

博士学位論文要約（平成31年3月）

教育・訓練環境における人間とシステムの協働促進手法に関する研究

福谷 遼太

指導教員：木下 哲男

Collaboration Acceleration Method between Human and System on Education and Training Environment

Ryota FUKUTANI

Supervisor: Tetsuo KINOSHITA

In the environment on education and training, there are various problems caused by the business of trainers and however supports by systems are not enough. These days, the arguments about Human-System Collaboration (HSC) are developing. The HSC is a concept that improves features such as “for Human” in a system. This paper proposes a collaboration acceleration method between human and system on education and training environment which requires three capabilities: A) motivation evoking capability, B) adaptation capability for changeable environment and context, C) communication enforcement capability.

1. はじめに

技術の進展が著しい今日、各国が科学技術の競争力向上を目指しており、人材育成への注力も盛んである[1][2]。教育・訓練環境では指導者の多忙化問題が顕著化しており、指導者不足や指導に十分な時間をあてられないことが問題視されている[3][4][5]。このような問題に対して、教育・訓練支援システムを利活用することで指導者・学習者を支援することが期待されている。しかし、システムは人間の感覚や経験に基づく作業を支援することが難しいように、システムによる支援範囲は限られている。

人間とシステムの役割分担という観点では、これまでは「システム（コンピュータ）が得意なことはシステムに任せ、人間が得意なことは人間に任せる」というアプローチが採られてきた。しかしながら、このような分業的な役割のシステム開発は、基本的にシステムが長所を發揮できない作業をシステムに担わせないため、人間には、システムが稼働できる時間、環境、場面に合わせて判断・行動することが要求される。ここで近年、システム設計・開発コンセプトとしての“人間とシステムの協働（HSC: Human-System

Collaboration)”に関する議論が進められてきている[6][7]。HSCでは、「システムが人間に合わせる」ような機能を拡充させることで、人間とシステムが協働的に作業を行えるよう支援し、システムによる支援範囲を拡大させていくことが目指されている（図1）。

現在、教育・訓練環境においてHSCを促進させるための議論が不足している。そこで本研究では、教育・訓練環境に関わる人間とシステムの協働的な作業遂行を促す「教育・訓練環境における人間とシステムの協働促進手法」を提案する。提案手法では、システムが人間に合わせるような機能を拡充させるために次のA、B、Cの三要件を設定し、各機能の働きを付与・向上させたシステムの開発によってHSCの促進を図る（図2）。

- A) 協働意欲の喚起機能 人間の主体的な協働（システム利活用）を促す機能
- B) 環境・場面への適合機能 各環境や場面に合わせたサービスを提供する機能
- C) コミュニケーションの活性化機能 人間とシステムの情報交換量を増やす機能

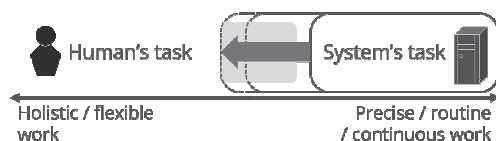


図1 HSCによる人間とシステムの役割分担

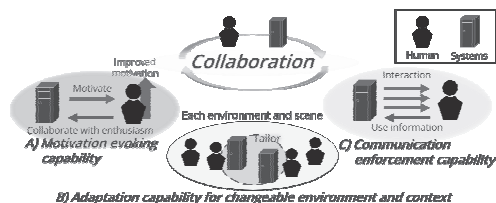


図2 本研究における協働促進手法

以降, 2, 3, 4 章で提案手法によって各教育・訓練環境の課題解決を図り, 5 章で本論文をまとめる。

2. HSC による学校教育における技能指導者支援

本章では, 中学校技術・家庭科[技術分野](以下, 技術科)の教員に焦点を当て, 技術科教員が抱える課題「(P1) 加工物評価作業に対するシステムの支援不足により技術科教員の負担が大きい」の解決を図る。本研究では, 「(S1) 指導者向け加工物評価支援システム」を提案し, 教員(Human)は物理的な操作を担い, システム(System)は加工物の計測や評価情報の提供を担うことで, 加工物評価業務をシステムと共有するという新たな協働(Collaboration)形態を形成し, (P1)の解決を目指す。HSC の三要件に沿って, (S1)は次の A, B, C を満たすものとする(図 3)。

- A) 協働意欲喚起機能の付与: 教員が大量の加工物の評価を次々に行うことができる。
- B) 環境・場面への適合機能の付与: 低コストで操作が容易な携帯端末によって加工物の角度と表面粗さ, 概観を評価できる。
- C) コミュニケーション活性化機能の付与: 加工物の状態把握を支援する角度, 表面粗さ, 概観の評価情報を提供・記録・保存できる。

(S1) 指導者向け加工物評価支援システム は, 加工物の状態計測と分析, 計測されたデータの集積・管理を支援するものである。また, 本システムは定量的計測・分析支援機能に相当するものとして, 本システムは(1)角度評価機能と(2)表面粗さ評価機能を, 概観評価・管理支援機能に相当するものとして(3)概観評価支援機能を有する。

(S1) を実装し, 評価実験を行った。加工物の計測・分析を担う(1)と(2)の精度を検証した結果, 共に十分な精度を有することが分かった。また, 作業工程数に関して(1)~(3)の有無の影響を比較した結果, 計 11 種類の工程のうち(1)~(3)によって 7 種類が削減できることが分かった。加えて, 技術科の教員免許を有する教員 1 名, 及び, 大学院生 2 名が中学生によって製作された木製加工物 20 個の側板 2 枚(計 40 か所)を(1)で評価し, 評価の際に要した時間を計測した。その結

果, 従来のスコヤを用いた評価と比較して 22[%]の時間を削減できた(図 4)。そして, その後に実施したアンケート調査からは精神負担の軽減効果が示唆された。

以上より, A) 協働意欲の喚起機能を付与した結果, 作業に要する時間を短縮できるようになったとともに, システムを扱うことに対する技能指導者の負担意識を軽減させられたことで, 技能指導者にシステムへの好意的な印象を与えられたことが確認された。また, B) 環境・場面への適合機能を付与した結果, 本評価手法は中学校・技術科における加工物評価に適合可能と言える精度を有するシステムを開発できたこと, システムに対する好意的な印象を与えられたことが確認された。さらに, C) コミュニケーションの活性化機能を付与した結果, 自動的に評価情報が提供・記録・保存されるというシステムのインタラクションが, 教員に好意的な印象を与えられたことが示唆された。以上のことから, 提案手法が教員の加工物評価作業支援に貢献可能であることが示された。

3. HSC による学校教育における技能学習者支援

本章では, 技術科を学ぶ生徒の支援に焦点を当て, 「(P2) 生徒の加工物評価作業に対するシステムの支援不足により加工物の自己評価が難しい」という課題の解決を図る。「(S2) 学習者向け加工物評価支援システム」を提案し, 生徒(Human)は物理的な操作を担い, システム(System)は加工物の計測や評価情報の提供を担うことで, 技能の自己学習のための加工物評価作業をシステムと共有する新たな協働

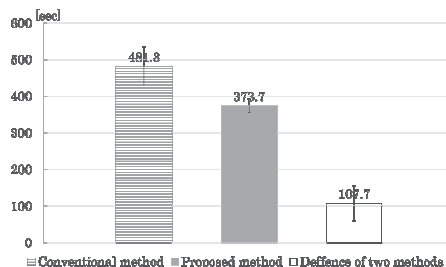


図 4 評価時間と時間差

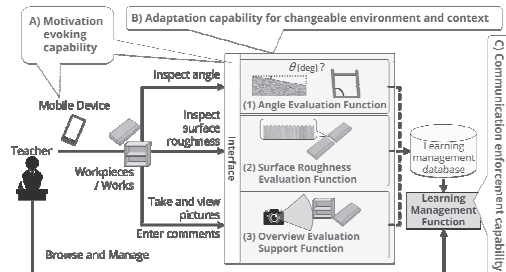


図 3 提案手法に基づく指導者向け加工物評価支援システムの概念図

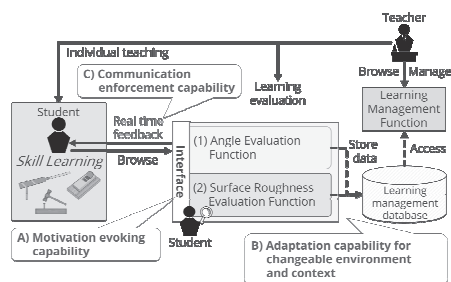


図 5 提案手法に基づく指導者向け加工物評価支援システムの概念図

(Collaboration)形態の形成し、(P2)の解決を目指す。HSCの三要件に沿って、本章の提案システムは次の要件を満たすものとする(図5)。

- A) 協働意欲喚起機能の向上:生徒が親しみを持てるようなインタフェースを持たせる。
- B) 環境・場面への適合機能の向上:容易な評価工程を通じて生徒全員が加工物を画一的に評価できる。
- C) コミュニケーション活性化機能の向上:加工物の直観的な状態把握を支援する評価結果を即時的に提供できる。

前章の提案システムの支援対象は教員であるが、本章の提案システムは生徒であるため、より明瞭な評価情報の提供を目指す状態把握支援機能と、全生徒による画一的な操作や簡便な評価を目指す簡単計測支援機能を有する。

(S2)を実装し、評価実験を実施した。まず、18名の中学1年生が前章で提案した指導者向け加工物評価支援システムと提案システムを使用・比較する実験を行った。結果として、提案システムの時間削減効果や操作ミスの削減効果が示唆された。次に、中学2年生324名が工具(スコヤ)を用いる従来の評価方法と(S2)を用いる提案評価方法を比較する実験を行った。本実験では、評価の後にアンケート調査を実施する。アンケート項目は全て4段階評価で、情報の分かりやすさ(Q1~Q3)と、ユーザビリティ(Q4~Q8)の観点で従来の評価方法と比較する項目と、提案システムを用いることで自己学習ができると思うか(Q9~Q11)と提案システムをまた使いたい(Q12, 13)を問うものがある。集計の結果、全項目において80%以上の生徒が提案システムに対して好意的意見を示し(図6)、教員の加工物評価を支援できた。

以上より、A) 協働意欲の喚起機能を向上させた結果、指導者向けシステム、及び、工具を用いる従来型の評価方法と比較して、生徒にとってユーザビリティの観点で優れていることが明らかになったとともに、また使いたいと感じるシステムとなったことが確認された。また、B) 環境・場面への適合機能を向上させた結果、生徒のほとんどが教員からの支援がなくても加工物を評価できたと感じており、中学生が使用する場面に適合したシステムを開発できたことが確認された。さらに、C) コミュニケーションの活性化機能を

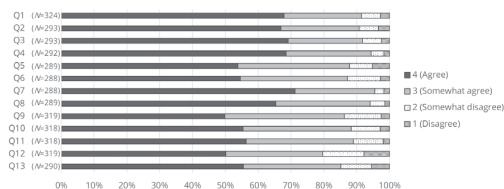


図6 アンケート結果(従来方法との比較)

を向上させた結果、指導者向けシステム、及び、工具を用いる従来型の評価方法と比較して、ほとんどの生徒がシステムによる情報提供は便利で、提供される情報も分かりやすかったと感じており、システムからのインタラクションに対して好意的印象を与えられたことが確認された。したがって、生徒の加工物評価を伴う自己学習の支援に提案手法が貢献可能であることが示された。

4. HSCによるネットワーク運用管理の業務・訓練における管理者支援

本章では、ネットワークの運用管理作業に対して不慣れである初級管理者の実務、及び、訓練を含むネットワーク管理業務を支援することに焦点を当て、「(P3) 初級管理者のネットワーク運用管理業務・訓練に対するシステムの支援不足により自主訓練・個人作業に要する負担が大きい」という課題の解決を図る。「(S3) ネットワーク管理業務における管理者とエージェントの仲介機構」を提案し、初級管理者(Human)はシステムを操作し、ネットワーク管理支援システム(System)は管理業務・訓練に要する情報を提供することで、訓練を兼ねたネットワーク管理業務をシステムと共有する新たな協働(Collaboration)形態の形成し、(P3)の解決を目指す。HSCの三要件に沿って、本章の提案機構は次の要件を満たすものとする(図7)。

- A) 協働意欲喚起機能の向上:エージェントが初級管理者にとってより身近で親しみやすい情報交換を行える。
- B) 環境・場面への適合機能の向上:管理者のプライバシーやネットワーク管理支援システムのセキュリティを侵害しない。
- C) コミュニケーション活性化機能の向上:ネットワーク情報の説明を明瞭かつ能動的に提供できる。

提案機構は、エージェントとの情報交換の敷居を下げることによって、エージェント型ネットワーク管理システムを初級管理者が訓練的に活用できるよう、初級管理者にとって身近な親しみのあるインタラクションを継続できるよう支援するものであり、(1)応答エージェントのルーティング機能と(2)関係性推定機能、

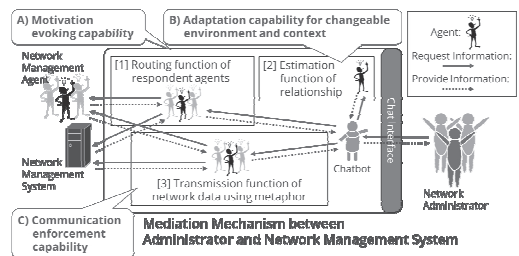


図7 提案手法に基づく管理者とネットワーク管理支援システムの仲介機構

(3) 比喩を用いたネットワークデータ伝達機能を有する。

提案機構を実装し、評価実験を行った。結果として、(1)によってエージェントの応答可能範囲が拡大したこと、(2)によってエージェントがプライバシーやセキュリティを侵害せずに人間関係を推定する可能性が示されたことが確認された。加えて、学生 19 名に (3)の有用性を検証するためにアンケート調査を実施した。アンケート項目は、エージェントによってチャット上に投稿される内容の分かりやすさ(Q1~Q3)や、ネットワーク管理に不慣れな学生にとって身近な比喩を用いてネットワークデータが伝達されることの意義(Q4)、比喩の題材を変えたときの違い(Q5~Q7)、提案機能を実現することへの期待感(Q8)、エージェントによる発言・説明を分かりやすくすることの意義(Q9, Q10)、提案機能への印象(Q16~Q20)を問うもの等があり、全て 4 段階評価である。結果として、比喩の題材を適切に選択する必要性が示されたが(Q5~Q7)、それ以外の項目については 70%以上の学生が提案機能に対して好意的意見を示した(図 6)。これらのことから、初級管理者がエージェントを通じてネットワーク管理システムを利活用する上で、本機能への期待感や動機づけ効果が確認された。

以上より、A) 協働意欲の喚起機能 を向上させた結果、エージェントによって獲得・提供される情報が初級管理者にとってより身近なものになったことが確認された。また、B) 環境・場面への適合機能 を向上させた結果、管理者のプライバシーやネットワーク管理支援システムのセキュリティを侵害せずに各種情報獲得・提供を実現でき、ネットワーク運用管理の場面に適合したシステムを開発できたことが確認された。さらに、C) コミュニケーションの活性化機能 を向上させた結果、ネットワーク管理業務の初心者に対して提供した情報が分かりやすいという印象を与えられ、システムからのインタラクションに対して好意的な印象を与える可能性を有することが確認された。したがって、初級管理者の実務・訓練を含むネットワーク管理業務の支援に提案手法が貢献可能であることが示された。

5. まとめ

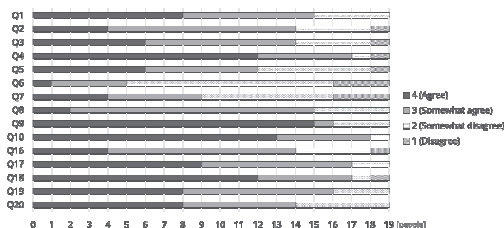


図 8 アンケート結果
(比喩生成機能の印象調査)

本研究では、教育・訓練環境におけるシステムの支援不足を問題として捉え、人間に合わせた機能を拡充させるという HSC のコンセプトを導入したシステム設計・開発により、教育・訓練環境における課題解決を図った。特に、教育・訓練環境で HSC を促進する上で付与・向上すべき要件を三つ設定し、実際の教育現場で課題を抱える 3 パターンの立場の人間をシステムによって支援することに焦点を当てた。結果として、各環境において HSC を導入した提案手法に基づいて開発されたシステム・機構が人間を支援できる可能性が示唆され、本提案手法の有用性が確認された。

したがって、本論文は、教育・訓練環境でシステムの適用範囲を広げるための新たな手法を提案したものであり、教育・訓練環境における ICT の応用技術の発展に寄与するものである。

文献

- 1) 笠木伸英, “イノベーションを創出する工学系人材育成に向けて,” 学術の動向, vol.11, no.12, pp.29-35, Dec. 2006.
- 2) 松原憲治, 高阪将人, “資質・能力の育成を重視する教科横断的な学習としての STEM 教育と問い,” 科学教育研究, vol.41, no.2, pp.150-160, July 2017.
- 3) 経済産業省, “2018 年版ものづくり白書 (PDF 版),” [Online]
http://www.meti.go.jp/report/whitepaper/mono/2018/honbun_pdf/index.html.
- 4) 文部科学省, “「学校現場における業務改善のためのガイドライン」の公表について,” [Online]
http://www.mext.go.jp/b_menu/houdou/27/07/1360291.htm.
- 5) 文部科学省, “学校現場における業務の適正化に向けて,” [Online]
http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/uneishien/detail/1372315.htm.
- 6) N.R. Jennings, L. Moreau, D. Nicholson, S. Ramchurn, S. Roberts, T. Rodden, and A. Rogers, “Human-agent collectives,” Communications of the ACM, vol.57, no.12, pp.80-88, [Online]
<http://dl.acm.org/citation.cfm?doid=2692965.2629559>.
- 7) S. Abar, T. Abe, and T. Kinoshita, “A next generation knowledge management system architecture,” Proc. of the 18th International Conference on Advanced Information Networking and Applications (AINA2004), vol.2, pp.191-195, Fukuoka, Japan, Mar. 2004.