

## 製造業における熟練技のコンピテンシーマネジメント

### ～技能伝承のための暗黙知の抽出及び形式知化手法～

Competency Management for Skilled Technicians in the Manufacturing Industry

- Tacit Knowledge Extraction and Formalization Methods for Skill Transfer -

増田 武史/Takeshi MASUDA・広瀬 啓雄/Hiroo HIROSE

公立諏訪東京理科大学大学院工学・マネジメント研究科

#### [Abstract]

The transfer of knowledge and skills from experienced workers to new workers is a critical issue for organizations. This paper aims to identify competency management methods for extracting the competencies demonstrated by veteran workers in the manufacturing industry and transferring them to new workers. A series of competency management processes were developed, from task analysis to identifying the competencies of experienced workers and creating skill transfer content to enable new workers to learn these competencies. The process was verified in practice at a precision equipment manufacturing company. As a result, it was confirmed that the competencies of veteran workers were extracted through the seven-step competency management process developed in this paper. It was also shown that the skill transfer content produced could be useful for new workers. The competency management process presented in this paper does not require specific skills from the implementer, making it easy for many manufacturing companies to implement.

#### [キーワード]

熟練工、暗黙知、形式知化、コンピテンシーマネジメント、技能伝承

## 1. はじめに

### 1.1. 背景

ベテラン作業者の持つ熟練技能を継承していくことは企業にとっての重要な課題であり、特に国内の製造業では他の産業よりもその課題意識が大きくなっている[1]。製造業では日本の生産年齢人口の減少につれて外国人技能実習生の受け入れも増加しているが[2]、技能実習生は在留資格（ビザ）の発行要件上最長5年までしか雇用できない。そのため従来のように数年から時には10年以上にわたる長期間のOJTや徒弟制度によって技能をベテラン作業員から新人作業員に伝え、それを繰り返すことで技能伝承していくことが困難な状況になっている。

技能伝承を行うためにはベテラン作業員が発揮しているコンピテンシーを特定し、そのコンピテンシーを新人作業員が習得できるようにする必要がある。一方でベテラン作業員自身、どのように作業を行っているのか自ら明確に言葉にすることができない場合も多い[3]。これはベテラン作業員が発揮しているコンピテンシーの多くが個人的なノウハウや勘・コツと呼ばれる暗黙知[4]によって構成されているためと考えられる。そこでベテラン作業員の行動を分析しコンピテンシーを抽出する方法や、ベテラン作業員にインタビューを行うことで暗黙知を表出化する方法を用いて、作業マニュアルやトレーニング教材、コンピテンシーチェックリストなどを作成して技能伝承が試みられてきた[1]。

しかしこれにはコンピテンシーを抽出する試み自体に別の熟練技が必要となるという課題を含んでいる。例えば、ベテラン作業員の行動を分析してコンピテンシーを抽出するためには分析者に優れた成果につながっている行動を見つけ出す能力が求められ、自分では作業のコツ部分をうまく表現することができないベテラン作業員からインタビューによってコンピテンシーを抽出するためにはインタビューに高度なインタビュースキルが求められることになる。それでは暗黙知を表出させ形式知とする重要性やその概念は認識できていたとしても現実に行うのは困難という状況になりかねない。

## 1.2. 本研究の目的と意義

本稿は、製造業においてベテラン作業者が発揮しているコンピテンシーを抽出し、それを新人作業者に伝承していくためのコンピテンシーマネジメント方法について検討する。特に、コンピテンシー抽出の際に前項で指摘したような「コンピテンシー抽出のための別の熟練技」を必要としない手法について提案し、熟練技を必要とする製造工程においてその妥当性を検証することを目的とする。

これにより、人的資本に余裕がなく技能伝承や育成に専門家を配置することが困難な中小零細企業が自社内でコンピテンシーマネジメントに取り組むことが容易になる。また、製造業をクライアントに持つ技能伝承支援企業にとっては、クライアント企業の高度に専門的な知識について習熟しなくとも支援が行えるようになり、従来よりも幅広い業種に対して支援が可能になる。これらから本稿の提案は日本国内の製造業が抱えている技能伝承の課題解決に貢献する。

## 1.3. リサーチクエスチョンおよび本稿の構成

本稿では一般の製造業、特にベテラン作業者が熟練技能を發揮して仕事をしているが、昔ながらの職人気質ゆえに自らの仕事を明確に言語化して記録に残したり後進を指導したりを得意としていないという状況において、企業継続の観点からベテランの技能を次の世代に伝承したいという課題を抱えている企業を念頭に、以下のリサーチクエスチョンについて検討を行う。

### リサーチクエスチョン

ベテラン作業者の言語化能力に頼らず、また技能伝承支援者（インタビュアーや分析者）にも特別なスキル（高度なインタビュースキルや分析能力など）を要求することなく、ベテラン作業者のコンピテンシーを抽出し新人作業者が習得可能な形で表出化するにはどうしたらよいか。

この課題解決のために、以降 2 章で先行研究をレビューし本稿で用いる用語を定義する。3 章では熟練技のコンピテンシーマネジメント方法について提案する。4 章では本稿で提案するコンピテンシーマネジメントの適用事例を示す。5 章で事例研究の結果と本研究の今後の課題を整理し本稿をまとめる。

## 2. 先行研究レビューと用語の定義

### 2.1. コンピテンシー・ノウハウ・暗黙知の定義

ベテラン作業者の中には新人作業者よりも速く、正確に仕事を行うことができたり、新人作業者にはできないことができたりすることによって仕事において高いパフォーマンスを發揮している者がいる。この高いパフォーマンスを生み出しているコンピテンシーを明確にし、新人作業者が習得できるようにすることで技能伝承を行うというのが本研究の狙いとなる。コンピテンシーについては様々な定義がなされているが、Chouhan (2014) はコンピテンシー研究のメタ分析から「コンピテンシーとは、特定の組織において、特定の職務や役割において重要な成果を上げるために必要な成功要因の集合体。成功要因とは、知識、スキル、能力の組み合わせであり、特定の行動で説明され、その仕事や仕事の役割で優れた業績を上げている人が示すものである」と定義した[5]。本研究において技能伝承の対象となるのも「重要な成果を上げるために必要な成功要因の集合体」に他ならないため、Chouhan によるコンピテンシーの定義に準ずるものとする。

コンピテンシーには、例えば仕事をするうえでの学力に関するコンピテンシー（読み・書き・計算など）や組織において成果を出すためのコンピテンシー（チームワークや計画策定など）、人をマネジメントするためのコンピテンシー（他者への動機づけやビジョン策定など）といった様々なレベルのものがあ、アメリカ労働省では階層化されたコンピテンシーモデルとして定義している（図 1） [6]。

本研究は特定企業内におけるベテラン作業者から新人作業者への技能伝承を対象としていることから、図 1 の中で下から 5 番目の階層に位置する” Industry-Sector Technical Competencies” を本研究におけるコンピテンシーの対象とし、本研究のコンピテンシーを以下に定義する。

### コンピテンシー：

特定の組織、特定の職務や役割において重要な成果を上げるために必要な成功要因の中でも、その産業、その職務、その仕事固有の成功要因の集合体。成功要因とは、知識、スキル、その他の能力の組み合わせであり、特定の行動で説明され、その仕事で優れた業績を上げている人が示すもの。

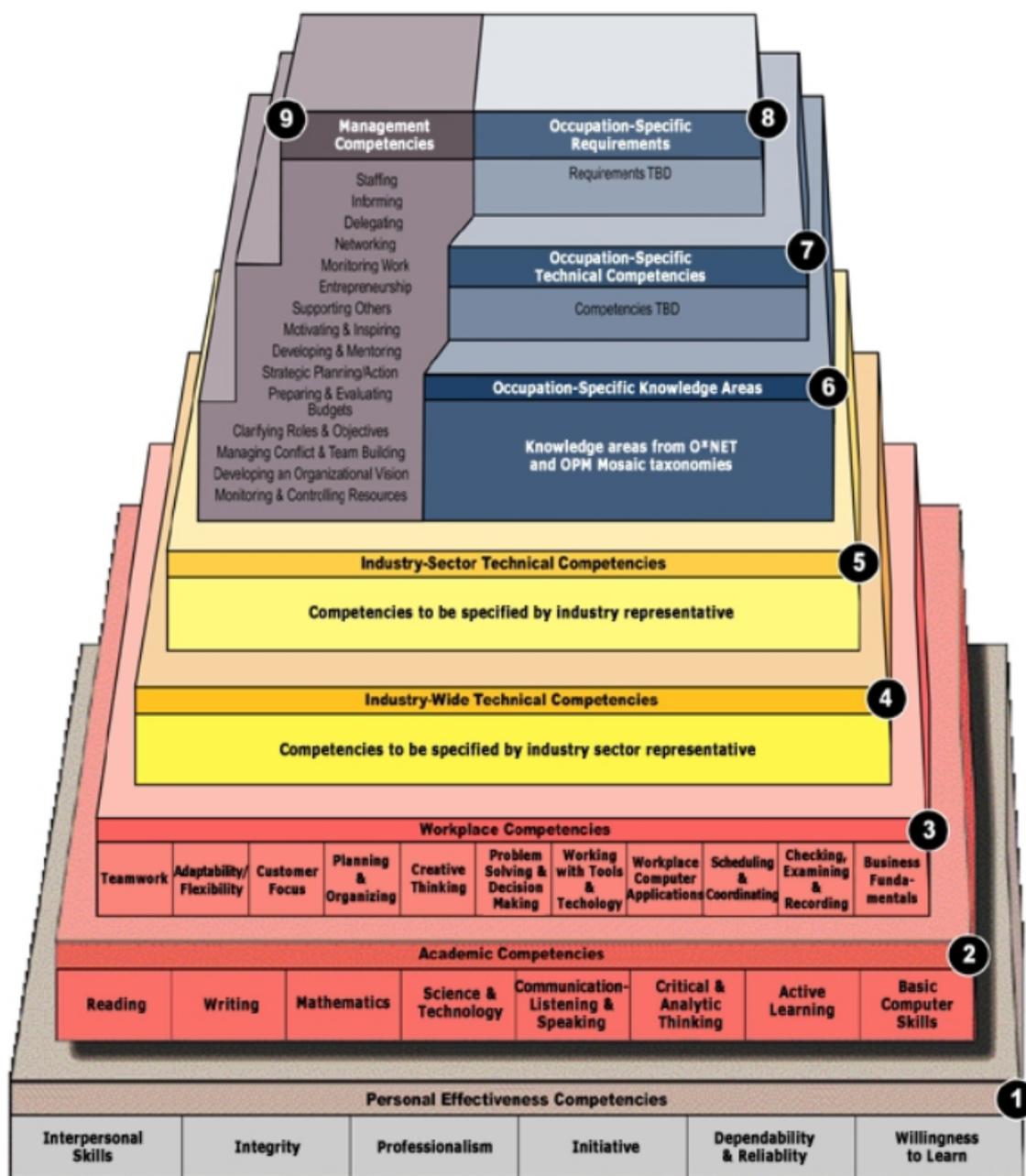


図 1 Competency Models [出典 : Ennis (2008)]

このコンピテンシーが何によってもたらされているかについて Tucker (1994) は、「コンピテンシーは知識・スキル・態度・特質・動機」の5つの主要要素によって構成されていることを明らかにしている (図 2) [7]。また、Campbell (1993) は「コンピテンシーは人が実際に行い、観察できる」としている[8]。このことから、仕事における高いパフォーマンスは観察できる何らかの行動によって生みだされており、その行動はその職種特有のコンピテンシーによってもたらされているとして、そのコンピテンシーの背後にある知識やスキルなどを特定することによって、高いパフォーマンスを再現しようとする試みがなされてきた。

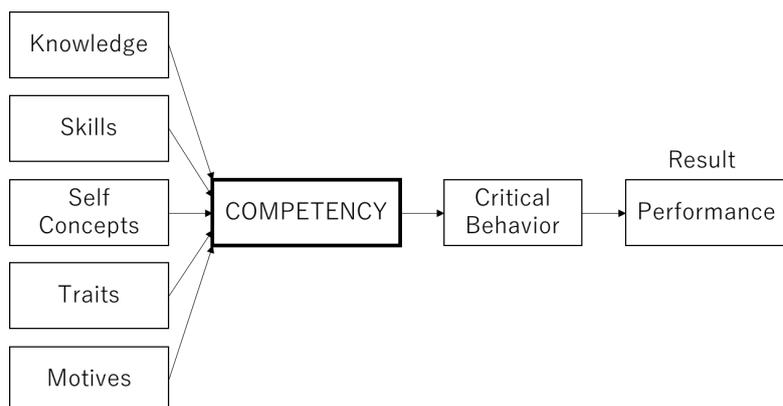


図 2 Concept of competency [出典 : Chouhan(2014)]

ノウハウ (know-how) は一般的には「物事を行うのに必要な知識またはスキル」とされ、ノウハウの移転に関する研究も様々に行われている。Garud (1997)は「ノウハウは” Learning-by-doing” (実践的学習) のプロセスによって生み出される。Learning-by-doing とはあるタスクの実行方法に関する知識が、時間の経過とともに蓄積されていくプロセスである。」としている[9]。本研究ではGarudの定義に準じノウハウを次のように定義する。

**ノウハウ :**

あるタスクの実行方法に関する知識やスキルなどが時間の経過とともに蓄積されたもの。

製造業では操業を通じてよい製品を作るための知識等が組織的に蓄積されている。通常はそのような良品を作るための知識やスキルを明文化した作業マニュアルや作業標準書などを準備することによって、誰が作業を行っても製品の品質が均一となるようにしている。しかしベテラン作業者は長年の経験を通じて自らの作業についての独自のノウハウを蓄積しており、そのような個人に蓄積されたノウハウは文書化されにくいことが指摘されている[10]。野中(1996)はこれを暗黙知と呼び、暗黙知を「個人的なもので形式化しにくく他者に伝達して共有することが難しい。主観に基づく洞察、直感、勘が含まれる。」としている[4]。また野中は暗黙知には技術的側面(ノウハウ)と認知的側面(メンタル・モデル、思い)の2つの側面があるとしている。本研究では技能伝承を目的とすることから特に技術的側面に重点を置き、本研究における暗黙知を次のように定義する。

**暗黙知 :**

個人的に蓄積されたノウハウで他者に伝達して共有できるように形式化されていないもの。

先行研究を踏まえて、本研究の対象となる範囲のコンピテンシー・ノウハウ・暗黙知の関係を図 3 のように構造化することによって関係性を明確にする。

コンピテンシーは高い成果を上げることができる人が持つ成功要因で、それは高い成果につながる優れた行動として観察される。その成功要因は自身が持つノウハウを適切に行動に変換することとも言い換えられ、ノウハウは他者にも共有できる形式化された部分と、個人的に蓄積した他者に伝えることが難しい暗黙知部分に分けることができる。ノウハウは知識やスキルなどの要素からなり、形式知部分と暗黙知部分の割合はそれぞれの要素によって異なる。それに対して、高い成果につながる行動がとれていない人、例えば新人作業者は高い成果を生み出す行動に必要なノウハウをそもそも保有していなかったり、保有しているノウハウを適切に用いることができなったりする。

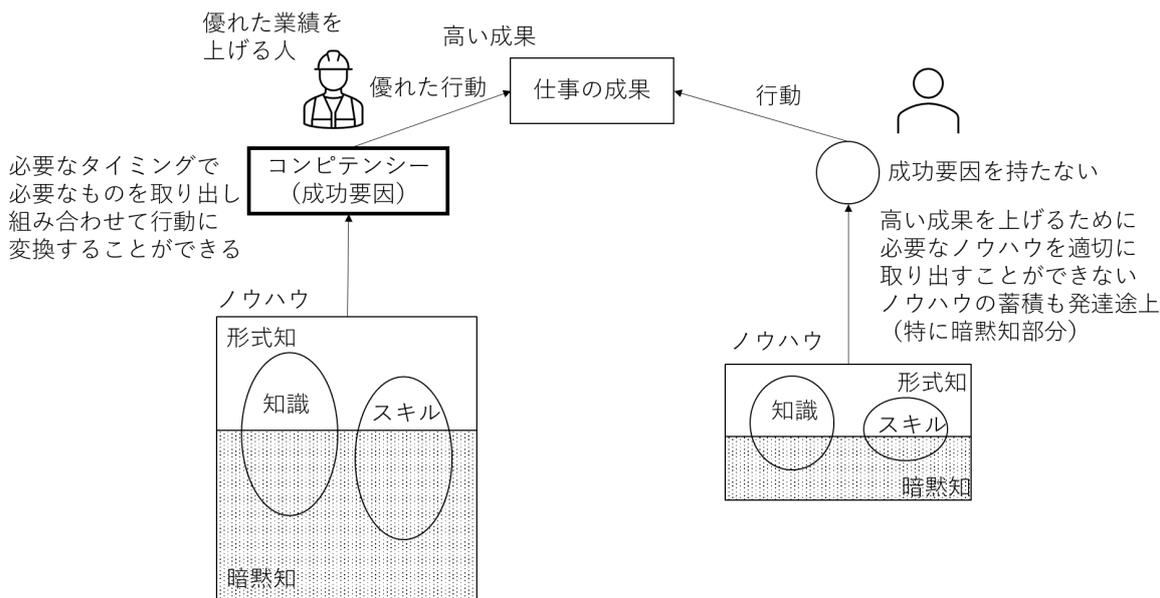


図3 コンピテンシー・ノウハウ・暗黙知の関係性

図3に示す関係性から、高い業績を上げる人のコンピテンシーを他者にも獲得させるためのコンピテンシーマネジメント方策としては以下が考えられる。

1. ノウハウを拡充する
  - (ア) ノウハウの形式知部分を拡充する
  - (イ) ノウハウの暗黙知部分を拡充する
2. 自らが保有するノウハウを行動に変換することができるようにする

「1. (ア) ノウハウの形式知部分を拡充する」に対しては、マニュアルや標準書を用いた教育、「2. ノウハウを行動に変換することができるようにする」については実地訓練・OJTといった手法が用いられてきた。

一方で「1. (イ) ノウハウの暗黙知部分を拡充する」に対する有効な方策を見出すことが課題として残されている。暗黙知を暗黙知のまま他者に移転するという方策が、いわゆる徒弟制度における修行に相当し、新人作業者はベテラン作業者の仕事ぶりを真似しながら、相当の期間を費やして「からだで覚える」(からだで覚えるの意味については次項で述べる)。

しかし現代の製造業において長い年月をかけて新人作業者の暗黙知習得を待つことは時間的にも経営的にも難しくなっている。そこで、暗黙知を一旦形式知化することで、既存の教育訓練システムに乗せる試みが行われるようになった。

## 2.2. 暗黙知の表出化

ベテラン作業者が個人的に蓄積した暗黙知を抽出し、他者あるいは自動化システムが理解可能な形で表現すること、いわゆる「暗黙知を表出化し形式知に転換すること」は従来から求められている。野中(1996)はこれを表出化と呼び、「対話すなわち共同思考によって引き起こされる」とし「演繹法と帰納法の組み合わせ」によりコンセプト創造を行うと提唱している[4]。しかし製造工程を担当しているベテラン作業者と新人作業者が対話しながらコンセプト創造を行うことは両者に高いレベルの概念化能力が要求されることから、難易度が高く実施が難しい。

ベテラン作業者は長年にわたる作業経験を通じて高い成果を出すためにはどのような行動をとればよいかをいけば、からだで覚えている。前野(2010)によると『「からだで覚える」というが、本当は『脳が非宣言的記憶として覚えている』『非宣言的記憶は日記や辞書に書けないような記憶。例えば練習するとボールをうまく投げられるようになったり、華麗にスキーを滑れるようになったりする』として、どのような場合にはどうするべきかという内部モデルが脳の中にあり、意識上に上ることなく体が制御されていることを示している[11]。

暗黙知はもともと言語などで形式化されているものを自らに取り込んで暗黙知化したわけではなく、試行錯誤

を通じて高い成果につながる行動を再現できる内部モデルを自身の脳内に非宣言的記憶として形成した結果、暗黙知として獲得したものと考えられる。また、一度脳内に内部モデルが形成されると本人は意識せずとも必要なタイミングで必要な知識やスキルを行動に変換することができるため、無意識のまま高い成果を出すことができる。そのため、無意識化で行われている脳の活動（体を動かす、判断する）を本人は自覚できない。言い換えると暗黙知は外部からは何かあるはずのもののように思えるが、保有する本人にとっては自覚していないため「何もない」と同じである。このことが暗黙知の表出化を困難にしている。

コンピテンシーを有する人物が自らの行動を振り返ってどのような知識を使い、どのように体を動かしたかを言語化することは困難である。そこで、第三者が言語化のきっかけを与える方法も試みられている。

Johnson (2019)は階層的タスク分析 (Hierarchical Task Analysis) [12]とSRK (Skill, Rule, Knowledge)フレームワークを用いて製造業の目視検査工程においてマニュアルや標準書に記述されていない暗黙知がどの作業工程で用いられているかを特定する手法を考案した。Johnsonの方法よると作業者に目視検査作業を行いながら自身の作業について説明するように求め、インタビュアーが非構造的な質問を加えることでタスク中に出現するS:スキル、R:ルール、K:知識を特定している。

表 1 SRK Framework [出典：Johnson (2019)をもとに筆者作成]

カテゴリ	定義
Skill	行動は、状況を即座に認識して身体が反応することによって行われる。必要な行動が事前に理解されているため動作はスムーズでほとんど注意を必要としない。
Rule	行動は、過去の経験や過去の判断の積み重ねが基となるいくつかの代替案の中から選択することによって行われる。意識的な行動となる。
Knowledge	行動は、スキルやルールに基づく行動よりも高度な意識制御によって行われる。予期せぬ状況に陥った際にこの行動をとることになり、明確な目標と現状の分析を必要とする。

しかしこの手法では作業側には自らの行動意図やある行動をとった理由をリアルタイムに言語化する能力が要求され、インタビュアー側には適切な質問を投げかけて作業側から回答を引き出す能力が要求される。Wiel (2017)は、インタビュアーの仕事は「インタビュアーが言語化する動機となるような状況を作り出し、質問すること」としているが、これにはインタビュアーにも熟練が必要とされる[13]。

蔵谷 (2020)は鉄道運転司令員のコンピテンシー抽出方法として、階層的タスク分析を行った後、細分化されたタスクを実現するための行動をテキストやマニュアルから抽出し、タスクごとに抽出したコンピテンシー要素をまとめることでコンピテンシーを明確化する手法を提案した[14]。この手法は鉄道や航空などルールに則った行動をとることが求められ、かつマニュアルが詳細に記述され実際の運用もマニュアルに沿って行われている業界には適しているが、一般の製造業企業のように必ずしも常にマニュアルを意識した行動をとっていない場合や、マニュアルや標準書はあるものの詳細な行動レベルまで記述されていない場合には用いにくい。

### 2.3. テクノロジーを使った暗黙知の抽出

作業側自身の表現力に頼らず、熟練技能を直接測定する試みも様々になされている。

中西 (2017)は東京港の水先艇の運行業務においてベテラン船長の操船の様子をビデオ撮影し、録画された映像をベテラン船長と視聴しながらインタビューすることによって暗黙知的技能の表出化を試みた[15]。Atik (2019)は視線を可視化するアイトラッキングを用いて、船舶の操舵室においてベテランと訓練生の視線の配り方を測定し、訓練性の評価に用いることを提案した[16]。

青島 (2022)はアイトラッキングを用いて橋梁健全性診断の暗黙知抽出を行った[17]。青島はベテラン作業員と経験の浅い作業員のアイトラッキング結果およびそれぞれの作業員へのインタビューを照らし合わせながら、視線の配り方とその意図を明らかにしている。本手法はベテランと新人の視線の違いを作業員本人の説明能力に頼ることなく直接観測し比較できるため、ベテランと新人の違いに着目することで優れた成果を生み出す行動の特定が容易になる。一方で、作業員本人に自身の行動を事後的に説明させているため、作業員自身がインタビュー時に意識が向いたことしか発言されない可能性がある。

高井(2016)は壁塗りを行う左官職人の三次元動作測定、筋活動測定、並びにアイトラッキングを行い、その結果を用いて壁塗り初心者向けにeラーニング教材を制作した[18]。これによりベテランの行動がいつでも参照可能になり、文章や写真のみのマニュアルや標準書よりも技能伝承が行いやすくなる。また、測定によって得られたベテランと新人の動作や視線の配り方の違いを教材中で対比的に教示することによって、初学者に“コツ”を伝えることが可能になる。一方で、測定によって得られたベテランと新人の違いは客観的事実のみを示しており、その意図やその行動が必要になる背景知識は示されていない。また、ベテランと新人の対比を表現する際にはeラーニング教材制作者が観察できた違いを記述することになるので、制作者が気づかない違いや測定項目にない部分については技能伝承教材化できない可能性がある。

### 3. 研究方法

#### 3.1. 仮説と仮説検証アプローチ

以上の先行研究およびリサーチクエスチョンを踏まえ以下の仮説を設定した。

#### 仮説

特定の作業においてベテラン作業者と新人作業者の行動の違いを測定し、その測定結果をベテラン作業者に提示しながらSRKフレームワークに基づいてあらかじめ定められた質問（半構造化インタビュー）を行うことで、ベテラン作業者側にもインタビュアー側にも特別なノウハウを要求することなく、その作業におけるコンピテンシーを抽出することができる。

本仮説を図4に構造化して示す。

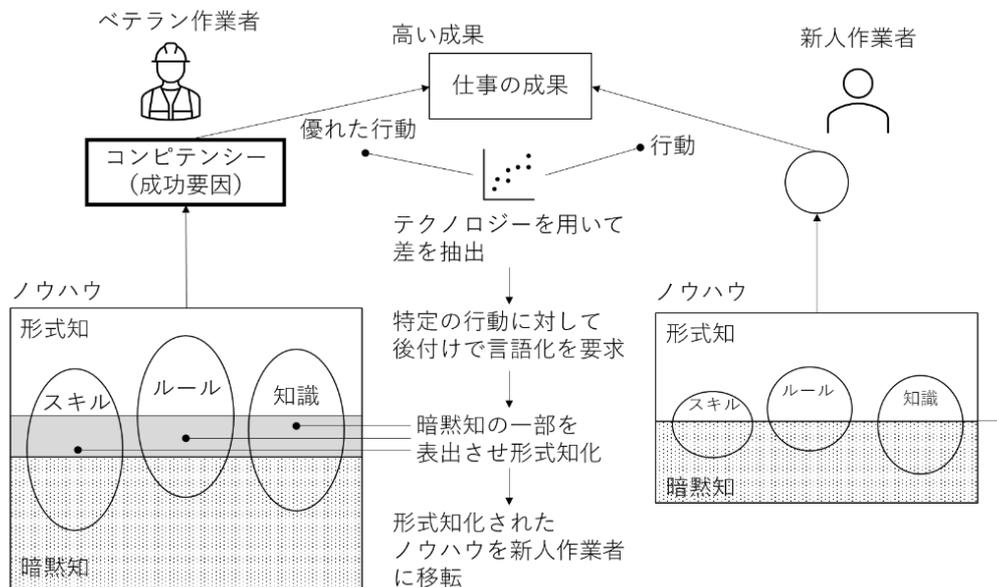


図4 本研究仮説の全体像

前章で示した通り、コンピテンシーはある特定の作業を行うときにベテラン作業者が保有するノウハウの何を用いてどのような行動に移しているかを特定することによって明らかとなる。しかしノウハウの暗黙知部分はベテラン作業者が非宣言的記憶として保有しているため、本人はどの行動が高い成果につながっているのかを把握しておらず、自らの行動の背景にある知識やスキルについて言語化することができない。そこで第三者が言語化のきっかけを与えることで、ベテラン作業者の意識を特定の行動に向けてもらう。ベテラン作業者は高い成果につながる行動を意識しながら行っているわけではないが、結果としてとった行動に後から意識を向けることは可能である[11]。

ベテラン作業者のどの行動を取り上げ、どのような質問で意識を特定の行動に向けてもらうかが重要となるが、その時に第三者であるインタビュアーのノウハウに頼ることがないようにしなければならない。そこでテクノロジーを用いてベテラン作業者と新人作業者の間に顕著な差がみられる行動を特定し、その行動について質問する

ことで、成果につながる行動の選択にインタビュアーの選択ノウハウを不要とする。

さらに特定した行動をどのような背景で行ったのかについてベテラン作業者に質問する際にも、SRK フレームワークを用いた半構造化インタビューとすることでインタビュアーの質問ノウハウを不要とする。

本研究では上記仮説について次の手順で検証を行う。

- ① 熟練技のコンピテンシーマネジメント方法の提案  
先行研究におけるコンピテンシー（暗黙知・ノウハウを対象とするものを含む）の抽出手法及び形式知化手法をふまえ、本研究におけるコンピテンシーマネジメント方法を提案する。
- ② 事例研究及びデータ収集  
製造業企業の特定の工程を対象に本研究で提案するコンピテンシーマネジメント方法に従ってベテランの熟練技能の抽出及び形式知化を行う。
- ③ 結果の分析と評価  
提案した方法の有益性を評価し、仮説を検証する。

### 3.2. 熟練技のコンピテンシーマネジメント方法の提案

#### 3.2.1. ステップ1 タスクの明確化

階層的タスク分析（Hierarchical Task Analysis, 以降HTA）を用いてコンピテンシーマネジメントの対象となる作業をメインタスクとサブタスクに分解する(図 5)。メインタスクは該当作業が目指す最終目的を示し、サブタスクはメインタスクを構成する各個別の作業で、多くの場合サブタスクを順に実施することでメインタスクの完了を図る。サブタスクの階層は作業によって異なる。また、サブタスクにはそれぞれ目標（品質目標や工程目標など）が設定される。

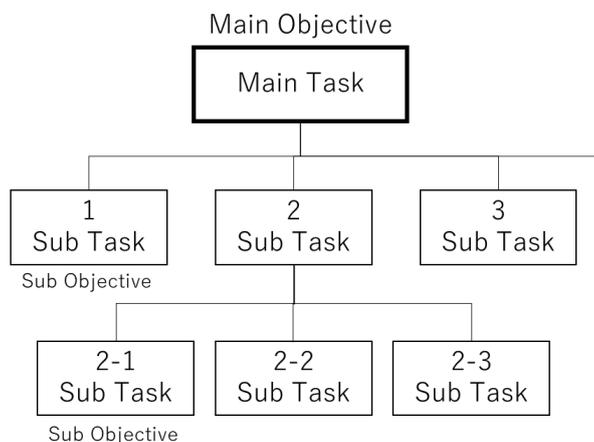


図 5 Hierarchical Task Analysis [出典：Stanton(2006)をもとに筆者作成]

コンピテンシーマネジメントの対象となる作業について作業手順書、マニュアル、標準書などが整備されている場合は、それらを用いてメインタスクとサブタスクの範囲を明確にする。

#### 3.2.2. ステップ2 サブタスクにおける作業者の行動記録

サブタスクにおいて高いパフォーマンスを発揮しているベテラン作業者と、経験が浅い作業者あるいは相対的にパフォーマンスの低い作業者の行動をビデオ撮影やアイトラッカーなどを用いた定量的測定によって記録する。高いパフォーマンスはそれを生み出す固有の行動によってもたらされているという観点から、ここでは外部から観測可能な行動の記録を行う。

#### 3.2.3. ステップ3 ベテラン作業者特有の行動の特定

記録から高いパフォーマンスを発揮しているベテラン作業者に見られる特有の行動を抽出する。

### 3.2.4 ステップ4 ベテラン作業員への半構造化インタビュー

抽出した特有の行動を示す記録映像や測定結果を提示しながらベテラン作業員にインタビューを行う。先行研究より「インタビューが言語化する動機となるような状況を作り出し」インタビューすることが重要であることが明らかになっている。ここでは3.2.2項、3.2.3項で述べたベテラン作業員と新人作業員の行動記録およびベテラン作業員特有の行動を提示することで、ベテラン作業員が無意識に行っている暗黙知部分や作業マニュアルに記載されていないノウハウを言語化する動機となる状況を作り出しインタビューを行う。インタビューではあらかじめ定型化した以下の形式で質問を行う

① 特有の行動の提示

記録映像や測定結果を提示し、インタビュー対象の作業員にどの作業工程の、どの部分の、どの行動についてインタビューを行うのかを特定する。

例：「あなたがこの作業を行うときにはこのような特徴がみられます。一方、他の人の場合はこのようになっています。特にこの部分が大きく違うようです。ここについて話を聞かせてください。」

② カテゴリの確認

SRK フレームワークを用いて、特定した行動がどのカテゴリに分類されるのかをインタビュー対象作業員に確認する。

例：「この作業を行うときのご自身の意識は次のうちどれに最も近いですか？」

- 1: 無意識のうちに体が動いている。
- 2: 決められている閾値や、作業規則、過去のご自身経験から “OK かNG か” “A にするかBにするか” のような判断を行っている。ただしあまり深くは悩まない。
- 3: “この場合どうするか” を考えて行動している。」

③ 行動意図や背景知識の確認

記録映像や測定結果を提示し、行動の意図について説明を求める。

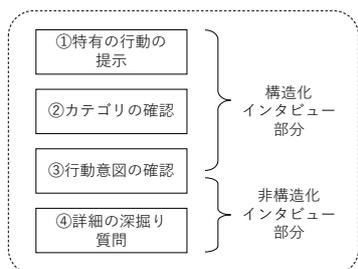
例：上記1 (Skill) の場合 「無意識に体が動いているとのことですが、記録では他の人とあなたはここが違うようです。なぜここを見ている(動かしている、聞いているなど)のですか？」  
「この動きを身につけるにはどのような練習や経験が必要ですか？」

例：上記2 (Rule) の場合 「判断を行っているとのことですが、記録ではあなたはここを見ているようです。この時ご自身の中では何をよりどころにして判断しているのですか？」「この判断力を身につけるにはどのような練習や経験が必要ですか？」

例：上記3 (Knowledge) の場合 「考えて行動しているとのことですが、記録ではあなたはここを見ているようです。この時どのように考えたかを順を追って言葉にしてください」「そのように考えることができるようになるには、どんな知識や経験が必要ですか？」

④ 詳細の深掘り質問

必要に応じてさらに深掘りする質問を行う。



タスク	サブタスク	特有の行動	カテゴリ	行動意図	詳細
No 名称	No 名称	測定結果	S, R, K	特有行動の背景	深掘り質問
Sample 2	2-1	AよりBへの注視が多い	K	Bが…を超えたらおおむねAは…となることが分かっているから	Bが…となる理由はBの動作原理が…だから

図 6 インタビューフローとインタビュー記録表

半構造化インタビューの結果をインタビュー対象のベテラン作業員、他のベテラン作業員、社内の有識者等に

提示し、内容の確認を取る。

### 3.2.5. ステップ5 技能伝承コンテンツの設計

タスク分析結果、行動記録、およびインタビュー結果をもとに技能伝承コンテンツを設計する。技能を引き継ぐ新人作業者が参照しながら作業を行えるように、作業手順書やマニュアル、標準書と対応が取れる構成とする。

初学者にとって具体的に作業内容がイメージできるように、写真や映像を用いる場面を決定する。

Skill に分類された行動については、映像中に見る場所、動かす部分を例示し、説明を加えることで初学者が反復練習可能なようにする。

Rule に分類された行動については、法令や社内規則、標準書などに定められた範囲や限度がある場合はその数値や基準を提示するとともに出典を参照できるようにする。経験に基づく判断を行っている場合はインタビュー記録をもとに文章化して記載する。

Knowledge に分類された行動については、どのような背景知識が必要になるかを説明し、必要な知識を学ぶことができる学習教材を加えるか、社内ですでに整備されている学習教材を参照できるようにする。

なお、全編にわたって本技能伝承コンテンツに記載すべきことは抽象的なコンピテンシーではなく、特定の工程において特定の作業を高いパフォーマンスで行うために必要な具体的なコンピテンシーであることに留意する。(例:「…となるように正しく判断する」ではなく、「…したときに…以上になっているように…を合わせる。このときAではなくBの部分を見るようにする」のように表現する。)

### 3.2.6. ステップ6 技能伝承コンテンツの制作

設計に基づいてコンテンツを制作する。運用場面の状況に合わせて印刷して作業場所に掲示できるスライド形式、PDF マニュアル、Web コンテンツ、スマートホン/タブレットアプリなどの実装形式を選択し、必要に応じて多言語化を行う。

### 3.2.7. ステップ7 技能伝承コンテンツの評価

制作した技能伝承コンテンツをベテラン作業員、新人作業員、社内有識者、マネージャーや経営者等に提示し内容が妥当かどうか、新人作業員にとって使いやすいかどうか等の評価を行う。

## 4. 事例研究及びデータ収集

### 4.1. 対象

長野県の精密機器製造企業A社における計測器の製造工程を対象に、ベテラン作業員の熟練技を新人作業員に伝承することを目的として、技能伝承コンテンツ制作を含むコンピテンシーマネジメントを行った。昭和40年創業の同社では手作業にて計測器を組み立てる工程を有しており、ここでは熟練作業員から新人作業員への技能伝承が企業継続の重要な課題となっている。また作業員が外国人となる可能性もあり、日本語話者同士でも微妙なニュアンスの伝達が難しい技能についての説明を、日本語を母国語としない作業員に対して行い技能を習得してもらう必要も出てくるという課題も抱えている。

分析対象とする計測器組み立て工程を担当するベテラン作業員1名(経験年数50年)と新人作業員1名(経験年数1年)の2名を被験者としてデータ収集を行った。

### 4.2. データ収集

#### 4.2.1. ステップ1 タスクの明確化

今回分析対象とする工程は計測器に指針を取り付ける作業工程(図7)で、製造工程の中でも高い作業精度が要求される重要な工程となる。指針を取り付けるだけでなく、製品が正確な計測値を示すために基準となるマスターゲージが指し示す数値を参照しながら投入パワーを増減させ、組み立て中の製品が指し示す計測値をマスターゲージと一致させる調整を行う。この調整作業においてベテラン作業員と新人作業員では「調整の上手・下手」の違いが表れやすく、結果として1日に組み立てることができる計測器の数に差が生じることとなる。

作業標準および作業工程現場の観察によりHTAを行った。結果を図8に示す。



図 7 対象となる計測器の組み立て作業

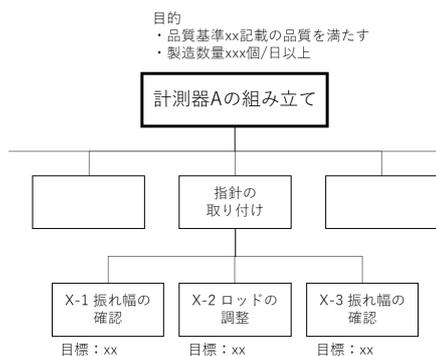


図 8 対象作業工程のHTA結果

#### 4.2.2. ステップ2 サブタスクにおける作業者の行動記録

ベテラン作業者と新人作業者がそれぞれどこに着目して計測器組み立て作業を行っているのかを定量的に測定するために、視線を検出するゴーグル式両眼眼球運動測定装置（アイトラッカー）を用いて行動記録を行った。2名の作業者がそれぞれアイトラッカーを装着した状態で約15分間の指針取り付け作業を実施し、ゴーグルに内蔵された視野カメラによって撮影された作業映像と、眼球検出ユニットにより検出された視線情報を行動記録として用いた。

#### 4.2.3. ステップ3 ベテラン作業者特有の行動の特定

行動記録からベテラン作業者特有の行動の特定を行った。アイトラッカーで検出した作業中の注視箇所の測定結果（図9）からは、ベテラン作業者は組み立て中の計測器の目盛盤を最も注視（全体の37%）し、指針の較正に用いているマスターゲージへの注視は15%であったのに対し、新人作業者は調整時に動かすロッドへの注視が最も多く（30%）続いてマスターゲージ（27%）、ベテランが最も注視していた目盛盤への注視が最も少ない（23%）という顕著な差異が得られた。

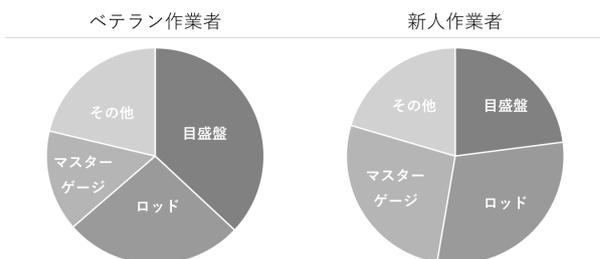


図 9 作業中の注視箇所

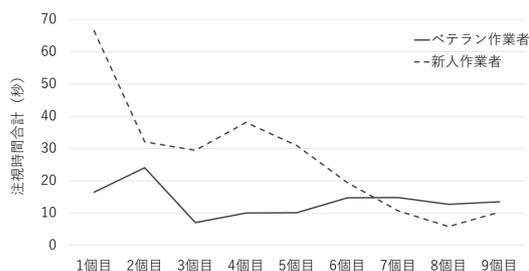


図 10 組立作業経過に伴う注視時間

また、ベテラン作業者の方が作業1個当たりの注視時間合計は短いことは経験の差から当然と思われるが、作業開始から9個目の組立までの1個当たり注視時間合計の推移にも差異が見られた（図10）。ベテラン作業者は作業開始以降おおむね一定の注視時間を掛けている。一方、新人作業者は作業開始直後にはベテラン作業者の3倍以上注視しているが、組み立てが進むにつれて注視時間が短くなり、開始から7個目以降にはベテラン作業者よりも注視時間が短くなるという測定結果であった。

#### 4.2.4. ステップ4 ベテラン作業者への半構造化インタビュー

ベテラン作業者およびマネジャーに対してインタビューを実施した。インタビューはタスク分析に基づく各サブタスクについて行動記録で見られたベテラン作業者特有の行動を提示し、その行動時に発揮しているコンピテンシー、行動意図などを聴取した。

その結果、新人作業者が注視しているマスターゲージを見なくても調整が行えるのは、視覚情報ではなく音によって調整の量を推定しているということ、組み立てている計測器の型によって調整する箇所が決まっているた

め毎回同じ場所を同程度見ること調整が行えること、指針が指している値ではなく振れ幅を観察しているため目盛盤への注視時間が多いことなど、コツやノウハウに該当する SRK フレームワークの Skill 部分の言語化を行うことができた。

また、調整時には計測器の構造を理解し「てこの原理」からロッドをどちら向きにどの程度動かすべきかを考えていることや、力の計算方法などの知識を活用していることなど、SRK フレームワークの Knowledge 部分で習得すべき知識を特定することができた。

#### 4.2.5. ステップ5 技能伝承コンテンツの設計

インタビューにより判明した計測器組立作業で発揮されているコンピテンシーを新人作業者に伝承するためのコンテンツに求められる要件の検討を行った。

表 2 に示す要件を満たすために本技能伝承コンテンツは作業マニュアルに準じた章立てを行ったマルチメディア・マニュアル形式とし、文字だけでなく動画や写真を用いて解説を行うこととする。また、ユーザーの選択により表示言語を変更可能にすることとした。

表 2 計測器組立作業における技能伝承コンテンツ要件

項目	要件
全体	<ul style="list-style-type: none"> <li>作業マニュアルの構成に沿っており、マニュアルとの対応が取れること</li> <li>多言語対応できること</li> </ul>
Skill の伝承	<ul style="list-style-type: none"> <li>映像によりベテランの作業の様子を繰り返し確認できること</li> <li>ベテランが注視している箇所が分かること</li> <li>映像中の字幕で何をしようとしているのかが分かること</li> </ul>
Rule の伝承	<ul style="list-style-type: none"> <li>判断基準が具体的な数値で示されていること</li> </ul>
Knowledge の伝承	<ul style="list-style-type: none"> <li>習得すべき知識の学習コンテンツと接続していること</li> </ul>

技能伝承コンテンツは実務作業に入る前の教育や研修でも用いることが考えられるため、作業場所以外でも閲覧できるように WEB ブラウザを使って表示できる html で開発することとした。

近年の日本の製造業では工程作業に日本語を母国語としない外国籍の労働者が配置されることも増えており、多くの場合高齢となっている日本人ベテラン作業者との対話自体が円滑に行えないこともある。そこで技能伝承コンテンツを多言語対応できるようにすることとした。

#### 4.2.6. ステップ6 技能伝承コンテンツの制作

技能伝承コンテンツは作業手順に沿ってサブタスクごとに解説を加えた工程説明を中心に、知識習得のための学習コンテンツや、作業全体を通して動画で確認できるページ、ベテランと新人の視線の違いをデータで示したページで構成した。制作したコンテンツの一部を図 11 に示す

工程説明のページでは挿入した動画や静止画像内の注目すべき点を矢印や丸、四角で囲むなどして強調を行い、学習者が何に注目すべきかを分かりやすく示している。この注目すべき点はステップ2およびステップ3で得られたベテラン作業者に特徴的に見られた行動から抽出されたものであり、コンピテンシーに直結する根拠のあるものとなっている。そのため、本技能伝承コンテンツを用いて学習することで、目線の配り方を事前にシミュレーションすることができ、実際に工程作業を行う前にイメージトレーニングを行うことができる。

ベテラン作業者の仕事を動画で見ることがもできる。動画は作業全体の流れや作業スピード、前後のつながりを把握するのに適している一方で、作業の細かい部分を見るのには適していない。そのため本技能伝承コンテンツでは動画（解説字幕および注目点の強調付き）、文章による説明、写真による詳細部分の拡大、を組み合わせることで学習者の理解を促している。

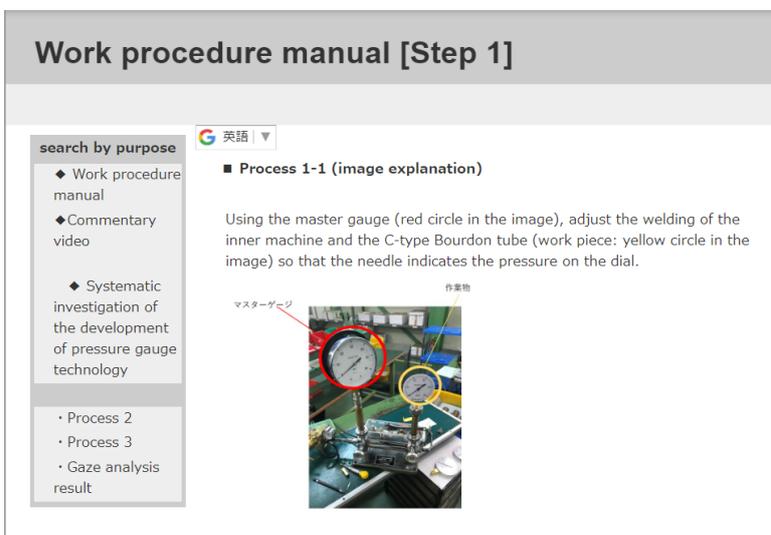


図 11 制作した技能伝承コンテンツの一面

また、html で開発した本技能伝承コンテンツは、Google 社の Translation API を用いることで多言語化を行っている（図 12）。これにより、作業者の母国語で学習を行うことができる。



図 12 技能伝承コンテンツの多言語化

技能伝承コンテンツ中の動画に対しても日本語字幕に Google 社の Translation API を用いて字幕ファイルを生成するようにし、作業者の母国語での動画視聴を可能にしている。



図 13 インドネシア語字幕で表示した作業動画

## 5. 結論と含意

### 5.1. 事例研究の評価方法

今回コンピテンシーマネジメントの実践として制作した計測器組立工程の技能伝承コンテンツを、事例研究を行った精密機器製造企業 A 社の経営者およびベテラン作業者に提示し評価を得た。当該作業工程で伝承すべきコンピテンシーの抽出ができていないか、技能伝承コンテンツの構成や内容はどうか、改善すべき点があるか、についてヒアリングを行うことで評価とした。

### 5.2. 評価結果

ヒアリングの結果を表 3 にまとめる。

有識者による評価の結果、本コンピテンシーマネジメント手法によって計測器製造工程において高い成果を出しているベテラン作業者の暗黙知の一部を表出化させ、形式知とすることができたと考える。

また、本コンピテンシーマネジメントの結果を契機として、「なぜ新人が注視している箇所を見ると作業のスピードが落ちるのか?」「工程毎の平均作業時間はどうなっているのか?」と生産性向上・経営改善につながる疑問

が経営者から呈された。ベテラン技能者のコンピテンシーの表出化を図る際に定量的な測定を行った本コンピテンシーマネジメント手法は、技能伝承に用いるだけでなくデータに基づいた経営にも活用できる可能性があると考えられる。

表 3 評価ヒアリング結果

項目	有識者によるコメント
コンピテンシーの抽出	<ul style="list-style-type: none"> <li>ベテラン作業者が口や仕草では、伝えることができない場所をとらえているのではないか</li> </ul>
技能伝承コンテンツの構成や内容	<ul style="list-style-type: none"> <li>メニューバーや多言語翻訳により使いやすい</li> <li>動画の中に字幕説明や注視箇所の指示があることで理解しやすい</li> </ul>
改善したい点	<ul style="list-style-type: none"> <li>動画内の説明が不十分なところや、用語を社内で使っている専門用語に変えて欲しいところがある</li> <li>細かい作業が動画ではよく見えないところがある</li> <li>視線を移す順番を記載して欲しい</li> <li>作業工程が実際の作業書と合っていないところがある</li> </ul>

### 5.3. 結論と今後の展望

本稿では、製造業においてベテラン作業者が発揮しているコンピテンシーを抽出し、それを新人作業者に伝承していくためのコンピテンシーマネジメント方法について明らかにした。

コンピテンシーを抽出するには階層的タスク分析によって細分化した各サブタスクにおいて、ベテラン作業者と新人作業者の行動の違いを測定しその測定結果をベテラン作業者に提示することが有効であることを示した。タスク分析により検討すべき範囲を限定し、ベテラン作業者と新人作業者の違いに着目することで高いパフォーマンスを生み出している要因部分に集中することができる。これにより、自らの作業を言語化することに長けていない方に対して負担を掛けることなく発言を引き出すことができた。

また、ベテラン作業者に対して SRK フレームワークに基づいてあらかじめ定められた質問（半構造化インタビュー）を行うことで、コンピテンシーの背後にどのような暗黙知が存在しているかを明確にできることを示した。ベテラン作業者と新人作業者の行動の違いの部分で用いているのが Skill なのか、Rule なのか、Knowledge なのかをベテラン作業者に聞き、それを契機に深掘りすることでコンピテンシーを特定することができる。これにより、インタビュアー側にも熟練のインタビュースキルを要求することなく効果的にインタビューを行うことができた。

本コンピテンシーマネジメント手法が有効であることを事例により示したが、一方で本手法の限界は次の点にあると考えられる。本手法では観察あるいは測定されたベテランと新人の違いをきっかけにインタビューを行っている。そのため観察あるいは測定されなかったところにベテランと新人の大きな違いがある場合、インタビュアーや技能伝承支援者がそこに気付かず、ベテラン作業者も無意識に体を動かしているためそこに気付かず、その結果コンピテンシーを明らかにすることができなくなる可能性がある。例えば本稿の事例では視線解析結果をベテランと新人の違いとして提示しながらインタビューを行った結果、視覚情報ではなく音によって判断しているという返答を得た。今回のインタビュー対象者はそのことに自ら気付き言語化できる人物であったが、提示した違い以外のところの情報がインタビューから得られるかどうかは定かではない。ベテランと新人のあらゆる差異を測定することも現実的ではないので、今後の課題として半構造化インタビューの質問項目の工夫で可能な限り取りこぼしが少なくなる手法を検討したい。

### 5.4. 終わりに

本稿では、日本国内の製造業が抱えている技能伝承の課題解決に資することを目的として、製造業においてベテラン作業者が発揮しているコンピテンシーを抽出し、それを新人作業者に伝承していくためのコンピテンシーマネジメント方法の検討を行った。「ステップ1 タスク分析」「ステップ2 行動記録」「ステップ3 ベテラン作業者特有の行動の特定」「ステップ4 半構造化インタビュー」「ステップ5 技能伝承コンテンツの設計」「ステップ6 コンテンツの制作」「ステップ7 コンテンツの評価」の順に実施することで、ベテラン作業者のコンピテンシーを明確にし、形式知として残すことが可能になることを示した。本手法はベテラン作業者が長年の経験を通して無意識に習得したため言語化が難しい暗黙知を、高度なインタビュースキルを必要とせずに出化し、

技能伝承コンテンツとして形式知化できる点が有用である。

[謝辞]

本稿の予稿に対して丁寧なご指摘をいただきましたお二人の査読者に厚く御礼申し上げます。

[参考文献]

- [1] 独立行政法人労働政策研究・研修機構, “ものづくり産業における技能継承の現状と課題に関する調査結果,” *調査シリーズNo. 194*, 2020. [Online]. Available: <https://www.jil.go.jp/institute/research/2020/documents/0194.pdf>. [Accessed: 29-Mar-2023].
- [2] 出入国在留管理庁, “特定技能在留外国人数 (令和4年12月末現在),” 特定技能在留外国人数の公表, 31-Dec-2022. [Online]. Available: <https://www.moj.go.jp/isa/content/001389884.pdf>. [Accessed: 29-Mar-2023].
- [3] 森和夫, “熟練技の特性と次世代への継承, 育成における課題,” *日本労働研究雑誌*, Vol. 62, No. 11, pp. 74-84, 2020.
- [4] 野中郁次郎, 竹内弘高, *知識創造企業*. 東洋経済新報社, 1996.
- [5] V. S. Chouhan and S. Srivastava, “Understanding competencies and competency modeling — A literature survey,” *IOSR J. Bus. Manag.*, Vol. 16, No. 1, pp. 14-22, 2014.
- [6] M. R. Ennis, *Competency models: a review of the literature and the role of the employment and training administration (ETA)*. Office of Policy Development and Research, Employment and Training ..., 2008.
- [7] S. A. Tucker and K. M. Cofsky, “Competency-based pay on a banding platform: A compensation combination for driving performance and managing change,” *The Journal of Total Rewards*, Vol. 1, No. 2. search.proquest.com, p. 1992, 1994.
- [8] J. P. Campbell, R. A. McCloy, S. H. Oppler, and C. E. Sager, “A theory of performance,” *Personnel selection in*, 1993.
- [9] R. Garud, “On the distinction between know-how, know-what, and know-why,” *Advances in strategic management*, Vol. 14, pp. 81-102, 1997.
- [10] T. L. Johnson, S. R. Fletcher, W. Baker, and R. L. Charles, “How and why we need to capture tacit knowledge in manufacturing: Case studies of visual inspection,” *Appl. Ergon.*, Vol. 74, pp. 1-9, Jan. 2019.
- [11] 前野隆司, *脳はなぜ「心」を作ったのか: 「私」の謎を解く受動意識仮説*. 筑摩書房, 2010.
- [12] N. A. Stanton, “Hierarchical task analysis: developments, applications, and extensions,” *Appl. Ergon.*, Vol. 37, No. 1, pp. 55-79, Jan. 2006.
- [13] M. van de Wiel, “Examining expertise using interviews and verbal protocols,” *FLR*, Vol. 5, No. 3, pp. 94-122, Jul. 2017.
- [14] 蔵谷正人, 坂庭純, 楠神健, 小松原明哲, “運転規制時において列車運行の安全を確保するために鉄道運行指令員に求められるコンピテンシーの抽出方法の構築,” *日本経営工学会論文誌*, Vol. 70, No. 4, pp. 197-209, 2020.
- [15] 中西稔, 城戸康彰, “暗黙知の表出化と形式知化-水先艇運行業務の技能継承の事例,” *産業能率大学紀要*, Vol. 37, No. 2, pp. 31-48, 2017.
- [16] O. Atik, “Eye Tracking for Assessment of Situational Awareness in Bridge Resource Management Training,” *J. Eye Mov. Res.*, Vol. 12, No. 3, Apr. 2019.
- [17] 青島亘佐 *et al.*, “視線情報による橋梁健全性診断の暗黙知抽出に関する検討,” *AI・データサイエンス論文集* Vol. 3, No. J2, pp. 650-660, 2022.
- [18] 高井由佳, 後藤彰彦, 佐藤ひろゆき, 濱田泰以, “熟練職人の形式知を取り入れた京壁塗り習熟eラーニング教材の構築,” *教育システム情報学会誌*, Vol. 33, No. 2, pp. 84-93, 2016.

(2023年6月15日受理)