

加工技術・技能継承支援ツール「加工テンプレート」の開発

(独) 産業技術総合研究所 岡根利光, 服部光郎, 松木則夫

1. はじめに

我が国には、高度部材産業集積と基盤技術を有する中小企業群が存在しており、こうした高度部材・基盤技術産業集積を形成していることが、我が国ものづくりの強みの源泉である。これら中小企業では、熟練技能者の技能を活用することで持続的な創意工夫を生み出し、結果、川下産業の高い国際競争力を維持してきた。

一方で、ものづくり中小企業の「強み」の核となる技術、技能、ノウハウ等は、これまで熟練技能者の暗黙知として培われてきたが、当該技能者が高齢化し引退時期になりつつある昨今、これらの技能の喪失が懸念されており、技能継承が重要な課題として認識されており、いわゆる2007年問題としてとらえられている。この結果、将来の国際競争力の大幅な低下につながるものが危惧されている。

デジタルものづくり研究センターでは、これら中小製造業の国際競争力の強化を図ることを目的として、製造技術に関わる中小企業のものづくりの技術・技能、ノウハウ等を円滑に継承するための研究開発および、個々のユーザーにあったソフトウェア環境の構築を可能とするための研究開発を進めている。前者の成果は、IT技術の利用により、中小企業の日々の業務の中で、自然に技術・技能の継承ができるようになることを目標にシステム開発を行い加工技術・技能継承支援ツール「加工テンプレート」として纏め、ものづくり企業での活用を図る計画である。

本報では、当研究センターが行っている加工技術・技

能継承支援のための研究開発とともにその成果としての加工テンプレートについて報告を行う。

またこの研究開発の一部は、2006年度より3年間の計画で中小企業庁・NEDOにより進められている中小企業基盤技術継承支援事業を理化学研究所と共同で受託して進めている。

2. 対象とする技術・技能と対象加工法

2004年2月に近畿経済産業局において纏められた技術・技能継承に関するアンケートによれば、中小企業から挙げられた課題として、「人材育成に割く時間がない」、「効率的な人材育成システムを構築できない」が上位に挙げられている。また、中小企業が今後最も充実させたい技能人材として挙げられているものは、「製品の仕様変更・試作品製作等、幅広い製作要求に柔軟に対応できる能力」であった。

この熟練者が持っている「幅広い製作要求に柔軟に対応できる能力」とは、例えば、加工方法の考案・選択・工夫・条件設定・設計の際に現れる課題に対し幅広い知識を持って問題解決ができる・トラブルへの迅速な対応ができる・技術の高度化により解決できる技術・技能であるといえよう。多くの中小企業にとってその競争力の源泉は、「その人のみが感覚的・身体的に保有している技」いわゆる「手わざ」的な技能では無く、熟練技能者が長年の経験、作業従事から身につけた判断力、ノウハウ等の知識としての技能である、と位置づけていることが特徴的である。そこで本研究開発では、熟練技能者が、

表1 熟練技能者の様々な能力と本研究開発で対象とするノウハウ

能力分類	熟練技能者の能力				
	段取り能力		作業中能力 (感知力に基づく)		その他
	設計力	調整力	判断力	手わざ	クレーム対応力など
現場のノウハウの例	・多数個取りの湯道方案设计 ・押湯配置設計	その日の天候に応じて添加剤の量を調整	・出湯タイミング 「今、取り出せ」	・注湯作業 ・型込め作業 ・バリ取り作業	新たなクレームに迅速に対応できる
測定の難易度	容易	比較的容易	比較的困難	困難	困難
対象とするノウハウ	◎	○	△	×	×

どのような作業ポイントで、どのようなことに着目して、どのように判断を下しているかといった知識・判断能力に対して、これを抽出して蓄積する手法を中心に研究を進めている。

表1は、熟練技能者の持つ様々な技術・技能と本研究開発で対象とするノウハウを整理したものである。ものづくり製造企業が円滑に継承を求めている技能・技術、熟練者のノウハウ測定の難易度の観点から見ても、本研究開発では、設計力、調整力を対象にスタートして、手わざの方向に広げてゆくことが有効であることがわかる。手わざに近い技能を対象ノウハウに含めてゆくには、適切な計測方法の開発が不可欠である。

対象とする加工法として、NEDO 受託事業の枠内では、鋳造・めっき・熱処理・鍛造・金属プレス・切削の6加

工法をとりあげ、そのうちデジタルものづくり研究センターでは、鋳造・めっき・熱処理・鍛造について技能継承支援ツールの開発を進めている。

3. 技能継承支援ツール「加工テンプレート」の研究開発 3-1 技能継承支援ツールの開発目標

技能継承支援ツール開発にあたっては以下の機能の開発を目指す。

- 1) 技術管理 DB システムによる作業指示書のデジタル化
- 2) 技能の指標化による加工のポイントの表現とその活用
- 3) 加工技術データベース連携による加工の基本原則と何故?の理解

図1に示すように技能継承支援ツールの導入により、従来は熟練者が作業指示書を作成して製品製造して終了

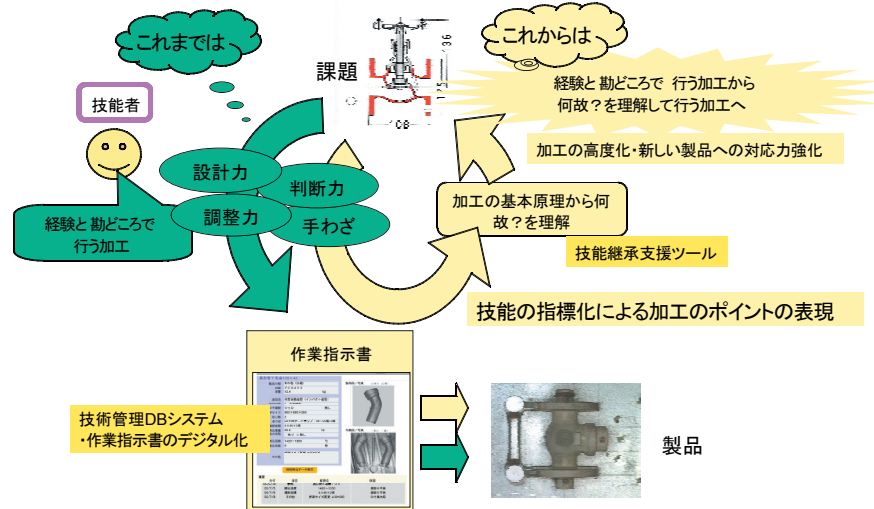


図1 技能継承支援ツールの目標

していたルートを、個々の企業において加工事例を蓄積、加工のポイントの観点から整理・活用、関連する基本原理を理解して新しい加工への対応力強化というループを回すことを狙う。これにより熟練者が経験と勘どころで行う加工から、後継者が何故?を理解して行う加工への変革を目指し、ものづくり製造企業の加工の高度化、新製品への対応力強化を図ることを目標とする。

3-2 勘どころの可視化～指標による技能の表現～

上記に示したように、本研究開発では加工のポイントについて、技術・技能の指標化により表現・活用可能にすることが本研究開発の中心的な課題である。

まず本研究では、指標について以下のように定義を行いたい。

- 1) 指標とは、技能を特徴づけるパラメータ軸である。
- 2) 技能は複数の指標によって表現され、それを見ることによって技能者の判断の根拠がわかるもの。

3) 計測可能な加工プロセス中の管理項目をタームとし、指標はタームの組み合わせから表現できる。

4) 各企業においては技能毎に熟練者が行った作業の結果を基に企業独自の指標の値を決めることが技能の抽出に他ならない。

例を挙げる。図2に鋳造の方案設計を例に指標の例を示す。鋳造では、製品となる形状だけでなく、押湯や湯道と呼ばれる付属物を製品部に取り付けて鋳型を製作する。押湯は製品部の品質保持のため、湯道は溶解した金属を流し込むための流路を確保するためのもので、これらの配置やサイズが鋳造品の品質、歩留まり(コスト)に大きな影響を及ぼしている。ここで、指標の例として、堰と湯口の断面積比を挙げる。堰とは製品と湯道の接続部をいい、ここの断面積を調節することによって製品部への溶湯の流入速度を調節している。また湯口とは湯道における注ぎ口をいう。この断面積比は、製品に対する介在物や酸化物などの巻き込み欠陥に大きな影響を及ぼ

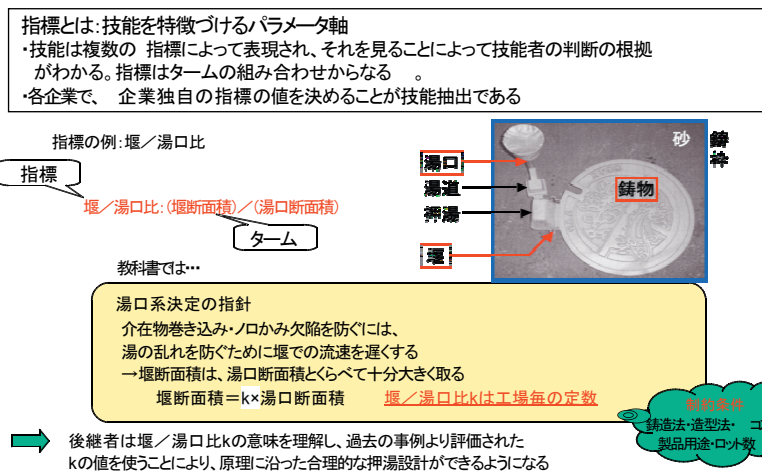


図2 勘どころの可視化～指標による技能の表現～

す指標となっている。

実際に多くの鑄造の教科書において、湯口系方案の指針として、「介在物巻き込み・ノロかみ欠陥を防ぐには、湯の乱れを防ぐため堰での流速を遅くする。そのために堰/湯口比を検討する。」等の記述がある。しかしながら教科書では、具体的に「堰/湯口比」をどれくらいにしたら良いかは、企業毎の材質・鑄造方法・造型法・鑄造設備・溶湯品質・コスト・製品用途・ロット数などの制約条件により変化するため、「工場毎の定数」として、値を示すことができていない。実際多くの鑄造企業の熟練者は、原理を意識せずに経験を基に堰の形状、湯口の形状を決定し、方案設計を行っているのが現状である。

そこでITツールを仲立ちにして、熟練者が行った過去の事例から指標の値（ここでは「堰/湯口比」）を評価することによって技能を抽出する。後継者に対しては、指標の値を社内標準値として示し、指標の原理原則、指標の活用方法を示す。これにより、後継者は指標の意味を理解し、過去の事例より評価された値を使うことにより、原理に沿った合理的な設計が可能になり、継承の支

援が達成される。

図3は、企業の協力を得て指標の評価に必要な情報を収集して実際に「堰/湯口比」の指標を評価した事例である。この企業では、おおよそ「堰/湯口比」が4以上であればノロかみ欠陥の発生が抑えられ、社内標準としてこの値を使えば良いことが明らかになった。

このように対象加工法・対象とする技術・技能毎に、指標を検討し、有効な指標のセットを明らかにしてゆくことを研究の課題として進めている。

さらに技能継承支援ツールの開発へと進めるために、検討された指標を基に、

- 1) 指標の評価に必要な入力項目の検討
- 2) 入力ツールの開発
- 3) 指標の活用ツールの開発

を進める。開発されたツールは、穴埋め問題のように技能抽出に必要な項目を埋める技能毎のテンプレートのインターフェイスから始まることから、技能継承支援ツールの名称を「加工テンプレート」とした。

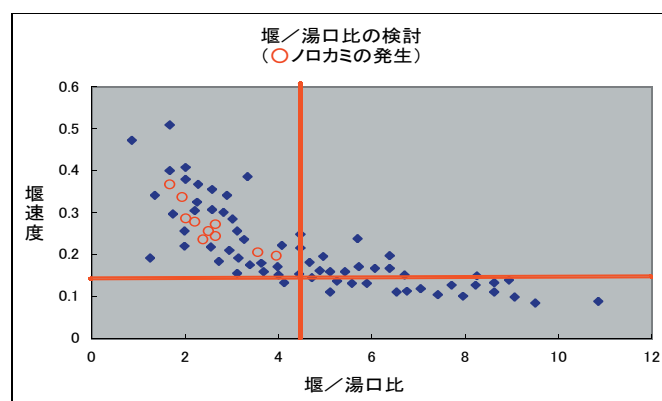


図3 企業の事例による指標の評価例

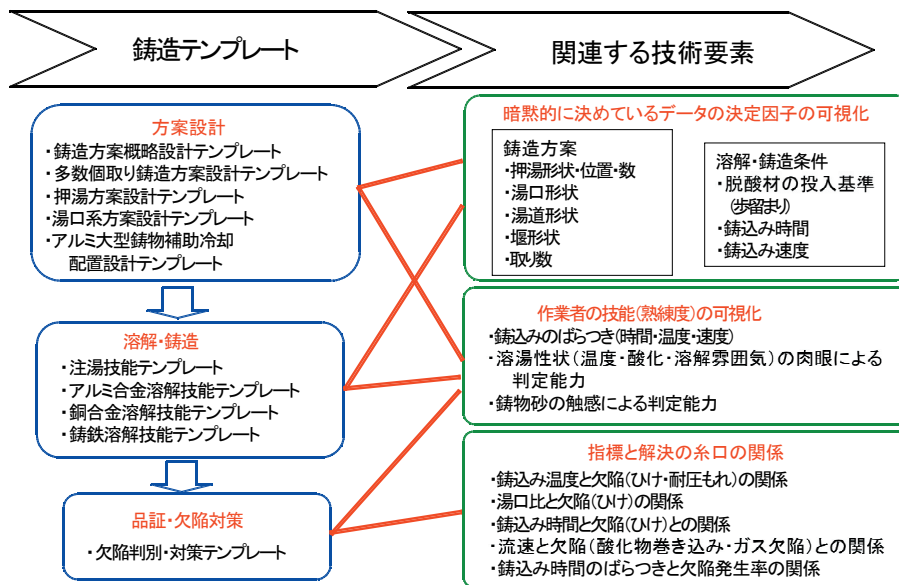


図4 鋳造における開発対象の技術・技能（例）

3-3 加工テンプレートの開発事例

現在開発中の加工テンプレートについて開発事例を鋳造を例にとり示す。まず、開発対象となる技術・技能について検討を行った。図4は、鋳造テンプレートの開発対象として有効な技術・技能と関連する技術要素の例である。項目については、鋳造企業へのヒアリング等を基に決定した。

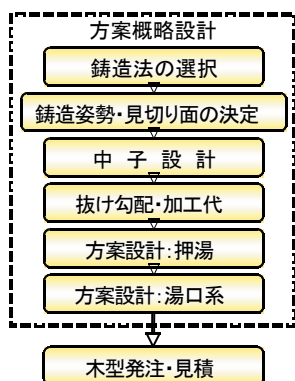
続いて方案概略設計のテンプレート開発における指標検討の例を図5に示す。テンプレート化対象の技術・技能について標準的な決定プロセスとそこに含まれるノウハウを検討した。続いてそれぞれのノウハウについて、指標となり得る項目を抽出し前項に示したように指標の

有効性についてそれぞれ検討した。

- 図6に加工テンプレートの利用フローを示す。まず、
- 1) テンプレートに従い、過去の事例を入力・蓄積する。
 - 2) メニューに従い、いくつかの指標に対して指標の値を解析・評価。有効であれば社内標準として保存する。
 - 3) 指標に関連する技術情報について、リンクを辿って産総研で公開している加工技術データベースを見て原理原則を理解する。
 - 4) 社内標準として保存された指標の値を活用して新設計に活用する。

上記各項目に対応した加工テンプレートのインターフェイスイメージを図7に示す。技能の抽出のフェーズ

鋳造方案概略設計のノウハウ



鋳造の方案概略設計では工程ごとに、以下の技能のポイントと評価指標が考えられる。各指標は各社の設備・製品・ロット数等に対応して企業毎に決める必要がある。

鋳造姿勢の決定・中子設計

中子からのガス抜きを考慮した鋳造姿勢を決めること
中子の安定を考慮した鋳造姿勢や中子の設計をすること

抜け勾配・加工代

製品の形状やサイズを考慮して、型くずれを防ぎつつ適切な加工代や抜け勾配を設計する作業
・抜け勾配/加工面高さ: 鋳型強度に対する指標

押湯設計

製品重要部に引巢を作らないよう適切な押湯の数・位置・サイズの決定
・押湯モジュラス比: 引巢発生に対する押湯設計指標

湯口系設計

堰から製品へ流れ込む溶湯の流速の見積もりが重要なポイント。流速が遅いと湯廻り欠陥が発生し、流速が早いとガスや介在物の製品への巻き込みが発生する。これらを考慮して適切に堰や湯口の形状を決めることが技能である。

- ・速度係数 $C = V / \sqrt{2gH}$: 湯廻り欠陥発生に対する指標
- ・肉厚係数 $S = T / \sqrt{W}$: ガス巻き込みと介在物巻き込み欠陥発生に対する指標
- ・湯口比: ガス巻き込みと介在物巻き込み欠陥発生に対する指標
- ・湯口比/製品サイズ: 介在物巻き込み欠陥発生に対する指標

図5 鋳造概略設計テンプレート開発における指標の検討

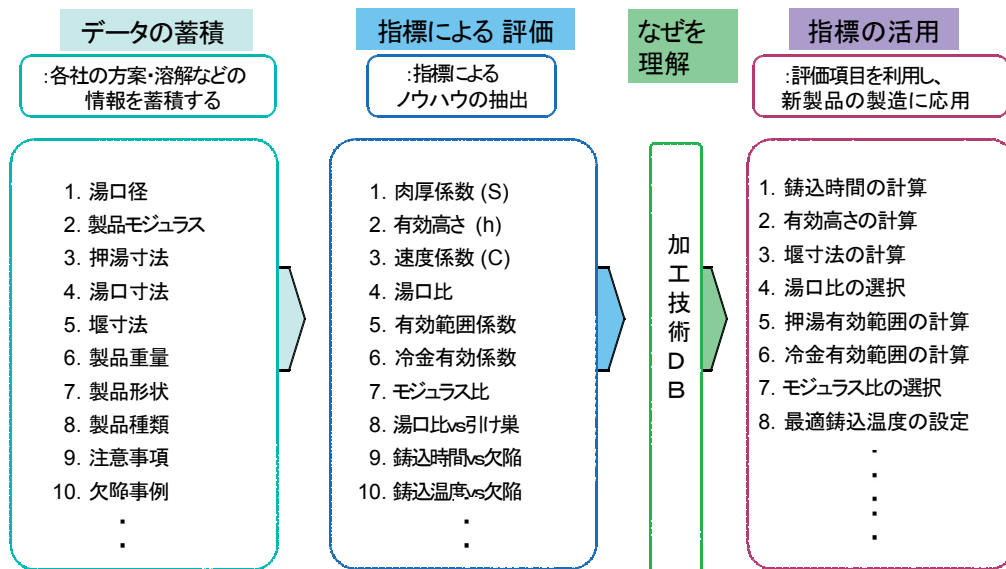


図6 加工テンプレート利用フロー (例: 鑄造概略設計テンプレート)

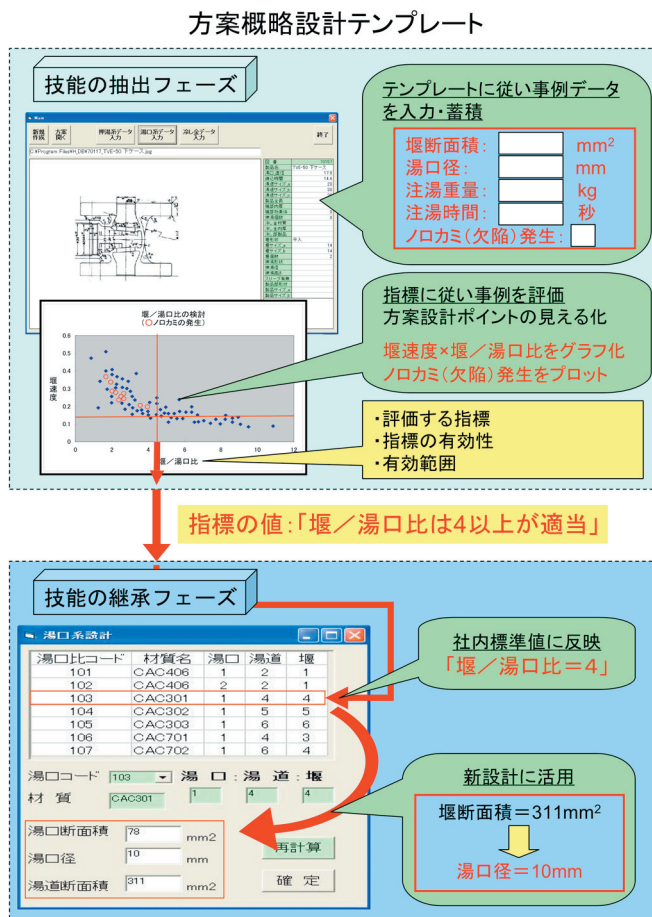


図7 鑄造方案概略設計テンプレートの活用イメージ

と継承のフェーズは評価された指標の値によって橋渡しされる。現在、開発された各加工テンプレートについては協力企業での評価検証を行っており、インターフェースの改良等を進めている。また、テンプレートによって評価可能な技術・技能の種類についても今後拡充を進めていく計画である。

4. おわりに

～各種技能継承手法と加工テンプレートの比較～
慣用的な各種技能継承手法とITを利用した加工テンプレートによる技能継承の比較を表2にまとめた。今後とも社内OJTは、企業における技術継承に対して重要な位置づけを持ち続けると考えられるが、加工テンプレートの実用化により、社内OJTの課題であった属人的な点、企業に勘どころが残らないという点を解決でき、相補的に働く有効な技能継承手段になりうると期待される。

表2 慣用的な各種技能継承手法と「加工テンプレート」との比較

形態	手法	特徴	
		長所	短所
「人」→「人」	社内 OJT	<ul style="list-style-type: none"> • 技能者の作業を直接見る ことによって、手わざなど、 身体的技能を含めての継承 が可能 	<ul style="list-style-type: none"> • 時間がかかる • 多人数を対象に継承しに くい • 熟練技能者がその場にい なければできない • 継承技能・技術が属人的 (上手、下手、意思疎通の 問題など)
「教材、実習」 →「人」	教育現場の充実	<ul style="list-style-type: none"> • 汎用化された知識、技術 を修得可能。 • 他人数を対象可能 	<ul style="list-style-type: none"> • 時間がかかる(研修開催 の手間等) • 製品毎に異なるようなき め細やかな企業独自の勘ど ころは残しにくい
情報技術 (IT) →「人」	加工技術データベース (前事業) の閲覧	<ul style="list-style-type: none"> • 汎用化された知識、技術 を修得可能。 • 他人数を対象可能 • 時間がかからない 	<ul style="list-style-type: none"> • 製品毎に異なるようなき め細やかな企業独自の勘ど ころは残しにくい
人 → 情報技術 (IT) →「人」	加工テンプレート	<ul style="list-style-type: none"> • 製品毎に異なるようなき め細やかな企業独自の勘ど ころが残せる • 多人数で共有可能 • 蓄積されたデータを生産 管理システムなどの業務ア プリケーションで活用可能 	<ul style="list-style-type: none"> • 手わざなど、身体的に特 化した技能は継承しにくい