

## 要旨

近年VR 技術を応用した新しいエンタテインメントシステムが多数提案，創出されている．これらの新しいエンタテインメントシステムに対する評価や，複数の人間が関わる自然な遊び状態を測定することは大変難しい課題であるといえる．この遊戯状態を，アンケートなどの主観的評価でなく自然な形で測るため，赤外線使用の測域センサをDropBox（Cloud Service）と組み合わせ，遠隔地からの動的な体験者データ取得，分析を安価で実現したシステム，ResBe(Remote Entertainment Space Behavior Evaluation)を開発した．本稿では，このシステムを利用することで実空間エンタテインメントシステムと体験者間に介在する自然な遊び状態についての物理的測定手法，また提示システムとプレイヤおよび補足的なプレイヤ（プレイヤの後ろ側にいる複数人）に注目した．中でも，人の滞在した範囲をマップに示すHeapmap評価手法，複数人の軌跡を測る手法の可能性を提案した．

本校で行われたオープンキャンパス，「インタラクティブ東京」，「サイエンスアゴラ」でのワークショップなど外部で行われたイベント会場等で様々なシチュエーションにて全10回計測を行いデータ収集した．次に，本研究の社会的評価として，ワークショップにてセンシング技術に対しての社会意見調査を実施した．実際に技術を見てもらう前と後とで，似た内容の質問をしてみたところ，「技術的にわからない」，「危ない」と言っていた参加者の4割が後には「面白い」という印象が変わった．しかし一方では，「知らないうちに測られているなんて怖い」といったような「プライバシーの問題」での不安を持った参加者もあり，工学的な実験だけでは得られない社会的知見も得ることができた．

結果，その計測から得られたデータを，可視化・データ処理プログラムを使用することによりResBeを設置した空間内にて複数人が共に行動している様子，展示物をどういった順番で見て回るのか，人がどの場所に多く集まったのかという「人の自然な振る舞い状態」を定性的に見ることができた．

今後の展開としては，技術的には今回提案した手法機能の拡張や，時間的变化，方向推定，大規模データ処理を行うデータベース技術があげられる．また，ワークショップで得た意見から倫理面への配慮も行っていきたい．

## 目次

1. まえがき .....	1
1.1 背景 .....	1
1.2 実世界指向エンタテインメントシステム .....	1
1.3 「新しいエンタテインメントインタフェース」による新たな課題と可能性 .....	2
2. 非装着センシング技術 .....	4
2.1 非装着センシングによる「自然な振る舞い」計測の必要性 .....	4
2.2 画像による非装着センシングコンテンツ .....	5
2.3 提案・利用するセンサのメリットとデメリット .....	8
3. 開発 .....	9
3.1 測域センサを用いたプロトタイプ"ResBe" System .....	9
3.2 提案するシステムにおける制限, 特徴と対象 .....	10
3.3 データの可視化 .....	11
3.3.1 可視化プログラムの作成 .....	11
3.3.2 Heatmap による可視化 .....	12
3.3.3 Processing による実装 .....	13
3.3.4 歩行動線の可視化 .....	13
3.3.5 C#による実装 .....	14
3.3.6 可視化プログラムの問題点 .....	16
4. 様々なシチュエーションでの計測 .....	17
4.1 TCG を利用した遊戯状態の評価 .....	17
4.1.1 設置型エンタテインメントシステム「TCG」について .....	17
4.1.2 点群による可視化 .....	18
4.1.3 点群による可視化評価の考察 .....	20
4.2 オープンキャンパスでの実験 .....	20
4.2.2 オープンキャンパスを終えて .....	23
4.3 センサセットアップでの留意事項 .....	24

4.3 インタラクティブ東京 2010 での実験 .....	31
4.3.1 実験環境.....	31
4.3.2 ポストプロセスにおける課題.....	31
5 社会におけるセンシング技術の倫理面に対する考察.....	32
5.1 サイエンスアゴラでの実験.....	32
5.2 ワークショップを通じた社会実験 .....	32
5.3 ワークショップを終えて .....	36
6. 提案システムの有用性 .....	39
6.1 ワークショップを終えて .....	39
6.2 今後の展望.....	39
7. むすび .....	41

## 参考文献

- 付録 1. ResBe 可視化プログラムソースコード (C#)
2. Heatmap プログラムソースコード (Processing)
3. 第 15 回日本バーチャルリアリティ学会大会論文:「ResBe:エンタテインメントシステム周囲のコミュニケーション場に対する遠隔評価手法」
4. エンターテインメントコンピューティング 2010 論文:「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ンメントシステムの物理評価手法」  
(上記一部カットしています。ご希望の場合はresbe@shirai.laまでご連絡ください)

# 1. まえがき

## 1.1 背景

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ンメントシステム<sup>1)</sup>が多数提案・創出されている. 中でも「タンジブル・プレイルーム」<sup>2)</sup>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ン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™」<sup>3,12)</sup>など, 実世界指向のエンタテインメントシステムが数多く市場に投入され始めている.

## 1.2 実世界指向エンタテインメントシステム

今後, 実世界指向エンタテインメントシステムの体験品質の向上は今後のエンタテイン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ン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」(図1.1)<sup>4)</sup>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. このことは, 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.



図1.1 本稿における「遊戯状態」の成立に必要なとされる6つの要素

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。しかし実世界指向エンタテイン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ンメント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について注目し実験を行う。

### 1.3 「新しいエンタテインメントインタフェース」による新たな課題と可能性

著者は、複数の測域センサをクラウドサービス（インターネットを通じて提供されるサービスやストレージなどのコンピュータリソースを、ユーザが特にリソースの所在を意識すること無く利用できるサービス）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)を開発し、エンタテイン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。

赤外線を用いている実世界指向のエンタテインメントシステムにおいて、従来のエンタテイン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。「システムが主たるプレイヤー以外の人間の振る舞いも取得可能」という点である（図1.2）。



図1.2 Kinectのプレイシーン

プレイヤーの少年だけでなく後ろで見ている人までKinectは把握することができる。つまり「主ではないプレイヤー」にもエンタテイン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となる。

従来のコントローラを介したヒューマン－コンピュータ・インタフェースの場合、プレイヤー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。システムは個々のプレイヤーからの入力をデバイスの入力とみなし把握することができた。しかしこのようなデバイスを用いる入力の場合、システムはユーザ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」のような画像処理による方法と似てはいるが、ユーザに対して画像によるフィードバックを行わないため、気づかれないうちにユーザの行動を分析す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視点のみだけでなく、実際のエンタテインメ

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, ルールのある遊び) 主導ではなく、感覚運動遊び (sensorimotor play) (表1.1) 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／ヒューマンインタフェースの取り合い」が発生することは容易に想像でき、そのような自然な遊び空間における予想外の状況を防ぐことができるかもしれない。表にある、ピアジェの段階説は上から順に進行していき、通常逆行することはないとされる。ARToolkit (Augmented Reality Toolkit, ARアプリケーションの実装を手助けするC言語用のライブラリ) 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、プレイヤは画面を見て判断することになるが、赤外線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に伝えることは難しい。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。

以上のことから、「新しいエンタテインメントインタフェース」によるあらたな課題と可能性として、コミュニケーション場を含めたエンタテインメントシステムの自然な遊戯状態を非装着で計測をすることは重要であると考えている。

表 1.1 ピアジェの段階説

	対象期間	解説
感覚運動遊び	生後～1歳半, 2歳頃まで	感覚や運動的な知能の獲得する時期. ただ動いているだけで楽しい
象徴的遊び	2歳～5, 6歳頃まで	物を記号化したり言語的想起を行う時期で, ごっこ遊びなどを行う
ルール遊び	概ね7歳以降	思考の具体的操作, 個人間関係の理解, 物語の世界観理解であったり因果と偶然が理解できる時期. ルールのある遊びを行う

## 2. 非装着センシング技術

### 2.1 非装着センシングによる「自然な振る舞い」計測の必要性

実世界指向エンタテインメントシステムに限らず，一般的なエンタテインメントシステムの自然な遊技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ンメントシステムに接しているわけではない（図2.1）．図2.1では線が歩行軌跡，IDは認識された人それぞれに自動で振られた通し番号，赤い丸が認識開始点である．

主たるプレイヤの他に（偶然その場に居合わせるなど主体的ではない理由で）周囲でそれを見る，システムの中で起きている出来事をつぶやく等間接的に参加する人々，またその人垣に興味深かつ距離を持って見守る人々など，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2.2）．図2.2ではシステム前にプレイヤ，左に連れ人or見学者，右に解説者がそれぞれ滞在している．

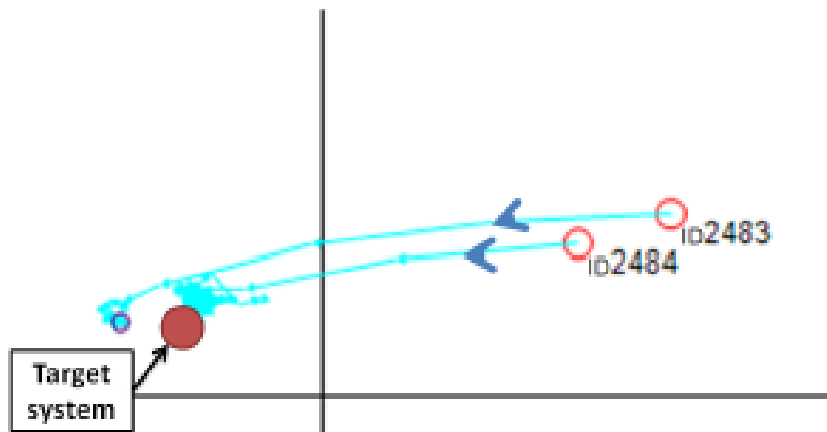


図2.1 複数人が並んでターゲットである歩いている様子

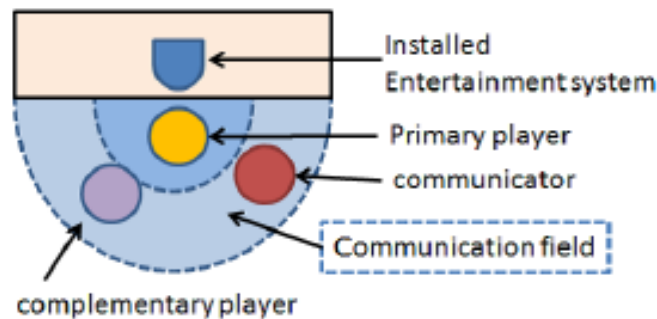


図2.2 遊戯空間周りに発生する「コミュニケーション場」のモデルケース

この「コミュニケーション場」「行動評価」測定について，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<sup>6)</sup>や、遠隔臨場感システムにおけるHMD (Head Mount Display, 両眼に覆いかぶせるように装着して大画面や立体画像などを演出するディスプレイの総称) 装着による注視点測定<sup>7)</sup>, 血流・血圧や呼気, GPS (Global Positioning System, 地球上の現在位置を測定するためのシステム) による測位など装着物を使った測定法<sup>8)</sup>, 室内空間内に滞在する被験者が排出するCO<sub>2</sub>の室内濃度を計測することで脈わいを可視化する手法<sup>17)</sup> などが存在する。また特許では、富士ゼロックスによるセキュリティかめらのビデオストリームをセグメント化するためのアルゴリズム<sup>18)</sup>, 非特許文献でも、カートやカゴに付いたRFIDや、携帯電話カードなどに付いているICを店内に設置したセンサで読み取ることによりスーパーにおける顧客、従業員の行動把握・作業の効率化や、陳列・ポップなど広告の配置検討に利用するという技術が報告されている<sup>21)</sup>。

このような手法は、ヒューマンインタ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ため比較的被験者のストレスが少ない利点があるが、公共空間での一般の人々を対象とした場合に、被験者が測定するためのデバイスを装着した時点で自然な状態での計測とは言えなくなるだろう。

## 2.2 画像による非装着センシングコンテンツ

また、人の行動評価における他の事例として、駅などに設置されているデジタルサイネージがあげられる。ヤフー株式会社のサイネージに付けられたカメラからサイネージ利用者の特徴を検出してターゲットに合わせた広告配信を行うシステム<sup>19)</sup>, 株式会社春光社のサイネージ付近に付けられたセンサから、サイネージ付近の人の流動を計測するシステム<sup>20)</sup>があり、今回は株式会社春光社の Opus Fusion と呼ばれるサービスを例にあげる<sup>16)</sup>。この会社のデジタルサイネージサービスでは、性別年齢などどのような属性の人がどれくらいの数往来しているのか、どの方向へ向かって歩いているのかなどの属性をカメラとセンサ (図 2.3, 図 2.4) を使うことで計測し、広告媒体の効果を評価している (図 2.5, 図 2.6, 図 2.7, 図 2.8)。仕組みとしては、顔貌を認識して属性を判断するセンサ、動線などの行動を把握するセンサのセット (設置個所は別々) になっている測定部と、それをクライアントへと報告するというプロセスである。





図2.3 視認属性・視認率センサ（春光社HPより）



図2.4 歩行動線検出センサ（春光社HPより）



図2.5 属性測定イメージ（春光社HPより）



図2.6 属性測定イメージ（春光社HPより）

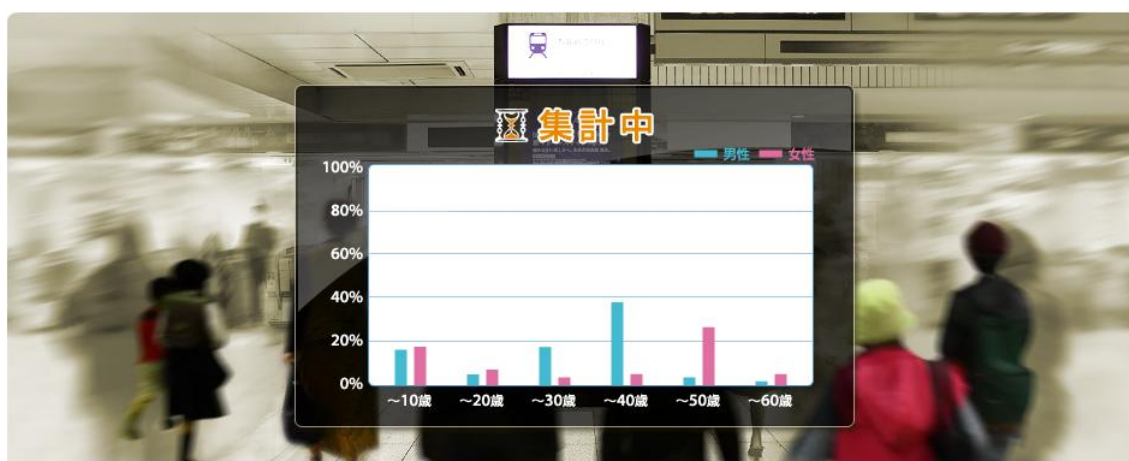


図2.7 属性測定イメージ（春光社HPより）

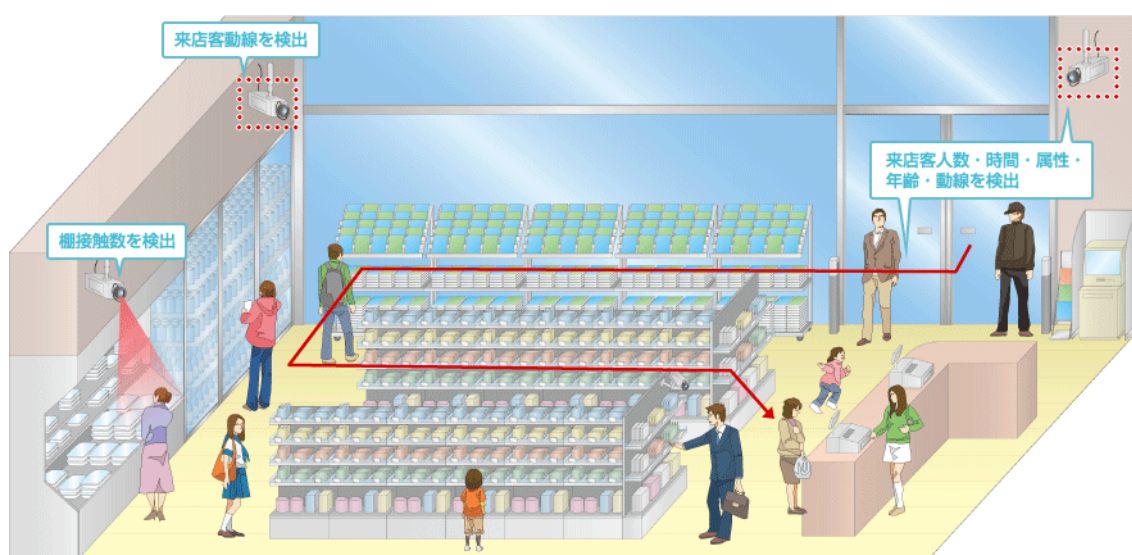


図2.8 春光社Opus Fusionの店舗設置イメージ（春光社HPより）

春光社のOpus Fusionの人認識センサでは人の年齢や性別を顔貌から推定することができるが、プライバシーの問題や、認識するために明るさがないと取得精度が悪くなるなどの問題も考えられる。

## 2.3 提案・利用するセンサのメリットとデメリット

そこで本節では、カメラ認識ではなく赤外線センサを使うことにより得られるメリットとデメリットについて触れる（表2.1）。

表2.1 赤外線レーザーセンサとカメラでの計測能力比較

	装着物	明暗	再現性	多人数計測	その他メリット	その他デメリット
赤外線 レーザーセ ンサ	無し	○	○	○	詳細な座標データが得られることでのより真に迫った分析が可能	センサの位置が動かされてしまうと再設定が必要になる
カメラ	無し	暗いと測れない	○	一般的に不向き	キャリブレーション方法があり設置が楽である	配慮しないと実験に無関係な人も巻き込んで撮影してしまう

赤外線センサを使うことで、カメラを使った画像による人物把握での軌跡を追うだけではわからなかった事象、例えば「第三者が体験空間に介入した場合に人の動きが変化した」といった、よりシステム環境の評価へと繋がるような詳細なデータを取得することが可能となる。また、カメラ計測と違い暗所でも計測が可能である点も大きな利点となる。

一方でセンサを使用する際のデメリットとしては、背景やセンサどうしでの認識座標の再設定が必要なため設置位置の移動が容易ではないこと、鏡の反射で誤認識する可能性があることがあげられる。しかし、センサの再設定は、技術習得である程度の補完が可能である（4.3章にて詳細）。

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、解析にはビデオを試聴して人的カウントをする場合が多く、時間を要する作業であることと、明るさなどの撮影環境に対してロバストではない。

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「自然な振る舞い状態の計測」には望ましい方法ではない。

そのため本研究では、「人の自然な振る舞い状態の計測」について赤外線使用のレーザーセンサを採用した。

### 3. 開発

#### 3.1 測域センサを用いたプロトタイプ"ResBe" System

図3.1に示す通りスキャナ式レンジセンサ（北陽電機株式会社製UTM-30LX；以下測域センサ）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た．

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ことにより，光源環境に関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．

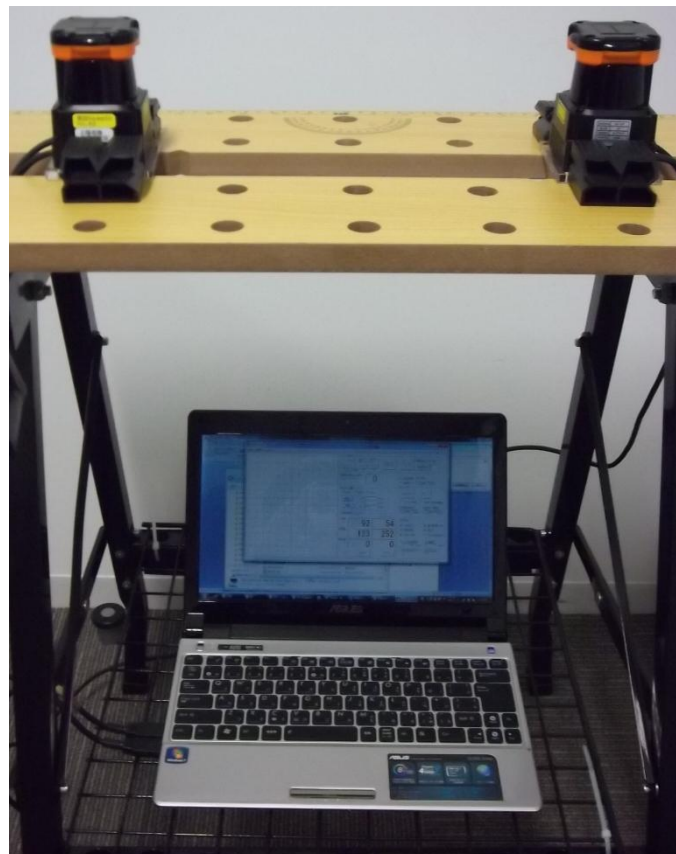


図3.1 プロトタイプResBe System

今回使用したResBeシステムは，測域センサを2機USB2.0（Universal Serial Bus 2.0，周辺機器とパソコンを結ぶデータ伝送路の規格のひとつ）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）を利用しインターネットに常時接続し，Dropbox（データ共有サービス）を使った遠隔ファイル同期およ



びTeamViewer（パソコン遠隔操作ソフト）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3.2）。センサから取得したデータをインターネット経由でXML（Extensible Markup Language、文書やデータの意味や構造を記述するためのマークアップ言語の一つ）等のデータベースに格納，そこから各種データの展開を行う。

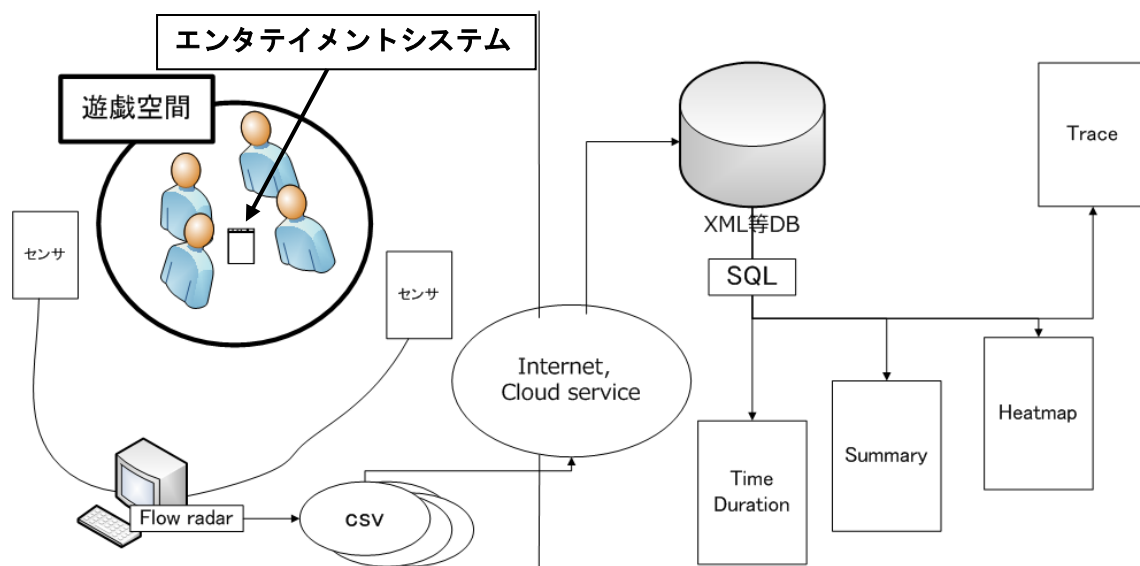


図3.2 プロトタイプのシステム構成

ソフトウェア構成は以下の通り。(1)測域センサによって取得できるリアルタイム奥行きデータを、北陽電機株式会社製流動計測ソフトウェア「Flow Radar」により、人間の動線データとして変型CSV（Comma Separated Values、データをカンマ(",")で区切って並べたファイル形式）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（付録1）により時系列のXML等の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（Structured English Query Language、データの操作や定義を行うためのデータベース言語）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」<sup>10)</sup>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、本研究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。

### 3.2 提案するシステムにおける制限、特徴と対象

節2.3で検討した条件を再考、本システムにおける制限と特徴としてまとめる。

超音波センサや加速度センサといったデバイス装着による計測手法ではなく、Kinect に代表されるような、被験者およびプレイヤにインタ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ンメントシステムや、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<sup>9)</sup>(public installation、公共の場所や空間全体を作品として体験させる作品)、

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、非接触であるが分析に人的労力がかかり、一般的に多人数計測に不向きである。更に、明るさなどの撮影環境に対してロバストではない。また倫理面では、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、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だろう。

著者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、赤外線センサを利用することでの遠隔観測において、被験者どうし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态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ン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。

本論文では「主たるプレイヤ」に対して、コミュニケーター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ンメントシステムに対して、軌跡やHeatmapという物理的な測定手法で評価を行う。

### 3.3 データの可視化

#### 3.3.1 可視化プログラムの作成

取得したデータをフィードバックするためのプログラム開発をC#, Processingの2種類の環境を使用して行った。

プロトタイプとして2種類使用した理由は、Processingで作成したプログラムはプロトタイプの環境では有用であるが、ストアマネジメントなどの用途ではC#によるデータベースアプリが一般的と言えるためである。

図3.3の例では、Flow Radarより出力したcsvファイルを各店舗でも可視化でき、ネットワークを介して本部へもデータが送られ、そこでも可視化が行われる。図3.4では、色の濃い、数字の大きい部分は人がたくさんいて賑わっている売り場箇所を表している。例えば売り場AとHの間がとても混雑している様子がみてとれる。

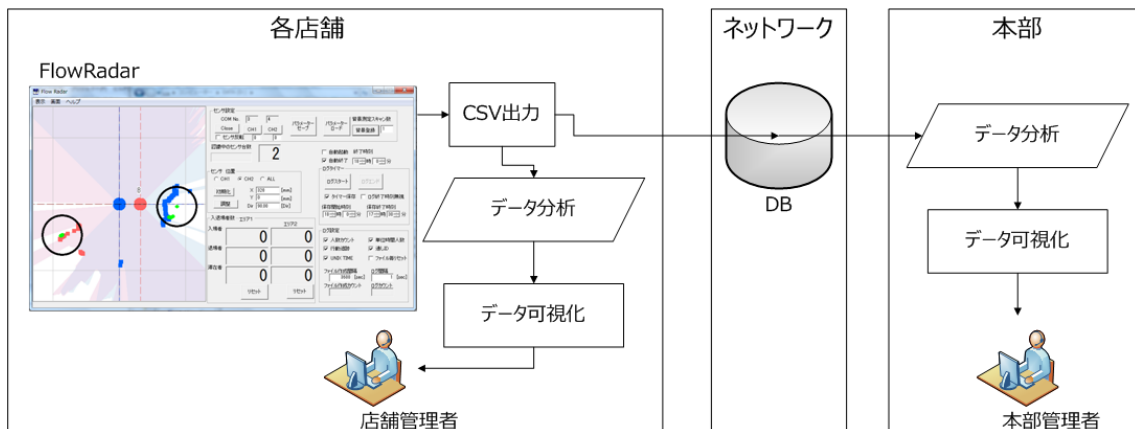


図3.3 店舗設置でのResBe可視化システムの使用イメージ

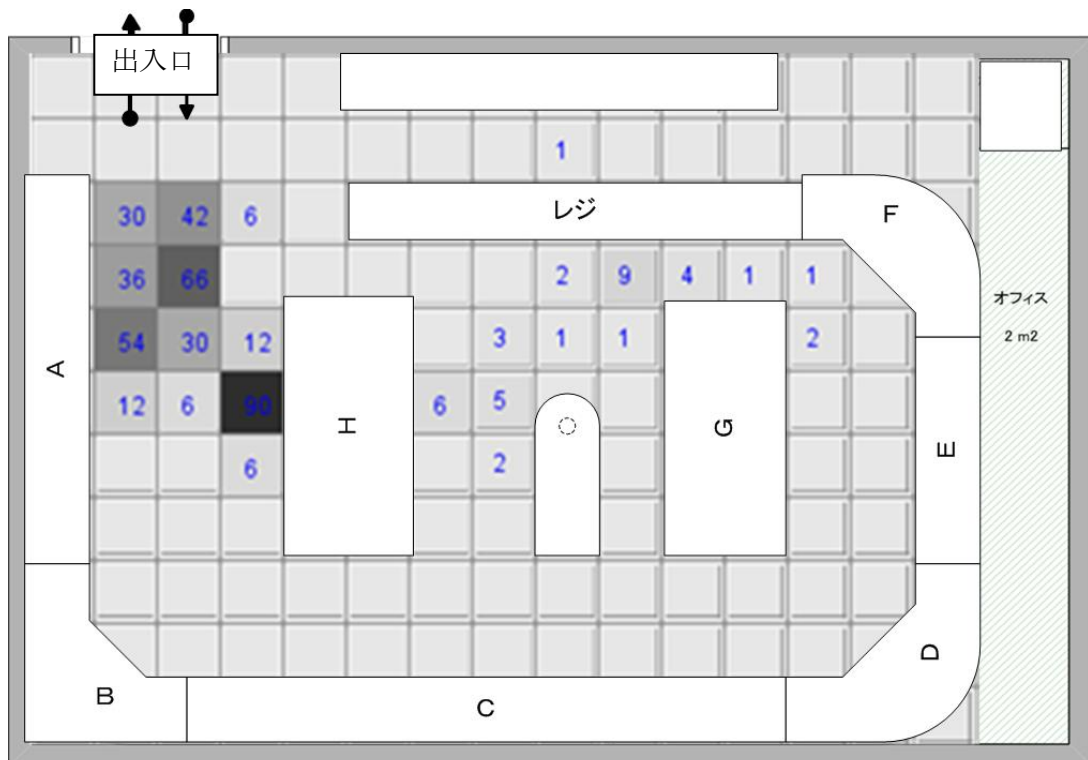


図3.4 Heatmap手法の描画イメージ

### 3.3.2 Heatmap による可視化

ResBe システムとHeatmap を用いることでプレイヤー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。Heatmapとは、アメダスに代表される気象情報の可視化、マウスの滞在やクリックが多い箇所を検出してのHPのアクセス解析<sup>13)</sup>、株式投資情報などでどの銘柄が熱いのか<sup>14)</sup>といった情報を可視化するためのツールとしてよく使われている手法である。その手法を、著者はセンサ計測範囲内をブロック分けした中で、どのブロックに人が滞在していたか、また滞在検出回数が多い箇

所（つまりは長く滞在していた場所）を可視化するという利用を行った（図3.4）。

### 3.3.3 Processing による実装

このプログラムは, Processing上で下図のようなHeatmapを生成する. 付録にソースコードを記す（付録2ソースコード）。

C#のプログラムにて変換した, それぞれのIDに対するcsvファイルをProcessingで描画する. 色が濃い, 数字が大きい箇所はその分滞在が多かったブロック（地点）を表している（図3.5）。

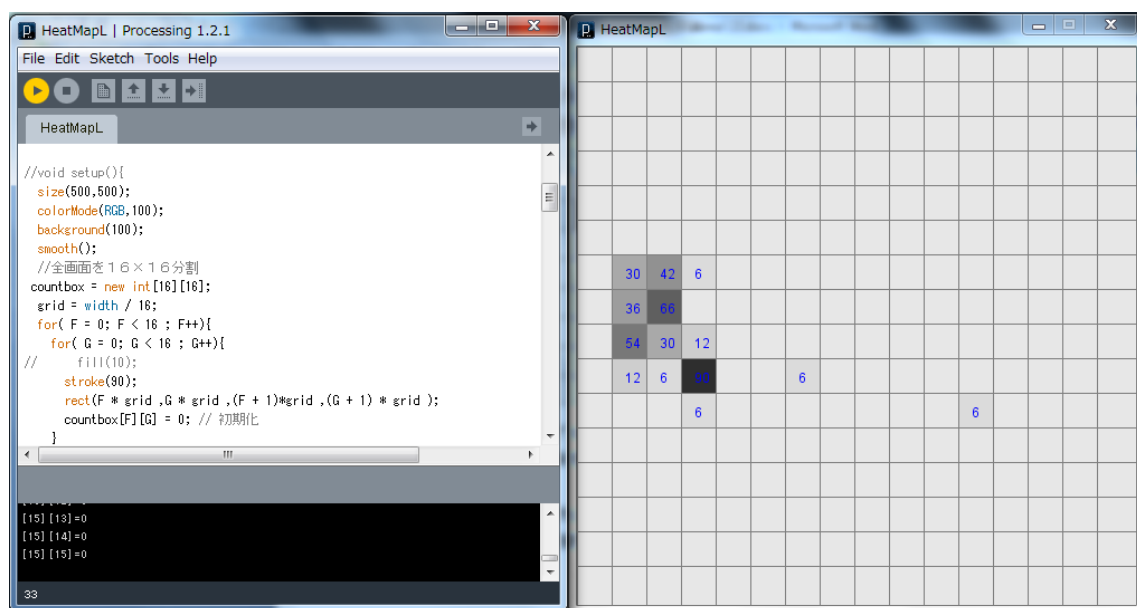


図3.5 Heatmap生成プログラム実行画面

### 3.3.4 歩行動線の可視化

ResBe システムにおけるデータベースは, 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3.6に示す.

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.

これにより提案する手法の歩行動線は可視化することができた. 以後, この手法を「Flow line」と呼ぶ.



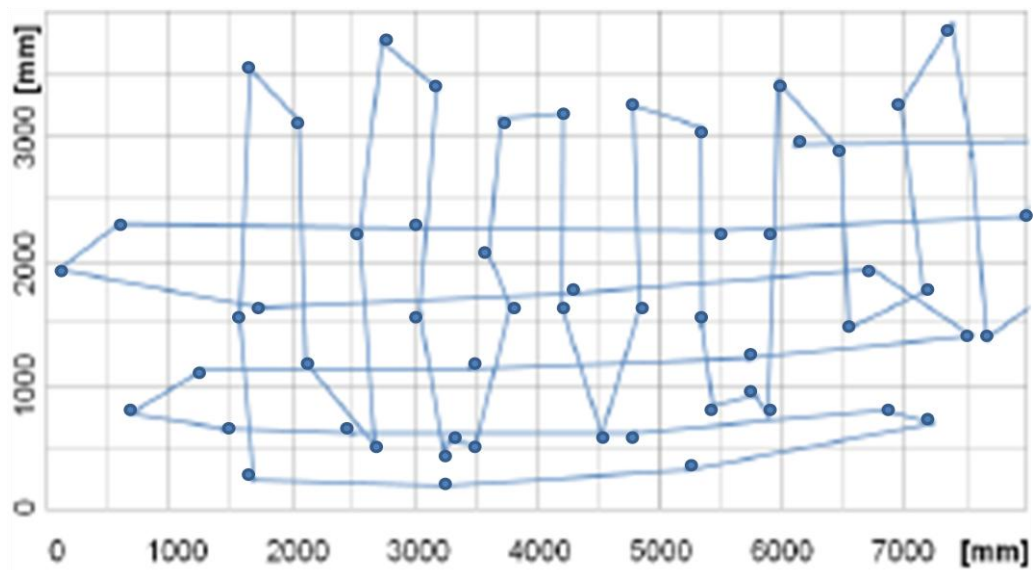


図3.6 1 辺500mm のタイルの升目に沿った際の歩行動線サンプル

### 3.3.5 C#による実装

このプログラムは、Flow Radarから出力されたcsvファイルを読み込み、Flow line（図3.7）やHeatmap（図3.8）生成、データグリッドにてデータを見やすく表示（図3.9），その後の処理を行うために、出力されたcsvファイルをそれぞれのIDに対するcsvファイルに変換を行うためのC#プログラムである．なおそれぞれの表示移動は、タブコントロールになっている．付録にソースコードを記す（付録1ソースコード）．

Flow lineタブでは、図3.7のような軌跡を、ID，時間，ID+時間での検索を行い描画することが可能．また、このタブを開くことで元のcsvファイルを変換して新しくcsv出力する処理も行う．

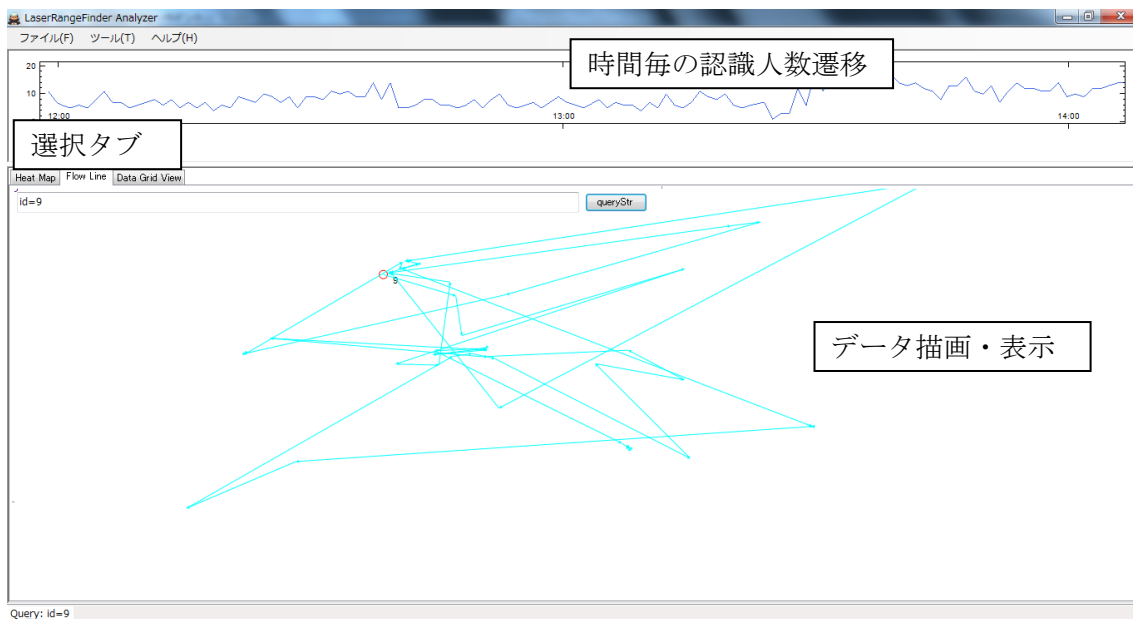


図3.7 Flow lineタブ

HeatMapタブ（図3.8）では，読み込まれたcsvでのHeatmapを生成する．

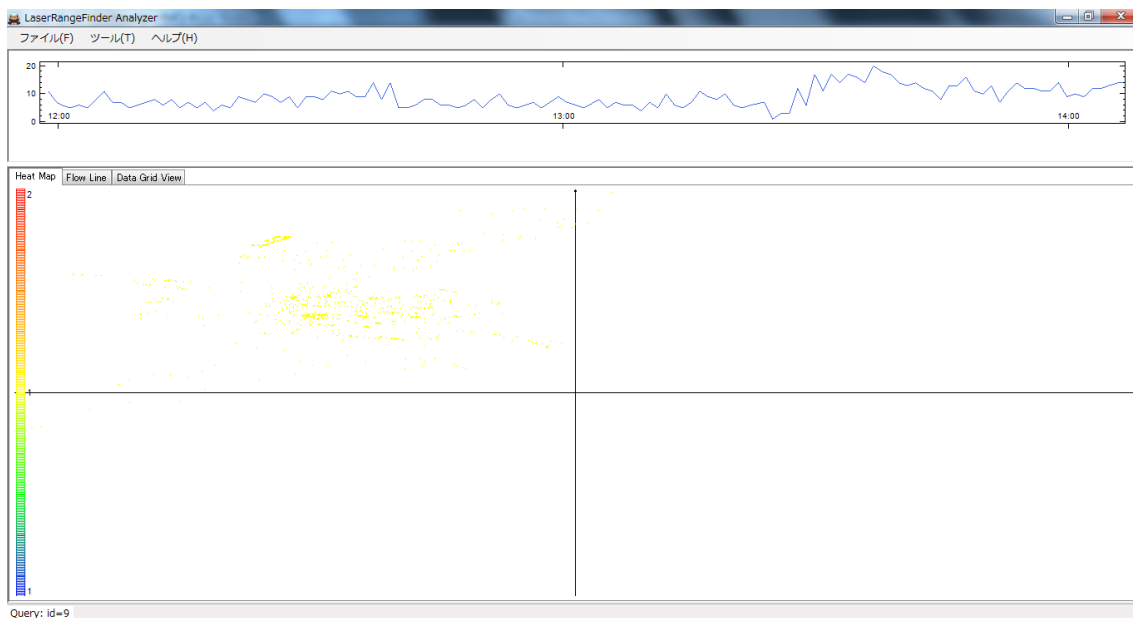


図3.8 HeatMapタブ

Data Grid Viewタブ（図3.9）では，読み込まれたcsvをデータベース形式に変換し一覧表示する．項目別にデータのソートも可能である．

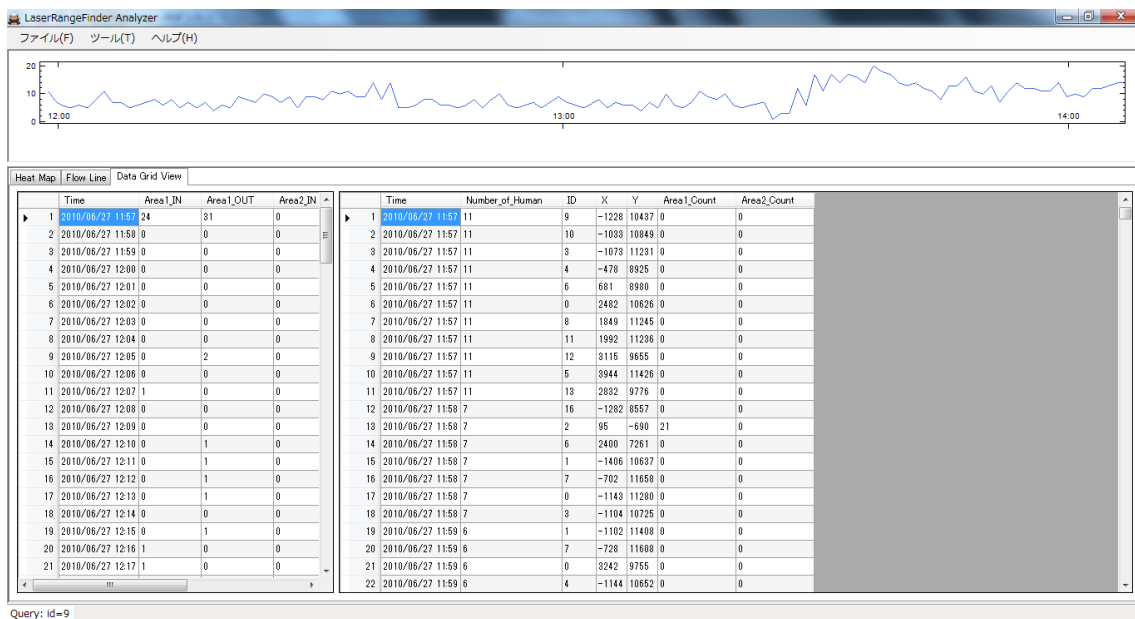


図3.9 Data Grid Viewタブ

### 3.3.6 可視化プログラムの問題点

現在の可視化プログラムは実験的には使用出来るが、実用上の検討としての場合、1日に何千人と来るような来場者の多いシチュエーションでの計測で得たデータの処理が困難であるということが後の数々の実験で明らかになっている。1日7時間の計測で、csvでのデータ数が80万行以上という膨大な規模のデータをこのプログラムで処理することは現状のC#, Processingプログラムでは現実的でない。そこで今後必要となってくるものは、膨大な数のIDデータの結合処理（途中で途切れて別のIDが振られてしまったというものをひとつに繋ぐ仕組み）、データを処理するためのデータベース、センサ間で認識している（X, Y）座標と現実空間での位置の統合処理を踏まえた可視化手法である。そしてこれらは、今後の展開としての課題となる。

## 4. 様々なシチュエーションでの計測

### 4.1 TCG を利用した遊戯状態の評価

#### 4.1.1 設置型エンタテインメントシステム「TCG」について

実空間指向のエンタテイン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、実験用タンジブルな設置型エンタテイン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（以下、TCG）を用いた。また、ストーリーや映像といった感性要素が少なく、「TCG を知っている／プレイしたことがある被験者」がいないこと（自然な遊戯状態を成立させるうえでの図1.1「未確定の活動」の維持）が挙げられる。

この業務用の設置型エンタテインメントシステムは、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4.1）。

電池を内蔵し、約1年稼働することができる。「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4.1 卓上もぐらたたきゲーム

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、実験者はプレイヤー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。

#### 4.1.2 点群による可視化

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Flow line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い、などの拘束条件からデータの正常化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「エンタテインメントシステムにおけるコミュニケーション場」では（図2.1）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においてのみ分析を行う方針とする。

図4.2は、TCGをK-1号棟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、濃い部分はそれだけ人が集まったことを示す。図4.2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。

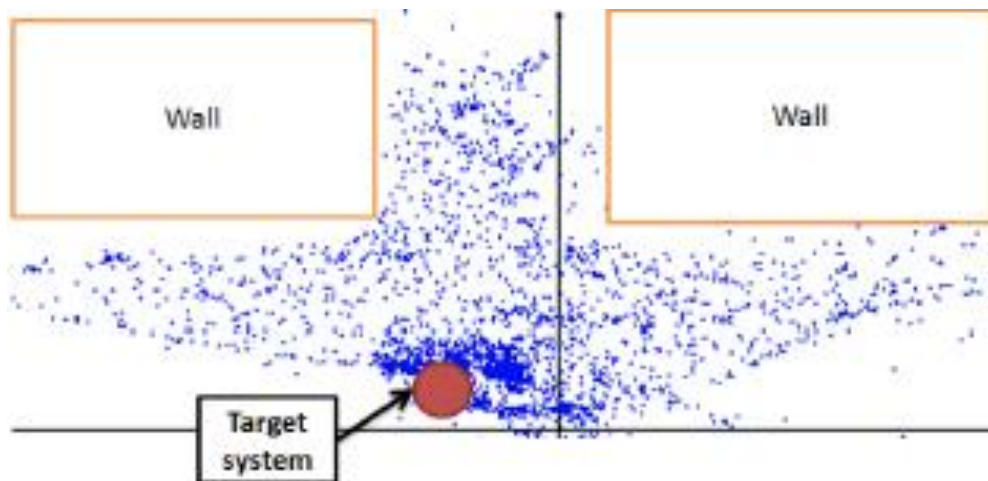


図4.2 実験空間における点群マップ

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。

またFlow lineの抽出を利用して、ある独立プレイヤーのプレイ中の振る舞いをResBe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4.3)。

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。

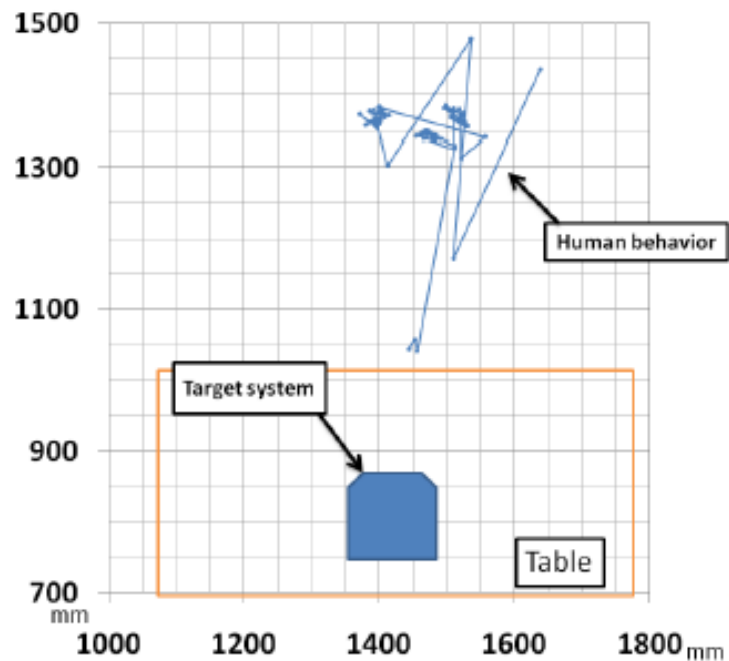


図4.3 TCG遊戯状態における独立プレイヤーの挙動線

歩行動線可視化の精度を利用したトラッキングは、連続的なプレイヤー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4.4である。

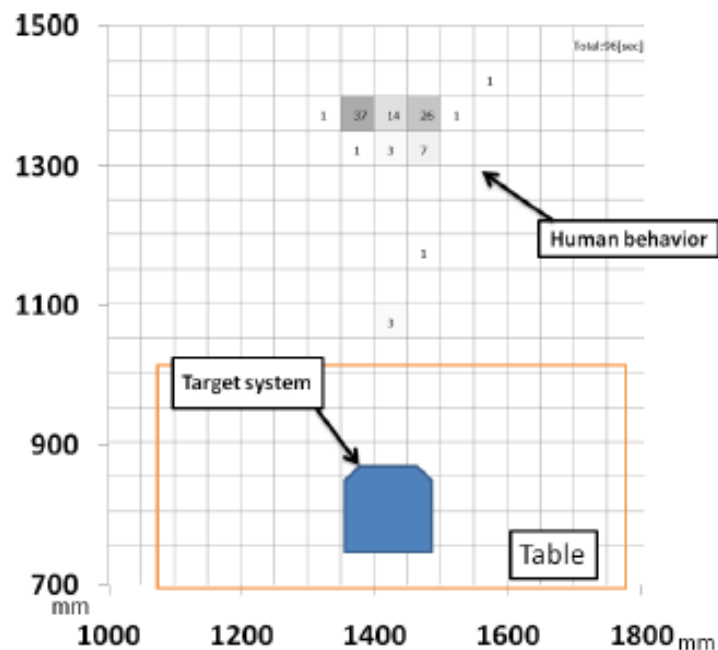


図4.4 TCG遊戯状態における独立プレイヤーのHeatmap

#### 4.1.3 点群による可視化評価の考察

点群による評価を行った結果、点群からおおまかな人の流動が見えてくることがわかった。それによって、空間内のどの場所になんがあるかとうなるのかということが見える。例えば図4.2の例で言うとう、何もない状態であれば中心付近へ向かう様な点群は発生せず、そのままエレベーターホールへと向かう様な点群になっていたのであろうが、点群から中心で何かやっているのが見えるために少し興味をひかれた人がいたことが分かる。

## 4.2 オープンキャンパスでの実験

本校にて毎月開催されているオープンキャンパス（図4.3）にてこのResBeシステムをK-1号棟一階のメディア工房に設置した際の報告を行う。

目的としては、センサの配置場所、それに伴ってのスタッフ配置、配線、センサ設定パラメータ等センサ実験の実施方法を模索することにある。

メディア工房内に様々な展示がある中、人がこの室内に何人いるのか、どのような順序で展示を見ているのか、出入り口を人がどれだけ通過したのかということ測定した。





図4.3 オープンキャンパスにて「Scritter（映像多重化技術<sup>15)</sup>）」を解説している様子

図4.4，図4.5，図4.6は実際にセンサを設置した際の様子である．被験者により起きるセンサの大部分遮蔽からくる認識漏れを補うために左右にわけて2機配置している．

図4.4では，オープンキャンパスにてメディア工房でのセンサ設置風景である．線の向こう側がこの図4.4では計測対象となっている．

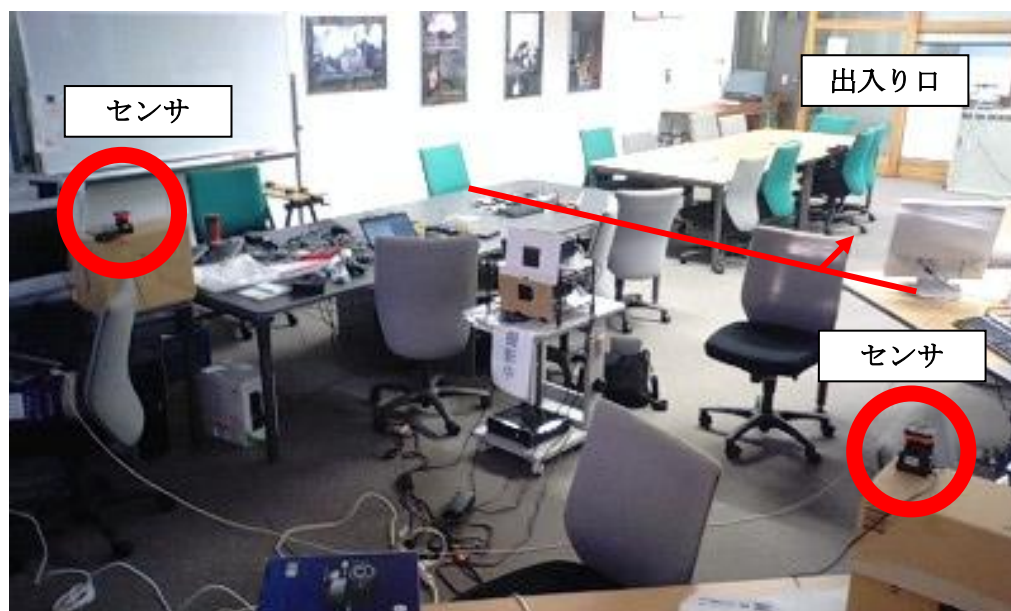


図4.4 センサ設置風景1

図4.5は，図4.4とは別日程のオープンキャンパスにてメディア工房「Scritter」展示付近をメイン計測エリアと設定しているために，図4.4よりセンサの位置が先程のものよりも出



入り口側へ移動している。

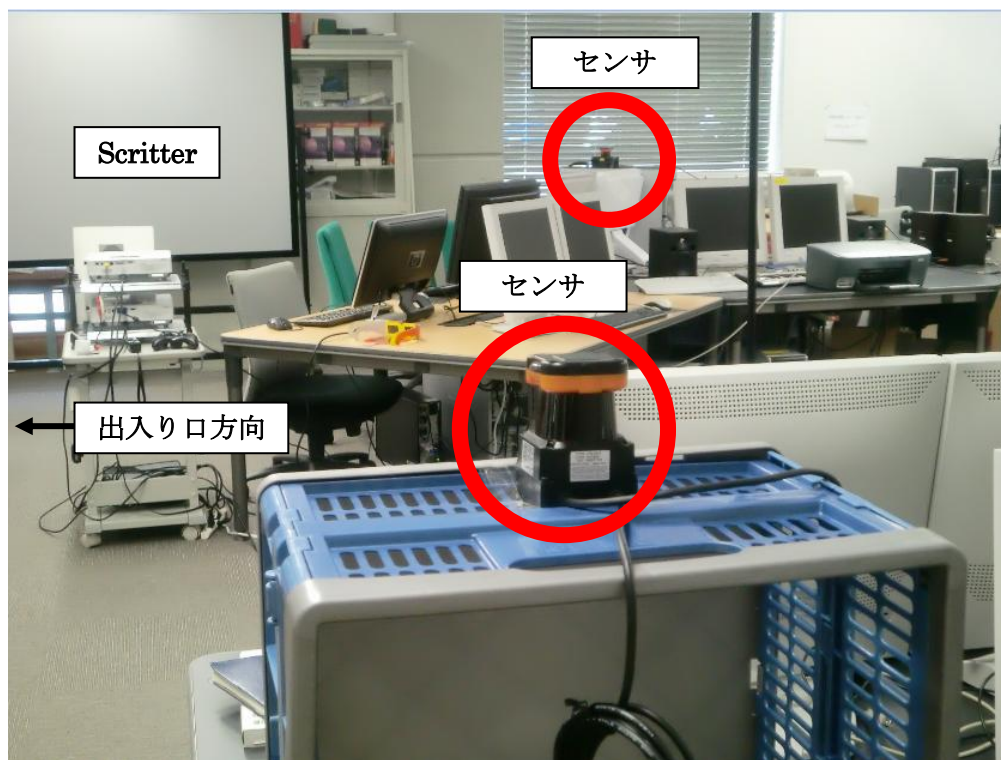


図4.5 センサ設置風景2

図4.5を別角度から撮ったもので、奥にはサブ計測ターゲットの「ひとめぼれ実験装置<sup>23)</sup>」が設置されている。



図4.6 センサ設置風景3

#### 4.2.2 オープンキャンパスを終えて

オープンキャンパスの実験から得られた成果としては、2機のセンサ間における認識座標統合（図4.7）がスムーズになり、認識の精度が上がった点大きい。センサによる測定を行ううえでのノウハウを学ぶことができたことにある。以下に特徴的な認識の例（図4.7）と誤認識の例（図4.8）を示す（なおセンサのセットアップに関しては次節4.3にて解説する）。

対象は、どちらかのセンサに認識されていればOKである。今回は位置を見やすくするために図4.7のようにセンサをお互い向かい合わせて接近した位置で配置したが、センサの真後ろは認識範囲外であるために、図4.7のような設置の仕方は現実的なものではない。

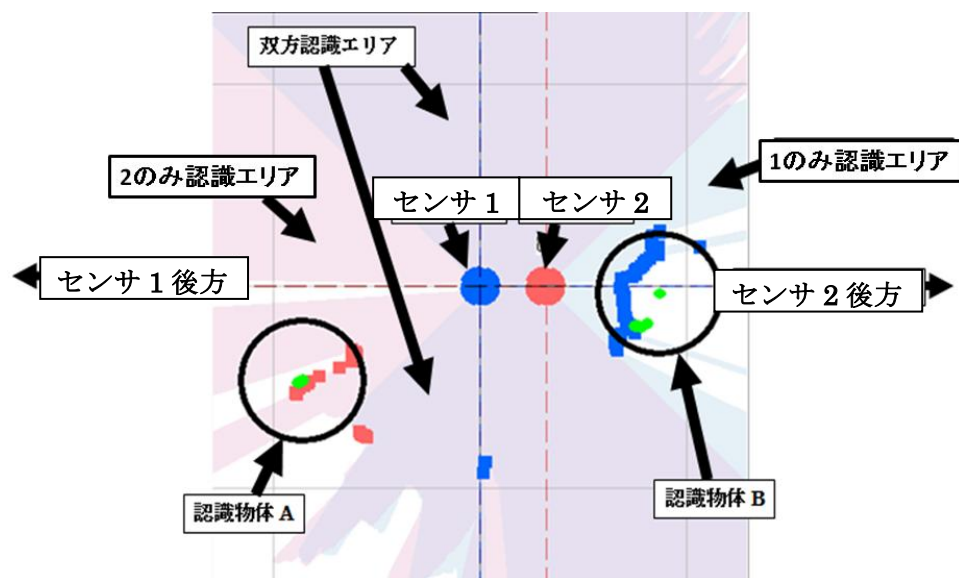


図4.7 センサの認識範囲説明用「Flow Radar」画像

図4.8中454と466は同じ物体であるがセンサの認識範囲統合がうまくいっていないために複数のIDで認識されてしまっている。

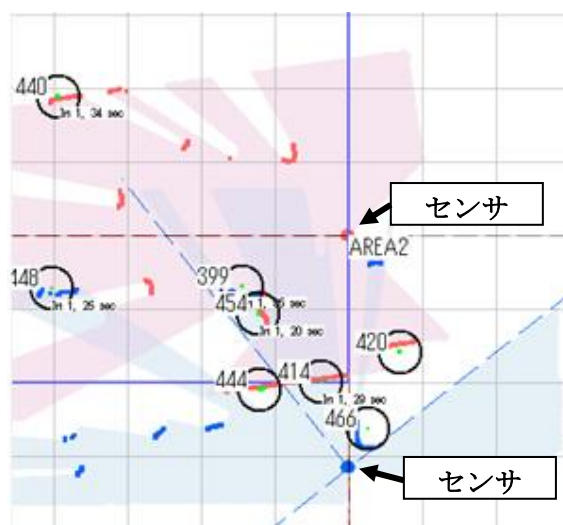


図4.8 認識範囲のミスで誤認識をしている例

### 4.3 センサセットアップでの留意事項

センサを設置して実験を行う際に気を使うべき点を以下に列挙する。

- (1) 適切な設置環境にセンサを設置する
- (2) センサどうしの認識座標のキャリブレーションを正確に
- (3) 実験実施中の装置への接触に注意
- (4) 認識させるターゲットを明確に
- (5) センサを被験者の目になるべく触れないようにする

(1)の適切な設置環境とは、地面から水平であることと、誰かに簡単に動かされる心配の無い場所で位置がちゃんと固定できる場所である。また、(3)とも重複する点ではあるが、被験者がどのような状態（後ほど図例をあげて解説）に変化してもどちらか一方での認識が行えるような2機のセンサの位置関係を考慮する。

(2)センサ間の認識座標統合という作業での精度は、そのまま物体認識の精度に直結するため複数台のセンサを使う際にとても重要な作業である。Flow Radar という専用のソフトを使用して行うわけであるが、この作業がうまくいかなかった場合、単体の対象を複数の対象であるとして誤認識してしまうことになりデータの整合性が損なわれることとなる（図 4.8）。位置の合わせが完了したら、今度はセンサに背景となる物体を登録しておく。その際には計測対象である人はセンサの認識から外れなくてはならない（この時人も背景登録してしまうと誤認識の原因となる）。

センサの認識範囲についても触れておく。認識している範囲はソフト上でそれぞれ青色（センサ 1）と赤色（センサ 2）の波形で示されており、正面から左右に  $135^{\circ}$  まで測ることが可能（全景  $270^{\circ}$ ）で、奥行きは 30m まで測ることができる。

(3)実験中にセンサに触れられる等で位置が変わらないようにする（もし動かされてしまった場合、再度(2)の作業が必要となる）、関係者によるセンサ認識範囲の遮蔽を防ぐ（被験者が遮蔽になるのは仕方がないしそこで動いてもらうことは逆に実験としては良くないのではないかと考える）ことである（後に図例で解説）。

(4)認識する対象を設定することも大切である。センサの設置する高さを人のお腹あたりに設定しなくてはならない（人として認識させるためには40cm程度の太さがないといけない仕様になっている）ために、小さな子供を測る場合にはお腹までは下げなくてもある程度の低さが要求される。

(5)自然な状態を計測するうえでとても大切なこととなる。先程紹介した春光社のデジタルサイネージがそのいい例であるが、センサを使用して研究を行っているはずの著者が春光社デジタルサイネージサービスの存在を知るまで、その存在に気がつかなかったという恥ずかしいケースでもある（図4.9）。毎日通学途中知らず知らずのうちに自身も計測対象になっていたが、計測の目的やシステムの構造を知る人物による遮蔽や、知らなくてもセンサの前に立ち遮蔽するなど、トラブルの原因となる（図4.17にて詳細解説）。



図4.9 OpusFusion実際の画像

図4.9は、著者が実際池袋駅西武池袋線改札前で見えてきたものであるが、属性センサ部分はセンサがあると分かっているにもかかわらず確認できなかった程、見ても分からないものであった。

次に、PC上でセンサセットアップ（図4.10）を行うソフトウェアであるFlow Radarの解説を行う。

図4.10中の囲ったところにセンサ接続台数が記されている。センサどうしの認識波形位置合わせは、図4.10のセンサに当たる赤と青の●をマウスでドラッグしたままでの移動となる。角度は、同じくセンサの●で右クリックを押しながら動かせるようになっている。

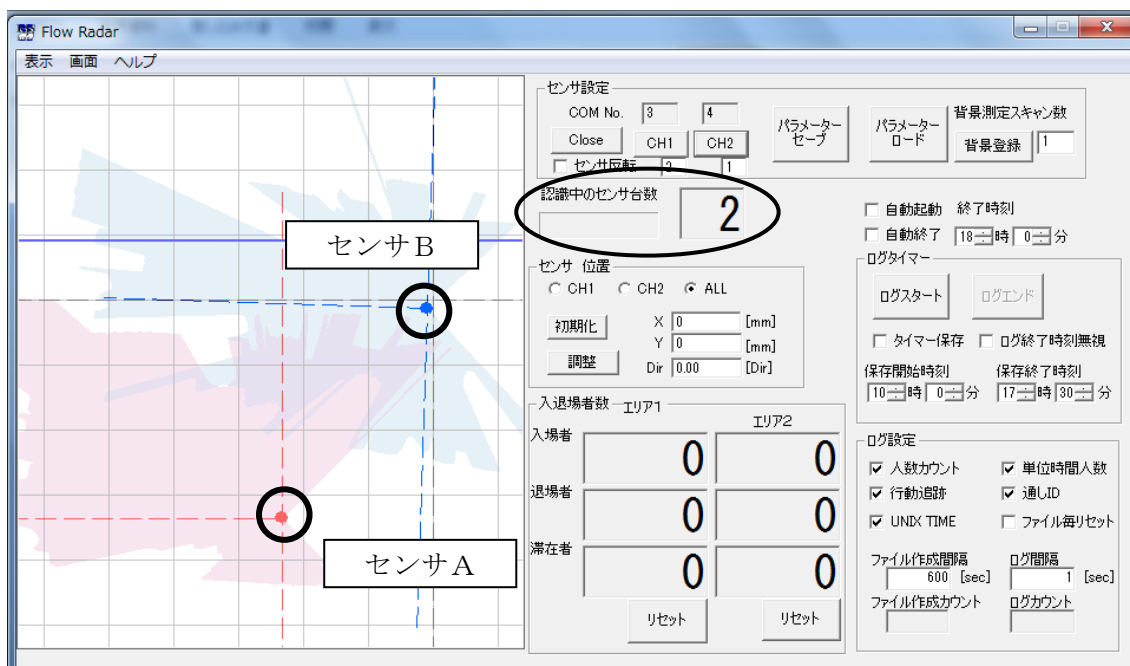


図4.10 Flow Radar起動直後の画面

図4.11は、センサ認識波形の位置合わせが完了した図である。このようにセンサどうしの示す出力が重なったら、次は「背景登録」をする。このとき、観測者含め全ての認識対象者は一度センサの認識範囲から外れるか、センサ高以下にしゃがむ必要がある。もちろん実験を行う際は予め人が少ない時に行っておくと良い。

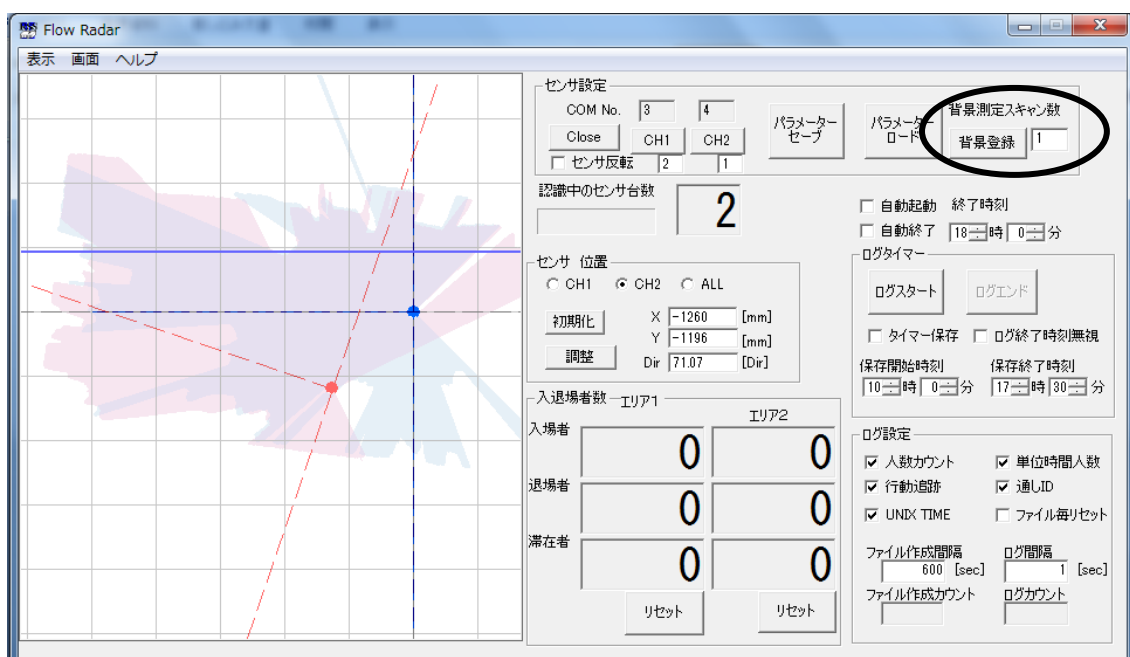


図4.11 Flow Radar起動画面1

背景登録が完了すると、認識が開始される（図4.12）。現在ID=4の人間を認識している。また、左上メニューから「パラメータダイアログ」を開くとセンサの認識範囲内にエリアを設定することもできる（図4.13）。

X, Yの値を設定することで最大二つエリアを設置することができる。エリアに出入りした回数、エリア内滞在数、滞在時間も測ることが可能となる。

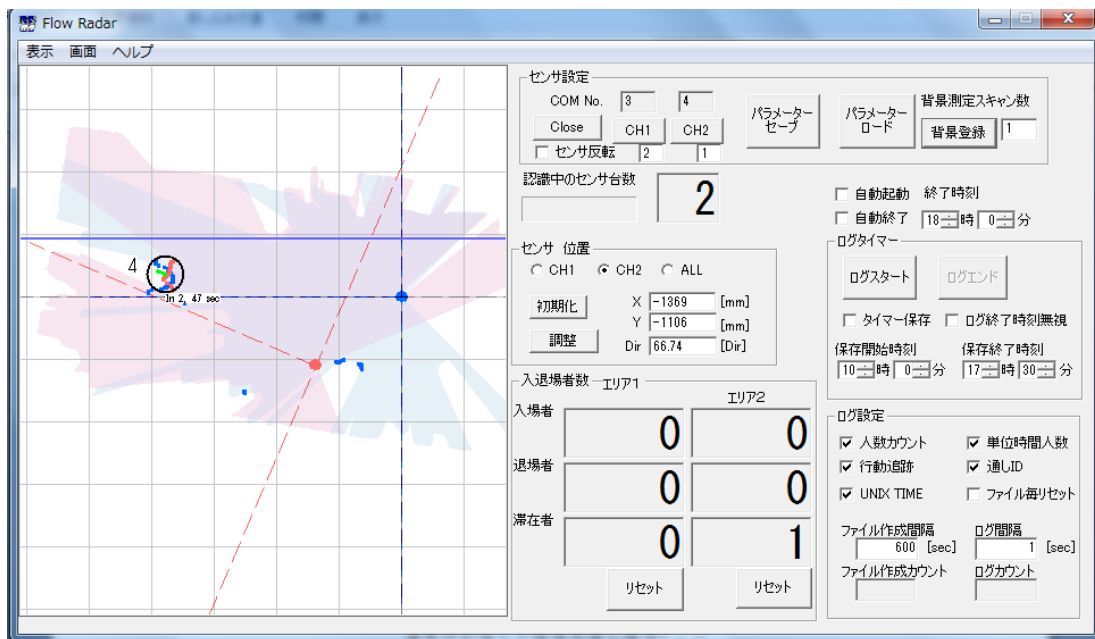


図4.12 Flow Radar起動画面2

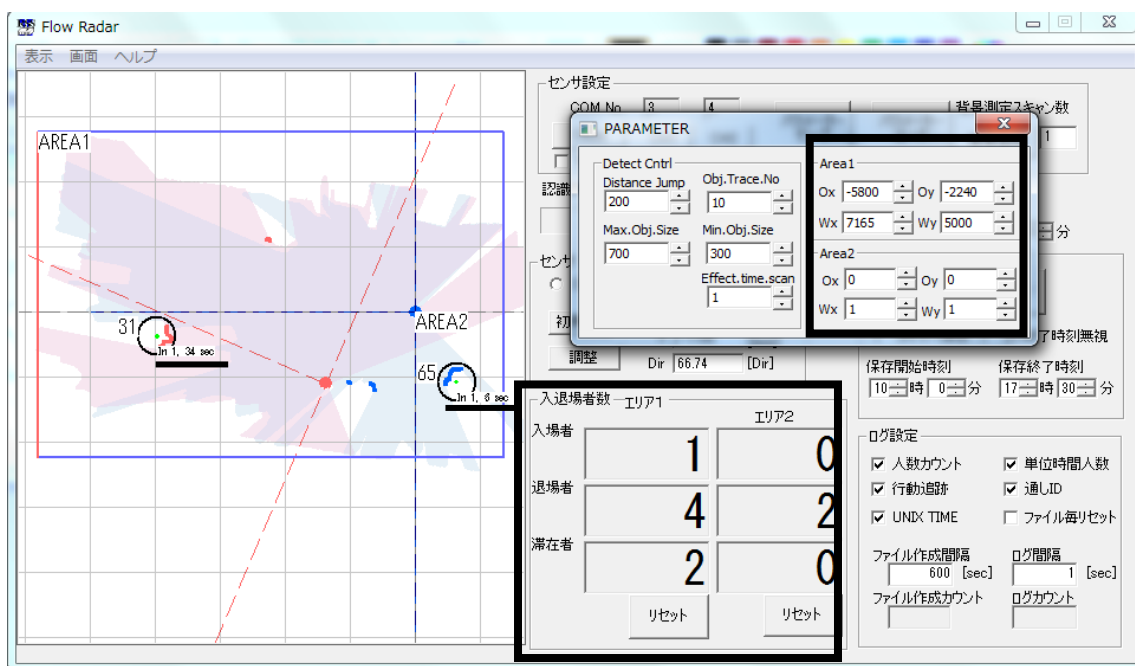


図4.13 パラメータダイアログ



Flow Radar左の描画画面をマウススクロールで拡大縮小も可能である（図4.14）。

設定が終わったら、パラメータデータをセーブしておくと同じシチュエーションでの実験を行う場合等に便利である。次に、画面右にあるパラメータを設定し、ログを取得するための設定を行う。ここは、基本的には図の様なチェックで運用する。ファイル作成間隔、ログ間隔はあまり細かくし過ぎるとデータ量が多くなってしまうため、作成間隔600sec、ログ間隔1sec以下は推奨しない。全体の計測時間、測定人数規模、用途によって上下する。最後に、「ログスタート」を押せばcsvログファイルの出力が開始される（図4.14）。

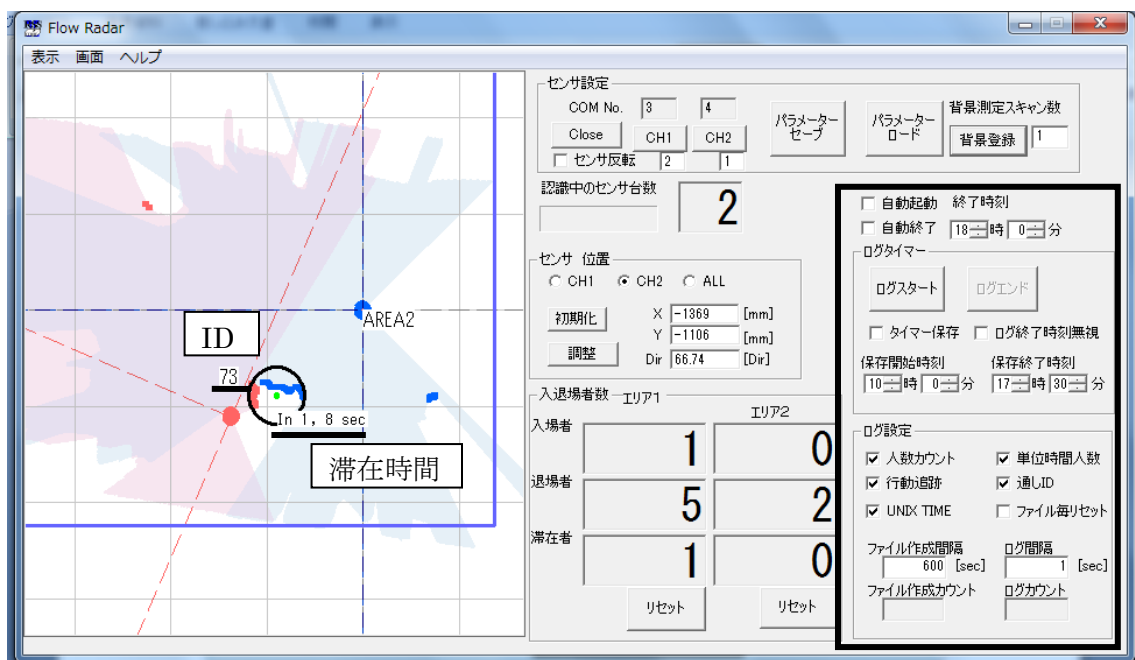


図4.14 Flow Radar起動画面3

計測を行っているうえで起きてくる様々な事例図

図4.15では、途中で別のIDに変わることなくうまく軌跡検出ができていない例。遮蔽などで計測がうまくいかないとIDが次々と発行されて後の処理が大変になる（処理行が増える、IDの結合を行わなくてはならなくなる）。

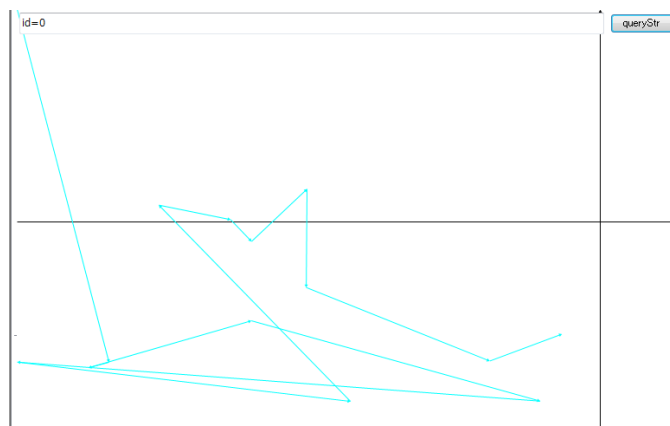


図4.15 Flow line

### [主な遮蔽パターン]

人に挟まれてD, Eが認識されていない例（図4.16）．直線方向で飛ぶ赤外線レーザーセンサなので、その対角線上に遮蔽が起きれば当然その後ろの物体は認識されない．

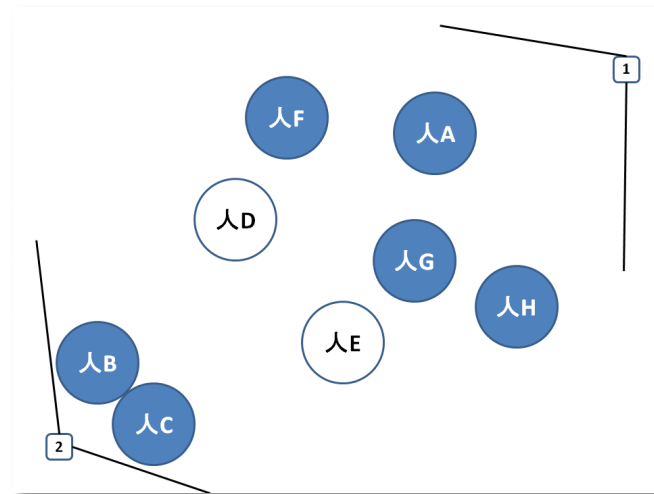


図4.16 認識パターン1

センサに人が近づき過ぎて遮蔽幅が大きくなったためA, B以外認識されていない例（図4.17）．センサが見えないような自然な計測環境を目指す場合こういった全遮蔽問題は考慮にいれるべきである．

図4.17のようにセンサに人が近づき過ぎて全く中の人を認識できないという場合はもとより、図4.16のようにセンサには近くなってもセンサとの対角線上に別の人や物があつては認識がされない．しかし、図4.16では図4.17のように左右のセンサのうち片方が完全に遮蔽されていないために、センサ1のみで認識可能なA, G, H, Fは認識できる．

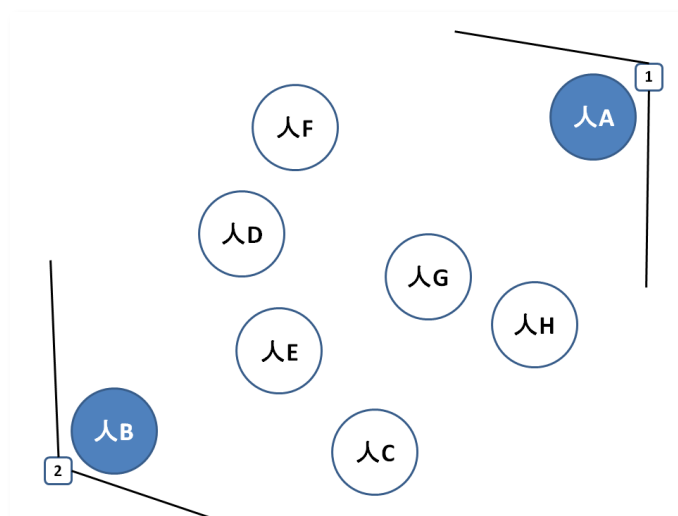


図4.17 認識パターン2



### 【センサが動かされてしまう例】

図4.18は、設置してある台、テーブルに横から力がかかった場合に、センサがずれた、落下してしまったという例。

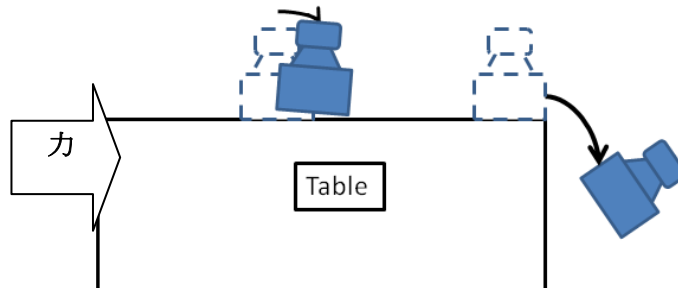


図4.18 アクシデント例1

図4.19は回転してセンサの向いている向きが変わってしまった例。センサの認識座標が変わってしまうためにターゲットの誤認識が大量に発生する。回転は人間の目に見えない程の少しの回転でも、数メートル先では大きな変化になるだろう。特に気を付けるべきである。

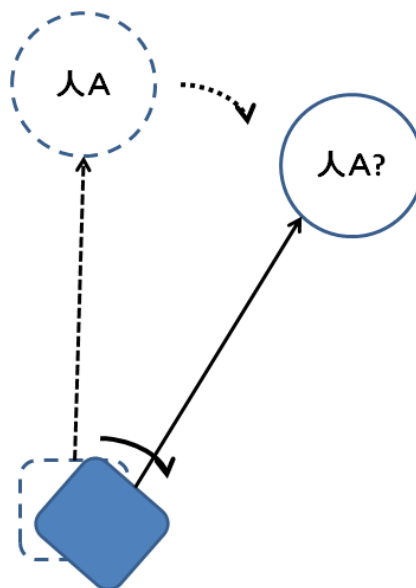


図4.19 アクシデント例2

また、上2例が起きてしまうと再度背景登録の作業が必要になり余計な手間がかかってしまう。

これらの例のように、計測を行ううえでのセンサ配置を考える作業はとてもシビアである。そこで、上記のようなこれらの問題を手軽に解決するために、三脚やマウンタの使用をして再発を防いだ（図4.20）。また可能であれば建築物への埋め込みを推奨する。



図4.20 三脚を使用してのセンサ設置例

### 4.3 インタラクティブ東京 2010 での実験

#### 4.3.1 実験環境

インタラクティブ東京（以下iTokyo）2010は8月24，25日に日本科学未来館にて開催した，最先端の革新的なインタラクティブ技術を広く伝えるためのイベントである．「研究のプロセスとしての実演発表」というコンセプトで，2カ所の室内空間を使用し，様々な技術者や学生達が実演展示を実施．本イベントには世間に技術を広めるということ以外にも，来場者や他の展示者との技術的交流という点でもとても意義がある．また，第18回国際学生対抗バーチャルリアリティ（VR，コンピュータグラフィックスや音響効果を組み合わせて人工的に現実感を作り出す技術）コンテストも同時開催された．

著者はその会場にて当ResBeシステムを使用し，来場者の室内空間での振る舞いを物理データに起こすという実演，展示を行った．

#### 4.3.2 ポストプロセスにおける課題

iTokyoを終えて，まず問題となったことは処理データの多さである．計測時間としては今まで計測を行ってきた中では最長のAM10時～PM5時までの7時間なのであるが，1日分のトラッキングデータ数が80万行以上となる時間・データともに大規模なものであった．今後の課題としたいFlow Radarから出力されるcsvデータは特殊な表記のデータであること，まだ大規模データ処理の手法が確立していないということ，現場が動的であったこともあり，ここで抽出したデータから意味を取り出す作業がとても難航することとなった（論文執筆現在でも継続中）．

## 5 社会におけるセンシング技術の倫理面に対する考察

### 5.1 サイエンスアゴラでの実験

国際研究交流大学村（日本科学未来館，東京国際交流館，産業技術総合研究所臨海副都心センター）にて11月19～21日の期間で開催された。このイベントは，大学生，研究者，アーティスト等がこのイベントを通して一般の人たちにサイエンスを楽しく伝える，参加者の理解を深めるということを目的に2006年から毎年開催している。ちなみに「アゴラ」とはギリシャ語で「ひろば」という意味。

### 5.2 ワークショップを通した社会実験

研究室として，21日（日）に国際交流館にてワークショップ「アブナイ科学技術を社会に伝えよう！～世の中のシカケを知るためのゲームとマスコミ～」を行った<sup>24)</sup>（図5.1，図5.2）。普段では評価をする側の著者が，今回の場合はレーザーセンシング技術に対する社会的評価を受ける立場となる。



図5.1 サイエンスアゴラ会場風景（全景）







図5.4 新聞社チーム



図5.5 ゲーム雑誌チーム

しかし、いざ記事を書いていくと、「先ほど体験した技術が原因になった」とある事件が発生する。そうした場合、この3つのメディアの立場ではそれぞれどのような記事の展開

を迎えるのか?というシナリオが本ワークショップの流れとして設定されていた。「それぞれの立場に分かれて記事を書く」という体験を通して、科学技術の表現における可能性、リスクや社会的課題、メディアのあり方についての理解を深める機会を与えることが本ワークショップの目的である。

また、会場にて参加者の方々に、ワークショップが始まる前と後とで同じような質問を書いたアンケートを実施。赤外線測域センサ、Kinectをワークショップ会場に設置して（図5.6, 図5.7, 図5.8）実際に技術に触れてみることによってアブナイ先端科学技術に対しての理解や、価値評価がどのように変わったのかということを検証した。

サイエンスアゴラ会場設置した際のFlow Radar画面。センサ認識エリアには現在15物体が認識されている（図5.6）。測域センサは、今回急ごしらえであったためにXbox360®の上に設置した（図5.7）。



図5.6 Flow Radar画面



図5.7 設置されたセンサ

Kinect本体の画像（図5.8）を見て分かる通り，赤外線が出ている．これは北陽電機の赤外線ToFではなくLight codingと呼ばれるPrime Sense社の技術である．



図5.8 Kinect本体

### 5.3 ワークショップを終えて

ワークショップ内にて開催前後に実施したアンケートを集計したところ，センサに対して測定されることへのプライバシーが気になるという回答を数点いただいた．社会的な意見として倫理面の心配があげられたため，倫理面についての考察も重要である．パブリックスペースでの使用等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」<sup>11)</sup>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ると考えられる．

一方で，事前アンケートではセンサに対して「技術的に分からない」と答えていた方も事後アンケートではその件数が減り，面白いという印象に変わったという方が全体の4割いたこと，「いくらなら導入を考えますか？」という質問では事前の平均より事後の平均金額が上であったことから今回取り扱った技術に対しての技術的理解や，良い印象を持ってもらえたことから，アブナイ科学技術を伝えるという目的も達成できたのではないかと感じている．それと同時に，Kinectの例のように技術的に素晴らしいものでもテクニカルアセスメントのような社会理解がなければ正しい評価を受けられないということも学んだ．

また，今回計測したデータを可視化したものをここに示す（図5.9，図5.10，図5.11，図5.12）．認識回数が多い箇所，つまりは人の動きが多い箇所が図中で色が濃く表示されている．

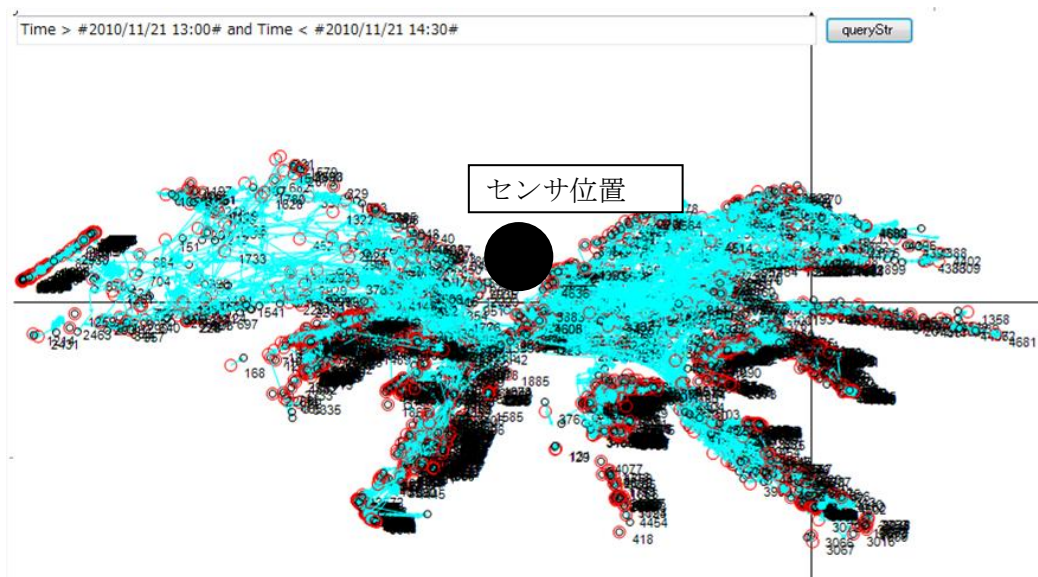


図5.9 ワークショップ会場で計測した認識物体による全時間の軌跡

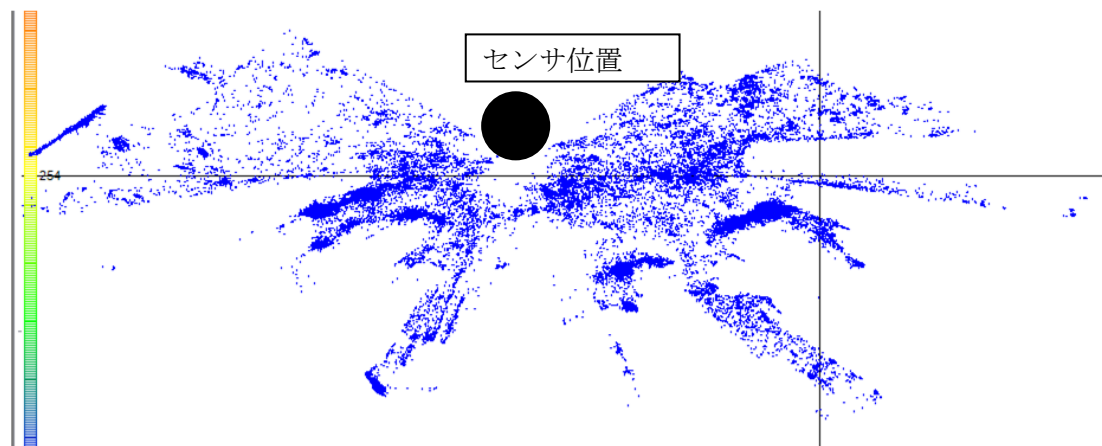
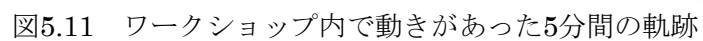


図5.10 ワークショップ会場で計測した認識物体による全時間のHeatmap

会場内で動きがあった時（図5.11），なかった時（図5.12）とでの軌跡の違いが如実に表れているいい例である．Flow lineデータからもその場所の賑わいがどうであるのかがわかる証明になった．

今回は，システムを「見てもらう」という意味が強かったので，センサが測定室内の中心部付近に設置されたが，被験者の室内での行動を狭めてしまったという現象もResBeのデータから見られた．そこから分かるように，センサは壁付近の被験者に対しての動きの邪魔にならない場所に設置し，室内中心部にある展示物まわりを評価するというような設置が望ましいことがこのワークショップでの計測を通して確認できた．





## 6. 提案システムの有用性

### 6.1 ワークショップを終えて

今回様々なシチュエーションで計測を行ってきたが、先にあげた関連研究やコンテンツサービス、ワークショップでの知見等からも分かる通り、ResBeの持つFlow line, Heatmap手法は社会的にニーズが様々な場面で認められると考える。例をあげると以下のようなものがあげられる。

- (1) 高齢者在宅看護向けの家電自動制御
- (2) 建築等の空間評価
- (3) 遊戯施設における安全性評価
- (4) 案内表示の効果測定
- (5) 商業施設の利用状況評価
- (6) 空調の快適性評価
- (7) 病院等での待ち時間による利用者のストレスの評価
- (8) 接客サービス業などの品質評価
- (9) 教育環境における集中力評価

(1)家電制御を行うことでお年寄りの生活を可視化することで現在の状況を見ることができるので体調管理や徘徊の防止に繋がる。

(2)建築を行う際に、どれ程の空間を作れば人がうまく動線を確認して安全に行動できるのかということの検討を行うことができる。

(3)(2)の内容に加え、待機列や人の目の届きづらい暗所などでの設計上想定しなかったような動線が起きないかといった危険性の検討や展示物の破損・改修速度を評価することに利用可能。

(4)人の動線を見ることで案内表示が適切に機能しているかの評価が可能。

(5)行動軌跡や滞在をみるうえで、第三者が介入してしまうと利用者の行動状況が変わってしまわないよう測定を行うことでの施設評価。

(6)(5)の内容に加え、施設の利用状況に合わせて空調を調整することができれば快適な施設環境を提供することができる。

(7) 待ち時間の滞在時間や行動を計測することで利用者がどのような状況に陥っているのかを検討し、サービスの向上に繋げる。

(8)(7)の内容の応用。

(9)「バーチャル教室」<sup>22)</sup>といったような教師が介在しない講義であってもカメラを使うことなく受講者の集中を把握することができる。

### 6.2 今後の展望

今後の展望としては、展示物会場のレイアウトや混雑解消などを考慮する、バーチャル

教室等の学習環境における集中力の評価，店舗や住宅等でのセキュリティ等にも利用できる可能性があるために今後実験を重ねていければと考えている．

技術的な課題としては，大規模なデータを収納・処理するデータベース技術，現実世界での座標とリンクさせた可視化处理，今回提案した**Heatmap**手法や**Flow line**機能を拡張し，時間的な変化や人々の興味の方角をシステム側から自動推定，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やデジタルサイネージのためのインテリジェントモデルへの展開と同時に，例であげたようなストアマネジメント用途のようにエンドユーザでも扱えるという一般化についても検討したいと考えている．

## 7. むすび

今回測域センサを用いたエンタテインメントシステム周囲に滞在する人物の動作を遠隔評価可能となるシステム「Remote entertainment space Behavior evaluation (ResBe)」の可視化プログラム開発をProcessing, C#にて行った。

ResBeシステムの検証として、オープンキャンパス等様々なシチュエーションのパブリックスペースにおいて合計10回の実験を行い、取得したデータから点群マップや、Flow line, Heatmap手法を用いて可視化し、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た。

結果、ResBeシステムは「複数の人間が関わる自然な遊び状態」を可視化し、カメラ認識の手法では取得しづらい「人がどの地点にどのくらいの時間いたのか」といったストアマネジメント向けの応用に価値の高いHeatmapデータを取り出すことができた。

また、ワークショップを通した社会的実験から、このセンシング技術の有用性と倫理面における社会理解についても調査できたことも大きい。

今後、開発した可視化手法を更に進め、意味を取りだしやすい形で描画ができるように研究をすすめていきたいと考えている。なお今回提案した手法以外にもいくつかの可視化手法があるが、本研究として計測および実験のバリエーションを重視したため、本論文のような構成となった。以下に本研究に関連する発表業績を記す。

### [発表業績]

(1)第 15 回日本バーチャルリアリティ学会大会：「ResBe:エンタテインメントシステム周囲のコミュニケーション場に対する遠隔評価手法」, 岩楯翔仁, 荒原一成, 周立, 白井暁彦, 9/15-17, 2010. (付録 3)

(2)エンタテインメントコンピューティング 2010：「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ンメントシステムの物理評価手法」, 白井暁彦, 岩楯翔仁, 瀬口慎人, 鈴木真一郎, 長谷川晶一, 10/22-24, 2010. (付録 4)

(3)第 7 回神奈川産学チャレンジプログラム：「TCG を利用したシルバー世代向けビジネスへの提案と構築」, 荒原一成, 岩楯翔仁, 周立, 2010.

## 謝辞

電話取材並びにロケーションテストの実施に協力していただいたケアハウス「えがりて」様、グループホーム「ツクイ荻野サンフラワー」様に感謝の意を表します。

センサ機器をご提供いただいた北陽電機株式会社，エンタテインメントシステム機器をご提供いただいた株式会社HORI，センサ研究関係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) 白井暁彦, 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) 白井暁彦, 長谷川晶一, 小池康晴, 佐藤誠: タンジブル・プレイルーム: 「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」: <http://www.xbox.com/ja-JP/kinect/>.
- 4) 白井暁彦: 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) 船津聡, 齋藤豪, 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: 複合コミュニティ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 VIRTUALVRIC 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/helsinki02j.html>.
- 12) 「OpenNI User Guide (2010)」, <http://www.openni.org/documentation/>.
- 13) 「User Heat」, <http://userheat.com/>.
- 14) 「日経225 ヒートマップ (Nikkei225 heat map) [世界の株価と日経先物]」, <http://nikkei225jp.com/nikkei/map.html>.
- 15) 長野光希, 宇津木健, 山本倫之, 白井暁彦, 中嶋正之: ステレオ立体視技術と高い互換性を持つ多重化映像提示システムおよびコンテンツ制作手法の提案, 日本バーチャルリアリティ学会第15回大会論文集, pp.166-169, 2010.
- 16) 「株式会社春光社 ユニキャストこと業部」, <http://www.ucast.shunkosha.co.jp/>.
- 17) 成谷峻, 赤塚大典, ソンヨンア, 橋田朋子, 寛康明, 苗村健: 呼吸する美術館: CO<sub>2</sub>濃度の時空間的視覚化を用いた展示支援システムの提案, 日本バーチャルリアリティ学会第15回大会論文集, pp.118-121, 2010.
- 18) 「センサデータ内の活動の地理分布に基づく時間のセグメント化」, 特開2009-134688, 富士ゼロックス.
- 19) 「サイネージと連携する情報処理システム及び方法」, 特開2010-160780, ヤフー株式

会社.

20) 「通行人流動データ生成装置、コンテンツ配信制御装置、通行人流動データ生成方法及びコンテンツ配信制御方法」, 特開2011-008571, 株式会社春光社.

21) 「 Tag Team: Tracking the Patterns of Supermarket Shoppers 」 , <http://knowledge.wharton.upenn.edu/article.cfm?articleid=1208>.

22) 酒井士文, 間下直晃, 吉光康大, 重野寛, 岡田謙一, 松下温: バーチャルクラスルームを利用した講義イベントによる講義の構造化, Information Processing Society of Japan(IPSJ), グループウェアとネットワークサービス, pp.19-24, 2002.

23) 加藤匠, 横田真明, 山下泰介, 服部元史, 白井暁彦: 日本バーチャルリアリティ学会第15回大会論文集, pp.234-237, 2010.

24) 「サイエンスアゴラ2010ワークショップの結果」, <http://i2ta.org/news/i2ta/agora2010.html>.

## 外部発表リスト

(1)第 15 回日本バーチャルリアリティ学会大会: 「ResBe:エンタテインメントシステム周囲のコミュニケーション場に対する遠隔評価手法」, 岩楯翔仁, 荒原一成, 周立, 白井暁彦, 9/15-17, 2010. (付録 3)

(2)エンタテインメントコンピューティング 2010: 「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ンメントシステムの物理評価手法」, 白井暁彦, 岩楯翔仁, 瀬口慎人, 鈴木真一郎, 長谷川晶一, 10/22-24, 2010. (付録 4)

(3)第 7 回神奈川産学チャレンジプログラム: 「TCG を利用したシルバー世代向けビジネスへの提案と構築」, 荒原一成, 岩楯翔仁, 周立, 2010.

(4)IT シンポジウム (採択) (2011 年 3 月発表予定) .

(5)Laval Virtual ReVolution2011: 「CartooNect」 (投稿中, 2011 年 4 月発表予定) .



## 付録

(付録のソースコードはカットしています。ご希望の場合はresbe@shirai.laまでご連絡ください)

付録 1. ResBe 可視化プログラムソースコード (C#)

付録 2 .Heatmap プログラムソースコード (Processing)