

# 知識・技術・技能の伝承支援に関する考察

## —SIG-KST 講演内容の分類—

古川 慈之\*

産業技術総合研究所

**要旨:** 知識・技術・技能の伝承支援研究会（SIG-KST）は 2007 年に設立されて以来、関連する研究講演を 100 件以上実施してきた。また、2012 年からはほぼ毎回討論会を実施し、対象とする分野や技術の体系的な整理を試みている。本稿では、これまでの研究会活動から得られた知見をもとに、過去の研究講演の分類と分析について述べる。その中で、多様な分類方法に基づく講演事例の検索システムの構築について報告し、そのシステムを利用した講演内容の分析として、視覚的な語彙を用いた事例の記述とその類型化について考察する。

## 1 はじめに

知識・技術・技能の伝承支援研究会（SIG-KST）は 2007 年に設立されて以来、関連する研究講演を 100 件以上実施してきた。また、2012 年からはほぼ毎回討論会を実施し、対象とする分野や技術の体系的な整理を試みている。既報[1]では、これまでの研究会活動から得られた知見をまとめ、考察を行った。本稿では、過去の研究講演の分類を中心に詳細を述べる。

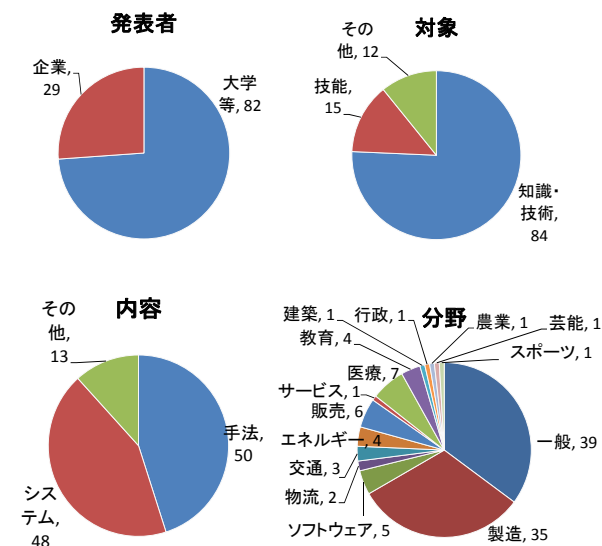


図 1：講演実績の分類

## 2 講演内容の分類

SIG-KST では、知識・技術・技能の伝承を支援する手法とシステムおよびその事例を共有して体系化することを目指している。過去の講演実績を分類したグラフを図 1 に示す。対象とした講演は、第 1 回から第 22 回までの一般講演と招待講演の 111 件で、1 件につき各分類について 1 つの項目に割り当てて集計している。

発表者は、共著であれば筆頭著者の所属で集計した。発表者のグラフからは、大学等の研究機関による講演が 7 割以上を占め、企業からの事例は 3 割未満ということがわかる。

対象のグラフでは、各講演で対象としているものを知識・技術と技能およびその他に分けて集計している。この分類方法はまだ定義が確立していないため、今後の議論が必要であるが、現時点では知識・技術は再現可能で明示的に表現できるものを対象にした場合を指し、技能は身体的・感覚的なものを対象にした場合を指している。再現可能で明示的に表現できる知識・技術を対象にしたものが多く、技能を対象にしたものは少ない。

内容のグラフでは、講演で扱う内容が手法の提案までかシステム構築や実施例の紹介まで含むかの段階で分類している。半数近くがシステム構築まで実施していることがわかる。

分野については、主題に関連する産業ごとに分類を試みている。この分類も境界や粒度について今後の議論が必要であるが、製造を中心に多様な事例が集まっていることがわかる。

\*連絡先：産業技術総合研究所  
〒305-8564 茨城県つくば市並木 1-2-1  
E-mail: y-furukawa@aist.go.jp

### 3 講演内容検索システムの構築

SIG-KST のホームページでは, 可能な限り過去の講演に関する資料を掲載して公開しているが, 現状では開催回ごとのページに掲載している. そのため, どのような講演が行われたかを調べるためには, すべての開催回のページを閲覧する必要がある. 過去の講演の一覧が表示でき, さらに 2 章で述べた分類を用いて検索できれば, SIG-KST の活動で蓄積された知識へのアクセス性が向上し, 本稿で実施するような分析の際に有益と考えられる. よって, そのような閲覧と検索のシステムを構築したので報告する.

本システムは, Ryabov らが提案したイーグルサーチ[2]のインターフェースを採用しており, 検索条件の指定に伴うデータの絞込度合をユーザが瞬時に把握できるため, インタラクティブに条件指定を変更してデータの分布状況を把握しながら検索できることが特徴である. イーグルサーチについては, SIG-KST でも大谷らによって同様のシステム構築事例が紹介されている[3].

#### 3.1 検索の流れ

図 2 から図 5 は構築した検索システムの画面イメージを示している. 本システムは Web ブラウザ上で動作し, 指定した条件に該当する講演の一覧を表示する. また, 一覧から選択すると SIG-KST ホームページの該当する開催回が表示され, 公開されている資料があればすぐにアクセスすることができる.

図 2 は条件選択の画面を示している. ここでは, 2 章で述べた分類に対して, 「発表回」・「年」・「注記」を追加している. これらは, 単純に検索する観点で有用であろうと判断した. 注記については, 招待講演の場合と, 一般講演の中で学会の研究会優秀賞を受賞している場合について記している.

図 2 の時点ではどの条件も選択されておらず, 全データ 111 件が選択されている状態を示している. この状態で「一覧」タブを選択すると, 全データの一覧が表示される.

本システムでは, 各分類から条件となる項目を指定することで, データを絞り込むように検索する.

図 3 では, 「分野」の「製造」と「年」の「2010」を選択した状態を示している. 条件を選択した「分野」と「年」については, 選択された項目が選択状態となり, 残りの項目が選択不可状態となっている. 画面では, 選択した条件に該当するデータのみ絞り込まれ, ここでは 7 件選択されていることがわかる. さらに, 選択していない分類についても, 絞り込まれたデータに該当する条件のみが選択可能状態となり, 含まれない条件は選択不可状態となっているこ

とがわかる.

条件選択 <b>一覧</b>	
所属:	大学等 企業
内容:	手法 システム その他
対象:	知識・技術 技能 その他
分野:	一般 製造 ソフトウェア 物流 交通 エネルギー 販売 サービス 医療 教育 建築 行政 農業 芸能 スポーツ
発表回:	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22
年:	2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014
注記:	なし 招待講演 優秀賞
111 件のデータが選択されました。	
リセット	

図 2: 条件選択初期状態

条件選択 <b>一覧</b>	
所属:	大学等 企業
内容:	手法 システム その他
対象:	知識・技術 技能 その他
分野:	一般 製造 ソフトウェア 物流 交通 エネルギー 販売 サービス 医療 教育 建築 行政 農業 芸能 スポーツ
発表回:	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22
年:	2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014
注記:	なし 招待講演 優秀賞
7 件のデータが選択されました。	
リセット	

図 3: 条件選択時の例

所属	内容	対象	分野	タイトル	発表回	年	注記
大学等	システム	技能	製造	船舶曲がり外板の加工精度可視化システム	9	2010	なし
大学等	システム	知識・技術	製造	エンドユーザ開発による企業内情報化への取り組み	9	2010	なし
企業	手法	知識・技術	製造	特許情報分析を用いた効率的な発明支援法	9	2010	なし
大学等	システム	知識・技術	製造	設計解の絞り込み過程の可視化による設計意図の伝承	10	2010	なし
大学等	システム	知識・技術	製造	匠の技「ぎょう鉄」の問題を解決する研究	10	2010	なし
大学等	システム	技能	製造	造船特殊技能研修用教材の開発-配管機装の技能伝承-	11	2010	優秀賞
大学等	システム	技能	製造	拡張現実感を用いた対話的作業支援	11	2010	なし

7 件中 1-7 番目を表示 << 前のデータ >> 次のデータ >>

図 4: 条件選択時の一覧表示の例

図 3 の状態で上部の「一覧」タブを選択すると, 図 4 に示すようなデータの一覧が表示される. 一覧表示では, 「条件選択」タブで示されていた各分類の条件とタイトルが表形式で表示される.

さらに, 図 4 の一覧からデータを選択すると, 図 5 に示すように SIG-KST ホームページ上の該当する開催回のページが表示され, 資料にアクセスすることができる.

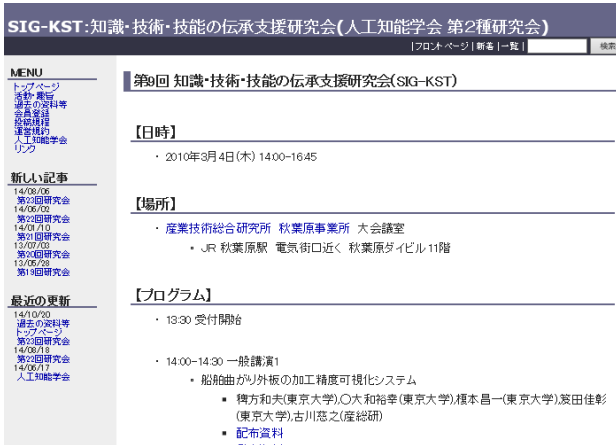


図 5 : 選択データからホームページ表示の例

### 3.2 システム構成

図 6 に示すように, 本システムは表示用の HTML ファイルと CSS ファイルおよびデータの XML ファイルに基づき, JavaScript によるプログラムで動的な HTML ページを構成し, Web ブラウザ上で動作する. インタフェースの体裁やレイアウトに関しては, 主に HTML ファイルと CSS ファイルを修正することでカスタマイズ可能である. データおよびユーザ操作に応じて動的に変化する処理の本体はすべて JavaScript で記述されている.

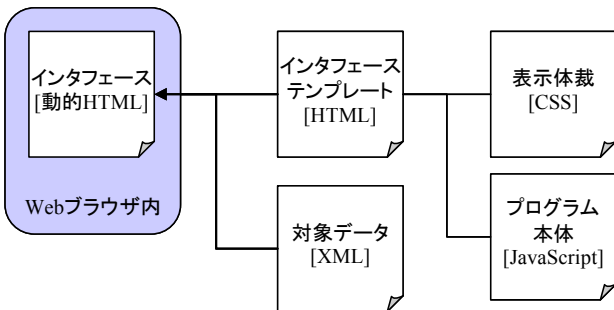


図 6 : 検索システム構成

対象データは XML ファイルとしてイーグルサーチ用の構造で記述され, このファイルを入れ替えることで内容を置き換えることができる. 図 7 に XML ファイルのデータ構造の概要を示す. 図中の「分類」タグが前述の「所属」や「内容」に該当し, 同様に「条件」タグが「所属」に対する「大学等」や「内容」に対する「手法」等に対応する. また, 個々の「データ」が各条件を「分類」属性として保持することで, データと条件の対応を表現している. なお, 「分類」タグの「選択肢表示」属性を設定することで画面上の「条件選択」タブに「条件」の集合が表示され, 「一覧表示」属性を設定することで画面上の

「一覧」タブにデータが保持する「条件」が表示される. 例として, 本システムでは「分類」の一つとしてデータが持つ「タイトル」を加えており, これを一覧表示のみで表示して条件選択で表示しないように設定している. このように, 分類や条件はデータの内容に応じて自由に設計することが可能である.

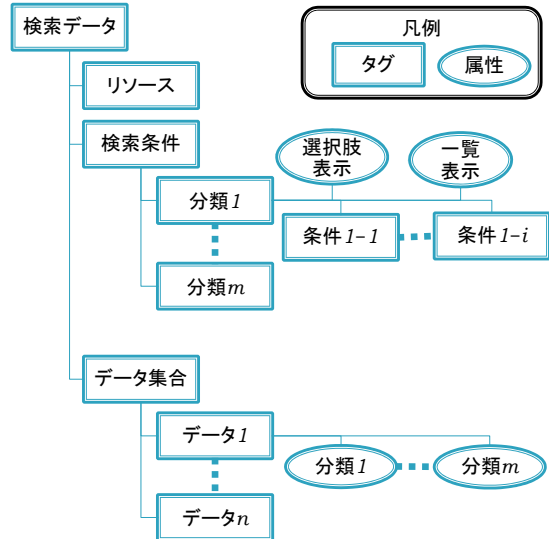


図 7 : XML ファイルのデータ構造

このような構造の XML ファイルは汎用のテキストエディタでも作成できるが, システムが要求する書式を常に満足する必要があるため, 図 8 に示すデータ編集ツールを作成した. なお, ツールの作成には MZ Platform[4]を用いている. 本ツールでは, 分類をリスト形式で編集, データを表形式で編集し, 所定の XML ファイルとして出力することができる. さらに, 一度出力した XML ファイルを読み込んで, データ構成を変更することも可能である.

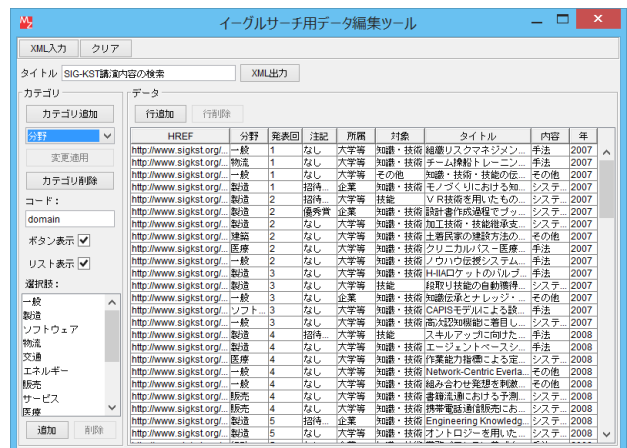


図 8 : データ編集ツール

## 4 講演内容の分析

ここでは、SIG-KST 講演事例について、内容の分析を試みる。すべての講演を網羅的に扱うことはできないので、代表的な事例をいくつか取り上げる。代表的な事例については、3章で述べた検索システムを用いて、2章で述べた分類に基づいて探索的に選定した。

### 4.1 視覚的な語彙による講演事例の記述

講演内容の分析方法として、SIG-KST の活動を通じてこれまでに整理してきた視覚的な語彙（図9参照）を用いた事例の記述を行う。2章で述べたようにSIG-KST で扱う事例は多様であり、またその表現方法も千差万別であるため、まずは事例を統一的な方法で表現することで類似点や相違点を明らかにする必要がある。図に示した視覚的な語彙はそのための道具の一つである。ただし、この語彙は作成段階にあり、今後の議論で変更の可能性がある。本稿での分析も、語彙の表現力について検証するための一つの過程と考えている。

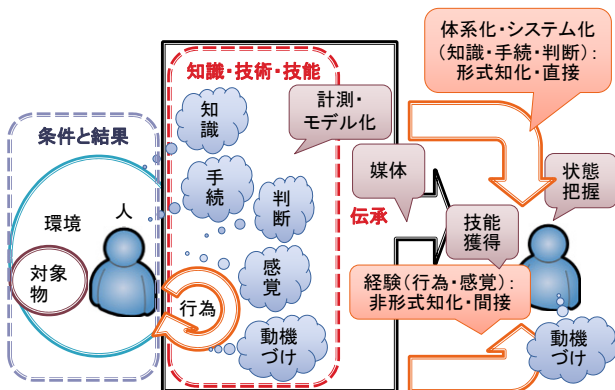


図9：事例記述用の視覚的な語彙

視覚的な語彙について簡潔に説明すると次のようになる。図9に示すように、SIG-KST で対象としている知識・技術・技能の伝承においては、まず人（図中左側）が存在し、その人が熟練者や技能者として何らかの作業・業務・問題解決等を実施するものとする。その実施においては、対象物が存在する場合や、環境からの影響または環境への影響があり得るが、人の状態も含めてこれらはすべて作業・業務・問題解決等を実施するにあたっての条件とその結果であると考えられる。一方、伝承する対象となる知識・技術・技能とは、知識・手続・判断・感覚・行為・動機づけ等で構成されるものとする。これらを伝承する方法は大きく分けて2つあると考えられ、明示的に表現できる知識・手続・判断などについては整理して直接伝承し、明示的に表現できない行為や感

覚などについては、別の表現方法を用いて間接的に伝承する。このような伝承を実現しようとした場合には、知識・技術・技能を何らかの方法で計測やモデル化をする必要があり、表現を伝えるための媒体が必要となる。さらには、最終的な伝承とは図中右側の人が技能獲得した状態であり、その過程の状態把握が必要となる。

### 4.2 記述例

ここでは、SIG-KST の講演の中で代表的な事例について、視覚的な語彙を用いた記述の例を示す。なお、これらの記述例は、本稿の著者が自身の理解に基づいて解釈した内容を記述したものであり、各講演の発表者から必ずしも同意を得たものではない。

石川ら[5]は、子育ての知識について映像等を利用して継続的に蓄積して提示するシステムを提案した。この事例について記述した例を図10に示す。ここでは、子育てに関する知識・手続・判断等について、データベースに蓄積し、そのシステムを媒体として直接提供していると解釈して、その様子を表現している。

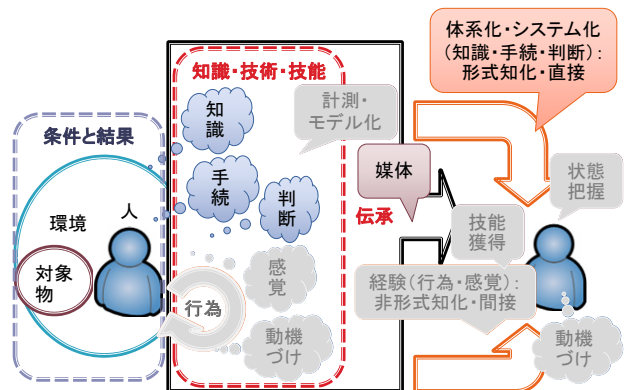


図10：SIG-KST-2012-03-06[5]の記述例

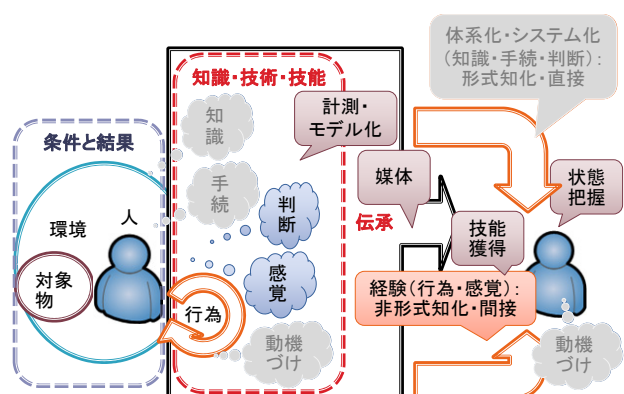


図11：SIG-KST-2011-03-05[6]の記述例

榎塚ら[6]は、ヤスリがけの技能について計測と評価の手法を提案した。この事例について記述した例

を図 11 に示す. ここでは, ヤスリがけの行為における動作をセンサ計測し, モデル化して可視化することで判断や感覚および行為を間接的に表現していると解釈した. その可視化システムが媒体となって, 伝承される側が自身の状態を把握でき, 技能獲得に寄与すると考えられる.

穴井ら[7]は, 造船の配管艤装について技能研修用教材を作成した事例について紹介した. この事例について記述した例を図 12 に示す. 対象が高度に専門的な技能であり, 多くの知識・手続・判断等だけでなく, 行為や感覚などが含まれる内容であるが, 産業界で利用できる形の教材としてまとめており, それを媒体として伝承を支援する取り組みである.

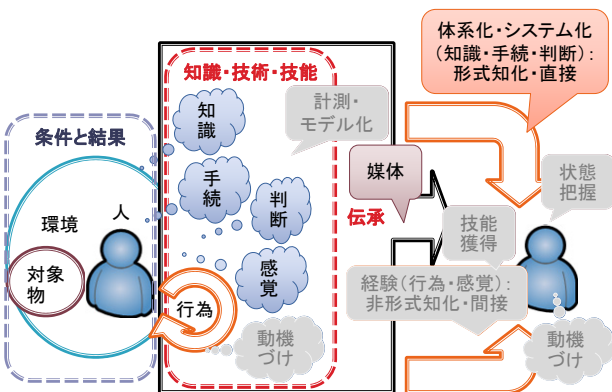


図 12 : SIG-KST-2010-02-01[7]の記述例

中村ら[8]は, 製品設計における設計ルールを蓄積し, かつ設計書作成段階で自動的にルールを提示するシステムについて紹介した. この事例について記述した例を図 13 に示す. このシステムを利用することで, 設計者は自身が持つ知識・手続・判断等について, 一種のモデルであるルールとして媒体であるデータベースに蓄積することができる. さらに, 別の設計者が設計書を作成する段階で, キーワードを検出して自動でルールを提示するシステム化を実現している.

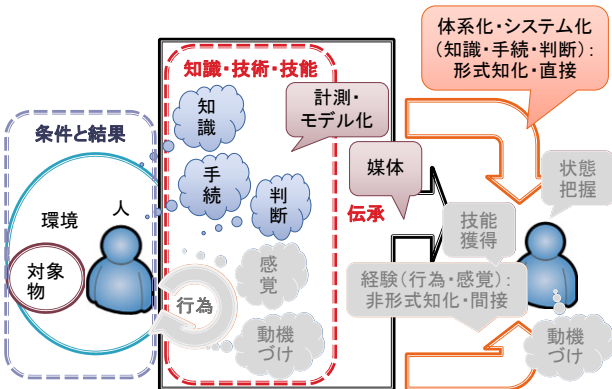


図 13 : SIG-KST-2007-02-02[8]の記述例

古川[9]は, 映像を通して知識を間接的に取得するシステムの構築とその利用について紹介した. この事例について記述した例を図 14 に示す. この事例では図中左側の熟練者に該当する人は存在せず, 環境に関する暗黙的な知識が, 環境を記録した映像という媒体によって図中右側の人に間接的に提示され, 知識が獲得されると解釈できる.

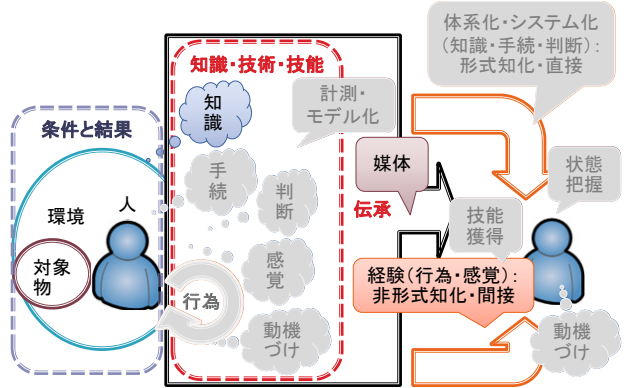


図 14 : SIG-KST-2013-01-04[9]の記述例

### 4.3 記述の類型化の試み

4.2 節で示したように, 他の講演についてもさらに記述を実施してみると, 知識・技術・技能の伝承支援について, ある程度の類型化ができると思われる. 本稿では, 次に示す 5 つをその候補として挙げる. 以降では, 順に各候補について解説を述べる.

- (1) 事実の記録と提示: 間接的な知識の提示
- (2) 知識の蓄積と提示
- (3) 知識の利用: システム化 (自動化)
- (4) 技能の可視化: 間接的な技能の提示
- (5) 技能の技術化: 明示的な表現への変換

(1)の事実の記録と提示は, 4.2 節で紹介した古川[9]の事例が該当する. 支援システムがなければ, 環境に埋め込まれた暗黙的な知識はその場に居合わせた人しか獲得できず, 獲得できなければ完全に失われるが, 事実を記録することで時間的・空間的に離れて存在する人がその知識を間接的に獲得可能となる. SIG-KST が扱う内容としては初歩的な内容で講演事例も少ないが, このように整理すると十分にスコープの範囲内と言える.

(2)の知識の蓄積と提示は, 石川ら[5]の事例が該当する. 明示的に表現できる知識等を蓄積して提示するもので, 多くの講演事例で扱われている. SIG-KST が扱う内容としては, 最も一般的な類型であろう.

(3)の知識の利用は, 蓄積された知識を直接利用して動作するシステムの実現を指しており, 中村ら[8]の例が該当すると考えられる. 知識等は人に対して伝承されるだけでなく, 機械やソフトウェアへの置き換えによる自動化もよく想定される. SIG-KST が

扱う内容としては, 実現していないまでも目標としている講演事例が多いと思われる。

(4)の技能の可視化は, 本来表現が難しい技能を別の表現で間接的に提示することを指し, 榎堀ら[6]の事例が該当する。SIG-KSTにおいて技能を扱う講演では, このアプローチを取る例が多い。

(5)の技能の技術化とは, 本来表現が難しい技能について, 再現可能な形式の表現に変換することを指し, 穴井ら[7]の例が該当すると考えられる。SIG-KSTでは事例が少ないが, 技能を人に伝承する場合にはこの方法が必要となる場合が多い。ただし, 技能のすべてを再現可能な形式に変換することはできないため, 最終的に人が技能を獲得するためには他の手法(教育など)との組み合わせが必要である。

以上, 5つのタイプの候補について述べたが, 講演事例のすべてがいずれかのタイプに分類できるというよりは, いくつかの組み合わせが存在すると考えられる。例えば, (2)の知識の蓄積と提示をするシステムも, 一部には(1)の事実の記録と提示にとどまる部分もあるだろう。また, 具体的な対象について技能の伝承を実現しようとするれば, (4)と(5)の組み合わせが一つの方法となる。さらに, ある技能を機械による自動化に置き換えようとするれば, (4)と(3)の組み合わせとなるだろう。

本稿での分析を通じて, 現在の視覚的な語彙では粒度が粗い部分やまだ厳密でない部分があることがわかる。例えば, システムによる自動化と人への伝承は分けて表現した方が良く考えられるし, 知識・技術・技能ではなく人・環境・対象を計測する方が厳密であると思われる。このような改善点については, 今後のSIG-KSTの活動を通じて反映させ, 表現を洗練させていきたい。

## 5 むすび

本稿では, SIG-KSTのこれまでの講演に関する内容の分類と分析について報告した。その中で, 分類に基づいた講演事例の検索を実現するためのシステム構築について述べ, そのシステムを用いて実施した分析では, これまでのSIG-KSTの活動で整理した視覚的な語彙を用いた講演事例の記述を示し, その類型化を試みた。さまざまな分類で講演の一覧を見ることは, 多様な観点での事例の多寡を明らかにすることになる。事例が少なければ誰かが挑戦したり, 逆に多ければ関心が高いと認識したりすることが可能となる。いずれにせよ, SIG-KSTとしては, 講演事例を収集し続けることが大きな役割の一つであり, 同様に事例の集合に対して分析した結果を本稿のよ

うに示すことが重要である。今後もSIG-KSTの活動が, 産業と社会における知識・技術・技能の伝承支援の一助となれば幸いである。

## 謝辞

本稿の内容は, これまでSIG-KSTに参加した講演者ならびに聴講者との議論を通じて得られた知見を少なからず含んでいる。ここにSIG-KSTの活動に貢献したすべての参加者に感謝の意を表す。

## 参考文献

- [1] 古川慈之, 知識・技術・技能の伝承支援に関する考察, 第22回知識・技術・技能の伝承支援研究会, SIG-KST-2014-01-04, 2014.
- [2] O. Ryabov, S. Imamura, K. Mori, DB Navigation by an Eagle View User Interface, 精密工学会学術講演会講演論文集, 2002年度秋季大会 N81, 2002.
- [3] 大谷成子, 綿貫啓一, 小島俊雄, 小林秀雄, 瀬渡直樹, 江塚幸敏, 加工事例の画像検索に基づく加工支援システム, 第17回知識・技術・技能の伝承支援研究会, SIG-KST-2012-02-06, 2012.
- [4] 古川慈之, 澤田浩之, 徳永仁史, 手嶋吉法, 松木則夫, エンドユーザ開発による企業内情報化への取り組み, 第9回知識・技術・技能の伝承支援研究会, SIG-KST-2009-03-02, 2010.
- [5] 石川翔吾, 桐山伸也, 竹林洋一, 子どもの発達理解と子育て支援—マルチモーダル行動発達事典の構築と利用—, 第18回知識・技術・技能の伝承支援研究会, SIG-KST-2012-03-06, 2013.
- [6] 榎堀優, 間瀬健二, ウェアラブル加速度・角速度センサを用いたヤスリがけ技能評価の検討, 第15回知識・技術・技能の伝承支援研究会, SIG-KST-2011-03-05, 2012.
- [7] 穴井陽祐, 村上睦尚, 岩田知明, 松尾宏平, 林原仁志, 造船特殊技能研修用教材の開発—配管艤装の技能伝承—, 第11回知識・技術・技能の伝承支援研究会, SIG-KST-2010-02-01, 2010.
- [8] 中村伊知郎, 谷垣宏一, 高山泰博, 岡村博之, 中谷壮志, 設計書作成過程でプッシュ型デザインレビューを実現する不具合未然防止システム naviQ とその事例紹介, 第2回知識・技術・技能の伝承支援研究会, SIG-KST-2007-02-02, 2007.
- [9] 古川慈之, 簡易映像記録システムの構築と人の流れの分析, 第19回知識・技術・技能の伝承支援研究会, SIG-KST-2013-01-04, 2013.