

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 24 日現在

機関番号：33929

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23500760

研究課題名(和文) 3次元コンピュータ・グラフィックスによる立体表示運動学習システムの開発

研究課題名(英文) Concerning the Development of a Learning System Utilizing 3D Computer Graphics Expression

研究代表者

岡本 敦 (OKAMOTO, Atsushi)

東海学園大学・スポーツ健康科学部・教授

研究者番号：10233371

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円、(間接経費) 990,000円

研究成果の概要(和文)：3次元コンピュータ・グラフィックス(3DCG)によるアニメーションを使用して、体育・スポーツの運動学習を行った際に、立体表示が身体動作の再現性に与える影響を検討した。エアロビクスダンスの3DCGアニメーションを作成し、その映像を2次元表示と立体表示で学習者に提示した。その時の学習者の身体動作を分析した結果、2次元表示では奥行き方向の動きが小さくなっているのに対して、立体表示では、左右方向、奥行き方向ともにより学習モデルに近い動きが再現されていた。したがって、体育・スポーツの複雑な身体動作の運動学習では、3DCGアニメーションによる立体表示が有効であることが示された。

研究成果の概要(英文)：This research explores how the use of animation produced by 3D computer graphics affects the representation of physical actions. The researcher created a 3D animation video of aerobic dance, and showed both the 3D and 2D versions to the student-participants. After that, on analyzing the movements of the students, compared to when students recreated the dance after watching the 2D video, students who had watched the 3D video were able to more accurately recreate the movement in terms left to right movement as well as movement of depth. This research indicates that, 3D computer graphics animation expression is a valid tool for physical education and sports education.

研究分野：複合領域

科研費の分科・細目：健康・スポーツ科学

キーワード：運動学習 3次元コンピュータ・グラフィックス 立体表示 学校体育

1. 研究開始当初の背景

体育・スポーツの運動学習では、指導者による示範や写真あるいはビデオなどで学習モデルを提示して学習する方法が行われている。学習モデルを映画で提示する場合には、Roshal,S.M.⁽¹⁾、Meyer,J.M.⁽²⁾によって背面からの映像が最も理解しやすいことが示されている。

最近ではDVDが普及してそのマルチビューを利用する学習教材も見られるようになってきたが、体育・スポーツの分野からこれらの学習教材の学習効果について検討した研究は殆ど見られない。また近年、コンピュータの高性能・低価格化によって、体育・スポーツの分野にもパソコンが利用されるようになってきた。しかし、これらの利用は、データの収集や整理が中心であり、運動学習に限ってみれば、従来、ビデオカメラで撮影した映像をテレビで見ていたものを、パソコンの画面上で見るといった使用(DARTFISH 株ダートフィッシュ・ジャパンなど)が中心で、近年、急速に発達したコンピュータ・グラフィックス(CG)を利用した運動学習は殆ど見られない。

われわれの研究グループではWeb 3D技術の一つであるVRML(Virtual Reality Modeling Language)を利用した運動学習方法を検討してきた。VRMLを運動学習に利用する場合には、学習モデルは背面からの提示が最も理解しやすく、表示速度は1/3倍程度が良いことなどを明らかとした⁽³⁾⁽⁴⁾。さらにVRMLによる立体表示⁽⁵⁾や、e-Learningへの応用⁽⁶⁾など、その活用を提案してきた。また、初心者のゴルフスイングの練習に応用した場合には、肩と腰の捻転角度が大きくなり、学習モデルのフォームに近づくなど、十分な実用性を持つことも明らかにした⁽⁷⁾。

また、平成17年度から平成19年度に日本学術振興会科学研究費補助金による名古屋大学の山本裕二教授を研究代表者とする研究(「運動イメージの可視化技術を用いた運動学習支援システムの開発」)において、パペット型モーションキャプチャーシステムを用いて運動遂行者のイメージの可視化を行い、さらに運動遂行者の実際の動作を3DCG化することによって、運動遂行情報をフィードバックする学習システムの開発を行ってきた⁽⁸⁾。

しかし、学習者の身体動作をコンピュータ・グラフィックスに作成することは現状では即時性、コストの点から学校体育の現場へ導入することは困難である。そこで本研究では、学校体育におけるスポーツの身体動作に着目し、その学習モデルを3次元コンピュータ・グラフィックスでアニメーションとして作成し、立体表示することによって運動学習がどの程度、促進されるかについて、その効果を検討することを目的とした。

(1)Roshal,S.M.:Film-mediated learning with varying representation of the task:Viewing angle, portrayal of demonstration, motion and student participation.In A.A.Lumsdaine,(Ed.) ,Student responses in programmed instruction. Washington,D.C.:National Academy of Sciences-National Research Council, 1961.

(2)Meyer,J.M.:Effect of demonstrator and observer Positions upon learning a perceptual motor skill, Dissertation Abstracts International,1970,30(11-A),4878.

(3)岡本敦ほか,平泳ぎ動作表示システムへのVRMLの応用,日本バーチャルリアリティ学会第5回大会論文集,123-126,2000.

(4)岡本敦ほか,VRMLによる平泳ぎ動作学習システムの開発,信学技報 Vol.100 No.716(MVE2000-114),17-22,2001.

(5)岡本敦ほか,VRMLによる立体表示運動学習システムの開発,日本バーチャルリアリティ学会第6回大会論文集,31-34,2001.

(6)岡本敦ほか,VRMLによるe-Learningの提案,平成14年度東海体育学会第50回記念大会プログラム・抄録集,p.29,2002.

(7)Okamoto et al., Motor Learning Model using VRML for Golf Swing Practice, Proceedings of ED-MEDIA 2004 WORLD CONFERENCE ON EDUCATIONAL MULTIMEDIA, HYPER-MEDIA & TELE-COMMUNICATIONS, pp.2164-2169,2004.

(8)岡本敦ほか,運動イメージと遂行動作のフィードバックシステム,日本体育学会第58回大会,2007.

2. 研究の目的

3DCGアニメーションによる運動学習モデルを一般の2次元表示と立体表示で提示し、その時の学習者の身体動作を3次元動作解析することによって、学習モデルの身体動作の再現性を比較検討し、立体表示が運動学習に与える影響を明らかにする。

3. 研究の方法

(1)学校体育における学種課題の身体動作の収録

光学式3次元モーションキャプチャーシステムVicon MX-T20(Oxford Metrics Inc.)を使用し、反射マーカを被験者の身体計測点に添付し、反射マーカを3次元座標を構築した。記録には専用カメラを10台使用し、サンプリング周波数は250Hzに設定した。収録した身体動作は、体操:ラジオ体操第1、ラジオ体操第2、器械運動:跳び箱の屈身跳び、剣道:面、胴、逆胴、陸上競技:ハード

ル、ハイジャンプ、野球：ピッチング、バッティング、ハンドボール：7m スロー、ジャンプシュート、テニス：サーブ、ボレーなどであった。

(2) 3DCG アニメーションの作成

(1)で収録した身体動作の3次元座標データから、C-Motion社製VISUAL3Dによって骨格モデルのアニメーションを作成した。また、AUTODESK社製MOTIONBUILDERによって3DCGアニメーションを2次元表示と立体表示で作成した。

(3) 3DCG アニメーションの立体表示が運動学習に与える影響

3DCGで作成したアニメーションを被験者に2次元表示と立体表示で提示し、その時の身体動作の違いを検討した。

学習モデルはエアロビクスのインストラクターにボックスステップを実施してもらい、8回のボックスステップの身体動作をモーションキャプチャーシステムによって記録した。この3次元座標データよりMOTIONBUILDERによって3DCGアニメーションを2次元表示用と立体表示用にそれぞれ作成した。

被験者は体育・スポーツ系学部に所属する男子大学生6名と女子大学生2名の8名であった(年齢 20.8 ± 0.4 歳、身長 1.68 ± 0.06 m、体重 66.8 ± 12.8 kg)。

被験者は8名のうち4名は2次元表示を5試行テストした後、立体表示を5試行テストし、残りの4名は立体表示を5試行テストした後、2次元表示を5試行テストした。

(4) データ処理

学習モデルのボックスステップの1歩目の前方へのステップ長と2歩目の側法へのステップ長8回の平均値を基準として、各被験者が課題に慣れたと考えられる2次元表示と立体表示それぞれ5試行目の試技の1歩目の前方へのステップ長と2歩目の側法へのステップ長8回の平均値を比較検討した。

(4) 統計処理

被験者の2次元表示と立体表示それぞれ5試行目の1歩目と2歩目のステップ長8回の平均値を対応のある学生t検定を行い、有意水準は5%とした。

4. 研究成果

(1) 各種体育・スポーツ動作の3次元座標値の収録

本研究で収録した身体動作は、体操ではラジオ体操第1、ラジオ体操第2、器械運動では跳び箱の屈身跳び、剣道では面、胴、逆胴、陸上競技ではランニング、ハードル、ハイジャンプ、野球では投球動作と打撃動作、ハンドボールでは7mスロー、ジャンプシュート、テニスではサーブとボレーなどであった。

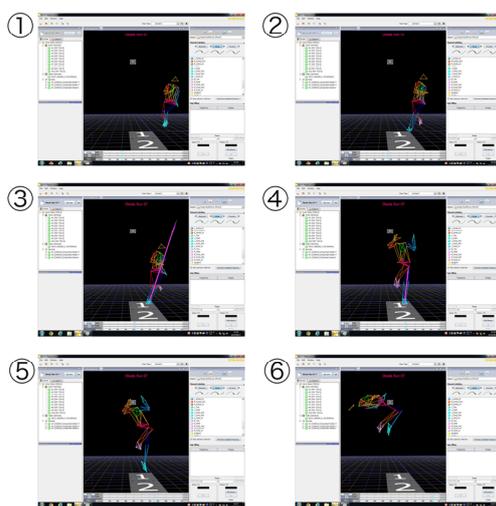


図1 ハイジャンプの収録例

これらの身体動作の3次元座標値の収録例として、図1に陸上競技のハイジャンプを示した。

(2) 収録した光学モーションデータのアクターへのマッピング

本研究で収録した光学モーションデータから3次元コンピュータ・グラフィックスを作成するために、MotionBuilderによってアクターへマッピングした。

その一例として、太極拳の例を図2に示した。

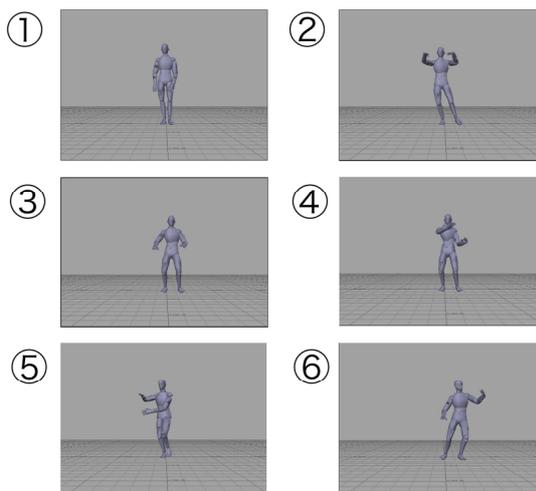


図2 太極拳の光学モーションデータをアクターへマッピングした一例

(3) キャラクターへのアクターのマッピングによる3DCGアニメーションの作成

3DCGアニメーションを作成するために、光学モーションデータをマッピングしたアクターをキャラクターにマッピングした。太極拳での一例を図3に示した。

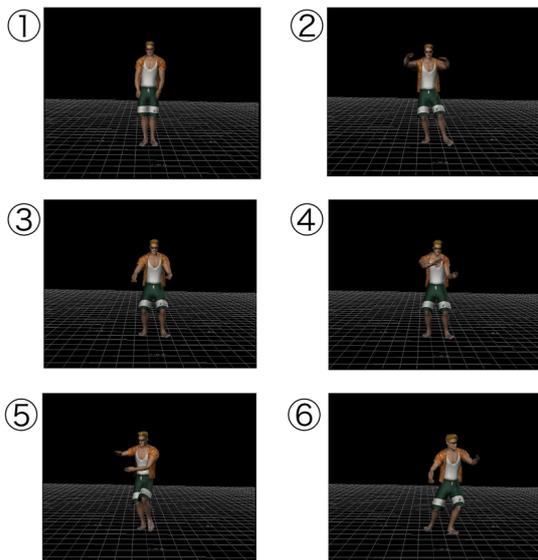


図3 キャラクターへのアクターのマッピングによる3DCGアニメーションの作成例

(4) 骨格モデルによる3DCGアニメーションの作成

本研究では、骨格モデルによる3DCGアニメーションをVISUAL 3Dによって作成した。跳び箱での屈身跳びの例を図4に示した。

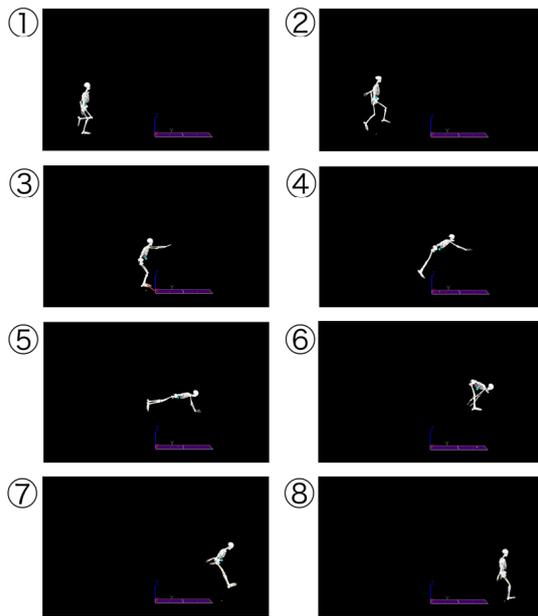


図4 骨格モデルによる跳び箱の屈身跳びの3DCGアニメーション

(5) 立体表示が運動学習に与える影響

本研究では、立体表示が運動学習に与える影響を検討するために、エアロビクスのボックスステップの歩幅を測定し、2次元表示と立体表示で比較検討した。

① 運動学習モデルの作成

運動学習のモデルを作成するために、エアロビクスのインストラクターのボックスステップを光学式モーションキャプチャシステムで収録した(図5)。



図5 ボックスステップの収録例

② 光学モーションデータのアクターへのマッピング

3DCGアニメーションを作成するために収録した光学モーションデータをMotionBuilderによってアクターへマッピングした(図6)。

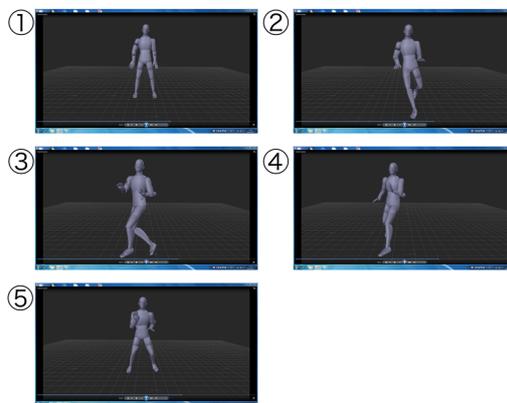


図6 光学モーションデータのアクターへのマッピング例

③ 3DCGキャラクターアニメーションによる立体表示

本研究では3DCGアニメーションによる立体表示を行うために、MotionBuilderによって瞳孔間距離6cmの左目用の映像と右目用のアニメーションを作成した。作成した両目用

の映像を液晶シャッターメガネによって被験者の両目にそれぞれ提示することによって、立体表示を行った。また、2次元表示では、液晶シャッターメガネにより映像が暗くなる影響を除去するために、2次元表示の際は、両目の中心から見たアニメーション映像を作成し、液晶シャッターで両目に同じ映像を提示した。映像は200インチ(16:9)のスクリーンにプロジェクターで投影し、その映像を見ながら学習者はボックスステップを行った。

図8に運動学習モデルとして提示した3DCGによるキャラクターアニメーションの例を示した。

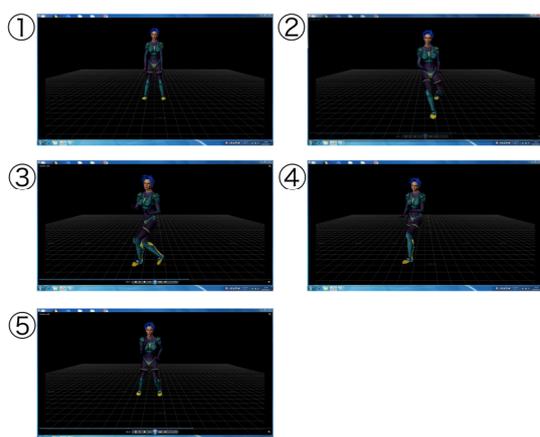


図8 運動学習モデルのアニメーション例

④立体表示が運動学習に与える影響の検討

作成した2次元と立体表示による3DCGアニメーションを8名の大学生に提示して、その際の身体動作をモーションキャプチャシステムで記録した。被験者の特徴を表1に示した。

表1 被験者の身体的特徴

No.	Height(m)	Weight(kg)	Age(yrs)	Sex
1	1.76	67.2	20.0	M
2	1.65	88.1	21.0	M
3	1.59	46.9	21.0	F
4	1.63	49.7	21.0	F
5	1.70	68.8	21.0	M
6	1.67	64.4	20.0	M
7	1.76	77.3	21.0	M
8	1.69	72.4	21.0	M
Mean	1.68	66.8	20.8	
SD	0.06	13.6	0.5	

被験者は8名のうち4名は2次元表示を5試行テストした後、立体表示を5試行テストし、残りの4名は立体表示を5試行テストした後、2次元表示を5試行テストした。

学習モデルのボックスステップの1歩目の

前方へのステップ長と2歩目の側法へのステップ長8回の平均値を基準として、各被験者が課題に慣れたと考えられる2次元表示と立体表示それぞれ5試行目の試技の1歩目の前方へのステップ長と2歩目の側法へのステップ長8回の平均値を比較した。その結果、ボックスステップの1歩目の画面の奥行き方向の動きは立体表示に比べて2次元表示が5%水準で有意に小さい値を示した。しかし、2歩目の画面の左右方向の動きは立体表示と2次元表示で有意差は得られなかった(図9)。

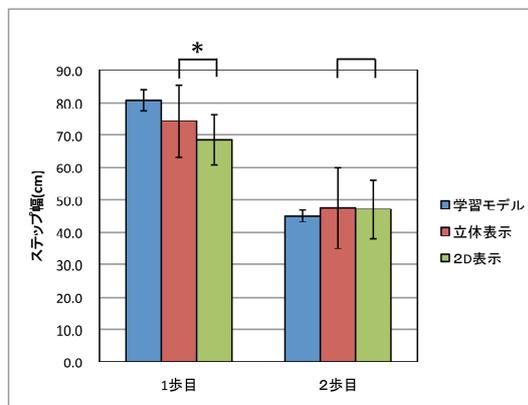


図9 立体表示と2次元表示のステップ幅の比較(* $p < 0.05$)

ビデオやコンピュータ・グラフィックスの映像を提示する際に、立体表示では観察者の左右の眼に視差(parallax)を与えることによって立体感を得ている。ところが2次元表示では、この左右の眼の視差(parallax)が与えられないので、観察者は立体感を感じることが出来ない。このため、2次元表示では、実際の空間にある奥行きを知覚することができないと考えられる。

本研究の結果でも、立体表示に比べて2次元表示では奥行き方向の運動が学習モデルの動きに比べて小さくなっており、これは立体表示に比べて2次元表示では実際の空間の奥行き方向の動きを学習者が十分に認知できなかった為であると考えられる。

体育やスポーツで行われる複雑な身体動作では、単純な左右方向の動きだけでは無い。奥行き方向の動きであったり、身体を捻る動きであったり、空間を斜めに動く身体動作など、様々な方向の身体動作が複雑に合成されて完成されている。従って、このような複雑な身体動作を学習する際には、立体表示による学習モデルの提示が学習者の運動の理解の手助けになると考えられる。これらのことから、体育・スポーツの運動学習では、3DCGアニメーションの立体表示による学習モデルの提示が、学習効果を高める可能性のあることが示唆された。

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 1 件)

- ① 岡本 敦、小田佳子、林 享、学校体育における水泳授業への防水型ビデオカメラと Eye-Fi カード活用の提案、東海学園大学研究紀要自然科学研究編、査読有、Vol. 18、2013、37-43

[学会発表] (計 1 件)

- ① 岡本 敦、小田佳子、林 享、学校体育における ICT 活用の事例研究～Wi-Fi 内蔵メモリカード (Eye-Fi カード) の活用例～、東海体育学会第 60 回大会

6. 研究組織

(1) 研究代表者

岡本 敦 (OKAMOTO, Atsushi)
東海学園大学・スポーツ健康科学部・
教授
研究者番号：10233371