

令和元年6月19日現在

機関番号：52605

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K01808

研究課題名(和文) 運動特性を生かした運動入力装置と駆動装置の開発

研究課題名(英文) Development of motion input device and driving device making use of motion characteristics

研究代表者

池原 忠明 (ikehara, tadaaki)

東京都立産業技術高等専門学校・ものづくり工学科・准教授

研究者番号：60369949

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、運動不足による疾病増加を予防するための簡易装置を製作し、子どもから高齢者の誰もが遊びながら一緒に運動を行うことが出来る装置を開発することである。本装置は、運動入力装置と出力装置の二つに分け、運動を比較することとした。老人ホームの高齢者や子どもたちに使用してもらい装置の操作感を検討し、さらに装置を使用したときの覚醒・気分を検査・測定し、装置の使用効果を確認した。その結果、軽度の認知症の場合は、本装置の遊び方や競争を理解して楽しむことが出来た。脳波計測では、リラックス傾向にあることが分かった。以上の結果を踏まえて、本装置は軽度の認知症患者および子どもには使用効果があることが示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究で開発している装置は、昨今の課題になっている子どもから大人までの運動不足解消とコミュニケーションの活性化、障がい者・リハビリテーションの継続性の問題を解消する装置である。本装置の特徴は、様々な運動入力装置と統一された駆動装置を用いて誰もが一緒に運動を行いながら競争を行うことを可能とする装置である。様々な運動入力装置と統一された駆動装置により、リハビリから健康の維持向上を目的として世代や障がいの有無を無視して、一緒に運動を継続的に行えるようになる。

研究成果の概要(英文)：This study is to create a simple device to prevent the increase of diseases caused by lack of exercise, and to develop a device that can exercise for children and the elderly to play. The device was divided into two parts, a motion input device and an output device, to compare motion. We examined the feeling of operation of the device that the elderly and children in nursing homes want to use, and examined and measured the awakening and mood when using the device, and confirmed the use effect of the device. As a result, in the case of mild dementia, it was possible to enjoy and understand how to play and compete with this device. In electroencephalogram measurement, it was suggested that this device is effective for patients with mild dementia and children as well, based on the above-mentioned results that tend to be relaxed.

研究分野：福祉工学

キーワード：運動推進 ゲーム 健康増進装置

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

### 1. 研究開始当初の背景

近年、日本の体力・運動能力は低下傾向にあり、そのために医療費の増加や高齢者の要介護者の増加などの問題が挙げられている。特に小学生の体力テストの結果(文部科学省、体力・運動能力調査、平成 24 年度)をみると、昭和 60 年から低下傾向にある。これは社会環境の変化や生活習慣の乱れ、食生活の変化など様々な原因が挙げられる。この昭和 60 年代の小学生は、現在 40 歳代となっており、今後は体力や運動能力の低い高齢者が増えると考えられる。また、運動不足による肥満傾向児と呼ばれる子どもも増加の一途をたどっている。その小学生の体力・運動能力の低下の原因として、1)テレビや携帯ゲームで遊ぶ機会の増加や外遊びやスポーツを行う運動時間が少なくなってきた。2)子どもたちの遊べる場所が減少している。3)少子化により遊ぶ友達が減少している。4)高学歴志向のために塾へ通い、遊ぶ時間が減少しているなどが挙げられている。その解決策としては、子ども達の活動場所や時間、継続性を含めた運動する機会を増やすことが重要と考えられる。

一方、高齢者や障がい者の運動機能向上のための多くの器具が開発されている。しかし、これらの器具は特定の運動機能や筋肉の回復・向上を狙った装置であり、運動自体は単調になりがちになる。さらに、高齢者や障がい者のトレーニングにおいて単調な繰り返しは、継続的な運動につながらない場合が多い。高齢者や障がい者のリハビリテーション環境は、これらのような機器を利用して、運動をより楽しくかつ継続的にできるような環境になりつつある。しかし、多くの世代で問題となっている運動不足の解消を同時に実現することは難しく、個別の対応として研究が行われているのが現状である。また、IT 技術の発達による組み込み技術の革新でデジタル機器のスマートフォンやタブレット端末のセンサ技術向上および普及が急速に進んでいる。そのスマートフォンには、加速度センサ、温度センサ、重力センサ、ジャイロセンサ等が搭載されている。そのセンサ活用の応用例としては、加速度センサを用いて歩数を計測することやジャイロセンサおよび GPS を使用したナビゲーション機能や走行距離、走行した場所をトレースする機能などに使用される。そのため携帯電話で走行距離や時間、消費カロリーを管理して体力・健康の保持増進を図ることができる。しかし、運動能力および運動機能の評価する指標として走力や持久力、跳躍力等の目に見えるパフォーマンスで比較することが多く、年齢の違う者、障がい者等が同時に運動を行うことは難しい。また、子どもから高齢者が一緒に運動する機会は殆どなく、運動を行うためには、様々な人が一緒に行うことが望ましいと考える。

### 2. 研究の目的

そこで、これらを解決するために

- 1) 場所を取ることなく簡易運動等ができる。
- 2) 年齢や障がいの有無に関係なく同時に運動が行える。
- 3) エンターテイメント性が高く継続した運動が行える。
- 4) 安価で既存の組み込み技術の応用が可能である。

上記の特徴を有する装置「エンタサイズマシン(エンターテイメント・エクササイズ・マシン)」を開発する。

### 3. 研究の方法

#### 1 本装置概要

本装置は、パフォーマンスの比較として運動の消費エネルギーをミニカーの動作に変換することで運動を比較することとする。そこでまず簡単な運動として、携帯電話をシャッフルする運動や縄跳びなど誰でもができる運動を視覚化することとする。さらに、運動器具および駆動装置の操作はスマートフォンの Bluetooth 通信に加え、低消費電力で容易に装置へ組み込み可能な Zigbee モジュールおよび Arduino を活用できるなど幅広い機器対応を実現している。その簡単な運動および装置として、声入力を利用した拍手などの音で駆動する装置、拍手等の音声入力で駆動装置、縄跳び運動で駆動する装置、筋力トレーニング動作で駆動する装置、けん玉の動作で駆動する装置、である。運動能力が著しく低下し、リハビリが必要な患者や高齢者から子どもまでが一緒に運動することが出来る装置となっている。さらに、ゲーム性を高めるためにスタートとゴールを試作した。ゴール判定には、カラーセンサを用い 2kHz で情報を取得して、ループ回数・タイム・勝敗が表示されるようにし、誰でも楽しめる仕様とした。

#### 1-1 携帯の加速度センサおよびタッチセンサ・音声入力を活用した駆動装置

本装置は、動作を行う機器(スマートフォン)とその動きに合わせて動くミニカーの 2 つからなる。スマートフォンの加速度センサの値を実装したアプリケーションで読み取り、駆動装置に 1 カウント毎に駆動装置に 500msec の電流を流すように通信を行う。加速度センサでは、100 マイクロメートルから 20000 マイクロメートルを閾値として、これ以上移動しても移動距離を加算しないこととした。また、タッチセンサは、携帯画面に表示されるマークを手で押さえることで、1 カウント毎に駆動装置に 1000msec の電流を流すように通信を行う。音声入力では、声に反応して通信を行う。

このスマートフォンアプリケーション開発には、Microsoft Windows8(64bit)と開発用 SDK の Android-sdk および eclipse 統合開発環境を用いて行った。使用するスマートフォンは GYALAY S SC-02C、Android バージョン 4.0.3 で動作が可能なアプリケーションとした。

車体は、タミヤ社製のミニ四駆の駆動部を用いて製作した。ミニカーには、ATmega328P のマイコン (Arduino Pro Mini 328 5V 16MHz), モータードライバを搭載し、モーター制御を行っている。この Arduino Pro Mini 328 は、5V 電源を必要としているためミニ四駆の 3V (単三電池 2 本) では不足している。そこで昇圧型 DC-DC コンバータを用いて 5V に昇圧した。また、スマートフォンと駆動装置の通信としては、Bluetooth (Bluetooth Mate : Sparkfun WRL-09358) を用いて通信を行った。ミニカーの制御プログラム開発には Arduino IDE を用いた。

## 2.2 縄跳び動作およびけん玉・ボクシングミットに反応する駆動装置

本装置は、動作を検出する縄跳びとその動作に合わせて動くミニカーの 2 つからなる。縄跳びの柄の部分に電子部品を組み込むために小型・軽量のマイコンおよび通信装置とした。計測用縄跳びの電源供給には単 4 電池を用いた。また、マイコンには高性能、省電力、小型の AVR 8bit RISC マイコン tiny AVR を用いた。このマイコンは、3V の電源供給が必要のため昇圧型 DCDC コンバータ 3.3V タイプを用いて昇圧した。ワイヤレスモジュールは、Zigbee ワイヤレスモジュール (IEEE802.15.4/ZigBee : TOCOS) を使用した。縄跳びの回転動作は、回転体の先に取り付けた鉤状の部分が基板を押して通電する仕組みとなっている。マイコンでは通電を検知してミニカーと通信を行う。

またけん玉は、大皿と中皿にカラーセンサを用いて交互に判別した場合に通信を行う仕様とした。さらにボクシングミットに感圧センサを取り付け、タッチごとに通信を行うようにした。

ミニカーは、AVR マイコン (ATMEGA328P-PU), Zigbee ワイヤレスモジュール (IEEE802.15.4/ZigBee : TOCOS), モータードライバを搭載して制御を行った。また、駆動装置には、3 種類のモードを用意し、通常ミニ四駆モード (常に 3V の電流を流す) と PWM 制御モード、縄跳びの場合は飛んだ回数を加算していくモードでモーターを駆動する。モーター制御および縄跳びの飛んだ回数のカウント制御および PWM 制御プログラムの開発には Arduino IDE を用いて行った。

図 1 は、製作した各種運動入力装置と運動・リハビリ・エンターテインメントの関係を示した図である。運動能力が著しく低下し、リハビリが必要な患者や高齢者から子どもまでと一緒に運動することが出来る。

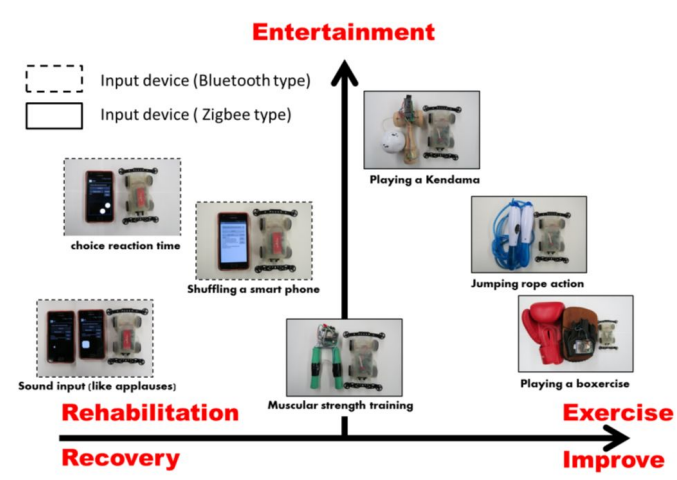


Fig.1 Relationship of devices and communication type

## 2 本装置の使用感の検討

開発した装置の使用感を確かめるために、東京都荒川区にある認知症対応型共同生活介護施設において本装置を使用してもらった。使用にあたっては、事前に施設の介護福祉士と面談し、装置の目的および内容を説明して、了承を得た。本施設では、認知症の症状により階が分かれており、今回は中程度の認知症と重度の認知症の高齢者に使用してもらった。また、子どもたちの使用感を確かめるために荒川区の産業展に出展して実際に触ってもらうこととした。

## 3 装置使用による生理心理学的影響の検討

被験者は、一般学生 5 名であった。各被験者には事前に研究の目的、方法などを十分に説明し、参加の同意を得た後、実験手順 (図 2) にしたがって質問用紙に記入後、TMS (一時的気分尺度) の質問用紙に記入、フリッカー値測定、脳波計測の後、精神的ストレスを与えるため、単純加算作業を行わせる。その後、もう一度、フリッカー値測定用いてストレスを与える。その後、脳波測定および TMS を記入する。記入後、すぐに本運動を行い、運動後に脳波測定、フリッカー値測定、TMS を行った。TMS は、被験者の感情を調査するために日常気分・感情尺度の一時的気分尺度の調査である。質問は、18 項目を 5 段階で緊張、混乱、抑鬱、疲労、怒

り、活気の項目に分けて評価する。フリッカー値の測定は、デジタルフリッカー値測定器（竹井機器社製）を用いて各測定を3回行い、覚醒度合いをみることにした。次に脳波計（FUTEK社製・ブレインプロ FM-929）の測定センサ電極を前頭部（Fp1 と Fp2 の間）に接触させ、固定基準電極を左耳に装着する。その際、アルコールにて消毒および汚れを取り除くこととする。安静の後、1 分間の脳波測定を行う。実験に使用する装置は、携帯を上下に動かすと駆動部が動く装置と縄跳びをすると動く装置で対戦を行う。被験者は、携帯電話を動かす者を被験者とした。コースは一周約 4m のコースを 8 周する。1 回の試技は約 3 分間である。試技終了後直ちに脳波計を装着して、1 分間の脳波計測を行う。脳波計測終了後、デジタルフリッカー測定器で測定、TMS の記入をすることとした。

なお、本実験は東京都立産業技術高等専門学校荒川キャンパス研究安全倫理委員会の承認を受けている。

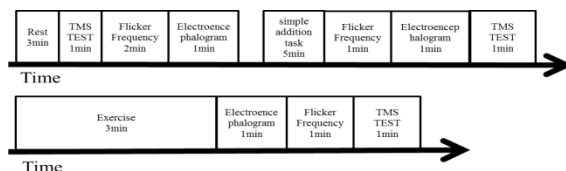


Fig.2 Experimental procedure

#### 4. 研究成果

##### 4.1 本装置の使用感の検討

図 3 は、産業展でミニイベントを行い、子ども達にエンタサイズマシンを使用してもらった時の写真である。用意した装置は、縄跳び、加速度センサの装置、音声入力装置であった。音声入力装置の駆動装置は、閾値の設定が低かったため会場の騒音に反応してしまい、動作が不安定になることが明らかになった。今後は、携帯電話のアプリケーション上で閾値の設定ができるように改良をしていく。その他の装置では、子ども達は楽しく遊ぶことができた。

図 4 は、実際に高齢者が本装置を動かしたときの写真である。子どもたちと同様に携帯を一息懸命に動かしながら楽しむことができた。



Fig.3 mini-ivent



Fig.4 Use experiment in elderly people

#### 4.2 生理心理学的影響の検討

脳波の測定には、FUTEK社製・ブレインプロ FM-929 を用いた。

計測した脳波は、 $\theta$  波 (5.0Hz),  $\alpha_1$  波 (7.5Hz),  $\alpha_2$  波 (10.0Hz),  $\alpha_3$  波 (12.5Hz), ベータ波 (22.0Hz) の周波数帯域を計測した。 $\theta$  波は眠気,  $\alpha_1$  波はリラックス状態,  $\alpha_2$  波は意識集中状態,  $\alpha_3$  波は緊張集中状態, ベータ波は分散緊張状態を表している。

図5は被験者1名の脳波測定の結果である。加算作業後は、意識集中状態であったが、装置を使用した後は、リラックス傾向であった。図6はTMSの項目別評価の結果である。得点が高いほどその項目の傾向が強くなるが、加算作業後は、怒りの項目が高く、装置使用後は、活気の項目が高くなっている。図7は、各3回のフリッカー値を平均したものである。加算作業後は、意識集中していたため覚醒があがるが、装置を使用した後は、もと値に戻っている。

被験者1名分の結果を示したが、加算作業において注意集中状態になるが本装置を使用するとリラックス効果で脳波および覚醒度が低下するが、落ち着いた状態で活気があがることが考えられる。

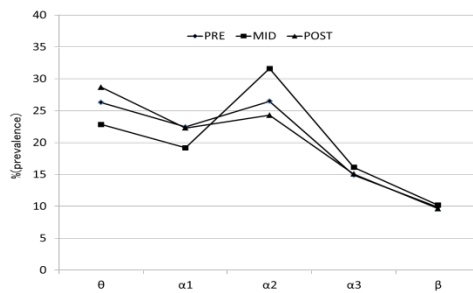


Fig.5 Brain wave of subject 1 in experiment

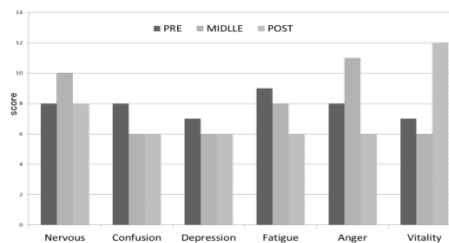


Fig.6 TMS of subject 1 in experiment

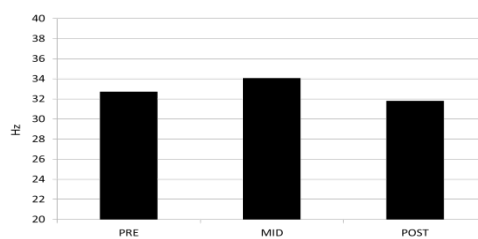


Fig.7 Flicker of subject 1 in experiment

#### 4.3 まとめ

本装置が人々に有効的に使用できるかの検討を行ってきた。その結果、ゲーム性を取り入れたことにより、運動を楽しく行うことが出来ることがわかった。さらに様々な指標から本装置を使用するとリラックスしながらも活気があふれ、何人かで競争することで、脳の活性化が向上することが示唆された。

今後は、さらに被験者数を増やして検討を行っていく予定である。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 0 件)

〔学会発表〕(計 4 件)

1. 池原忠明, "ゲーム特性を生かした健康保持および体力向上装置の開発"日本機械学会 2016 年度年次大会講演論文集, J0200103, (2016), DVD-ROM.
2. Tadaaki, Ikehara, "Evaluation of a Device that Combines Exercise and Entertainment -In the view of Electroencephalogram analysis-", ICRA 2017 Full Day Workshop, TBA, (2017)
3. 運動とエンターテインメントを融合した装置の評価 - 脳波や心理状態の分析の観点から -, 日本機械学会機素潤滑設計部門講演会, (2018)
4. ゲーム特性を生かした健康保持および体力向上装置の開発と装置使用感の検証, 日本設計工学会, 秋期大会研究発表講演会, (2018)

〔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:

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:

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

研究代表者氏名: 池原 忠明

ローマ字氏名: IKEHARA TADAAKI

所属研究機関名: 東京都立産業技術高等専門学校荒川キャンパス

部局名: ものづくり工学科

職名: 准教授

研究者番号 (8 桁): 60369949

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。