

# 測域センサを用いたResBeシステムとHeatmapによる実世界指向エンタテイメントシステムの物理評価手法

白井 晓彦<sup>\*1</sup> 岩楯 翔仁<sup>\*2</sup>瀬口 慎人<sup>\*3</sup> 鈴木 真一朗<sup>\*4</sup> 長谷川 晶一<sup>\*5</sup>

ResBe: Scanning range finder and heatmap visualization for physical evaluation method for physical space entertainment systems

Akihiko Shirai<sup>\*1</sup> Shoto Iwadate<sup>\*2</sup> Makoto Seguchi<sup>\*3</sup> Shinichiro Suzuki<sup>\*4</sup> Shoichi Hasegawa<sup>\*5</sup>

**Abstract** – 近年、インタラクション技術の発展により、さまざまな新しい形の実空間エンタテイメントシステムが提案・開発されている。この新しい遊びに対し、体験者の自然な体験を阻害しない方法で物理量を測定・評価することで、新しい身体的体験が生み出す質の向上に目を向けることができる。この課題に対し我々は、ResBe(Remote Entertainment Space Behavior Evaluation)システムを開発し、クラシックな実空間エンタテイメントシステムにおける体験者の振る舞いを測定した結果から、特に提示システムとプレイヤおよび補足的なプレイヤに注目したHeatmap評価手法について報告する。

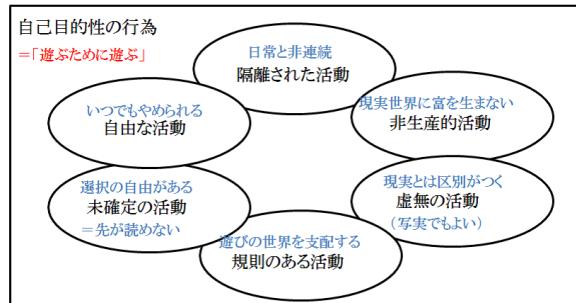
**Keywords** : evaluation, laser sensor, entertainment system, heatmap, communication field

## 1. 背景

**1.1 実世界指向エンタテイメントシステム**  
近年、先進的なインタラクション技術を応用した、新しい実世界指向エンタテイメントシステム[1]が多数提案・創出されている。中でも「タンジブル・ブレイルーム」[2]のような触覚フィードバックや大画面映像、リアルタイム物理シミュレータを積極的に使用した全身型エンタテイメントシステムのリサーチプロトタイプやテーマパークアトラクション、ミュージアムでの展示物等にとどまらず、家庭用ゲーム機においても、任天堂「Wii®」、マイクロソフト「Kinect™」[3]など、実世界指向のエンタテイメントシステムが数多く市場に投入され始めている。今後、実世界指向の体験品質の向上は今後のエンタテイメントコンピューティングにおける中心的な研究開発対象になることが予想できる。

これらの新しい実世界指向エンタテイメントシ

ステムが人々におよぼす効果や意味、特に、システムに対する評価や、印象に直接影響を及ぼす、興味や共感、プレイヤが『遊んでいる状態かどうか?』という「遊戯状態」[4]を、アンケートや主観的な評価ではなく、物理的・客観的な手法で測定することは、工学的な積み上げが可能な評価・検討を行う上で、非常に重要な意味を持つ。



☆ 全ての特徴がそろっているときに  
「遊び」が成立、「遊戯状態」にあると定義する

図1 本稿における“遊戯状態”の成立  
Fig. 1 formation of “playing” in this article

加えて、単一のゲーム体験ではなく、その場に存在する複数の人間によって生み出される「コミュニケーション場」を評価・測定することは、人間そのものの心理メカニズムが複雑である上に複数の人物が関わるため大変難しいが、実世界指向工

\*1: 神奈川工科大学, shirai@mail.com

\*2: 神奈川工科大学, iwadate@shirai.la

\*3: 日本科学未来館, m-seguchi@miraikan.jst.go.jp

\*4: 日本科学未来館, s-suzuki@miraikan.jst.go.jp

\*5: 東京工業大学/JST さきがけ, hase@pi.titech.ac.jp

\*1: Kanagawa Institute of Technology

\*2: Kanagawa Institute of Technology

\*3: National museum of emerging science and innovation

\*4: National museum of emerging science and innovation

\*5: Tokyo Institute of Technology / JST

ンタテイメントシステムの価値を考える上で非常に意味のある課題であるといえる。

本論文ではエンタテイメントシステム設計者が従来想定していない「プレイヤ以外の人物」がシステムに接近した場合における、コミュニケーション場の変化について注目し実験を行った。

### 1.2 赤外線 ToF による新たな課題と可能性

我々は、複数の測域センサをクラウドサービスと組み合わせ、安価で安定に、遠隔地から動的な体験者の遊戯状態のデータ収集・分析を行うシステム「ResBe」(Remote entertainment space Behavior evaluation) システムを開発し、エンタテイメントシステムと体験者間に介在するコミュニケーション場についての物理的測定手法の可能性を模索している。すでにプロトタイプを開発し測域センサの幾何的特性等を明らかにしたが、同様の手法、すなわち赤外線 ToF(Time of Flight) を用いている実世界指向のエンタテイメントシステムにおいて、従来のエンタテイメントシステムとは異なる人間・機械間の関係がありえることを見出している。



図 2 Kinect におけるプレイシーン  
Fig. 2 A play scene of Kinect

その特徴は「システムが主たるプレイヤ以外の人間の振る舞いも取得可能である」という点である。従来のコントローラを介したヒューマン・コンピュータ・インターフェースの場合、プレイヤからの入力はデバイスを経由して中央処理装置に送られる。つまり、システムは個々のプレイヤからの入力をデバイスの入力とみなしあわせることができた。しかし赤外線 ToF デバイスを用いる入力の場合、システムはユーザーから不可視の状態で、広範囲かつ高精度に奥行き等の情報を取得することができる。これはソニー「EyeToy<sup>TM</sup>」のような画像処理による方法と似てはいるが、ユーザーに対して画像によるフィードバックを行う必要がないため、気づかれないうちにユーザーの行動を分析す

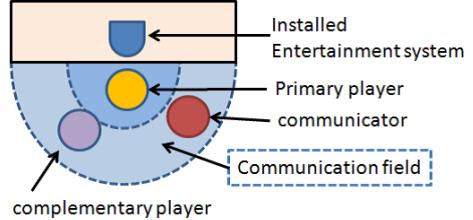


図 3 本論文で扱う「コミュニケーション場」  
Fig. 3 Communication field in this article

ることが可能になる。

この特徴は倫理面、プライバシー保護などの観点のみだけでなく、実際のエンタテイメントシステムにおけるインタラクション品質向上においても大きな課題であるといえる。例えば、ルールプレイ(rule play) 主導ではなく、感覚運動遊び(sensor-motor play) が中心となる 5 歳以下の子供が、複数人で実世界指向のゲームプレイを行う場合「割り込み / ヒューマンインターフェースの取り合い」が発生する。ARToolkit や EyeToy のような画像フィードバック型のコンピュータビジョン・インタラクションであれば、プレイヤは画面 (= システム上のジャッジメント) を見て判断することになるが、赤外線 ToF のように不可視システムによる画像フィードバックのない認識システムの場合、そのジャッジメントをユーザーに伝えることは難しい。また、割り込みを行おうとしているプレイヤが横にいる場合も同様である。

マイクロソフト「Kinect」は本稿執筆時点でまだ発売前であるため正確に測定する方法がないが、テストプレイ映像 [5] を分析すると、奥行き検出距離および画角は十分に広い。「背後で見ているだけのプレイヤ」もエンタテイメントシステムが検出し、状態を把握することができる可能性がある。つまり「主ではないプレイヤ」にもエンタテイメント体験を提供する設計が可能であり、そのための認識技術も必要になるといえる。

## 2. 理論

### 2.1 自然な遊戯状態と「コミュニケーション場」

実世界指向エンタテイメントシステムに限らず、一般的なエンタテイメントシステムの自然な遊戯状態をビデオ等を用いて遠隔から観察すると、プレイヤは必ずしも 1 名単独でエンタテイメントシステムに接しているわけではないことが分かる。

主たるプレイヤのほかに（偶然その場に居合わ

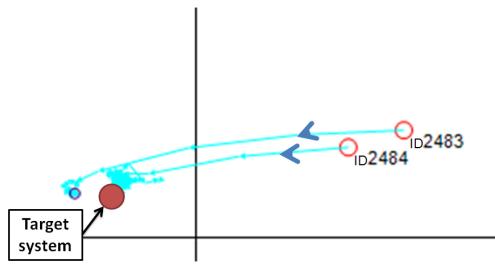


図4 例：複数人がそろってシステムへ向かう様子  
Fig. 4 Example: a behavior of two players who are approaching to a system

せるなど主体的ではない理由で）周囲でそれを見たり、システムの中で起きている出来事をつぶやき、間接的に参加する人々、またその人垣を興味深くかつ距離を持つ人々など、複数人を対象とする自然な遊戯空間の周りには「コミュニケーション場」と呼べる場が発生する（図3、図4）。

この「コミュニケーション場」測定についての研究は、先行事例として体験者へのアンケートやゲームシステムにおけるコイン投入数などのマーケティング手法、船津らによるCGアニメーション生成における確率場によるシミュレーション[6]や、遠隔臨場感システムにおけるHMD装着による注視点測定[7]、血流・血圧や呼気、GPS装着による測位など装着物を使った測定法[8]などが存在する。

## 2.2 計測における課題

デバイス装着による計測手法はヒューマンインターフェースの入力を体験と同時に記録することでデータを得られる場合は、比較的被験者のストレスが少ない利点があるが、Kinectに代表されるような、被験者およびプレイヤーにインターフェースそのものを装着させない実空間指向のエンタテイメントシステムや、不特定多数の公共空間におけるパブリックインスタレーション[9]、お年寄りや子供、外国人といった理解や同意を得るのが難しい一般の人々を対象とした場合、被験者がこのような測定デバイスを装着した時点で、被験者に実験者の意図を表示することになり正確なデータ取得手法とは言い難い。アンケートをとるという方法もまた同様である。コンピュータビジョンによるビデオ解析は非接触であるが、明るさなどの撮影環境に対してロバストではなく、また主体的に参加の意思の無い観戦者を対象とした撮影および記録映像の蓄積は、倫理面および被験者の心理的負

荷、プライバシー侵害問題を生む可能性があるため望ましい方法ではない。

我々はこれらの課題に対し、実験者が被験者および観戦者と対面するのではなく、遠隔観測において、被験者同士の自然なコミュニケーション状態を維持したまま体験者の物理的状態を把握することに注目している。また次世代型エンタテイメントシステムを視野に入れ、実空間指向のプレイフィールドにおいて、ひとり、もしくは複数存在する体験者を扱うことができる方法が必要であると考えている。

本論文では「主たるプレイヤー」に対して、コミュニケーションやインストラクタといった、体験や理解を円滑にするための「仲介者」の存在に注目し、実世界指向システム設計者が従来想定していない、「プレイヤー以外の人物」がシステムに接近した場合における、コミュニケーション場の変化や、体験者の行動が仲介者の存在の有無でどのように変化するか、設置型のエンタテイメントシステムに対して、物理的な測定手法で評価を行うこととする。

## 2.3 測域センサを用いた“ResBe” System



図5 測域センサ：UTM-30LX  
Fig. 5 Scanning range finder : UTM-30LX

我々は前節で掲げた課題に対し、スキヤナ式レンジセンサ（北陽電機株式会社製 UTM-30LX；以下測域センサ）[図5]を利用した、ユーザ非装着による遠隔測定 ResBe(Remote entertainment space Behavior evaluation) システムの開発を行っている。赤外線 ToF(Time of Flight)による奥行き測定が可能で、人体に影響が無く、かつ赤外線による目に見えない測域センサを使用する事により、光源環境に關わらず高速に遊戯者の自然な行動をデータ化することができ、遊戯者の遊戯状態（ビデオカメラでは難しい）周囲の人々との物理的距離、滞在時間、移動による状態変化などを物理的に取得

できる。

今回使用した ResBe システムは、UTM-30LX を 2 機 USB2.0 接続したネットブック（ASUS 社 UL20A/Windows7）に、eMobile 社の公衆モバイルデータカード（7.2Mbps）を利用してインターネットに常時接続し、Dropbox を使った遠隔ファイル同期および TeamViewer によるモニタリングを利用し、低コストかつ高セキュリティな分散型遠隔監視システムとして構築した（図 6）。

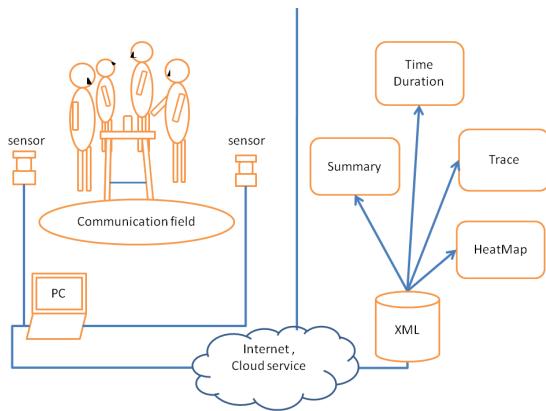


図 6 “ResBe” システム構成  
Fig. 6 System structure of “ResBe”

ソフトウェア構成は以下の通り。(1) UTM-30LX によって取得できるリアルタイム歩行データを、北陽電機株式会社製 流動計測システム「フローレーダー」により、人間の動線データとして変型 CSV ファイルに保存、(2) 遠隔側ホストにおいて、開発した C#.net プログラムにより時系列の XML データベースに集約し、注目する体験者の ID および計測時間を SQL クエリーとして発行、個別の CSV ファイルに出力、(3)マイクロソフト「Excel」および「Processing」[10] によるプログラムを用いて可視化を行う。

なお(1)を置き換えることによりリアルタイム処理も可能であるが、本稿においては報告にあたり、人体検出アルゴリズムを独自開発のものとせず、一般性と再現性を重視した構成としている。

### 3. 実験

#### 3.1 設置型エンタテイメントシステム「TCG」

実空間指向のエンタテイメントシステムを測定するにあたり、再現性および可搬性を重視し、実験用にタンジブルな設置型エンタテイメントシステムとして、株式会社 Hori 製テーブルコインゲーム

ム（以下、TCG）を用いた。

この業務用の設置型エンタテイメントシステムは、縦 140mm、横 130mm、高さ 195mm の 20 個のボタン型を有する小型筐体であり、100 円玉を入れると稼働、LED により光るボタンを制限時間内で押す「もぐらたたき」形式の業務用ゲーム機である [図 7]。電池を内蔵し、約 1 年稼働する事ができる「光ったボタンを押すだけ」という単純操作かつ 20 個の 3 色の LED 明滅で構成されたディスプレイであるが、インターラクションとして奥深く、幅広いプレイヤが熱中できるように設計されている。通常のプレイヤは 90 秒、300 点台で終了するが、反射神経およびアルゴリズムに対する洞察と集中力が高いプレイヤは、100 点ごとに獲得できる追加のプレイタイム（10 秒）により、500 点以上のスコア（140 秒）を記録することもある。



図 7 (株)HORI によるテーブルコインゲーム  
Fig. 7 TCG: Table Coin Game by Hori, Inc.

実験用パブリックスペースとして、神奈川工科大学情報学部棟内の十分に広い 1 階通路エレベータホール前に、TCG を高さ 700mm の机に設置し、「実験にご協力お願いします、100 円玉が必要ですが戻ってきます」と表記し、実験者はプレイヤの視界に入らない遠隔地から ResBe により観測および可視化を行った（本エリアは日常から学生が PC を使いレポート作成や談話、ゲームなどを行ってよい自動販売機などが置かれたラウンジであり、業務用小型ゲーム機が設置されても違和感のない自然な遊戯空間として適切と判断した）。

今回の実験において、この TCG 「もぐらたたき」採用した理由として、電源等のケーブル配置を必要とせず、簡易に持ち運ぶことができ、ストーリーや映像といった感性要素が少なく、体験時間とスキルに対する再現性が高い点が実験に適しており、また「TCG を知っている / プレイしたことがある

被験者」がないこと（自然な遊戯状態を成立させるうえでの図1「未確定の活動」の維持）が挙げられる。

### 3.2 点群データによる分析

現在、ResBeシステムを用いて記録できる最高時間分解能は1秒である。また実際の測定データそのままでは（被験者間の遮蔽などの理由で）被験者の歩行動線がフラグメンテーションを起こしている可能性が高い。この遮蔽によるフラグメンテーションを抑止する方法は難しいが、検出対象が人間であることを利用すると(1)動作に連続性がある、(2)何もない空間から生起することはない、(3)ひとつの動線から複数人が分離することはなく、などの拘束条件からデータの正常化（デフラグメンテーション）を実施することができる。

しかしながら、今回注目している「エンタテイメントシステムにおけるコミュニケーション場」では図4のような複数人が同一のターゲットに向かっている例が多く発生するため、過度なデフラグメンテーションは実施せず、ある測定時間上において確実な点群(point cloud)においてのみ分析を行う方針とする。

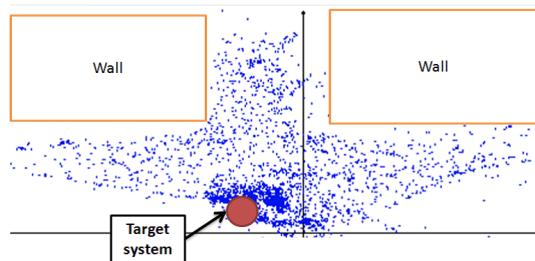


図8 実験空間における歩行動線点群マップ  
Fig. 8 Point cloud map of players around an experimented space

図8が、TCGを1階通路エレベータホール前に設置し、帰宅時間帯(19:20~22:20)の3時間において遠隔観測した場合でのシステム周囲の人物の点群マップである。図中上部が1階エレベータホールであり、多くの人々が帰宅のために、図中の下部中央に向かって進み、左右の出入口から退出する様子がみえる。

TCGは図中の中央下部に設置されており、体験者によってTCG近辺の点群が比べて密になっていることが読み取れる。また建築構造上はT字型に通路が設置されているにもかかわらず、帰宅を急ぐ人々は左側出口(バス停に近い)に向けて放物

線を描いて通過していることがわかる。また夜間入口がある右側通路から弧を描いてTCGに向かった後、エレベータに向かっている歩行動線が存在することが読み取れる。

### 4. 歩行動線とHeatmapによる可視化

ここまで結果から、ResBeシステムによる時間的に連続性のない点群データでも、その空間における動線の様子や、設置したエンタテイメントシステムにプレイヤーが集まる様子を実験者の主観により、ある程度読み取れることを示すことができた。

#### 4.1 歩行動線の可視化

ResBeシステムにおけるXMLデータベースは、(認識した)体験者ごとにIDを付与しており、毎秒ごとのX-Y情報をmm単位で記録している。ここで、実験者に実験エリアの床である1辺500mmのタイルの升目にそって蛇行歩行をさせたケースの歩行動線を図9に示す。

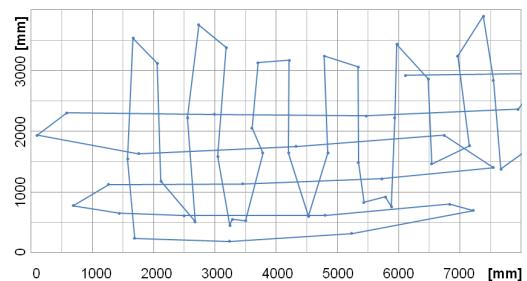


図9 1辺500mmのタイルの升目にそった歩行動線  
Fig. 9 A walking path along on 500mm sides tiles

1秒ごとのサンプリングデータであるため、歩行速度は1.5m/sec程度であることが読み取れる。また被験者の速度により精度が変化することが分かる。通常の歩行スピードにおいて十分な精度が得られているが、より速度の遅い動作であれば望ましいといえるだろう。

歩行動線の抽出を利用して、図8の実験データから、ある独立singleton)プレイヤーのプレイ中の振る舞いをResBe-XMLデータベースより抽出し、Excelの散布図機能にて可視化した(図10)。

TCGは指先の反射神経を主に使用するゲームのため、遊戯状態におけるプレイヤーの動きは非常に少なくなる。図中上部の幅200mm、前後100mm程度のエリアに集中していることが読み取れる。

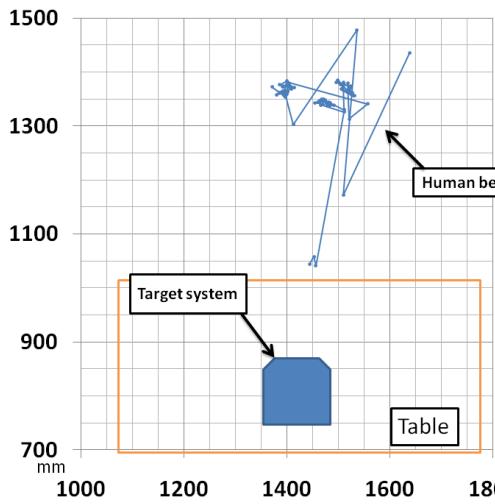


図 10 TCG 遊戯状態における独立プレイヤの歩行動線

Fig. 10 Tracking path of singleton player during TCG playing

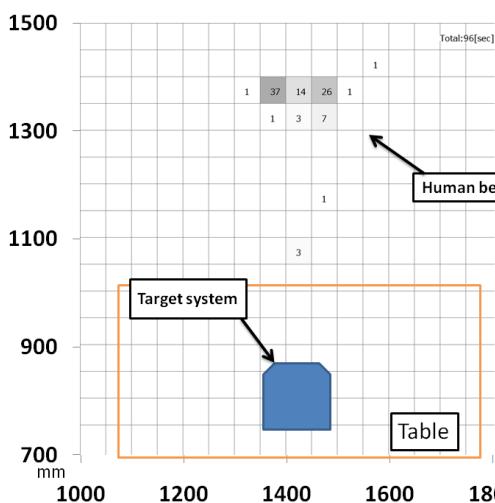


図 11 TCG 遊戯状態における独立プレイヤの Heatmap

Fig. 11 Heatmap of singleton player during TCG playing

#### 4.2 Heatmap による可視化

歩行動線可視化の精度を利用したトラッキングは、連続的なプレイヤの動作傾向を読み取る上では利便性が高いが、描画構造上、今回の実験のように同一の場所に長い期間留まる様子を分析するケースでは使いづらく、また物理的な傾向として評価することが難しい。そのため、同一のデータ(1秒ごとの座標記録)を 50mm の正方メッシュ区間で分割してカウントし、データの件数によって正規化した Heatmap として可視化したものが図 11 である。

Heatmap 生成のための Processing における描画部のソースを引用する。

```
float g = gridparam;
for(X=0; X<16; X++){
    for(Y=0; Y<16; Y++){
        fill(map(count[X][Y], 1, duration, 100, 10));
        rect(X*g, Y*g, (X+1)*g, (Y+1)*g);
        if (count[X][Y]>0) {
            fill(0); textAlign(font, 20);
            text(count[X][Y], (X+0.4)*g, (Y+0.7)*g);
        }
    }
}
```

標準的な遊戯時間である 96 秒のデータにおいて、最大 37 秒のカウントを得た。50mm ピッチの狭い正方メッシュではあるが { 37:14:26 } (秒) と、全測定期間の 80 % をこの 3 つのブロックで左右にブレながら集中していることが精緻に読み取れる。左右では前後方向へのブレが異なり、左手のほうが前後動が多いことも読み取ることができる。これは利き手や軸足が影響していると考えることができる。

このように、ResBe システムと Heatmap を用いることでプレイヤの実世界における身体的な振る舞いをビデオや特別なデバイスなしに物理的に評価することができるようになった。計算コストも非常に少ない処理であり、注目するエンタテインメントシステムの遊戯時間の総長 (duration) が事前に取得できればリアルタイム化も可能である。

今回は実験のセットアップ上、TCG のような限定された機能しか持たない設置型のエンタテインメントシステムで実験を行っているが、テレビゲームや全身型の中規模アトラクションやミュージア

ムにおける展示物や展示空間、実演等の参加者の集中力の把握、教室における授業品質の評価などにも利用できる可能性がある。

また、ResBe システムとエンタテイメントシステム間をネットワーク等で接続し、動的にプレイヤの状態を把握しながらエンタテイメントシステム内のコンテンツ、例えばゲームの難易度を調整するなど、知能化に大きく寄与することができる。

従来、この種のプレイヤ分析技術はネットワークゲームにおけるプレイヤビヘイビアや嗜好をサーバ側で把握するといった産業応用例で存在しているが、我々の提案手法を用いることで、実世界指向のエンタテイメントシステムおよびヒューマンインターフェースに、このようなゲームシステムの外側にあるプレイヤ・インタラクションの物理的評価技術として展開することができる。

## 5. 「コミュニケーション場」についての考察

背景にて述べたように、本論文にて提案している ResBe を用いた Heatmap による物理評価手法は「主たるプレイヤ」のみに限定された技術ではなく、「コミュニケーション場」についても観測することができるようことを示す。

### 5.1 解説者の参加によるプレイヤの変化

単位面積当たりの滞在時間をカウントし、Heatmap を作成することで、ビデオ分析では難しい精緻な振る舞いを複数人に対して同時にえることを利用して、「主たるプレイヤ」の背後や周囲に存在する人々が、エンタテイメントにどのような影響を与えていているのか、可視化を行った。

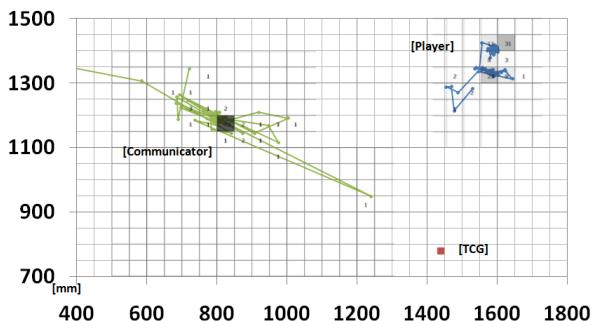


図 12 歩行動線とヒートマップのオーバーレイ  
(解説員 + プレイヤ)

Fig. 12 Overlay image of tracking path and heatmap by communicator and player

図 8 と同じセットアップにおいて、特に自由に体験しているプレイヤに対して、見知らぬ人物で

あるコミュニケータ(以下「解説者」と記す)が右側(図中左)から解説を行ったケースである。実験は不特定多数の通行人に対して行っているが、顕著な比較例として図 11 と同一のプレイヤ、独立プレイ(初回に続く)2 回目のプレイにおいて解説者が解説を行ったケースのデータを図 12 に歩行動線とヒートマップを重ねて可視化した。

解説者は計測中、できる限り動かないよう意識したので 1 つのブロックに 72 カウント(秒)と局所的に集中していることが読み取れる。対してプレイヤはプレイタイムは変わらないものの、独立プレイ時に比べて全体的に動きが少くなり、左右動が少なく前後動が増加している。また TCG への距離も約 50cm から約 60cm へと増加している。

### 5.2 実験者の主観報告から

前節にて報告した 1 件の物理的計測および事後の分析では断言することは難しい。そのため、不特定多数の通行人に対して「独立プレイ 解説者つき」もしくは「解説者つき 独立プレイ」という順番で複数人に対して「解説者」として実験を担当した実験者の主観報告と比較する。



図 13 実験の様子：コミュニケータによる解説

Fig. 13 Situation of experiment: Explication by a communicator

実験にて解説者を担当した実験者の主観報告では、「解説者がいない場合の方が、プレイヤは TCG との距離が近い」とあり、ResBe にて計測・分析した結果と一致していることがわかる。

また他の報告として、「(解説者は) プレイの邪魔にはなるが、遊戯後の会話などでトータルではその場に長く留まる傾向がある」、「複数人や解説者つきではリプレイが度々あったが、単独だとあま

り複数回プレイする事がなかった」、といった解説者に対するネガティブな観測報告が得られている。また「(解説者がプレイヤの側にいた場合)プレイヤは体が硬直してしまって本来の力が発揮できないのでは」という考察も報告された。

この点について、科学館において実際に科学コミュニケーションを担当している解説者とディスカッションを行い検証したところ、立ち位置や、接し方で相手の反応や理解も異なる(そのためのトレーニングも存在する)。そして逆のケースとして、(当初は全く理解できず硬直しているが)解説者がきて初めて動き出すということもあるという。

今回の報告においては3時間の大学内施設におけるパブリックスペースにおけるTCG設置において、自由な遊戯状態の遠隔観測および、特徴的なケースにおける解説者の介在による身体動作変化をHeatmapで可視化したに留まる。今後、より多くの被験者および事例において、深めていきたい。

## 6.まとめ：今後の展望と課題

我々は「ResBe」と呼ぶ測域センサを用いたエンタテインメントシステム周囲の人物の動作の遠隔評価が可能となるシステムの開発において、取得したデータからHeatmapを用いてコミュニケーション場を物理的に評価する手法を提案し、パブリックスペースにおいて設置した小型のエンタテインメントシステムにおいて機能の確認を行った。また独立プレイヤに対して、解説者が介入した場合の変化について可視化し、その結果の妥当性について、科学コミュニケータと考察を行った。

今回はTCGという限定された表現能力しか有しないエンタテインメントシステムをあえて対象とし、自然な遊戯体験の測定を行った。

ResBeはゲーム以外にも、美術館や水族館、博物館などのミュージアムにおいても、どの場所がどのくらいの人に見られたのか、どれくらいの時間足を止めていたのか、どのような軌跡を辿ったのかというデータが取得できるため、展示物のレイアウトや順番、混雑解消などを考える上でも有用であるという知見も得ることができた。また、教室などの学習環境における集中力の評価などにも利用できる可能性があるだろう。

技術的な課題としては、今回提案したHeatmap拡張し、時間的な変化や人々の興味の方向のシス

テム側からの自動推定、信号処理やマルコフモデルなど適応型学習手法を用い、体験の質的評価のための物理測定方法構築および実世界指向エンタテインメントシステムのためのインテリジェントモデルへと展開したいと考えている。

一方、倫理面の考察も重要である。今回の手法はエンタテインメントシステムの自然な遊戯状態に注目し、大学内施設において最低限の表示を行った上で実施しているため問題にはならないと考えるが、一般化を考える上では、日本医師会が採用している「ヘルシンキ宣言」[11] 第20,21,22項目のインフォームド・コンセントに準拠した形で実験および実施が行われるべきであろう。そのような実験手法および実用化におけるガイドラインについても考慮しながら研究を推進していきたい。

謝辞：機器をご提供いただいた北陽電機株式会社、株式会社HORI、研究のヒントとアドバイスをいただいた日本科学未来館各位をはじめ、実験及び本研究にご協力いただいた各位にこの場を借りて謝意を表します。

## 参考文献

- [1] 白井 晓彦, ゲームとエンタテインメント技術(第4回) 実世界指向ゲームインターフェースによるインタラクション技術の基盤研究力強化, 映像情報メディア学会誌, Vol.63, No.10, pp. 1394-1399, 映像情報メディア学会, 2009.
- [2] 白井 晓彦, 長谷川 晶一, 小池 康晴, 佐藤 誠: タンジブル・ブレイルーム: 「ペンギンホッケー」, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, 日本バーチャルリアリティ学会, Vol.7, No.4, pp. 435-444, 2002.
- [3] Microsoft 社 「Kinect<sup>TM</sup>」:  
<http://www.xbox.com/ja-JP/press/release/20100615-3.htm>
- [4] 白井 晓彦: エンタテインメントシステム, 芸術科学会論誌, Vol. 3, No. 1, pp. 22-34, 2004.
- [5] 「Kinect For XBOX360」,  
<http://www.kinect.me/>
- [6] 船津 聰, 斎藤 豪, 中嶋 正之, “自律的エージェントのための確率場に基づく動作クラスを用いた動作生成”, 電子情報通信学会大会講演論文集, 2005, 263 特殊号: 情報・システム 2. 2005.
- [7] 里 雄二, 北原 格, 中村 裕一, 大田 友一: 複合コミュニケーション空間における注目の共有~指示動作による注目の強調提示システム~, 日本バーチャルリアリティ学会第6回大会論文集, pp. 235-238, 2001.
- [8] 上岡 玲子, 広田 光一, 廣瀬 通孝: 体験記録装置としてのウェアラブルコンピュータの研究, 日本バーチャルリアリティ学会第6回大会論文集, pp. 149-152, 2001.
- [9] OZTURK Ovgu, MATSUNAMI Tomoaki, SUZUKI Yasuhiro, YAMASAKI Toshihiko,

- AIZAWA Kiyoharu : Can you SEE your “FUTURE FOOTSTEPS”? , LAVAL VIRTUAL VRIC 2010 Proceedings, pp. 317-320,2010.
- [10] プログラミング言語「Processing」 ,  
<http://processing.org/>
- [11] ヘルシンキ宣言：ヒトを対象とする  
医学研究の倫理的原則（日本語訳）, 日本医師会 ,  
[http://www.med.or.jp/wma/helsinki02\\_j.html](http://www.med.or.jp/wma/helsinki02_j.html)