

# マルチタッチインターフェースを用いた Focus+Glue+Context マップ操作手法

堀田 篤志<sup>†</sup> 山本 大介<sup>††</sup> 高橋 直久<sup>††</sup>

<sup>†</sup> 名古屋工業大学情報工学科 〒466-8555 愛知県名古屋市昭和区御器所町

<sup>††</sup> 名古屋工業大学大学院工学研究科情報工学専攻 〒466-8555 愛知県名古屋市昭和区御器所町

E-mail: <sup>†</sup>hotta@moss.elcom.nitech.ac.jp, <sup>††</sup>{yamamoto.daisuke,naohisa}@nitech.ac.jp

あらまし 我々は、注目領域である Focus と周辺領域である Context と、それらを繋ぐ領域である Glue を持つ Focus+Glue+Context マップ Emma を開発してきた。Emma は、Context の縮尺や位置だけではなく、Focus の大きさや縮尺や位置、Glue の幅などの値を同時に操作する必要があるが、それらの操作は煩雑である。そこで、本稿は、マルチタッチを用いる手法と、それに基づく動作と機能の組み合わせの多様化、そして、Focus の複製により操作負担を軽減する手法を提案する。

キーワード Emma, マルチタッチ

## Map operation method with multi touch interface in Focus+Glue+Context map

Atsushi HOTTA<sup>†</sup>, Daisuke YAMAMOTO<sup>††</sup>, and Naohisa TAKAHASHI<sup>††</sup>

<sup>†</sup> Department of Computer Science, Nagoya Institute of Technology  
Gokiso, Syouwa, Nagoya, Aichi 466-8555 Japan

<sup>††</sup> Department of Computer Science and Engineering Graduate School of Engineering, Nagoya Institute of Technology

Gokiso, Syouwa, Nagoya, Aichi 466-8555 Japan

E-mail: <sup>†</sup>hotta@moss.elcom.nitech.ac.jp, <sup>††</sup>{yamamoto.daisuke,naohisa}@nitech.ac.jp

### 1. はじめに

#### 1.1 研究の背景

本研究室では Emma [1] ~ [3] と呼ばれるデジタルマップシステムの研究をしている。Emma とは、指定した部分を拡大表示する領域である Focus, 周辺部分を表示する領域である Context, Focus と Context との歪を吸収し繋ぎ合わせて表示する領域である Glue からなる web マップシステムである。図 1 に鶴舞公園を Focus に含め、現在地(名古屋駅)を含む Context に表示した Emma の例を示す。

しかし、Emma の機能を十分に活用するためには、Context の縮尺や位置の変更というような一般的なデジタルマップにみられる操作だけではなく、Focus の大きさや縮尺や位置や Glue の幅など多くのパラメータを同時に操作する必要がある。このため、操作が煩雑になりユーザに操作の負担が大きくなること

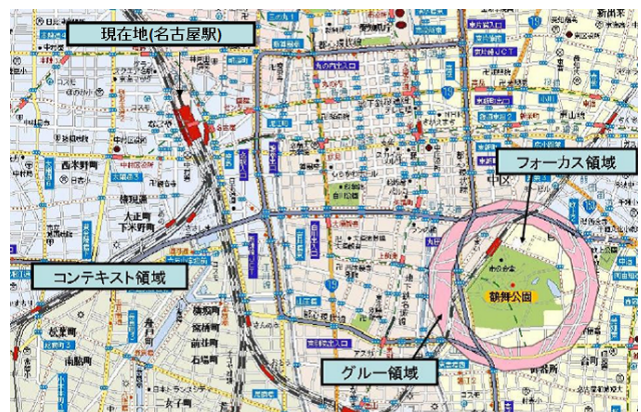


図 1 鶴舞公園を Focus に含め、現在地(名古屋駅)を含む Context に表示した Emma の例

がある。そして、既存の Emma は開発途中であるため、今後機能数が増加しさらに煩雑になる可能性がある。

そこで、本稿はこの問題に対し、マルチタッチ技術を用いた操作による解決を試みる。マルチタッチ技術を用いた操作により、既存のデジタルマップと同様の機能に加え Emma 固有の機能を直感的に操作することを可能にする。この手法を実際のシステムに適用させるにあたって、以下のような問題が生じる。

問題 1 マルチタッチインターフェースでは様々な種類の操作が可能であるが、ユーザが直感的にイメージする操作とマップシステムの動作が異なる場合がある。

また、既存のデジタルマップを用いて離れた複数箇所の地図オブジェクトの大きさを比較するためには、以下のような問題がある。

問題 2-1 離れた地点の地図オブジェクトとそれらの位置関係を確認するためには何度もスクロール・縮尺変更をする必要があり、ユーザにとって負担となる。

問題 2-2 縮尺を変えながら離れた地点の地図オブジェクトの大きさを比較すると、異なる縮尺で地図オブジェクトを確認する必要があるが、異なる縮尺間における地図オブジェクトの大小関係の把握が難しい。

そこで、Emma を用いて、上記の問題を解決する。Emma には複数地点を同時に拡大して表示できるという利点があるため、複数の建物などの大きさを比べることが既存のデジタルマップに比べ容易である。図 2 に鶴舞公園、中村公園、明德公園を同縮尺・同サイズの Focus に含めた Emma の例を示す。



図 2 鶴舞公園、中村公園、明德公園を同縮尺・同サイズの Focus に含めた Emma

しかし、既存の Emma で複数箇所のオブジェクトの大きさを比較するためには、Focus 領域の縮尺とサイズを一箇所ずつ同じになるように設定する必要があり、ユーザにとって負担となるという問題が依然として残る。特に Focus の縮尺は分かりにくいという欠点がある。

## 1.2 実現上の課題とアプローチ

問題を解決するためには、以下の課題が挙げられる。

課題 1 Emma でのマルチタッチによる操作を可能とし、ユーザが直感的にイメージする操作でマップシステムを動作させる必要がある。

従来のマルチタッチに対応したデジタルマップは、マップの縮尺変更を 2 本指間の幅を変えながら画面をなぞる動作 (以下、ズーム) で行っている。しかしながら Emma において、この操作を Focus を生成する操作にも割り当てたいと考える人がいる可能性もある。ズーム操作をマップの縮尺変更と Focus を生成する機能の両方に割り当ててはできない。なぜなら、Context でのマップの縮尺変更と Focus の生成を共にズームによる操作で可能にする場合、2 つの機能が同時に作動してしまうからである。

また、ズーム操作においてユーザが期待するシステム動作が本当にマップの縮尺、または、Focus の生成であるのかという疑問がある。多くのマルチタッチに対応したデジタルマップが、ズームによる操作でマップの縮尺変更を行えるため、ズームでのマップ縮尺変更が一般的となっているが、ズーム以外の操作でのマップの縮尺変更が最も直感的であるユーザも存在すると推測する。

そこで本稿では、課題 1 に対して、ユーザが直感的にイメージする操作でマップシステムを動作させる手法を提案する。

課題 2 同縮尺・同サイズの Focus を少ない操作で複数生成可能にする必要がある。

離れた複数地点のオブジェクトを比較したい時、Focus をそれぞれ生成することは有効である。それぞれのオブジェクトに合わせて Focus の縮尺を調節可能であるため、複数地点のオブジェクトの位置は比較可能でも、大きさが比較できなくなってしまう場合がある。従来の Focus は一定の縮尺・サイズで生成される。その際の縮尺は Context を 1 つ拡大した縮尺であり、Focus サイズ・Glue サイズ共に設定してある数値で決まっている。この場合、同縮尺・同サイズの Focus を生成するためには、2 つ目の Focus からは最初に作成した Focus の縮尺・サイズに 1 つずつ手作業で合わせていかなければならない。そして、それは目分量であるため、作業効率が悪いのに加え正確性も低い。そこで本稿では、課題 2 に対して、同縮尺・同サイズの Focus を少ない操作で複数生成可能にする手法を提案する。

## 1.3 提案システムの特徴

### 1.3.1 マルチタッチシステム

ここでは課題 1 を解決するためのシステムの特徴を挙げる。

特徴 1-1 マルチタッチインターフェースを採用することにより、クリックやドラッグといった従来の Emma で対応していた動作に加え、ダブルクリック、2 本指で左右に画面をなぞる動作 (以下、パン)、2 本指でコンパスのように画面をなぞる動作 (以下、ローテーション)、2 本指間の幅を変えながら画面をなぞる動作 (以下、ズーム) の 4 つの動作での操作により Focus、Glue、Context の縮尺や大きさなどを変化させることを可能とした。

特徴 1-2 1 つのユーザの動作に対して 1 つの機能を固定して割り当ててのではなく、ユーザが複数の動作と機能の組み合わせの中から最も扱いやすいと感じる組み合わせを選んで使えるように、割り当てをカスタマイズする機能を実装する。これにより、個々のニーズにあった動作で既存のデジタルマップの機能および Emma 固有の機能を扱うことを可能とした。

### 1.3.2 Focus 複製システム

ここでは課題 2 を解決するためのシステムの特徴を挙げる。

特徴 2-1 ユーザが大きさ・縮尺を変化させた Focus を選択し、その Focus の大きさ・縮尺情報を取得することで、ユーザが選択した Focus と大きさ・縮尺が同じ新しい Focus を作成する機能を有する。

特徴 2-2 ユーザが大きさ・縮尺を変化させた Focus を選択し、その Focus の大きさ・縮尺情報を取得することで、別の Focus の大きさと縮尺をユーザが選択した Focus と大きさ・縮尺で書き換える機能を有する。

## 2. 従来の Emma システムの概要

従来の Emma システムではモードの切り替えや、複数回の操作が必要であるなどの問題がある。具体例を以下に示す。

### 2.1 Focus 生成・サイズ変更・削除

従来の Emma システムの Focus 生成・サイズ変更・削除をユーザが行う操作手順について解説する。図 3 において操作を番号で示す。矢印はドラッグ操作を意味する。



図 3 Focus 生成・サイズ変更・削除

STEP1 Scroll ボタンをクリック (図 3 操作 1) し Scroll モードに変更した後、Context をドラッグ (図 3 操作 2) し、拡大したい場所を画面の中央付近に表示する。

STEP2 Focus ボタンをクリック (図 3 操作 3) し Focus モードに変更した後、拡大したい Context 領域の場所をクリック (図 3 操作 4) し、Focus を生成する。

STEP3 Focus の赤いボーダーラインをドラッグすることで Focus のサイズを変更する。外側の赤いボーダーラインをドラッグ (図 3 操作 5) することで Glue の幅を変更し、内側の赤いボーダーラインをドラッグ (図 3 操作 6) することで Focus の大きさを変更する。Focus の赤いボーダーライン以外をドラッグ (図 3 操作 7) することで Focus を移動する。この 2 つの動作で拡大したい場所を Focus 領域に収める。

STEP4 Delete ボタンをクリック (図 3 操作 8) し Delete モードに変更した後、Focus 領域をクリック (図 3 操作 9) し、Focus を削除する。

問題点 Focus に対して操作を行う場合、ボタンによるモードの切り替えが必要となる。

### 2.2 マップの回転

従来の Emma システムのマップの回転をユーザが行う操作手順について解説する。図 4 において操作を番号で示す。



図 4 マップの回転

STEP1 Scroll モードに切り替えて、回転したい中心を画面の中心にドラッグする。

STEP2 L ボタンをクリック (図 4 操作 1) すると左周りに回転 (図 4 操作 a) し、R ボタンをクリック (図 4 操作 2) すると右周りに回転 (図 4 操作 b) する。

STEP3 1 回のクリックで 10 度回転する。

問題点 1 回のクリックで 10 度回転させるため、180 度回転させるためには 18 回のクリックが必要となり、10 度以下の細かい回転も出来ない。

### 2.3 Context と Focus の縮尺変更

従来の Emma システムの Context と Focus の縮尺変更をユーザが行う操作手順について解説する。図 5 において操作を番号で示す。矢印で示しているものはマウスのロール操作である。



図 5 Context と Focus の縮尺変更

STEP1 Context 上 (図 5-a) でマウスのロールを回すと Context の縮尺が変化する。上周り (図 5 操作 1) でマップが拡大し、下回り (図 5 操作 2) でマップが縮小する。

STEP2 Focus 上 (図 5-b) でマウスのロールを回すと Focus の縮尺が変化する。上周り (図 5 操作 1) でマップが拡大し、下回り (図 5 操作 2) でマップが縮小する。

問題点 マウスのロールを使用して変更させるため、ロール機能のないノートパソコン等では操作できない。

### 3. 提案システムの概要

本章では提案システムの流れを説明する．具体的な実装方式は4章で説明する．

#### 3.1 マルチタッチシステムの構成

図6にマルチタッチによってEmmaを操作する手法の構成を示す．

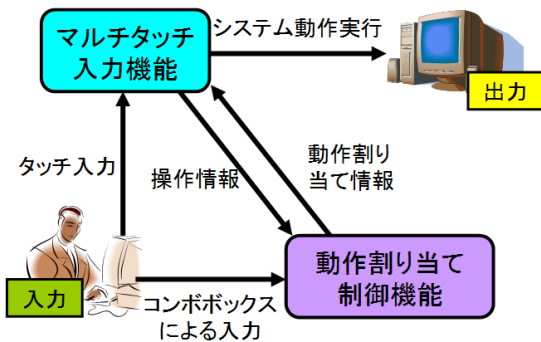


図6 マルチタッチシステムの構成図

具体的な構成は以下のとおりである．

STEP1 ユーザがコンボボックスによって操作とシステム動作の割り当てを決める．

STEP2 ユーザがタッチ動作によってマップの操作を行う．

STEP3 ユーザによる操作が行われた画面座標を判定する．座標がContextである場合はSTEP4-1～STEP4-4を実行し、Focusである場合はSTEP5-1～STEP5-5を実行する．

STEP4-1 マルチタッチ入力機能でユーザの操作内容（ダブルクリック、パン、ローテーション、ズームなど）のうち、どの操作が行われたかを判定し、操作情報を動作割り当て制御機能に送る．

STEP4-2 ユーザの行った操作に割り当てられたシステム動作を判定する．Contextでの操作に対応する動作として、Contextの縮尺の変更、Focusの生成、Focusの複製、マップの回転がある．動作内容の詳細は後述する．

STEP4-3 判定されたシステム動作を実行する．

STEP4-4 システム動作が実行されたEmma地図を生成し、表示する．

STEP5-1 複数のFocusが生成されている場合は、各Focusに設定されているIDに従い、どのFocus上での入力か判定する．最も新しい入力が行われたFocusのIDを一番大きいIDに変更する．

STEP5-2 マルチタッチ入力機能でユーザの操作内容（ダブルクリック、パン、ローテーション、ズームなど）のうち、どの操作が行われたかを判定し、操作情報を動作割り当て制御機能に送る．

STEP5-3 ユーザの行った操作に割り当てられたシステム動作を判定する．Focusでの操作に対応する動作として、Focusの縮尺の変更、Focusの拡大・縮小、Focusの削除、Focusの複製、Glueの幅の変更がある．動作内容の詳細は後述する．

STEP5-4 STEP5-3判定されたシステム動作を、STEP5-1で判定されたFocusで実行する．

STEP5-5 システム動作が実行されたEmma地図を生成し、表示する．

#### 3.2 Focus複製の構成

Focus複製機能では、以下述べるようにダブルクリックを用いた手法と、Glue外周上でクリックする手法の2つを提案する．

##### 3.2.1 ダブルクリックによる手法

STEP1 ユーザがコンボボックスでFocus複製を行う操作に、Focus内でのダブルクリックを割り当てる．

STEP2 ユーザがマップの操作を行う．

STEP3 Focus内でのダブルクリックが行われた場合、Glueの周囲を赤いラインで囲み、Focusのサイズ・縮尺情報を取得する．

STEP4 ダブルクリックがContextで行われれば、取得した情報を持つFocusを複製する．Focus内で行われれば、マルチタッチシステムの手順のFocus内で行われた場合と同様の手順を踏み、判定されたFocusを取得した情報を持つFocusで書き換える．1度複製されると赤いラインが消え、複製はできなくなる．

##### 3.2.2 Glue外周上でのクリックによる手法

STEP1 ユーザがコンボボックスでFocus複製を行う操作に、Glue外周上でのクリックを割り当てる．

STEP2 ユーザがマップの操作を行う．

STEP3 Glue外周上でのクリックが行われた場合、Glueの周囲を赤いラインで囲み、Focusのサイズ・縮尺情報を取得する．

STEP4 クリックがContextで行われれば、情報を取得したFocusを複製する．Focus内で行われれば、マルチタッチシステムの手順のFocus内で行われた場合と同様の手順を踏み、判定されたFocusを取得した情報を持つFocusで書き換える．1度複製されると赤いラインが消え、複製はできなくなる．

### 4. 提案システムの実装方式

本項目では、動作割り当て制御機能と、マルチタッチ入力機能について具体的な実装方式を解説する．

#### 4.1 動作割り当て制御機能

動作割り当て制御はユーザがコンボボックスによって行う．動作割り当て制御機能とは、1つのユーザの動作に対して1つの機能を固定して割り当てるのではなく、ユーザーが複数の動作と機能の組み合わせの中から最も扱いやすいと感じる組み合わせを選んで使えるように、割り当てをカスタマイズする機能である．本機能のコンボボックスの例を図7に示す．



図 7 動作割り当て制御機能のインターフェース

## 4.2 マルチタッチ入力機能

パン、ローテーション、ズームなどマルチタッチに基づく操作により Focus, Glue, Context の縮尺や大きさなどを変化させるための実装方式について以下に示す。そして、動作割り当て機能によって機能毎に割り当て可能な全ての操作を説明する。

### 4.2.1 Context の縮尺変更

パンを用いる手法

STEP1 ユーザが 2 本指でマップをタッチし、パンでの操作を行ったと認識した場合、パン開始時の X 軸座標を取得する。

STEP2 パン開始時の X 座標からの 2 本指の移動距離を検出し、距離を  $d$  とする。なお、左方向へのパンを検出すると正の値を、右方向へのパンを検出すると負の値をとる。

STEP3 距離  $d$  が設定された上限の値を越えると縮尺を 1 つ拡大し、下限の値を越えると縮尺を 1 つ縮小する。

ズームを用いる手法

STEP1 ユーザがズームでの操作を行っているときと認識した場合、2 本指間の幅が拡大した距離  $d$  を正の値で、縮小した距離  $d$  を負の値で数値化する。

STEP2 距離  $d$  が正であるならば縮尺を 1 つ拡大し、負であるならば縮尺を 1 つ縮小する。なお、ディスプレイから指が離れるまでは 1 回の縮尺の変化しか起こらない。そして、システムがユーザのズームでの操作を認識してから 1 秒間は、指を離してからもう一度タッチして縮尺を変化させようとしても変化は起こらない。

### 4.2.2 Focus の縮尺変更

パンを用いる手法

基本方式は Context 領域の縮尺変更時のパンと同様である。異なる点として、Focus 領域は Context 領域に比べ範囲が狭いため、上限・下限の値を小さく設定している。

ズームを用いる手法

基本方式は Context 領域の縮尺変更時のズームと同様である。

### 4.2.3 マップの回転

ローテーションを用いる手法

STEP1 ユーザがローテーションでの操作を行っているときと認識した場合、2 本指のうち最初にディスプレイをタッチした指

を回転軸とする。

STEP2 回転軸の指を基準に、もう 1 本の指が右に回れば回った角度  $a$  を正の値として検出する。左に回れば回った角度  $a$  を負の値として検出する。

STEP3 角度  $a$  に基づき、正の値ならば右方向へ、負の値ならば左方向へマップを回転させる。

### 4.2.4 Focus の生成

ズームを用いる手法

STEP1 Context 領域でユーザがズームでの操作を行っているときと認識する。

STEP2 最初にディスプレイをタッチした指の座標  $p$  を取得する。

STEP3 認識された操作が 2 本指間の幅の拡大であるならば、拡大した距離  $d$  を検出する。

STEP4 距離  $d$  が一定の値を上回れば、取得した座標  $p$  を中心に Focus を生成する。

ローテーションを用いる手法

STEP1 Context 領域でユーザがローテーションでの操作を行っているときと認識する。

STEP2 回転軸である指の触れている座標  $p$  を取得する。

STEP3 認識された操作が右方向の回転であるならば、回転した角度  $a$  を検出する。

STEP4 角度  $a$  が一定の値を上回れば、取得した座標  $p$  を中心に Focus を生成する。

ダブルクリックを用いる手法

STEP1 Context 領域でユーザがシングルクリックでの操作を行ったときと認識する。

STEP2 フラグを設定し、設定した時間以内にもう一度クリックが行われた時、その操作をダブルクリックとする。

STEP3 2 回目にクリックした座標  $p$  を取得する。

STEP4 取得した座標  $p$  を中心に Focus を生成する。

### 4.2.5 Focus の拡大

ズームを用いる手法

STEP1 Focus 領域でユーザがズームでの操作を行っているときと認識する。

STEP2 認識された操作が 2 本指間の幅の拡大であるならば、拡大した距離  $d$  を検出する。

STEP3 検出された距離  $d$  に比例して Focus を拡大する。

ローテーションを用いる手法

STEP1 Focus 内でユーザがローテーションでの操作を行っているときと認識する。

STEP2 回転軸の指を基準に、もう 1 本の指が右に回れば回った角度  $a$  を正の値として検出する。

STEP3 検出した値  $a$  に比例して Focus を拡大する。

### 4.2.6 Focus の縮小

ズームを用いる手法

STEP1 Focus 領域でユーザがズームでの操作を行っているときと認識する。

STEP2 認識された操作が 2 本指間の幅の縮小であるならば、縮小した距離  $d$  を検出する。

STEP3 検出された距離  $d$  に比例して Focus を縮小する．

ローテーションを用いる手法

STEP1 Focus 領域でユーザがローテーションでの操作を行っていることを認識する．

STEP2 回転軸の指を基準に、もう 1 本の指が左に回れば回った角度  $a$  を負の値として検出する．

STEP3 検出された値に比例して Focus を縮小する．

#### 4.2.7 Focus の削除

ズームを用いる手法

STEP1 ユーザがズームでの操作で Focus の縮小を行う．

STEP2 Focus の大きさが一定の大きさ以下になると、Focus 領域外周上に赤いラインを生成する．

STEP3 さらに Focus の大きさが小さくなり一定の大きさに達した場合、Focus を削除する．

ローテーションを用いる手法

STEP1 ユーザがローテーションでの操作で Focus の縮小を行う．

STEP2 Focus の大きさが一定の大きさ以下になると、Focus 外周上に赤いラインを生成する．

STEP3 さらに Focus の大きさが小さくなり一定の大きさに達した場合、Focus を削除する．

ダブルクリックを用いる手法

STEP1 Focus 内でダブルクリックでの操作を行ったことを認識する．

STEP2 Focus を削除する．

#### 4.2.8 Glue の幅の変更

ズームを用いる手法

STEP1 Focus の拡大・縮小がズームでの操作以外に設定されている．

STEP2 Focus 内でユーザがズームでの操作を行っていることを認識する．

STEP3 認識された操作が 2 本指間の幅の拡大であるなら、拡大した距離  $d$  を検出する．縮小であるなら、縮小した距離  $d$  を検出する．

STEP4 検出された距離  $d$  だけ Glue の幅を拡大・縮小する．

ローテーションを用いる手法

STEP1 Focus の拡大・縮小がローテーションでの操作以外に設定されている．

STEP2 Focus 内でユーザがローテーションでの操作を行っていることを認識する．

STEP3 回転軸の指を基準に、もう 1 本の指が右に回れば回った角度  $a$  を正の値として検出する．右に回れば回った角度  $a$  を負の値として検出する．

STEP4 検出された値に比例して Glue を拡大・縮小する．

## 5. 評価・検証実験

### 5.1 実験の目的

提案システムの直感的な操作性を実験 A によって評価し、提案システムがユーザの負担に及ぼす影響を実験 B によって検証する．

### 5.2 実験の方法

マルチタッチ入力機能の直感的な操作性を評価実験によって評価するために、比較対象として従来の Emma を使用する．Focus 複製機能がユーザの負担に及ぼす影響を検証するために、比較対象として従来の Emma と GoogleMaps [4] の 2 つを使用する．

#### 5.2.1 マルチタッチ入力機能

9 名の大学生を対象に、作成したプロトタイプシステムの操作性について以下の評価実験を行った．

実験 A-1 Emma の各機能 (Context の縮尺変更, Focus の縮尺変更, マップの回転, Focus の生成, Focus の削除, Focus の大きさ変更) に対してユーザが従来の Emma を用いた方式と提案方式の両方を操作し、それぞれ 5 段階で評価する．

実験 A-2 Emma の各機能 (Context の縮尺変更, Focus の縮尺変更, マップの回転, Focus の生成, Focus の削除, Focus の大きさ変更) に対してユーザが割り当てた操作 (ズーム, ローテーション, パン, ダブルクリック) の中で最も直感的な操作を選択する．

#### 5.2.2 Focus 複製機能

14 名の大学生を対象に、プロトタイプシステムを用いて以下の検証実験を行った．ただし、検証実験 B-2 においては従来の Emma 提案システムの順で検証するグループ A(7 人) と、提案システム 従来の Emma の順で検証するグループ B(7 人) に分けて検証した．マップの初期位置は鶴舞公園を中心とする．被験者は 4ヶ所の地図オブジェクトの位置を把握しているものとする．

- 実験 B-1(GoogleMaps との比較)

STEP1-1 名古屋市内 4ヶ所の地図オブジェクトの大きさを比較する．

STEP1-2 地図操作 (縮尺変更・スクロール) 回数・操作時間の平均と分散、大小比較の正答率を観測することでユーザの負担を検証する．

- 実験 B-2(従来の Emma との比較)

STEP2-1 名古屋市内 4ヶ所の地図オブジェクトを Focus で覆う．

STEP2-2 地図操作 (縮尺変更・スクロール・ボタンクリック) 回数・操作時間の平均と分散を観測することでユーザの負担を検証する．

### 5.3 結果と考察

#### 5.3.1 マルチタッチ入力機能

実験 A-1 の結果を図 8 に実験 A-2 の結果を図 9 に示す。

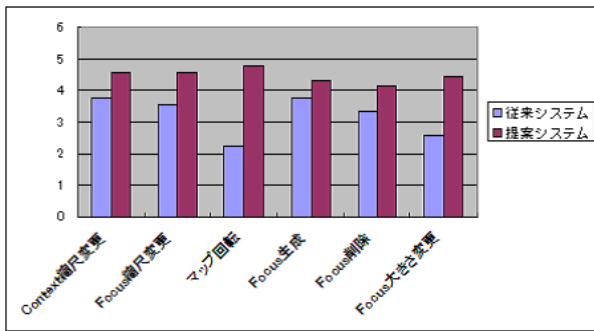


図 8 マルチタッチ入力機能:実験 A-1

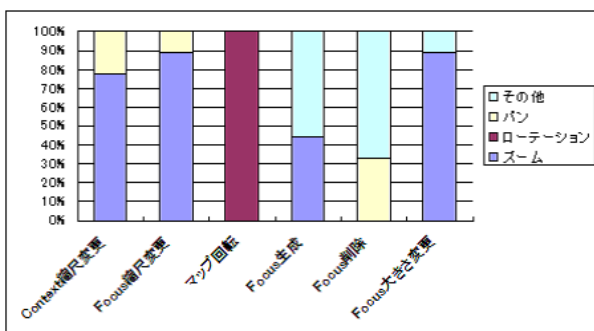


図 9 マルチタッチ入力機能:実験 A-2

実験 A-1 の結果から被験者が提案システムにおいてマルチタッチによる入力のほうが直感的に操作できることがわかった。よって、提案システムは直感的な操作性において従来の Emma よりも有効性が高いことが示された。

実験 A-2 の結果からマップの回転は全ての被験者がローテーションを選択したが、他の機能では 2 種類以上の動作が選択されていることがわかる。これは、各機能に対して最も直感的な操作はユーザによって異なる場合があることを示す。よって、コンボボックスによるカスタマイズ機能は有効性が高いことが示された。

#### 5.3.2 Focus 複製機能

検証の結果 (実験 B-1 は検証対象の縮尺変更回数、スクロール回数、操作時間。実験 B-2 は検証対象の縮尺変更回数、スクロール回数、ポタンクリック回数、操作時間。) の平均と分散を表 1・2 に示す。

表 1 Focus 複製機能:実験 B-1

検証対象	縮尺変更回数	スクロール回数	操作時間
GoogleMaps 平均	12.79 回	28.86 回	170.64 秒
GoogleMaps 分散	44.95	888.29	8420.86
提案システム 平均	3.14 回	2.07 回	76.00 秒
提案システム 分散	5.67	2.99	6292.46

表 2 Focus 複製機能:実験 B-2

検証対象	縮尺変更回数	スクロール回数	ポタンクリック回数	操作時間
従来システム 平均	16.21 回	6.57 回	4.43 回	63.29 秒
従来システム 分散	0.34	3.49	1.34	578.84
提案システム 平均	4.07 回	2.71 回	2.00 回	56.93 秒
提案システム 分散	0.07	3.14	0.00	287.76

#### 実験 B-1 について

GoogleMaps の結果 (縮尺変更回数 12.79 回、スクロール回数 28.86 回、操作時間 170.64 秒) に対して提案システムの結果 (縮尺変更回数 3.14 回、スクロール回数 2.07 回、操作時間 76.00 秒) は大幅に良い結果である。これは GoogleMaps に比べ提案システムが地図オブジェクトの大きさを比較しやすく、操作回数・操作時間も減少するということを示唆する。

GoogleMaps における分散 (縮尺変更回数 44.95、スクロール回数 888.29) が大きくなっているのは、縮尺変更をあまり行わずスクロールを多用したタスクをこなす被験者や、スクロールをあまり行わず縮尺変更を多用したタスクをこなす被験者、スクロールと縮尺変更を同頻度で使用する被験者等に分かれるためであり、つまり、ユーザの利用方法によって結果が分かれたためである。提案システムにおいては、どの被験者もほぼ同様の操作を行ってタスクを行っていたため、分散 (縮尺変更回数 5.67、スクロール回数 2.99) が小さくなった。

#### 実験 B-2 について

従来システムの結果 (縮尺変更回数 16.21 回、スクロール回数 6.57 回、ポタンクリック回数 4.43 回、操作時間 63.29 秒) を提案システムの平均の結果 (縮尺変更回数 4.07 回、スクロール回数 2.71 回、ポタンクリック回数 2.00 回、操作時間 56.93 秒) に対して大幅に良い結果である。これは従来の Emma に比べても、提案システムが離れた場所にある地図オブジェクトの大きさを比較しやすく、操作回数・操作時間も減少するということを示唆している。

従来システムにおける分散 (縮尺変更回数 0.34、スクロール回数 3.49、ポタンクリック回数 1.34) と、提案システムにおける分散 (縮尺変更回数 0.07、スクロール回数 3.14、ポタンクリック回数 0.00) が共に値が小さいのは、どの被験者もほぼ同様の操作を行ってタスクを行っていたためである。しかし、従来システムでは Focus を生成する毎に縮尺を変更する必要があるため、縮尺回数を間違えるといった誤った操作をするユーザがいたため、分散が提案システムに比べ増加した。

GoogleMaps では Focus が生成できないため、1 つの画面に収まらないほど離れた地図オブジェクトの大きさの比較や位置関係の把握が困難であり、従来の Emma では Focus の縮尺・サイズを 1 つずつ変更しなければならないため、操作回数・操作時間が増加する。また、Focus の縮尺を正確に把握できず、異なった Focus の縮尺で大小を比較してしまうという問題もあった。検証の結果より、地図オブジェクトの大きさ比較においても、提案システムは従来の Emma・GoogleMaps よりも有効性が高いことが示された。

## 6. おわりに

本稿では、マルチタッチを用いる手法と、それに基づく操作と機能の組み合わせの多様化、そして、Focus の複製により、ユーザの操作負担の軽減し、直感的な操作性の実現するシステムを提案した。提案システムの持つ機能として、パン、ローテーション、ズームの3つの動作により Focus, Glue, Context の縮尺や大きさなどを変化させることを可能とするマルチタッチ入力機能、ユーザの入力動作と機能の割り当てをユーザ自身がカスタマイズし実装することで、ユーザが直感的にイメージする操作でマップシステムを動作させることを可能とする動作割り当てカスタマイズ機能、ユーザが大きさ・縮尺を変化させた Focus を選択し、その Focus の大きさ・縮尺情報を取得することで、その Focus と同じ Focus を複製することを可能とする Focus 複製機能がある。そして、提案方式を元にプロトタイプシステムを実装し、評価実験によってその有効性を確認した。今後の課題として、3本以上の指でのマルチタッチ入力機能、携帯端末に対応したシステムの実装、現在マルチタッチによる操作を割り当てていないシステム動作への、マルチタッチによる操作の割り当て等がある。

### 文 献

- [1] Naohisa Takahashi: An Elastic Map System with Cognitive Map-based Operations, International Perspectives on Maps and the Internet, Michael P. Peterson (Ed.), Lecture Notes in Geoinformation and Cartography, Springer-Verlag, pp.73-87, Feb. 12, 2008 .
- [2] Daisuke Yamamoto, Shotaro Ozeki, Naohisa Takahashi, Focus+Glue+Context: An Improved Fisheye Approach for Web Map Services, Proceedings of the ACM SIGSPATIAL GIS 2009, Seattle, Washington, pp.101-110, 2009.11
- [3] Daisuke Yamamoto, Shotaro Ozeki, Naohisa Takahashi, Wired Fisheye Lens: A Motion-based Improved Fisheye Interface for Mobile Web Map Services , Proceedings of the 9th international symposium on web & wireless geographical information systems (W2GIS 2009), Maynooth, Ireland, LNCS, Vol.5886, pp.153-170, 2009.12
- [4] GoogleMaps  
<http://maps.google.co.jp/>