

床大画面エクサテインメントの開発

大杉友哉[†] 岡西諒大[†] 山本大貴[†] 高見友幸[†]

床大画面マルチタッチシステムを利用したエクサテインメントシステムの設計および制作を行った。本制作のプラットフォームとして使用されている床大画面マルチタッチシステムはプロジェクタと測域センサを用いて床面にマルチタッチ機能を備えた大画面ディスプレイを生成するシステムであるが、通常の床をそのまま利用できるため、床上を激しく動き回ったり、飛び跳ねたりするような動作が可能であり、この特徴をエクサテインメントに応用している。システムには心拍計のリアルタイム計測も組み込まれており、フィジカルトレーニングやフィットネス効果の検討もなされている。

Development of Exertainment with Floor Large Screen Display

Tomoya Osugi[†] Ryota Okanishi[†]
Hiroki Yamamoto[†] and Tomoyuki Takami[†]

We have developed floor exertainment with a SOKUIKI sensor. In the system we produced a projector creates large screen image on floor and a SOKUIKI sensor adds touch function on it. We can move fast and jump high on the game application screen created on floor. We also used a heart rate monitor to adjust exercise to match fitness level or physical training.

1. はじめに

我々の研究グループでは、ガラステーブル面、床面、壁面に向けてプロジェクタによる投映で大画面を作り、その大画面とのマルチタッチインタラクションを測域センサ（近赤外線レーダー）によるビーム走査で生成するシステムの開発を続けている[1][2][3]。本研究では、プロジェクタと測域センサにより構成される大画面のマルチタッチシステムを床面に対して適用し、プレイヤーと床面とのインタラクションを利用したアプリケーション画面を床に投映することで、床面を動き回るエクサテインメントを実現した。

大画面に対するインタラクションの生成方法としては、1) 画面そのものにタッチ検出機能を持たせるもの[4]と、2) 画面の周辺に配置したセンサに画面とのタッチを監視させるものの2種に大別できるが、1) はタッチを検出するデバイスそのものを大きく作る必要があり、検出精度には優れるものの、現状では100インチ程度の大画面での適用が妥当である。2) は大画面に対するタッチ機能の付加がさほど困難ではないため、大画面用途に適している。また、本研究で取り上げるような、画面の上ののって飛び跳ねたり、激しく運動したりするようなアプリケーションに対しては、1) の方式は不適であり、2) の方式を取らざるを得ない。

画面とのタッチ監視をするセンサとしては、測域センサよりも安価な赤外線カメラを用いたシステムが多用されているが、測域センサを用いたシステムでは、床面とのタッチインタラクションの精度に優れる点、システム構築が簡単な点で、エクサテインメントのプランニングやプロトタイピングには有利である。

2. システム構成

図1に示されるように、床面に対してプロジェクタ投映できる位置にプロジェクタを固定し、床に測域センサを置く。アプリケーションの開発時には、床面に直接置くことのできる超短焦点プロジェクタ（三洋電機製：LP-XL50）を用いた。床に作られる画面の大きさは80インチと大きくないが、設置が容易であり、アプリケーションのプランニングの確認やプロトタイプ制作に向いている。アプリケーションの試験運用時には、300mm角のアルミトラスをつなげて2700mmの高さの支柱を作り、その先端に超短焦点プロジェクタ（BenQ製：MX880UST）を固定した。この場合、横幅550cm～650cmのプロジェクタ投映画面を作ることができる。

[†]大阪電気通信大学 総合情報学部
Faculty of Information Science and Arts, Osaka Electro-Communication University

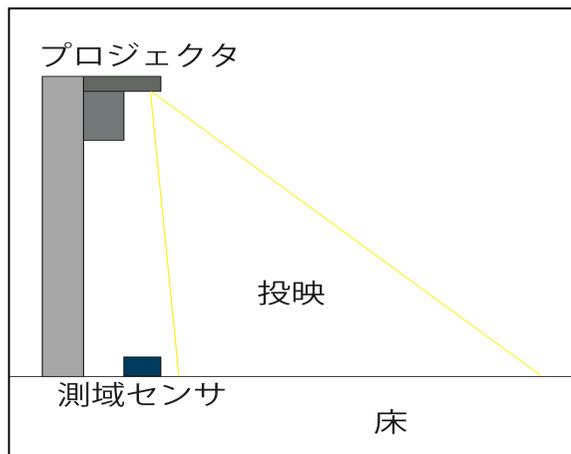


図1. 床面のマルチタッチディスプレイシステム. 300mm角のアルミトラスを支柱として用いて、部屋の天井のすぐ下にプロジェクタを固定した. プロジェクタの方に向けてプレイをするように設計すれば、プレイヤーの黒い影がアプリケーション画面を隠すという問題はない.

本研究で用いた測域センサ（北陽電機製：UBG-04LX-F01）では、視野角 240 度、センサから約 4m の距離の範囲内を近赤外線レーダーのビーム走査でレーダー標的位置を計測する. レーダー標的になり得るのはビームをほぼ等方的に散乱する物体であり、不透明でかつ表面が鏡面でない物体であれば、たいいてい物体が相当する. 本研究で開発した床面のエクサティメントでは、プレイヤーの足元の靴の位置検出を利用することになるが、ぴかぴかした黒の革靴の場合には、検出精度が悪くなる. ビームは約 36Hz が回転し、約 0.3 度の視野角刻みで標的の位置を推定することができる. 位置の推定精度はレーダーから 1m の距離で最大 1cm 程度となる. 図 2 に、マルチタッチ時におけるレーダー受信データのレーダーチャートを示した. レーダービームが 1 回転するのに要する時間は 28ms であり、少なくとも 28ms の時間だけ画面へのタッチが継続していれば、レーダーはタッチ動作を捕捉することができる. したがって、通常のタッチ動作においては、問題なくタッチを認識することができる. 図 2 には、1 本指タッチや手のひらタッチ等、異なるタッチ形状の識別のようすも示されている.

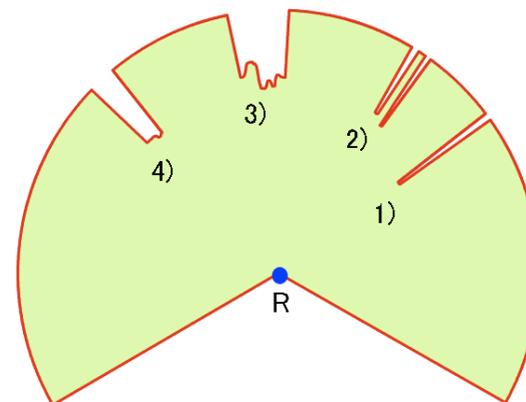


図2. 近赤外線レーダーの計測で得られた受信データのレーダーチャート. 点Rがレーダーの置かれている位置で、図中の1)～4)の4箇所でも同時タッチ動作を検出した瞬間が示されている. 1)～4)の各箇所では異なる形状のタッチ動作が行われている. 1)は1本の指で、2)は2本の指で、3)は手のひら全体で、4)は拳でタッチしたときの受信データである.

次節で述べるように、レーダー標的となるすべての物体がマウスポインタの代替となる. ひとつの標的がひとつのマウスに相当するため、複数の標的を同時操作すればマルチタッチ機能が実現することになる. 測域センサは床に直接置かれているため、レーダービームが走査する平面は、床上約 3cm の高さとなる. したがって、厳密には、床面とのタッチインタラクションを検出することにはならず、床上約 3cm の水平面とのタッチを検出することになるが、実用上の問題はない.

3. マルチタッチライブラリ

マルチタッチ動作をインタラクションとして利用するアプリケーションの開発では、測域センサのデータ処理に特化した専用のライブラリを用意した[5]. このライブラリを用いることで、アプリケーション開発者は、ひとつのレーダー標的の位置を、単純に1個のマウスポインタとみなしてプログラミングすることが可能となる. ここで通常のアプリケーションと異なるのは、レーダー標的が複数個ある場合には、マウスポインタに相当するものが複数個存在し、その個数が動的に変化するという点である.

しかし、本ライブラリを使用する際には、開発者はマウスポインタが複数あることを意識する必要はなく、あくまでも1個のマウスポインタに対してのイベント処理を記述するだけでよい。

本ライブラリでは、マウスにおけるダウン/アップ/クリック/ムーブ/ロールオーバー/ロールアウトに相当するイベントを多点で同時に発行することが可能である。ライブラリ内部で、マルチポインタの発行やマルチタッチ関連のコンポーネントアクションを提供することで、従来とほぼ同様の開発環境を実現している。

4. アプリケーションの制作事例

本節では、床面エクサティメントのアプリケーション制作事例として、「ホッケーゲーム」と「おにたいじゲーム」を紹介する。アプリケーションの制作に先立ち、測域センサを用いた床面インタラクションの精度の検証実験を行った。

4.1 実験

検証実験用に1) プレイヤの反応速度の限界を確認するアプリケーション、2) 反復横跳びのアプリケーション、3) プレイヤ移動距離を計測するアプリケーションの3つを制作した。

1) は、床面に一定の速さで運動する円形オブジェクトを出現させ、被験者は自分の足元に来たときにそのオブジェクトを踏むことができるかどうかを判定するものである。実験の結果、10個中で踏むことができた平均数は、3m/sの場合、9.5個、4m/sで8.6個、5m/sで7個、6m/sで6.3個、7m/sで4.3個、そして8m/sで0.6個というデータが得られた。したがって、アプリケーションで有効に使用できるオブジェクトの速度は7m/s程度であることがわかる。2) の反復横跳びの実験では、20秒間に63回という平均を大きく上回るような素早い足の動きでも、ほぼ100%で正確に運動を捕捉することができた。プレイヤがどれほど速く運動しても問題のないことが確認できた。3) は、床面上のランダムな位置に次々と表示される円形オブジェクトを1分間追いかけるというものであり、このとき被験者はどのくらいの距離を歩いたかを計測する。この結果、1分間に平均64.2mを移動するということがわかった。この値は、次に示す「おにたいじゲーム」に活かされており、約15分間ゲームをすれば、1kmの距離を歩くことに相当する。

また、2) と3) の実験では、被験者が心拍計を装着し、心拍数の計測を行った。使用した心拍計はadidas製であり、オフラインでデータ収集し解析を行った。おおよその傾向は見られるものの、個人差が大きく、心拍計のリアルタイムデータに応じて、

エクサティメントのアプリケーションの内容を調整するには、引き続き実験が必要である。

4.2 ホッケーゲーム

中央から出現するパックを足ではじき返し、得点を競い合う対戦型のゲームである(図3)。画面内に立つと足下に円が現れ、これをパックに当てることで相手側にはじき返すことができる。画面の中央から左半分が赤チーム、右半分が青チームのフィールドとなっており、1対1だけでなく2対2や3対1といった対戦も可能である。中央の円形上に並んでいるバーが残り時間を表しており、時間が経過するとパックの数が増えていく。パックの種類は2種類あり、徐々にスピードが速くなるものと、はじき返すごとにメータが溜まり、4つメータが溜まった状態ではじき返すと高速になるものがある。それぞれのパックに違った特徴を持たせることで、ゲーム性を高めている。自陣のフィールドからパックが画面外に出ると相手チームに得点が入る。フィールドに表示されている数字は赤チーム青チームの得点であり、ゲーム終了時に得点の高いチームが勝利となる。



図3. ホッケーゲームの画面例。図では2人での対戦であるが、この程度の大きさのアプリケーション画面の場合、4人での対戦でも問題なく楽しむことができる。

このゲームの試験運用では、図1に示した構成のシステムを用いた大画面サイズの外、超短焦点プロジェクタを床置きにして生成した100インチの画面でも行った。当然ながら、画面サイズが大きいほど、迫力のあるプレイを楽しむことができるが、100

インチ程度の小さな画面サイズの場合でも、十分なエクサティンメントの効果があることがわかった。大きなスペースを必要とせずに、小さな室内でもエクサティンメントが可能であるということが判明したが、これは事前には予測できなかった点であった。

4.3 おにたいじゲーム

足で鬼を踏んで退治するアクションゲームである。鬼は画面外から移動して、画面内を横切るように動くので、プレイヤーは鬼を追いかけるようにして動くことになる。足に鬼が当たったときに、エフェクトを発生させ効果音を鳴らせることで、プレイヤーに鬼を退治できたことを分かりやすくしている(図4)。プレイ人数は1人以上で画面内に入れば何人でもプレイ可能である。プレイ人数が多いほどゲーム難易度は簡単になる。画面上部に残り時間が表示されており、時間が経過するとやってくる鬼の数が増える。残り時間が無くなると、リザルト画面に切り替わり、退治した鬼の数が表示される。



図4. おにたいじゲームの画面例。1人用のゲームとして作成されている。プレイヤーはいろいろな方向を向かねばならないため、場合によっては、自分の長い影を見ることになる。真上からのプロジェクタ投映をすればこの軽減することが可能であるが、システムの設営が複雑となる。

5. まとめ

プロジェクタと測域センサを用いて、床面で行うエクサティンメントを制作した。床上を激しく動き回ったり、飛び跳ねたりする動作をインタラクションにすることができ、この特徴をエクサティンメントに応用した。さらに、本アプリケーションは対戦用、多人数用、一人用といった使い分けのできるエクサティンメントとして仕上げた。今回の開発では、床面へのタッチ動作だけを利用したが、測域センサの置き方によってはさまざまな動作をインタラクションとしてエクサティンメントに取り込むことが可能となる。たとえば、2台の測域センサを、それぞれ、床面から異なる高さ位置に置くことで、プレイヤーのジャンプの動作やかがむ動作を認識することが可能である。これにより、アプリケーションのプランニングの幅を大きくすることができる。今後の展望として、心拍計とアプリケーションをリアルタイムで連携をさせることで、オーバーワークすることなくエクサティンメントをプレイできるシステムを構築する予定である。

参考文献

- 1) 高見友幸, 松村匡浩, 鯨貴晶, 山脇直樹, 永井裕樹, 西崎敦, 岡本誠, 緋田雅之, 近赤外線レーダーを用いたマルチタッチテーブルの設計および床・壁ディスプレイへの応用, ゲーム学会誌, vol4, pp.26-31 (2010).
- 2) A. Karino, T. Iwamoto, S. Nakata, M. Hida and T. Takami, Development of Multi-touch Table Games with Real Objects, NICOGRAPH International 2010(CD-ROM), 2010.
- 3) T. Iwamoto, A. Karino, M. Hida, A. Nishizaki, and T. Takami, Development of Wall Amusements Utilizing Gesture Input, proceedings of ICEC 2010, 499-501, 2010.
- 4) J. Han, Low-cost multi-touch sensing through frustrated total internal reflection, ACM UIST, 115-118, 2005.
- 5) 松村匡浩, 高見友幸, マルチタッチシステムのための開発支援フレームワークの開発, 情報処理学会第72回全国大会講演論文集 (DVD-ROM) (2010).