

# フラッグクエスト：仮想世界指向インタフェースを備えたゲームシステムの提案

藤木淳<sup>†1</sup> 大谷智子<sup>†2</sup> 丸谷和史<sup>†3</sup>

**概要：**コンピュータによって生成される仮想世界においても、直感的な操作を目的としたインタフェースの多くは、物理世界法則にしたがって構築されている。しかし、ゲームなどの非現実的仮想世界では、物理法則からの逸脱が許容されている。本研究では、まずは非現実的仮想世界の二次元マップ上の空間移動に着目し、物理インタフェースを用いて仮想世界の座標系を動的に書き換えるシステムを提案する。

## 1. はじめに

本研究は、ユーザが物理的なデバイスをディスプレイ上に配置し、そこに表示される領域を遮蔽することによって、仮想的な世界の座標系を直接的に変化させることを可能とするシステムを提案する。この提案は、適切なシステム構成を用いることで、ユーザが、物理的デバイスを用いて、物理法則を逸脱する法則系の中で、データを直感的に操作することが可能であることを例示する。

## 2. 研究の背景

コンピュータによって生成される仮想世界には、実世界（現実世界）をできるだけ再現しようとするもの（“現実的仮想世界”）だけではなく、作業の目的に沿って、仮想的、空想的な世界（“非現実的仮想世界”）を作ろうとするものもある[1-3]。後者は、コンピュータゲームなどで広く見られ、その中ではキャラクタの操作や動きが物理的な制約を超えることを許容する場合も多い。このような世界性は、人間がどの程度容易に世界の物理法則からの乖離を受け入れることができるかということを示し、コンピュータインタフェースや仮想世界一般を構築する際の基礎的な知見を与える。例えば、初期のゲームでよく用いられてきたトーラス表面状のゲームフィールドは、データ外縁部で連続性・ループ性を含み、キャラクタはマップデータ左端を超えると右端から出現する。このようなことは実世界では起こらないが、ゲームのプレイヤーは、その実世界的物理制約からの超越を、ある種の記号的表現として、受け入れることができる。この例では、人間が、トーラス上のフィールドを球上の世界であることの表現として、受け入れることが比較的容易であることを示している[a]。人間は情報を一方的に受け入れるだけでなく、その操作

も行う。コンピュータ上の情報の操作については、それらと現実的・物理的な情報と結び付ける「実世界指向インタフェース[5]」「タンジブルインタフェース[6]」の検討が、現実・非現実の双方の仮想世界を対象として行われている。たとえば、別の情報を格納・表示した複数台のデバイスを操作することで、情報操作を行うインタフェースは、多く提案されている。これらの中には、デバイスの物理的な位置に応じて表示内容を変更するものもあり [例えば、7-10]、類似のシステムが、任天堂株式会社のゲーム「スーパーマリオパーティ」の中の数種類のミニゲームでも利用されている[11]。これらの提案は、原則的には、デバイスの配置が変化したときに、仮想世界を、そのデバイス配置が許容する物理世界法則に従って構築する（例えば2つのデバイスの表示装置をまたいで、物理的に隣接する2つの通路が接続される）。つまり、物理的な世界座標に基づき、その上に仮想的な世界を並べることで、仮想世界の情報を操作することになる。この方法は、操作が直感的に行えるという長所を持つ一方で、デバイス内の仮想世界の振る舞いが、現実の物理法則に制限される。上で述べたように、非現実的仮想世界の法則は物理法則からの逸脱を許すので、この方法で非現実的仮想世界の全ての表現に対応することはできない。

## 3. 仮想世界指向インタフェースを備えたゲームシステムの提案

本研究では、二次元マップ上のキャラクタを操作するゲーム場面为例とし、物理インタフェースを用いて、仮想世界の座標系をユーザの意図に従って動的に書き換えるシステムを提案する。図1に、提案するゲームの画面の一例を示す。このゲームでは、プレイヤーは二次元のマップ上に表示されたキャラクタを操作し（図2a）、障害物を避けながら、あらかじめ設定されたゴール地点までキャラクタを到達させることが目標となる。この時、コンピュータグラフィックスを用いて表示されたマップの上に、その一部を遮蔽によって不可視化する物理的なマスクプレートを配置すると、マスクプレートの上と下、あるいは左と右に相当

<sup>†1</sup> 札幌市立大学

<sup>†2</sup> 東京藝術大学

<sup>†3</sup> NTT コミュニケーション科学基礎研究所

a) トーラス上のフィールド構造と球形のフィールドの違いについては、アマチュア・専門家を問わずよく議論されている。特に非専門家では前者を後者の表現として受け入れることがほとんど無意識に行われていることは、それらの議論、あるいはその感想の中でしばしば見られる[4]。

するマップが仮想的に接続され、一時的なループ構造が構築される（図 2b）。マスクプレートを配置しない場合、スクリーンに対してキャラクタが位置固定された状態でマップがスクロールすることでキャラクタの移動が表現される。一方、マスクプレートを配置した場合、スクリーンに対してマップが固定された状態でキャラクタが移動する。このとき、マスク内に表示されたエリア外にキャラクタを移動させると、反対側からキャラクタが現れる。このループ構造の作用によって、マスクプレートを配置しないときには不可能な地点へのキャラクタ移動が可能になる。



図 1 ゲーム画面

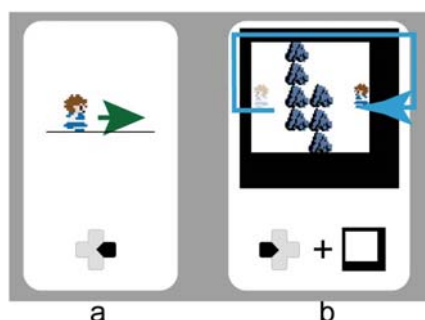


図 2 ゲームにおける仮想世界の構造とその操作

このようなシステムは、はじめプレイヤーに違和感を与える。しかし、プレイを重ねる事によって、その違和感は徐々に減少し、プレイヤーは、仮想世界の法則に適応すると考えられる。適応したプレイヤーが、物理的なマスクプレートを配置することで、仮想世界特有の新しい法則と作用系を自らの意思に基づいて構築する事ができれば、物理的なマスクプレートは、仮想世界に新しい座標系を構築するための仮想世界指向インタフェースといえるのではないだろうか。本稿では、この可能性を検証するため、提案システムを構築し、第三者に体験してもらった。

#### 4. システム概要

図 3 に本システムの構成図を示す。本システムはマスクプレートによるインタフェース部、ゲーム部、ライブ部に大別される。まず、マスクプレートによるインタフェース

部の仕様について概説する。図 3 のように、サイズが 303mm x 91mm x 10mm の液晶ディスプレイの上部に 3 つのフォトリフレクタが配置された下段カバーが重なり、さらにその上部に上段カバーが重なる。それぞれのカバーには、プレイヤーがマスクプレートを配置するために中央位置に空間が設けられている。マスクプレートは 168mm 四方の正方形の形状であり、108mm 四方の穴が空けられている。つまり、マスクプレートをカバーに配置する方向で穴の位置が変わることで表示されるディスプレイ領域が変わる。マスクプレートの有無および方向の情報は、マスクプレート側面に付着した色をフォトリフレクタで読み取られ、arduino を介してシリアル通信によりパソコンに 0.1 秒毎に送信される。マスクプレート側面のフォトリフレクタに位置対応する色が、例えば「白、白、黒」の場合は左上に穴がある方向を示す、といったしくみである。

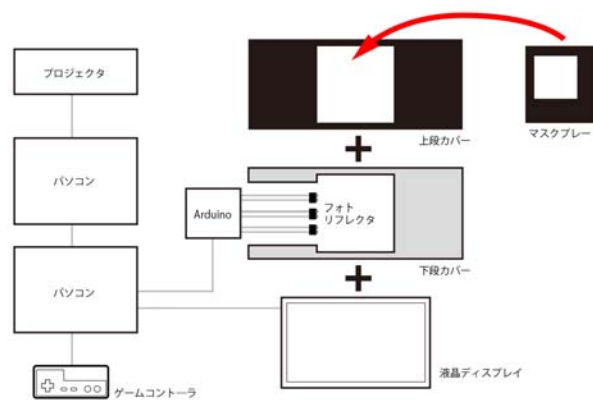


図 3 システム構成

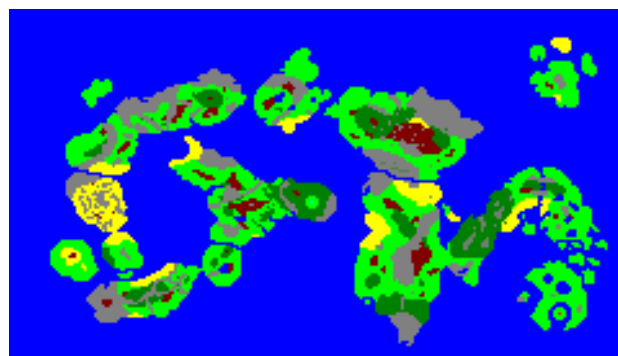


図 4 マップデータ



図 5 マップチップ

次にゲーム部の仕様について概説する。前章でも述べたように、プレイヤーはマスクプレートの設置と、ゲームコントローラを用い、キャラクタを移動することが可能である。ゲームソフトウェアは、Processing とその付属ライブラリを用いて、一般的なパソコンで動作する独立型のアプリ

リケーションとして開発した。上述のように、シリアル通信により受け取ったプレートの有無および方向の情報に基づき、画面の表示領域を変更する。つまり、仮想世界のループ位置が変更される。ゲームのマップは図4に示すマップ画像の色情報に基づき、図5に示すマップチップを配置している。描画は30FPSの速度で更新される。

最後に、ライブ部について概説する。ゲームソフトウェアは描画の更新に合わせて、キャラクターの位置情報をTCP/IPにより送信する。ゲーム用とは別に用意したパソコン（クライアントパソコン）をLANケーブルで接続し、専用のライブソフトウェアにIPアドレスを指定することでクライアントパソコンは情報を受信し、プレイヤーが操作するキャラクターの振る舞いを全体マップで表示可能となる。この映像をプロジェクタで投影し複数人で鑑賞する。

## 5. ユーザ体験

2019年12月6日から12月15日の10日間、東京藝術大学大学美術館陳列館にて開催された「装置とは限らない」展にて、提案したゲームシステムを展示し、来館者に体験してもらった。

### (1) 展示仕様

ゲームコントローラやマスクプレートの操作を通じてキャラクターを移動させるプレイヤーと、全体マップ上のどこにキャラクターがいるかを鑑賞する者を想定した展示空間を設計した。全体マップ鑑賞者がプレイヤーの操作画面を見られないようにするため、プレイヤー（図6左手）とは異なる方向に鑑賞者（図6右手）用の全体マップをプロジェクタで壁面に表示した（画面比率16:9で横幅およそ3mとなるように表示）。全体マップ上でもキャラクターの位置や動きが分かるように、高解像度のプロジェクタ（Dell社 S718QL, 解像度4K UHD）を使用した。ゲーム部とライブ部のシステムの稼働には、プレイヤーの操作との時間ずれがなく全体マップに4Kの解像度を保ったまま表示ができるWindowsパソコン（Dell社 Precision5820 Tower, グラフィックスボードNVIDIA® Quadro® P4000搭載）を用いた。

全体マップを表示するライブ部では、高解像度表示のため、キャラクターが小さく表示され、移動の様子を観察しづらい。そのため、単眼鏡（BESPIN社 Arts monocular 4X12）を3個全体マップ下の壁面に配置し、複数名の鑑賞者が、キャラクターを拡大して観察できるようにした。単眼鏡を覗いてみたときの視野は図7のようになる。

単眼鏡による観察では、キャラクターを拡大して観察できるに加えて、ゲーム部と同様にマップの一部を切り取って観察することになる。このことは、単眼鏡を通した視野サイズが、ゲーム部においてマスクプレートで遮蔽されていない部分の表示領域と同等になるような特定の観察距離（約2m）から全体マップを単眼鏡で観察すると、図2bのようなキャラクターの動きのループ構造を理解しやすくな

る。このように、この展示では、単眼鏡を使って、全体マップだけをみている鑑賞者には、不可能な移動をしているように見えるキャラクターの動きを、不可解な移動の裏にある法則性が理解できるようにした。

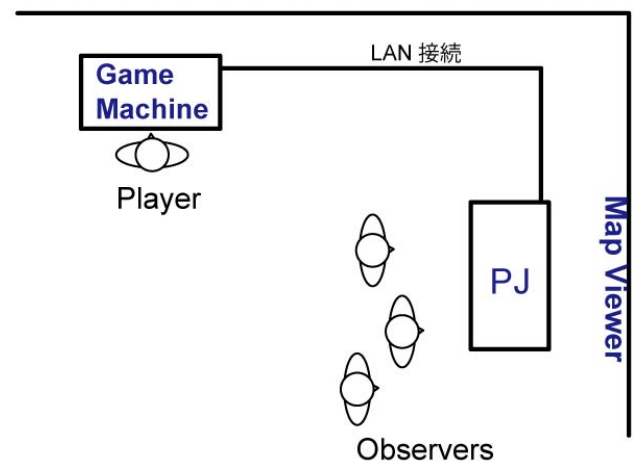


図6 展示会場におけるプレイヤーと全体マップ鑑賞者の配置



図7 単眼鏡を覗いて全体マップをみた例

### (2) 体験の感想

本システムの体験者や鑑賞者数名の体験の様子を観察したところ、このシステムに比較的容易に適応できている様子がうかがわれた。また、数名に感想を聞いたところ、

マスクプレートの向きを駆使してゴール地点にキャラクターを移動させるというしくみについては、概ね好評であった。その他の感想については以下に要約する。

- (ゲームを体験していない全体マップ鑑賞者) 最初は、なぜキャラクターが不可能な移動ができたかできなかったりしているのかが分からなかったが、単眼鏡を覗いて全体マップを見たら納得した
- (プレイヤー体験者) ゲームという観点から、チュートリアルや娯楽的要素がもっとあった方がよい
- (プレイヤー体験者) 長時間プレイしていくうちに、マスクプレートの向きを一方向にしたままでクリアする方法を考えるようになった

これらの感想から、プレイを重ねることにより、徐々に仮想世界の座標系が物理インタフェースによって動的に書き換える仮想世界を受容していったことが分かる。さらに、物理的なマスクプレートを仮想世界指向インタフェースとして駆使した工夫を考え実行していたことが分かる。これらのことは、実世界とはずれのある人の主観世界における法則を利用した非現実仮想世界志向でのデータ操作が可能であることを示している。

## 6. まとめ

仮想世界指向インタフェースを備えたゲームシステムの提案し、そのプロトタイプの実装を行った。プロトタイプ体験者のコメントから、物理的デバイスを用いて、物理法則を逸脱する法則系で、データを直感的に操作することが可能であることが分かった。

**謝辞** 本研究はJSPS 科研費挑戦的研究(萌芽)19K21607の助成を受けたものである。展示において、本ゲームの操作図を作成した肥後沙結美氏に感謝申し上げる。

## 参考文献

- [1] 青木孝文, 三武裕玄, 浅野一行, 栗山貴嗣, 遠山喬, 長谷川晶一, 佐藤誠. 実世界で存在感を持つバーチャルクリーチャの実現 Kobito -Virtual Brownies-, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, 2006, Vol.11 No.2, p.313-322.
- [2] 三武裕玄, 青木孝文, 浅野一行, 遠山喬, 長谷川晶一, 佐藤 誠. キャラクターとの物理的なインタラクションのための剛体モデルと多次元キーフレームアニメーションの連動による動作生成法, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, 2017, Vol.12 No.3, p. 437-446.
- [3] Keigo Matsumoto, Yuki Ban, Takuji Narumi, Yohei Yanase, Tomohiro Tanikawa and Michitaka Hirose. Unlimited Corridor: Redirected Walking Techniques Using Visuo-Haptic Interaction, In SIGGRAPH 2016 Emerging Technologies, 2016, Emerging Technologies Article No. 20.
- [4]<https://nlab.itmedia.co.jp/nl/articles/1108/05/news036.html> (参照 2019-12-20) .
- [5] 暦本純一. 実世界指向インターフェースの研究動向, コンピュータソフト ウェア, 1996, Vol.13, No.3, p.4-18.
- [6] Scott Brave, Hiroshi Ishii, and Andrew Dahley. Tangible Interface for Remote Collaboration and Communication, Proceedings of ACM CSCW '98, 1998, p.169-178.
- [7] David Merrill, Jeevan J. Kalanithi, and Pattie Maes. Siftables: Towards Sensor Network User Interfaces, Proceedings of the First International Conference on Tangible and Embedded Interaction, 2007, p.75-78.
- [8] Takashi Ohta, and Jun Tanaka. Pinch: An Interface That Relates Applications on Multiple Touch-screen by Pinching Gesture. Proceedings of ACE '12, 2012, p.320-335.
- [9] Da-Yuan Huang, Chien-Pang Lin, Yi-Ping Hung, Tzu-Wen Chang, Neng-Hao Yu, Min-Lun Tsai, & Mike Chen. MagMobile: Enhancing Social Interactions with Rapid View-Stitching Games of Mobile Devices, Proceedings of the 11th International Conference on Mobile and Ubiquitous Multimedia, 2012, Article No. 61.
- [10] Roman Rädle, Hans-Christian Jetter, Nicolai Marquardt, Harald Reiterer, and Yvonne Rogers. HuddleLamp: Spatially-Aware Mobile Displays for Ad-hoc Around-the-Table Collaboration. ITS 2014 - Proceedings of the 2014 ACM International Conference on Interactive Tabletops and Surfaces. 2014, p.45-54.
- [11] <https://www.nintendo.co.jp/switch/adfja/pc/connect/index.html> (参照 2019-12-20) .