

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 25 日現在

機関番号：13601

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2014

課題番号：24650551

研究課題名(和文)非同期プロセス共有によるスキル獲得支援に関する研究

研究課題名(英文)A study on skill acquisition support by asynchronous process sharing

研究代表者

香山 瑞恵 (KAYAMA, Mizue)

信州大学・学術研究院工学系・教授

研究者番号：70233989

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、ヒトのスキル獲得を対象として、身体知の外化・言語化のための知識表現を検討し、それらの行為への支援を意識した学習環境を探究することにある。ここでは、スキル獲得のための活動を総称して、学習と捉える。本申請では、スキル獲得場面としてインフォーマルラーニングな状況での身体動作を伴う学習を対象とする。支援に際しては、学習における社会的側面を強く意識し、自己や他者の行為の成果であるプロダクトのみならず、それを得るまでのプロセスをも同期および非同期で共有する仕組みを提供する。特に、非同期でのプロセス共有により、優位な点の模倣や誤りを繰り返さない意識付け等をガイドし、スキルの獲得を支援する。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study is to explore a smart learning environment for efficient skill acquisition. In this research, we use "learning" for collectively the whole act of acquisition skills. Some support functions about externalization and verbalization of implicit knowledge about human skill are implemented in the proposed environment. Our domains are the singing, the drawing and the ice-skating in informal and formal learning situations. To design our learning support functions, we try to consider the social aspects of learning. Therefore, not only the learning products which are the learning results of learner-himself or other learners, but also the learning processes are shared in synchronous and/or asynchronous in our environment.

研究分野：学習支援工学

キーワード：スキル獲得 非同期プロセス プロセス共有 支援システム 協調学習 プロダクト共有 協調活動プラットフォーム

1. 研究開始当初の背景

身体動作や行為を伴う学習・訓練を対象とするスキルサイエンスの研究は、主として職業訓練の分野でなされてきた(Bernstein, N.: “The Coordination and Regulation of Movements”, Pergamon Press, New York (1967)). スキル獲得に対して、新しい側面からのアプローチでは、特に人工知能の手法・技術を駆使される。スキルサイエンスは身体知科学とも称され、スポーツや楽器演奏、歌唱や調理など、これまでの学習支援研究等では対象とされ難かった分野 (Informal Learning/Training) を扱う研究領域である。行為を生み出す生体機構および関連知識の解明が研究の主眼であり、その言語化およびコンピュータ・リーダブルな形式での表現が多様な分野において試みられている。しかしながら、多くの研究では、個人の活動を単位として捉えており、本研究のように協調行為を伴う活動や協調行為による個人の活動支援を検討する事例は国内外において類を見ない。

一般的なスキル獲得の場面においては、ヒトが一人で学習するという事はほとんどない。つまり、熟練者、先達・ピア・より未熟な学習者といった他者が常に存在するものである。この他者という学習の社会的側面を強く意識し、それを非同期に模倣することで、より時間的および空間的に自由な学習環境を実現できると考え、本申請に至った。本研究では、同期プロセス共有とプロダクト共有に加え、非同期でのプロセス共有という協調活動を実現することで、スキル獲得の支援を試みる。協調行為を伴う活動や協調行為による個人の活動支援を検討する身体知科学の研究事例はない。本研究の意義として、習い事・生涯学習・職能訓練等の高度化が考えられる。

2. 研究の目的

本研究の目的は、ヒトにおけるスキル獲得を対象として、身体知の外化・言語化のための知識表現を検討し、それらの行為への支援を意識した学習環境を探究することにある。ここでは、スキル獲得のための活動を総称して、学習と捉える。本申請では、スキル獲得場面としてインフォーマルラーニングな状況での身体動作を伴う学習を対象とする。支援に際しては、学習における社会的側面を強く意識し、自己や他者の行為の成果であるプロダクトのみならず、それを得るまでのプロセスをも同期および非同期で共有する仕組みを提供する。特に、非同期でのプロセス共有により、優位な点の模倣や誤りを繰り返さない意識付け等をガイドし、スキルの獲得を支援する。

3. 研究の方法

我々はこれまでに、協調行為を伴うスキル獲得活動や協調行為による個人のスキル獲得

活動支援を検討してきた。研究代表者はこれまでに、(1)協調活動プラットフォーム(2000年～, 科研費奨励研究(A)13780117), (2)同期プロセス共有型スキル学習としての合唱学習支援(2007年～), (3)同期・非同期プロダクト共有型スキル学習としてのドローイング学習支援(2008年～)の研究を進めている。今回の提案では、これらの成果の統合化を図り、さらに非同期プロセス共有による支援機構の具体化を試みた。

本研究では、3ヶ年の研究期間において以下の研究課題に取り組んだ。

- ・協調的行為による個人のスキル獲得活動[プロセス・プロダクト共有型]の支援
  - 非同期プロセス・プロダクト共有機能によるスキル獲得支援の方法論の整理と支援技術開発
- ・協調行為を伴うスキル獲得活動[プロセス共有型]の支援
  - 同期および非同期でのプロセス共有によるグループ活動支援の方法論の整理と支援技術開発
- ・協調活動プラットフォームの整備
  - スキル獲得のための支援モデル開発と、スキル獲得支援のための汎用フレームワークの実装

4. 研究成果

本研究で取り上げるドメインは、[プロセス・プロダクト共有型]としてのドローイング、[プロセス共有型]としての合唱・歌唱、およ



図1 ドローイング学習支援環境

びスピードスケートとした。

ドローイング学習では、美術指導者の指導知識に基づくドローイングプロセス評価の自動化を図り、自動評価されたドローイングプロセスを非同期に共有することでスキル獲得支援機能を具体化した(図1参照)。さらに、これらの成果をより一般的なスキル獲得支援モデルとして整理した。この成果は、「デジタル・ドローイング」科目として、学校法人日本外国語専門学校海外芸術大学留学コースの正規科目における学習支援システムとして、実際に利用されるに至った。

合唱・歌唱学習では、複数歌唱者がシステムを同期・非同期に利用することで和声構成の具体化を図る。また、和声に対する指導者知識を抽出・実装することで、合唱スキル獲得に対する協調支援を実現する。さらに、歌唱における習熟度と関係のある音響特徴量の具体化を図る。その上でその成果を歌唱学習支援システムとして具体化する。ここでは、他者の歌声や自身の過去の歌声との非同期な比較を実現した。この成果は、信州大学教育学部音楽科での学生指導に導入された。

スピードスケートでは、滑走動作を3次元加速度および3次元角速度変化として定量化

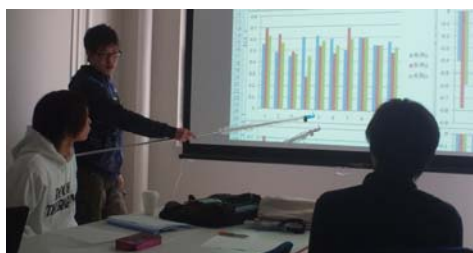
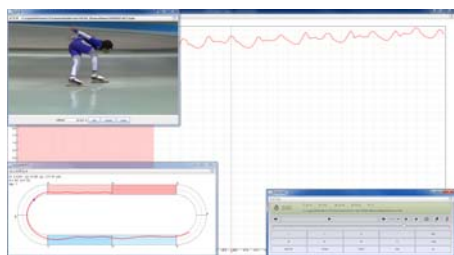
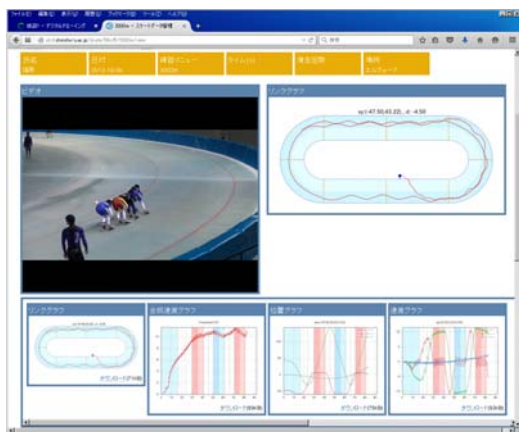


図2 スピードスケート練習支援システムと解析データに基づくレビュー会

し、それらの数値から求めた速度や滑走位置の変化情報を可視化するシステムを具体化した(図2参照)。さらに、可視化のためのデータを蓄積するサーバを設けることで、非同期に自身や他選手の過去の滑走データを参照することを可能とした。この成果は、信州大学体育会スケート部での指導に適用された。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 4件)

- ① Takashi Nagai, Mizue Kayama and Kazunori Itoh: A Drawing Learning Support System based on the Drawing Process Model. *Interactive Technology and Smart Education*, 11(2), pp.146-164 (2014). [査読有]
- ② Takashi Nagai and Mizue Kayama: Collaborative Drawing Process Viewer for Enhancing Self-Drawing Reviewing Awareness, 2013 International Conference on Interactive Collaborative Learning, pp.123-128 (2013). [査読有]
- ③ Mizue Kayama, Kazunori Itoh, Kazushi Asanuma, Masami Hashimoto, Makoto Otani: A chorus learning support system using the chorus leader's expertise, *Science Innovation*, 1(1), pp.5-13 (2013). [査読有]
- ④ Mizue Kayama, Takashi Nagai and Kazunori Itoh: A Support Mechanism for Drawing Learning based on the Drawing Process Model, *IADIS International Conference e-Society 2012*, pp.27-34 (2012). [査読有]

[学会発表](計 18件)

- ① 松澤拓也・高橋佑・香山瑞恵・橋本昌巳・二上貴夫:歩行の効率性に基づく歩行特徴に関する基礎的検討, 教育システム情報学会 2014年度学生研究発表会, 北信越地区 pp.27-28, (2015.3.7, 福井県武生市).
- ② 高橋佑・香山瑞恵・橋本昌巳・二上貴夫・結城匡啓: スピードスケート滑走における滑走速度の特徴に基づく内省支援の試み, 電子情報通信学会技術研究報告教育工学, 114(441), pp.51-56, (2015.1.31, 東京都新宿区).
- ③ 佐久間雄輝・香山瑞恵・池田京子・橋本昌巳・伊東一典: 歌声の習熟度に関連する周波数特性からみた音響特徴量, 電子情報通信学会技術研究報告教育工学, 114(441), pp.45-50 (2015.1.31, 東京都新宿区).
- ④ 羽賀翼・香山瑞恵・池田京子・橋本昌巳・

- 伊東一典:習熟度に係る音響特徴量に基づく歌唱学習支援システムの評価, 人工知能学会身体知研究会講演論文集, SKL-20-01, pp.1-6 (2015.1.31, 東京都新宿区).
- ⑤ 佐久間雄輝・香山瑞恵・池田京子・大谷真・橋本昌巳・伊東一典:声楽初学者における音響特徴量の変化に関する考察, 平成26年度電子情報通信学会信越支部大会, 8A-1 (2014.10.4, 長野県長野市).
- ⑥ 羽賀翼・香山瑞恵・池田京子・大谷真・橋本昌巳・伊東一典:習熟度に係る音響特徴量を用いた歌唱支援システム, 平成26年度電子情報通信学会信越支部大会, 8A-5 (2014.10.4, 長野県長野市).
- ⑦ 高橋佑・香山瑞恵・橋本昌巳・大谷真・河合季信・二上貴夫:スピードスケート滑走における滑走速度の特徴に関する考察, 人工知能学会知識・技術・技能の伝承支援研究会, no.22, pp.1-6 (2014.7.23, 東京都文京区).
- ⑧ 佐久間雄輝・香山瑞恵・池田京子・大谷真・橋本昌巳・伊東一典:歌声の音響特徴量の比較に基づく歌唱スキル習熟度の考察, 人工知能学会2014年度全国大会, 1M4-OS-05a-1, pp.1-2 (2014.5.12, 愛媛県松山市).
- ⑨ 高橋佑・香山瑞恵・橋本昌巳・大谷真:スピードスケート滑走における身体運動特性の可視化と内省支援に関する基礎的検討, 人工知能学会2014年度全国大会, 1M4-OS-05a-4, pp.1-2 (2014.5.12, 愛媛県松山市).
- ⑩ 羽賀翼・香山瑞恵・池田京子・橋本昌巳・大谷真・伊東一典:歌声に含まれる音響特徴量の可視化に基づく歌唱指導支援システムの設計, 2013年度教育システム情報学会学生研究発表会北信越地区, pp.21-22 (2014.3.6, 石川県能美市).
- ⑪ 佐久間雄輝・香山瑞恵・池田京子・大谷真・橋本昌巳・伊東一典:歌声の比較による音響特徴量の変化に関する考察, 2013年度教育システム情報学会学生研究発表会北信越地区, pp.27-28 (2014.3.6, 石川県能美市).
- ⑫ 佐久間雄輝・香山瑞恵・池田京子・大谷真・橋本昌巳・伊東一典:歌声の習熟度と周波数特性との関係に関する考察, 電子情報通信学会応用音響研究会技術報告, 113(349), EA2013-102, pp. 85-90 (2013.12.14, 石川県金沢市).
- ⑬ 永井孝・香山瑞恵:ドローイングプロセスビューワを用いた美術入門者に対するドローイング学習支援方法の基礎的検討, 教育システム情報学会研究会, 2013(4), pp.21-26 (2013.11.9, 石川県金沢市).
- ⑭ 羽賀翼・香山瑞恵・伊東一典・池田京子・橋本昌巳・大谷真・山下泰樹・浅沼和志:声の見える化」による歌唱学習支援シ

テムの開発—録音・再生機能の概要—, 第38回情報システム教育学会全国大会講演論文集, pp.143-144 (2013.9.3, 石川県金沢市).

- ⑮ 永井孝・香山瑞恵・伊東一典:美術入門者がドローイングスキル獲得のための意識向上を促す協調型ドローイングプロセスビューワ, 第38回情報システム教育学会全国大会講演論文集, pp.311-312 (2013.9.3, 石川県金沢市).
- ⑯ 佐久間雄輝・山辺大貴・香山瑞恵・伊東一典・池田京子・橋本昌巳・大谷真・山下泰樹・浅沼和志:音響特徴量に基づく初学者の歌唱評価法の検討—継続的訓練における音響特徴量の推移, 第38回情報システム教育学会全国大会講演論文集, pp.141-142 (2013.9.2, 石川県金沢市).
- ⑰ 山辺大貴・池田京子・香山瑞恵・大谷真・橋本昌巳・伊東一典・山下泰樹・浅沼和志:歌声の心理的印象と音響特徴量との対応付けによる歌唱の習熟度評価に関する基礎的検討, 電子情報通信学会音響音響研究会, EA2012-75, pp.61-66 (2012.10.27, 富山県富山市).
- ⑱ 山辺大貴・池田京子・香山瑞恵・大谷真・橋本昌巳・伊東一典・山下泰樹・浅沼和志:歌声の心理的印象と音響特徴量に関する検討, 計測自動制御学会中部支部シンポジウム2012講演論文集, pp.77-78 (2012.9.25, 長野県長野市).

[その他]

ホームページ等

- ・「ドローイングプロセスビューワサイト」:  
<http://skill.shinshu-u.ac.jp/drawing>
- ・「スピードスケート解析 LISS : Link Ice coordinates Searching System サイト」:  
<http://skill.shinshu-u.ac.jp/skate>

## 6. 研究組織

### (1)研究代表者

香山 瑞恵 (KAYAMA, Mizue)  
信州大学・学術研究院工学系・教授  
研究者番号: 70233989

### (2)研究分担者

なし

### (3)連携研究者

結城 匡啓 (YUKI, Masahiro)  
信州大学・学術研究院教育学系・教授  
研究者番号: 90302398

池田 京子 (IKEDA, Kyoko)  
信州大学・学術研究院教育学系・教授  
研究者番号: 60283222

伊東 一典 (ITOH, Kazunori)

信州大学・学術研究院工学系・名誉教授  
研究者番号：30043045

(4)研究協力者

二上 貴夫 (FUTAGAMI, Takao)  
東陽テクニカ株式会社・部長  
研究者番号：なし

浅沼 和志 (ASANUMA, Kazushi)  
長野工業高等専門学校・非常勤講師  
研究者番号：なし

山下 泰樹 (YAMASHITA, Yasuki)  
長野県工科短期大学校・准教授  
研究者番号：なし

齊藤 典美 (SAITOH, Norimi)  
学校法人日本外国語専門学校海外芸術大  
学留学コース・講師  
研究者番号：なし

中村 元隆 (NAKAMURA, Mototaka)  
学校法人日本外国語専門学校海外芸術大  
学留学コース・講師  
研究者番号：なし