

ToDO-WorkBoard： 各種タンジブルデバイスを活用する電子作業台

吉田大地[†] 福田健悟[‡] 木村朝子[†] 柴田史久[†] 田村秀行[†]

立命館大学 情報理工学部[†] 同 大学院理工学研究科[‡]

1. はじめに

我々は、直観的に利用でき、空間型作業（ここで言う「空間型」は複合現実感 (Mixed Reality; MR) 技術を利用する立体視可能なシステムや、プロジェクタを利用した映像投影型を含む）に幅広く用いることができる「道具型デバイス」の研究を行っている[1, 2]。本稿では、これら道具型デバイスを含む各種タンジブルデバイスを活用する、映像投影型の電子作業台「ToDo-WorkBoard (ToolDevice Operation; ToDo)」を試作したので報告する（図1）。

2. ToDo-WorkBoard

2.1. 概要

ToDO-WorkBoard は、各種タンジブルデバイスを活用する電子作業台であり、以下の2つの要素を含む。

- ・各種タンジブルデバイスの導入：従来の道具型デバイスに加え、補助操作に適した新たな道具型デバイス、モードの切り替えや値の調節といった操作に特化した TUI コンポーネント (Tangible User Interface; TUI) を導入する
- ・各種インタフェースの併用：上記タンジブルデバイスやジェスチャ操作を併用し、より直観的な操作の実現を目指す

2.2. タンジブルデバイス

【道具型デバイス】道具型デバイスは、日常的に利用する道具のメタファを利用した対話デバイスである。我々は、これまで広い空間に適した作業として、「設計」「レイアウト」「造形」を想定し、それらを実現する操作として「選択・移動」「加工」「描画」の3種類に絞り、「ピンセット型デバイス」「ナイフ型デバイス」「筆型デバイス」などの開発を行ってきた。

本研究では、上記3種類の操作に加え、新たに「補助」操作という概念を導入し、それに適した道具型デバイスを実現することにした。本研究で言う補助操作とは、選択・移動、加工、描画操作とともに用いられ、それらを補助する操作とする。例えば、定規を利用して「計測する」操作、定規とナイフを併用して「直線的に切る」操作がそれにあたる。

【TUI コンポーネント】道具型デバイスは、実世界における道具のメタファを利用し、単機能ではあるが操作の直観性を優先した対話デバイスである。それゆえ電子操作特有のモードの切り替えや値の調節といった操作には対応していない。

そこで本研究では、例えばオーディオ機器における音量調整や電源の ON/OFF に用いられる「ダイヤル」「スライダ」「スイッチ」といった、実物のコントロールユニットを導入し、これらを道具型デバイスと組み合わせることで、道具型デバイスの機能拡張を図る。本研究では、このような対話デバイスを「TUI コンポー



図1 ToDo-WorkBoard

ネント」と呼ぶこととする。

このような対話デバイスを単体で利用する研究は既に存在する[3]。こうした研究に対し、本研究では、道具型デバイスと TUI コンポーネントを併用することで、道具型デバイスの直観性そのままに多種多様な機能を容易に実現しようとする点に特徴がある。

2.3. ジェスチャ操作

日頃道具を使用する際、「手を添える」「手で押さえる」などのように手を併用して作業を行うことが多い。例えば、ナイフを使った切断操作の場合、切断対象を手で押さえ、回転・移動しながら切断を行うだろう。

本研究では、手によるジェスチャ操作と道具型デバイスを利用した操作の併用についても考慮し、システムの開発を行う。

3. 試作システムの実装

3.1. システム構成

ToDO-WorkBoard の試作システムを構築した。道具型デバイスと TUI コンポーネントを除いた部分のシステム構成を図2に示す。映像生成用 PC で生成した映像をプロジェクタ（日立製作所製 CP-A100J）で卓上に投影する。開発言語には C++ を、グラフィックス API には OpenGL と GLUT を用いた。各種タンジブルデバイスの位置姿勢検出やジェスチャ認識には、VICON モーションキャプチャシステム（ViconPeaks 社製 MX カメラシステム）とテーブル内に設置した赤外 LED と赤外透過フィルタを取り付けた2台のカメラ（SONY 製 XC-EI50）を利用する。

3.2. 試作デバイスとジェスチャ操作

【道具型デバイス】補助操作に適した道具型デバイスを実現するにあたり、想定する作業で必要と考えられる操作として「計測する」「（詳細を）見る」「消去する」「固定する」操作を想定し、それぞれに「定規・分度器」「虫眼鏡」「消しゴム」「文鎮」をマッピングした。道具型デバイスの併用例として、定規とナイフ型デバイスを利用した「（定規をあてがい）直線で切る」操作を実現する。図3に本研究で試作した補助操作に適した道具型デバイスを示す。また、本研究では描画操作にペンを使用する。

ToDO-WorkBoard: A Tabletop System with Various Tangible Devices

[†]College of Information Sci. and Eng., Ritsumeikan University

[‡]Graduate School of Sci. and Eng., Ritsumeikan University

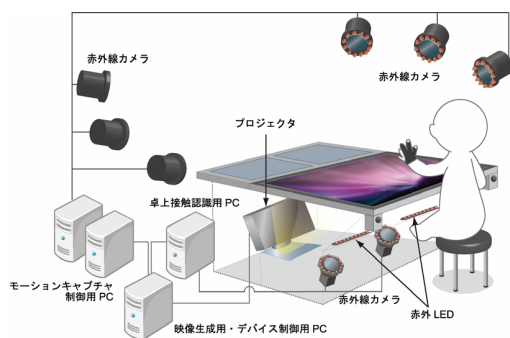


図2 システム構成



(a) 外観 (b) マーカ貼付例
図3 補助操作に適した道具型デバイス



(a) ダイヤル式 (b) スライド式 (c) スイッチ式
図4 TUIコンポーネント



(a) 1枚移動 (b) そのまま移動
図5 ジェスチャ操作

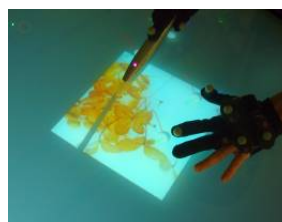
手で把持して使用するタイプのデバイス（ピンセット、ナイフ、消しゴム、ペン）は、どのデバイスを把持しているかを感圧センサ（ニッタ製 FlexiForce A201-1）とサーボモータコントロールボード（共立電子産業製 RBIO-6A）を利用して検出し、位置姿勢はモーションキャプチャシステムで取得した手の位置姿勢を代用する。一方、卓上に置いて使用するデバイス（定規・分度器、虫眼鏡、文鎮）の位置姿勢は、デバイスの設置面に貼付したマーカによる赤外LEDの反射をカメラで取得し検出する。

【TUIコンポーネント】本研究で試作したTUIコンポーネントを図4に示す。TUIコンポーネントの位置姿勢は、卓上において使用する道具型デバイス同様、設置面に貼付したマーカを利用する。値の取得には、サーボモータコントロールボード（共立電子産業製 RBIO-6A）とリレーボード（共立電子産業製 RBIO-2U）を利用する。

【ジェスチャ操作】本システムで実現したジェスチャ操作を図5に示す。人差し指だけを画像に触れ、指が動かすと触れている画像だけが追従する（図5(a)）。掌全体を卓上面に触れたまま動かすと、その下にある画像が移動する（図5(b)）。

3.3. 各種インタフェースを併用したインタラクション

試作システムにおいて、対話デバイスの単独利用に加え、各種インタフェースを併用するインタラクションを実現した。



(a) ナイフとジェスチャ



(b) 虫眼鏡



(c) 虫眼鏡とスライダ



(d) 虫眼鏡とダイヤル

図6 操作風景

【画像の切断】ナイフ型デバイスを使用したインタラクションでは、フリーハンドでの切断操作が可能である。定規をあてがうことで直線的な切断操作を、ジェスチャを併用することで画像を回転しながら切断することが可能である（図6(a)）。また、文鎮を画像の上に置くことで、画像を固定し操作対象から外すことが可能である。

【見え方の変更】虫眼鏡を使用したインタラクションは、レンズを通して見える画像の拡大・縮小に加え、その画像の見え方の変更（例・グレースケール、モザイクなど）を可能としている（図6(b)）。倍率変更をスライド式TUIコンポーネントで行い（図6(c)）、ダイヤル式TUIコンポーネントを卓上に置くことで表示されるメニューの中から見え方を選択する（図6(d)）。

【描画】ペンとTUIコンポーネントを併用して、描画する線の太さをスライド式で、色をダイヤル式TUIコンポーネントで変更することが可能である。また、描画した線は消しゴムを使用して消すことができる。

【ガイド表示】定規や分度器は卓上に置くことで、それぞれの長さや角度に対応するガイド（ルーラーやグリッド）などを表示し、ジェスチャによる回転、移動を制限する。また、スイッチ式TUIコンポーネントを利用したガイド表示のON/OFF制御なども実現している。

4. むすび

本稿では、映像投影型の電子作業台「ToDo-WorkBoard」を試作し、インタラクション事例を示した。今後は、今回追加したタンジブルデバイスの直観性や併用することによる有用性を評価する。

謝辞 本研究は、JST 戦略的創造研究推進事業（さきがけタイプ）「空間型メディア作品を強化する7つ道具型対話デバイス」による。

参考文献

- [1] 上坂 他, “複合現実空間との対話操作のための道具型デバイス”, 信学技報, Vol. 107, No. 427, PRMU2007-170, pp. 81 - 86, 2008.
- [2] Y. Takami, *et al.*, “Daichi's artworking: Enjoyable painting and handcrafting with new ToolDevices,” SIGGRAPH ASIA 2009, Emerging Technologies, pp. 64 - 65, 2009.
- [3] M. Weiss, *et al.*, “SLAP widgets: Bridging the gap between virtual and physical controls on tabletops,” Proc. CHI2009, pp. 481 - 490, 2009.