

令和 3 年 6 月 11 日現在

機関番号：32692

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2020

課題番号：17K00284

研究課題名(和文) プレイヤーのゲーム体験を向上させる立体形状入出力インタフェースの開発と評価

研究課題名(英文) Development and evaluation of transformable gaming interface enhancing the experiences of a game player.

研究代表者

井上 亮文 (INOUE, AKIFUMI)

東京工科大学・コンピュータサイエンス学部・准教授

研究者番号：50386778

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)：本研究課題では、仮想世界中の物体の形状と常に同じ形状へと変形するインタフェースの開発と、それによってプレイヤーにもたらされるゲーム体験の質を評価することの2つを目的とした。この概念を具現化するプロトタイプインタフェースSHAPIOを構築し、ユーザ評価を実施した。その結果、(1)ゲームプレイ中にSHAPIOを手動で変形する場合は簡素な形状に限定される、(2)変形によってゲーム体験の質を高めるにはインタフェースに一定以上の重量が必要である、(3)ゲームアイテムの形状変化に合わせたSHAPIOの変形はプレイヤーの感情移入と没入感を高める、の3点を明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の学術的意義は、実際に触って遊べるプロトタイプ「SHAPIO」の実現と、SHAPIOの変形がユーザに与える影響を評価する手法を確立したことにある。これらを通じて、コントローラの変形がプレイヤーのゲーム体験の質を高める効果があることを立証することができた。本研究の社会的意義は「コントローラの立体形状を利用してゲームを遊ぶ」という新たな概念を提唱したことにある。この概念と先述の学術的な裏付けから、本研究の成果がアミューズメント分野などで活用されることが期待できる。

研究成果の概要(英文)：This study aims to develop a transformable gaming interface that changes its three-dimensional shape in the real world as objects appear in the virtual environment. User evaluations with the prototype named "SHAPIO" revealed three features; (1) Manual transformation of SHAPIO was effective only if the target shape was simple. (2) The heavier piece of SHAPIO was acceptable to improve the quality of the gaming experience. (3) SHAPIO's transformation synchronized with the shape change of a game item improved the emotional involvement and the total immersion.

研究分野：ヒューマンインタフェース

キーワード：ゲーム体験 エンターテインメント

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

本研究を開始した 2017 年はエンターテインメント分野で視覚的な臨場感や没入感を高めるデバイスが次々と登場し、ユーザに新たなゲーム体験を提供することとなった。これら視覚的な臨場感や没入感の充実の一方で、触覚的・物質的な表現は依然として改善の余地がある。例えば、ゲームに登場する様々な道具(アイテム)は、現実世界に実体が存在しないため、プレイヤーはそれらに触れている感覚を得られない。

ゲーム内のアイテムと同等の形状を持った専用コントローラは、一般的なゲームパッドやキーボードで遊んだ場合よりもプレイヤーの体験を高めることが報告されている。しかし、現在のゲームには数多くのアイテムが登場する。その 1 つ 1 つに対して専用コントローラを用意したり、それらを持ち替えながら遊んだりすることは現実的ではない。

このような背景から、研究代表者は、その立体形状を自由に変更できるゲーム用コントローラ SHAPIO を提唱してきた。SHAPIO はそれ 1 つで複数のアイテムに対する専用コントローラとして機能する。また、プレイヤーが現実世界で手にしている SHAPIO の形状と、キャラクターがゲーム内で手にしているアイテムの形状とが常に一致するため、プレイヤーとゲーム内キャラクターの間の一体感を向上させることができる。

これまでの取り組みから、コントローラの変形を介した一体感の提供というアイデアは多くの被験者に好意的に受け入れられた。一方で、駆動力不足を補うために SHAPIO 本体の軽量化を実施したため、変形した SHAPIO を振り回した際のモーメント変化が小さくなった。結果として、プレイヤーが SHAPIO の変形に気がつかなかったり、筐体の強度不足で満足な実験ができなかったりといった問題が発生した。ゲーム体験の質を評価した実験においても統計的な有意差が確認できなかった。

### 2. 研究の目的

以上に示した背景から、本研究を開始するにあたり以下の 3 つを目的とした。

(1) SHAPIO の構造を根本から見直し、SHAPIO の全長を増しつつ形状維持の強度も高める。これを達成することにより、SHAPIO が様々な立体形状を構成できるようになる。また、SHAPIO の重量が増すため、プレイヤーは SHAPIO の変形を知覚しやすくなる。

(2) アイテムに合わせて変形するという SHAPIO のコンセプトを多くの人に理解してもらえようようなアプリケーションを構築する。これまでのアプリケーションは評価実験に特化したもので、その内容も「剣でフルーツを切る」という単純なものであった。そこで、ゲーム性を加えることはもちろん、日本発の研究であることをアピールした国際的に訴求するアプリケーションの開発を目指す。

(3) SHAPIO を改良した上で、コントローラの変形がゲーム体験の質に与える影響を調査する。SHAPIO の変形をプレイヤーが知覚できれば、プレイヤーはアイテムを実際に操作している感覚が得られ、キャラクターとの一体感やゲームへの没入感が増すことが期待される。ポジティブな影響が確認できない場合は新たな評価指標の導入を目指す。

### 3. 研究の方法

本研究は当初、2017 年度から 2019 年度までの 3 年間で計画された。その後、新型コロナウイルスの感染拡大により 2019 年度末(2020 年 1~3 月)に予定をしていた作業を断念したため、研究期間を 2020 年度まで 1 年間延長した。

2017 年度は目的(1)の達成を目指し、SHAPIO の筐体・給電回路・駆動機構の刷新をした SHAPIO v2 を開発した。2018 年度は目的(2)の達成を目指し、複数の武器を SHAPIO の変形で切り替えながら、迫り来る忍者を倒していくアクションゲーム SHAPIO Ninja を開発した。また、それに合わせて SHAPIO v2 の改良も実施した。2019 年度は目的(3)の達成を目指し、SHAPIO を用いたゲーム体験の質に関する評価実験を実施した。加えて、SHAPIO の改良を継続した。2020 年度はこれまでの成果をまとめるとともに、IT 技術の国際展示会である CEATEC に出展し、研究成果を論文以外の形で社会に周知することとした。

### 4. 研究成果

(1) SHAPIO の筐体・回路・駆動機構の改良

図 1 に SHAPIO v2 の外観(左)とモジュールの内部構造(右)を示す。SHAPIO v2 は全部で 7 つの三角柱モジュールで構成されている。これは改良前の 5 つよりも多い。モジュールの 1 辺の長さは 7.5cm であり、モジュール 1 つあたりの重さも改良前の 121 g から 231 g に増えている。この重量増加に耐えられるよう、内部に埋め込むサーボモータも十分なトルクがあるものに変更した。その結果、プレイヤーは SHAPIO の変形やそれによる反動を容易に知覚できるようになっ

た．SHAPIO の改良はその後も続けられた．最終版の v4 では，モジュールの 1 辺の長さを 6cm まで小型化することに成功した．

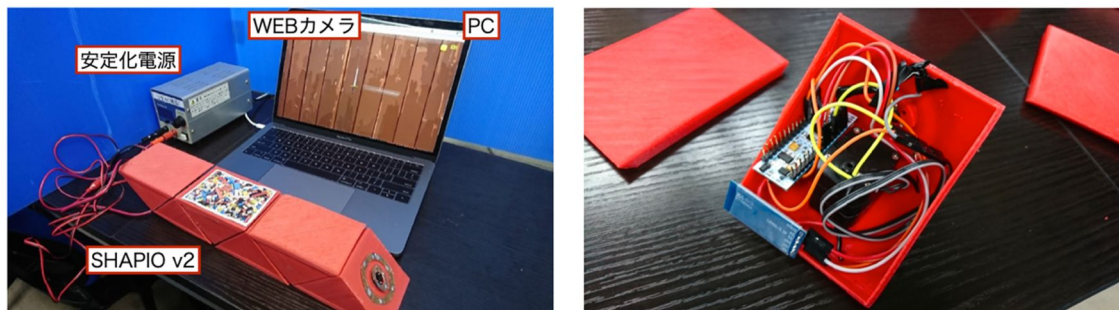


図 1 SHAPIO v2 の外観と内部構造

### (2) SHAPIO を用いたアプリケーションの開発

図 2 に開発したアクションゲーム SHAPIO Ninja の画面を示す．SHAPIO Ninja は 1 人称視点で迫り来る敵を倒していくゲームである（図 2 上）．プレイヤーは敵との距離に応じて剣・銃・弓の 3 種類のアイテムを切り替えながらゲームを進める（図 2 下）．プレイヤーは SHAPIO を各アイテムの形状に手動で変形させることで，SHAPIO をそのアイテムの専用コントローラとして利用できる．反対に，ゲーム内でアイテムが破損して変形してしまった場合は，現実世界の SHAPIO が自動的に変形をする．このように，SHAPIO Ninja では，SHAPIO の形状とアイテムの形状とが常に一致をした状態でゲームが進行する．結果として，プレイヤーはキャラクターとの一体感が高まる．SHAPIO Ninja は 2019 年 3 月に開催されたバーチャルリアリティに関連する世界最大の国際会議 IEEE VR 2019 にて常設展示され，合計 100 名以上の来場者に利用してもらうことができた．



図 2 SHAPIO Ninja

### (3) ゲーム体験の質の評価

評価実験用のゲームは，プレイ中に SHAPIO が変形しないパターン（変形なし）と，アイテム破損に同期して SHAPIO が変形するパターン（変形あり）の 2 種類を用意した．12 名の被験者はそれぞれのパターンのプレイが終わった後，Immersive Experience Questionnaire (IEQ) に基づくアンケートに回答した．この結果を比較することでゲーム体験の質を評価した．本研究課題に取り組む前の SHAPIO では，この方法で有意な差は確認できなかった．

実験結果を表 1 に示す．各パターンの数値はアンケート項目（7 段階リッカートスケール）から算出された全被験者の平均値で，数値が大きいほどその項目の評価が高いことを意味する．両パターン間で Wilcoxon の符号付き順位検定を行ったところ，没入感と感情移入において有意差（ $p < 0.05$ ）が確認された．

結果より，コントローラの変形機能は，ゲーム体験の質におけるプレイヤーの没入感とキャラクターへの感情移入に寄与することがわかった．改良した SHAPIO は，それ以前のものに比べて重量が増したため，アイテム破損に同期した変形時のフォースフィードバックが大きくなった．その際，被験者は視覚以外の感覚，すなわち持ち手への荷重でもコントローラの変形に気がつき，ゲームキャラクターに感情移入をした結果，全体の没入感が向上したと考えられる．

表 1 ゲーム体験の質に関する実験結果

要素	変形なし	変形あり
没入感	147.84*	164.69*
認知関与	48.76	53.61
感情移入	57.61*	65.92*
現実との乖離	25.69	25.46
操作性	32.46	36.53
やりがい	19.46	19.38

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1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 福永健竜, 梶山隼, 井上亮文	4. 巻 62
2. 論文標題 変形コントローラによるゲーム体験の質の向上	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 情報処理学会論文誌	6. 最初と最後の頁 53-63
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 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10件（うち招待講演 0件／うち国際学会 4件）

1. 発表者名 Akifumi Inoue, Ryuta Ishikawa, Mitsuyoshi Yamamoto
2. 発表標題 "Implementation and Initial Evaluation of Virtually Transformable Plushies
3. 学会等名 the 31st Australian Conference on Human-Computer Interaction（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 福永健竜, 石河竜太, 井上亮文
2. 発表標題 変形により入出力が可能なゲームコントローラのユーザビリティ改善
3. 学会等名 エンターテインメントコンピューティングシンポジウム2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Akifumi Inoue, Takeru Fukunaga, Ryuta Ishikawa
2. 発表標題 Transformable Game Controller and Its Application to Action Game
3. 学会等名 IEEE Conference on Virtual Reality and 3D User Interfaces（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Takeru Fukunaga, Hayato Kajiyama, Akifumi Inoue, Tohru Hoshi
2. 発表標題 Evaluation of Shape I/O Controller for Video Games
3. 学会等名 Australian Conference on Human-Computer Interaction (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 福永健竜, 梶山隼, 井上亮文, 星徹
2. 発表標題 SHAPIO: 立体形状入出力可能なゲームコントローラの評価
3. 学会等名 情報処理学会マルチメディア, 分散, 協調とモバイル(DICOMO2018)シンポジウム論文集
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

(1) 東京工科大学CS学部 ヒューマンインタフェース研究室(井上研究室): <a href="https://scrapbox.io/teu-hil/">https://scrapbox.io/teu-hil/</a> (2) SHAPIO: <a href="https://youtu.be/PZH0wmR3WBo">https://youtu.be/PZH0wmR3WBo</a> (3) SHAPIO v2: <a href="https://youtu.be/8d-eZPW7xGo">https://youtu.be/8d-eZPW7xGo</a> (4) SHAPIO v3: <a href="https://youtu.be/5o13ricPc6U">https://youtu.be/5o13ricPc6U</a> (5) 革新的コントローラの開発: <a href="https://www.teu.ac.jp/gakubu/cs/ai_research.html">https://www.teu.ac.jp/gakubu/cs/ai_research.html</a> (6) CEATEC 2020 オンラインにおいて「東京工科大学HCIラボ」として動画出展
---

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

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
---------	---------