

卓上の連続した水平垂直面を利用する情報入出力システム

大月 理沙†

遠藤 慎一††

藤波 香織†††

† 東京農工大学 工学部 情報工学科

†† 東京農工大学 大学院 工学部 情報工学専攻

††† 東京農工大学 大学院 工学研究院 先端情報科学部門

1 はじめに

近年デジタル情報への入力操作は直感的かつ容易になり、環境に馴染む出力が可能となった。専用の入力デバイスを要しないタッチ入力があり、プロジェクタによる生活空間のあらゆる平面への情報表示が身近になりつつある[1]。これに対し入出力に卓上面と物体側面または壁面を使用したシステムが提案されている[2, 3]。しかし既存システムでの垂直面使用は、物体側面が出力領域としての使用に限定されている。壁面は固定され水平面上を動かすことができず、壁面と卓上面との間に空間があり2つの面が連続していないものもある。ユーザと情報との関わり方をより実世界に似せた操作性のあるものにするには、水平垂直面を同等な入出力領域として連続性を持たせ、垂直面を実世界での書類やデバイスと同様に移動可能とすることが有効だと考えた。本研究では連続した水平垂直面を使う情報入出力システム(CrosSI¹)を提案する。またプロトタイプシステムを用いた評価実験により、情報移動と探索に垂直面を使う効果を調査する。

2 提案システムの概要と実装

2.1 システム概要

CrosSIはタッチ入力と投影が可能な機型と箱型のハードウェアから構成される。このうち機型ハードウェアの卓上面(卓上情報提示部)を「水平面」、箱型ハードウェアの側面(垂直情報提示部)を「垂直面」として情報の入出力に使用する(図1)。プロトタイプシステムではユーザのタッチを認識し、卓上と垂直情報提示部間での横断的な画像移動を実現する。そのための主要機能としてタッチ検出、タッチ検出結果に応じた情報移動と描画、卓上と垂直情報提示部間での通信の3つを実装した。

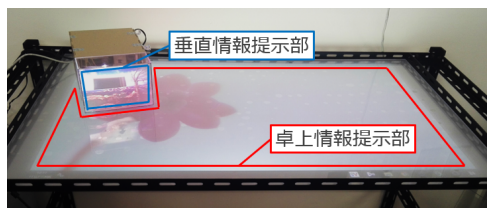


図1: プロトタイプシステム外観

システム構成を図2に示す。本システムは赤外線(IR)カメラから取得した両情報提示部に対するタッチ情報を入力とする。タッチ検出座標に応じて各情報提示部内での画像の位置変更や、卓上と垂直情報提示部間での画像移動を行う。出力にはプロジェクタを使用し各情報提示部に投影する。なおタッチ入力箇所に応じた

画像の描画と投影のため、予めIRカメラとプロジェクタ間の位置関係を求め変換行列を算出している。

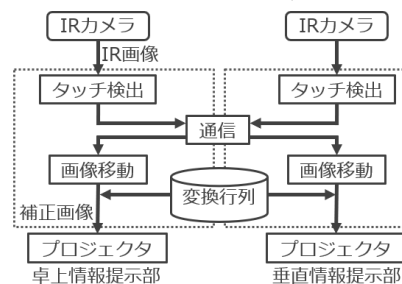


図2: システム構成図

2.2 ハードウェア作成

DI (Diffused Illumination) 方式と呼ばれる赤外光反射を用いたタッチ検出と投影を行うため、各情報提示部は背面投影フィルムを貼付したアクリル板で作成した。赤外光源およびIRカメラとして、卓上情報提示部ではKinect v2、垂直情報提示部では小型化のためIR LEDとRaspberry Piのカメラモジュールを使用した。投影ではオクルージョンを避けるため、卓上面の下部に短焦点プロジェクタ(MW824ST)、箱内部に広角レンズ付き小型プロジェクタ(SK Smart Beam Laser)を設置した。卓上情報提示部をPC、垂直情報提示部をRaspberry Pi 3で制御し、PCが両情報提示部を繋ぐ。

2.3 タッチ検出部の実装

IRカメラ画像に適応的閾値処理を施しタッチ部分が白、それ以外が黒となる2値化画像を作成する。2値化画像において面積が最大である白色領域の中心座標をタッチ座標とする。一定値以上の面積を持つ白色領域が無い場合は、タッチ未検出と判断する。

2.4 描画部および通信部の実装

CrosSIは最新フレームとその1つ前のフレームのタッチ座標を常に保持する。画像から一定距離内でタッチが検出されれば、前タッチ座標から最新タッチ座標への変位情報を元に画像を動かす。この処理の繰り返しによって画像がタッチ入力を追従し移動する。フレームレートは約10.9 fpsである。卓上と垂直情報提示部間での画像移動にはUDP通信を利用する。通信では各情報提示部におけるタッチ検出の有無を共有する。垂直情報提示部でタッチが検出されたとき、卓上に画像が存在し、かつ卓上情報提示部に一定時間前にタッチ検出があれば机から箱へ画像を移動する。箱から机への画像移動についても同様に行う。

3 評価実験と考察

3.1 実験概要

プロトタイプシステムにおける垂直面、垂直情報提示部の利用による情報移動および探索への効果の調査を目的として、計5名を対象に評価実験を行った。

情報移動実験では、卓上情報提示部に表示された丸印を同じく卓上に示されたゴールまで、タッチ入力を

An information I/O system using connected horizontal and vertical surfaces on tabletop

† Risa OTSUKI †† Shinichi ENDO ††† Kaori FUJINAMI

†, ††, ††† Department of Computer and Information Sciences, Tokyo University of Agriculture and Technology

¹ 交差する面のインタラクション (Cross, Surface, Interaction) の造語

用いて移動させるタスクを1条件につき5回行い所要時間を計測した。移動方法は垂直情報提示部を介した移動と介さない移動の2種(図3), 移動距離は20, 40, 80 cmの3種を用意した。また, 上方向と下方向の丸印移動タスクを垂直情報提示部内, 卓上情報提示部内, 卓上から垂直情報提示部, 垂直から卓上情報提示部で行い, 各タスクの好みを対比較により被験者に質問した。このとき情報提示部間に縁のある状況を加え2面間の連続性がユーザに与える印象を調査した。

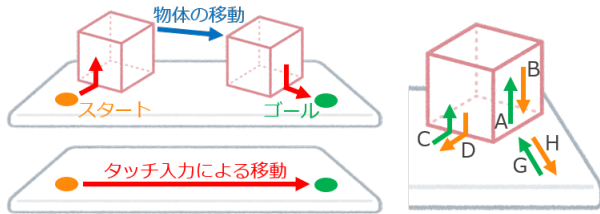


図3: 評価実験における画像移動例（上: 垂直情報提示部を利用, 下: 卓上情報提示部のみ, 右: 嗜好調査での移動）

情報探索実験では, 両情報提示部に表示された形, 色, 傾きの異なる72種類の図形群の中から指定の図形を探すタスク(視覚探索)を12回行い所要時間を計測した。図形群には必ず探索対象図形が1つ含まれる。

3.2 実験結果

各距離での丸印移動に垂直情報提示部を利用する場合と利用しない場合の所要時間を比較した。結果を表1に示す。被験者毎に所要時間の中央値を算出したところ, 箱を利用した移動が利用しない移動より短い所要時間となった被験者は, いずれの移動距離でも0人だった。

表1: 垂直情報提示部と情報移動時間の関係

移動距離 [cm]	箱有り	箱無し	箱有り < 箱無し の人数
	中央値の平均 [s]	中央値の平均 [s]	
20	8.58	1.44	0
40	8.36	2.53	0
80	17.62	4.41	0

各情報提示部での丸印移動操作の平均嗜好度を, サーストンの対比較法を用いた尺度として図4に示す。図中の英字は垂直情報提示部内での下移動Aと上移動B, 箱から卓上情報提示部へ下移動C, 机から垂直情報提示部への上移動D, 移動C, Dを垂直情報提示部に縁のある状況で行った移動E, F, 卓上情報提示部での上移動Gと下移動Hを示す。図4より移動C, G, H, E, A, D, B, Fの順で被験者に好まれた。

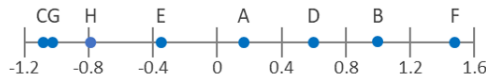


図4: 各情報提示部における移動操作の平均嗜好度（値が小さいほど好まれている）

探索対象画像が各情報提示部に表示された場合の視覚探索の所要時間を比較した(表2)。被験者毎に所要時間の中央値を算出したところ, 探索対象の表示場所が垂直情報提示部の場合と卓上情報提示部の場合では, 5名全員が前者でより短い所要時間となった。

3.3 考察

情報移動では, 全ての移動距離で垂直情報提示部を利用しないとき所要時間が短かった(表1)。一方で特に80 cmの長距離移動では, 指をスライドする際の摩

表2: 垂直情報提示部と情報探索時間の関係

箱上に探索対象	卓上に探索対象	箱上 < 卓上 の人数
中央値の平均 [s]	中央値の平均 [s]	
2.59	4.76	5

擦や引っ掛かりによる指先疲労が気になり, 箱による移動でその疲労が抑えられたように感じたという意見を得た。箱の使用は短距離の移動に適さないが, 長距離の移動では指先疲労を抑制する可能性が示唆された。また, 箱の大きさや重さも情報移動速度に影響を与える。アンケートでは箱が片手で把持可能な大きさならより使いやすいという意見があった。

情報移動A~Hの嗜好調査では, 卓上情報提示部内での移動や, 箱から机へ下移動が比較的好まれ, 垂直情報提示部内や机から箱への上移動が好まれなかった。実験後のアンケートでは5人中3人の被験者が垂直情報提示部での画像の動きが遅いと感じている。これより, 垂直情報提示部での指の動きに対する画像移動の遅延が, 箱上にゴールのある移動が好まれない原因だと考えられる。また移動EよりC, FよりDが好まれていることから, ユーザは水平垂直面における連続した情報提示を好む傾向があるといえる。

情報探索では, 探索対象が垂直情報提示部に表示された場合, 探索対象発見までの所要時間が短くなった。今回の視覚探索は形, 色, 傾き全てが条件と合う図形を探す逐次探索であり, ユーザは卓上情報提示部より垂直情報提示部にある情報を先に確認する傾向があるといえる。実験中, 各情報提示部を見渡したあと卓上画面を覗き込む被験者が多く見られたことから, 垂直情報提示部は直立姿勢でも面全体を容易に見ることができ, その結果情報探索速度が速くなったと考えられる。

4 おわりに

本稿では連続する水平垂直面を用いた情報提示システムCrosSIを提案し, 垂直面を使った情報の移動と探索への効果を調査した。垂直面を用いた情報移動は水平面のみを利用した移動と比べて所要時間が長い, タッチ入力による移動距離が減ることで指先への疲労を抑える。またユーザは垂直面に表示された情報を水平面上の情報より先に確認する傾向がある。各情報提示部での移動操作に関する嗜好調査では垂直面の使用が好まれなかったが, 垂直情報提示部における遅延解消やタッチ以外の入力方法実装などで改善される可能性がある。今後は複数の垂直面を使った操作を実現するため, 箱の位置検出と識別機能の実装に取り組む。

謝辞

本研究の一部は, 日本学術振興会 学術研究助成基金 助成金の支援を受けたものである。

参考文献

- [1] ソニーモバイルコミュニケーションズ(株), Xperia Touch G1109, <http://www.sonymobile.co.jp/product/smart-products/g1109/> (2017-12-31 閲覧)。
- [2] Rekimoto, J. and Saitoh, M.: Augmented surfaces: a spatially continuous work space for hybrid computing environments. In *Proc. of the CHI'99*, pp.378-385, 1999.
- [3] Dalsgaard, P. and Halskov, K.: Tangible 3D tabletops: combining tangible tabletop interaction and 3D projection. In *Proc. of NordiCHI'12*, pp.109-118, 2012.