

デフォルメの正確性分析に基づく略地図拡張システム

北山 大輔[†] 角谷 和俊[†]

[†] 兵庫県立大学環境人間学部 〒670-0092 姫路市新在家本町 1-1-12

E-mail: †{dkitayama,sumiya}@shse.u-hyogo.ac.jp

あらまし 観光案内や道案内など略地図コンテンツは広く一般に利用されている。一般に略地図コンテンツは静的なコンテンツであり、例えばユーザの所在地や、所望するレストラン情報を検索するなどの追加情報を表示することができない。これを実現するためには、実空間の任意の地点を略地図上に反映する手法が必要となるが、略地図コンテンツは一般的にはデフォルメされているため対応付けが困難である。そこで我々は、略地図画像から地理オブジェクト情報を認識し、略地図のデフォルメに対応した位置推定手法を提案する。本稿では、プロトタイプシステムを構築し、実験を行った。

キーワード GIS, 地図画像認識, デフォルメ地図, 地名辞書, 相対位置分析

Enhancing System of Artificial Maps Based on Analyzing Deformation Accuracy

Daisuke KITAYAMA[†] and Kazutoshi SUMIYA[†]

[†] School of Human Science and Environment, University of Hyogo,

1-1-12 Shinzaike-honcho, Himeji, Hyogo 670-0092, Japan

E-mail: †{dkitayama,sumiya}@shse.u-hyogo.ac.jp

Abstract Artificial maps are widely used for a variety of purposes, including as tourist guides to help people find geographical objects using simple figures. Artificial maps made for tourists show suitable objects for traveling users. Therefore, if the artificial map has a navigation system, users can get geographical information such as object positions and routes without performing any operations. However, artificial maps might contain incorrect or superfluous information, such as some objects on the map being intentionally enlarged or omitted. We propose a deformation-analyzing method based on geographical accuracy using optical character recognition techniques and comparing gazetteer information.

Key words GIS, Recognition of map image, Artificial maps, Gazetteer, Relative analysis of position

1. はじめに

道案内の地図や観光地図、概略地図などの略地図コンテンツは、旅行の計画や最寄りのレストランへの行き方など、行動の決定支援に日常的に使われている。街を歩けば、街の案内板や広告などいくつかの略地図コンテンツを見かけるだろう。このような略地図コンテンツは現実空間のみならず Web 空間にも多数存在する。例えば、多くのレストランの Web ページにはその行き方を示す略地図が掲載されているだろうし、市町村の Web ページには観光案内用の略地図が掲載されているだろう。さらに、Blog などでは一般のユーザが作成した略地図が旅行記として掲載されていることもある。略地図は利用者に対して特定の情報をわかりやすく提示することが可能である。しかしながら、過度な強調、省略、追加によって利用者に誤解を招く

こともある。例えば、目印間の距離が過度に長く書かれた略地図ではその目的地に辿り着くのは困難になる。

一方、Google Maps や Yahoo! Maps などのオンライン地図は汎用的な情報を記載している。オンライン地図では、利用者はオブジェクト検索、領域変更などの操作を何度も行うことで目的の地理情報を取得する。Bing Maps^(注1)では、自動的にある特定の略地図を生成する機能を提供している。しかしながら、その生成はオブジェクトや道路の一般的な重要さに基づいて削減されるのみであり、略地図の利点である特定の情報を表現することを活かしていない。これらの略地図とオンライン地図の特性を表 1 にまとめた。

現在、多くのナビゲーションシステムは正確なオンライン地

(注1) : <http://www.bing.com/maps/>

表1 オンライン地図と略地図の特性

	オンライン地図	略地図
正確性	正確	不正確
可読性 (機械)	可読	不可読
可読性 (人間)	難しい	容易
座標	緯度経度	XY
目的	一般	特化

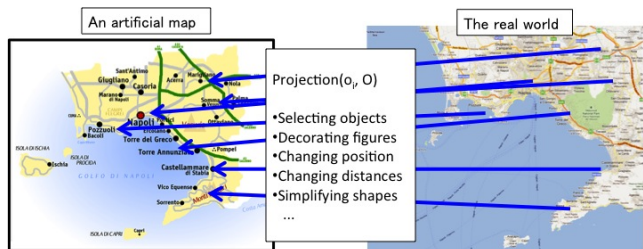


図1 実空間と略地図

図と GPS により取得できる緯度経度座標を結びつけることで提供されている。我々は、この緯度経度座標と略地図上の XY 座標を変換することで、略地図をナビゲーションシステムとして利用可能に拡張できると考えた。利用者がレストランや観光地を略地図上にさらに表示させたいと考えた時にも同様の手法で拡張して表示することが可能となる。このような技術を実現するために2つの技術的課題がある。ひとつは、どのように地理情報をビットマップ画像である略地図から抽出するのかであり、ひとつは、どのように不正確な略地図上の XY 座標と正確な緯度経度座標を対応させるのかである。そこで、我々は OCR と地名辞書を用いた略地図のデフォルメ分析手法を提案する。この中で、OCR 技術を認識した地理オブジェクトの後処理と XY 座標と緯度経度座標の相対的な対応付けによって拡張する。

本稿では、2 節でアプローチと関連研究について説明し、3 節で略地図の認識手法について述べる。4 節では任意の実空間座標の対応付けについて述べ、プロトタイプシステムと実験について5 節で議論する。

2. アプローチ

2.1 略地図の定義

略地図は実空間の地理オブジェクト選択し、利用者が理解しやすいように強調、変形を行うことで、ある特定の目的を表現している。言い換えると、地図製作者は、目的に合致するオブジェクトを選択、配置を決定し、読みやすさを向上させるために強調、変形を行う。すなわち、略地図とは実空間のオブジェクトに対し、変形、強調、削除を行い射影したものといえる。実空間と略地図の関係を図1に示す。

我々は以下のように略地図を定義する。

$$Artificialmap = \{o'_i | o'_i = projection(o_i, O), o_i \in R\} \quad (1)$$

ここで R は実空間の緯度経度座標を持つ地理オブジェクト集合を表し、 o_i はひとつの地理オブジェクトを表す。関数 $projection$ は略地図上の他のオブジェクト集合 O と o_i との位置関係から、緯度経度座標を XY 座標に変換することを含めた強調・変形な

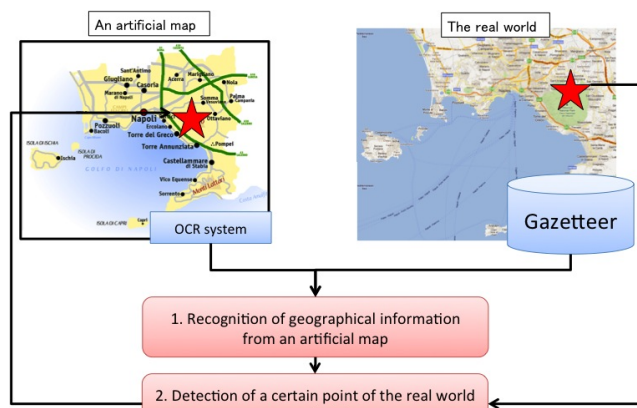


図2 デフォルメ分析の概念図

どを加えて写像を行う関数であり、 o'_i は略地図上に射影されたオブジェクトである。

すなわちデフォルメ分析とは、関数 $projection$ が行った実空間のオブジェクトから仮想空間へ写像するときに行われたデフォルメを推測し評価することである。そのため、我々はデフォルメ分析として略地図上のオブジェクトの位置を抽出し、そのオブジェクトの実空間上の位置との比較を行う。我々は全ての地図は実空間から何らかのデフォルメを加えられた略地図であると考えているが、本稿ではそのうち、配置に関するデフォルメが行われた略地図を対象とする。

2.2 概要

我々は地理的正確性を用いた地図のデフォルメ分析手法を提案する(図2)。まず、どのようにビットマップ画像である略地図画像からの地理オブジェクト抽出するかという問題について説明する。地理オブジェクト名と略地図上の座標からなる地理オブジェクトを OCR 技術を用いて抽出する。そして、抽出データと地名辞書の対応付けを行うことで、略地図と実空間を対応付ける。このとき、以下の3つの問題がある。

- 抽出データには誤った文字列や地理オブジェクトではない情報などいくつかのノイズが含まれている
- 省略や表記揺れなど、略地図上のオブジェクト名と地名辞書上のオブジェクト名の表現が異なる
- ある略地図上のオブジェクト名に対応する候補は地名辞書上に複数存在する

我々は始めの2つの問題に対しては編集距離を用いてオブジェクト名の対応付けを行うことで対処する。そして最後の問題に対しては、地理的な外れ値検出を用いて対処する。

次に、どのように不正確な略地図上の XY 座標と正確な緯度経度座標を対応させるのかという問題について述べる。実空間の座標を略地図上の座標に変換するために、部分的なデフォルメを考慮する。略地図はある場所が拡大され、別のある場所は縮小されているなど、デフォルメは部分的に行われる。さらに、デフォルメ自体が誤っていることや、抽出段階でのエラーが残っている場合もある。すなわち、以下の2つの不正確さをもつ。

- 略地図のデフォルメは部分によって異なる。

● 認識したオブジェクトは誤った位置関係を持つことがある。

地図のデフォルメは2つの地理的正確性の観点から分析することが可能である。実空間に関する正確性としての相対的な方向と距離の正確性である。これに関して我々は、任意の3つのオブジェクト組からなる相対的な距離の正確性を分析する指標、および相対的な方向を分析する指標を用いる。これらにより、我々は実空間のオブジェクトの座標を略地図上の座標に変換することを可能とする。

2.3 関連研究

略地図の自動生成に関する研究は数多くなされてきて、Bing Mapsのようにサービスとしても提供されている。これらの基本的な考え方は、オブジェクトの選択、形状の変形、配置の調節を組み合わせることであり、オブジェクトの選択に関してはArikawaら[1]の地理オブジェクトのオントロジを用いてユーザの要求に合致しかつ経路上から見えるオブジェクトを特定する手法や、Shimadaら[9]やNakazawaら[7]のオブジェクトの属性と位置を用いて表示するオブジェクトを決定する方法があげられる。形状の変形とそれに適応するように配置を調節する手法[5],[6],[8],[10]は多数提案されている。共通することは、道や境界線、建物の形状の単純化を認知地図の観点である直線化や直交化によって行うことである。そして、オブジェクトの配置に関してはモーフィングの技術を用いて行うのみである。これらの研究が目的とする所は、利用者の目的に合致した地図を生成することである。我々の目的は、すでに生成された地図を分析し、そのデフォルメに対応する応用方法を提供することにある。もし、デフォルメを分析することができるならば、効果的なデフォルメに基づく略地図の検索やランキング、適切な略地図への置換方式や、より正確な地図への修正などの機能が提供可能となると考えられる。本論文ではそのステップとして、デフォルメの正確さを分析し、実空間の座標に対応する略地図の座標を特定することを目的としている。

Spatial-query-by-sketch [2][3]は手書き地図から実際の地図を検索する有名な手法である。言い換えると、略地図を実空間に関係づける手法であるといえる。この手法では、クエリとして手書き地図から抽出したトポロジカルな関係、すなわち包含関係や重複など[4]を用いる。そして、実世界の道路ネットワークやオブジェクトに対して、合致するトポロジカルな関係を含む領域を検索結果として返す。対照的に、提案手法では略地図と実空間を対応付けるために点状のオブジェクト集合とその位置関係を用いる。そして、我々は略地図の正確性を分析することが可能である。我々は、spatial-query-by-sketch技術によるネットワーク、トポロジによる対応付けと、提案手法の点状のオブジェクト集合とその位置関係による対応付けは相補的に用いることが可能であると考えている。

3. 略地図の認識手順

3.1 地名辞書からの候補地名の抽出

略地図の認識は2つのステップからなる。まず、地名辞書とOCR技術を用いて、候補オブジェクトを抽出する。次に候補

オブジェクトから実際の略地図画像に書かれているオブジェクトへと絞込を行う。図3は略地図の認識手順を図示したものである。

抽出ステップにおいて、OCR技術は略地図から文字列を読み取るだけに用いられる。そのため、抽出した文字列がどの地名であるか以前に地名であるかどうかすら知ることができない。さらに、抽出した文字列は他の文字に誤認識されていたり、余分な記号が含まれているなど多数のノイズを含んでいる。そこで我々は、地名辞書を用いて、抽出した文字列と対応付けすることか可能な地理オブジェクト名をもつオブジェクトを候補オブジェクトとして抽出する。編集距離を用いることで、省略されたオブジェクト名やOCRが誤認識した部分的な文字列の誤りを吸収することを考えた。編集距離としては、挿入、削除、置換のコストを全て1.0として扱った。編集コスト n の閾値 α によって、候補オブジェクトを決定する。このことにより、1つの地理オブジェクトのデータとして、抽出文字列、候補地理オブジェクト名、略地図上の座標、実空間上の座標というデータの組を得る。

3.2 空間的分散を用いた候補オブジェクトの絞込

略地図上に記載されたオブジェクトを認識するために、候補オブジェクトの中から1つの正しい対応付けを発見しなければならない。はじめに、関係がない候補オブジェクトを取り除くために実空間上での配置を用いた外れ値検出を行う。このステップでは、抽出文字列と候補オブジェクトの1対1対応を特定することを目的としている。しかしながら、略地図上に記載されていない関係がないオブジェクトとの1対1対応は取り除けない。そこで、略地図上での配置と実空間上での配置の整合性を用いて、無関係なオブジェクトを除去することで、略地図の認識の精度を向上させる。

以下の手順により無関係な候補オブジェクトを取り除く。

(1) 重み付き平均によって候補オブジェクトの重心を算出する。重み付き平均の重みは、同じ抽出文字列について候補となっている候補オブジェクト数の逆数である。

(2) 重心から最も遠い候補オブジェクトを削除する。この時最も遠い候補オブジェクトがある抽出文字列に関する最後の候補オブジェクトだった場合、それを無視して再度この手順を実行する。

(3) 全ての抽出文字列に対して候補オブジェクトが1対1対応になるまで1,2の手順を繰り返す。

この手順では、略地図は特定の狭い領域について記述されていることを仮定している。例えば、市街地図であればたかだか市ぐらいの大きさの領域であり、案内地図であれば、出発地点と目的地点が収まる程度の領域である。そのため世界地図のように全ての場所にまんべんなくオブジェクトが記載されているような場合は、うまく対応付けを行うことができない。これはこの手法の限界であり、その場合は他の対応付け手法を行う必要がある。

上記の手順の後でも、略地図と無関係なオブジェクトは依然として残ってしまう。例えば、抽出文字列は地名とは無関係であるが似た文字列の地理オブジェクトが存在した場合などであ

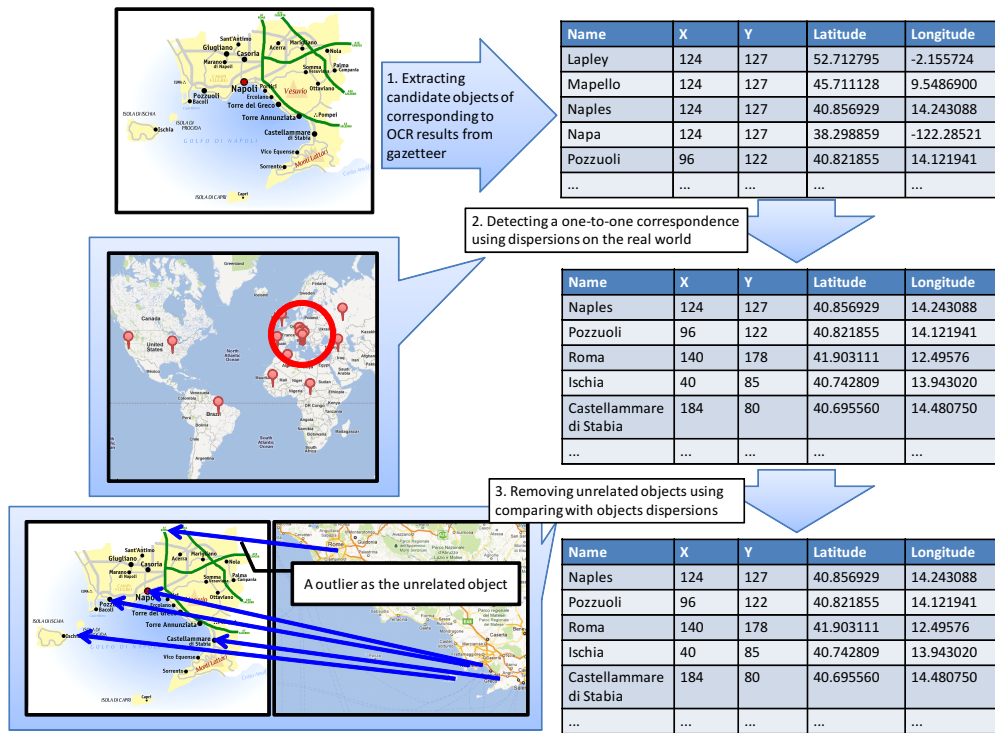


図3 略地図の認識手順

る。そこで、無関係なオブジェクトを取り除く必要がある。我々は、抽出文字列と候補オブジェクトが正しく対応しているならば、抽出文字列間の位置関係と候補オブジェクト間の位置関係は類似すると考えた。しかし、絶対的な位置関係は、座標の基準が異なるため利用することはできない。そのため、我々は略地図上での文字列間の分散と実空間上でのオブジェクトの分散を比較することで、異なる位置関係を持つオブジェクトを検出することを考えた。以下の式でオブジェクト o_i の分散を計算する。

$$Dispersion(o_i) = \frac{1}{n} \sum_{o_j \in O} Distance(o_i, o_j)^2 \quad (2)$$

ここで n はオブジェクト集合 O の要素数である。関数 $Distance$ はオブジェクト o_i と o_j のユークリッド距離を返す。

略地図と実空間の分散の差が大きければ、その分散の差が大きくなるオブジェクトを取り除く。この分散の大小を判定するために、スミノルフグラブズ検定を用いる。詳細な手順は以下である。

(1) あるオブジェクトを基準とした他のオブジェクトに対する分散を略地図上のオブジェクトと実空間上のオブジェクトのそれぞれに対し算出する。これを全てのオブジェクトに関して行う。

(2) スミノルフグラブズ検定を用いて分散の差が有意に大きいかを判定する。

(3) 分散の差が十分に大きいならば、そのオブジェクトを取り除く。

(4) 分散の差が有意に大きく無いならば終了する。

このようにして、我々は抽出文字列から地理オブジェクトを認

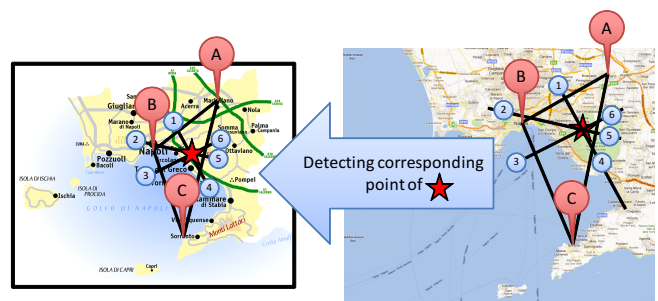


図4 実空間座標から略地図座標への変換

識し、オブジェクト名、XY座標、緯度経度座標のセットを略地図から抽出する。

4. 実世界座標から略地図座標への変換

4.1 相対距離を用いた対応座標点の候補の抽出

本説では、実空間上の任意の座標に対応する略地図上の座標の特定方法について説明する。我々は、オブジェクトのメタデータである実空間座標と略地図座標を用いてこの特定を行う(図4)。3つの抽出されたオブジェクトがあれば、以下の手順の幾何的な計算によって実世界の任意の座標に対応する略地図上の座標を特定可能である。

(1) 実世界の座標に関して、対象となる座標から抽出した3つのオブジェクトからなる三角形の各辺に垂線を引き、その交点を得る。また、その垂線上に存在する他の辺との交点を得る。これにより、1つの垂線に付き2つの交点を得る。

(2) 三角形の各辺における頂点と垂線との交点の比率を得る。これにより、6組の比率を得る。

(3) 略地図の座標に関して、ある垂線に関する比率を用い

て、略地図上の3つのオブジェクトからなる三角形の各辺に交点を打つ。

(4) 辺上に打った交点を結んでできた線によって得られる交点を実世界の任意の座標に対応する略地図上の座標とする。この手順は任意の3つ組のオブジェクトを用いて行う。最終的には、全ての3つ組を計算し、得られた座標の平均値を用いることになるが、抽出したオブジェクトには誤ったデフォルメや抽出誤りが含まれる。そのため、次節で説明する相対的位置関係の正確性の尺度を用いて各候補座標に重みを付け、重み付き平均によって対応する座標を特定する。

4.2 相対的位置関係を用いた対応座標の特定

本説では、相対的位置関係の正確性について述べる。この分析において、我々は3つのオブジェクトの相対的な位置関係に着目する。すなわち、対象のオブジェクトが他のオブジェクトから見て右にあるか左にあるかという方向の関係のみを扱う。実空間と略地図でこの相対的な位置関係が同じかどうかを比較することで、不正確なデフォルメや認識誤りになっている箇所を特定することが可能であると考えた。つまり、相対的な位置関係が同じであれば許容されるデフォルメであり、異なれば誤ったデフォルメもしくは誤った抽出が含まれると判断できる。以下の式によって符号付き角度を特徴量としたベクトルを計算することで、位置関係の類似度を算出する。

$$\begin{aligned} \text{deg}(o_i, o_j, o_k, A) = & (o_j^x - o_i^x) \times (o_k^x - o_i^x) \\ & + (o_j^y - o_i^y) \times (o_k^y - o_i^y) \end{aligned} \quad (3)$$

$(o_i, o_j, o_k \in A)$

$$v(o_i, o_j, o_k, A) = \{ \text{deg}(o_i, o_j, o_k, A), \text{deg}(o_j, o_k, o_i, A), \text{deg}(o_k, o_i, o_j, A) \} \quad (4)$$

$$\text{Sim}(v(o_i, o_j, o_k, A), v(o_i, o_j, o_k, R)) = \frac{v(o_i, o_j, o_k, A) \cdot v(o_i, o_j, o_k, R)}{|v(o_i, o_j, o_k, A)| \times |v(o_i, o_j, o_k, R)|} \quad (5)$$

ここで o_i, o_j, o_k は地理オブジェクトである。関数 deg は符号付き角度を数値で返す。この関数の結果が正の値であれば、 o_i は他のオブジェクト o_j から o_k に対して引いた線から見て右側に存在することを意味する。関数 v は3つの符号付き角度からなるベクトルを返す。引数 A は略地図上のオブジェクト集合であり、 R は実空間を表現する地名辞書のオブジェクト集合である。 o_i^x は o_i の略地図上の X 座標、もしくは実空間上の経度座標を示す。 o_i^y は o_i の略地図上の Y 座標、もしくは実空間上の緯度座標を示す。これらは引数が A であれば略地図の座標を用いる、引数が R であれば実空間の座標を用いるというように決定する。これらにより、関数 Sim が低い値を返す場合に位置関係に関する不正確なデフォルメが行われていることを検知する。

最後に、我々は全ての3つ組オブジェクトから推定された対応地点の候補の重み付き平均によって対応座標を特定する。このとき、重みとして上記で算出される相対的位置関係の類似度を用いる。このことにより、不正確なデフォルメや誤った抽出による影響を低減することが可能である。

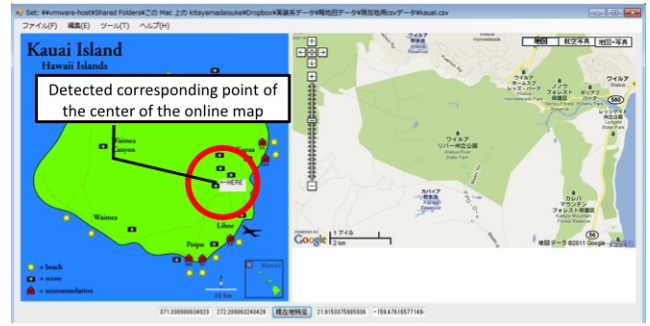


図5 プロトタイプシステムの画面

5. 評価

5.1 プロトタイプシステム

我々は略地図認識の精度と対応座標特定の精度を評価するためにプロトタイプシステムを構築した。実装は Visual Studio 2010 の C# を用いて行った。システムのインターフェースを図5に示す。このプロトタイプシステムはデフォルメ分析に基づいて略地図上の現在地を示すものである。実際の利用においては GPS で現在の緯度経度座標を取得するが、このプロトタイプシステムではその代わりに右に表示しているオンライン地図 (Google Map) によってユーザの現在地を指定する。略地図画像は任意の Web ページから取得して来たものを利用する。左に表示されるのが対象となる略地図画像である。ユーザが右のオンライン地図で現在地を指定する度に、システムが左の略地図画像に対応する座標を表示する。

我々は略地図画像からの地名抽出に OCR ライブラリ^(注2)を用いた。地名辞書としては、Yahoo! Local^(注3) や Geonames^(注4) を用いている。地名辞書には道路や川などの線状のオブジェクトを含んでいないため、略地図に書かれた道路名等は地名として認識をしていない。OCR ライブラリに入力する前処理として、読み取り精度を向上させるために画像の拡大処理のみを行っている。

5.2 略地図の認識精度

我々は略地図の認識精度に関して評価を行った。20個の実際の Web ページで使われている略地図を用い、日本の大学への案内ページと京都府と兵庫県に関する観光案内ページから収集した (表2)。手作業で略地図に書かれている地名を抜き出し正解とし、システムが認識した結果に対して、適合率と再現率を算出し、評価した。

表2は実験結果をまとめたものである。適合率が高い結果となっており、正しく略地図から抽出した文字列と実空間のオブジェクトを対応付けられており、ノイズが少ない結果となっている。しかしながら再現率は適合率に比較して低い結果となった。OCR ライブラリによって抽出した時点で、大部分の文字列が抽出できておらず、このことが再現率を低下させる原因と

(注2) : <http://panasonic.biz/it/sol/ocr/sdk/>

(注3) : <http://local.yahoo.com/>

(注4) : <http://www.geonames.org/>

表 2 実験データと認識に関する実験結果

No.	URL	記述オブジェクト数	抽出オブジェクト数	適合率	再現率
1	http://www.kais.kyoto-u.ac.jp/japanese/access/accessmap.html	34	7	1.00	0.21
2	http://www.sal.tohoku.ac.jp/map.html	43	9	0.33	0.07
3	http://www.kyushu-u.ac.jp/access/index.php	49	13	0.85	0.22
4	http://www.med.tohoku.ac.jp/access/index.html	39	4	0.50	0.05
5	http://www.agr.kyushu-u.ac.jp/agr_08/access/	30	10	0.60	0.20
6	http://www.agri.tohoku.ac.jp/agri/ad2.html	27	4	0.75	0.11
7	http://www.hokudai.ac.jp/footer/ft_access.html	22	3	0.00	0.00
8	http://www.en.kyushu-u.ac.jp/jimu/access.php	17	6	0.67	0.24
9	http://www.sis.nagoya-u.ac.jp/access/index.html	29	6	0.50	0.10
10	http://www.hokudai.ac.jp/bureau/map/hakodate.html	15	1	1.00	0.07
11	http://www.hellokcb.or.jp/jpn/promoter/convention_facilities.html	7	4	1.00	0.57
12	http://www.sci.nagoya-u.ac.jp/access/access.html	25	2	0.50	0.04
13	http://kyoushujo.com/detail_t_06303.html	15	13	0.31	0.27
14	http://www.hellokcb.or.jp/jpn/access/index.html	3	2	0.50	0.33
15	http://www.toyo.ac.jp/himeji/access_j.html	17	17	0.71	0.71
16	http://www31.ocn.ne.jp/himejikaho/gaiyou/himejiaccess.html	10	2	0.50	0.10
17	http://www.gin-basha.jp/	11	4	1.00	0.36
18	http://www.shosya-g.co.jp/map.html	11	6	0.50	0.27
19	http://www.eonet.ne.jp/zenmaru/Tizu.htm	12	10	0.90	0.75
20	http://www.himejicastlehotel.co.jp/map2/index.html	16	2	0.00	0.00
Average				0.61	0.23

なっている。我々が行っている前処理は縦横比固定の拡大のみであり、略地図上の文字列が縦長や横長になっている場合や、文字色と背景色が似ている場合に正しく文字であると認識できない。そのため、前処理のプリセットとして、縦横比を変更した拡大や、文字色と背景色の2値化などを準備することで再現率を向上させることが可能であると考えられるが、OCRを行う回数が増えるため、処理時間とのトレードオフになる。実空間の座標との対応付けにおいては、少ないオブジェクト数でも推定が可能であり、正しくオブジェクトを認識できることが重要であることから、適合率重視の結果で問題がないと考えている。次節で述べる対応座標点の特定の実験において、正解であった認識オブジェクト数が7以上であり、適合率が0.61以上の地図では、適切に対応座標点の特定が行える場合が多い。これらのことより、略地図と実空間の対応座標点の特定のための略地図認識としては有用な精度を得ていることを確認した。

5.3 対応座標点の特定

実空間の任意の座標に対応する略地図上の座標の特定に関する評価を行った。この実験では、表2のうち奇数番号のデータに対し数名の被験者を用いて、システムが特定した対応座標点か正しいかを判定した。被験者はオンライン地図を自由に操作してその詳細を確認することができる。そして、任意の座標を決定し、システムが判定した対応座標に対して判定を行った。ある略地図に対し各10回ずつ実空間座標の指定を行った。その結果の正解率で評価する。

実験結果を表3に示す。全体の正解率は39%であったが、正解率と表2の適合率の相関は0.62という高い相関を得た。また再現率との相関は0.38であった。このことから、認識の適合率が十分に高い略地図に関しては対応座標点の特定は正しく行え(図6)、適合率が低い略地図に関しては対応座標点の特定も誤ることを確認した。また、適合率が高い場合であっても、記載

表 3 対応座標点の特定に関する実験結果

No.	正解判定数	誤判定数	正解率
1	24	16	60%
3	26	14	65%
5	14	26	35%
7	0	30	0%
9	7	13	35%
11	3	7	30%
13	0	10	0%
15	4	6	40%
17	1	9	10%
19	7	3	70%
Total	86	134	39%

されている道路の上下が誤っているなどの要因から、対応座標点か誤りであると判断された場合も存在する(図7)。提案手法では、建物など一点の座標と見なして問題がないオブジェクトしか扱っていないが、道路や川など、点と見なすことができない線状のオブジェクトの認識およびそれらを考慮した対応座標点推定方式へ拡張する必要がある、これは今後の課題とする。

6. まとめ

我々は地図のデフォルメ分析の概念を定義しその応用例を示した。そして、どのようにして略地図画像から地理オブジェクトを抽出するのかということについて述べ、実空間座標と略地図座標の対応方法について議論した。また、評価実験により、略地図画像の認識精度および対応座標点の特定精度を示した。

この分析により、略地図上でのナビゲーションシステムや、略地図にオブジェクトを追加するような編集システムが構築可能となる。これらにより、旅行先で取得した略地図画像上での現在地を確認しながらの観光や、周辺のレストラン情報を略地



図 6 地図番号 3 における正解判定の例. オンライン地図の赤い円の箇所を略地図の赤い円の箇所に正しく特定している.



図 7 地図番号 17 における誤判定の例. オンライン地図の赤い太線と略地図の赤い太線が対応する道路である. 特定した対応座標点は正しく対応していない.

図上に追加するなどのことが行えるようになる.

今後の課題としては、建物などの点状のオブジェクトのみならず道路や川などの線状のオブジェクトを扱うアルゴリズムへ拡張することで精度の向上や応用範囲の拡大を行う。そのため、オブジェクト名や道路の認識が正しく行われた条件下において、オブジェクトの位置情報のみのアルゴリズム、線状のオブジェクトを含めた時のアルゴリズムなど、個別の評価を行う。

謝 辞

本研究の一部は株式会社ミックウェアとの共同研究による。ここに記して感謝の意を表する。

文 献

- [1] Arikawa, M., Kambayashi, Y.: Dynamic name placement functions for interactive map systems. *The Australian Computer Journal* 23/4, 133-147 (1991)
- [2] Egenhofer, M.: Spatial-Query-by-Sketch. In: Burnett, M., Citrin, W. (eds.) *IEEE Symposium on Visual Languages (VL'96)*. pp. 60-67 (September 1996), boulder, CO
- [3] Egenhofer, M.: Query Processing in Spatial-Query-by-Sketch. *Journal of Visual Languages and Computing* 8 (4), 403-424 (1997)
- [4] Egenhofer, M.J.: A model for detailed binary topological relationships. *Geomatica* 47, 261-273 (1993)

- [5] Fujii, K., Nagai, S., Miyazaki, Y., Sugiyama, K.: Navigation Support in a Real City Using City Metaphors. In: *Digital Cities 2000*. pp. 338-349 (2000)
- [6] Honda, H., Yamamori, K., Kajita, K., Hasegawa, J.: A System for Automated Generation of Deformed Maps. In: *Proc. of IAPR Workshop on Machine Vision Applications (MVA 1998)*. pp. 149-153 (1998)
- [7] Inoue, T., Nakazawa, K., Yamamoto, Y., Shigeno, H., Okada, K.: Use of human geographic recognition to reduce GPS error in mobile mapmaking learning. In: *Proc. of Fifth International Conference on Networking and the International Conference on Systems (ICN / ICONS / MCL 2006)*. p. 222 (2006)
- [8] Kitahashi, T., Ohya, M., Kakusho, K., Babaguchi, N.: Media Information Processing in Documents -Generation of Manuals of Mechanical Parts Assembling. In: *4th International Conference Document Analysis and Recognition (ICDAR 1997)*. pp. 792-797 (1997)
- [9] Shimada, S., Tanizaki, M., Maruyama, K.: Ubiquitous Spatial-Information Services Using Cell Phones. *IEEE Micro* 22(6), 25-34 (2002)
- [10] Yamamori, K., Honda, H., ichi Hasegawa, J.: A method for arrangement of road network based on streetwise transformation. *Systems and Computers in Japan* 34(3), 20-32 (2003)