

令和 3 年 6 月 17 日現在

機関番号：27301
研究種目：基盤研究(C) (一般)
研究期間：2018～2020
課題番号：18K11403
研究課題名(和文) 楽しく安全に下肢のリハビリテーションを行うための床面投影型シリアスゲームの開発

研究課題名(英文) Development of floor projection type serious game for performing lower limb rehabilitation with fun and safe.

研究代表者
辺見 一男 (Hemmi, Kazuo)
長崎県立大学・情報システム学部・教授

研究者番号：30238711
交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：この研究は、楽しく安全に下肢のリハビリテーションを行うためのシリアスゲームの開発を目的とする。このシステムは、プロジェクターで床面にターゲットを投影し、ユーザーはそれを足で踏むことにより下肢のリハビリテーションを行うことができる。ターゲットを踏んだかどうかの判定はTVカメラを用い、非接触で安定して判定する方法を提案した。ここで提案した方法は95.3%の高い精度でターゲットを踏んだことを検出することができた。このシステムでは、ターゲットを踏むと得点が加算されるので、ゲーム感覚でリハビリテーションを行うことが可能である。

研究成果の学術的意義や社会的意義
床面にターゲットを表示し、利用者がターゲットを足で踏むことによって下肢のリハビリテーションを行うシステムの開発を行った。ターゲットを踏んだかどうかの判定はTVカメラの映像を処理することにより行った。判定には二次元相関係数を用い、高い精度で判定を行うことができた。この時の精度は95.3%であった。また、ターゲットの表示位置を調節することにより負荷を変える機能や危険を検出した場合は緊急停止する機能を実装することができた。病院でこのシステムの実地テストを行う予定であったが新型コロナウイルス感染症の影響で実施できなかったため、新型コロナウイルス感染症が終息した後に実地テストを実施する予定である。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study is to develop a serious game which perform a rehabilitation of the lower limbs with fun and safe. The system uses a projector to project a target onto the floor, and the user is able to perform a rehabilitation of the lower limbs by stepping on the target. We proposed a non-contact and stable method by using a TV camera to detect whether or not the target was stepped on. The method proposed in this study was able to detect that the target was stepped on with an accuracy of 95.3%. This system has the function that points are added when the user steps on the target. By using this system, the user can perform rehabilitation enjoyably as if playing a game.

研究分野：ヒューマンインタフェース

キーワード：リハビリテーション ステップ運動 画像処理 シリアスゲーム

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

日本の高齢化は急速に進んでおり、健康に問題のある者も増えているが、一方で、元気な高齢者が増加していることも事実である（平成 25 年度体力・運動能力調査の結果について、文部科学省）。元気な高齢者を増やすためには、疾病を予防するための日常的な運動や、疾病からの適切なりハビリテーションによる社会復帰が重要な役割を果たしている。リハビリテーションは継続することが重要である。しかしながら、場合によっては大きな苦痛を伴うため、継続するには強い意志が必要で、途中で挫折する患者さんも多い。この状況を改善する方法として、ゲームの要素を取り入れて楽しくリハビリテーションができるシステムの有効性が示されている。問題解決のためにゲーム要素を導入するシステムはシリアスゲームと呼ばれている。ゲーム要素を取り入れた下肢のリハビリテーションシステムについては多くの研究が行われている。これまでに行われてきた研究の例としては、機械的な装置を用いる手法、壁面に表示を行う手法、床にフォースプレート（圧力を検出するセンサー）を置き、この上に表示を行う手法などがある。

我々の研究グループはこれまでに、画像処理を用いた上肢のリハビリテーションを行うためのシリアスゲームの研究を行ってきた。これは、図 1 に示すように壁面にターゲットを投影し、空中でターゲットに触れればターゲットが消えるようになっている。リハビリテーション中は運動を促すような音楽が鳴り、利用者は音楽に合わせて出現するターゲットを順次消していくことで運動を行う。本研究では、ターゲットを床面に表示して足でターゲットを踏む方式としたので、ゲーム感覚で下肢のリハビリテーションを行うことが可能となる。

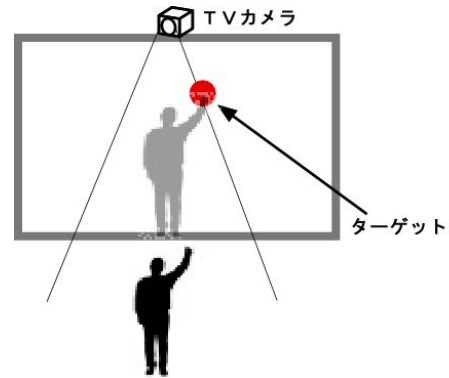


図 1 上肢のリハビリテーションシステム。

2. 研究の目的

本研究は、楽しく安全に下肢のリハビリテーションを行うためのシリアスゲームの開発を目的とする。プロジェクターで床面にターゲットを投影し、それを足で踏むことにより運動を行う。ターゲットを踏むと得点が加算されるので、ゲーム感覚で楽しくリハビリテーションを行うことができる。この運動は、ステップ運動と呼ばれ、バランス感覚の向上や下肢の筋力アップに有効なりハビリテーションとして広く行われている。しかし、ステップ運動中は転倒すると非常に危険なので、利用者の体調が悪い時は負荷を下げる（場合によっては停止する）等の機能が必要である。これらの機能を盛り込み、楽しく安全に下肢のリハビリテーションを行うことができるシステムを構築することとした。

3. 研究の方法

本研究では図 2 に示すように床面に表示面を設定して、利用者はターゲットを足で踏むことによって下肢のリハビリテーションを行うシステムの構築を行う。システムを起動すると、運動を促すような音楽が鳴り、ターゲットを消したときは効果音が鳴ると同時に点数が加算されるのでゲーム感覚で楽しくリハビリテーションを行うことが可能なシステムとなっている。ターゲットを踏んだかどうかの判定は、TV カメラで下肢の動きを撮影し、画像処理によって行う。すなわち、現時点のビデオフレーム画像（評価画像と呼ぶ）と、1フレーム前のフレーム画像（基準画像と呼ぶ）のターゲットの領域における二次元相関係数 R を(1)式により算出し、 R の値により接触したかどうかの判定を行った。

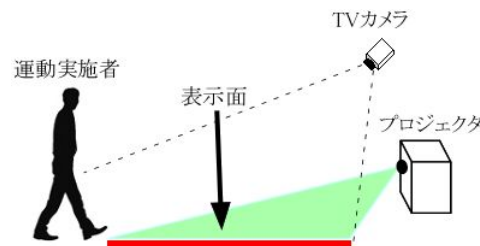


図 2 システムの概念図。

$$R = \frac{\sum_x \sum_y (f(x, y) - \bar{f})(g(x, y) - \bar{g})}{\sqrt{\sum_{x=1}^m \sum_{y=1}^n (f(x, y) - \bar{f})^2} \sqrt{\sum_{x=1}^m \sum_{y=1}^n (g(x, y) - \bar{g})^2}} \quad (1)$$

ここで、 $f(x, y)$ は基準画像の (x, y) 座標における画素の諧調値、 $g(x, y)$ は評価画像の (x, y) 座標における画素の諧調値を示す。 \bar{f} は基準画像の諧調値の平均値、 \bar{g} は評価画像の諧調値の平均値を表す。ターゲットの領域に足が入っていない場合、両者は同一画像となるので、 $R = 1$ である。反対に、ターゲットの領域に足が入った場合、両者は異なった画像となるので、 $R < 1$ となる。本システムでは R の値が基準値を下回った時にターゲットを踏んだと判定した。この方式を用いることにより、操作者がターゲットを踏んだかどうかを安定して検出することが可能となった。

リハビリテーションの現場では、立位で運動を行う際は、転倒等により重大な障害が起きな

いように、安全に十分注意をしている。今回申請するシステムは、立位でのリハビリテーションを想定しているため、運動を実施する人の状態に合わせて負荷を変える仕組みや、危険を検出した場合は緊急停止する仕組みを導入している。

4. 研究成果

(1) システムの構成

本システムの構成を図3に示す。このシステムは、衝突判定部、点数カウンター、ターゲット表示部、タイマー、表示パターンデータベース、で構成されている。各コンポーネントの機能は以下のとおりである。

- ・衝突判定部：TVカメラの画像から利用者がターゲットを踏んだかどうかの判断を行う。
- ・点数カウンター：利用者が足でターゲットを踏んだ回数をカウントする。
- ・ターゲット表示部：プロジェクターで床に表示する情報を画像として生成する。
- ・タイマー：残り時間の計測を行う。
- ・表示パターンデータベース：ターゲットを表示する座標を生成する

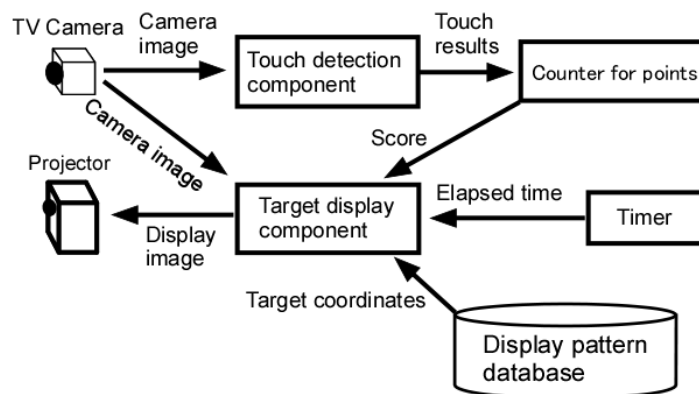


図3 システムの構成図。

プロジェクターで床面に投影される映像を図4に示す。床面にはゲームの背景が表示され、残り時間、点数、ターゲットがリアルタイムに更新される。

このシステムには以下の機能を実装することができた。

- ・床面にターゲットを表示し足で踏んだ時にターゲットが消える機能。
- ・点数や効果音を導入することによりゲーム感覚で楽しくリハビリテーションが行える機能。
- ・利用者の状態に合わせて負荷を調整する機能。
- ・危険を検出した場合は緊急停止する機能。

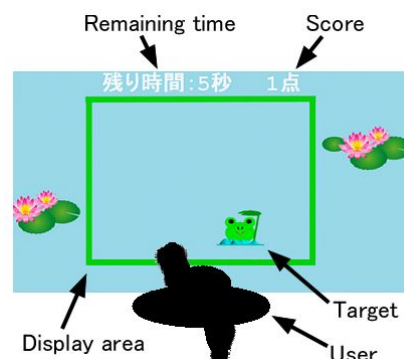


図4 システムが床面に投影する映像。

(2) システムの精度評価実験

このシステムは、利用者がターゲットを踏んだ時に正確に反応する必要がある。そこで、ターゲットを踏んだ時の精度を評価する実験を行った。その時の実験システムの配置を図5に示す。被験者は19名（男性9名、女性10名）である。被験者の年齢は、20代が14名、40代が3名、50代が2名である。次々と表示されるターゲットを被験者は足で踏んでいく。実験時間は90秒とし、この間にターゲットを踏んだときに消えた数（システムが反応した回数）と消えなかった数（システムが反応しなかった回数）を記録した。実験結果を表1に示す。表1には、出現したターゲットの数、システムが反応した回数、反応しなかった回数、およびその時のエラー率が示されている。19人の被験者の合計試行回数(ターゲットの出現回数)は825回。システムが反応しなかった回数は39回であり、エラー率は4.7%となった。ターゲット

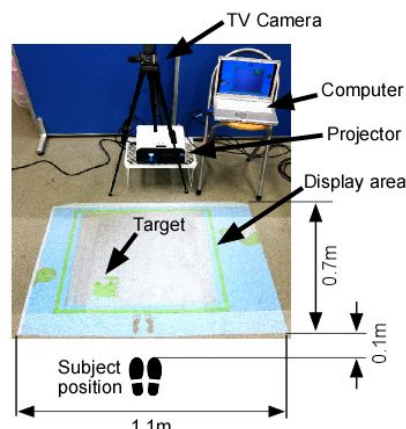


図5 システムの配置。

トに反応した成功率は 95.3%であり、非常に高い精度を実現できているといえる。この結果から、このシステムは下肢リハビリテーションのための床面投影型シリアスゲームシステムとして十分に実用的な精度を持っていることがわかった。

表 1 精度評価実験の結果 .

	Total number of times	Number of times that respond to foot movement	Number of times that did not respond to foot movement
Results	825	786 (95.3%)	39 (4.7%)

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 三重野愛子, 山澄直美, 永峯卓哉, 辺見一男	4. 巻 18
2. 論文標題 看護技術修得における模範映像と学習者映像の同意提示学習システムの有効性	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 長崎県立大学看護栄養学部紀要	6. 最初と最後の頁 25-36
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Nagayama C, Muto K, Iwami M, Ishihara M, Tobina T	4. 巻 34
2. 論文標題 Summer training camp decrease food intake in adolescent rugby football players	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Science & Sports	6. 最初と最後の頁 109-117
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.scispo.2018.09.007	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計11件（うち招待講演 0件/うち国際学会 3件）

1. 発表者名 Hiro Kuwahara, Aiko Mieno, Tae Yamaguchi, Kazuo Hemmi
2. 発表標題 Development of Physical and Mental Support System Using Communication Robot for Isolated COVID-19 Patients
3. 学会等名 The 17th International Conference on Computing and Information Technology (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 辺見一男、三重野愛子、山下ゆり
2. 発表標題 音声コマンドを用いた口腔機能訓練支援システムの提案 - ディスプレイ内蔵形Amazon Echo への実装 -
3. 学会等名 日本人間工学会九州・沖縄支部会第41回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 桑原大、三重野愛子、山口多恵、辺見一男
2. 発表標題 会話ロボットにより体温と経皮的血中酸素飽和度の測定をサポートするシステム
3. 学会等名 日本人間工学会九州・沖縄支部会第41回大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山下知輝、久米こころ、永山千尋、大曲勝久、飛奈卓郎
2. 発表標題 動による内因性カンナビノイドの血中濃度の変化 - 強度と時間の検討 -
3. 学会等名 第75回日本体力医学会大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kazuo Hemmi, Yuki Kondo, Takuro Tobina, Takeshi Nishimura
2. 発表標題 Floor Projection Type Serious Games System for Lower Limb Rehabilitation Using Image Processing
3. 学会等名 The 15th International Conference on Computing and Information Technology (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Aiko Mieno, Kazuo Hemmi, Takuya Nagamine, Naomi Yamasumi, Hitomi Sakamoto, Eriko Yoshida
2. 発表標題 Development of Oral Function Improvement System Using Tablet Computer
3. 学会等名 The 5th International Conference on Behavioral, Economic, and Socio-Cultural Computing (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 辺見一男、飛奈卓郎、西村健
2. 発表標題 TVカメラを用いた下肢リハビリテーション支援システムの実装時における課題
3. 学会等名 第39回日本人間工学会九州・沖縄支部大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 新田祥子、辺見一男、片岡弥恵子
2. 発表標題 出席場所意思決定支援ツール開発におけるシステムの構想
3. 学会等名 第39回日本人間工学会九州・沖縄支部大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 大場和久、辺見一男
2. 発表標題 避難所での使用を想定した安否確認システムの提案と評価実験
3. 学会等名 第39回日本人間工学会九州・沖縄支部大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 西村詩央里、平岡透、辺見一男、熊野稔
2. 発表標題 道の駅における農林水産物の利用者数への影響の分析
3. 学会等名 第39回日本人間工学会九州・沖縄支部大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 石井聡, 飛奈卓郎, 江島英典, 峰松和夫
2. 発表標題 児童の生活習慣、身体活動とメンタルヘルスの関係 - 島地区の児童を対象として -
3. 学会等名 九州スポーツ心理学会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 永野哲也、穴田啓晃、金谷一郎、平岡透、辺見一男、松崎なつめ、山口文彦、片山徹也、松田健、吉村元秀、吉田雅一	4. 発行年 2020年
2. 出版社 長崎文献社	5. 総ページ数 217 (辺見担当ページはpp.24-41)
3. 書名 大学と地域 5 変化する情報技術と社会	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	飛奈 卓郎 (Tobina Takuro) (60509678)	長崎県立大学・看護栄養学部・准教授 (27301)	

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	西村 健 (Nishimura Takeshi)	社会医療法人三佼会 宮崎病院・リハビリテーション・理学療法士	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------