

# 次世代に期待されるマシンシステム技術 — 熟達マシンシステム —

## Machine System Technology in Next Generation — Proficient Machine System —

正 寺本孝司 (阪大工)      正 岩田一明 (阪大工)      正 小野里雅彦 (阪大工)      正 平井慎一 (阪大工)

Kouji TERAMOTO, Osaka University, 2-1, Yamadaoka, Suita, Osaka

Kazuaki IWATA, Osaka University

Masahiko Onosato, Osaka University

Shinichi HIRAI, Osaka University

This paper illustrates a concept of Proficient Machine System (PMS) as a novel machine system in next generation. PMS has the function to execute a dextrous task by learning skill from human expert or self-experience. The system also has the function to adapt the environmental variation. It is expected as an autonomous manufacturing machine, human cooperative machine system, media of skill transfer, and so on. Active researches have been started in order to construct a fundamental theory named "Evolutionary theory on skill and *kansei* in behavior space". At present, collection, systematization and modeling of skill are discussed as research topics.

**Key Words:** Proficient Machine System, Skill, *Kansei*, Evolution, Behavior

### 1 はじめに

次世代の生産システムにおいて、作業の遂行を担うマシンシステムに期待される機能を考えると、人間との親和性、マシンシステムの基本的能力の向上、環境や作業の変化への柔軟な適応、などが挙げられる。このような機能は現在の教示再生を基本としたマシンシステムにおいては、実現が困難であるか、実現のために膨大な費用や手間をかける必要があるからである。このことは、現在のマシンシステムの基本的な動作原理である教示再生型マシンシステムの枠組に代わる新たなマシンシステムの基盤技術に対する期待であるともいえる。本稿では、次世代に期待されるマシンシステム技術の候補として、技能を獲得しつつ作業を遂行するマシンシステムとして提案されている、熟達マシンシステムの概要について報告する。

### 2 技能を有するマシンシステムへの期待

前節で挙げた次世代のマシンシステムに対する要求は、熟練した作業者が有する高能率で柔軟性の高い作業遂行能力の人工物による実現に対する期待と、現在のマシンシステムの教示の複雑さや変化への適応能力の欠如に対する不満の双方に起因していると考えられる。そして、これらの期待から導かれるマシンシステムの形態の一つは、技能を有して人間と親和するマシンシステムであるといえる。

また、近年、人間の有する技能の重要性について、さまざまなところで指摘されている<sup>(1)(2)(3)(4)</sup>。これらの指摘では、技能の枯渇によって生じる問題点や技術革新の原動力としての技能の役割などが指摘されており、技能の伝承や継続的な発展を実現するための取り組みの必要性が指摘されている。技能の伝承や発展を考えるためには、人間の有する技能や熟練の本

質的な解明が不可欠であると考えられる。

このような技能を取り巻く環境の中で、人間の技能や熟練に着目した新たなマシンシステムの構築は、技能の解明のための検証装置としても有益な試みであると考えられる。

著者らは次世代の基盤技術として熟達マシンシステムを提案し、多くの研究者ならびに企業と研究を進めている。現在までに、ニーズの評価<sup>(5)</sup>、プロトタイプシステムに関する基礎研究<sup>(6)</sup>、技能のモデル化のための研究<sup>(7)</sup>などが検討されてきた。本稿では、特に熟達マシンシステム概念と現在取り組まれている理論面での基礎研究について概略を示す。

### 3 熟達マシンシステム概念

熟達マシンシステムは、多様な人間から技能や熟練を獲得するシステムを持ち、作業やプロセスなど種々の行動を学習・認知しながら、環境変化に適合できるように技能や熟練を向上・進化させるメカニズムをもつマシンシステムである、定義される。

熟達マシンシステムの研究開発のためには、さまざまな熟練作業への能動的適応能力を持つ技能獲得マシン、環境変動への適応が可能な環境適応マシンの研究開発が必須である。また、進化的側面からはハードウェアとソフトウェアを含む、マシンシステムを構成する自己組織を再構成する能力を持つマシンが必要であると考えられる。プロセスのイノベーションを考慮すると、作業に適した新たなハードウェア要素、ソフトウェア要素を構成する能力も求められる。さらに、熟達マシンシステムでは、人間の熟練技能の獲得や作業環境内での密接なコミュニケーションが不可欠である。設計論的には、ハードウェアとソフトウェアを順々に設計するのではなく、それらを相補的に設計

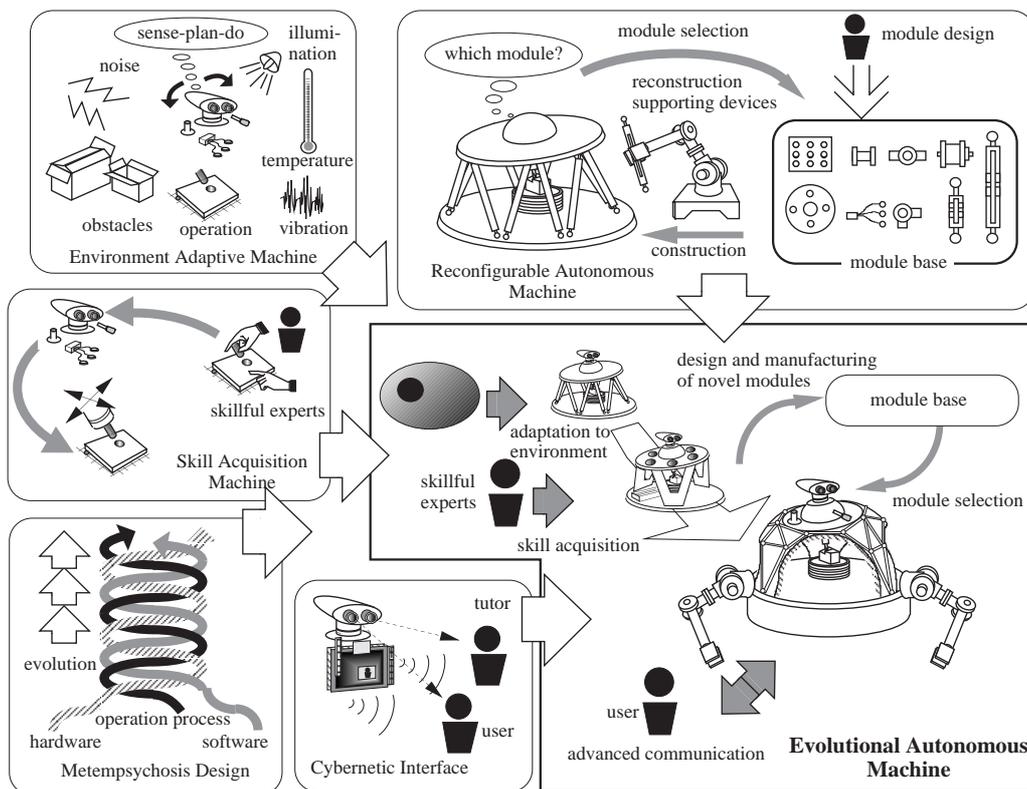


Fig. 1 Basic concept of Proficient Machine System

し、高い機能を実現する仕組みが必要である。

#### 4 熟達マシンシステムに関する研究の現状

熟達マシンシステムに関する背景理論として、“行動空間における技能・感性の進化理論”と呼ばれる理論の構築を目指して研究が行なわれている。これは、マシンシステムが実世界において作業の遂行を通じて獲得する技能のモデル化を目指したもので、即応的な反射行動から熟考に基づく行動にいたる多様な行動の獲得と生成に関する理論的な背景を与えることを目的としている。

理論の検討にあたっては、思考と学習、知覚と行動、制御とメカニズム、インタフェースの4つの側面からの検討を行なっている。具体的には、思考と学習に関連しては、熟考を行なうこと自体の合理性をも考慮した形での推論の実行に関する検討が行なわれている。知覚と行動に関しては、強化学習の枠組を、タスクの明確化、内部表現の構成、前提知識のロボット学習スキームへの変換、などに関する検討が行なわれている。制御とメカニズムに関しては、高分子面型アクチュエータなどの冗長自由度を持ったメカニズムや柔軟物のハンドリングといった具体的な制御対象における学習システムの構築を通して可熟達性という概念の提案を試みている。インタフェースに関しては、感覚錯誤を利用した新たなインタフェースに関する検討が行なわれている。

#### 5 結論と今後の課題

本稿では、次世代の生産システムにおける新たなマシンシステム技術の候補として、熟達マシンシステム概念について示した。今後は、思考と学習、知覚と行動、制御とメカニズム、インタフェースといった諸側面に関する議論を集約した技能に関する総合的なモデルの構築が期待される。

なお、本稿の内容は熟達マシンシステム開発委員会での議論の一部を集約したものであることをここに記して委員会メンバー諸氏に謝意を表する。

#### 文献

- (1) “特集 技能をどう継承するか”，日経メカニカル，1993.4.5，pp.12-32(1993)
- (2) “特集：技術と技能の伝承”，日本機械学会誌，Vol.97，No. 903 (1994)
- (3) “特別企画” 技術・技能”をどう伝えるか”，機械と工具，Vol.39，No.5，pp.52-76(1995)
- (4) 森和夫，“ハイテク時代の技能労働”，中央職業能力開発協会，(1995)
- (5) “「熟達マシンシステム」の開発に関する可能性調査研究報告書”，大阪科学技術センター熟達マシンシステム開発研究委員会，(1994)
- (6) “熟達マシンシステムの調査開発”，新エネルギー・産業技術総合開発機構，(1995)
- (7) 岩田一明，“生産のための熟達マシンの開発研究”，平成5年度科学研究費(試験研究(A))研究成果報告書，(1995)