきさげ作業を取り上げ、分析を行うこととした。きさげ作業というものは、「ノミ」のような形状をした刃工具を金属面に押し当てて、薄く表面をそぎ取る作業であり、工作機械の摺動面などの仕上げ作業として行われる。きさげ作業の主な流れを図2に示す。

本研究では工作機械メーカーである大阪機工(株)の協力を得て、熟練作業への聞き取りおよびビデオによる分析を行い、きさげ作業の調査を行った。その結果として多くの知見が得られたが、それらの中で主要なものとして、

- ・作業の単位を行うモジュールの存在
- ・モジュール間での連携の形成
- ・作業のリズム化による合理的動作の実現
- ・知識による不確定性への対処
- ・作業におけるイメージの有効性

などの存在を仮定することで、熟練技能者の特性を説明することができると考えた。

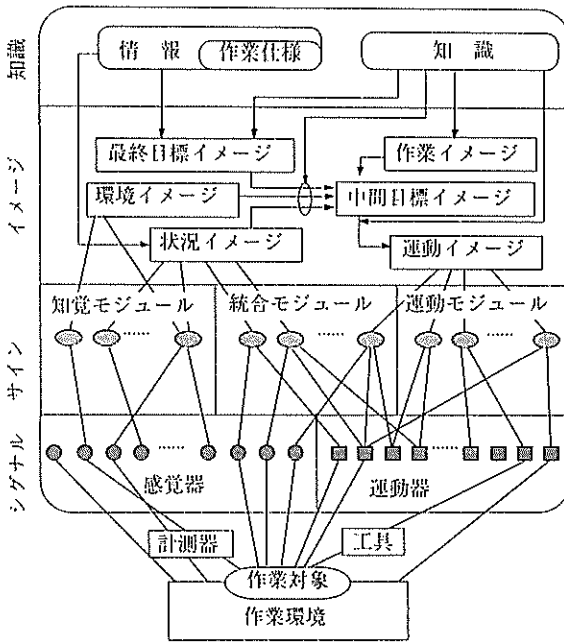


図3 手作業型の熟練作業のスキーマ

(3) 熟練機構のモデルの提案

先に述べた分析に基づき、まず、人間が手作業型の熟練作業であるきさげ作業を行う際に、内部で行われていることがらのスキーマを図3のように考えた。これは、内部での情報のレベルとして、<シグナル—サイン—イメージ—知識>という、4つのレベルの存在を仮定し、それらの相互関連の中で、きさげ作業が遂行されていくものと考えた。

処理の主な流れを以下に説明する。作業対象および作業環境からの情報は直接または計測器等を通じて感覚器への刺激として入力される。入力された刺激（シグナル）は知覚モジュールによりある意味を有するサインへと変換される。さまざまなモジュールからのサインにより作業対象の状況および環境のイメージが想起される。知識レベルでの作業仕様や知識などから生じられた最終目標イメージや作業イメージより、作業の中間目標イメージが生み出され、それに対する運動イメージが形成される。運動イメージは運動の構成要素を実行する運動モジュールを制御し、運動



図4 模擬きさげ作業の様子

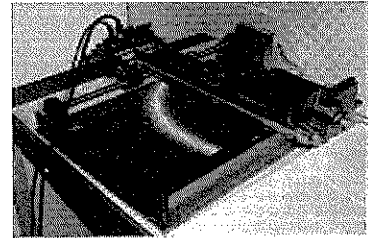


図5 きさげ面計測装置

モジュールが関連する運動器（筋肉）を動かす。以上の流れとは別に、知覚と運動を連合してさまざまなフィードバックを可能としたり、能動的な知覚を実現するための統合モジュールの存在が仮定される。

こうしたモデルを仮定した場合、熟練の仕組みがどのように説明できるかを考えてみると、

- a)各デバイスの性能向上
- b)モジュールでの最適なデバイスの組織化
- c)サインから想起されるイメージの詳細さの向上
- d)変換や予測などイメージ処理能力の向上
- e)イメージと知識との適切な組織化
- f)知識レベルでの知識の充実と知識に対する論理的推論能力の向上

などが考えられる。本研究ではこうした熟練に関わる処理機構の変化を検証することを目的にいくつかの実験を行った。

(4) 実験によるモデルの検証

上記のスキーマに基づく熟達の仮説を検証

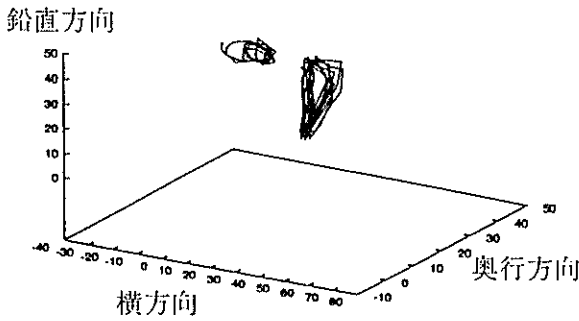


図6 お手玉の両手の運動軌跡

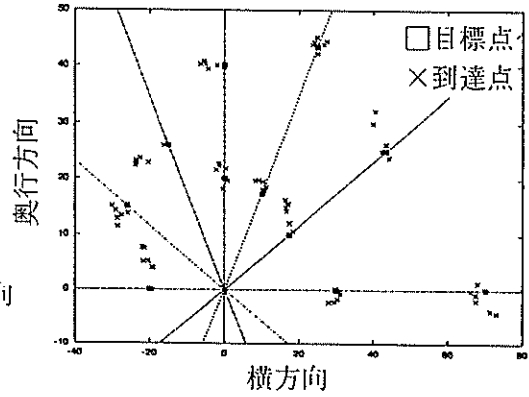


図7 上腕の位置決め精度の分布例

することを目的にいくつかの実験を実施した。ここではそのうちの2つについて紹介する。

a) 模擬きさげ実験

まず、熟練作業の分析対象としたきさげ作業を模擬した作業を条件を変えて研究室内で行い、経験量に伴う作業の達成度の評価を行った。ここではロウで作った不整面を定盤とのすり合わせと工具での削り取りのサイクルを繰り返して所定の平面度の平面に仕上げる課題を行わせた(図4参照)。その際に、作業面を図5に示した機器を用いて計測し3次元表示したものを提示したグループと提示しないグループとに分け、上達の度合いを評価した。その結果、状況イメージの想起を助けることにより、目標のイメージの形成と作業結果の評価が容易となり、より速やかに上達する傾向を示した。

b) お手玉の動作分析

知覚および運動モジュールの組織化と、熟練に伴う作業のリズム化を調べるためにお手玉動作における投げ上げと受け取りを行う手の運動軌跡などを現在、分析している。これまでのところ、お手玉の継続回数と投げ上げ動作を行う右手の軌跡(図6)の安定性との間の正の相関などが得られた。また、お手玉のサイクルという時間制約下における注意の配分に関しても現在分析を行っている。

研究成果

本研究の成果を以下にまとめる。

- (1) 熟練作業を、作業への入出力関係より整理を行い、4つのタイプへと分類した。
- (2) 手作業型のきさげ作業の分析を行い、熟練技能者のもつ特徴を明らかにした。
- (3) 作業遂行での基本的な処理機構を示し、熟練がどのようなプロセスとして実現されるかについての仮説を提示した。

今後の課題と発展

本報告で述べたモデルを検証するにはまだ多くの実験と認知科学、神経生理学などの観点からの検討が必要である。現在、熟練を可能とする処理機構のより詳しいモデル化と、モジュールの形成過程などを含んだ作業の熟練過程の詳細な分析を実験を通じて行っている。また、人間の運動や空間知覚に関する基本データの収集・整理も、手作業型の熟練を解明する上で重要な課題となる(図7参照)。

発表論文リスト

<口頭発表>

小野里他：人間の熟練機構の解明とそのモデリング(第2報),1995年度精密工学会秋季大会講演論文集,pp.741-742, 1995.