

駆動する実物体と視覚情報との連動を考慮したマルチタッチ ディスプレイシステムに関する研究

上杉 繁[†] 塩沼 義裕[‡] 永島 誠記[‡] 浜島 朋希[§]

[†] 早稲田大学 理工学術院 [‡] 早稲田大学大学院 創造理工学研究科 [§] 早稲田大学 創造理工学部
[†] [‡] [§] 〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1

E-mail: [†] wesugi@waseda.jp, [‡] shio-salt@ruri.waseda.jp

あらまし マルチタッチディスプレイに関する研究が広く行われており、昨今では直接手で触れるだけではなく、ディスプレイ上に置いた物理的なツールも同時に使用するアイデアも提案されている。本研究で著者らは、ディスプレイの一部分が実際に駆動してそれを手で操作したり、その上に実物体を置いてインタラクションすることを可能とする、機能を拡張したマルチタッチディスプレイの構築手法について検討した。そこで、既存のマルチタッチディスプレイシステムの構造を踏まえ、マルチタッチのデータ構造を、指の識別のみならず、駆動するディスプレイの制御や実物体とのインタラクションにも活用する手法を考案した。そしてこの手法に基づき、ディスプレイの一部が物理的に回転駆動するマルチタッチディスプレイを構築したので紹介する。

キーワード マルチタッチディスプレイ、テーブルトップインタフェース、タンジブルインタフェース、回転スクリーン、協調作業

A Multi-touch Display System Focused on Interactions between Actuating Physical Objects and Visual Information

Shigeru WESUGI[†] Yoshihiro SHIONUMA[‡] Motoki NAGASHIMA[‡] and Tomoki HAMAJIMA[§]

[†] Faculty of Science and Engineering, Waseda University

[‡] Graduate school of Creative Science and Engineering, Waseda University

[§] School of Creative Science and Engineering, Waseda University

[†] [‡] [§] 3-4-1 Okubo, Shinjyuku-ku, Tokyo, 169-8555 Japan

E-mail: [†] wesugi@waseda.jp, [‡] shio-salt@ruri.waseda.jp,

Abstract A lot of multi-touch display systems have been researched, and some of display systems support that a user interacts with visual information by using physical tools which are placed on the screen. In the current work, authors designed architecture of multi-touch display system, in which a part of physical screen moves automatically or manually and in which a user interacts with visual information as well as physical objects on the moving screen. Therefore, we devised to utilize data structure of multi touch for controlling motion of movable screen and for interacting with physical objects. Based on this idea, we constructed an experimental rotatable multi-touch display system in which people interact with visual information, physical objects and a rotatable screen.

Keyword Multi-touch display, Table-top interface, Tangible interface, Rotatable table, Collaborative work

1. はじめに

近年、スマートフォンに代表されるように、ディスプレイ表面に触れた操作者の複数の指のジェスチャを識別することで、視覚表現された電子情報を直接手で触れているかのように操作したり、閲覧したりすることを可能とする、マルチタッチディスプレイ搭載機器が広く普及している。個人用のディスプレイのみならず、複数人で視覚情報を共有し、共同作業するテーブ

ルトップインタフェースも提案されているが、マルチタッチディスプレイ自体の技術研究は大きく2つの方向性で進んでいると考えられる。

1 つめは、マルチタッチのディスプレイ自体の性能向上を目的とした技術研究であり、例えば、操作する手の検出方法^[1]や、操作者の識別^[2]などの研究が報告されている。

2 つめは、ディスプレイの機能拡張のために、物理

的なツールを追加するという方向性である。例えば、直方体や円柱のブロック^[3]、自立式の小さなディスプレイ^[4]などのツールをディスプレイ上に設置して利用するアイデアが提案されている。

このように、マルチタッチディスプレイの研究においては、それを利用したアプリケーションはもとより、ディスプレイ自体の技術研究においても未だ多くの可能性があると考えられる。そこで著者らは、後者の方向性において、複数の指のジェスチャを識別するという、マルチタッチならではの自由度の高い入力方式を活かしながら、機能拡張が可能なディスプレイシステムの構築方法について検討した。

2. 研究方針

マルチタッチディスプレイの機能拡張を検討する上で、図1に示す使用場面を想像してみた。

例えば、自動車や家電などの製品を開発する際のミーティングを想定したときに、開発中の模型や各種部品の詳細図・性能表など、実物体、書類、電子情報を同時に閲覧することがあろう。こうした状況では、実物体と電子情報とが連動した閲覧や書き込みが可能であることが重要であり、さらには、模型やテキストのレイアウト調整や互いの情報の受け渡しなど、コミュニケーションに関わる機能も必要であろう。

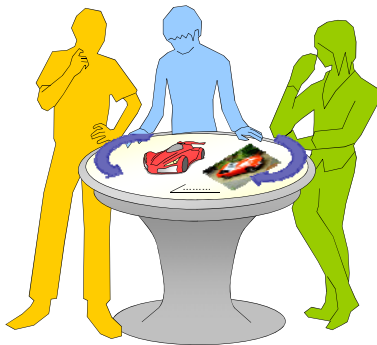


図1 機能を拡張したマルチタッチディスプレイの使用イメージ

こうした共同作業支援ツールは、視覚情報を物理実体に付加するAR技術^[5]や、実物体と電子情報を連動させるタンジブルインタフェースの技術^[6]などを活用し、既に進められている。その一方で、マルチタッチディスプレイのシステムの特性を活かしながら、実物体と視覚情報との連動や、実物体やディスプレイの駆動機能などを実装した事例はあまりみられない。そこで、複数の指の本数や位置を識別するというマルチタッチディスプレイの基本的枠組み自体を活用し、アイコンや映像などの視覚情報、模型や操作ツールなどの実物体、そして一部が駆動するディスプレイとの連動を実現するシステムを構築する手法を考案する。研究を進める上で、ディスプレイ自体を駆動させるアイデアに関しては、次に示す事例を踏まえ、回転駆動が可

能な円形のスクリーンに着目した。協調作業を支援するテーブルトップインタフェースにおいて、複数人で取り囲んだ際の表示された情報の向きが一定でないことから視認性が低下するという問題があり^[7]、この問題を解決するため、テーブルを円形にし、情報を放射状に表示させるといった手法も提案されている^[8]。

以上を整理すると、図2に示す、視覚情報・実物体・回転スクリーンの3領域間において連動するインタラクションが可能なシステムが構想される。

- ① 視覚情報と回転スクリーンとの連動
- ② 視覚情報と実物体との連動
- ③ 視覚情報と実物体が統合した情報と回転スクリーンとの連動

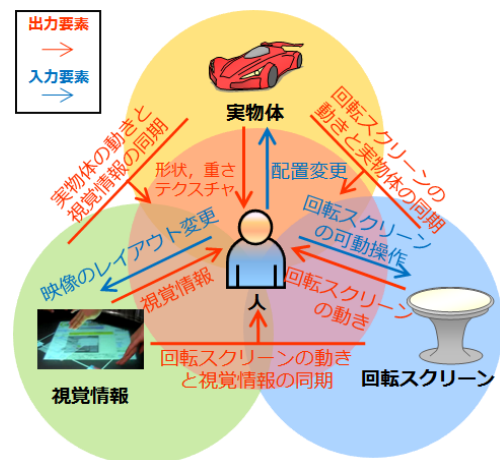


図2 実物体・視覚情報・回転スクリーンの各領域間におけるインタラクション

各領域間のインタラクションの実現に必要な機能について考えると、まず視覚情報と回転スクリーンとの連動では、回転スクリーンの位置検出、その位置を参照した視覚情報である映像等の出力および操作(レイアウト変更・選択など)、視覚情報を参照した回転スクリーンの運動制御が考えられる。

次に視覚情報と実物体の連動では、指と実物体の判別、実物体の位置検出、実物体の位置を参照した視覚情報の出力が考えられる。

そして、視覚情報と実物体が統合した情報と回転スクリーンとの連動では、実物体と指との判別、実物体の位置検出、実物体周辺への視覚情報の出力、視覚情報を参照した回転スクリーンの運動制御が考えられる。

これらのインタラクションを、マルチタッチディスプレイの基本構成を拡張して実現するための、システム構築手法について取り組んだ。

3. 回転駆動型マルチタッチディスプレイの開発

3.1. システム設計

本システムでは、2章で説明した3領域間のインタラクションを既存のマルチタッチディスプレイ構成技

術を拡張して実現するために、FTIR 方式によるディスプレイ構造_[1]と、イベント処理が可能なデータ構造に変更するプロトコルである TUIO_[9]、そのデータ構造に基づいたジェスチャ処理のためのオープンソースである Open Exhibits_[10]を基盤に構成することにした。まずはこの基本構造について説明する。

FTIR 方式とは、透明なアクリル製スクリーンの周縁部に外側から赤外光を照射すると、アクリル板の表面で全反射し、アクリル板に指が触れると触れた部分の反射率が変化し赤外光が漏れだす現象(FTIR 効果)を利用している。その漏れ光をテーブル下の CCD カメラで撮影し、その画像データの処理により、指の情報(座標、面積)を検出する。TUIO とは、タンジブルテーブルトップインタフェースのために作られたプロトコルであり、このプロトコルのデータ構造を利用することで検出した指情報を指ごとにまとめ、マルチタッチのイベント処理を行うためのデータに変換する。このデータを Open Exhibits のライブラリを利用して、タッチやフリックなどのジェスチャとして利用する。また、映像表示に関しては、スクリーンの裏からプロジェクタによって投影することで実現する。

以上が本研究の対象となるマルチタッチディスプレイの基本的なシステムであり、このシステムを拡張して、回転スクリーンの操作や実物体とのインタラクションが可能な仕組みを検討することにした。そこで、図 3 に示すように、データ収録部、データ変換部、イベント処理部から構成し、それらが双方向に通信する基本構造を最初に設定した。

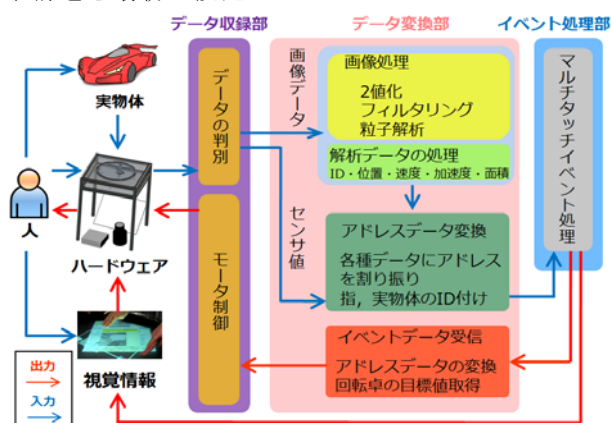


図 3 データ収録部・データ変換部・イベント処理部からなるシステム構成

図 3 中のハードウェアとは、指識別のための映像取得用カメラ、回転スクリーン駆動用モータ、回転スクリーンの位置検出センサを含む。

データ収録部では、このハードウェアの操作によって生成するデータを収録し、画像データとセンサ値ごとに、データ変換部へと送信する。また生成された視覚情報の投影とモータ制御を行う。

次にデータ変換部では、初めに画像データの処理を行い、指と実物体の判別およびそれぞれの位置、速度、加速度の算出を行う。この時、識別された実物体と指には、画像原点から走査した順に ID を割り付ける。この ID は画像の更新ごとに振り直し、その前後で同じ ID の対象を同じ指や実物体であると識別する。その後、これらのデータと回転スクリーンの位置センサの値をイベント処理部に送信するためにデータ形式の変換およびアドレスの割り振りを行う。このときの TUIO を利用したイベントデータの構造を図 4 に示す。そしてマルチタッチによるジェスチャ生成のための指データを、アドレス、ID、x,y 方向の座標および速度を含むメッセージに変換する。このときメッセージは指の本数分生成される。また、実物体、回転スクリーンのセンサ値、モータ制御値といった情報との区別はアドレスによって行う。実物体のデータは指情報と同じ形式に変換し、センサ値およびモータ制御値はアドレスと各値のみで構成されるメッセージに変換する。

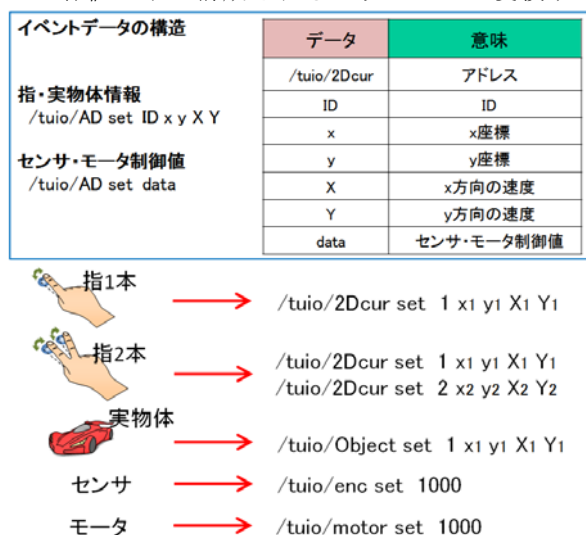


図 4 イベントデータの構造と各種データの作成例

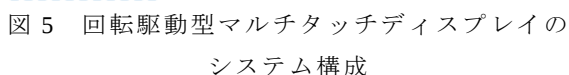
最後にイベント処理部では、まず指情報データを参照し、ある ID を認識した 50[msec]後に同じ ID が存在していれば「DOWN」、存在していなければ「TAP」、ID が存在し座標が移動していたら「DRAG」というようにジェスチャ情報を Open Exhibits のライブラリを利用して作成する。その後、ジェスチャや実物体、回転スクリーン操作による視覚情報およびモータ制御値に基づき Flash のアプリケーションにおいて投影する映像を生成する。

3.2. システム構築

開発した回転駆動型マルチタッチディスプレイのシステム構成を図 5 に示す。

回転スクリーンの機械的構造を活かし、回転スクリーンと周縁部で操作領域を区分した。複数の操作者が両手で操作可能なサイズから、回転卓の径を ϕ

本システムでは処理速度を高めるためにイベント処理と映像出力を行う PC を別にした。イベント処理 PC はホスト PC から送られたデータを参照し、Flash のアプリケーションにおいて視覚情報の生成を行う。映像出力側の PC は、ホスト PC を介してリアルタイムコントローラと双方向にデータを送受信し、映像の出力と回転スクリーンを制御する。



- ① 投影した GUI のスライダーとボタン操作により回転スクリーンを動かす。さらに、回転スクリーンの操作角度に応じて GUI 上のスライダーが可動する。
- ② 回転スクリーンの内側で共有したい画像と外部ツールとを関連付ける操作や、外部ツールの配置操作を行う。回転スクリーンの外側で画像の

③ 外部ツールに回転スクリーンの移動量を関連付けた画像を貼り付ける。貼り付けた後、テーブルをダブルタップすると回転スクリーンが画像に関連付けた角度分回転する。

マルチタッチディスプレイにおける自由度の高い入力方式を活かしながら、さらなる機能の拡張を可能とするディスプレイシステムの構築方法について検討した。そこで、スクリーンの一部が駆動することや、実物体を組み合わせたインタラクションを実現するために、既存のディスプレイ構築手法とデータ構造を活用する方法を提案し、実際にシステムを構築した。データ構造のみならず、ハードウェア部のモジュール化などを実現することで、ユーザ自体が用途に応じてマルチタッチディスプレイを構築するようなシステムが期待できる。また、実際に開発したディスプレイシステムにおいては、物理的なスクリーンが可動する特長を考慮し、マルチタッチジェスチャの特性について調査する実験装置としての活用を検討している。

- [1] Han,J.Y., “Low-cost multi-touch sensing through frustrated total internal reflection,” Proc. UIST ’05, pp.115-118, WA, USA, Oct.2005.
- [2] Dietz,P., Leigh,D., “DiamondTouch: a multi-user touch technology,” Proc. UIST ’01, pp.219-226, Florida, USA, Nov.2001.
- [3] Jordà,S., Geiger,G., Alonso,M., Kaltenbrunner,M., “The reacTable: exploring the synergy between live music performance and tabletop tangible interfaces,” Proc. TEI ’07, pp.139-146, LA, USA, Feb.2007.
- [4] Kakehi, Y., Iida, M., Naemura, T., “Tablescape Plus: Upstanding Tiny Displays on Tabletop Display,” Proc. SIGGRAPH ’06, Boston, USA, Jul.2006.
- [5] Regenbrecht,H.T., Wagner,M., Baratoff,G., “Magic Meeting: A Collaborative Tangible Augmented Reality System,” Virtual Reality, Vol.6, No.3, pp.151-166, 2002.
- [6] Weiss,M., Wagner,J., Jennings,R., Jansen,Y., Khoshabeh,R., Hollan,J.D., Borchers,J., “SLAPbook: Tangible Widgets on Multi-touch Tables in Groupware Environments,” Proc. TEI ’09, pp.287-300, Cambridge, UK, Feb.2009.
- [7] 松下, “協調作業支援のためのテーブル型システム,” ヒューマンインタフェース学会誌, Vol.9, No.1, pp.71-74, 2007
- [8] 梶原, 小池, 福地, 佐藤, EnhancedLazySusan: 回転テーブルを用いた情報共有システム, Proc. WISS2006, 2006
- [9] Kaltenbrunner,M., Bovermann,T., Bencina,R. Costanza,E., “TUIO: A Protocol for Table-Top Tangible User Interfaces,”Proc. GW2005, May.2005.
- [10] Open Exhibits, <http://openexhibits.org/>