

身体技能教育における知識の共通認知手法の提案

Proposal of Information Sharing Method in Physical Skill Education

松浦 慶総*¹
Yoshifusa Matsuura

高田 一*¹
Hajime Takada

*¹ 横浜国立大学
Yokohama National University

1. はじめに

著者はこれまで、被覆アーク溶接の技能を対象として技能教育支援システムの開発を行ってきた。本研究で対象としている溶接は特殊工程と呼ばれ、溶接過程での品質判定や製品での破壊検査が困難である。したがって、一定の溶接品質を確保するためには、溶接後に非破壊検査を実施するか、溶接過程のモニタリングが必要となる。ただし、工場内での溶接作業であれば、適切な環境を準備できるが、例えばプラント工場の配管溶接や造船、建築現場などの屋外での作業では、不安定な環境下で溶接箇所に合わせて無理な姿勢で作業を実施しなければならない。

このような作業の特殊性から、溶接品質は溶接工の技能に大きく依存しており、品質確保の観点から溶接技能資格が設けられている。したがって、一部の大企業では技能研修センターを設置して、ベテランの技能者や退職者を指導者として配置し、さらに技能オリンピックに出場することにより、若年者のモチベーションを向上しながら技能教育を実施している。一方、多くの中小企業では依然 OJT (On the Job Training) による教育が一般的である。教育のための施設や時間、指導者が十分確保できない状況においては、現場で実際に作業をしながら技能を習得する OJT に頼らざるを得ないが、効率が悪く、若年者のモチベーション維持も難しいため、定着率の低下につながってしまう。熟達者も「教える」ことに関しての教育は受けていないため、教育が負担となってしまう。

ここで、教育対象が身体動作を伴う技能のときに、道具・機械を操作するときの感覚、身体部位の動作時の身体感覚といった、いわゆる暗黙知をどのように「教育」すれば良いかが大きな問題となる。これまでの多くの研究では、暗黙知の「見える化」を目標としてセンシング技術やデータ解析技術の開発により定量化を重点的に行っている。また、獲得したデータから Expert-Novice 問題として相違要因や Novice の誤り要因の抽出を行っている。これらは技能の評価には有効な手法であるが、得られた情報を熟達者と若年者にそのまま提示しても、知識や経験の差が大きいため十分に共有することは難しい。

著者らは、これまで身体動作を伴う技能の教育支援を目標とし、教授－学習プロセスを考慮した技能情報構造化手法を提案してきた。しかし、実際に技能教育を支援するためには、教授者と学習者の双方が高い共通理解を得ることができる知識・情報の共有が必要となる。そこで本研究では、新たな技能情報共有手法について提案を行う。

2. ものづくり産業における技能継承の課題

2.1 技能継承の目的

ものづくり産業では、最終的に成果物である製品を売却して利益を得ることが最大の目標である。ものづくりのプロセスに技能を用いることで高付加価値が付与されているのであれば、その技能に価値が生じる。したがって、技能の継承が必要となるが、技能に係る立場によってその目的が違ってくる。

経営の立場では高い利益を得ることが第一であり、高付加価値製品を低コストで生産できることが重要となる。付加価値が製品の機能や品質によるものであれば、AI 技術やロボット等による自動化と人の技能による比較が生じ、一方、「匠」といった熟達者が製造したことで価値が生じるブランディングも、価値の一つである。したがって、技能継承の目的は、生じる価値により判断されると考えられる。

熟達者の立場では、自らの技能が製品に高価値を付加し、また長年自らが磨き上げてきた道具でもある。この技能を用いて、製品をどのように高度化、高精度化し、どのように作業を行えばよいかを常に考えて製造することを目的としている。技能習得開始時から、技能を継承するためにこれらのプロセスを言語化、形式知化はしていないため、教育、継承が難しい。

新人や若年労働者の立場では、業務として技能継承を行う。多くは、技能研修センターや現場での OJT でトレーニングを行うが、基本的には講義形式による知識習得と、実習形式による経験学習が行われている。知識学習では基本的な形式知の伝達、経験学習では「取り敢えず」実践して、成果物の評価のフィードバックを繰り返している。したがって、評価が中々向上しなければ、新人のモチベーションは低下し、技能習得も困難となる。

2.2 技能教育における「情報共有」の限界

2.1 のように、ものづくり産業における技能の在り方、継承の目的は、立場により大きく違う。目的が違えば、身体動作をともなう技能の教育における次のような課題においても、必要な条件は大きく違ってくる。と考える。

- ・技能教育に必要な情報。
- ・技能習得にかかる時間。
- ・コツとはなにか、どのようにコツに気づくことができるか。
- ・効果的な技能習得支援方法。
- ・習得時のモチベーションの維持。

これまでの著者らの研究においても、技能教育において技能情報を構造化し、情報を熟達者と初級者に提示することで共有することを提案してきた。また、知識マネジメント手法の一つである SECI モデルにおいては、Socialization (共同化: 暗黙知 → 暗黙知) ⇒ Externalization (表出化: 暗黙知 → 形式知)

連絡先: 松浦 慶総, 横浜国立大学大学院工学研究院,
横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-5, 045-339-4221,
matsuura-yoshifusa-cr@ynu.ac.jp

⇨Combination (連結化:形式知→形式知)⇨Internalization (内面化:形式知→暗黙知)というサイクルで知識を共有,継承することを提唱している。

ここで情報共有を「同一の情報を複数人に伝え,所有すること」とすると,情報共有を実現するためには,共有する対象者がある程度共通の知識を持っていることが必要である。すなわち,与えられた情報に対して同一のイメージを持ち,理解できることを意味する。また,共有する情報が外化された形式知であれば,初めて接する情報でも,これまでの記憶からイメージ化することが可能である。このように情報共有のプロセスと目的を考えた場合,暗黙知では極めて困難である。ただし,例えば同じ趣味や嗜好を持ち,これまで同様の経験をしているグループであれば,いわゆる「共感」という暗黙知の共有感覚を得ることがある。一方,熟達者と若年労働者における技能教育では,知識,経験の差が大きい。したがって単に情報を提供する,あるいはOJTのような「場の共有」などの従来の情報共有手法では,提供された情報に対する認知の感度や判断の基準が違うため,同一イメージを想起することが非常に困難であり,このことから一般の情報共有では,暗黙知の相互理解に限界があると考えられる。

3. 技能知識の気づき促進との共通認知化手法の提案

身体動作をとまなう技能情報は,筆者らがこれまで提案している要因分析による構造化手法で構造化を行うことで,身体情報と感覚・認知情報として技能を把握することが可能となる。この感覚・認知情報を提示することで,実際に技能動作をした時にどのような感覚や認知が生じたのかを認知し,それについて言語化することを期待した。しかし,情報を提示しただけでは,その情報に対して期待される認知が想起されなかった。本研究では特定の情報に気づき,理解するための認知プロセスとして,①情報を受ける感覚器の感度が高く,②思考プロセス内で記憶情報およびその情報からイメージ化した基準情報と比較することで理解する,というプロセスモデルを定義する。このプロセスモデルから,特定の情報に気づかせるためには,あらかじめ受容感度を高め,比較するための基準の情報を与える必要があると考える。そのため,構造化した技能情報に対して新たな属性を与えて気づきを促進させ,気づいた情報から共通の知識を想起させる新たな手法を提案する。

3.1 認知プロセスに基づいた「意識—注意—評価」属性の付与

これまでのほとんどの身体技能に関する研究では,扱われている情報が評価データである。これは,成果物の品質が問われているからで,評価した結果から誤りの部分を抽出し,学習者にフィードバック情報として提供する。しかし,提示された誤り情報からなぜ誤りと判定されたのか,なぜ誤りなのか,どのように改善すればよいかといった情報については,明確にされていない。

そこで,本研究ではすでに提案した認知プロセスに基づいて,まず情報に「意識」という属性を付与することで,技能習得に重要な情報の気づきを促進させる。さらに「注意」,「評価」属性の付与から技能の身体感覚を知覚し,理解をさせることで,教授者と学習者が共通の認知をさせる手法を提案する(図1)。

(1) 意識属性

技能習得に必要な特定の情報の受容感度をあらかじめ高くするために,技能実施前に意識させる情報と定義する。身体技能では,技能品質に影響を与える身体部位およびその制御時の感覚情報が該当する。なお,身体動作の馴化(慣れ)が進むと無意識化され,技能が向上すると次の意識属性に移行する。

(2) 注意属性

実際に技能実習を行っているときに,技能品質に関する要因を認知するために,意識を集中する情報を定義する。これは,機械システムにおけるシステムモニタリングと同様の技術を参考にしており,技能実施中に注意属性情報について,既に学習者が保持している基準と比較をしながら,品質を向上するためのパラメータ値の認知を行う。

(3) 評価属性

評価属性は,(2)注意属性の際に,技能実施中に基準とリアルタイムに比較して,動作を行う際に評価する属性と,終了後に成果物の品質,総括的な身体動作の評価を行う情報と定義する。品質については,技能習得の目的に応じて定義される。例えば,対象技能を自転車乗車とすると,スムーズに乗車して運転できることを目的とするか,ケイリンやBMXなどの自転車競技の技能習得を目的とするかで,評価属性や品質が大きく変わる。

3.2 想定される効果

提案した意識—注意—評価属性のうち,意識属性と注意属性については,技能教育においてほとんど考慮されていない。特に意識属性は多くが身体感覚にかかわる,主観的な情報であったため,明示的に扱うことが困難と考えられていた。しかし,認知プロセスに基づいて情報を考慮すると,特に学習初期段階では技能動作に対して,自分の身体をどのように意識して動かせばよいかの仮基準となる。基準があることで,自分の身体動作について,また技能品質について語る事が可能となる。また,それぞれの認知プロセスにかかわる情報をたたき台のモデルとして,教授側と学習側にそれぞれ提示をすれば,注目している要因と関係性を共通認識できるため,多少のイメージのずれがあるが語り合うことが可能となる。

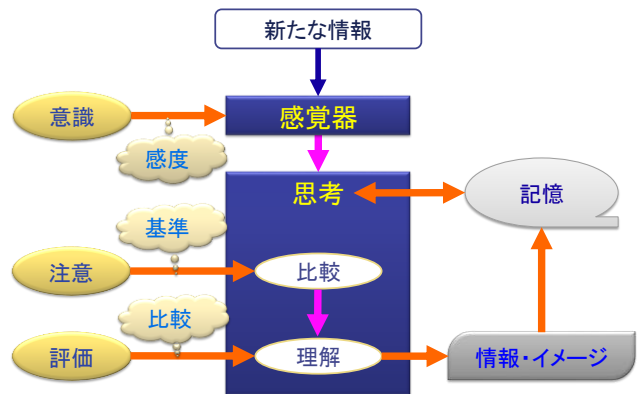


図1 認知プロセスに基づいた「意識—注意—評価」属性

4. 被覆アーク溶接技能教育への適用

4.1 被覆アーク溶接の構造化技能情報に対する「意識—注意—評価」属性の付与

これまで著者らが提案してきている要因分析による構造化技能情報を被覆アーク溶接に実施すると表1となる。今回の技能習得の目的は,初級者の裏板金有突合せ溶接(ストリング運棒法,1パス)を想定している。この情報に新たに「意識—注意—評価」属性を付加するが,学習者にはアーク長が常に短くなるように溶接ホルダと保持手の動きを意識させ,注意属性として溶融池(母材金属と溶接棒の合金が溶けている部分)を常に注意をするようにした(図2)。

表1 被覆アーク溶接の構造化技能情報

要因	構成要素	評価項目
直接要因	溶接ビード	幅, 余盛高さ, 巻込み
1次間接要因	溶融池	形状, 大きさ, スラグ状態
	アーク状態	長さ, 音, 形状
2次間接要因	溶接棒	角度, 運棒速度・加速度
1次身体要因	ホルダ保持手	握り方, 保持角度
	手首	位置, 角度, 速度
2次身体要因	肘部	位置, 角度, 速度
	肩部	位置, 角度, 速度
3次身体要因	頭部	位置, 角度
	胸部	角度
	腰部	角度
	足部	位置, 角度
体性感覚要因	重心	位置, 移動ベクトル
	力覚	筋活動, 部位
視覚要因	視線	注目点

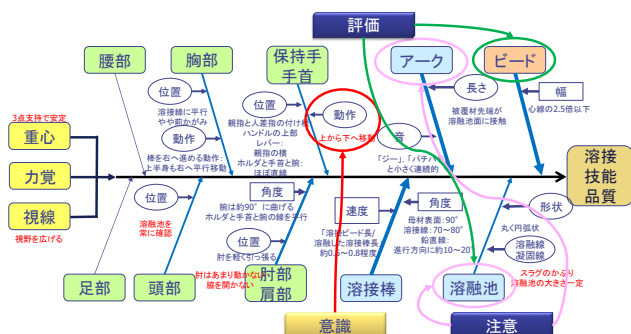


図2 「意識—注意—評価」属性付加モデル

ードを形成できたが、少し溶けにくい状況では、溶接棒のコントロールの習熟度が十分ではなく、開先面にアークがずれてしまったと思われる。このビード形状はほとんどの被験者で見られた。

また、実験後のインタビューでは従来指導法の試行後では、身体部位や身体感覚について全くコメントがなかった。新指導後では、まず意識情報であるホルダの操作についてのコメントがあったが、約5試行以降ではほとんど意識されず、注意情報である溶融池とアークの状態のコメントが多く得られた。さらに注意情報は溶接実施時にはほぼ1項目、多くても2項目しか評価できないので、試行中に自らいくつかの評価項目を選択し、フィードバックしながら試行していた。すなわち、本研究の意識—注意属性情報を明確化することで、気づきを促進し、さらに語りを創出できることを示唆した。



図3a 従来指導法溶接ビード



図3b 新指導法溶接ビード

4.2 溶接実験

学習効果を検証するために、まず溶接棒の角度や運棒法を中心とした従来指導法で10回実施し、その後、新指導法により10回実施して比較検討した。被験者は、大学2年次に工場実習で3時間溶接実習を経験した5名の大学院生と4名の4年生で実施した。なお、4年生のうち1名は学生フォーミュラ大会に出場するチームに所属し、フォーミュラカー製作のために自動車会社の技能教習センターで2日間の溶接技能教習を受講している。運棒法は下向きストリング運棒法とし、母材に6mm厚のSS400、軟鋼用溶接棒(棒径3.2mm、棒長350mm)を用いた。溶接線は、長さ110mm、幅15mmの長方形を母材に記し、溶接するように指示した。

新指導法では、溶接棒の角度の安定性に影響を及ぼす要因は、ホルダ保持の手の動きとそれを支持する上腕であるのでこれらを注意要因と定義し、具体的な指示情報としては「ホルダ保持はホルダを支える意識で力を入れ、重力方向に一定速度で下げる。」、「開先面との垂直性を保ちながら、ホルダを下方向に操作するので、溶接棒が短くなると同時に手首を返す操作をする」を意識情報として実験前に提示した。

今回は技能教習センターで実習をした被験者の結果を掲載する。従来指導法では(図3a)、溶接ビードが比較的きれいな状態であるが、新指導法では(図3b)溶接ビードが曲がってしまった。これは従来指導法では溶接電流が比較的高かったため、新指導法時に通常の電流値に下げたため、環境が変わった。そのため、通常の板状での練習を繰り返し行っていたため、溶接棒が溶けやすい大きい電流では、比較的高品質のビ

5. まとめ

本研究では、技能教育支援のために教授者と学習者が高い共通理解を得ることができるよう、これまで提案していた構造化技能情報に対して、新たに認知プロセスに基づいた「意識—注意—評価」属性付与を行った。この新たな手法により、教授者と学習者との共通認知が可能となり、語りの促進も実現できた。今後は、溶接技能の品質と属性との関係から、技能情報の構造化システムの開発を目指す。

参考文献

- [松浦 17] 松浦 慶総:ものづくり産業における身体知, 第30回人工知能学会全国大会, (2016).