技能のデジタル化*

Digitalization of Human Skill in Manufacturing

森 和男**
Kazuo MORI

1. はじめに

1980年代以降、熟練技能の枯渇への危機感や人間のもつ高度な能力への知的興味の高まりなどを背景にして、人間のもつ技能の理解と工学的な実現、支援などへの関心が高まってきた。とりわけ、団塊の世代が定年を迎える2007年を契機に、企業内で必要な技能が喪失することに対する危機感が非常に高まっている。そのため、社会の急速な情報化と相まって、技能をITによって継承、支援しようという「技能のデジタル化」の機運が2000年以降広がりをを見せてきた。ここでは、ものづくりを対象に技能のデジタル化の現状を振り返り、その進展によって変革する将来のものづくりの姿を想像してみる。

2. デジタル化のねらい

「技能とは何か」。この本質的な問題に対して、ものづくりのみならず医学、工芸、スポーツなど多くの分野で議論されてきた。しかし、技能の本質が統一かつ体系的なレベルに到達する段階にはいまだ至っていない。そのため技能は様々な解釈されている¹⁾。筆者らは切削やプレス、めっきなどいわゆるものづくり基盤加工技術といわれる分野を対象にして、技能が対象作業との相互作用を通じて経験の継続で獲得された人間のもつ自発的行動や能力と考え、「手さばき、器用さ」、「感知力、感覚力」、「技術知識、経験知」、「問題発見・解決力」の4つの要素で構成されるとした²⁾。さらにこれら4つの要素は、前者2つが運動・感覚的技能、後者2つが知的技能としてまとめられる。

技能のデジタル化の定義も統一したものはないが、「技能を表現できるアルゴリズムを科学的・工学的方法に基づく分析的アプローチで抽出・明示化し、さらに、構成的アプローチによってアルゴリズムを再現できる人工物（機械システム）を実現し、これを通じて対象作業に対する技能者のもつ行為や能力の代替や人間に対する支援を行うこと」と考えている。こうした概念を図1にまとめる。す

なわち「デジタル化」とは、単に技能を形式知化あるいは科学的に解明するだけでなく、その結果を人工物として反映・利用することまでを含んだ概念といえる。

3. これまでの取り組みと将来像

3.1 運動・感覚的技能の機械的实现

これまでの技能のデジタル化に向けた取り組みは、熟練者の作業を機械で置き換えたい、新しい問題に対応できる機械をつくりたいという工学的目的が主であった。つまり、「人-人工物」系を「人工物-人工物」系に転写して利用する技術の開発である。そのためのアプローチとしては、熟練技能者の動作解析や作業解析を通じて一般性の高い4要素の因果律を抽出するという工学的手法が中心である。主な成果としては、組立や磨きロボットなどの自動化機器などが挙げられる。

ところが、こうした従来型自動化機器に見られるような運動・感覚的技能を中心とした技能の「代替」あるいは「模倣」ともいえるアプローチから生み出された機械システムは、依然として手続き的な処理による限界は超えられないという問題を抱えたままである。しかし、製造現場では将来とも熟練技能者の不足が予想されるため、この流れは今後ともデジタル化の主流の1つと予想される。将来、

図1 技能のデジタル化のアプローチ

*原稿受付 平成20年7月16日

**正会員 栃木県産業技術センター（栃木県宇都宮市刈沼町367-1）

森 和男

1980年東北大学大学院機械工学専攻博士課程修了。同年、工業技術院機械技術研究所（現、産業技術総合研究所）入所。2006年4月より現職。生産システムのインテリジェント化、技能のデジタル化などの研究に従事。

機構や制御技術の進展により自動化機器のもつ「手さばき、器用さ」は確実に向上し、人間型ロボットに類するような自動化機器は着実に生産現場に浸透していくであろう。

3.2 知的技能の情報処理的アプローチ

一方、知的技能のデジタル化は、技能者の思考過程を情報処理モデルとして取り扱うことが一般的である。その主な適用問題はパターン認識、高速プランニング、フレキシブルな解の導出、運動システムの制御機能などである。代表的な人工物にエキスパートシステムが挙げられる。ところが、コンピュータは記号化された論理命題を形式的に組み合わせ、別の論理命題を導くことしかできない。技能者は、注目すべきことは何なのかを一瞬にして選び取り、そして行動を起こすことによって直面する問題がいかんして解決されるかを直感的にすばやく判断できる。これは現在のコンピュータにはできない。このように技能者の情報処理は、非言語性、状況依存性、身体性、行為依存性、社会的状況依存性など現在の情報処理アプローチでは説明のつかない課題が含まれている。今後、人間科学分野との一体となった研究開発の活発化により、こうした課題が融合される技術開発が加速されてくるであろう。

3.3 人と機械システムの協調

従来の技能のデジタル化の成果は、作業負荷から人間を解放することが可能な自動化システムによる省人化を意図したものが中心であった。これは、人と自動化システム間でそれぞれが担当する作業の独立性が保証されていると効果が発揮される。しかし、今後技能の獲得原理の解明が進展すれば、このような単純な人とシステム間の「分業化」あるいは「不連続性」の構図に沿ったデジタル化ではなく、両者の真の協調が図られたシステムが登場するであろう。

1つの具体的イメージとして、人とシステム間において双方対等な立場でインタラクションと行動多様性を許容し、両者の能力と関係が相乗的に進化するような環境を実現する協調形態が考えられる。例えば、人が作業処理している場合には、背後でシステムは人の挙動を内面に存在する「意図」にまで踏み込んだ解釈を行い、操作の抜けや誤動作への警告、また必要に応じて補填操作を自動的に行う機能の実現である。ポストセル生産方式にはこうした機能が実現していくであろう。

技能のデジタル化が進展すれば、人の心をシステムに、システムの心を人に伝えることができる。これにより、人-人工物系を一体化して制御するシステムの構築が可能になる。これにより、品質がより安定した生産システムのみならず、航空機や車などに代表される機械システムにおける人為的不具合や災害が根絶できる道が開けよう。さらに、人を内包した系の複雑な動態の究明が学際分野としての研究発展も促し、単に人-人工物だけではなく、「組織の技能」とも呼べる企業や団体の技能解明までに発展し、企業のものづくり強化に向けてのシステムティックな方法論

への展開も期待できる。

4. 技能と IT が融合した次世代自動車生産工程

ところで、ここまでの議論はいささか概念的になり過ぎた嫌いがある。そこで、最後に自動車生産工程に絞ってより具体的な近未来の技能のデジタル化を、技能と IT 化の融合という観点から(社)自動車技術会の調査報告書を中心に眺めてみたい³⁾。

報告書によると、「作業員による高い技能や改善・工夫」という現場の技能を高めることによる高い競争力を確保することが重要と考え、これを IT システムとの融合による実現課題として示している。報告書では次の4つの項目に整理し、将来の実現環境が紹介されている。

① 高度技能者の意思決定支援システム

センシングやシミュレーション技術の進展により、カン・コツの定量化が進み、品質のばらつき要因の特定が高度熟練者でなくてもできるようになる。また、作業ノウハウもデジタル化され、予防保全や自動故障診断も可能となる。

② バーチャル作業習熟システム

生産設備を仮想空間に構築することにより、バーチャル環境の中で作業性評価や訓練、危険予知、不具合対応などの訓練が繰り返し行えるようになる。

③ 技能も含めた生産工程の事前検証システム

試作レス、短期間での立ち上げが可能となる設計段階からのシミュレーションが実現する。さらに、バーチャル空間内での作業性の検討が可能となり、そのデータを用いて生産管理シミュレーションまで応用可能となる。

④ 用語標準化をベースとした知識・技能のデータベース

用語の統一・標準化により、知識技能を共有化するためのデータベースが構築され、意思決定、情報伝達のスピードアップが図られるようになる。

5. お わ り に

ものづくりを中心に、技能のデジタル化の未来像を眺めてきた。デジタル化としては、人のもつ技能の科学的解明を主なアプローチと考えてきた。これは、人が絡むものづくりの世界では、今後ますます重要な研究課題となろう。一方、もう1つのデジタル化としての忘れてならないアプローチは、ものづくりそのもののメカニズムの科学的解明である。プロセスに潜む不確実性への対応が技能の大きな役割でもあるからである。「技能のデジタル化」はものづくり発展のキーワードになることを期待したい。

参 考 文 献

- 1) 機械工学便覧 デザイン編 β7 生産システム工学, (社)日本機械学会, (2005) 179.
- 2) 中小企業の新しいものづくり, 中小企業庁編, 通商産業調査会, (2000).
- 3) (社)自動車技術会, 「技能のデジタル化と次世代マニファクチャリング」シンポジウム資料, No. 07-02 (2002).