

## エクサテインメント支援システムリモートケンケンの開発

山下裕考, 伊藤淳子, 宗森 純  
和歌山大学システム工学部

圧力センサを用いたエクサテインメント（エクソサイズ(exercise)＋エンタテインメント(entertainment)) 支援システム「リモートケンケン」を開発した。適用実験の結果、以下のことが分かった。1) シミュレーションソフトと比較して実際にケンケンをしているような感覚が高い。2) プレイ時間は40秒程度が適正と評価された。3) 実験後脈拍は上がり、運動した充実感は得られた。4) 得点を設定し、相手との勝敗結果を表示することで面白さが増加したと感じられた。

## Development of the Exertainment System Remote Kenken

Hiroataka Yamashita, Junko Itou, Jun Munemori  
Faculty of Systems Engineering, Wakayama University

We have developed an exertainment system, named the Remote Kenken. The results of the experiments showed that 1) A sense making "hopping" is very really high comparing with a simulation software. 2) Around 40 seconds were judged to be appropriate in the play time. 3) The pulse rose after an experiment. The subject got the sense of fulfillment after the exercise. 4) The system got high evaluation that it displayed a victory or defeat result with the partner.

### 1. はじめに

テレビゲームは家庭内で手軽にゲームを楽しめる娯楽の一つである。その多くは、主にコントローラを使い、手でボタン操作をする方法をとっており、操作にセンサを用いたゲームは少数であった。その理由としてセンサがカートリッジに内蔵されていたり、専用コントローラが必要であるなどの原因が挙げられる。しかし、付属のコントローラそのものにセンサが内蔵されたゲーム機は、直感的な操作が可能といった点から急速に普及し、多種多様なゲームが販売されることになった。その一つである身体全体を使ったゲームは、

エクササイズとエンターテインメントの二つの側面を兼ねそろえており、家庭内で楽しみながら実際と同じようにエクササイズができるという点で好評を得ている。この両面を兼ね備えたものは Exertainment (exercise + entertainment) と呼ばれている。さらに、高齢者に対しても身体運動の効果が示唆され[1]、今後の運動方法の一つとして期待されている。しかし、既存のゲームはプレイヤーの立ち位置が固定され、動きが制限されるといった問題がある。すなわち、運動といえどもその場での足踏み、体重移動などといった運動のシミュレーションに過ぎない。

本研究では、前述の問題点を解消するため、

動きの制限を排除したエクサティメント支援システム「リモートケンケン」を提案する。提案システムではケンケンを運動の対象とし、圧力センサを用いてシステムを制御する。実際と同じようにセンサを配置することにより、その場だけで行うケンケンとは異なり、路地などで行うケンケンと同じように跳ぶことができるため、より現実感が高まると考えられる。また、圧力センサを用いることで、跳べたかどうかだけでなく、センサの中心からの距離を判定できるため、点数に反映させることができる。

この提案システムを用いて実際と同じように運動することで、ゲームのシミュレーションよりも現実感が高くなることを実験により示す。また、既存のゲームと同様に運動効果が得られることを同時に検証する。

## 2. 既存のシステム

WiiFit[2]は任天堂より発売されているゲーム機「Wii」向けに開発された人気ソフトである。WiiFit は家庭内でエクササイズをすることを目的としたゲームであり、周辺機器としてバランス Wii ボードが付属されている。このバランス Wii ボードには複数のセンサが搭載されており、体重移動などの細かい動きを感知できる。これにより、Wii リモコンだけではできなかったバランス運動などの身体全体を使った運動を可能としている。しかし、エクササイズを行うためには、縦 316mm、横 511mm のバランス Wii ボード上または近辺にいる必要があるため、大きな動きができないという制限がある。

ファミリートレーナー[3]はバンダイナムコゲームズより発売されている「Wii」向けに開発されたソフトである。ファミリートレーナーは運動不足解消を目的としており、周辺機器としてマットコントローラが付属されている。マットコントローラはボタンと同様に押

したか押していないかを判別するだけの簡単な構造であり、バランス Wii ボードのように特殊なセンサを用いているわけではない。しかし、Wii リモコンと併用することにより、足と腕を使った全身運動が行えるようになっている。ケンケンをその場で行う「ケンケンステップ」も含まれている。

ファミリートレーナーも WiiFit と同様に、マットコントローラ内での運動と限定されており、移動するなどの大きな動きが出来ない。また、二人プレイを行う場合、一枚のマットコントローラを左右半分に分け合うことになるため、行動範囲が狭くなってしまう。さらに、激しい運動をする際、テレビに集中してしまい踏む場所を見誤るといった問題がある。

## 3. リモートケンケン

### 3. 1 設計方針

本システムは、その場で行う運動とは異なり、実際と同じように運動することによって現実感を高め、エクササイズとしても活用できることを目標としている。そのために、圧力センサを用い、単に踏んだか踏んでいないかの 2 値情報だけではなく、センサの中心からの距離を取得する。得られた値を閾値制御によって得点化し、得点に応じて効果音を鳴らすことによって遊びとしての楽しさをより一層高める。このように楽しみながら運動できるシステムを目指しており、本システムの位置付けを Exertainment System としている。

### 3. 2 開発環境

本システムの開発は Visual C#を用いた。システム開発を行ったプログラムは、クライアントアプリケーションで約 1800 行である。また、サーバアプリケーションで約 600 行である。圧力センサの回路の PIC は 16F873-20/SP を使用し、プログラムは約 60 行である。圧力センサは FlexiForce[4]を使用している。

### 3. 3 システム構成

本システムは、図 1 に示すように、クライ

アントアプリケーションと最大8つの圧力センサによるハードウェアから構成されている。クライアントは得点や周回数などを管理している。また、対戦はサーバアプリケーションを用いることで可能となる。

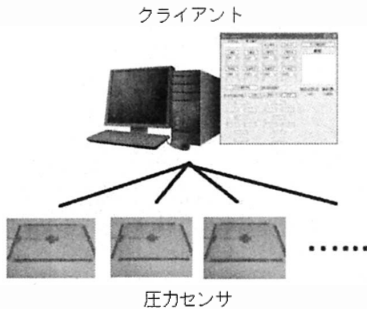


図1 クライアントとセンサの構成

### 3. 4 得点の算出方法

得点は、センサを踏んで得られた点数の合計とかかった時間により算出される。通常モードでは、センサの踏み込みによる得点が32点、時間による得点が8点の、合計40点満点で表される。往復モードではセンサによる得点が160点、時間による得点が40点の、合計200点満点である。得点の割合は4:1となっており、速度よりも圧力センサをうまく踏むことを重視している。

リモートケンケンとは通常8つの圧力センサを接続して行うが、最低でも2つの圧力センサがあれば、プレイすることが可能である。しかし、数が少ないと圧力センサから得られる点数は低くなる。

### 3. 5 プレイ時の効果音

リモートケンケンでは7種類の効果音を使用し、プレイヤーが画面を見なくても現在の状況が把握できるようにしている。点数を獲得したときは2種類の効果音を使用し、圧力センサの中心を跳べたか中心を跳べなかったかが分かるようになっている。折り返しや周回数を確認したとき、および跳び終わりであるゴールをしたときにそれぞれ1種類の効果音が流れる。また、残りの2種類はカウント

ダウンとスタートの合図である。

## 4. 実験

### 4. 1 実験概要

実験は運動として有用であるかを検証することを目的として実施した。今回は運動効果が得られるかに重点を置いており、被験者にはプレイ前とプレイ後に脈拍数を計ってもらった。また、本実験では、対戦をしているという想定で行い、被験者の得点と相手の得点を比較したあとの結果を見てもらった。これらから提案システムの得点設定が適正か、対戦時の結果表示でやる気が出るかを同時に検証する。なお、相手の得点は実験を行ってもらった人の最高得点を入力した。但し、最初の1回のみ実験者側で入力した得点となっている。なお、比較実験として予めケンケンストップ[4]を行っている。

### 4. 2 実験環境

被験者は和歌山大学システム工学部の20代学生8名である。図2に実験の様子を示す。実験ではサーバに接続後、被験者にスタンバイボタンを押してもらい、ディスプレイに表示されるカウントダウンに合わせてゲームがスタートする。5往復でゲームが終了する。折り返しと周回数、およびゴールの判定を行うため、行きの場合には一番奥に配置した圧力センサを、帰りは一番手前の圧力センサを確実に踏まなくてはならないことを被験者に説明した。



図2 適用実験の様子

### 4. 3 適用実験の結果

適用実験の結果を以下に示す。

表1に被験者の点数表と脈拍数を示す。これを平均化した結果、提案システムのプレイ時間は平均42.5秒となり、平均獲得点数は200点満点中129.6点となった(参考:ケンケンステップでは平均33.9秒)。また、プレイ前とプレイ後の脈拍数の差は20.6回/分という結果になり、運動強度の平均は17.6%となった。ここで、運動強度とは運動の強さを示すものである。なお、運動強度の求め方は以下の式である。

運動強度(%) = (運動中脈拍数 - 安静時脈拍数) / (最高脈拍数 - 安静時脈拍数) × 100

表1 被験者の点数表と脈拍数

プレイ時間(秒)	獲得得点	脈拍数 (回/分)	
		プレイ前	プレイ後
33.2	128	99	115
38.1	131	82	108
60.7	134	65	82
42.4	112	86	108
44.5	122	80	95
37.8	127	87	116
38.4	127	87	112
44.9	156	77	92

実験終了後に行ったアンケートの5段階評価部分の結果を表2に示す。左側が質問内容、右側が被験者7名の平均値である。1が最も評価が低い、または「全然そう思わない」であり、5が最も評価が高い、または「非常にそう思う」に相当する。

次にアンケートの記述部分を示す。この記述アンケートは提案システムの得点設定が適正だと思った理由とその他意見や感想について回答してもらった。

(1) 得点が適正だったかどうかについて

・かかった時間だけでなく、センサの点数配分も大きいので、ちょうどいいと思う。

・だいたい妥当だと思うが、踏めなければ0点でも良いと思う。

・時間で高得点にすると踏むのが疎かになるし、逆もまた言えるため、絶妙な得点設定だと思う。

・時間よりも正確性を重視しているから。

表2 適用実験のアンケート結果

質問内容	評価平均
・プレイ時間は適正だと思いますか?	4.5
・ルールは分かりやすかったですか?	4.9
・思い通りにセンサを踏めましたか?	3.4
・音で周回数や踏めたかどうか分かりましたか?	4.4
・実際のケンケンをやっている感覚はありましたか?	4.5
・運動になると感じますか?	4.4
・対戦の勝敗表示でやる気がでると思いますか?	4.5
・得点設定は適正だと思いますか?	4.1
・面白かったですか?	4.6

(2) その他意見や感想について

・楽しかった。ケンケンのバリエーションが複数あればもっと良いと思う。

・音の遅れが少し気になったが、飛び跳ねるので運動になると思う。

・今、何周目かというのが分かりにくかったので、周回ごとになにか反応もほしい。

・自分では中心を踏んでいると思っていても全然中心を踏めていないところが面白い。

・得点に応じたコメントがあれば良いと思う。得点によって「がんばれ」など。

### 4. 4 適用実験の考察

表2と、比較実験として行ったケンケンステップの実験結果との比較(表3)とを参考にしながら考察する。

表3 ケンケンステップとの比較

質問内容	適用 実験	比較 実験
・プレイ時間は適正だと思いますか？	4.5	3.9
・ルールは分かりやすかったですか？	4.9	3.7
・思い通りにセンサを踏めましたか？	3.4	2
・実際のケンケンをやっている感覚はありましたか？	4.5	2.1
・運動になると感じますか？	4.4	3.6
・面白かったですか？	4.6	3.9

(1)プレイ時間とルールの理解のしやすさ

プレイ時間平均が42.5秒で表3の5段階評価では平均4.5であるため、プレイ時間の長さは適正と言える。比較のために行ったケンケンステップは平均33.9秒かかり、評価も3.9であったため、40秒前後のプレイ時間が適正と思われる。

ルールが分かりやすかったかという問いに対しては、評価平均が4.9となったケンケンステップの3.9(表3)よりは明らかに評価が高い。跳んで5往復するというルールを理解することは容易であったと言える。また、5往復により何度も踏むことになる一番手前と一番奥の圧力センサについても理解してもらい、特に問題はなかった。

(2)センサの踏み込みと効果音による状態認識について

思い通りにセンサを踏めたかは、評価は平均3.4となり、比較に行ったケンケンステップの評価2(表3)と比べると良い。本実験では、圧力センサの反応の悪さや誤作動が目立つ形となった。これは、踏んでも圧力センサが反応をしない、あるいは、踏んでいないのに踏んだと判定される誤判定をさせている。特に後者の場合は、踏む前に得点が入り効果

音も鳴るため、踏めたのか踏めてないのかが分からなくなってしまう。踏まれたと判定されると折り返し状態になるか、周回数が増えなければ、すでに踏まれたと判定された圧力センサを踏んでも得点や効果音が得られない。このことから、うまく踏めていないと錯覚したと推測される。

音で周回数や踏めたかどうか分かったかは、評価平均が4.4となり(表2)、効果音による状態の認識は出来たと考えられる。しかし、記述アンケートから「今、何周目かというのが分かりにくかったので、周回ごとになにか反応もほしい」といった意見があり、跳んでいるうちに今何周目なのかがわからなくなる問題があった。この問題を解決するため、周回数が増えるごとに効果音を変えることで何周目かを理解できるようにする必要があると考えられる。

(3)ケンケンをやっている感覚と運動について

実際にケンケンをやっている感覚があったかという質問では、評価平均が4.5となり、ケンケンステップの評価が2.1(表3)であることを考慮すると、現実感が高かったと考えられる。

運動になるかという質問では、評価平均が4.4となり、運動になるのではないかと感じた人が多かった。また、脈拍数もプレイ前とプレイ後では平均20.6回/分上昇したため、一定の運動効果は得られると考えられる。

(4)勝敗表示によるやる気の増加と得点について

対戦の勝敗表示でやる気がでると思ったかという質問では(表2)、評価平均が4.5となり、対戦時の勝敗が出ることはやる気に繋がるだろうと推測される。

次に得点について考察する。本実験では3.で述べたように、得点設定を行った。その得点設定が適正かどうかをたずねたところ、平均4.1となり(表2)、ある程度適正であった

と考えられる。また、記述アンケートには「時間よりも正確性を重視しているから」や「時間で高得点にすると踏むのが疎かになる」などの回答があり、圧力センサからの得点を重視したことが好評だったと言える。

#### (5)面白かったかについて

面白かったかどうかを質問したところ、評価平均が4.6となり、ケンケンステップの3.9(表3)より評価が高く、エンタテイメントとして楽しんでもらえたと考えられる。また、その他意見や感想から「ケンケンのバリエーションが複数あればもっと良いと思う」と意見があった。本実験では、圧力センサの配置を固定していたが、実際にそれぞれのプレイヤーが任意の位置に初期配置できるようにすれば、さらに評価が高くなる可能性があると考えられる。

以上の点より、本実験では、提案システムによって手軽に楽しみながらごく軽い運動もできる可能性が示された。また、何度も往復するようにゲームを設定して、ケンケンをやっている現実感は損なわれなかったことが分かった。効果音の増加や得点設定を行うことでエンターテイメントとしての面白さが向上した。

## 5. おわりに

本論文では、エクサテイメント支援システム「リモートケンケン」を提案した。

リモートケンケンは、圧力センサを配置することで実際のケンケンと同じように跳ぶことができるシステムである。被験者8名で適用実験を行った。

適用実験の結果を以下にまとめる。

1) ケンケンのシミュレーションの「ケンケンステップ」と比較して実際にケンケンをしている感覚が高い。

2) プレイ時間は40秒程度が適正と評価された。ケンケンステップも40秒程度で適正と考

えられていることから「ケンケン」ではこの程度の時間が適正であると考えられる。

3) 実験後、脈拍は上がり、運動した充実感を得られた。

4) 得点を設定し、相手との勝敗結果を表示することで面白さが増加したと感じられた。

以上の点から、本システムは、実際と同じケンケンをやっているといった現実感が得られ、楽しみながら運動することができるシステムとして有効であると言える。

今後は圧力センサのプログラムの改良や圧力センサの交換によって問題点の改善を図る。また、運動支援としての効果が得られるようにシステムを強化し、エンタテイメントとしての有用性も強化する。また、実験システムを2組にし、離れた場所で実施する予定である。

## 謝辞

本研究の一部は日本学術振興会科学研究費補助金(基盤研究(B)20300047、「既存の言語を越える絵文字チャットコミュニケーションの構築とその応用」)による。

## 参考文献

- [1] 山田和政, 植松光俊: 健常高齢者のゲームによる身体バランス機能の変化について, 健康レクリエーション研究論文集, 実践報告書 Vol.4, pp.35-38(2007)
- [2] 任天堂, WiiFit, 2007, "<http://www.nintendo.co.jp/wii/rfnj/>"
- [3] バンダイナムコ, ファミリートレーナー, 2008, "<http://familytrainer.jp/>"
- [4] ニッタ株式会社, FlexiForce, "[http://www.nitta.co.jp/product/mechasen/sensor/flexi\\_summary.html](http://www.nitta.co.jp/product/mechasen/sensor/flexi_summary.html)"