Vol.2012-HCI-146 No.20
2012/1/20

壁面と卓上面を併用する 2D/3D 地図操作システム

吉本祐介，Dang Thai Hoa，木村朝子，
柴田史久，田村秀行

本研究では，卓上面と壁面を作業領域として併用し，卓上面に Google マップを，壁面に GoogleEarth や GoogleStreetView を表示，操作するシステムを提案する．このシステムでは異なる性質を持つ卓上面・壁面という作業領域を使い分け，地図を直観的に操作するためにジェスチャや実物体を用いた 4 種類のインタラクションを実現する．本稿では，システムの設計と構成，インタラクションデザインについて述べ，その後，2 種類の運用によって得られた知見を述べる．

The 2D/3D Map Navigation System on Wall and Tabletop Displays

Yusuke Yoshimoto, Thai Hoa Dang, Asako Kimura,
Fumihisa Shibata, and Hideyuki Tamura

In this research, we propose the 2D/3D map navigation system that displays Google Maps on a tabletop display, and Google Earth and Google Street View on a wall display. We consider to using different workspace such as a tabletop display and a wall display. Moreover, we design four interactions that aimed at realizing intuitive map navigation by introducing the use of hand gestures and a physical device as a real world metaphor. In this paper, we describe the design and configuration of this system and the design of interactions. After that, we discuss about the result of user study.

1. はじめに

近年，コンピュータの高性能化やネットワーク技術の向上により，ネットワークを介して膨大なデータを取得することが可能となっている．中でも Google マップや Bing 地図といった電子地図は，紙媒体であれば数百，数千ページを必要とする膨大な情報を容易に取得，閲覧することが可能であり，その利便性から世間一般に広く普及している．さらに，GoogleEarth のように，衛星写真のマッピングに加え，3 次元空間上で地形や建物を立体的に表示する地図や，GoogleStreetView のように，実際の街の風景を収めたパノラマ写真を表示することであたかもその場に立っているような没入感を得ることができる地図も登場している．

Google マップや GoogleEarth，GoogleStreetView といった電子地図の登場によって，地図を利用する作業の効率は格段に向上した．しかし，これらの地図を通常の PC で操作しようとした際には，ディスプレイが小さいために表示できる情報が少ないことや，マウスやキーボードによる操作が覚えにくいため，ユーザが意図した挙動とは違う操作を行なってしまうといった問題がある．また，Google マップと GoogleEarth はそれぞれ独立して動作しているが，Google マップと GoogleStreetView のように，それぞれの地図を併用することで現在地の把握などが容易になると考えられる．

これらの問題解決のために，本研究では，壁面と卓上面を作業領域として併用し，ハンドジェスチャやハンググライダを模したデバイスを利用して，Google マップや GoogleEarth, GoogleStreetView などの電子地図を直観的に扱う 2D/3D 地図操作システムを提案する．本稿ではシステムとインタラクションの設計について述べ，その後 2 つの運用によって本システムの有用性を確認する．

2. 関連研究

Google マップや GoogleEarth, GoogleStreetView など, 既存の地図サービスの多くは，ディスプレイに表示された地図をマウスで操作するシステムを提供している．これに関して，Crae らは，GoogleEarth 上で表示された画像を解析することで建物の場所を検出し，マウスによる 3 次元空間での移動やズームを補助する手法 [1] を提案している．一方，マウスによる操作の効率化を図る研究とは別に，タッチパネルや 3 次元空間内でジェスチャを利用して地図操作を行う研究も多く存在する．例えば，タッチパネル上に表示された地図の移動やズーム操作に対して円を描く，直線を描くジェスチャを連続的に行うことで，効率的な操作を実現する “Cyclo*” という手法 [2] や，ユーザと距離の離れた壁面に表示された地図の移動やズーム操作にマウスやタッチパネル，ジェスチャを利用する 12 種類の手法について比較する研究 [3] などが行われて

立命館大学
Ritsumeikan University

ⓒ 2012 Information Processing Society of Japan

いる. これらから, 地図操作にジェスチャを利用することは有用であると考えられる.

複数の投影面を利用することで地図操作の効率化を図る研究として，Ajaj らは，マルチタッチテーブルに部屋の間取りとカメラのアイコンを表示し，アイコンをタッチ操作で動かすことで，その立体画像を壁面に表示する手法を提案している [4]. しかし，この方法では，部屋内を閲覧するのみであるため，3 次元空間のカメラ位置は XY 平面に制限されており，3 次元空間の自由な閲覧にはなっていない. これに対して，Forlines らはマルチタッチテーブルに GoogleEarth の俯瞰図を表示し，複数のカメラアイコンを動かすことで，複数の画面にそれぞれ異なる位置からの立体画像を表示し，複数人での作業を支援するシステムを開発している [5]. しかし，タッチ操作によって視点を変更するためには注視点の指定や，3 次元位置の決定などのいくつかの手順を踏まなければならない.

これらの，3 次元空間内での移動・回転操作に 2 次元の入力しか行えないデバイスを利用することの非直観性から，実物体を利用して直観的操作を実現する研究がいくつかある. 例えば，Ware らは，磁気センサを内蔵したデバイスを 3 次元空間でのカメラ位置に見立て，その位置姿勢によってディスプレイに表示される立体画像を変化させる手法 [6] を，Ulmer らは “metaDESK” において，テーブルに表示される 2 次元地図上で小型モニタを移動させることで，そのモニタを視点とした 3 次元地図を小型モニタに表示する手法 [7] を，さらに Chan らはテーブルに表示された俯瞰地図にノート PC や UMPC を向けることで，画面にその地点の立体映像を表示することで複数人が 3 次元空間を自由に閲覧する手法 [8] をそれぞれ提案している. しかし Ware らの手法はデバイスとディスプレイの位置関係が固定であるため，回りこむといった操作ができない. また，Ulmer や Chan らの手法では，ユーザと小型モニタが対面している必要があるので，現在の地点に対して反対側の映像を確認するためにはユーザが移動して机を回りこまなければならない.

これらの先行研究での知見を踏まえ，本研究では，壁面と卓上面という広い作業領域を併用し，Google マップ，GoogleEarth，GoogleStreetView を連携して操作するシステムを開発する. また，ハンドジェスチャや実物体を利用することでそれぞれの地図を直観的に操作するためのインタラクションを提案する.

3. システムデザイン

3.1 壁面と卓上面の使い分け

本研究では，部屋を構成する基本要素である机と机の奥にある壁を作業領域として併用する. これは，複数の作業領域を利用することで，広い作業領域を確保できるだけでなく，それぞれの特性に応じて作業領域を使い分けることで効率的な作業が可能になると考えたためである.

卓上面の特徴として，普段文書を読むなど対象を詳細に眺めるために利用される点が挙げられる. また，実際に卓上面に触れて操作することで直接的で正確な操作が可能である点も特徴である.

一方，今回想定しているような机を挟んでユーザと対面した壁面の特徴としては，ユーザとの距離がある程度離れているため，机に比べて広い範囲を見渡せる点が挙げられる. しかし，ユーザとの距離が離れているため直接触ることができず，正確な操作を行うことが難しい.

これらの特徴を考慮し，本システムでは，詳細な地図を見ながら正確な操作で目的地にたどり着く作業を卓上面に割り当て，壁面には，地形や街の外観などの 3 次元地理情報を広く見渡す作業を割り当てる. 具体的には，卓上面に俯瞰地図を表示し，目的地探索に必要となるインタラクションを実現する. 壁面には，GoogleEarth や GoogleStreetView を表示し，卓上面に表示した俯瞰地図と後に詳述するハングライダ型デバイスを活用することで直観的なインタラクションを実現する.

3.2 卓上面に表示すべき地図の検討

卓上面に表示する俯瞰地図には, 通常の Google マップだけでなく衛星写真を利用したものや，GoogleEarth を真上から眺めたものなど，複数の候補が考えられる. これらはそれぞれ見た目が大きく異なり，適する用途も異なると考えられる. そこで，本研究では, 以下の実験を通して, 卓上面に表示する目的地探索に適した地図を決定する.

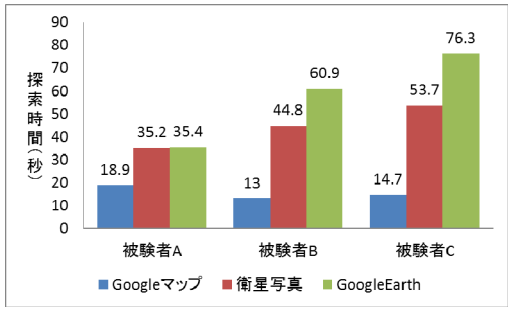
【実験目的】通常の Google マップ，衛星写真を利用した Google マップ，GoogleEarth での俯瞰地図など様々な俯瞰地図から，どの地図が最も目的地の探索に適しているかを確認する.

【実験方法】PC とマウス操作により，通常の Google マップ，衛星写真を利用した Google マップ，GoogleEarth のそれぞれで目的地への到達に要する時間を比較する.

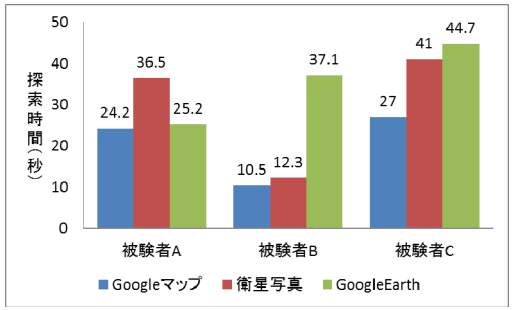
【実験手順】まず被験者に目的地を告げた上で，目的地周辺の地図を見せ 5 分程度その周辺を自由に探索させる. その後，世界地図が見える最小縮尺の状態にリセットする. この状態から，被験者に最大縮尺の状態で目的地が表示されるまで探索するというタスクを課す. 目的地は A, B, C（東京タワー，大阪駅，立命館大学びわこ・くさつキャンパス）の 3 地点とし，1 つの地点毎に，3 種類の地図をランダムに提示し探索を行わせる. また，文字列入力による地点探索は禁止し，マウス操作のみに限定した.

【結果・考察】実験結果は**図 1** に示す通りである. いずれの場合も Google マップでの到着時間が最も短く，ほとんどの場合 GoogleEarth での到着時間が最も長い結果となった. この理由として，第 1 に建物とその他の地形との差の明確さが挙げられる. 3 名の被験者はいずれも，5 分間の探索の間に目的地にたどり着くための目印となる場所を定め，タスクを行う際には，その場所を見つけてから目的地を見つけるという手順で作業を行なっていた. Google マップでは，駅や道路，建物といった区分によって色分けがなされているため，ある程度拡大率が小さくても目的となる場所を発見する

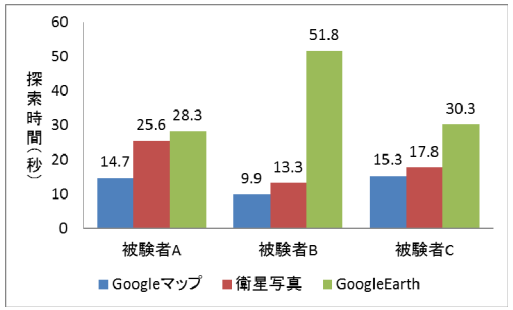
ⓒ 2012 Information Processing Society of Japan



(a)　目的地 A（東京タワー）



(b)　目的地 B（大阪駅）



(c)　目的地 C（立命館大学びわこ・くさつキャンパス）

図 1　実験結果

ことができる．一方，衛星写真や GoogleEarth では，このような区分がなく，判断に時間を要していたと考えられる．実験中には，目印とした場所と違う地点を間違えて拡大し，そのままの拡大率で探索を継続した結果，時間を消費するという様子が頻繁に見られた．第 2 に注釈情報の適切さが挙げられる．先述のように，目的地にたどり着くためには，目印となる場所の発見のしやすさが大きく影響する．今回の衛星写真は，Google マップと同一の注釈情報が表示されるが，GoogleEarth では常時表示されるのは地名のみで，道路名や建物名などはマウスポインタを近づけないと表示されない．これにより，目印の発見に時間がかかっていた．

以上の結果と考察より，本システムでは，目的地の探索に適した Google マップを卓上面に表示することとする．

3.3 システム構成

本システムのハードウェア構成は**図 2** のようになっており，システムに使用する各 PC のスペックは**表 1** に示す通りである．

壁面と卓上面に表示する映像は，映像生成用 PC によって生成され，Google マップは，テーブル内部に内蔵されたプロジェクタ A（日立製作所製 CP-A100J）によって，卓上の投影面（132.8×90.0cm）に表示される．また，GoogleEarth/GoogleStreetView は，ユーザの背後に設置されたプロジェクタ B（Canon 社製 POWER PROJECTOR WUX10 Mark Ⅱ）から，ユーザ正面の壁面（266.0×150.0cm）に表示される．

ジェスチャ認識，およびデバイスの 3 次元位置姿勢検出には，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）を使用する．これは，カメラ 8 台とカメラ制御用 PC，通信制御用 PC 各 1 台から構成される．ユーザは，親指，人差し指，手の甲に再帰性反射マーカを貼付した手袋状デバイス（**図 3**）を装着し，デバイスにも再帰性反射マーカを貼付することで，手指や実物体の位置姿勢を検出すること

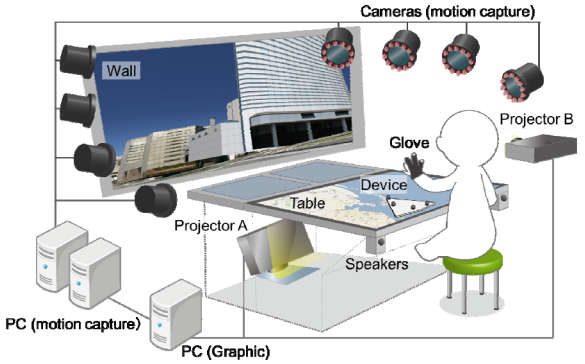


図 2　システム構成図



図 3　手袋状デバイス

表 1　使用 PC スペック

	CPU	メモリ	グラフィックボード
映像生成	Intel Core i7 3.33GHz	6.0GB	NVIDIA GeForce GTX295 1792MB × 2
カメラ制御	Intel Xeon 3.4GHz	3.25GB	NVIDIA Quadro FX 4500 512MB
通信制御	Intel Dual Core 2.60GHz	2.98GB	Radeon X 1300 Series 256MB

ⓒ 2012 Information Processing Society of Japan

ができる．モーションキャプチャシステムにより得られた各デバイスの位置姿勢情報は，通信制御用 PC を介して映像生成用 PC に送られ，インタラクションに利用される．

また，本システムでは，ジェスチャ認識およびデータ管理のために C++を，Google マップ，GoogleEarth, GoogleStreetView の表示，インタラクション制御のために Google Maps API for Flash, Google Earth API, Google Maps JavaScript API V3 を利用している．

4. インタラクションデザイン

4.1 Google マップの操作

(1) 基本操作

本システムでは，卓上面に表示される Google マップをハンドジェスチャによって操作する．そこでまず，Google マップを扱う上での基本操作である移動，拡大縮小，回転のジェスチャについて検討を行った．現在，電子地図をハンドジェスチャで扱う場合に広く利用されているのは，シングルタッチ，マルチタッチなどのタッチジェスチャによる操作である．しかし，その操作の対象は小さな画面に表示された地図が多く，本システムの卓上面のように広い作業領域で操作する場合には，作業領域内で大きな挙動が可能であり，これによって一度の操作で得られる結果が大きく変化すると考えられる．そのため，Google マップの移動・拡大縮小・回転のジェスチャは掌全体で卓上面に触れ，動かす挙動とした．

また，本システムでは移動・拡大縮小，回転に加えて，範囲選択による拡大を基本操作として追加している．地図操作では拡大操作の利用頻度が高く，特に特定の地域を拡大して見ることが多い．しかし，通常の拡大縮小操作では，現在の拡大率によっては繰り返し操作を行わなければならない．そこで，拡大したい領域を囲むことで，その囲まれた範囲を卓上面全体に拡大表示する機能を実装した．

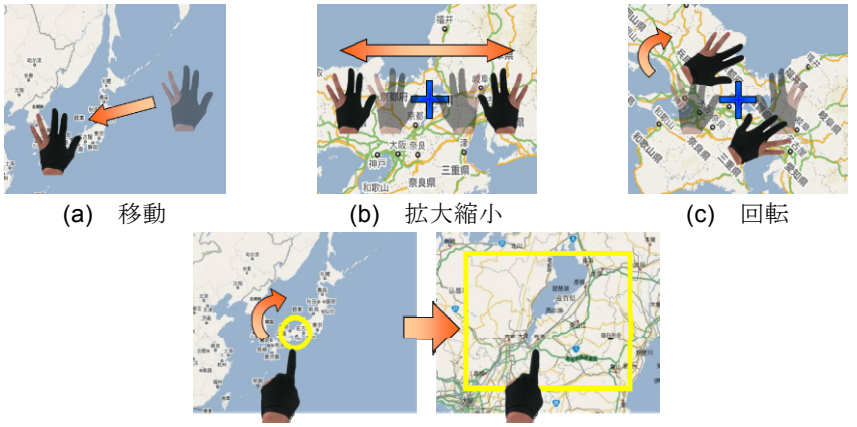
これらの基本操作を**図 4** に示し，それぞれのジェスチャコマンドを**表 2** に示す．

(2) マルチウインドウ

GUI でのマップ操作の問題点の一つとして，複数地点の見比べが困難であることが挙げられる．例えば地点 A, B のどちらかに行こうと考えた時，まず現在地からそれぞれの地点までの移動経路を探索し，それぞれの地点の周辺にどのような施設があるかを探索する．これを Web ブラウザ上で行う場合には以下のような方法が考えられる．

(a) それぞれの地点について順番に調べる
(b) 複数のタブを開いてそれぞれの地点について表示する
(c) 複数のウインドウを開いてそれぞれの地点を表示する

しかし，(a) の場合には，複数の地点を一度に見ることができないため，経路検索した後，目的地周辺を検索するために拡大し，また次の地点を検索するために縮小し拡大，といった操作を繰り返し行わねばならない．また，(b) の場合には，複数のタブを切り替えなければならないため複数の地点を一度に見ることができない．さらに，(c) の場合には，ディスプレイの大きさの問題から一度に表示できるウインドウ数に制約があり，またそれぞれのウインドウも小さいため，表示できる情報が少ない．そのため，一つの地点を大きく表示し，操作しようとすると，結局他の地点を見られないという問題がある．



(a) 移動　(b) 拡大縮小　(c) 回転
(d) 範囲選択による拡大

図 4 基本操作

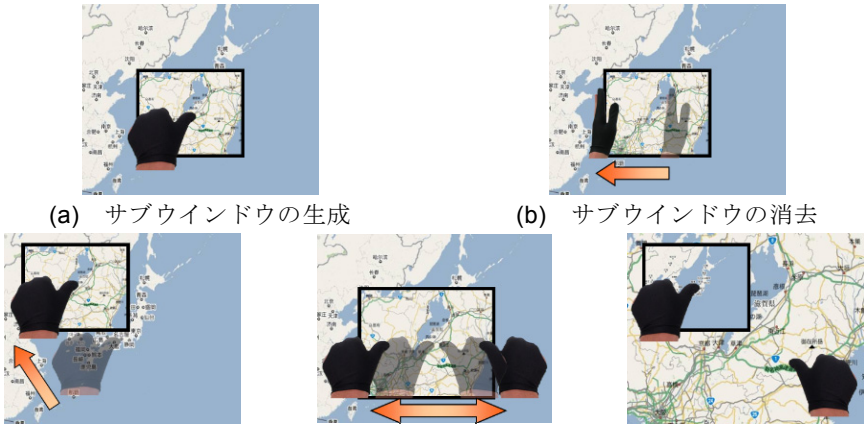
表 2 基本操作のジェスチャコマンド

コマンド	手指の動作と効果
移動	片手の掌全体で Google マップに触れ，前後左右に移動させることで，手の動きに合わせて Google マップの中心位置を変更する
拡大縮小	両手の掌全体で Google マップに触れ，両手の間隔を広げることで Google マップをズームインし，狭めることでズームアウトする
回転	両手の掌全体で Google マップに触れ，両手が成す角度を変更することで，手の動きに合わせて Google マップを回転させる
範囲選択による拡大	片手の人差し指だけで Google マップに触れ，円を描くことで，囲まれた領域が卓上面に収まる最大の拡大率で Google マップを表示する

ⓒ 2012 Information Processing Society of Japan

一方，本システムは先述の通り，広い作業領域を有する卓上面を利用するため，卓上面に複数のウインドウを表示しても閲覧に支障をきたさない大きさを確保できる．

そこで，本システムでは，卓上面に大きく表示される地図とは別の小さな地図を「サブウインドウ」と定義し，これを複数卓上面に表示することで地図操作の効率化を図る．サブウインドウでは先述した基本操作の他，ウインドウの移動や大きさの変更，大きく表示される地図とサブウインドウに表示された地図を入れ替える機能を実現した．これらのサブウインドウに関する操作を**図 5** に示し，ジェスチャコマンドを**表 3** に示す．サブウインドウに関する操作は，基本操作との誤操作を防ぐために親指を利用するジェスチャを利用し，サブウインドウの消去は，特に誤動作がおこらないように，他の操作とは全く異なる掌を垂直にするジェスチャを採用した．



(a) サブウインドウの生成　(b) サブウインドウの消去
(c) 移動　(d) 大きさの変更　(e) 地図の入れ替え

図 5 サブウインドウの操作

表 3 サブウインドウ操作のジェスチャコマンド

コマンド	手指の動作と効果
サブウインドウの生成	片手の親指だけで Google マップに触れ，数秒待つと，触れた地点を中心とするウインドウが生成される
サブウインドウの消去	片手の掌を卓上面に対して垂直にして，払うようにしてサブウインドウに触れると，ウインドウが消去される
移動	片手の親指だけでサブウインドウに触れ，前後左右に移動させることで，手の動きに合わせてサブウインドウの位置が変更される
大きさの変更	両手の親指でサブウインドウに触れ，両手の間隔を広げることで大きくし，狭めることで小さくする
地図の入れ替え	片手の親指でサブウインドウに触れ，もう片方の親指で Google マップ・または異なるサブウインドウに触れることで，2 つの地図を入れ替える

4.2 GoogleEarth の操作

Web ブラウザやデスクトップアプリケーション上で GoogleEarth を閲覧する際の問題点として，現在地点がわからなくなることや，視点の移動・回転がマウスとキーボードの組み合わせであるため学習に時間がかかり，ユーザが意図した挙動とは異なる操作を行なってしまうことが挙げられる．そこで本システムでは，卓上面に表示される Google マップと，**図 6 (a)** に示す 3 次元位置姿勢を取得可能な，ハンググライダの形を模したデバイスを利用することでこれらの問題解決を図る．

ハンググライダ型デバイスによる GoogleEarth の操作には，**図 6 (b)** に示す 4 つのパラメータを利用する．まず，デバイスの位置 (position) は，卓上面の Google マップでの緯度経度に変換される．また，卓上面からデバイスまでの垂直距離 (height) は，Google マップの縮尺 (z)，現在地の最大縮尺 (z_{max}) からなる以下の式によって，GoogleEarth での標高 (a) に変換され，この緯度経度と標高の情報が GoogleEarth での視点位置として反映される．

また，デバイスの yaw 方向への傾き (yaw) は，Google マップ上での向きに変換され，pitch 方向への傾き (pitch) はそのまま GoogleEarth での視点角度に反映される．

$$a = height \times \left(z_{\max} - z + 1\right)^2 \qquad (1)$$

但し，これらのパラメータについて微細な変化までも反映すると，手ぶれなどの影響で GoogleEarth の表示がちらつくため，一定以上の動きがない場合には GoogleEarth が反応しないようにしている．

ハンググライダ型デバイスを利用することで，ユーザは 3 次元空間での視点の移動回転を容易に行うことができる．また，卓上面に表示される Google マップを併せて利



(a) 外観　(b) 入力するパラメータ

図 6 ハンググライダ型デバイス

ⓒ 2012 Information Processing Society of Japan

用することで，視点の位置と方向を直観的に入力することができるだけでなく，現在位置の把握が容易になるという利点がある．また，ハンググライダの形を模しているため，まるで自由に空を飛んでいるかのような爽快感を得ることができる．

4.3 GoogleStreetView の操作

本システムでは，壁面の表示を GoogleEarth から GoogleStreetView に変更することで GoogleEarth だけでは取得できない実際の街の風景内を探索可能としている．ハンググライダ型デバイスが位置する地点のパノラマ写真をデータベースが所持している場合，壁面にそれを示す画像が表示される．この時，空中で手を左に払うことで，ハンググライダ型デバイスによる GoogleEarth の操作を中断し，壁面にその地点の GoogleStreetView を表示する．また，卓上面を人差し指と中指で触れ，それぞれの指を交互に前後に動かす，まるで歩くようなジェスチャによって現在の視点方向に前進し，GoogleStreetView での地点を切替える．また，空中で手を掴んで上下左右に動かすことで視点を変更する．探索を終了する際には，空中で手を右に払うことで，GoogleStreetView から GoogleEarth へと表示を戻し，ハンググライダ型デバイスによる操作を再開させることができる．

GoogleStreetView に対する操作を**図 7** に，ジェスチャコマンドを**表 4** に示す．

5. 運用

5.1 運用 1

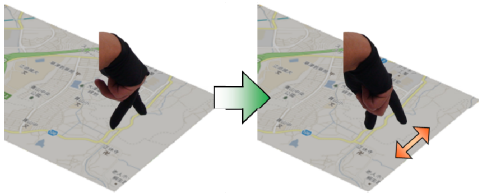
まず本システムを数名に体験させ，コメントを収集した．運用 1 では特に条件を設けず，自由に閲覧させた．各地図の操作を行なっている様子を**図 8** に示す．

体験の様子を観察すると，各地図の操作を一度教えただけですぐに操作方法を理解し，思いのままに地図の閲覧を行うことができていた．特にハンググライダ型デバイスによる GoogleEarth の操作については，GoogleEarth を操作するためのデバイスであると伝えただけで，自由に操作できていた体験者も少なくなかった．体験後，本システムについて以下のようなコメントが得られた．

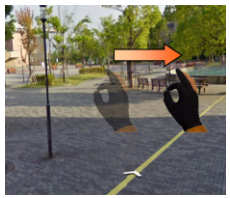
- 卓上面が広いので，地図が見やすい
- 大まかに拡大していく時は範囲選択による拡大を，調整する時は両手での拡大を利用するといった使い分けができる点が便利
- 複数の地点を見比べるときに，サブウインドウが便利
- サブウインドウをたくさん生成すると，大きな地図が見づらくなる
- ハンググライダ型デバイスによる操作は楽しくわかりやすい．卓上の地図に対してハンググライダを動かすので，自分の位置を見失わず，安心
- ハンググライダ型デバイスを操作している時は片手しか使えないので，片手でも地図の拡大縮小，回転を行いたい



(a) GoogleStreetView 画面の表示（壁面）



(b) 前進（卓上面）



(c) 回転（壁面）

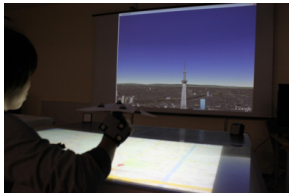
図 7 GoogleStreetView の操作

表 4 GoogleStreetView 操作のジェスチャコマンド

コマンド	手指の動作と効果
表示・非表示	空中で手を払うように左に移動させることで，壁面の映像を GoogleStreetView に切り替える．また，右に移動させることで GoogleEarth に切り替える．
前進	人差し指と中指で卓上面に触れ，指を前後交互に移動させることで，現在の GoogleStreetView の視点に対する前方方向に移動する．
回転	空中で手を掴み，左右に移動させることで，手の動きにあわせて GoogleStreetView の視点を回転させる



(a) Google マップの操作



(b) GoogleEarth の操作

図 8 運用の様子

ⓒ 2012 Information Processing Society of Japan

・ GoogleStreetView の操作で，指を使って歩くジェスチャは本当に歩いているようでわかりやすい

これらのコメントから，本システムで目的とする，卓上面での地図の操作による目的地への到達や，ハンググライダ型デバイスによる 3 次元空間の直観的な操作はおおむね実現できていると考えられる．一方で，拡大縮小や回転といった操作がハンググライダ型デバイスを持っている際に行えないことや，サブウインドウの複数生成における要望なども挙げられた．

これらに対する解決策として，まずハンググライダ型デバイス操作時の問題に関しては，両手を用いた拡大縮小・回転操作に加え，片手のみでの拡大縮小・回転操作を導入する方法が考えられる．両手が使える場合には両手を用いて大きく拡大縮小・回転し，片手しか使えない場合は片手のピンチ操作により拡大縮小・回転を行う．両手が使えない場合に片手を使うという使い分けだけでなく，大まかな拡大には両手，拡大率を細かく調整する場合には片手と，用途に応じてジェスチャを使い分けることで拡大・縮小の操作性も向上するのではないかと考えている．

次に複数サブウインドウによる問題については，壁面を退避場所として利用する，あるいはサブウインドウの格納領域を作り，必要な場合のみ表示するなどの解決策が考えられる．待避や格納のための領域については，作業内容に応じて妨げにならない位置に表示される機構を検討する必要がある．

5.2 運用 2

運用 1 では体験者に自由な閲覧を行わせたが，運用 2 では 3 次元空間内に設置された 0 から 9 までのランダムな数字が描かれた立方体オブジェクト（**図 9**）を探索させるという課題を行わせ，その後コメントを収集した．立方体オブジェクトの設置位置は，**図 10** に示すように，東京タワー，大阪駅，立命館大学びわこ・くさつキャンパスの 3 地点とし，それぞれ既存の 3 次元モデルの近辺，既存の 3 次元モデルの内部，周りに 3 次元モデルがない地点となっている．また，設置される立方体オブジェクトの向きは毎回ランダムに設定した．

操作の様子を観察したところ，体験者はそれぞれの目的地に辿り着くまでは卓上面の Google マップを範囲選択による拡大や，両手の掌を利用して拡大し，ある程度拡大できたところでハンググライダを手に持ち，壁面に目線を移して GoogleEarth を閲覧していた．

作業後に得られたコメントは以下のようになっている．

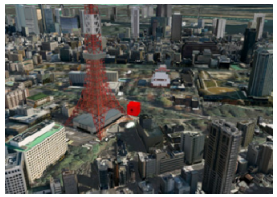
(1) ハンググライダ型デバイスは回り込みの操作がしやすい
(2) デバイスの持ち方で見ている方向が理解できるので，手元を見ずに壁面に集中して操作できる
(3) 卓上面に Google マップが表示されているので迷うことがない
(4) 意図せず手が震えたときに GoogleEarth の映像も揺れたの手ぶれ防止機能が欲しい
(5) 手を同じ姿勢で維持するのが難しいので，同じ場所を見ていられない
(6) 地上を這うように進むのが難しい
(7) 衝突しないことは理解しているのに，建物を避けるようにハンググライダを動かしてしまう

(1) から (3) はハンググライダ型デバイスでの操作に対する好意的な意見で，(1) の理由は，ハンググライダ型デバイスでは位置と姿勢を同時に入力することができるためだと考えられる．(2) についてはデバイスを把持した際にどこがデバイスの前方かを理解することが容易であるためだと考えられる．また，(3) は卓上面の Google マップに対してハンググライダ型デバイスがどこに位置しているかを容易に把握することができ，従来の Web ブラウザ上での GoogleEarth 操作では分かりづらかった現在地の把握が容易になったことが評価されており，設計通りの効果が得られた．

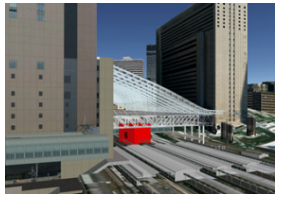
(4) から (6) は，本手法における問題点に関するコメントである．ハンググライダ型デバイスは，まるで空を飛び回るようにして GoogleEarth 内を自由な視点から閲覧することを目的とし，手で持って操作することを前提としているため，(4) や (5) のように手で持つことによる問題が発生した．今回，手ぶれを防止するための機能を実装してはいたが，まだ改善の必要があると考えられる．また，今回の課題のうち大阪駅に設置したオブジェクトは，図 10 (b) に示すように建物に隠れているため，地上からしか数字を確認できなかった．よって，体験者はハンググライダ型デバイスを卓上



図 9 立方体オブジェクト



(a) 東京タワー



(b) 大阪駅



(c) 立命館大学びわこ・くさつキャンパス

図 10 設置位置

ⓒ 2012 Information Processing Society of Japan

面に接した状態で動かし，数字を確認する必要があった．(6) は，この操作に対するコメントである．この問題に対しては，3 次元空間での操作に制限を設けることで，作業内容によっては閲覧が容易になるという可能性が考えられる．例えば，卓上面に置いて操作することを想定したデバイス（車の形をしたものなど）を実現し，作業内容によってハンググライダ型デバイスと使い分けることで柔軟に対応できると考えている．

(7) に関しては，実世界のハンググライダを模したデバイスを利用したために，体験者は建物にぶつかってしまうと錯覚したと考えられる．

5.3 運用 1，2 のまとめ

以上の運用により，以下のことがわかった．

- 卓上面に表示された地図をベースとして GoogleEarth や GoogleStreetView の操作を行うことで，操作者自身の位置や向いている方向などが明確となり，迷子になる心配が少ない
- 卓上面に表示された地図とハンググライダや歩くジェスチャといった実世界のメタファを併用することで，壁面に表示された GoogleEarth や GoogleStreetView の操作が直観的で爽快なものとなる
- GoogleEarth の操作において，ハンググライダ型デバイスは，回り込み，現在地，現在の視点の把握という観点から特に有効であった

また，体験者により，今後改善すべき点もいくつか指摘された．

6. むすび

本研究では，壁面と卓上面を作業領域として併用し，Google マップや GoogleEarth，GoogleStreetView を表示，操作するシステムを開発し，それぞれの地図を直観的に操作するためのインタラクションについて検討した．

まず，部屋を構成する基本要素である机と壁の特徴について述べ，それらの特徴を活かした，各領域の利用方法について説明した．次に，卓上面で表示すべき地図について実験を通して検討し，Google マップを表示することを決定した．そして，Google マップの操作として基本操作とマルチウインドウ機能，GoogleEarth の操作としてハンググライダ型デバイスの利用，GoogleStreetView の操作として机の上を歩くようなジェスチャなどのインタラクションについて説明した．

その後，2 種類の運用を通して，提案システムによって直観的な地図操作が実現できていること，卓上面と壁面の併用とハンググライダ型デバイスによる GoogleEarth の操作の有用性を確認した．

今後の展望として，まず今回の運用で指摘された問題点を解決する必要があると考えている．また，今回は電子地図を探索，散策することを想定し，ジェスチャやハンググライダ型デバイスを用いて操作する方法を提案したが，例えば周辺にあるレストランやお店を探すなど，周辺検索機能についても検討していく．さらに，都市計画のためのミーティングや，地理学習のための授業など，複数人で操作・閲覧する際にも利用できるよう拡張することも検討したい．

参考文献

1) J. M. Crae, I. Mordatch, M. Glueck, and A. Khan: “Multiscale 3D navigation,” Proc. I3D, pp. 7 - 14, 2009.
2) S. Malacria, E. Lecolinet, and Y. Guiard: “Clutch-free panning and integrated pan-zoom control on touch-sensitive surfaces: The CycloStar approach,” Proc. CHI, pp. 2615 - 2624, 2010.
3) M. Nancel, J. Wagner, E. Pietriga, O. Chapuis, and W. Mackay: “Mid-air pan-and-zoom on wall sized dis-plays,” Proc. CHI, pp. 177 - 186, 2011.
4) R. Ajaj, F. Vernier, C. Jacquemin: “Navigation modes for combined table/screen 3D scene rendering,” Proc. ITS, pp. 141 - 148, 2009.
5) C. Forlines, A. Esenther, C. Shen, D. Wigdor, K. Ryall: “Multi-user, multi-display interaction with a single-user, single-display geospatial application,” Proc. UIST, pp. 273 - 276, 2006.
6) C. Ware, and S. Osborne: “Exploration and virtual cam-era control in virtual three dimensional environments,” Proc. I3D, pp. 175 - 183, 1990.
7) B. Ullmer and H. Ishii: “The metaDESK: Models and prototypes for tangible user interfaces,” Proc. UIST, pp. 223 - 232, 1997.
8) L. W. Chan, H. T. Wu, H. S. Kao, J. C. Ko, H. R. Lin, M. Y. Chen, J. Hsu, and Y. P. Hung: “Enabling beyond-surface interactions for interactive surface with an invisible projection,” Proc. UIST, pp. 263 - 272, 2010.

ⓒ 2012 Information Processing Society of Japan