

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 5 月 21 日現在

機関番号：34419

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24501226

研究課題名(和文) 障害の程度に応じたゲーム映像加工により誰もが参加可能となる運動療法ゲームシステム

研究課題名(英文) Multiplayer game system for therapeutic exercise in which players with different athletic abilities can participate on an even competitive footing

研究代表者

田中 一基 (TANAKA, Kazumoto)

近畿大学・工学部・教授

研究者番号：60351657

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,200,000円

研究成果の概要(和文)：脳卒中の後遺症患者や体力が衰えた高齢者などの運動療法の一つに、集団スポーツゲームがある。しかし体力低下の度合いが異なる者どうしが、対等に競技することは難しい。そこで本研究はコンピュータビデオゲームに着目し、誰もが対等に競技できるように、運動能力に応じた支援を行うゲームシステムを開発した。具体的には、風船バレーボール(複数人で風船が床に落ちないように手で打ち上げる競技)のゲームを対象とした。開発したゲームシステムは、各ゲームプレイヤーの個別のゲームモニタに、ゲームプレイヤーの運動能力に応じて競技し易いように加工したゲーム映像を提示する。本ゲームシステムの評価実験を行い、支援の有効性を確認した。

研究成果の概要(英文)：Sports games conducted as a group are a form of therapeutic exercise for aged people with decreased strength and for people suffering from permanent damage of stroke and other conditions. However, it is difficult for patients with different athletic abilities to play a game on an equal footing. Thereby, we specifically examined a computer video game designed for therapeutic exercise, and have developed a game system with support given depending on athletic ability. This video game, to be specific, is a popular variant of balloon volleyball, in which players hit a balloon by hand before it falls to the floor. In this game system, each player plays the game watching a monitor on which the system displays game images adjusted to the person's athletic ability, providing players with player-adaptive assist support. We conducted assessment experiments and validated the assist support.

研究分野：教育工学，画像計測工学

 キーワード：コンピュータビデオゲーム 運動療法 障がい者 適応支援 モーションキャプチャ デプスセンサ
風船バレーボール

1. 研究開始当初の背景

運動療法を支援するコンピュータビデオゲームの研究が盛んになっている[1]。手や足の動きでゲームを操作する方式であり、その身体運動が肥満解消や機能障害の治療に役立つとされる。そこで、この方式の市販ゲーム機を用いて、治療効果のケーススタディ的な研究が数多く行われている(例えば[2])。

運動療法ゲームを継続的に行うためには、運動のモチベーションが重要である。複数のプレイヤーが競う方式のマルチプレイヤーゲームは運動のモチベーションを高める、とされる[3]。しかし、運動能力が異なるプレイヤー同士が、競い合いながら運動を楽しむことは殆ど不可能である。そこで、そのようなプレイヤー同士が対等に競うための支援方法の研究がなされている[4][5][6]。視認スキルの個人差を支援する研究[4][5]では、その支援がプレイヤーに気づかれないような手法を詳細に調べている。明らかな支援の存在に気づくとプレイヤーのモチベーションが損なわれるためである。しかしこれらの研究は、シューティングゲームにおける視認スキルの支援であり、運動療法ゲームではない。

ペダルを漕いで仮想空間でカーレースを行う Heart Burn[6]は心肺機能向上のための運動療法ゲームであり、個々の体力に応じた推進力がレースカーに加わる。ただ、Heart Burnのゲーム映像の中ではプレイヤーの実際のモーションは互いに見えず、このため、このようなゲームの適応支援の設計は比較的簡単である。なぜなら、支援によりプレイヤーの運動量に不相応なパフォーマンスが示されても、不自然さが分からないからである。

一方、プレイヤーの動きを正確に反映するアバタはゲームのリリアリティを高めるメリットがある。しかし、動きがリアルなアバタを用いる運動ゲームでの適応支援は、これまでほとんど提案されていない。文献[7]はそのような研究の一つであるが、マルチプレイヤーゲームではない。アバタの動きはプレイヤーの動きをそのまま反映するので、コンピュータ側で運動のパフォーマンスを高くして見せると不自然さが目立つため、と考えられる。

以上をまとめると、研究開始当初の時点では、プレイヤーの動きをリアルに反映するマルチプレイヤーゲーム方式で、運動能力が異なるプレイヤーの各々が楽しめる運動療法ゲームは実現されていない。

参考文献：

[1] Wiemeyer, J., "Serious Games - The Challenges for Computer Science in Sport," International Journal of Computer Science in Sport, 9(2), 65-74, 2010.

[2] Plow, M., et al., "A Qualitative Study Exploring the Usability of Nintendo Wii Fit among Persons with Multiple Sclerosis," Occupational Therapy International: Special Issue: Clinical Research in Occupational Therapy,

21(1), 21-32, 2014.

[3] Göbel, S., et al., "Serious Games for Health - Personalized Exergames," Proc. ACM Multimedia 2010, 1663-1666, Firenze, Italy, Oct. 2010.

[4] Bateman, S. et al., "Target assistance for subtly balancing competitive play," in proc. of SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems 2011, 2355-2364, Vancouver, Canada, May, 2011.

[5] Vicencio-Moreira, R., et al., "The effectiveness (or Lack Thereof) of Aim-assist Techniques in First-person Shooter Games," in proc. of SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems 2014, 937-946, Tronto, Canada, Apr.-May, 2014.

[6] Stach, T., et al., "Heart Rate Control of Exercise Video Games," in proc. of Graphics Interface, Kelowna, Canada, 2009.

[7] Eichhorn, S., et al., "Development of an Exergame for individual rehabilitation of patients with cardiovascular diseases," Australasian Physical & Engineering Sciences in Medicine, 36(4), 441-447, 2013.

2. 研究の目的

モーションキャプチャによりプレイヤーの動きをリアルに反映するマルチプレイヤーゲーム方式において、運動能力が異なるプレイヤーの各々に対する効果的な適応支援の手法を明らかにする。

開発するビデオゲームは、高齢者施設などでポピュラーな集団スポーツゲームである風船バレーボール(複数人で風船が床に落ちないように風船を手で打ち上げる競技)とする。実際の風船バレーボールでは、運動能力の程度に応じて風船の重さ(ヘリウムガスの割合)を変えるとといった工夫をする場合がある。これにより風船のスピードを調節して、運動能力が低いプレイヤーであってもゲームを楽しめるようにしている。一方、運動能力が高いプレイヤーにとっては、このような調整はゲームの楽しみが損なわれてしまう。これは、共通の道具(ボールなど)を用いるゲームの不都合である。本研究では、風船バレーボールをコンピュータゲームに置き換え、プレイヤーごとに適したゲーム環境を用意して、適応支援を実現する。

運動能力については具体的には筋力と視認能力を取り上げ、それぞれの有効な支援方法を明らかにする。

3. 研究の方法

本研究のゲームシステムでは、各プレイヤーは個別のゲームモニタを見ながらプレイする。このモニタに、プレイヤーの運動能力に応じて競技し易いように、かつ不自然さが感じられないように加工したゲーム映像を、ゲー

ムプレイヤーごとに提示することで、適応支援を実現する。プレイヤー個別に提示するゲーム映像を“テラーメイドゲーム映像”と名付けた。

一般に複数のプレイヤーが競うビデオゲームでは、プレイヤーが同じ状況を共有することが常識である。本研究の特色はテラーメイドゲーム映像にある。プレイヤーの各々は自分に合うように造られた競技状況下で、他のプレイヤーと実際のモーションに基づいたインタラクションを行う。これにより、運動能力が異なるプレイヤー全体でゲームが進行し、同時に、各々の運動能力の程度に見合った運動がなされる。すなわちテラーメイドゲーム映像により、集団ゲームと各人の個別の運動療法の両立が可能となる。

システムは、プレイヤーの人数ぶんの“ユニット”で構成される。1ユニットの構成物は、パーソナルコンピュータ、距離画像センサ、およびディスプレイデバイスである。また、コンピュータは互いに通信ケーブルで接続される。プレイヤーが2名の場合のシステム概要を図1に示す。

図1には筋力が異なるプレイヤー2名(A, B)が参加する場合の支援の例も示している。Aの筋力がBより劣る場合、Aへの提示映像ではBのアバタを近くに置き、Bへの提示映像ではAのアバタを遠くに置く。AB間のボールの到達時間は、いずれの提示映像においても同じ時間であるため、Aへの提示映像ではボールをゆっくり動かすことができ、Bへの提示映像では速く動かせる。

次に、プレイヤー間の距離の決定方法を以下に述べる。まず、Aに提示する仮想空間において以下のパラメータを設定する。

- ・ Bが最大瞬発力で打ったボールがAに向かう速度： v_{BA_A}

- ・ BからAにボールが到達する時間： t_{BA_A}

- ・ プレイヤー間の距離： D_{AB_A}

Bに提示する仮想空間では以下である。

- ・ Aが最大瞬発力で打ったボールがBに向かう速度： v_{AB_B}

- ・ AからBにボールが到達する最短時間：

t_{AB_B}

- ・ プレイヤー間の距離： D_{BA_B}

また、A, Bが、最大瞬発力で打ったボールが到達可能な最大距離をそれぞれ D_{Amax} , D_{Bmax} , 視認可能なボールの最大速度をそれぞれ v_{Amax} , v_{Bmax} とし、飛来してくるボールを打つ動作に必要な最短の所要時間をそれぞれ T_{Amin} , T_{Bmin} とする。

以上を用いて、 v_{BA_A} および D_{AB_A} より決まる t_{BA_A} が T_{Amin} を下回らないように、かつ D_{Amax} を超えないように、繰り返し演算によって D_{AB_A} を決める。ただし v_{BA_A} の最大値は v_{Amax} を超えないように調整する。ま

た同様に D_{BA_B} を決める。

次に、視認能力の支援は、ボールのサイズおよび輝度の増加により行う。視認能力が劣るプレイヤーが健常者とボールのやりとりができるよう増加量を調節して、サイズおよび輝度を決める。

仮想の風船バレーボールゲームは次のようにして実現した。コンピュータで、距離画像センサを用いてプレイヤーの位置および姿勢を認識し、この情報に基づいてプレイヤーのアバタをディスプレイに提示する。さらに、他のコンピュータから送られる他のプレイヤーの情報に基づいて、他のプレイヤーのアバタも提示する。また仮想ボールは、プレイヤーとの衝突の情報を各コンピュータが共有し、それぞれの仮想空間内で運動方程式に基づいて位置計算し、レンダリングする。

開発したシステムは、距離画像センサに Microsoft Kinect, プレイヤーの位置および姿勢認識には Kinect for Windows SDK を用いた。また、CPU: Core i7 3770K, メモリ: 32GB, およびビデオチップ: GeForce GTX 680 を備えたコンピュータを用いた。

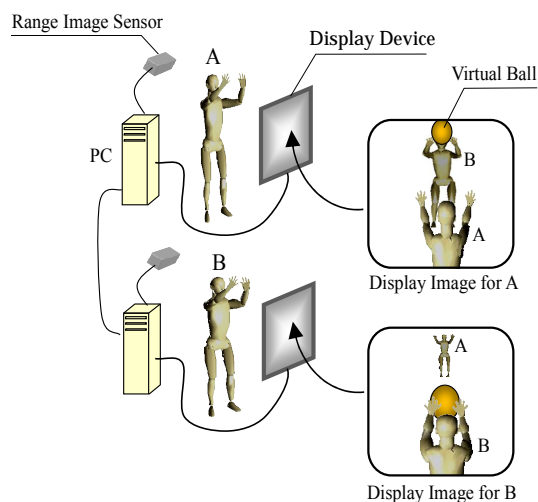


図1 システムの概要とテラーメイドゲーム映像の例

4. 研究成果

テラーメイドゲーム映像により運動能力が異なるプレイヤーどうしが互角に対戦できるかどうかを、実験により検証した。実験のゲームは、ボールを打ち返せなかった回数(失点)を競うこととした。テラーメイドゲーム映像を用いた場合のゲームを“支援有り”、用いない場合(プレイヤー間の距離、ボールの大きさおよび輝度を健常者の映像と同一とする)のゲームを“支援無し”と呼ぶことにする。

2013年度に、正常な視力(矯正視力を含む)を持つ大学生の健常者21名を実験参加者として集めた。参加者を3人1組で計7組に分け、各組は、視覚機能を制限したプレイヤー、筋力を制限したプレイヤー、および健常者のプレイヤー、で構成した。視覚機能の制限とは、

白内障と視野狭窄による制限であり、視覚障害体験用ゴーグル（山本光学株式会社）の装着により疑似体験させた。また、筋力の制限については、当初は手足にウェイトの装着を試みたが被験者の負担が大きく問題となったので、ゲームシステム側で、筋力を制限するプレイヤーの速い動作を認識しないように制限を設けた。つまり、そのプレイヤーには機敏な動きをしないように要請し、疑似的な筋力制限とした。具体的には、速度の上限を400mm/secとした。

7組の被験者に、風船バレーボールゲームに充分慣れるまで休憩をはさみながら練習を行なわせた。特に筋力を制限したプレイヤー役のプレイヤーには、動ける速さを体得するまで練習を行った。その後、支援無しと支援有りのゲームを1回ずつ行わせた。ゲームの終了は、すべてのプレイヤーに打ち返すチャンスが20回訪れた時点とした。

実験結果として、支援無しで行ったゲームにおける各身体条件のプレイヤーの失点率の平均値（ $n=7$ ）を図2に、支援有りの場合の失点率の平均値（ $n=7$ ）を図3にそれぞれ示す。図2より、支援無しの場合は筋力制限されたプレイヤーよりも身体制限無しのプレイヤーの方が平均失点率が低いが、図3より、支援を有りにすると平均失点率は逆転している。また、視覚制限されたプレイヤーは、支援無しの場合の平均失点率は中位であるが、支援有りの場合は最も低くなった。

支援無しと支援有りの各々について、失点率の平均値の差が有意かどうかを検討するため、対応無しの1要因（身体制限：身体制限無し、視覚制限、筋力制限）の分散分析を行った。有意水準は0.05とした。なお等分散性については、ルビーン検定により、支援無しの場合は $p=0.40$ 、支援有りの場合は $p=0.08$ 、でいずれも等分散を仮定した。分散分析の結果は、支援無しの場合主効果が $p=0.01$ 、支援有りの場合は $p=0.02$ 、であり、主効果はいずれも有意であった。

次にボンフェローニの多重比較を行った。この結果、支援無しの場合、身体制限無しと筋力制限の間で平均値の差が有意（ $p=0.01$ ）となり、支援有りの場合は、身体制限無しと視覚制限の間で差が有意（ $p=0.01$ ）であった。身体制限無しと筋力制限は有意差は無かった。

多重比較の結果より、支援無しのゲームでは身体制限の無いプレイヤーは筋力制限されたプレイヤーに対して優位であるが、支援を有りにすると失点率に差が見られなくなることが分かった。つまり、テラーメイドゲーム映像により、身体制限の無いプレイヤーと筋力制限されたプレイヤーは互角に勝負したと言える。

一方、視覚制限されたプレイヤーは、支援無しの場合では身体制限が無いプレイヤーとほぼ互角であり、支援を受けると優位に立った。実験では白内障と視野狭窄の疑似体験を視

覚制限としたが、プレイヤーはゲームのディスプレイ領域（42インチテレビ）を視野の中心付近でとらえたと考えられ、視野狭窄はゲームプレイに影響しなかったと思われる。さらに白内障の疑似体験では視界が霞むが、ボールの見分けがつかなくなるほどではなかった。この上で、視覚制限のプレイヤーは、支援有りの場合にボールの輝度を上げて大きく表示する支援を受けたため、ボールのヒット率が向上し、優位に立てたと考えられる。

2014年度には、視覚の制限効果を強化し、かつ視覚支援の度合いを小さくして再度実験を行った。実験は、健常者18名（大学生）の実験参加者を3人1組で6組に分け、2013年度と同様の手順で行った。実験の結果、支援により3者が拮抗する状況を実現できることを確認できた（論文投稿を検討中）。

さらに2014年度には、ゲームシステムの構成要素（デプスセンサ等）を用いて新たな研究テーマの基礎的研究を開始した。スポーツの3Dモーションキャプチャによるシーン検索の研究であり、デプスセンサで得られるプレイヤーの3D点群データの特徴量を用いた検索の可能性を確認した。

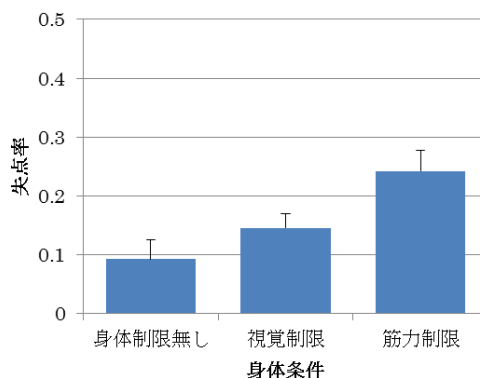


図2 支援無しの各身体条件での失点率（平均）

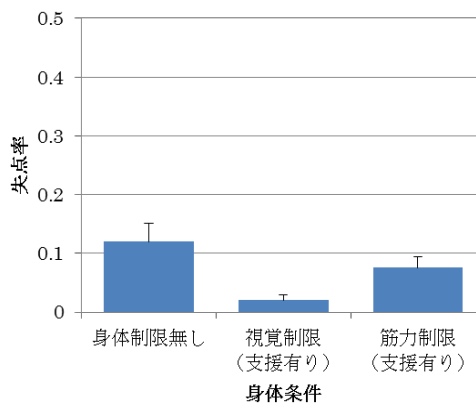


図3 支援有りの各身体条件での失点率（平均）

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 3 件)

Kazumoto Tanaka and Takayuki Fujino, “A therapeutic exercise game system with a ‘Tailor-made Video-game Image’ that accommodates anyone irrespective of athletic ability,” *Journal of Technologies and Human Usability*, (will be published in 2015), refereed.

田中一基, “3D 点群処理に基づく映像検索を用いた空手の型の練習支援法,” *電子情報通信学会技術研究報告*, vol.114 ,no.441 , pp.29-32, 2015, 査読無 .

田中一基, 藤野貴之, 片岡隆之, “運動能力に違いがあっても‘テラーメイドゲーム映像’により誰でも参加可能な運動療法ゲームシステム,” *電子情報通信学会技術研究報告*, vol.113 , no.482 , pp.233-236 , 2014, 査読無 .

〔学会発表〕(計 6 件)

Kazumoto Tanaka, “Karate-kata exercise assist method using video image retrieval based on 3D point cloud processing,” in proc. of the 26th International Conference of Society for Information Technology & Teacher Education, pp.1399-1402, Las Vegas, USA, Mar. 4, 2015.

Kazumoto Tanaka and Takayuki Fujino, “Multiplayer game system for therapeutic exercise in which players with different athletic abilities can participate on an even competitive footing,” in proc. of the 17th International Conference on Game and Amusement Exhibition, pp.205-208, Singapore, Singapore, Jan. 9, 2015.

田中一基, “運動能力に違いがあっても誰でも参加可能な運動療法ゲームシステム,” *一般社団法人教育システム情報学会中国支部研究発表会講演論文集*, vol.14, no.1, pp.21-24, 山口県山口市, Jul. 12, 2014 .

Kazumoto Tanaka, Takayuki Kataoka, Takayuki Fujino, “A therapeutic exercise game system for differently abled persons with a ‘tailor-made video-game image’,” in proc. of the 10th International Conference on Technology, knowledge and Society, pp.34, Madrid, Spain, Feb. 6, 2014.

Kazumoto Tanaka, Takayuki Kataoka, Takayuki Fujino, “A therapeutic exercise game system with a ‘tailor-made video-game image’ that accommodates anyone irrespective of athletic ability,” in proc. of the 24th International Conference of Society for Information Technology & Teacher Education, pp.1203-1208, New Orleans, USA, Mar. 27, 2013.

Kazumoto Tanaka, “A disability-adaptive assist method for therapeutic exergaming,” in proc. of the 9th International Conference on Technology, knowledge and Society, pp.20,

Vancouver, Canada, Jan. 14, 2013.

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

○出願状況(計 0 件)

○取得状況(計 0 件)

〔その他〕

特に無し

6. 研究組織

(1)研究代表者

田中 一基 (TANAKA, Kazumoto)

近畿大学・工学部・教授

研究者番号: 60351657

(2)研究分担者

無し

(3)連携研究者

片岡 隆之 (KATAOKA, Takayuki)

近畿大学・工学部・准教授

研究者番号: 40411649

藤野 貴之 (FUJINO, Takayuki)

近畿大学・工学部・准教授

研究者番号: 60300703

金井 秀作 (KANAI, Syusaku)

県立広島大学・保健福祉学部・教授

研究者番号: 70326437

大田尾 浩 (OHTAO, Hiroshi)

西九州大学・リハビリテーション学部・准教授

研究者番号: 00441345