

部分地図のコラージュによる案内地図作成システムの開発

井上 拓哉^{1,a)} 山本 邦雄^{1,b)} 乃万 司^{1,c)}

概要: 本稿では、広域での経路案内において事前に経路全体を確認したいユーザに向け、曲がる場所など経路案内する上で重要なところを拡大しつつ、重要でないところは簡略化して経路全体を示す案内地図作成システムを提案する。提案システムの特徴は、重要地点周辺を拡大した部分地図を抽出し、それらを画像として上手く貼り付け、いわば、コラージュのように組み合わせることで経路全体を表示する点にある。提案システムの開発により、案内地図が上手く作成できるかを検証した。

1. はじめに

近年、地理情報システムの進展により、Google Maps[1]、NAVITIME[2]、カーナビゲーションシステムなどの経路案内を行うサービスが普及した。これらの経路案内サービスを用いてナビゲーション機能を使用する場合の特徴は、基本的にユーザの現在地から一つ先の交差点などの案内地点を指示して、それを繰り返すことで、ユーザを目的地まで誘導することである。具体的には、現在地の周辺地図表示や音声案内等の機能によりユーザを目的地まで誘導する。さらにユーザが進む経路を誤った場合でも、即座に経路を軌道修正し、正しい道へ誘導する。現在、ナビゲーション機能は高機能化、高精度化しており、ユーザにとってより便利で分かりやすいものとなっている。そのため、ユーザは目的地までの経路を知らなくても目的地に辿り着くことが可能である。しかし、初めての道や不慣れな道をナビゲーション機能に頼りきりで目的地に向かう場合、画面への注視時間や注視頻度が増加し、前方不注意による事故等の危険性が高くなる可能性もある。そのような事象も相まって初めての道や不慣れな道に対して不安を感じる人も数多く存在する。不安を感じる人たちの中には、不安を軽減するために従来の経路案内サービスを用いて、事前に経路を確認して目的地まで向かう人たちが多く存在する。そのため、効率よく経路を把握できる案内地図が求められている。

現在の経路案内サービスを用いて事前に経路を確認する場合、出発地と目的地を入力すると、図 1 のように出発地

から目的地までの間にある案内地点の情報がテキストとして画面の左側に表示され、画面右側に出発地から目的地までの経路全体の地図が表示される。ユーザは、表示された案内地点のテキストの一つを選択することで、その地点周辺の詳細地図を確認できる。また、スクロール操作による地図の移動やマウスホイールを使った縮尺変更などの機能を用いることで、経路全体や詳細地図を確認することもできる。しかし、詳細地図は一度に特定の縮尺で特定の領域の地図しか表示することができないため、案内地点ごとに詳細地図を表示して確認する必要がある。ユーザにとって手間がかかるといった問題がある。また、経路全体と詳細地図、詳細地図同士を同時に確認できないので、経路全体において詳細地図がどの辺りに存在するのかといった位置関係や、詳細地図同士がどのような位置関係にあるのかなどの把握が困難である。

そこで本研究では、経路案内する上で重要なところを拡大しつつ、重要でないところは簡略化して経路全体を表示する案内地図作成システムを開発する。これにより、事前に経路を確認したいときに、効率よく経路を教示することを目指す。

2. 関連研究

2.1 広域地図と詳細地図の同時把握システム

広域地図と詳細地図を同時に確認できるシステムに山本らの研究がある [3]。このシステムでは、縮尺の異なる広域地図と詳細地図を魚眼レンズのように部分的に拡大し、拡大縮小操作をすることなしに全体の位置関係と詳細な地図を同時に把握することを可能にする。しかし、広域地図と詳細地図の境界で道路の接続部分がわかりにくい、また、複数部分を拡大しようとした場合、拡大した部分同士が干渉しあい上手く表示されないなどの問題がある。

¹ 九州工業大学
Kyusyu Institute of Technology
a) t_inoue@pluto.ai.kyutech.ac.jp
b) kunio@ai.kyutech.ac.jp
c) noma@ai.kyutech.ac.jp

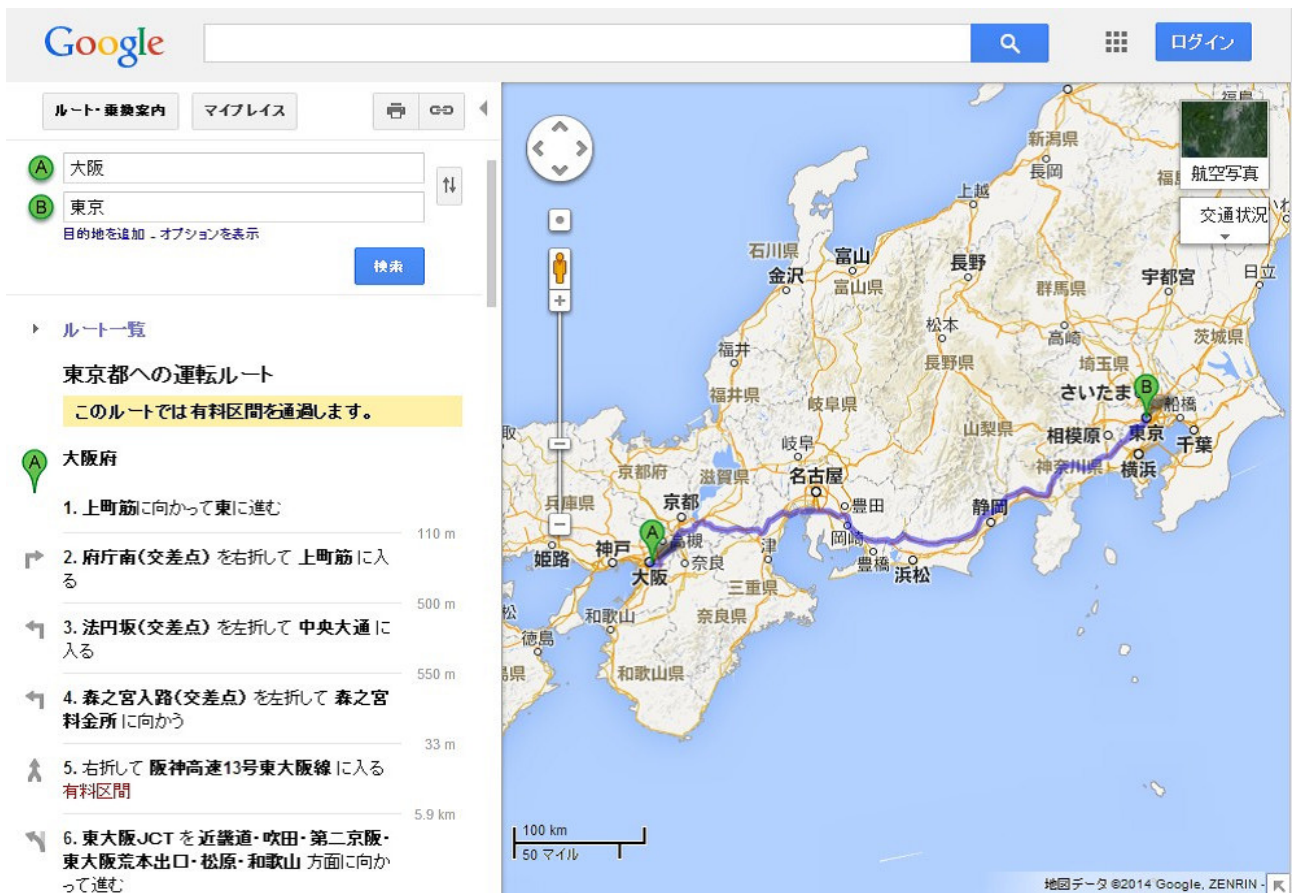


図 1 従来のサービスを用いて経路を事前に確認する際に表示される案内地図の例 [1]

2.2 コラージュ自動作成システム

入力された複数の画像から自動でコラージュを作成するシステムに Auto Collage がある [4]. このシステムでは、まず、コラージュを作成したいユーザがコラージュに使用する複数の画像を入力する。複数の画像が入力されるとシステムは、まず、各入力画像中の人物、風景、建物などの重要部分を抽出する。特に顔などは重要部分の中でも優先度が高い部分である。次に、一枚の画像の上に抽出した重要部分をコラージュ全体が崩れないように適切な位置に配置し貼り合わせる。例えば、抽出してきた重要部分中に空が写っている場合は画像上部に配置するなどの工夫を行う。最後に、重要部分同士の継ぎ目を滑らかに接続する。これにより、視覚的に魅力的なコラージュを作成する (図 2)。



図 2 入力画像とシステムで作成したコラージュの例 [4]

3. システムの概要

本システムは、Auto Collage[4] の手法を案内地図作成に適用した。本システムは経路上の重要地点とその周囲の詳細地図を部分地図として抽出し、それらを画面上に上手く配置する。いわば、コラージュのように組み合わせる経路全体を表示する。ここでの重要地点とは、経路案内に必要な出発地と目的地、経路上にある曲がり角などの中継地点、いわば、ナビゲーション機能で指示される案内地点を指す。

3.1 処理の流れ

本システムの処理の流れを図 3 に示す。まず、ユーザは出発地と目的地を入力する。次に、システムは入力された出発地と目的地から、出発地から目的地までの経路を取得し、その経路から案内地図作成に必要な重要地点等の経路情報を取得する。そして、重要地点周辺を拡大した部分地図を抽出する。抽出した部分地図は、出発地から経路上に現れる順序と同じ順序で格納しておく。これにより、部分地図の順序関係がわかるため、部分地図の配置や経路の補完に役立つ。システムは格納しておいた部分地図を画面上に上手く配置する。その後、システムは部分地図間の経路を補完して案内地図を構築する。最後に構築された案内地

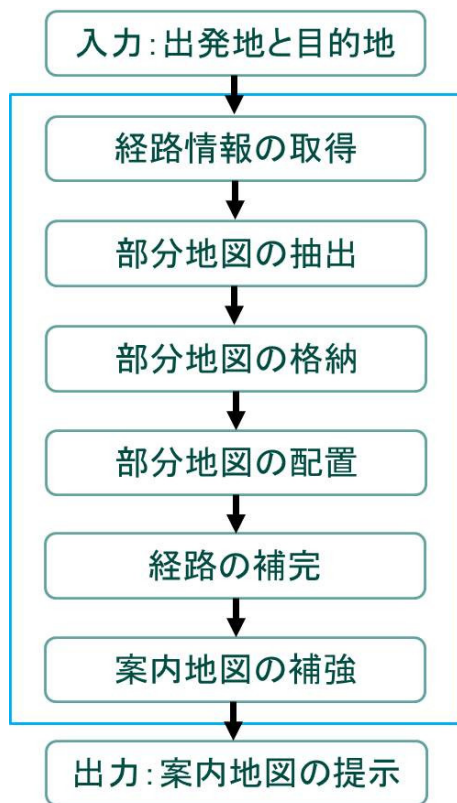


図 3 システムの処理の流れ

図に距離情報や重要地点での指示案内などを付加してできた案内地図をユーザに提示する。

4. 手法

本システムは、画面上に部分地図を配置するアルゴリズムとして、経路全体の位置関係を考慮するために、部分地図間の方角に着目し、部分地図を配置する。次節より実装手法について図 3 の処理の流れに沿って説明する。

4.1 経路情報の取得

まず、入力として出発地と目的地の情報を受け取ると、出発地から目的地までの経路を従来の経路案内サービスと同様に求める。求めた経路は地図上の点の集合から成る。各点は緯度経度、また、高速道路や国道などの道路の種類、さらに案内地点の点は右左折等の指示内容の情報を持っている。求めた経路から案内地図作成に必要な以下の経路情報を取得する。

- 重要地点
- 重要地点直前の地点
- 重要地点直後の地点
- 重要地点間の経路距離

図 4 に重要地点、重要地点直前の地点、重要地点直後の地点の例を示す。重要地点直前の地点と重要地点直後の地点は、重要地点から一定範囲内にある経路上の点を探索し取得している。重要地点間の経路距離は、着目している重要



図 4 重要地点とその直前直後の地点の例 [5][6][7]

地点からその次の重要地点までの経路に沿って測定された距離である。これらの情報をすべての重要地点で取得する。

4.2 部分地図の抽出

案内地図の作成に利用する部分地図を 4.1 節で取得した重要地点と直前直後の地点の緯度経度を用いて計算する。出発地は出発地以前に経路がないため、出発地とその直後の地点の緯度経度を用いて部分地図を抽出する。同様に、目的地は目的地以降に経路がないため、目的地とその直前の地点の緯度経度を用いて部分地図を抽出する。

4.2.1 部分地図の抽出

部分地図を抽出する処理を以下に示す。

- (1) 着目している重要地点とその直前直後の地点の 3 点 (ただし、出発地は出発地とその直後の地点の 2 点、目的地は目的地とその直前の地点の 2 点のみ) を内包する最小の矩形を求める (図 5)。
 - (2) 重要地点が矩形の端点となる場合があるため、上下左右にマージンを取る (図 6)。
 - (3) 矩形内の部分地図を画像として保存する。
- これを重要地点の数だけ繰り返す。

4.2.2 重要地点のグループ化

部分地図を抽出するとき、重要地点間の距離が近い場合、重要地点ごとに部分地図を抽出すると、経路が重複して表示されることがある (図 7)。図 7(a) のように複数の重要地点が近い位置にある場合、図 7(b) と図 7(c) のように、それぞれの部分地図内の経路が重複して表示されていることがわかる。それを防ぐため、重要地点同士の距離が近い



図 5 内包する矩形を計算 [5][6][7]

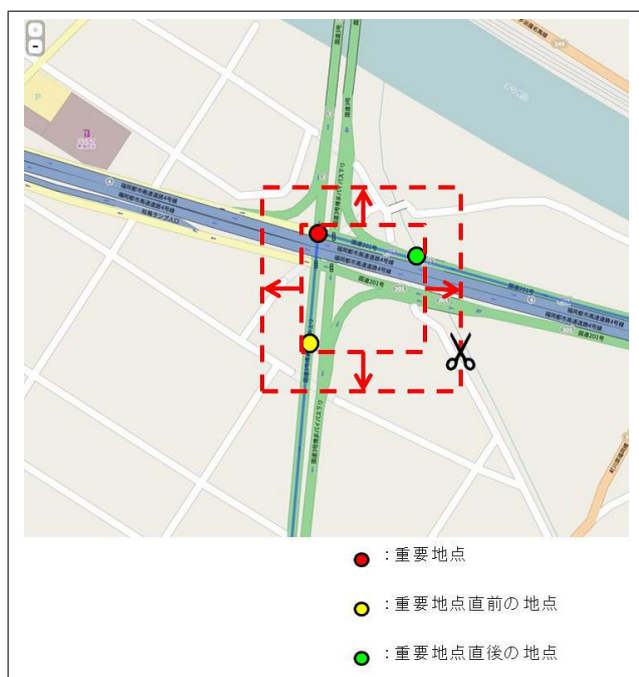


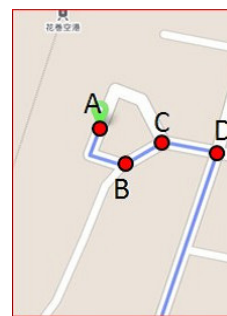
図 6 上下左右にマージンを取る [5][6][7]

場所に関しては、その重要地点同士をグループ化して対応する(図 8)。グループ化した重要地点の部分地図を抽出する場合には、グループ化したそれぞれの重要地点とその直前直後の地点を内包する矩形を計算し、グループ化した重要地点で 1 つの部分地図を抽出する。

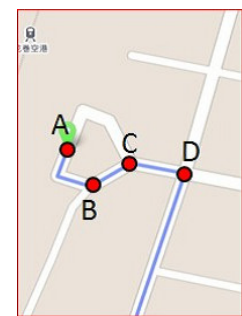
重要地点をグループ化する処理として、ある重要地点とその次の重要地点間の経路距離が一定距離以下であるか判定する。重要地点間の経路距離が一定距離以下の場合、次に重要地点間の経路距離が一定距離以上になるまでの間にある重要地点を一括してグループ化する。重要地点間の



(a) 部分地図抽出前の地図



(b) B 地点周辺の部分地図



(c) C 地点周辺の部分地図

図 7 重複する部分地図の例 [5][6][7]

距離が一定距離以上である場合は、その重要地点同士はグループ化しない。それを出発地から目的地までの間繰り返す。重要地点のグループ化と同様に重要地点間の距離、重要地点での指示案内についてもグループ化の処理を行う。

4.3 部分地図の格納

抽出した部分地図は、重要地点が経路上に現れる順序と同じ順序で画像として格納する。このとき、部分地図画像と 4.1 節で取得した情報を関連付けて保存する。重要地点が現れる順序で部分地図を格納しておくことで、部分地図を配置するとき順番に配置でき、経路を補完する部分地図同士を判断できる。また、重要地点直前直後の地点も結び付けて格納しておくことで、部分地図同士の経路を補完する際に、重要地点より前の経路か後の経路かを間違えることなく補完できる。

4.4 部分地図の配置

部分地図を配置する際、経路全体の位置関係を考慮するために、着目している重要地点から次の重要地点までの方角を用いる。4.3 節で格納した部分地図を方角を用いて画



図 8 グループ化した重要地点の例 [5][6][7]

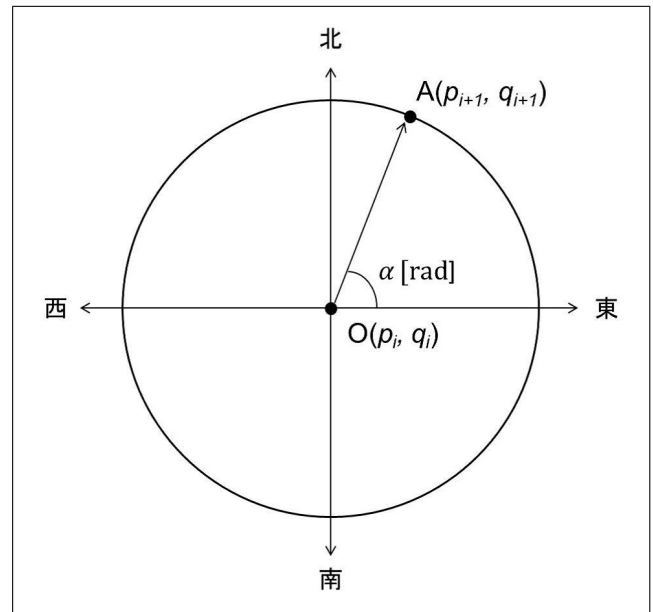


図 9 ある重要地点から次の重要地点までの方角

面上に配置していく。

4.4.1 重要地点間の方角の計算

本システムでは、図 9 に示すように、着目している重要地点 O から東方向への軸を基準として、反時計回りの方向の $\alpha[\text{rad}]$ を次の重要地点 A への方角とする。つまり、次の重要地点が真東にあると 0 、真北にあると $\frac{\pi}{2}$ 、真西にあると π 、真南にあると $\frac{3\pi}{2}$ となる。ここで、着目している重要地点の緯度経度を $O(p_i, q_i)$ 、次の重要地点の緯度経度を $A(p_{i+1}, q_{i+1})$ とし、緯度経度の差分を求める。緯度の差分を ΔP 、経度の差分を ΔQ とすると、緯度経度の差分は以下のように表される。

$$\Delta P = p_{i+1} - p_i, \quad \Delta Q = q_{i+1} - q_i \quad (1)$$

式 (1) で求めた ΔP 、 ΔQ を用いて方角 $\alpha (0 \leq \alpha < 2\pi)$ を求める。

$$\alpha = \begin{cases} \frac{\pi}{2} & (\Delta Q = 0, \Delta P > 0) \\ \frac{3\pi}{2} & (\Delta Q = 0, \Delta P < 0) \\ \theta + \pi & (\Delta Q < 0) \\ \theta + 2\pi & (\Delta Q > 0, \Delta P < 0) \\ \theta & (\text{otherwise}) \end{cases}$$

ここで、 θ は、

$$\theta = \arctan\left(\frac{\Delta P}{\Delta Q}\right) \quad (-\pi < \theta < \pi)$$

となる。この処理をすべての重要地点で繰り返す。

4.4.2 部分地図の配置

部分地図は Web ブラウザの画面上に配置し、その座標系は左上隅を原点とし、水平方向の右方向を x 軸の正方向、垂直方向の下方向を y 軸の正方向とする。部分地図を配置する画面の座標系を図 10 に示す。

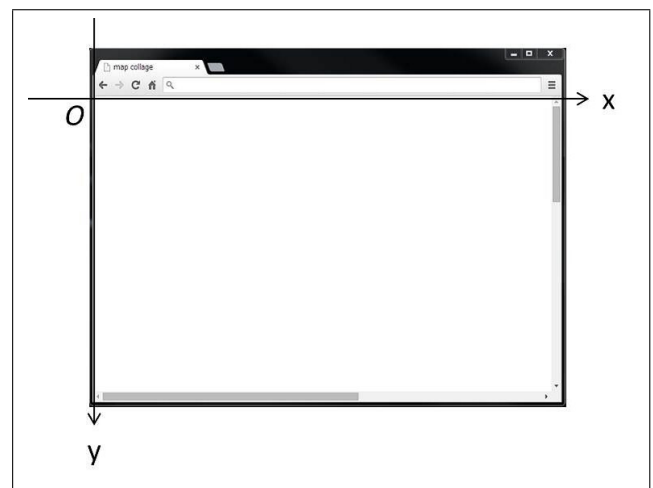


図 10 部分地図を配置する画面の座標系

部分地図の配置は、まず、出発地の部分地図を原点に配置する。部分地図を配置するときは部分地図の左上隅を基準点としている。次の部分地図を配置するときは、着目している重要地点の部分地図を基点として、4.4.1 項で算出した方角に一定距離 t の位置に配置する。これを部分地図の数だけ繰り返す。

部分地図を配置終了後、配置していく方角によっては、画面座標の $x < 0$ または $y < 0$ の範囲に部分地図が配置されてしまい、一部を表示できない場合がある。そのため、配置の補正を行う。部分地図配置終了後、 $x < 0$ または $y < 0$ の範囲に部分地図が配置されている場合、 x の最小値、 y の最小値を求める。求めた x の最小値を $x = 0$ 、 y の最小値を $y = 0$ の位置に配置されるように、部分地図の位置関係を維持したまま全体を移動させる。これにより、部分地図を $x > 0$ かつ $y > 0$ の範囲に配置できる。部分地図を配置する過程の例を図 11 に示す。

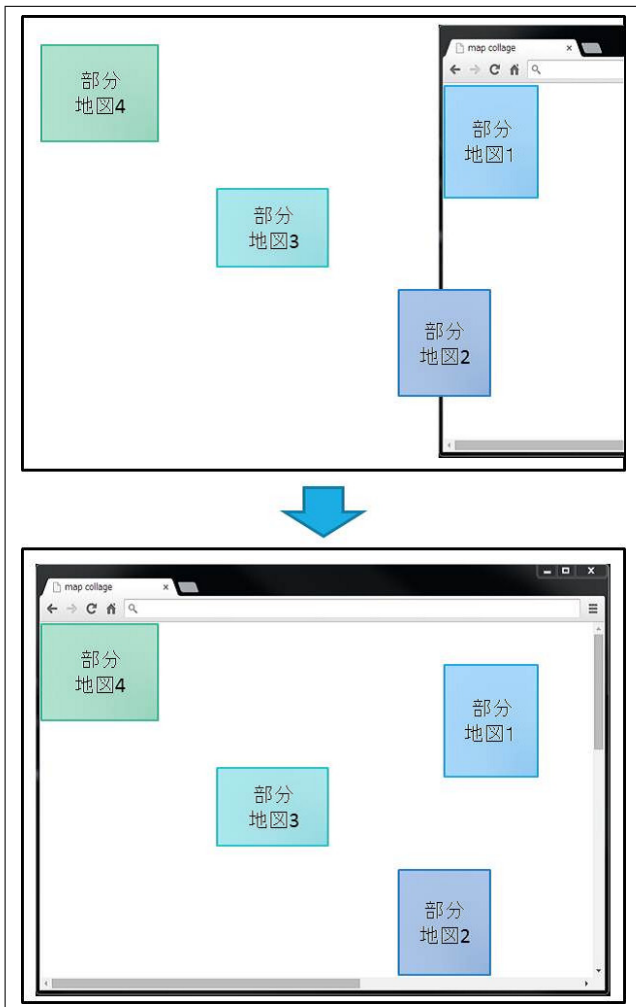


図 11 部分地図を配置する過程

4.5 経路の補完

4.3節で保持した情報を利用し、経路を補完する。経路を補完する例を図12に示す。

- (1) 着目している重要地点 a_t から直後の地点 b_t へ向かう方角の先に制御点 c_t を置く。
- (2) 同様に次の重要地点 a_{t+1} から直前の地点 b_{t+1} へ向かう方角の先に制御点 c_{t+1} を置く。
- (3) 点 $b_t, c_t, c_{t+1}, b_{t+1}$ において b_t を始点とし、 c_t を1つ目の制御点、 c_{t+1} を2つ目の制御点、 b_{t+1} を終点とする3次ベジエ曲線を描画する。

このとき、 b_t と c_t 間の距離、 b_{t+1} と c_{t+1} 間の距離は、接続するベジエ曲線の長さに対して十分短いものとする。

4.5.1 道路の分類

本システムでは、出発地から目的までを結ぶ経路には水色を用いる。また、経路を補完する際、道路も同時に補完する。その際、道路は3つに分類しており、高速道路や都市高速を含む有料区間の道路の場合は道路の色に橙色を、国道の場合は黄色を、それ以外の道路の場合は白色を用いる。これにより、まず道路の色を描画し、その上に水色で経路を描画することで部分地図間の経路の補完を行って

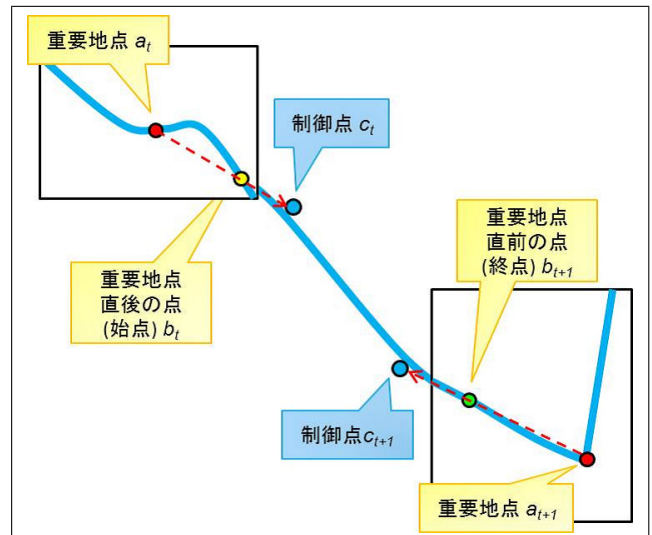


図 12 経路の補完の例

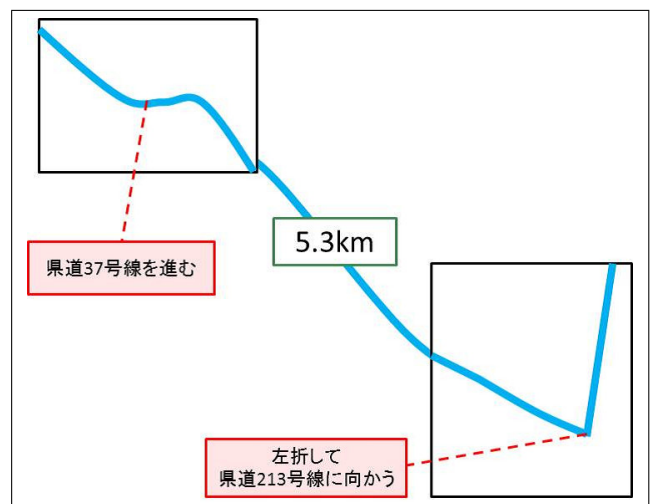


図 13 距離情報と重要地点での指示を付加した例

いる。

4.6 案内地図の補強

作成した案内地図に情報を付加することで、案内地図を補強する。案内地図に距離情報と重要地点での指示を付加する。距離情報と重要地点での指示を付加した例を図13に示す。

4.6.1 距離情報の付加

着目している重要地点から次の重要地点までの距離を示すために、4.5節で補完した経路上にその重要地点間の距離を表示する。距離を表示することで、簡略化している部分の距離感をユーザに与える。

4.6.2 重要地点での指示を付加

部分地図内の重要地点とその重要地点での指示案内を結びつけて、指示案内を吹き出しとして表示している。吹き出しは、ユーザがドラッグアンドドロップすることで、ユーザの見易い位置に配置できる。その際、吹き出しと重要地

表 1 本システムの実装と検証に利用した計算機環境

OS	Windows 7 Professional 64bit
CPU	Intel(R) Core(TM) i7-3770K CPU 3.50GHz
メモリ	16384MB
開発言語	JavaScript
地図 API	Google Maps JavaScript API v3[8]
Web ブラウザ	Google Chrome

点を線で結び付けているため、吹き出しを動かしても常にある程度の重要地点と吹き出しが対応しているか判断できる。

5. 検証と考察

5.1 検証

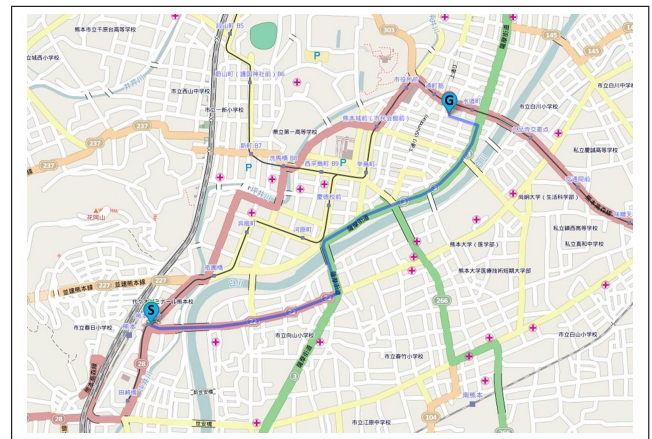
実際に本システムで案内地図を作成し、表示された案内地図が正しく表示されているか動作実験を行った。本システムの実装と検証に利用した計算機環境を表 1 に示す。

5.2 検証結果

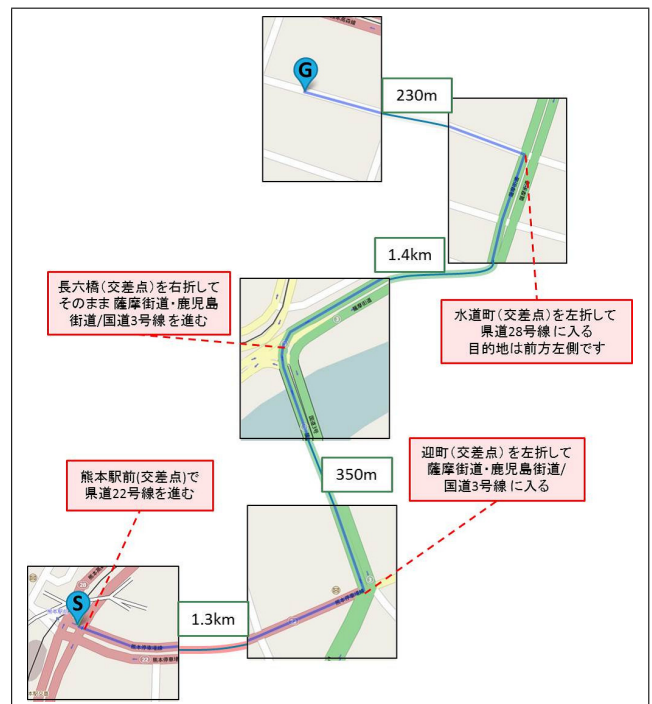
結果のイメージ図を図 14 に示す。検証の結果、部分地図の配置、経路の補完、距離情報の表示、重要地点での指示表示の処理が正しく動作していることを確認できた。しかし、出発地と目的地の場所によっては、部分地図同士が重なる、補完した経路が部分地図で隠れる、途切れる等の問題も生じた。また、出発地と目的地の場所によって経路上に現れる重要地点の数が増減するため、重要地点の数が多い場合は、部分地図の数も同様に多くなり、案内地図を表示する範囲が広くなり案内地図を一覧できない場合もあった。

5.3 考察

出発地と目的地の場所によって、部分地図同士が重なる問題に関しては、本システムでは部分地図の配置に方角の情報しか用いておらず、重なった場合に部分地図同士を重ねられない位置に配置するなどの対策をしていなかったことが原因である。補完した経路が隠れる、途切れるといった問題は、部分地図同士が重なる問題が発生したときに、部分地図と補完した経路が重なることがあるため、部分地図同士を重ねられない位置に配置するなどの対策をしていないことが一つの原因である。また、経路を補完する際に 4.5 節の手法を用いて経路を接続した場合、補完する部分地図同士の場所や経路を結ぶ位置によって補完した経路が隠れる、途切れるといった問題が生じることがあるため、手法を見直す必要がある。案内地図を表示する範囲が広がる問題は、出発地と目的地の周辺では右左折を繰り返すことが多いことが原因の一つである。しかし、本システムでは出発地から目的地までの全部の重要地点を表示しているが、ユーザによっては、出発地や目的地が住み慣れた場所である場合がある。そのような場所については詳しく表示させる必要はなく、省略して表示することで、案内地図を表示



(a) 従来の経路案内で表示した経路全体図



(b) 本システムで作成した案内地図のイメージ

図 14 結果のイメージ図の例 [5][6][7]

する範囲が広がる問題を緩和することを検討している。

6. まとめと今後の方針

本研究では、事前に効率よく経路を教示するため、重要地点を拡大しつつ、重要でないところを簡略化して表示するシステムを開発した。本システムの動作実験を行うことで、作成した案内地図が正しく動作することを確認できた。

今後の課題として、まず、部分地図同士が重なる場合の対策、また、補完した経路が隠れる、途切れる場合の対策を行う。対策として、部分地図同士が重なるとその部分地図同士を重ねないように補正する手法を考案しつつ、部分地図を配置する方法についても方角や距離の他に考慮すべき要素がないか、もしくは別の適切なアプローチがない

かを検討する。補完する経路に関しては凸包性を利用したり、重要地点間の距離に応じて補完する距離の長さを変えたり、効果を加えたりして、補完する経路が途切れない工夫や視認性を向上させる工夫を行う。そして、重要地点の数が多くなってしまい案内地図が広がる問題に関しては、5.3節で挙げた対策として住み慣れた場所などを省略できる機能を実装予定である。また、部分地図を配置していく際に表示させる範囲の閾値を決めておき、閾値を超えた場合は次のページにその続きから表示させるといった対策を行うことで Web ブラウザ上でも紙媒体としても見やすい案内地図を提供する。さらに案内地図の空いているスペースを有効活用できる方法を検討し、ユーザインタフェースの向上を目指す。最後に、システムを完成させ、従来の経路案内サービス等と比較してシステムの有用性について検証していく。

参考文献

- [1] Google Maps,
<http://maps.google.co.jp/>, Google.
- [2] NAVITIME,
<http://www.navitime.co.jp/>, ナビタイムジャパン.
- [3] 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), vol. J90-D, no. 10, pp. 1914–1925, Oct 2010.
- [4] C. Rother, L. Bordeaux, Y. Hamadi, A. Blake, “Auto-Collage,” Proc. SIGGRAPH’06, pp. 847–852, July 2006.
- [5] OpenStreetMap,
<http://www.openstreetmap.org/>.
- [6] Open Data Commons,
<http://opendatacommons.org/>.
- [7] Creative Commons,
<http://creativecommons.org/>.
- [8] Google Maps API,
<https://developers.google.com/maps/>, Google.