

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 28 年 6 月 20 日現在

機関番号：14701

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25282055

研究課題名(和文) インタラクションサイクルの認知科学的分析に基づくスキル学習支援環境

研究課題名(英文) Skill learning support environment based on cognitive analyses regarding interaction cycles

研究代表者

曽我 真人 (SOGA, Masato)

和歌山大学・システム工学部・准教授

研究者番号：60252839

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、芸術やスポーツなど、身体動作が伴うスキルについて、初心者学習者として、様々な学習支援環境を構築し、スキル学習支援環境のフレームワークを設計することを最終目標とした。代表的なシステムの構築事例としては、模倣によるスキル動作の学習支援環境として、熟練者の視点からの熟練者の身体動作を、学習者が装着したHMD上にARで表示することにより、追従しながら動作を模倣で学習できるモーションナビゲータを構築した。さらに、道具のインタラクションを学習目標とするスキルの学習支援環境の構築事例としては、擦弦楽器の二胡の演奏スキルを学習する二胡演奏学習支援環境を構築した。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this research is to design the framework of skill learning support environment and to develop various skill learning support environments. As a case study of skill learning environment by mimicking, we developed Motion Navigator with which a learner can learn motion only by following expert's motion from expert's viewpoint displayed on learner's HMD by AR. In addition, as a case study of skill learning environment targeting interaction with a tool, we developed erhu playing skill learning environment in which an erhu is targeted as a tool with which a learner interacts.

研究分野：教育工学

キーワード：スキル 学習支援 技能 インタラクション 動作 スポーツ 道具 拡張現実感



それをいったん記憶しなければならない。動作が単純な場合は、さほど負荷はかからないが、複雑な動作では、記憶するのが容易ではない。

(ウ) 学習者が記憶した動作をもとに、自分の身体を動かしてその動作を振舞おうとするとき、記憶した外の視点からの動作を、学習者自身の目の位置の視点から見た学習者の身体の動作に変換し、それに基づいて手足の動作の軌跡やタイミングを合わせなければならない。これは、かなり負荷の高いタスクである。

この問題を解決するため、拡張現実感 (AR) の技術を使って、学習者が装着した HMD 上に、熟練者の身体動作を熟練者の視点から見た動作アニメーションとして提示するモーションナビゲータ 1 (MoNavil と略す) を構築した。これにより、学習者は、熟練者の動作を追従して自らの身体を動かすことにより動作スキルを学習することができるようになった。MoNavil では、あらかじめ、熟練者の動作をモーションキャプチャシステムを使って計測し、熟練者の動作を 3 次元の骨格モデルを用いて CG アニメーション化しておく必要がある。

最初に構築された MoNavil では、手指動作については、扱っていなかった。そこで、データグローブを用いて手指のモーションデータを取得した後、それを MoNavil で扱うためにデータを変換するシステムを開発した。そして、MoNavil が手指動作を提示できるようにシステムの改良を行い、Monavil II と呼ぶことにした。

MoNavil II で手指のモーションデータを追加表示するための手段として 2 つのデータファイルを 1 つのデータファイルに統合することにした。これにより、MoNavil II において扱うデータを統一することができる。本システムは両手のモーション付加と片手のモーション付加をプログラム上で選択した後、指定したファイルを統合して一つの新たなモーションデータを生成するという仕組みである。

#### (2) 道具としての楽器を用いた楽器演奏学習支援環境の構築

道具を用いる学習支援環境の研究として、擦弦楽器である二胡を道具の事例とし、初心者が自習学習で二胡の基本的な演奏スキルを修得できるように支援する学習支援環境を構築した。

具体的には、空間内での位置と方向をリアルタイムで計測して、データを PC に送信する機能を持つ Polhenus 社製の Liberty を用いた。Liberty のトランスミッタを二胡の本体に装着する。一方、弦を抑える左手指には、Liberty のレシーバを装着し、二胡本体を原点とした二胡座標系での左手指の位置をリアルタイムで計測できる。これにより、左手指が弦のどこを抑えているかがわかる。一方、

二胡の弓の両端にもレシーバを装着する。これにより、弓の二胡に対する位置と角度がわかる。

このアイデアのポイントは、磁気式位置方向センサの原点となるトランスミッタを環境側に固定するのではなく、道具に装着するという点である。これにより、手指の位置や、手指の動きで制御される道具の部品と道具の本体の位置関係が、道具の本体の座標系で計測可能となり、道具に対する手指の位置や動きの方向のスキルの診断が可能になるということである。

#### 4. 研究成果

##### (1) 熟練者と学習者の視点を統合するモーションナビゲータ (MoNavi) の成果

###### 実験目的

実験目的は、手指動作を含める学習において従来手法と比較して、システムの有用性を検証することである。また、事後テスト終了後に実験群の実験協力者は統制群の実験で使用した動画を視聴してもらい、統制群の実験協力者は実験群のシステムを利用してもらうことで従来手法とシステムの利用のしやすさを主観評価によって比較することである。さらに、システムによって自身の動きを模倣し、自身の動作を形式化できるかを検証することも目的とする。

###### 実験概要

実験協力者は 20~24 歳の本学男子学生 14 名と本実験の熟練者動作提供者 1 名の計 15 名である。本実験では、対象動作における従来の学習方法とシステムによる学習方法を比較するために、実験群 8 名と統制群 7 名にわけ、それぞれの手法による学習を行ってもらった。実験群には、手本動作を提供した熟練者を含めている。また、実験群をさらに実験群 A と実験群 B に半数ずつわけ、マウスの左ドラッグによってシステム内でポーンを熟練者の視点から見ている状態から熟練者を別視点で見ている状態にすることができる視点位置変更機能の制限の有無による比較を行った。

###### 実験結果

実験群 A と実験群 B における熟練者との差が減少した値の数に着目すると、実験群 A は 20 個中 15 個のデータが熟練者との差の減少値が正の値を記録し、実験群 B (熟練者動作提供者を除く) は 15 個中 7 個のデータが熟練者との差の減少値が正の値を記録した。このことから、主観視点と客観視点の双方を利用することにより学習効率が高まったということがわかる。しかし、実験協力者 C のようにあまり学習による成果が得られない場合もあるので、一概にこのシステムがよいとはいえない。

統制群では学習者によって向上値の項目

数に大きな差が生じた。実験協力者 K, L はすべての項目において向上値が正の値を示しているが、実験協力者 I, N は向上値が正の値を示している項目が少ない。これは本実験での学習で、動作の要領を理解できなかったからだと推察する。

各群における練習後のデータの平均値を見ると、5項目中4項目で他群よりも良い値を出している。これは実験群Aの向上値の項目数が多い理由が学習者の向上できる値の最大値に依るものではないということを裏付けている。

#### 結論

本論文では、過去に開発されたモーションナビゲータに手指の提示を加えることで、対象動作を幅広く扱えると想定して、手指以外の全身の動作データと手指の動作データを統合する手法の提案と動作データ統合に伴うモーションナビゲータの改良点について述べてきた。

手指と全身を使った動作がモーションナビゲータを使用するのに適した動作であるか、また、熟練者自身がシステムを使用した場合に動きを模倣できているかを検証するために評価実験を行った。その結果、動作範囲の大きい動きにおいて熟練者の動作を子ウィンドウでの背面表示以外に客観視点で熟練者の動作を確認することが学習に有効だということが分かった。また、アンケート結果からシステムによる追従が難しい動作に関して、自身の動作の客観視点による確認を学習者が必要としていることが分かった。意見として、“かっこいい”や“面白そう”というものが出たが、これもモチベーションなどによる学習効果への良い影響があることからシステムを利用する意味を見出すことができる。先行研究にて、ある情報に集中してしまうと、他の情報への注意力が低下し、一部の動作以外が疎かになってしまうという意見があったが、本実験中において類似した現象の発生が確認されていたことから、客観視点による全身動作の把握がまず主観視点による学習より前の段階で必要であることが明らかになった。また、各動作において情報提示量が不適切であった場合、段階を踏んだ学習方法を検討する必要がある。

今後の課題として、先行研究から引き継ぎ挙げられる問題点である情報提示方法の再検討、ユーザインタフェースなどがある。本研究で新たな問題点として、自身の動作確認手法、使用機材の再検討、客観視点と主観視点の切り替えが挙げられた。本研究で使用したシステムはBVHファイルで記述された手指以外の全身動作データをCSVファイルで記述された手指の動作データを使用しているが、手指の動作データは他の拡張子で記述されている可能性もあるので汎用性があるとはいえない。そこで、手指を含め

た全身動作を一つにまとめたデータ取得機器の使用が今後必要になってくることが想定される。これらの問題点を解決することにより、本システムはスキル動作学習支援システムとして活用していけるだろう。

#### (2) 道具としての楽器を用いた楽器演奏学習支援環境の成果

##### 実験概要

システムの評価を行うために評価実験を行った。二胡演奏初心者8名を対象に、従来手法としてDVDを用いた学習手法とシステムを用いた学習手法をそれぞれ10分ずつ行ない、学習後にアンケートを行った。

##### 実験結果

システムを用いることで、従来手法では困難な独学での間違いの認識と改善を行うことができたという結果が得られた。また、弓動作の学習として有用であるという結果が得られた。

#### 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11件)

1. Toshihiro Yoshinaga, Masato Soga, Development of a Motion Learning Support System arranging and showing Several Coaches' Motion Data, KES2015, pp.1497-1505, doi:10.1016/j.procs.2015.08.235, 査読有
2. Kazuma Iwasako, Masato Soga, Proposition and Design of a Skill Learning Environment for Drawing onto 3D Objects Using AR, KES2015, 1566-1574, doi:10.1016/j.procs.2015.08.266, 査読有
3. Reiji Katahira, Masato Soga, Development and Evaluation of a System for AR Enabling Realistic Display of Gripping Motions Using Leap Motion Controller, KES2015, 1595-1603, doi:10.1016/j.procs.2015.08.269, 査読有
4. Masato Soga, Suguru Yamada, Hirokazu Taki: Development of a Learning Environment for Human Body Drawing by Giving Error Awareness for Bones and Contours. Intelligent Tutoring Systems 2014: 640-643, DOI: 10.1007/978-3-319-07221-0-90, 査読有
5. Kazuma Iwasako, Masato Soga, Hirokazu Taki: Development of Finger Motion Skill Learning Support System based on Data Gloves. KES 2014: 1307-1314, doi:10.1016/j.procs.2014.08.167, 査読有
6. Yuta Sato, Kazuki Hirota, Masato Soga, Hirokazu Taki: Development of Motion Navigator II Enabling Integrated Motion

Display of Whole Body with Fingers. KES 2014: 1315-1322, doi:10.1016/j.procs.2014.08.170, 査読有

7. Fumitaka Kikukawa, Masato Soga, Hirokazu Taki: Development of a Gesture Learning Environment for Novices' Erhu Bow Strokes. KES 2014: 1323-1332, doi:10.1016/j.procs.2014.08.171, 査読有

8. Fumitaka Kikukawa, Masato Soga, Hirokazu Taki: Development of a Learning Environment for Novices' Erhu Playings, ICCE2014 Workshop, pp.814-819, 2014 <http://icce2014.jaist.ac.jp/icce2014/wp-content/uploads/2015/08/ICCE2014-workshop-proceedings-lite.pdf>, 査読有

9. Masaru Okada, Masato Soga, Takazumi Kawagoe, Hirokazu Taki: Development of a skill learning environment for posture and motion with life-size bone model using augmented reality. ITHET 2013: 1-8, 10.1109/ITHET.2013.6671062, 査読有

10. Masato Soga, Takuya Tamura, Hirokazu Taki: Development of a Typing Skill Learning Environment with Diagnosis and Advice on Fingering Errors. KES 2013: 737-744, doi:10.1016/j.procs.2013.09.155, 査読有

11. Fumitaka Kikukawa, Sojiro Ishihara, Masato Soga, Hirokazu Taki: Development of A Learning Environment for Playing Erhu by Diagnosis and Advice regarding Finger Position on Strings. NIME 2013: 271-276, [http://nime.org/proceedings/2013/nime2013\\_181.pdf](http://nime.org/proceedings/2013/nime2013_181.pdf), 査読有

〔学会発表〕(計 25 件)

1. 山本明依, 曾我真人, 教育現場における教師のコミュニケーションスキル向上のための学習支援環境の構築, 電気学会次世代産業システム研究会, IIS-16-006, 中央電気倶楽部(大阪市北区堂島浜), 2016年3月22日

2. 小笠原卓也, 曾我真人, Kinect を用いた讃岐うどんのすかし打ちスキル学習支援システムの構築, 電気学会次世代産業システム研究会, IIS-16-007, 中央電気倶楽部(大阪市北区堂島浜), 2016年3月22日

3. 吉永 稔弘, 曾我真人, スキル学習支援を目的としたスキルオントロジー設計の試み. 電子情報通信学会教育工学研究会. 関西大学. 25-28. 2016年1月30日

4. 吉永 稔弘, 曾我真人. 複数の熟練者の動作データを目的に応じて参照できるインターフェースの提案と構築. 教育システム情報学会全国大会. 徳島大学. 129-130. 2015年9月2日

5. 岩峪和真, 曾我真人, AR を用いた立体形状上への描画学習支援環境の提案 と設計. 教育システム情報学会全国大会. 徳島大学. 185-186 2015年9月2日

6. 吉永 稔弘, 曾我真人, 瀧寛和, 複数の熟練者の動作データの多様な提示が可能なインターフェースの提案, 1-2, 人工知能学会全国大会, はこだて未来大学, 2015年5月30日

7. 片平 怜士, 曾我真人, Leap Motion Controller を用いた AR 物体の把持動作表示システムの構築, 1-2, 人工知能学会全国大会, はこだて未来大学, 2015年6月2日

8. 吉永稔弘, 曾我真人, 瀧寛和, 複数の指示者の指導データを整理して学習者に提示する動作学習支援環境の構築, 電気学会次世代産業システム研究会, pp17-21, 中央電気倶楽部(大阪市北区堂島浜), 2015年3月16日

9. 片平怜士, 曾我真人, 瀧寛和, Leap Motion Controller を用いた把持動作に適合する AR 描画システムの構築, 電気学会次世代産業システム研究会, pp.23-27, 中央電気倶楽部(大阪市北区堂島浜), 2015年3月16日

10. 岩峪和真, 曾我真人, 瀧寛和, データグローブを使用した指文字動作スキル学習支援システムの構築. 電子情報通信学会教育工学研究会, vol.114, no.305, 13-17, 大阪府立大学, 2014年11月14日

11. 佐藤優太, 曾我真人, 瀧寛和, 手指動作と全身動作を統合表示したモーションナビゲータ II の構築. 電子情報通信学会教育工学研究会, pp.vol.114, no.305, 7-12, 大阪府立大学, 2014年11月14日

12. 佐藤 優太, 曾我真人, 瀧寛和, 全身動作と手指動作を統合表示したモーションナビゲータ II の開発, 教育システム情報学会全国大会, 和歌山大学, pp.211-212, 2014年9月11日

13. 野口隆裕, 曾我真人, 瀧寛和, 光源の位置を自由に設定可能な AR を用いたスケッチ陰影づけ学習支援環境, 教育システム情報学会全国大会, 和歌山大学, pp.383-384, 2014年9月11日

14. 岩峪和真, 曾我真人, 瀧寛和, データグローブを用いた指文字動作スキル学習支援システムの構築. 教育システム情報学会全国大会, 和歌山大学, pp.385-386, 2014年9月11日

15. 菊川 史貴, 曾我真人, 瀧寛和, 二胡初心者のための弓動作学習支援環境の構築. 教育システム情報学会全国大会, 和歌山大学, pp.341-342, 2014年9月11日

16. 佐藤 優太, 廣田 一樹, 曾我真人, 瀧寛和, 全身動作と手指動作を統合表示可能なモーションナビゲータ の構築. 人工知能学会全国大会, 愛媛県松山市, pp.1-2, 2014年5月12日

17. 稲留太郎, 曾我真人, 瀧寛和, 透視図法を学習可能な AR によるスケッチ学習支援システムの開発. 教育システム情報学会(JSiSE)2013年度特集研究会 pp.55-62, 名古屋学院大学, 2014年3月15日

18. 山下直佑, 曾我真人, 瀧寛和, 拡張現実

感による過去の地震動を用いた震災学習支援環境 人工知能学会先進的学習科学と工学研究会, pp.265-266, 福岡県太宰府市, 2014年3月9日

19. 岩峪 和真, 曾我 真人, 瀧 寛和, データグローブを使用した手指動作スキル学習支援システム, 教育システム情報学会関西学生研究発表会, ポスター (P08), 関西学院大学大阪梅田キャンパス, 2014年3月9日

20. 佐藤 優太, 廣田 一樹, 曾我 真人, 瀧 寛和, 全身動作と手指動作を統合表示可能なモーションナビゲータ, 教育システム情報学会関西学生研究発表会, ポスター (P09), 関西学院大学大阪梅田キャンパス, 2014年3月9日

21. 根来美貴, 曾我真人, 瀧寛和, 読者の視線移動軌跡を基準とする初心者向けマンガ内要素配置支援システムの設計 電子情報通信学会 HCG シンポジウム 松山市, pp.A-5-1, 2013年12月19日

22. 曾我真人, 「技能や技術の学習・伝承・展開を促進するシステムと実践」 教育システム情報学会全国大会, 金沢大学, 公開フォーラム, 2013年9月4日

23. 山下直佑, 曾我真人, 瀧寛和, 拡張現実感を利用した屋内の防災学習支援環境 教育システム情報学会全国大会, 金沢大学, pp.265-266, 2013年9月3日

24. 稲留太郎, 曾我真人, 瀧寛和, 拡張現実感を用いた透視図法に基づくスケッチ学習支援環境の構築 教育システム情報学会全国大会, 金沢大学, pp.267-268, 2013年9月3日

25. 菊川 史貴, 石原 宗次郎, 曾我 真人 瀧 寛和, 磁気式位置センサを用いたリアルタイム指位置診断と助言が可能な擦弦楽器演奏学習支援環境の構築 人工知能学会全国大会, 富山国際会議場, 1H3-0S-02a-3, 2013年6月4日

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

曾我 真人 (SOGA, Masato)

和歌山大学システム工学部 准教授

研究者番号: 60252839

### (2) 研究分担者

瀧 寛和 (TAKI, Hirokazu)

和歌山大学・学内共同施設等・学長

研究者番号: 10304180