

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 3 日現在

機関番号：14701
研究種目：基盤研究(B)
研究期間：2010～2012
課題番号：22300290
研究課題名（和文） 認識と動作のインタラクションモデルに基づくスキル学習支援環境
研究課題名（英文） Skill Learning Environment based on Interaction Model of Recognition and Motion
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

### 研究成果の概要（和文）：

スケッチ、スポーツ、料理などの各種スキルについて、スキルの分析を行い、その分析結果に基づいて、スキルの学習支援環境を構築した。また、その学習支援環境の効果を検証した。具体的には、スケッチ学習支援環境については、拡張現実感を用いたモチーフを学習者にスケッチさせ、それを診断し、アドバイスを提示するシステムを構築した。スポーツについては、バスケットボールのシュートフォームなどを自動診断し、アドバイスを提示するシステムを構築した。料理については、りんご皮むき時の手指の動きを自動診断し、アドバイスを提示するシステムを構築した。

### 研究成果の概要（英文）：

We analyzed various skills such as sketch drawing, sports playing and cooking. Based on the analyses, we developed learning environments for those skills. In addition, we verified the effects of the learning environments. Specifically, a learner draws a sketch of a motif by augmented reality by using the sketch learning environment. The system diagnoses the sketch and advises the learner. A learner plays a shot form of basketball by using the basketball learning environment, and the system diagnoses the form and advises the learner. A learner peels an apple by using the cooking learning environment, and the system diagnoses the fingering and advises the learner.

### 交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	5,400,000	1,620,000	7,020,000
2011年度	4,600,000	1,380,000	5,980,000
2012年度	3,900,000	1,170,000	5,070,000
年度			
年度			
総計	13,900,000	4,170,000	18,070,000

研究分野：教育学

科研費の分科・細目：教育学

キーワード：スキル学習, 学習支援, 学習支援システム, 技能

#### 1. 研究開始当初の背景

学習は、学習内容で分類すると、数学、物理、英文法など、記号で表現可能な形式知の

学習と、スポーツ、芸術（絵画描画、楽器演奏、陶芸、書道、華道など）、もの作りなど、実技、あるいは、身体動作（身体知）がかかわるスキルの学習とに大別される。前者の形

式知学習とその支援システムについては、長い間研究が行われ、非常に多くの試作システムと研究論文が発表されている。しかしながら、後者のスキルについての学習支援システムは、ここ数年、研究事例が増えつつあるが、まだまだ、研究すべき課題は多い。

そして、形式知の学習支援に比べて、スキル学習支援環境の設計方法論の体系的な理論構築は遅れている。申請者らは、ある適切な抽象度で様々なスキルを比較すると、スキルに共通な性質が存在することを明らかにしてきた。その成果は、人工知能学会のスキルサイエンス特集号解説論文、曾我真人、瀧寛和、松田憲幸、高木佐恵子、吉本富士市、スキルの学習支援と学習支援環境、人工知能学会誌 Vol. 20 No. 5, pp. 533-540, 2005, に掲載されている。その内容の一部を抜粋すると、次のようになる。

絵画描画を含め、一般に、スキル行為は、対象物の①知覚・認識、②認識結果に応じた最適な行動の選択、③行動、のサイクルを繰り返す。芸術やもの作りのスキル行為の場合は、行動の結果として、④成果物を作成する。

絵画やデッサンの描画においては、①は、モチーフを認識すること、②は、モチーフを認識した結果、モチーフの形状に応じて最適な腕動作を選ぶこと、③は、腕動作により、2次元の画用紙に絵を描くこと、④は、描かれた絵やデッサン画である。

筆者らは、約12年ほど前から、デッサン描画学習支援環境の研究に取り組んできている。最初に、④にあたる描き終わったデッサン画を、絵画教師の代わりに、自動で診断し、最適な助言を学習者に与えてくれるデッサン学習支援システムを構築し、2002年に第18回NICOGRAPH論文コンテストにて優秀論文賞を、さらに、2003年には、人工知能学会知識ベースシステム研究会にて、優秀論文賞を受賞している。論文発表としては、

高木佐恵子、松田憲幸、曾我真人、瀧寛和、志磨隆、吉本富士市：初心者のための基礎的鉛筆デッサン学習支援システム、画像電子学会誌、第32巻第4号、pp. 386-396, 2003, のほか、国際会議も数多くある。

しかし、最適な助言を提示するには、誤りの原因が①～③のどれなのかを診断する必要がある。

これについては、ジャーナル論文、古川康一、曾我真人、瀧寛和、他11名：“身体知研究の潮流・身体知の解明に向けて”人工知能学会論文誌 Vol. 20, No. 2. 117-128 (2005)

でも触れている。そして、③の動作を自動診断しアドバイスを表示する環境として、腕動作診断助言システムを提案、構築し、その成果は、教育システム情報学会論文に掲載された。一方、①の知覚・認識を支援する環境と

して、領域情報提示システムを提案、構築し、その成果は、人工知能学会論文誌に掲載された。さらに、この領域情報提示システムを改良して、画用紙に描くときに、モチーフの外接長方形を描いて自動診断とアドバイス提示を行い、これをより細部へ繰り返し適用しながらデッサン画を詳細に描く学習支援環境を構築し、その成果は、国際ジャーナル論文TransactionOnEdutainmentに掲載された。さらに、筆者は、2009年夏の教育システム情報学会全国大会のワークショップにおいて、「パネル討論：スキルの分析・学習・教育と支援環境」のオーガナイザを務め、様々なドメインのスキルについて討論を行い、この分野の研究の発展にも尽力してきた。

## 2. 研究の目的

本研究では、学習者のスキルを自動診断し、誤りを指摘して、誤りの修正方法を助言する学習支援環境を設計しPC上に構築する。具体的なスキルとしては、スケッチ描画、スポーツ、などのスキルをとりあげる。そして、教師やコーチに代わって、学習者のスキルの向上を支援する学習支援環境の設計方法論をあきらかにし、試作システムを構築して、学習支援効果を検証する。

## 3. 研究の方法

(1)ARを用いたスケッチ学習支援環境の構築  
モチーフをCGで構築した仮想物体に替え、ARtoolkitを用いて、机の上にマーカを置き、学習者がビデオシースルー型ヘッドマウントディスプレイ(HMD)を目に装着してマーカを見ると、マーカ上にモチーフがCG映像として重畳表示される仕組みを実現した。特に、モチーフの外接立方体の表示機能など、スケッチ学習を支援する機能を充実させた。

(2)屋外用モーションキャプチャシステムを用いたスポーツ時の身体動作の分析  
これまで、全身のモーションキャプチャシステムは、光学式が主に用いられてきた。これは、複数台のカメラで囲まれた狭い領域で、被験者が全身にマーカを装着して測定する方式である。この方式は、測定範囲が狭いため、野球のスウィング動作など、移動がほとんどない動作のみ計測が可能であった。このため、野外の広い範囲を動き回るスポーツの動作は、ビデオ撮影による一視点からの映像での分析でのみ行われてきており、自由に視点を選んでの分析は不可能であった。そこで、ワイヤレス・モーションキャプチャシステムIGS-190を使用する。これは、身体各部に慣性センサを合計18個装着し、各部の空間内での方向をリアルタイムに計測しPCにデー

タを送信できる装置である。この装置は、もともと、CG映画製作を目的として作成されたものであり、これまで、スポーツの動作解析にはあまり用いられてこなかった。そこで、これを適用するより、フィールドでのスポーツについて、熟練者と初心者の動作の違いを分析する。具体的には、バドミントン、バスケットボール、の動作の分析を行った。さらにアドバイスを提示する学習支援環境を構築した。

- ① バスケットボールのシュートをドメインとしたアドバイス提示システム
- ② バドミントンのスウィングフォームをドメインとした重心可視化システム

を構築した。

①では、蓄積した熟練者の身体動作と、学習者の身体動作を自動的に比較し、差分に応じてアドバイスを提供するような学習支援環境を構築した。また、3次元CGのボーンアニメーションを利用して、熟練者の動作と初心者の動作の違いが視覚的にわかるように工夫した。

詳細は、まず、初心者にシュートフォームを教えるためには、熟練者のシュートフォームにおける身体各関節の角度を測定することが必要となってくる。そこで、熟練者と初心者のシュートフォームをウェアラブルなモーションキャプチャシステム (IGS-190) で取得し、身体各関節の回転角を比較分析する研究を行った。その結果、初心者は熟練者よりシュートフォームの安定性がなく、足や腕の伸展力を利用していないことが分かった。これ等のデータを基に初心者へ熟練者のシュートフォームを学習させるシステムの設計と構築を行った

②では、学習者はまずモーションキャプチャシステムを装着して自身の動作データを取得し、それを本システムに読み込ませることで動作と身体重心およびその軌跡の3Dモデルを表示させることができる。それを予め取得しておいた経験者のデータと見比べて、自主的に学習してもらう仕様である

### (3) 料理スキル学習支援環境の構築

平成22年度は、りんごの皮むき時の包丁の使い方について、熟練者と初心者の手指動作や指先圧力の分析と比較を行った。平成23年度は、これらの結果も参考としながら、料理スキルを学習できる支援環境を構築した。

## 4. 研究成果

「3. 研究の方法」で述べたように、各種のスキル学習支援環境を構築したことにより、スキル学習支援環境の構築方法論が明らかになった。また、それぞれについて、学習支援

環境の効果を検証する実験を行った。それにより、学習支援効果や、学習者の気づきを促進す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25件)

- ① 川越喬純, 曾我真人, 瀧寛和, ARを用いた等身大モデルによる姿勢模倣学習支援環境の開発, 平成24年度教育システム情報学会第6回研究会, vol. 27, no. 6, 153-158, 査読無, 2013
- ② 根来 美貴, 曾我真人, 瀧寛和, 読者の視線移動を考慮した初心者向けマンガ作成支援システムの設計, 情報処理学会インタラクシオン2013, CDROM, 2EXB-40, 査読有
- ③ Taro INADOME, Masato SOGA & Hirokazu TAKI, Development of Sketch Learning Support Environment Using Augmented Reality and Step-by-Step Drawing, Proc. of ICCE2012 Workshop, CDROM, 査読有, 2012
- ④ Saori OTA, Masato SOGA, Nami YAMAMOTO and Hirokazu TAKI, Design and Development of a Learning Support Environment for Apple Peeling using Data Gloves, CwC workshop in ECAI2012, 査読有, 2012
- ⑤ Naosuke Yamashita, Hirokazu Taki, Masato Soga, A learning support environment for earthquake disaster with a simulation of furniture falling by mobile AR, Proc. of ITHET2012, CDROM, 1-5, 査読有, 2012, DOI 10.1109/ITHET.2012.6246053
- ⑥ 稲留 太郎, 曾我真人, 瀧寛和, 段階的な診断を行う拡張現実感を用いたスケッチ学習支援環境の構築, 2012年人工知能学会全国大会予稿集, CDROM, 3L2-R-12-10, 2012, 査読無
- ⑦ 山下 直佑, 曾我真人, 瀧寛和, モバイルARを用いた家具の挙動による震災時の対処法 学習支援環境, 2012年人工知能学会全国大会予稿集, CDROM, 3L2-R-12-9, 2012, 査読無
- ⑧ 辻本 進, 曾我真人, 瀧寛和, 拡張現実感を用いたタイピングスキル学習支援環境の構築, 電子情報通信学会教育工学研究会 (信学技報) vol. 111, no. 473, 149-153, 査読無, 2012
- ⑨ 太田沙織, 曾我真人, 瀧寛和, データグローブを用いたリンゴ皮むき学習支援環境の設計と構築, 電子情報通信学会教育工学研究会 (信学技報) vol. 111, no.

- 473, 155-160, 査読無, 2012
- ⑩ 山田卓, 曾我真人, 瀧寛和, 骨格と輪郭線を診断する人物画の学習支援環境の構築, 情報処理学会インタラクシオン2012, CDROM 予稿集, 査読有
- ⑪ 稲留太郎, 曾我真人, 瀧寛和, 拡張現実感の利用と段階的な描画誘導を考慮したスケッチ学習支援環境の構築, 情報処理学会インタラクシオン2012CDROM 予稿集, 査読有
- ⑫ 安松谷亮宏, 曾我真人, 瀧寛和, バスケットボールにおけるシュートフォームの学習支援環境の構築, 情報処理学会インタラクシオン2012, CDROM 予稿集, 査読有
- ⑬ 根来美貴, 曾我真人, 瀧寛和, マンガにおける視線の誘導手法と視線移動および印象の関係の検証, 電子情報通信学会教育工学研究会 (信学技報) vol. 111, no. 39, 53-58, 2011, 査読無
- ⑭ 川越喬純・曾我真人・瀧寛和, モーションキャプチャシステムを利用した重心可視化システムの構築, 電子情報通信学会教育工学研究会 (信学技報) vol. 111, no. 39, 71-74, 2011, 査読無
- ⑮ 小路口義丈・曾我真人・瀧寛和, 透視図法における平行線認識スキル学習支援環境の構築, 電子情報通信学会教育工学研究会 (信学技報), vol. 111, no. 39, 87-92, 2011, 査読無
- ⑯ 山田卓, 曾我真人, 瀧寛和, 視点を自由に設定できる人物画の輪郭線スケッチ学習支援環境の構築, 2011 年度人工知能学会全国大会論文集 CDROM, 査読無
- ⑰ 川越喬純・曾我真人・瀧寛和, 運動学習初心者のための重心移動可視化システムの構築, 2011 年度人工知能学会全国大会論文集 CDROM, 査読無
- ⑱ 安松谷亮宏, 曾我真人, 瀧寛和, バスケットボールのシュート時の熟練者と初心者の全身フォーム比較分析と学習支援環境の設計, 2011 年度人工知能学会全国大会論文集 CDROM, 査読無
- ⑲ Masato Soga, Tomoyasu Nishino, Hirokazu Taki, Proposal and Development of Motion Navigator Enabling Learners to Observe Expert's Motion from Expert's Viewpoint by Augmented Reality, Proceedings of KES2011, 40-48, 査読有, 2011
- ⑳ Takazumi Kawagoe, Masato Soga, Hirokazu Taki, Development of Motion Visualization System with The Center of Gravity for Novice Learners, Proceedings of ICCE2011 workshop, 509-515, 2011, 査読有
- ㉑ Miki NEGORO, Masato SOGA, Hirokazu

- TAKI, Verification of Relation between Eye Motion, Impression and Control Method for Reader's Eyes Flow in Comics, Proceedings of ICISS2011, 265-270, 2011, 査読有
- ㉒ Shirouchi Kazuya, Soga Masato, Taki Hirokazu, AR-Supported Sketch Learning Environment by Drawing from Learner-Selectable Viewpoint, Proceedings of the 18th International Conference on Computers in Education (ICCE 2010), 533-537, 査読有, 2010
- ㉓ 城内和也, 曾我真人, 瀧寛和, ARを用いた自由な構図によるスケッチ学習支援環境, 第35回教育システム情報学会全国大会, 155-156, 査読無, 2010
- ㉔ 太田沙織, 曾我真人, 山本奈美, 瀧寛和, 熟練者と非熟練者のリンゴの皮むき動作における比較分析と皮むきスキルの抽出, 第35回教育システム情報学会全国大会, 357-358, 査読無, 2010
- ㉕ Saori Ota, Masato Soga, Nami Yamamoto, Hirokazu Taki, Comparison of Experts' between Non-experts' Apple Peeling Skills and the Designing of Learning Support System, 2010 IEEE International Symposium on Multimedia, 266-271, 査読有, 2010

[学会発表] (計3件)

- ① 川越喬純・曾我真人・瀧寛和, 重心の移動軌跡を可視化した動作アニメーション提示システム, 教育システム情報学会2011年度第4回研究会, 2011年11月12日, 関西大学
- ② 山田卓, 曾我真人, 瀧寛和, 骨格を考慮した人物画学習支援環境の構築, 教育システム情報学会2011年度第4回研究会, 2011年11月12日, 関西大学
- ③ 西野友泰, 曾我真人, 瀧寛和, 学習者が熟練者の視点で熟練者の動作を追従できる拡張現実感を用いたモーションナビゲータ, 2011年度教育システム情報学会全国大会, 2011年9月2日, 広島市立大学

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

名称:  
発明者:  
権利者:  
種類:  
番号:

出願年月日：  
国内外の別：

○取得状況（計 0 件）

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年月日：  
国内外の別：

〔その他〕  
ホームページ等

## 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・システム工学部・教授  
研究者番号：10304180

### (3) 連携研究者

( )

研究者番号：