

# 楕円型 Focus+Glue+Context マップとその評価法

山中 勇弥<sup>1</sup> 山本 大介<sup>1</sup> 高橋 直久<sup>1</sup>

**概要:** 我々の研究室では、注目範囲を拡大して表示する Focus, その周辺の広範囲の地域を表示する Context, 2つの領域間の縮尺の違いによる歪みを吸収する Glue の3つの領域から構成される Focus+Glue+Context マップを提案してきた。Web マップの利用目的の1つとして、交通機関を利用して目的地まで向かう方法を調べる事が挙げられるが、目的地とその周辺にあるバス停などのアクセスポイント (AP) の2つの注目点を同時に表示する際に、Focus が非常に大きくなるなど、視認性が低下する場合がある。先行研究では、目的地付近と目的地周辺 AP 付近のそれぞれに注目する円形 Focus を接線で結んだ形状を新たに Focus としてこの問題の解決を図っていた。しかし、目的地周辺 AP の位置関係によっては、Glue に描画される道路の歪みが大きくなってしまいう問題がある。Glue 内で歪みが大きい場所では、視認性が著しく低下し、出発点から AP への経路が、大きく歪んだり、他の道路と重なってしまい追跡困難になることがある。そこで、複数の注目点を持つ Focus として楕円形 Focus を提案する。その実現に向けて、本稿では、2つの注目点を焦点とする楕円形 Focus を生成すると同時に、その評価法について検討する。評価については、描画された Glue の特性を定量的に示す評価値として Glue メトリックを提案し、Focus の形状によって Glue の歪みによる密度や縮尺がどの程度変化するかについて比較・評価する。本研究の学生 10 名に対して、Glue メトリックの値が昇順になるよう並べた 5 つのマップを提示し、それぞれに対するユーザの評価を調査した結果、中間値で最もユーザの評価が高くなる事が分かった。

## Elliptical Focus+Glue+Context Map and Evaluation Method

YUYA YAMANAKA<sup>1</sup> DAISUKE YAMAMOTO<sup>1</sup> NAOHISA TAKAHASHI<sup>1</sup>

### 1. はじめに

近年、普及している GoogleMaps や Yahoo!地図をはじめとする Web マップサービス [1-3] の多くでは、ユーザが注目したい範囲を拡大、縮小、地図位置の移動などを行うことで、地図の見たい部分を自由に閲覧することが可能である。しかし、注目したい範囲を拡大すると、画面全体に地図が表示されるため、注目範囲から外れた地点を閲覧する場合に、小さな縮尺への変更を行ってから他の場所へ移動し、大きな縮尺へ変更して閲覧するという操作を複数回しなければならないといった問題が発生する。このような問題を解決するために、我々の研究室では Focus+Glue+Context マップ [4-7] を提案してきた。Focus+Glue+Context マップは、注目したい範囲を拡大して表示する領域 (Focus),

その周辺の広範囲の地域を表示する領域 (Context), 2つの領域間の縮尺の違いによる歪みを吸収する領域 (Glue) の3つの領域から構成された、視認性と一貫性を両立させた Web マップシステムである。Focus+Glue+Context マップの例を図 1 に示す。



図 1 Focus+Glue+Context マップ

<sup>1</sup> 名古屋工業大学大学院工学研究科  
Graduate School of Engineering, Nagoya Institute of Technology

Glue 上には, Glue サーバによって動的に生成された画像が表示される. Glue サーバとは, 先行研究 [8] で村瀬らが開発したサーバであり, URL 入力により送られてきたリクエストパラメータを基に, 縮尺の異なる Focus と Context の歪みを吸収して道路や線路を滑らかに繋いだ Glue を描画した Focus+Glue+Context マップ画像を生成する. 道路及び線路のデータは, OpenStreetMap サーバから取得する. OpenStreetMap [9] は, Wikipedia の地図版と言われ, 道路地図などの地理情報データを作成することを目的とした, 誰でも自由に編集, 利用することが可能な Web マップサービスである.

Web マップの利用目的の1つとして, 交通機関を利用して目的地まで向かう方法を調べることが挙げられる. 目的地とその周辺にあるバス停などのアクセスポイント (AP) の2つの注目点を同時に表示する際に, Focus が非常に大きくなるなど, 視認性が低下する場合がある. 先行研究 [10] では, 図2のような目的地付近と目的地周辺 AP 付近のそれぞれに注目する円形 Focus を接線で結んだ形状を新たに Focus とする Access-Points-Based Map を生成することでこの問題の解決を図っている. 従来の Focus+Glue+Context マップでは, 注目点 (不動点: 拡大の中心) へ向かう道路ほど Glue 内での歪みが小さく, また, Focus が角ばった図形であるほど歪みが大きくなる. 目的地周辺 AP の位置関係によっては, Glue 内での歪みが大きい部分や小さい部分が存在する場合がある. Glue 内で歪みが大きい場所では, 視認性が著しく低下し, 出発点から AP への経路が, 大きく歪んだり, 他の道路と重なってしまい追跡困難になることがある. そこで, 様々な Focus+Glue について比較・評価し, より視認性の高い Focus+Glue+Context マップの実現を目指す.

現状, Focus+Glue+Context マップの視認性に関する指標について十分に議論されていないため, 生成した Focus や Glue に描画される道路などの線情報の視認性を定量的に評価することができない. 研究目標の達成を目指し, 本稿では, 楕円形であれば角ばった部分が無く, かつ円形と同程度に簡明なパラメータで表すことができると考え, Focus 形状を楕円形として体系的に生成する方式を提案すると共に, その評価法について検討する.

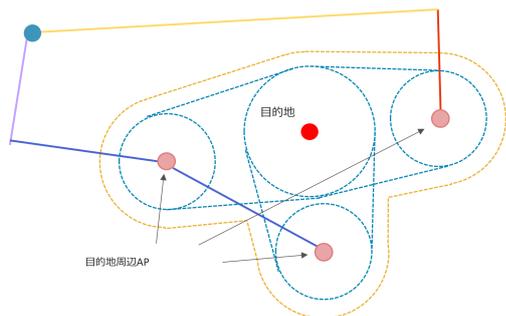


図 2 先行研究で提案された Access-Points-Based map

## 2. 関連研究

文献 [8] 以前の Emma では, Glue の地図オブジェクトをすべて再配置する方式であるため, 道路密度が高い場所や, 歪みが大きい場所では, 視認性が著しく低下することがある. 文献 [8] では, 沿道の施設と結びつけて道路ネットワークを分析して, 施設の多い道路や, 道なりに長く続く基幹道路などを重要な道路として求める手法を提案し, Glue での視認性向上のために, 密度が高くないように, 重要な道路を選択的に表示する手法を実現している. しかし, Glue での場所による歪みの違いを定量的に評価することは十分ではない. このため, 場所による歪みに応じて道路を選択したり, 道路の配置を変化させたりすることはできない.

文献 [10] では, 空港や駅などの AP (Access Point) を考慮した上で, Context を隠す面積を最小限に抑えた Focus 形状の定義手法や, 凸多角形 Glue の頂角を平滑化することで, Glue における歪みを軽減する手法について述べている. 目的の最寄り AP と目的地からそこまでの経路を含み, かつ不必要な領域を取り除いた形状を Focus 形状と定義することで, Focus が Context を隠す面積を少なくできる. また, 角を平滑化されることで曲線形状に近づき, 多角形 Glue における歪みを小さくできる. しかし, Glue の歪みの評価については言及されていない.

文献 [11,12] では, 本来描画できない非準凸多角形 Focus に対して, 頂点を無くすことで凹角を減らし, 描画可能な準凸多角形 Focus に変形後, その準凸多角形 Focus から不動点を導出することで Focus 形状を再定義する手法について述べている. この手法により, 準凸多角形のような比較的自由度の高い形状でも, 矛盾無く Focus+Glue+Context マップを生成する手法を実現している. しかし, Glue における歪みによる視認性低下については言及していない.

これらに対して, 本稿では, Glue の歪みに関連した描画特性を定量的に表す尺度 (Glue メトリック) を詳細に定義し, その計算アルゴリズムを実現することで, Glue の場所による歪みの違いを分析する. これにより, Glue メトリックの値に従って道路などの配置を動的に変えることが可能になる.

## 3. 提案システム

### 3.1 機能概要

目的地と複数の目的地周辺 AP を同時に注目する Focus の生成, およびその際に描画された Glue の視認性の向上を目指して, 本稿では, 2つの地点に同時に注目可能な図形として, 楕円形の Focus+Glue を体系的に生成及び評価する機能をもつ Focus+Glue+Context マップを提案する. 具体的には, ユーザによって入力されたパラメータ (Glue プロパティ) を基に Focus+Glue の形状を決定し生成する

と同時に、描画された Glue の特性を定量的に示す評価値 (Glue メトリック) を計算し、Focus の形状によって Glue の歪みによる密度や縮尺がどのように変化するかについて比較・評価する。提案システムの主な機能を説明する。

#### 機能 1 : Focus+Glue 生成機能

ユーザによって入力されたパラメータ (Glue プロパティ) を基に Focus+Glue の形状が決定される。楕円形 Focus+Glue の形状決定には、2つの注目点の座標と楕円率といった3つのパラメータが必要となる。従来の Focus と Glue の形状は、相似な図形であることが条件とされており、それと同様の方法を用いて、楕円形 Focus に対して相似な楕円形 Glue (相似型楕円形 Glue) が生成される。また、相似型楕円形 Glue と比較する別の形状として、楕円形 Focus と焦点を共有する楕円形 Glue (焦点共有型楕円形 Glue) が生成される。

#### 機能 2 : Glue メトリック計算機能

描画された楕円形 Glue の特性を定量的に示す値である Glue メトリックを計算する。Glue メトリックとして、Glue 面積、Glue 幅、ノード密度、ストローク密度、放射方向縮尺、同心円方向縮尺を新たに定義する。定義などの詳細については次章で説明する。

#### 機能 3 : マップ画像+Glue メトリック出力機能

機能 1 によって生成された Focus+Glue を描画した Focus+Glue+Context マップ画像を出力すると同時に、機能 2 によって求められた Glue メトリックを出力する。これにより、生成された Focus+Glue の Glue メトリックの値の変化を視覚的に把握することができる。

### 3.2 システム構成

ユーザが Web ブラウザ上で提案システムの JSP ファイルを開くことでシステムが起動される。システム上で入力された Glue プロパティを Glue サーバで受け取り、OpenStreetMap サーバから道路データを取得する。取得した道路データと Glue プロパティを基に、Focus+Glue を生成し、同時に Glue メトリックも計算する。計算された Glue メトリックが JSP ファイル側に返され、生成された Focus+Glue+Context マップ及び Glue メトリックが出力される。提案システムの構成を図 3 に示す。

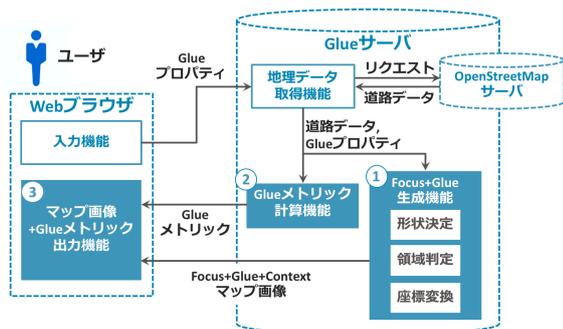


図 3 提案システムの構成図

## 4. 提案手法の実現法

本章では、提案システムの機能 1、機能 2 の実現法について述べる。3.1 では OpenStreetMap における道路データについて、3.2 では Focus+Glue の形状決定について、3.3 では Glue メトリックとして Glue 面積、Glue 幅、ノード密度、ストローク密度、放射方向縮尺、同心円方向縮尺を定義し、計算アルゴリズムについて述べる。機能 3 については次章で述べる。

### 4.1 道路データ

OpenStreetMap における道路データは、全てユーザによって作成される。道路データには、ノード、リンク、ポイントといったデータが存在する。ノードは交差点を表し、隣接する2つのノードを結ぶリンクは道路を表している。ノードとリンクによって道路ネットワークが構成される。リンクは始点ノードから終点ノードに対して結ばれるため、道路ネットワークは有向グラフとなっている。また、始点ノードから終点ノードへの道路形状に沿ってポイントを結ぶセグメント群により道路形状を表すアークが構成される。道路ネットワークにおける1つのリンク構造の概要を図 4 に示す。

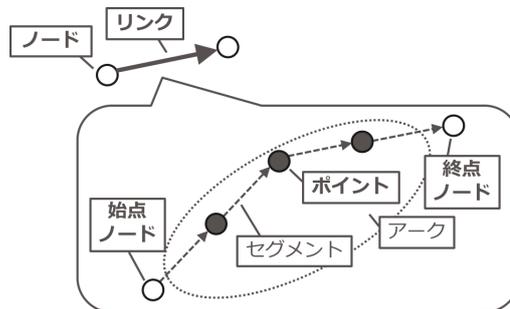


図 4 リンク構造

### 4.2 楕円形 Focus+Glue 生成

入力された Glue プロパティを基に楕円形 Focus+Glue の形状が決定される。楕円形 Focus の形状は、2地点座標  $P_1, P_2$ 、楕円率  $\epsilon$  を入力値として決定される。2地点座標  $P_1, P_2$  の中点を Focus+Glue の中心点  $C$  とする。まず、入力された2地点座標から楕円形 Focus+Glue の傾き  $\theta$  が求められる。次に、入力された2地点座標から、その2地点を焦点とする楕円形の焦点距離  $f$  が求められる。2地点間の距離の半分の値を焦点距離  $f$  とする。楕円形 Focus の長半径  $a$  及び短半径  $b$  は、焦点距離  $f$  や入力された楕円率  $\epsilon$  から求められる。長半径  $a$  及び短半径  $b$  はそれぞれ式 (1)、(2) より求められる。楕円形 Focus の形状を図 5 に示す。

$$a = f \cdot \frac{1}{\sqrt{1 - \epsilon^2}} \quad (1)$$

$$b = a \cdot \epsilon \quad (2)$$

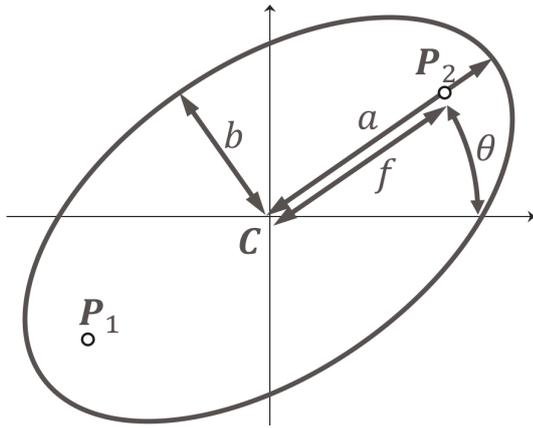


図 5 楕円形 Focus の形状を表すパラメータ

続いて、Glue 領域外側の楕円形、つまり楕円形 Glue の形状決定方式について述べる。本稿では、楕円形 Focus と相似な楕円形、楕円形 Focus と焦点を共有する楕円形の 2 つの形状での描画手法を提案する。これらの形状決定の入力値としては、楕円形 Focus の形状決定の場合と同様の 2 地点座標、楕円率に加え、長半径比  $p$  が必要となる。

楕円形 Glue が楕円形 Focus と相似である場合、傾きと楕円率は、それぞれ楕円形 Focus と同じ値の  $\theta, \varepsilon$  となり相似比は長半径比  $p$  と等しくなる。長半径  $a'$  及び短半径  $b'$  は、楕円形 Focus の長半径  $a$ 、短半径  $b$ 、入力された長半径比  $p$  から計算される。長半径  $a'$  及び短半径  $b'$  はそれぞれ式 (3), (4) より求められる。相似の場合は従来法と同様に、相似比に応じて拡大するため、焦点の位置は変化する。相似型楕円形 Glue の形状を図 6 に示す。

$$a' = a \cdot p \quad (3)$$

$$b' = b \cdot p \quad (4)$$

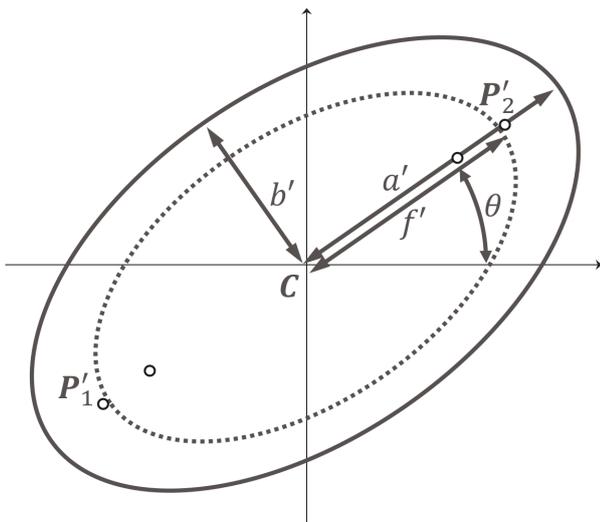


図 6 相似型楕円形 Glue の形状を表すパラメータ

楕円形 Glue が楕円形 Focus と焦点を共有する場合、傾きと焦点距離は、それぞれ楕円形 Focus と同じ値の  $\theta, f$

となる。楕円形 Glue の長半径  $a'$  及び短半径  $b'$  は、楕円形 Focus の長半径  $a$ 、短半径  $b$ 、入力された長半径比  $r$  から計算する。長半径  $a'$  及び短半径  $b'$  はそれぞれ式 (5), (6) より求められる。この場合の楕円形 Glue は、楕円形 Focus と共通しているのは焦点のみであり、形状は異なるため楕円率は変化する。焦点共有型楕円形 Glue の形状を図 7 に示す。

$$a' = a \cdot p \quad (5)$$

$$b' = \sqrt{a'^2 - f^2} \quad (6)$$

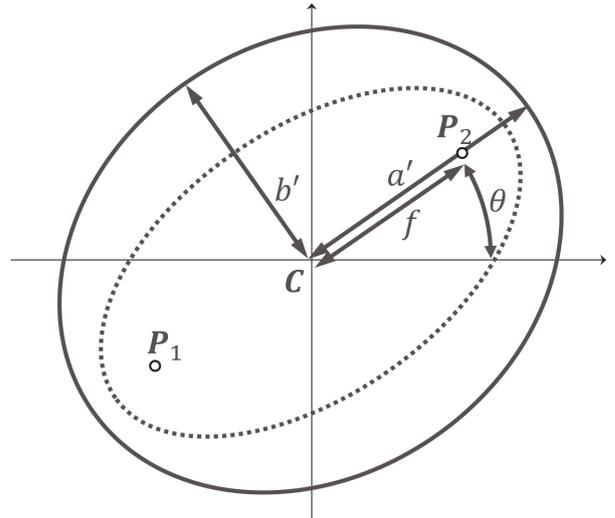


図 7 焦点共有型楕円形 Glue の形状を表すパラメータ

形状決定後、全てのノードに対して、そのノードが Focus, Glue, Context のどの領域に存在するかを判定する。存在する領域に応じて座標変換が行われ、Focus+Glue+Context マップ画像が描画される。

#### 4.3 Glue メトリック計算

描画された Glue の特性を示す評価値として Glue 面積、Glue 幅、ノード密度、ストローク密度、放射方向縮尺、同心円方向縮尺を新たに定義する。

##### Glue 面積

指定した角度範囲内の楕円形 Glue の面積を Glue 面積と定義する。Glue 面積の概要を図 8 に示す。楕円形を指定した角度範囲  $[\theta_a, \theta_b]$  で切り取った形状は楕円扇型となる。Glue 面積は以下のように計算する。Glue 面積の単位は  $\text{km}^2$  として計算している。

**Step.1** 式 (7) に示す関数  $f$  より角度範囲  $[0, \theta]$  での楕円扇型面積が求められる。

**Step.2** 関数  $f$  を用いて、式 (8) のように指定した角度範囲  $[\theta_a, \theta_b]$  での楕円扇型面積  $s$  が求められる。

**Step.3** 楕円形 Glue を指定した角度範囲で切り取った楕円扇型面積を  $s_{glue}$ 、楕円形 Focus を指定した角度範囲切り取った楕円扇型面積を  $s_{focus}$  とすると、式 (9)

より Glue 面積  $S_{glue}$  が求められる.

$$f(\theta) = \frac{ab}{2} \left[ \theta - \arctan \left( \frac{(b-a) \sin 2\theta}{b+a+(b-a) \cos 2\theta} \right) \right] \quad (7)$$

$$s(\theta_a, \theta_b) = f(\theta_b) - f(\theta_a) \quad (8)$$

$$S_{glue} = s_{glue} - s_{focus} \quad (9)$$

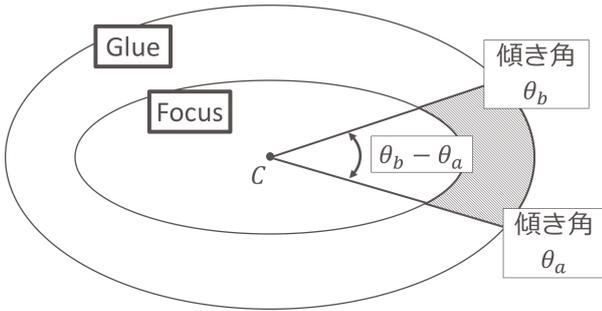


図 8 Glue 面積 (指定した角度範囲における Glue の面積 [km<sup>2</sup>])

### Glue 幅

Focus+Glue の中心点から放射方向の Focus と Glue 間の直線距離を Glue 幅と定義する. Glue 幅の概要を図 9 に示す. Glue 領域を描画する際に, 幅が狭いと道路の繋がりが分かりづらくなったり, 複数の道路が重なって表示されてしまう可能性がある. 反対に, 幅が広いと第 1 章で述べたようにオブジェクト情報の減少の可能性がある. この幅を測る尺度として, Glue 幅を提案する. Glue 幅  $w_{glue}$  は, 式 (10) のように中心角  $\varphi$  に応じて変化する Focus 半径  $R_{focus}$  と Glue 半径  $R_{glue}$  の差を計算することで求められる. 縮尺の小さい Context と縮尺の大きい Focus を繋ぐ部分であり, Glue 幅は一般的に大きくなる場合が多いと考えられるため, Glue 幅の単位を km として計算している.

$$w_{glue} = R_{glue} - R_{focus} \quad (10)$$

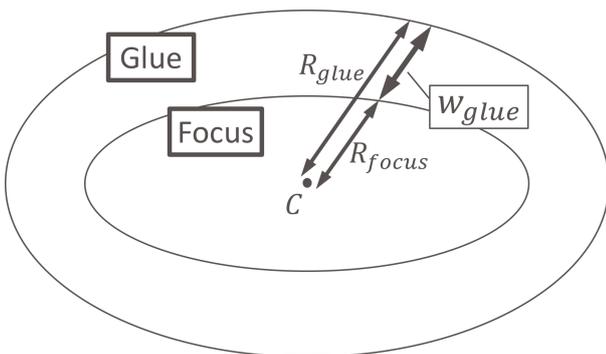


図 9 Glue 幅 (Focus と Context の放射方向の最短距離 [km])

### ノード密度

Glue 面積 1km<sup>2</sup> あたりに含まれるノード数をノード密度と定義する. ノード密度の概要を図 10 に示す. 楕円形 Glue の指定した角度範囲内に含まれるノード数をカウントし, Glue 幅で割ることでノード密度が計算される. ノード密度  $d_{node}$  の具体的な計算手順を以下に示す.

**Step.1** 指定した角度範囲内の楕円形 Glue に含まれるノード数を  $N_{node}$  とする.

**Step.2** 指定した角度範囲内  $[\theta_a, \theta_b]$  の楕円形 Glue に含まれるノード数をカウントする.

**Step.3** ノード数のカウントが全て終了したら, 式 (11) よりノード密度  $d_{node}$  を求める.

$$d_{node} = \frac{N_{node}}{A_{glue}} \quad (11)$$

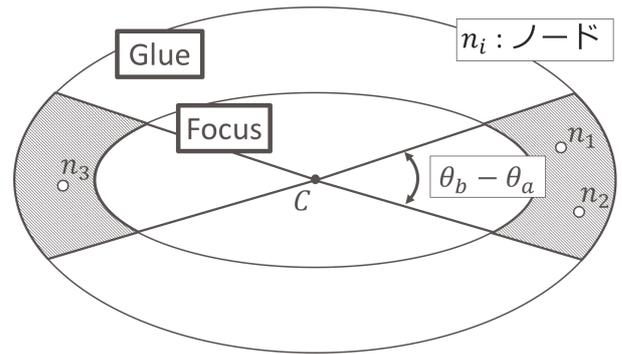


図 10 ノード密度 (Glue 面積 1km<sup>2</sup> 中のノード数)

### ストローク密度

Glue 幅 1km あたりに存在するストローク数をストローク密度と定義する. ストローク密度の概要を図 11 に示す. ストローク密度  $d_{stroke}$  の具体的な計算手順を以下に示す.

**Step.1** 楕円形 Focus+Glue の中心点を始点とする傾き角  $\varphi$  の直線と Glue 領域内で交差するストローク数を  $N_{stroke}$  とする.

**Step.2** 楕円形 Focus+Glue の中心点を始点とする傾き角  $\varphi$  の直線と Glue 領域内のストロークに関して交差判定を行い, 交差するストローク数をカウントする.

**Step.3** 交差判定が全て終了したら, 式 (12) よりストローク密度  $d_{stroke}$  を求める.

$$d_{stroke} = \frac{N_{stroke}}{w_{glue}} \quad (12)$$

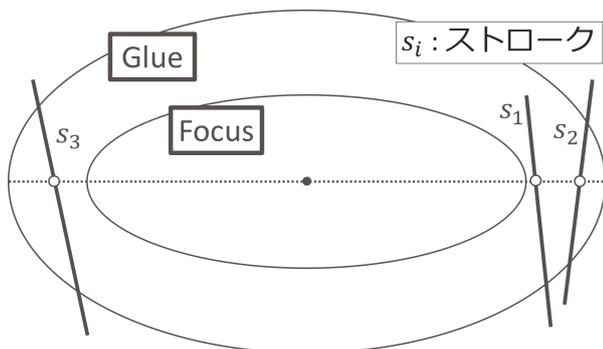


図 11 ストローク密度 (Glue 幅 1km 中に交差するストローク数)

### 放射方向縮尺

放射方向における縮尺は、Context もしくは Focus の縮尺に対して相対的に決まる。Glue 領域の端に近いほど縮尺は大きく、Glue 領域の中央付近に近いほど縮尺は小さくなる。放射方向における縮尺は以下のようにして求められる。放射方向における縮尺の概要を図 12 に示す。

**Step.1** 楕円形 Focus+Glue の中心点を始点とする傾き  $\gamma$  の直線に沿って、 $N$  個の仮想ノード  $n[0], \dots, n[N-1]$  を等間隔に作成する。

**Step.2** 座標変換前の  $n[i-1]$  と  $n[i]$  間の距離  $d_{before}$  を計算する。 ( $i = 1, \dots, N-1$ )

**Step.3** 領域判定及び座標変換を行う。

**Step.4** 座標変換後の  $n[i-1]$  と  $n[i]$  番目のノード間の距離  $d_{after}$  を計算する。

**Step.5** Context 領域における縮尺を  $s_{context}$  とすると、式 13 より放射方向における縮尺  $s_{glue}$  が求められる。

$$s_{glue} = s_{context} \cdot \frac{d_{after}}{d_{before}} \quad (13)$$

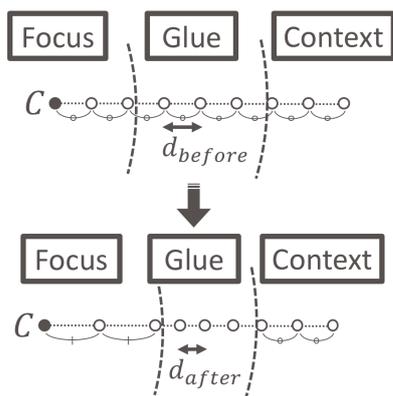


図 12 放射方向の座標変換

### 同心円方向縮尺

同心円方向における縮尺は、Context もしくは Focus の縮尺に対して相対的に決まる。同心円方向における縮尺の概要を図 13 に示す。

**Step.1** 楕円形 Focus+Glue の中心点から  $d$  だけ離れた点

$(C.x + d \cos(\gamma), C.y + d \sin(\gamma))$  を始点とする傾き  $\gamma$  の直線に沿って、 $N$  個の仮想ノード  $n_1[0], \dots, n_1[N-1]$  を等間隔に作成する。

**Step.2** Step.1 と反対に  $d$  だけ離れた点  $(C.x - d \cos(\gamma), C.y - d \sin(\gamma))$  を始点として、同様に  $N$  個の仮想ノード  $n_2[0], \dots, n_2[N-1]$  を等間隔に作成する。

**Step.3** 座標変換前の  $n_1[i]$  と  $n_2[i]$  間の距離  $d_{before}$  を計算する。 ( $i = 0, \dots, N-1$ )

**Step.4** 領域判定及び座標変換を行う。

**Step.5** 座標変換後の  $n_1[i]$  と  $n_2[i]$  間の距離  $d_{after}[i]$  を計算する。

**Step.6** Context 領域における縮尺を  $s_{context}$  とすると、式 14 より放射方向における縮尺  $s_{glue}$  が求められる。

$$s_{glue} = s_{context} \cdot \frac{d_{after}}{d_{before}} \quad (14)$$

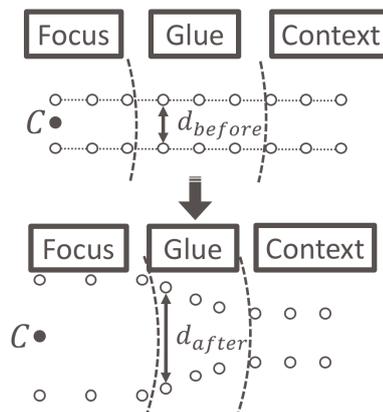


図 13 同心円方向の座標変換

## 5. プロトタイプシステム

提案システムの開発は、Windows10 上で Eclipse Neon.3 4.6.3 の環境のもとで行い、Glue サーバサイドのシステムでは Java、クライアントサイドのシステムでは HTML, CSS, Javascript, Java を用いた。また、Web ブラウザとしては Google Chrome 63.0.3239.132 を利用し、動作の確認を行った。

### 5.1 システムの動作

Web ブラウザ上でシステムページにアクセスした際に画面に表示されるページを図 14 に示す。入力フォームより入力された Glue プロパティを含むパラメータが、Glue サーバ上にリクエストパラメータとして送信され、Focus+Glue+Context マップ画像及び Glue メトリックが計算される。システムに必要なリクエストパラメータを表 1 に示す。



図 14 アクセスページ



図 15 出力された Focus+Glue+Context マップ画像

表 1 リクエストパラメータ

パラメータ名	データ型	説明
type	String	リクエストパラメータ送信先のクラス
mode_name	String	生成モード (相似型楕円形 Glue, 焦点共有型楕円形 Glue)
firstLngLat	Point2D.Double	1 地点目の緯度経度座標
secondLngLat	Point2D.Double	2 地点目の緯度経度座標
focus_zoom_level	Integer	Focus ズームレベル
context_zoom_level	Integer	Context ズームレベル
glue_inner_radius	Integer	Glue 領域内側の長半径 (Focus 長半径)
glue_outer_radius	Integer	Glue 領域外側の長半径 (Glue 長半径)
glue_ellipticity	Double	楕円形 Focus の楕円率

## 5.2 Focus+Glue+Context マップ画像出力

入力フォームから Glue プロパティを入力し, Map 描画ボタンを押すことで, Focus+Glue+Context マップが再描画される. 以下のように Glue プロパティを指定した場合の出力結果を図 15 に示す.

入力された Glue プロパティ

生成モード: 焦点共有型楕円形 Glue  
 1 点目座標: 136.940044,35.14597  
 2 点目座標: 136.933838,35.15013  
 Focus ズームレベル: 16  
 Context ズームレベル: 14  
 楕円率: 0.7  
 Focus 長半径/Glue 長半径: 135/200

## 5.3 Glue メトリック出力

評価値の計算結果として, 長軸及び短軸方向における Glue 面積, Glue 幅, ノード密度, ストローク密度の座標変換前後での評価値及びその変換比率を表示している. 図 15 の Focus+Glue+Context マップ出力と同時に出力された Glue メトリックを図 16 に示す. Web ブラウザ上で表示されるのは中心点からの楕円長軸及び短軸方向の Glue 面積, Glue 幅, ノード密度, ストローク密度の 4 つで, 放射方向縮尺, 同心円方向縮尺は CSV ファイルで出力される.

長軸方向				
	Glue面積	Glue幅	ノード密度	ストローク密度
座標変換前	3.459681295480862	1932.8682863218362	24.279693077429787	3.621560791046292
座標変換後	2.1065845585852556	679.468140016128	39.87497186270694	10.30217564305239
変換比率	1/1.642317789419439	1/2.844678318950992	1.642317789419439	2.8446783189509914

短軸方向				
	Glue面積	Glue幅	ノード密度	ストローク密度
座標変換前	2.486652549139672	1634.1873152457335	28.15029386563012	0.6119249554018411
座標変換後	1.9665210288347539	1007.4872420928796	35.595856323732235	0.9925684000947484
変換比率	1/1.2644932409459753	1/1.6220426889485902	1.2644932409459753	1.6220426889485902

図 16 出力された Glue メトリック

## 6. 評価実験

本研究室の学生数名を対象に、生成された Focus+Glue に関するユーザ評価を調査し、提案した Glue メトリックとの関係について検証した。

### 6.1 実験方法

本研究室の学生 10 名を対象に、4 つの Glue メトリック (Glue 面積, Glue 幅, ノード密度, ストローク密度) で、それぞれの値が異なるように生成した 5 つの画像を、値が昇順になるよう並べて提示し、それぞれに対して 3 つの質問に 5 段階で評価してもらうことでユーザ評価を調査した。4 つの Glue メトリックそれぞれの場合での 5 段階の評価値 (1)-(5) を表 5.1 に示す。また、3 つの質問の項目は以下のような内容とした。

1. Glue は見やすいと感じるか
2. Context は十分に見えていると感じるか
3. その Glue を利用したいと感じるか

表 2 ユーザ調査に用いた画像の 5 段階評価値 (1)~(5)

		Glue 面積	Glue 幅	ノード密度	ストローク密度
(1)	長軸方向	0.2km <sup>2</sup>	200m	25 個/km <sup>2</sup>	5 本/km
	短軸方向	0.2km <sup>2</sup>	120m	26 個/km <sup>2</sup>	2 本/km
(2)	長軸方向	1.5km <sup>2</sup>	500m	29 個/km <sup>2</sup>	9 本/km
	短軸方向	1.4km <sup>2</sup>	300m	31 個/km <sup>2</sup>	3 本/km
(3)	長軸方向	2.7km <sup>2</sup>	800m	45 個/km <sup>2</sup>	15 本/km
	短軸方向	2.6km <sup>2</sup>	480m	40 個/km <sup>2</sup>	5 本/km
(4)	長軸方向	3.8km <sup>2</sup>	1100m	80 個/km <sup>2</sup>	25 本/km
	短軸方向	3.7km <sup>2</sup>	660m	55 個/km <sup>2</sup>	8 本/km
(5)	長軸方向	5.0km <sup>2</sup>	1400m	291 個/km <sup>2</sup>	102 本/km
	短軸方向	4.9km <sup>2</sup>	840m	180 個/km <sup>2</sup>	34 本/km

### 6.2 結果

Glue 面積, Glue 幅, ノード密度, ストローク密度の値の違う Glue 画像ごとの、3 つの質問に対するアンケート結果をそれぞれ図 17-20 に示す。縦軸は条件 (1)-(5)、横軸はアンケート結果の平均値を示している。

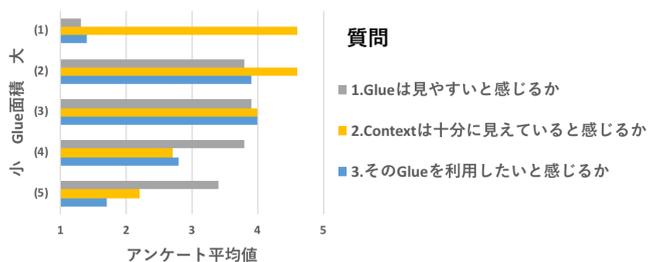


図 17 調査結果の平均値 (Glue 面積)

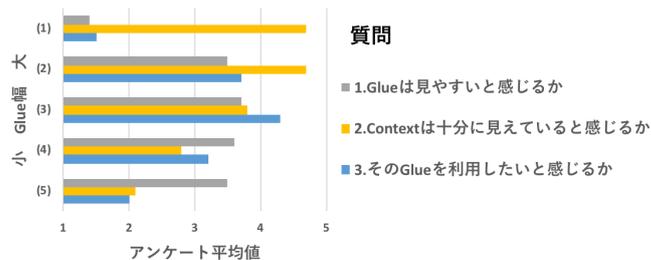


図 18 調査結果の平均値 (Glue 幅)

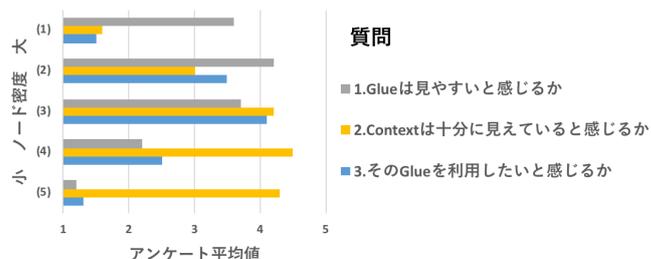


図 19 調査結果の平均値 (ノード密度)

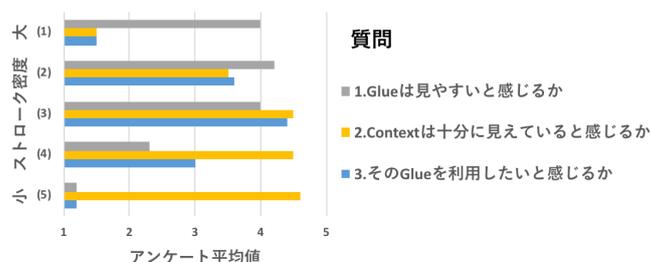


図 20 調査結果の平均値 (ストローク密度)

### 6.3 考察

質問 1 と質問 2 に関するアンケート結果は、対称的な結果となった。Glue が狭まると、Glue 内の地図を見づらくなる一方で、Context の地図の広い範囲を閲覧することができる。Glue が広がると、それと反対のことが言える。質問 1 と質問 2 の差が最も小さいのは、いずれの評価尺度においても (3) の場合となった。また、質問 3 のアンケート結果の平均値が最も高くなったのは、いずれの評価尺度においても (3) の場合となった。

これらの結果から、(3) の場合の評価値が、Glue と Context の視認性のバランスの面で適した値と考えられる。評価値の範囲を狭め、(3) の場合の評価値に近い値で同様な実験を行うことで、最適に近い値を求めることができると考えられる。

いずれの評価尺度においても、値を変化させることでアンケート結果も大きく変化するため、ユーザを感じる Glue の良さや評価値には関係があると言え、これらの尺度には妥当性があると言える。具体的な関係を把握する方法として、重回帰分析などの多変量解析が有効であると考えられる。

## 7. おわりに

本稿では、2つの注目点を焦点とする楕円形 Focus を生成すると同時に、その評価法について検討した。提案した手法を用いて生成された Focus+Glue を Glue メトリックの各尺度で評価し、また、本研究室の学生 10 名に対して、Glue メトリックの値を昇順に並べた 5 つのマップを提示し、それぞれに対するユーザの評価を調査した結果、中間値で最もユーザの評価が高くなることが分かった。

今後の課題として、Glue メトリックから逆算して Glue 形状を指定する手法について検討することや、注目点が 3 つの場合の形状決定方式について検討すること、楕円形の Focus+Glue 領域の拡大などの操作手法の考案及びそれを Emma へ実装すること、多変量解析を用いて、Glue メトリックと Glue の視認性の関係について深く調査すること、2 つ以上の注目点を持つ Focus を生成、およびそれを評価することなどが挙げられる。

### 謝辞

本研究は JSPS 科研費 25700009, および、総務省 SCOPE の助成を受けたものです。この場を借りて、感謝の意を表します。

### 参考文献

- [1] GoogleMaps <https://www.google.co.jp/maps/> (参照 2018.4.27).
- [2] Yahoo!地図 - 地図検索・雨雲レーダー搭載の多機能マップ <http://map.yahoo.co.jp/> (参照 2018.4.27).
- [3] MapFan (マップファン) - 地図・ルート検索・観光情報 <http://www.mapfan.com/> (参照 2018.4.27).
- [4] 小関 章太郎, 高橋 直久, focus+context+glue マップの glue 領域における道路ネットワーク総描法, 第 6 回情報科学技術フォーラム一般講演論文集, D-025, pp.61-62, 2007/8.
- [5] Naohisa Takahashi, An Elastic Map System with Cognitive Map-based Operations, International Perspectives on Maps and the Internet, Springer-Verlag, pp.73-87, Feb. 12, 2008.
- [6] Daisuke Yamamoto, Shotaro Ozeki, Naohisa Takahashi, Focus+Glue+Context: An Improved Fisheye Approach for Web Map Services, Proceedings of the ACM SIGSPATIALGIS 2009, Seattle, Washington, pp.101-110, 2009/11.
- [7] 山本 大介, 小関 章太郎, 高橋 直久, 道なり道路選別手法に基づく Fisheye View マップ総描手法, 電子情報通信学会論文誌. D, 情報・システム, Vol.J93-D, No.10, pp.1914-1925, 2010/10.
- [8] 村瀬正樹, 山本大介, 高橋直久, "Focus+Glue+Context マップのためのストロークに基づく道路ネットワーク総描システム," 第 8 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (DEIM2016), H7-3, Mar.2016.
- [9] OpenStreetMap Japan — 自由な地図をみんなの手に/The Free Wiki World Map <https://openstreetmap.jp/> (参照 2018.4.27).
- [10] 平見祐樹, 山本大介, 高橋直久, "交通機関のアクセスポイントを考慮した Focus+Glue+Context マップの実現,"

第 9 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (DEIM2017), H2-1, Mar.2017.

- [11] 加藤 史也, 高橋 直久, 山本 大介, Focus+Glue+Context 型マップのための凹型多角形の Focus 生成手法, 全国大会講演論文集, Vol.2012, No.1, pp.677-679, 2012/3.
- [12] 加藤 史也, 山本 大介, 高橋 直久, 任意形状 Focus 生成機能を有する Focus+Glue+Context マップシステムの実現, 電子情報通信学会技術研究報告. DE, データ工学, Vol.112, No.346, pp.119-124, 2012/12