

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 29 年 5 月 24 日現在

機関番号：13903

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26330136

研究課題名(和文) Webベースの対話型可変スケールマップシステムのための並列分散計算機構

研究課題名(英文) Parallel and Distributed Computation Mechanisms for Interactive Web Systems of Variable Scale Maps

研究代表者

高橋 直久 (Takahashi, Naohisa)

名古屋工業大学・工学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：80335083

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、可変スケールWebマップシステムの計算機構に関する研究に取り組み、次のようなシステムを開発し、評価実験により有用性を明らかにした。1) 可変スケールWebマップ用道路データベースシステム：道路セグメントに対する認知的グルーピングと沿道の施設データとの紐づけにより道路ネットワークデータを質的に向上させる、2) Webマップサービス用道路ネットワーク総描システム：道路間の接続性と施設への到達性を損なわずに視認性を向上させるように重要な道路をオンデマンドで取捨選択して描画する、3) 道なり経路探索システム：上記道路データベースを用いてストローク数最少の経路の中から最短経路を効率的に求める。

研究成果の概要(英文)：In this research, we have investigated computation mechanisms for variable-scale Web map systems, and we have developed the following systems and clarified their effectiveness by experimental evaluations: 1) a road database system for variable-scale Web maps which makes enriched road network data by perceptual grouping of road segments and by combining them with roadside facilities, 2) a road network generalization system for Web map services, which selectively draws important strokes in a road network to improve visibility without degrading connectivity among strokes and accessibility of facilities on demand, and 3) an efficient path selection system which finds the shortest path among the paths with the minimum number of strokes by using the above enriched road network data.

研究分野：空間データベース

キーワード：道路ネットワーク Webマップ 可変スケールマップ 経路探索 総描

### 1. 研究開始当初の背景

地図の縮尺を小さくすると、道路や建物などの地物が密集して小さくなり、読みにくくなる。総描は、図1のように、大縮尺の地図データから、地図を単純化、抽象化して、読みやすい小縮尺の地図を作成する技術である。従来、道路や建物の形状の単純化や集約などの幾何学的な変形により、読みやすい地図を生成する総描手法が多数開発されている[1]。しかし、現状では、どのような地図データからでも要求された縮尺の地図を実時間で作成できる実用的な技術は存在しない。このため、Google マップなど多くの Web マップでは、紙の地図と同様な、複数の縮尺の地図画像を事前に準備している。描画時に、指定された縮尺の地図画像を選択して提示し、その上に、店舗情報や、GPS トレースなどの位置コンテンツを重ねて表示する。この結果、携帯端末のような小さな画面に表示する場合や、位置コンテンツが大量にある場合などに、視認性が著しく低下することがある。また、小縮尺の広域地図と、その一部を大縮尺にした地図を、一つの画面に連続した地図として表示させ、全体を確認しながら一部を詳細に調べることができない。

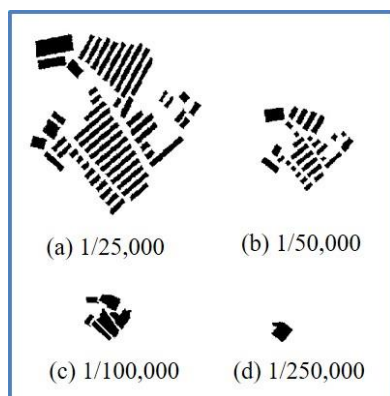


図1 総描の例 (引用文献[1])

一方、地図の場所により縮尺を変化させて、注目地点を拡大し、周辺地域を縮小して描画する fish-eye 型のマップ [2] も研究されているが、実時間性に欠ける、全体に歪みが生じて視認性と一覧性が得られない、縮尺の変化

により歪みが大きくなるなどの問題がある。

上記のような問題に対して、我々は、これまで、図2のように、一部分を詳細に描画する大縮尺の領域 (Focus), 周辺地域を表示する小縮尺の領域 (Context), および、両者を結び、歪みを吸収する領域 (Glue) からなる、Focus+Glue+Context マップ Emma を提唱し、実験用 Web マップサーバを開発した [3, 4]. Emma では、Focus と Context に、あらかじめ描画した地図画像を用いて、Context から Focus へ向かう道なり道路を選択的に描画 (総描) することにより、応答性と視認性を向上させている。また、任意の凸多角形の Focus を生成する技術や、複数の Focus が接近し重なったときに視認性を低下させずに合体させる技術などを開発した。これらの研究から、限定的に適用する総描手法を開発することにより、一覧性と視認性の高い可変スケールマップを実時間で提示する Web マップサービスが実現可能であるとの見通しを得た。また、図2のように、GPS トレースから旅行者の滞在地を推定し、滞在地の詳細を Focus 領域に、全体の行程を Context 領域に描画する手法を開発した[5]。さらに、利用者が注目する地点を取り囲む周回道路を実時間で求めて、周回道路が取り囲む区域を Focus 領域に描画する手法を開発した。これらの手法を拡張することにより、利用者にとって重要な情報が密集している区域を抽出して Focus 領域に拡大したマップを実時間で作成する技術が実現可能であるとの見通しを得た。

### 2. 研究の目的

本研究では、利用者にとって重要な情報が密集している区域を大縮尺で表示し、その周辺の情報が疎な区域を小縮尺で表示する可変スケールマップを対話的に操作する Web マップ技術を開発する。Web マップでは、頻繁に生成・更新される大量の位置関連情報 (位置コンテンツ) への対応と、高い応答性が要求される。本研究では、位置コンテンツの検索から対話的なマップ生成までの一連の流れを見直して、柔軟で応答性に優れた並列分散計算機構を構築する。



図2 Focus+Glue+Context マップ

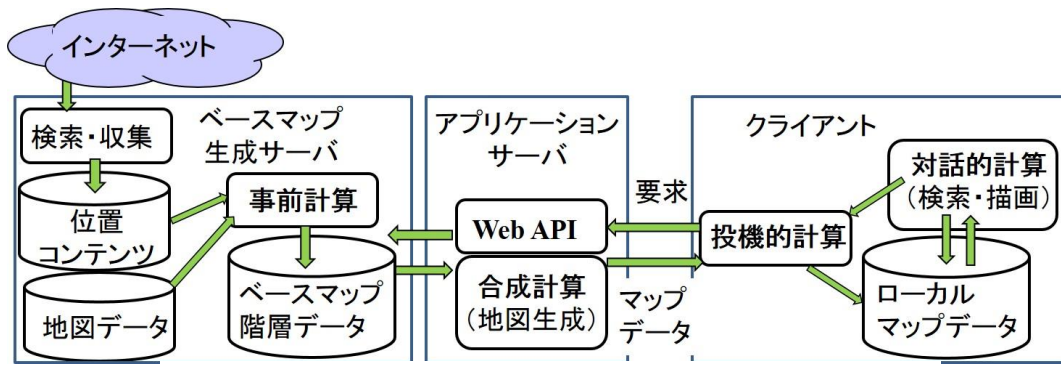


図3 動的な Web マップサービスの並列分散計算機構

### 3. 研究の方法

Web マップサービス全体に必要な計算を整理し、応答性とデータ量の観点から最適な配置と計算方法を検討する。まず、Web マップサービスを、図3のような、事前計算、合成計算、投機的計算、対話的計算の4つのステージからなる並列分散計算機構として捉えて、各ステージでの計算手法とデータベース構成法を研究する。具体的には、場所によりスケールの異なる可変スケール Web マップの実現に向けて、以下のようなシステムを開発し、評価実験により有用性を明らかにする。

- ① 可変スケール Web マップ用道路データベースシステム：道路セグメントに対する認知的グルーピングと沿道の施設データとの紐づけにより道路ネットワークデータを質的に向上させる
- ② Web マップサービス用道路ネットワーク総描システム：道路間の接続性と施設への到達性を損なわずに視認性を向上させるように重要な道路をオンデマンドで選択し描画する
- ③ 道なり優先経路探索システム：①を用いて、ストローク数最少の経路の中から最短経路を効率的に求める

### 4. 研究成果

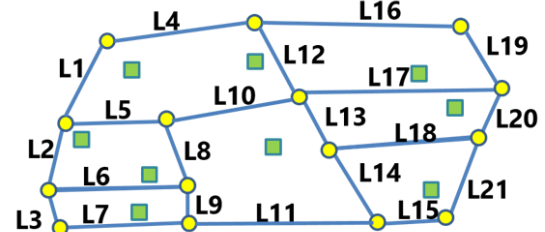
#### 4.1 可変スケール Web マップ用道路データベースシステム

道路セグメントに対する認知的グルーピングと沿道の施設データとの紐づけにより質的に向上させた可変スケール Web マップ用道路データベースシステムを構築した。このシステムは、ユーザの要求が確定する前に可能限り計算を進めてデータベース化することにより、道路ネットワーク総描と道なり優先経路探索の高速化を実現する。具体的には、オープンストリートマップ (OSM) の地図データと位置コンテンツを用いて、以下の手順で道路データベースシステムを作成した。

- ① 図4のような施設、ノード (交差点)、リンク (隣接交差点間の道路) からなる基礎データを作成する。
- ② 隣接リンク間の接続関係とリンクの形状に基づき、道なり道路をなすリンクをグループ化してストロークを抽出する。た

- 例えば、図4のリンク L12, L13, L14 を、図5の一つのストローク S7 にまとめる。
- ③ 周回道路内にある施設をメタデータとして付与したストローク (fat-stroke という) のテーブルを作成する。

②により、ノードとリンクからなる道路ネットワークを、図5のようなストロークネットワーク (SN)の形に抽象化、単純化する。また、道路と施設を結びつけた解析の一部を事前計算により済ませて③の fat-stroke テーブルを作成しておくことにより、図3の合成計算と対話的計算を高速化する。



■ 施設 ● ノード (交差点) — リンク

図4 道路ネットワークと施設データ

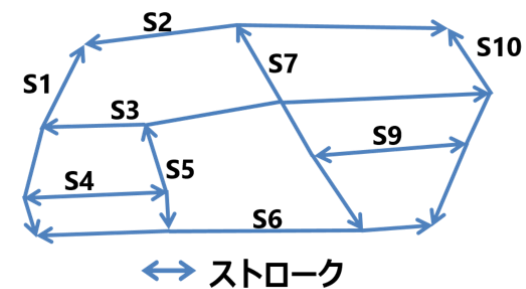


図5 ストロークネットワーク (SN)

#### 4.2 Web マップサービス用道路ネットワーク総描システム

ユーザが指定した画面の大きさ、地理的区域、検索施設カテゴリに適合する道路ネットワークをオンデマンドで総描する方式を実現した。具体的には、以下の特徴をもつ道路ネットワーク総描手法を提案し、この手法を用いた Web マップシステムを実現した。

- ① fat-stroke テーブルを用いて、ストロークの長さと同沿道施設の数に基づいて道路の



- 重要度を計算する。
- ② 道路密度に応じて描画すべきストロークの数を定めて、重要度の高いストロークを取捨選択して描画する
- このシステムでは、画面の大きさが小さくなくても密度が高くなるようにする。そのため、**図6**のように、画面の大きさが変化すると、描画すべき地理的区域の大きさと画面の大きさから縮尺を再計算して、縮尺に基づいて描画すべきストロークの数を動的に定める。また、**図7**のように、施設カテゴリが変わるとストロークの重要度を再計算し、指定されたカテゴリの施設の所在に応じたストロークを選択して描画する。

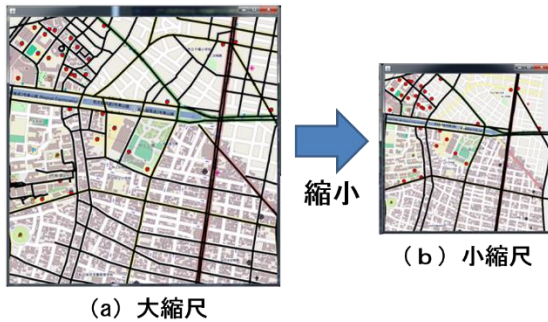


図6 縮尺に基づくストローク数の決定

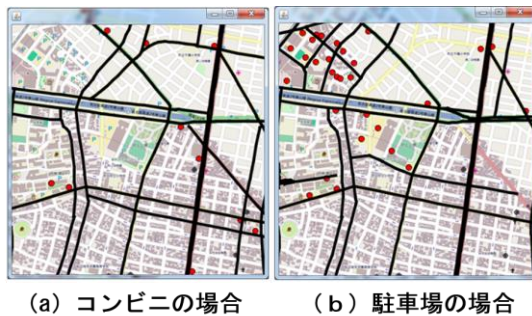


図7 施設の所在に基づくストロークの選択

**図8**は、fat-stroke テーブルを用いることにより、上記①、②の計算時間が大幅に減少することを実験的に示している。提案手法は、1秒以下の応答時間を達成しており、Web マップシステムに十分適用可能であるといえる。

本研究では、また、次の3つの手法を比較して、ストロークの重要度計算でストローク長と沿道施設数を用いることの有用性を実験的に調べた。

- M1 (提案手法) : ストローク長と沿道施設数
- M2 : ストローク長
- M3 : 沿道施設数

評価尺度には、下記の接続率と施設到達率を用いた。

接続率: (可到達ストロークの長さ / 全ストローク長) によりストローク相互の接続性を評価する

施設到達率: (描画道路に沿って到達可能な施設の数 / 全施設数) により施設への到達性を評価する

実験では、**図9**と**図10**に示すように、取捨選択する道路の割合(総描率という)が等しいとき、M1とM2はM3より接続率が高く、M1とM3はM2より施設到達率が高いことが分かった。これにより、提案手法(M1)は、有用性の高い手法であるといえる。

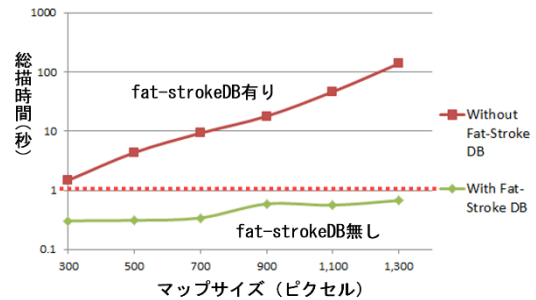


図8 総描時間の実験的評価

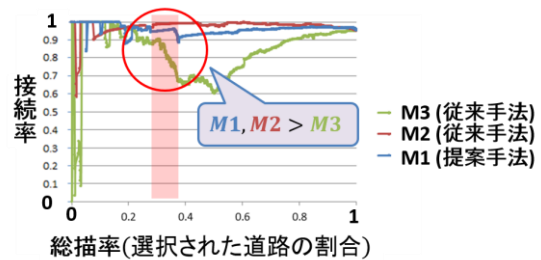


図9 ストロークの相互接続性評価

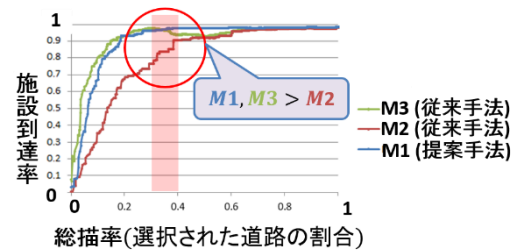


図10 ストロークから施設への到達性評価

#### 4.3 道なり優先経路探索システム

右左折を避けて道なり道路を優先的に選択する経路は、運転者の負担を減らし、道案内を容易にする。本研究では、道なり道路(ストローク)により、道路ネットワークを抽象化、単純化したストロークネットワーク(SN)の合成系を実現し、これを用いて効率的に道なり優先経路を探索するシステムを開発した。

ある基準長 $\alpha$ 以上のストロークからなるSN(SN( $\alpha$ ))と記すは、SN( $\beta$ )( $\beta < \alpha$ )に比べ、頂点とエッジの数が少ないグラフとなる。このため、頂点間の経路探索時間が短くなるが、施設に面した道路がエッジにならずに、出発地から目的地までの経路が求まらない可能性が高くなる。この問題を解決するため、頂点数が少なく、施設に面した道路をエッジとして含む多層ストロークネットワーク(MSN)を提案した。提案方式の実現法を以下に示す(**図11**参照)。

- ① 出発地と目的地の間にある広大な区域に対して基準長の長いSN1を作成(**図11**

- (a)
- ② 出発地と目的地の周辺に対してそれぞれ基準長の短いストロークネットワーク (SN2, SN3) を作成 (図 1 1 (b), (c))
  - ③ SN1~SN3 を合成して多層 SN(MSN) を作成 (図 1 1 (d)). このとき合成範囲を動的に調整して接続率を高める.

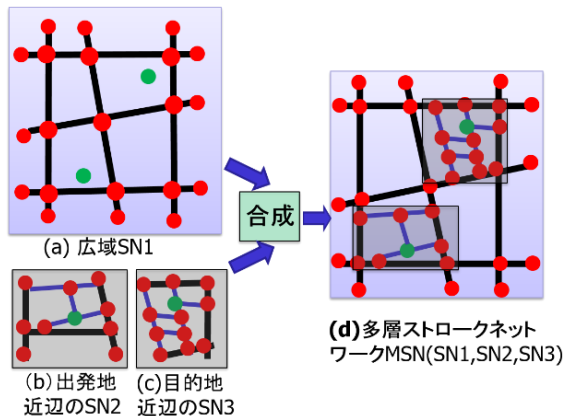


図 1 1 ストロークネットワークの合成

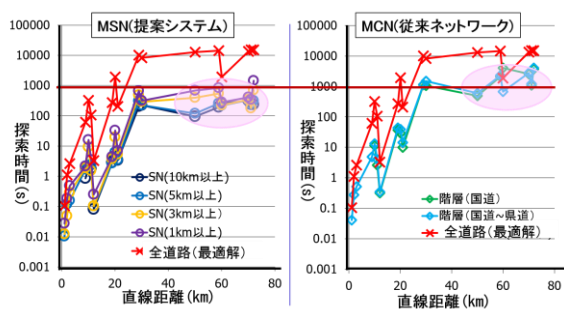


図 1 2 道なり経路探索時間の比較評価

本研究では、また、MSN 上でストローク数最少の経路の中で最短の経路 (SPMS) を求める手法を提案し、道なり経路探索システムを実現した。さらに、国道、県道、市道などの道路クラスにより階層化した道路ネットワーク (MCN) を用いた道なり経路探索システムを実現し、提案システムと比較評価実験を実施した。実験では、図 1 2 のように、MCN を用いる場合に比べて、MSN を用いる場合には、探索時間が 10 分の 1 以下に大幅に減少することが分かった。また、MCN に比べて、MSN を用いると、最少ストローク数の経路 (最適解) が得られるケースが増大することが分かった。これらにより、道なり優先経路を求める上で、MSN は MCN よりも有用であるといえる。

#### 引用文献

- [1] Zhilin Li, Algorithmic Foundations of Multi-Scale Spatial Representation. Boca Raton, CRC Press. (2006).
- [2] C. Gutwin and C. Fedak. A comparison of fisheye lenses for interactive layout

tasks. In Proc. of the Graphics Interface 2004, pp. 213–220 (2004).

- [3] N. Takahashi, An Elastic Map System with Cognitive Map-based Operations, International Perspectives on Maps and the Internet, Lecture Notes in Geoinformation and Cartography, Springer-Verlag, pp.73-87 (2008).
- [4] Daisuke Yamamoto, Shotaro Ozeki, Naohisa Takahashi, Focus+Glue+Context: An Improved Fisheye Approach for Web Map Services, 17th ACM SIGSPATIAL International Conference on Advances in Geographic Information Systems, USA (2009).
- [5] Pablo Martinez Lerin, Daisuke Yamamoto, Naohisa Takahashi, Paced-Based Clustering of GPS Data from Inferring Visit Locations and Durations on a Trip, IEICE Trans. On Information and Systems, Vol.E97-D, No. 4, pp.663-672 (2014).

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[査読付き論文] (計 3 件)

- ① Yuki Hirako, Daisuke Yamamoto, Naohisa Takahashi, Making a semi-convex focus area in a Focus+Glue+Context map in consideration of map visibility and the locations of transportation access points, Earth and Environmental Science, Vol.34, No.1, pp.012015, IOP Publishing, March 2016. Presented in 9th Symposium of the International Society for Digital Earth (ISDE), Oct. 2015, Halifax, Canada DOI:10.1088/1755-1315/34/1/012015
- ② Tomohiro Yanagi, Daisuke Yamamoto, Naohisa Takahashi, Development of mobile voice navigation system using user-based mobile maps annotations, 14th International Conference on Computer and Information Science (ICIS), pp.373-378, IEEE Xplore Digital Library, July 2015. DOI: 10.1109/ICIS.2015.7166622
- ③ Masaki Murase, Daisuke Yamamoto, Naohisa Takahashi, On-Demand Generalization of Guide Maps with Road Networks and Category-Based Web Search Results, Web and Wireless Geographical Information Systems, 14th International Symposium on W2GIS May 2015, pp.53~70, LNCS Vol. 9080, Springer International

〔学会発表〕(計20件)

- ① 福安浩明, 山本大介, 高橋直久, アクセス経路生成機能を有する道路描画システム, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO2017) シンポジウム, 2017.6 (発表予定).
- ② 竹内建祐, 山本大介, 高橋直久, Leafletを用いた Focus+Glue+Context マップインタフェースの開発, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO2017) シンポジウム, 2017.6 (発表予定).
- ③ 山本大介, 加藤りか, 田中亮佑, 高橋直久, 公共空間での実利用を想定した「しゃべる」パス路線案内システムの提案と開発, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO2017) シンポジウム, 2017.6 (発表予定).
- ④ 平児祐樹, 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 マップシステムの実現, 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), 2017.3.
- ⑤ 新帯里奈, 山本大介, 高橋直久, 多層ストロークネットワークの構築と道なり優先経路探索への応用, 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), 2017.3.
- ⑥ 浮田 弥, 山本大介, 高橋直久, 中間点を用いた案内粒度変更可能な音声経路案内システム, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO2016) シンポジウム, 2016.7.
- ⑦ 加藤りか, 山本大介, 高橋直久, バス停留所におけるバス路線検索とその描画手法, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO2016) シンポジウム, 2016.7.
- ⑧ 小川あかり, 山本大介, 高橋直久, ストロークに基づく坂道データベースシステムの実現, 2016年電子情報通信学会総合大会, 2016.3.
- ⑨ 市川 峻, 山本大介, 高橋直久, ドライバーのストレスを考慮したメタデータを有する道路データベースの構築, 2016年電子情報通信学会総合大会, 2016.3.
- ⑩ 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), 2016.3.
- ⑪ 新帯里奈, 山本大介, 高橋直久, ストロークネットワークを用いた道なり優先経路探索法の実現, 平成27年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, 2015.9, 名古屋工業大学.
- ⑫ 大橋洋介, 浜口祐子, 山本大介, 高橋直久, イラストマップに写真付与可能な Focus+Context マップ描画手法, 平成27年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, 2015.9.
- ⑬ 柳倫浩, 浜口祐子, 山本大介, 高橋直久, 音声道案内のための Twitter を利用した案内情報登録システムの試作, 平成27年度電気・電子・情報関係学会東海支部連合大会, 2015.9.
- ⑭ 高橋直久, 認知地図の増幅器 ~Web マップの可能性と課題~, 空間情報シンポジウム 2015, 2015.7.
- ⑮ 新帯里奈, 山本大介, 高橋直久, 道路ネットワークにおけるストロークに基づく経路探索手法の実現と評価, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO2015) シンポジウム, 2015.7.
- ⑯ 大橋洋介, 山本大介, 高橋直久, OpenStreetMap とイラストマップを用いた Focus+Context マップ描画手法, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO2015) シンポジウム, 2015.7.
- ⑰ 平児祐樹, 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 生成機能を有する Focus+Glue+Context マップの実現, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO2015) シンポジウム, 2015.7.
- ⑱ 村瀬正樹, 山本大介, 高橋直久, 施設検索結果に基づく道路ネットワークの高速総描システムの実現, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO2014) シンポジウム, 2014.7.
- ⑲ 家永健吾, 山本大介, 高橋直久, 周回道路の結合と分割に基づく領域データベース作成システム, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO2014) シンポジウム, 2014.7, 新潟県月岡温泉
- ⑳ 柳倫浩, 山本大介, 高橋直久, ユーザによる案内情報の付与とそれに基づくモバイル音声道案内システム, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO2014) シンポジウム, 2014.7.

## 6. 研究組織

(1) 研究代表者

高橋 直久 (TAKAHASHI NAOHISA)  
名古屋工業大学・大学院工学研究科・教授  
研究者番号: 80335083

(2) 連携研究者

山本大介 (YAMAMOTO DAISUKE)  
名古屋工業大学・大学院工学研究科・准教授  
研究者番号: 00402470