

空間的正確性と地理的コンテキストに基づく デフォルメ地図分析システム

北山 大輔[†] 李 龍[†] 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,leeryong,sumiya}@shse.u-hyogo.ac.jp

あらまし ある目的地への行き方を調べたり旅行の計画を立てる時に、略地図などのデフォルメ地図が頻繁に利用される。しかしながら、デフォルメ地図は過剰な編集や誤った編集によって、ユーザに誤解や誤情報を与えることがある。そのため、地図の信憑性を分析し、デフォルメを評価する手法が必要となる。デフォルメ地図の種類によって、許容される編集と許容されない編集があると考えられる。例えば、道案内をするための地図であれば、参考として書かれている周辺のオブジェクトの位置関係は誤っていても許容されるが、経路上のオブジェクトの位置関係は正確でなければならない。このように、デフォルメの評価はデフォルメ地図の種類ごとに異なると考えられる。そこで本研究では、デフォルメ地図の種類を表現する空間的コンテキストを定義し、空間的コンテキストに適応した地理的な正確性を評価する手法を提案する。さらにプロトタイプシステムを構築し、分析尺度の評価を行う。

キーワード デフォルメ地図, 情報信憑性, 地理情報システム

Deformation Analysis of Modified Maps based on Geographical Accuracy and Spatial Context

Daisuke KITAYAMA[†], Ryong LEE[†], and Kazutoshi SUMIYA[†]

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

1-1-12, Shinzaike-honcho, Himeji 670-0092, JAPAN

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

Abstract Modified maps are widely used for a variety of outdoor activity such as sightseeing guide helping people look for geographic objects with much simplified figures. However, modified maps often become trouble some due to the inaccurate information. Because most modified maps are not kept up-to-date with changing the real world, and mistakenly or exaggeratedly drawn maps where some objects on the map are intentionally enlarged or omitted. We propose a deformation analyzing method based on geographical accuracy using map informations and surrounding texts. In other word, our proposed method detects the tolerance level of deformation by objective of the modified map. We assume there are three kinds of spatial context for modifying maps such as general oriented map, path oriented map, position oriented map. We also assume that deformation analysis involves looking at a modified map's geographical accuracy of map and web page according to spatial context. In this paper, we describe deformation analysis based on geographical accuracy for modified map and how much they differ from what the spatial context of modified map.

Key words Modified Maps, information Credibility, GIS

1. はじめに

旅行の観光地や道順の情報を得るために、略地図などのデフォルメされた地図を用いることが多い。多くの店舗の Web ページにはその店舗への道案内のための地図が記載され、都道府県や観光協会のページでは、観光地図が記載されている。

Blog や個人ページなどでも、旅行の記録などにユーザが作成した地図が記載されるなど、デフォルメ地図は広く利用されている。近年では、Bing Maps^(注1)の Destination Maps 機能など、自動的に省略のデフォルメを行う地図サービスも登場して

(注1) : <http://www.bing.com/maps/>

きている。デフォルメ地図は、効果的なデフォルメによって地理情報を理解することが可能であるが、一方、過剰なデフォルメや誤ったデフォルメによって、ユーザに地理情報に関して誤解を与えることも多い。例えば、ユーザがレストランに行くために、そのレストランのデフォルメ地図を閲覧していると想定する。このデフォルメ地図に記載されている道案内のための目印となるオブジェクトが、誤った位置に記載されているならば、ユーザはそのデフォルメ地図を用いても正しくレストランへ到達することができないと考えられる。

デフォルメ地図には、ユーザがその信憑性を判断することが困難であるという問題がある。ユーザは、未知の経路および未知の領域を調べるために、デフォルメ地図から情報を取得しようとしているため、明らかな誤りであっても判断することは困難である。また、該当する領域の正確な地図をユーザに提示しても、表示されるオブジェクトが多過ぎたり、オブジェクトの強調などのデフォルメが目的に合致していないなど、地理情報を手軽に把握することは困難である。そのため、デフォルメ地図そのものを分析し、どの箇所に着目してデフォルメ地図を理解すべきなのかを分析し、提示することが必要であると考えた。個人により地図の受け取り方は異なると考えられるが、本研究では個人が受け取る信憑性の問題ではなく、空間的な矛盾がある地図に信憑性の問題があると考え、空間的な矛盾を含むオブジェクトをユーザに提示する事を目的とする。

我々はデフォルメ地図の信憑性判断支援のための正確性の分析手法を提案する。具体的には、周辺テキストから抽出したデフォルメ地図の地理的コンテキストに基づいて、空間的正確性分析尺度の適応方法を変更する。そのなかで、3つの地理的コンテキストと2つの空間的正確性分析尺度を定義する。

2章で本研究のアプローチと関連研究について述べ、3章で地理的コンテキストの定義、4章で正確性分析手法について述べる。5章において分析例を用いて提案手法を議論する。

2. 本研究のアプローチ

2.1 デフォルメ地図の定義

デフォルメ地図にはいくつかの種類があり、一般地図と主題地図という分類が地図学用語辞典 [1] にも記載されており一般的である。一般地図は、国土地理院発行の地形図、地図帳、住宅地図、市街地図など汎用的な地図であり、主題地図は、観光ガイドブックの地図や駅や街頭に設置してある道案内図など特定の主題が書かれた地図である。デフォルメの種類という観点で分類すれば、Google maps などのインターネット上の地図やカーナビの地図は、一般地図と同じ種類のデフォルメであると考えられる。また、インターネット上の店舗ページに記載されている地図は、主題地図と同じ種類のデフォルメが行われていると考えられる。さらに、主題地図であっても、観光オブジェクトを紹介する地図と、道案内をする地図ではそのデフォルメの種類が異なる。

これらの議論より我々は、デフォルメ地図を以下の3種類に分類した。このデフォルメ地図の種類を、地理的コンテキストと定義する。

一般地図 一般的な用途に用いる地図である (図 1)。もっとも代表的な例としては、Google maps や Yahoo! Maps があげられ、これらの地図には特定の利用目的は与えられていない。そのため、表示されるすべてのオブジェクトの配置・距離は正確である必要がある。

経路提示型主題地図 対象オブジェクトへの道案内をするための地図である (図 2)。もっとも代表的な例としては、レストランなどの店舗の案内図があげられる。これには、対象オブジェクトと多くのランドマークなどの経路オブジェクトが記載され、案内に用いられるオブジェクト間の距離や配置の正確性が必要とされる。

位置表示型主題地図 オブジェクトの配置関係を示すための地図である (図 3)。代表的な例としては、観光地図やグルメマップがあげられる。この地図においては、特定の種類のオブジェクトが多く記載され、それらのオブジェクトの配置や距離の正確性が必要とされる。

本手法では、これらの空間的コンテキストに応じて評価対象のオブジェクトや評価の尺度を変化させて分析する。

2.2 デフォルメ地図分析システム

地理的コンテキストに基づいて正確性の分析尺度を変更するシステムを開発する (図 4)。我々は、地理的コンテキストとして、一般地図、経路提示型主題地図、位置表示型主題地図という3つの種類が存在すると考えた。また、実空間上の配置やオブジェクト表現に対するデフォルメ地図の正確性を分析することで信憑性の判断支援をすることが可能であると考えた。実空間上の配置に対する正確性とは、デフォルメ地図上の地理オブジェクトが、実空間上での地理オブジェクトの配置関係や距離に対して正確に記載されていることを示すものである。オブジェクト表現に対する正確性とは、Web ページに書かれている目的と、デフォルメ地図が表現しているものが合致していることや、デフォルメ地図上のオブジェクトの強調や削減の適切さを表すものである。いいかえると、信憑性判断支援とは、地図自体の地図の地理的コンテキストに対する誤りの度合いを分析し、提示するものである。本論文では、OCR (Optical Character Recognition) 技術などによって、デフォルメ地図から地理オブジェクト名およびその記載位置を抽出するものとし、実空間上の配置に対する正確性を議論する。

デフォルメ地図上には、対象オブジェクト、出発オブジェクト、経路オブジェクトという3種類の地理オブジェクトが存在する。対象オブジェクトは、デフォルメ地図の目的を表すオブジェクトを表現するオブジェクトである。出発オブジェクトは、最寄り駅、ランドマークや現在地のように、対象オブジェクトに訪れるための案内の始点となるオブジェクトである。経路オブジェクトとは、交差点やランドマークなど、対象オブジェクトへ訪れる経路上に存在する経路すべきオブジェクトである。これらのオブジェクトの種類を用いて空間的コンテキストの抽出を行う。正確性分析尺度としては、配置正確性、相対距離正確性の2種類の尺度を定義する。オブジェクト表現分析尺度として、出現オブジェクト正確性、表示領域正確性、強調オブジェクト正確性など定義可能であると考えられるが今後の課



図 1 一般地図の例

Fig. 1 Example of the general oriented map

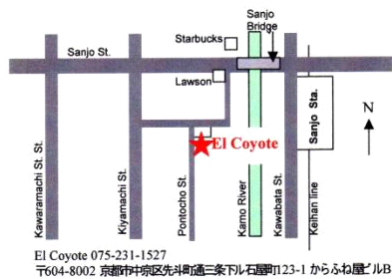


図 2 経路提示型主題地図の例

Fig. 2 Example of the path oriented map

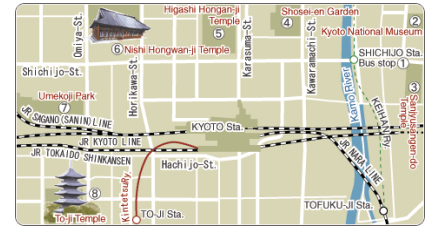


図 3 位置表示型主題地図の例

Fig. 3 Example of the position oriented map

題とする。これらのことより、Web ページの周辺テキストからの空間的コンテキスト抽出とそれに基づく正確性分析システムを開発する。

2.3 関連研究

前述した、Bing Maps の Destination Maps 機能など、デフォルメ地図の生成手法に関する研究は従来から盛んに行われている [2]~[4]。これらは、オブジェクトの選択、オブジェクトの形の変形、オブジェクトの配置の変更に分類することができる。これらの研究の目的は、ユーザの求めるデフォルメ地図を正確に生成することにある。それに対し本研究では、デフォルメ地図の自動作成ではなく、特定の目的のために作成されたデフォルメ地図を評価することに焦点を当てる。デフォルメ地図の信憑性分析を行うことで、信憑性ランキングに基づくデフォルメ地図検索エンジンや、より信憑性のあるデフォルメ地図への変換、信憑性のある地図製作の支援など、様々なシステムへ応用することが可能である。

デフォルメ地図と正確な地図の対応付けに関しては、スケッチの地図をクエリとし地図上で該当する箇所を検索する Spatial-query-by-sketch [5] [6] が有名である。これは、Egenhofer ら [7] によって定義された包含や重複などの地理的な位相関係を用いて、手書きのスケッチ地図における位相関係をクエリとし、それらを満たす地図の該当領域を検索結果とするものである。この手法は、線によるグラフ構造と位相関係により地図を対応付けするものであるが、それに対し提案手法は地理オブジェクトという点の集合とそれらの位置関係を用いて地図の対応付けを行い、正確性の分析を行うものである。提案手法では、道路ネットワークなどグラフ情報を用いないため、グラフ構造を用いた対応付け、正確性分析は相補的に用いる事が可能であると考えられる。

様々な種類の信憑性分析技術について研究が行われ始めている。Kessler ら [8] は次世代の地名辞典について紹介している。彼らは地理情報に対する貢献と検索を行うシステムを提案している。このシステムでは、ボランティアベースの情報収集を行っており、その中で情報の信頼性をユーザの貢献モデルを用いて解決をはかっている。デジタル地図においては、ユーザの貢献モデルに相当するものはないと考えられる。Kawai ら [9] はニュースサイトの信憑性のためにセンチメントマップという

可視化手法を提案している。この手法では、ニュース記ことに関するセンチメント情報を分析し、分析結果をデジタル地図上に表示する。彼らはニュースサイトに置けるセンチメントの偏りを示すことで信憑性分析の支援をすることを目的としている。ここではデジタル地図は、センチメントを表示することにしか用いられていない。これらの信憑性分析手法は、コンテンツそのものを分析するものではない。我々は、地理オブジェクトのに対するデフォルメをコンテンツベースで分析することで信憑性判断の支援を行う。

3. デフォルメ地図の地理的コンテキスト

3.1 周辺テキストを用いた地理オブジェクトの種類の判定

この章では、空間的コンテキストの判定に用いる、地理オブジェクトの種類について説明する。我々は、対象オブジェクト、出発オブジェクト、経由オブジェクトの 3 種類のオブジェクトを定義する。対象オブジェクトとは、デフォルメ地図の目的を表すオブジェクトである。すべてのデフォルメ地図は、対象オブジェクトに注目して作成されてると考えた。そのため、対象オブジェクトはすべてのデフォルメ地図に 1 つ以上含まれる。出発オブジェクトは、最寄り駅、目印の地点、現在地など、対象オブジェクトに到達するための始点となるオブジェクトである。経由オブジェクトは交差点やランドマークのように、目的地へ至る経路上で経由するオブジェクトである。

各オブジェクトは従来手法 [10] を用いて判定する。概要を以下に述べる。対象オブジェクト (D) は Web ページのタイトルに含まれる地理オブジェクトと本文に含まれる地理オブジェクトの地理的な包含関係を用いて判定する。タイトルオブジェクトと本文オブジェクトに包含関係がある場合は、包含される本文オブジェクトが対象オブジェクトであり、包含関係がない場合はタイトルオブジェクトが対象オブジェクトである。また、タイトルに地理オブジェクトが出現しない場合は、本文中の HTML 構造でリストや表で列挙されているオブジェクトを対象オブジェクトとする。出発オブジェクト (O) は、「から」や「より」などの出発地点を表すキーワードとともに出現するオブジェクトである。経由オブジェクト (T) は「で曲がる」「を経由する」などの助詞と動詞の組み合わせを伴うオブジェクトである。なお、Web ページからの地理オブジェクトの抽出および

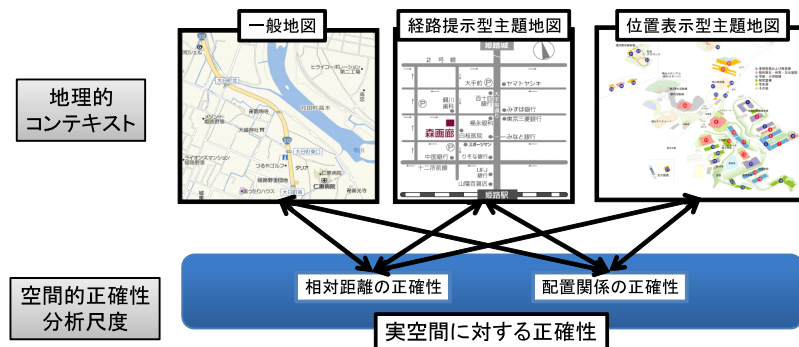


図 4 デフォルメ分析の概念図
Fig. 4 Concept image of deformation analysis

表 1 空間的コンテキストの判定
Table 1 Determining spatial context

	# of D	# of O	# of T
一般地図	0	ignore	ignore
経路提示型主題地図	1	≥ 1	≥ 1
位置表示型主題地図	≥ 1	≤ 1	0

地理オブジェクトの領域の抽出には地名辞書を用いている。この地名辞書には、地理オブジェクト名、緯度、経度、オブジェクトが持つ領域の情報が記載されている。

3.2 地理オブジェクトの種類を用いた地理的コンテキストの判定

我々は、空間的コンテキストは地理オブジェクトの記述の傾向に現れると考えた。例えば、作成者が実際の経路を思い浮かべながら地図を製作したとする。経路を案内するために経由オブジェクトが非常に有効であるため、その地図には多くの経由オブジェクトが記載されることになると考えられる。そこで、空間的コンテキストを地理オブジェクトの種類ごとの個数を用いて判定する。

表 1 に判定ルールを示す。一般地図は、対象オブジェクトを持たない。これは、汎用的な地図であるため、特定のオブジェクトを対象としていないためである。経路提示型主題地図は、1 個の対象オブジェクトと複数の出発オブジェクト、経由オブジェクトが存在する場合に判定する。位置表示型主題地図では複数の対象オブジェクトと 1 個以下の出発オブジェクトが存在する場合に判定する。この地図には、オブジェクトの配置を説明するために経由オブジェクトは不必要であるため含まれない。

4. デフォルメ地図のための正確性分析尺度

4.1 デフォルメ分析対象オブジェクトの決定

デフォルメ地図においては、正確さを損なうデフォルメであっても、地図の用途によっては許容されることが考えられる。例えば、経路を示すための地図に、経路から遠く離れた所にあるランドマークを位置関係を示すために記載することがあるが、そのオブジェクトの距離や配置は正確さを損なうデフォルメであっても問題が無いと考えられる。しかし、経路上の目印を表

すオブジェクトのデフォルメは正確さを保つ範囲でなければならない。

デフォルメ地図の分析においては、地図の種類毎に、過剰なデフォルメが許容されないオブジェクトを決定することが必要となる。デフォルメ地図上のオブジェクトをクラスタリングし、地図の種類における目的を表現していると考えられるオブジェクトを、デフォルメが許容されないオブジェクトとして判定する。

地理オブジェクトの種類判定は、Web ページ上における周辺テキストに出現しているデフォルメ地図上のオブジェクトに関してのみ判定を行っているが、デフォルメ地図の正確性分析においては、デフォルメ地図上にしか出現しないオブジェクトであっても、分析対象に含めた方が良い場合がある。そのため、デフォルメ地図上の位置関係や類似オブジェクトのような意味関係を用いてデフォルメ地図上における分析対象のオブジェクトを決定する。

4.1.1 一般地図の分析対象オブジェクト

一般地図は一般的な用途に用いられる地図であり、正確さが求められる地図であると考えられる。そのため、過剰なデフォルメが許容されるオブジェクトはなく、表示されているオブジェクトに関して、距離、配置の正確性が要求され、表現の同等性が保たなければならない。また、表示されているオブジェクトと同等なオブジェクトは表示されなければならない。

4.1.2 経路提示型主題地図の分析対象オブジェクト

経路提示型主題地図は経路を説明するための地図であり、経路に関係する目的地や出発点、経由オブジェクトなどのオブジェクトの正確さが求められる地図である。そのため、経路に関与しないオブジェクトに関しては、過剰なデフォルメが許容される。例えば、ある経路付近に存在するという理由で略地図に記載されている有名なランドマークなどである。

4.1.3 位置表示型主題地図の分析対象オブジェクト

位置表示型主題地図はオブジェクトの配置を説明するための地図であり、表現したいオブジェクトに関しての配置や距離、表示オブジェクトの網羅性や同等性が求められる地図である。そのため、表現の目的外のオブジェクトに関しての過剰なデフォルメは許容される。例えば、観光地図における、おおよそその目印として書かれた飲食店などである。

4.2 実空間に対する空間的正確性分析

4.2.1 配置関係が不正確なオブジェクトの分析

ここでは実空間に対する正確性の分析尺度について詳細に述べる。実空間に対する正確性は、実空間を表現している地名辞書との比較によって算出する。デフォルメ地図では、デフォルメ地図にオブジェクトを配置した時点で厳密な緯度経度座標上の配置関係は失われる。そのため、相対的な距離と概略の配置という緩やかな尺度により、デフォルメを考慮した分析を用いる。

配置関係に関するデフォルメの分析について述べる。配置関係においては、3つのオブジェクトで構成される相対的な配置関係に着目して検出する。すなわち、対象となるオブジェクトが別のオブジェクトとオブジェクトを結ぶ線に対して右にあるか左にあるかということだけに着目して検出を行う(図5)。この時、地名辞書データ上での概略の配置関係とデフォルメ地図上の配置関係が異なればデフォルメが行われた結果の配置関係であると考えられる。配置関係が同じであれば、どのようにオブジェクトを表示しても配置関係に対するデフォルメは行われていないと考えられる。ただし、地名辞書データ上での3つのオブジェクトの配置関係が直線に近い場合、わずかなデフォルメで配置関係が異なると判定される場合がある。そのため、地名辞書データ上での3つ組の最大角の角度が θ 度以上であり、配置関係が異なる場合、誤差による判定誤りとして、正しい配置関係であると判定する。

配置関係のデフォルメ検出は以下の式によって行う。

$$p(o_i, o_j, o_k) = \begin{cases} 1 & (\text{different } r \text{ between } R \text{ and } M) \\ 0 & (\text{other}) \end{cases} \quad (1)$$

$$r(o_i, o_j, o_k, M) = (o_j^x - o_i^x) \times (o_k^x - o_i^x) + (o_j^y - o_i^y) \times (o_k^y - o_i^y) \quad (2)$$

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

式中の o_i, o_j, o_k は地理オブジェクトであり、関数 p は配置に関するデフォルメを検出する関数である。デフォルメを検出すると1を返し、検出できないと0を返す。関数 r は配置関係を数値で表す関数であり、オブジェクト o_i が、オブジェクト o_j からオブジェクト o_k に対してを結んだ線の右側にあれば正の値、左側にあれば負の値を返す関数である。このとき、引数の M はデフォルメ地図のオブジェクト集合であり、 R は実空間のオブジェクト集合である。 o_i^x はオブジェクト o_i のデフォルメ地図上のX座標もしくは実空間上の経度座標であり、 o_i^y はオブジェクト o_i のデフォルメ地図上のY座標もしくは軸痛感上の緯度座標である。引数として与えられた M もしくは R に応じて、XY座標もしくは緯度経度座標を用いて算出する。その結果、デフォルメ地図における配置関係と実空間における配置関係が異なる場合、配置関係に差異が存在し、3つのオブジェクトの配置関係に関してデフォルメが行われていることを検知する。

4.2.2 距離関係が不正確なオブジェクトの分析

距離関係に関するデフォルメの分析について述べる。配置関係と同様、距離関係もデフォルメ地図上においては緯度経度による絶対的な距離は失われている。そのため、距離関係の分析

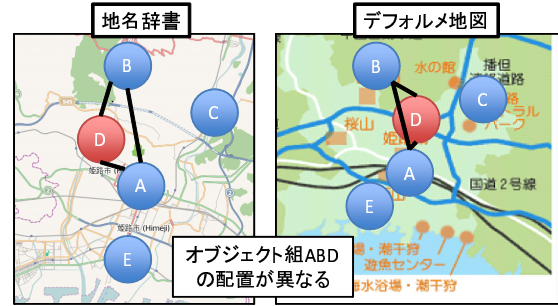


図5 配置関係が不正確なオブジェクトの検出
Fig.5 Detection of changing position

としては、3つのオブジェクトからなる距離の比率を保持しているかという分析が考えられるが、デフォルメ地図においては厳密に比率を保持する必要は無いと考えられ、必要に応じて、拡大、縮小がなされるべきである。そのため、距離関係においては、絶対的な距離ではなく、オブジェクト間の距離の長短のみを考慮する相対的な距離の分析を行う。任意のA, B, Cという3つのオブジェクトを取り出し、AとB間の距離、BとC間の距離、そしてCとA間の距離を測定し、それらを昇順に並べる。この時、3つの距離の順序が同じであれば距離に関してのデフォルメは行われていないと考えられるが、順序が異なればデフォルメが行われているものと考えられる。ただし、地名辞書データ上での距離の差がほとんどないオブジェクト組に関してはわずかなデフォルメで距離の順序が変更されてしまう場合がある。そのため、3つ組のオブジェクトにおける2辺の距離の差がより長い辺の $\alpha\%$ に満たない、かつ距離の順序が異なる場合、誤差による判定誤りとして、距離関係は正確であると判定している。

距離関係のデフォルメ検出は以下の式によって行う。

$$d(o_i, o_j, o_k) = \begin{cases} 1 & (\text{different } o \text{ between } R \text{ and } M) \\ 0 & (\text{other}) \end{cases} \quad (3)$$

$$o(o_i, o_j, o_k, M) = \{d_x | \text{dist}(d_x) < \text{dist}(d_{x+1}), d_x = \forall \{a, b\} \in \{o_i, o_j, o_k\} \in M\} \quad (4)$$

式中の o_i, o_j, o_k は地理オブジェクトであり、関数 d は距離に関するデフォルメを検出する関数である。デフォルメを検出すると1を返し、検出できないと0を返す。関数 o は3つのオブジェクトからなるオブジェクト間の距離の順位を返す関数であり、長さで昇順にしたオブジェクト組が返される。このとき、引数の M はデフォルメ地図のオブジェクト集合であり、 R は実空間のオブジェクト集合である。 d_x はオブジェクト o_i, o_j, o_k から任意の2つのオブジェクトを取り出してできるオブジェクト間の距離である。デフォルメ地図のオブジェクトであれば、デフォルメ地図のXY座標から算出し、実空間のオブジェクトであれば、実空間の緯度経度座標から算出する。すなわち、引数として与えられた M もしくは R に応じて、XY座標もしくは緯度経度座標を用いて算出する。その結果、デフォルメ地図におけるオブジェクト距離の順位と実空間におけるオブジェクト距離の順位が異なる場合、距離関係に差異が存在し、3つの

オブジェクトの距離関係に関してデフォルメが行われていることを検知する。

5. 評価

5.1 プロトタイプシステム

プロトタイプシステムは Visual Studio 2010 の C# によって構築した。図 6 に構築したプロトタイプシステムのインタフェースを示す。入力分析対象の Web ページの URL およびデフォルメ地図画像の URL でありユーザが指定する。出力はインタフェース左部に分析対象のデフォルメ地図画像、右上部に配置関係の正確性が疑わしいオブジェクト名ほど大きく表示したタグクラウド、右下部に相対距離の正確性が疑わしいオブジェクトほど大きく表示したタグクラウドを提示している。

入力された Web ページからの周辺テキストの抽出は、HTML ツリー中のデフォルメ地図画像が含まれ、かつテキスト要素が含まれる最小の部分木にタイトルを加えたものを抽出している。入力されたデフォルメ地図画像に対して地名情報を取得するために Panasonic のカラー OCR ライブラリ^(注2)を用いた。地名辞書としては、Yahoo!地図から抽出した地名データを用いている。OCR で読み出した文字列にはノイズが含まれるため、文字列の編集距離と実空間上の位置を用いて地名辞書との照合を行っている。なお、実験では、周辺テキストの抽出誤りや OCR の認識誤り、地名辞書との対応付けの誤りの影響をなくすために人手で周辺テキストの抽出、地名抽出および対応付けを行った。配置関係の誤差の閾値 θ は 120 度とし、距離関係の誤差の閾値 α は 10% とした。

提案手法では、正確性が疑わしいオブジェクト組を抽出するが、オブジェクト組を列挙したのでは視認性が著しく低下する。そのため、オブジェクト組中の出現頻度を表現したタグクラウドを提示し、多くの不正確な組に出現するオブジェクトを一目で把握可能にした。どのオブジェクトとの位置関係が疑わしいのかを知りたい場合は、オブジェクト名をクリックする事でそのオブジェクトと組になった時に不正確となる頻度の高いオブジェクトを同様にタグクラウドで提示する。この事により、デフォルメ地図中のどのオブジェクトの位置関係に注意してデフォルメ地図を利用すれば良いのかを判断することが可能になる。

5.2 空間的コンテキストの抽出

実際の Web ページを用いて空間的コンテキスト抽出に関する実験を行った。実験では、兵庫県姫路市近辺、京都府京都市近辺のデフォルメ地図を収集し、そのうち、人手で見て地図の目的を読み取ることが可能であり十分な周辺テキストが得られるという条件に合致した 34 個の Web ページを用いた^(注3)。表 2 にその一部と判定結果を示す。この実験では、オブジェクト名の抽出は人手で行った。なお、一般地図に関しては、Google maps や Yahoo! Maps そのものもしくは引用して掲載してい

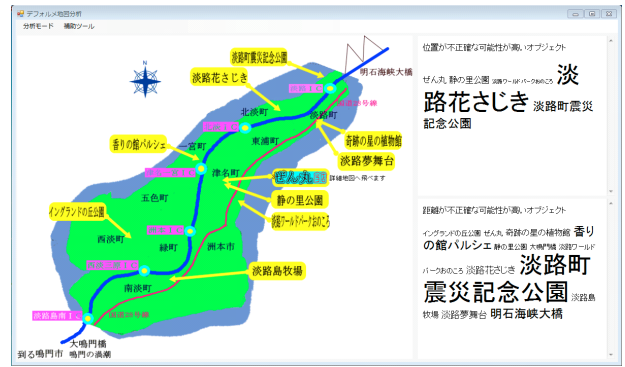


図 6 プロトタイプシステムのインタフェース
Fig. 6 Screen image of the prototype system

表 3 オブジェクトの種類判定結果
Table 3 Result of determining object's roles

	対象オブジェクト	出発オブジェクト	経由オブジェクト
適合率	0.89 (124/140)	0.98 (41/42)	0.68 (27/40)
再現率	0.93 (124/134)	0.89 (41/46)	0.79 (27/34)

るものであるため、今回の実験からは除外している。

表 3 にオブジェクト種類の判定結果を示す。各オブジェクトの種類は、3.1 章で述べた決定ルールを用いて判定した。適合率は、正しい種類と判定された種類が合致した数を判定された種類の数で除算した。再現率は、正しい種類と判定された種類が合致した数を正しい種類の数で除算した。この結果より、各オブジェクトの判定ルールは正しく機能していることを確認した。

表 4 に空間的コンテキストの判定結果を示す。再現率より約 6 割から 7 割程度のデフォルメ地図で空間的コンテキストを正しく抽出できていることを確認した。いくつかの場合で、空間的コンテキストの判定がその他になる場合があり、それらについて考察する。位置表示型主題地図では 4 つ地図がその他に判定された。これは、誤って経由オブジェクトが抽出されているためである。経由オブジェクトは、適合率、再現率共に他のオブジェクトに比べて低い結果となっている。判定ルールが地理オブジェクトと抽出キーワードの順序を持った共起で抽出しているなど、緩やかであることが原因であると考えられる。そのため、他の必要なキーワードの決定、構造的な特徴の利用など厳密な定義を行わなければならない。経路提示型主題地図では 7 つの地図がその他に判定される結果になった。地図中に矢印や案内文が描かれ、経路を説明しているものと考えられるが、周辺テキストには経由オブジェクトなど案内に必要なオブジェクトとして記述されていないためである。そのため、地図画像自体から特徴を抽出し、判定する手法が必要となるが、これは今後の課題とする。なお、対象オブジェクトや出発オブジェクトが適切に判定されなかったが、判定数のルールによって偶然に該当する地図の種類に判定された場合があった。

5.3 空間的正確性分析の評価

空間的正確性分析手法を評価するために、人手により判断した空間的な正確性が疑わしいオブジェクトを、提案手法が正し

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

(注3) : 著者が確認した範囲では、地図に対して住所のみなど少量の周辺テキストが得られない Web ページは全体の 3 割程度であり、それらに対して提案手法では、空間的コンテキストを抽出する事ができないため除外した。

表 2 実験に用いた Web ページの例

Table 2 Examples of experimental data of Web pages

番号	タイトル (URL)	空間的コンテキスト	判定結果
1	兵庫県自動車学校姫路校 姫路市 料金 — 通学免許のお申込なら教習所.com http://kyoushujou.com/detail_t_06303.html	経路提示型主題地図	その他
2	姫路のアクセス http://www31.ocn.ne.jp/himejikaho/gaiyou/himejiaccess.html	経路提示型主題地図	位置表示型主題地図
3	兵庫県 姫路カンツリー倶楽部 書写ゴルフ http://www.shosya-g.co.jp/map.html	経路提示型主題地図	その他
4	姫路店 (兵庫) の詳細地図: 金買取・プラチナ・ブランド品買い取りのイーネーション http://www.e-nation.jp/access/map12himeji.html	位置表示型主題地図	その他
5	姫路獨協大学 — 学生生活 — 姫路周辺マップ http://www.himeji-du.ac.jp/life/himeji_map/	位置表示型主題地図	位置表示型主題地図
6	姫路獨協大学 — 大学案内 — キャンパス・交通案内 — 交通アクセス http://www.himeji-du.ac.jp/access/traffic/	経路提示型主題地図	経路提示型主題地図
7	交通アクセス - 東洋大学附属姫路高等学校 - 東洋大学 http://www.toyo.ac.jp/himeji/access_j.html	経路提示型主題地図	経路提示型主題地図
8	姫路市 観光マップとみどころ http://www.city.himeji.lg.jp/guide/map.html	位置表示型主題地図	位置表示型主題地図
9	姫路キャッスルグランヴィリオホテル http://www.himejicastlehotel.co.jp/map2/index.html	位置表示型主題地図	位置表示型主題地図
10	沿線寄り道スポット — 銀の馬車道—日本初の高産産業道路— 兵庫県・生野、神河、福崎、市川、姫路 (飾磨港) http://www.gin-basha.jp/ensen/ensen.html	位置表示型主題地図	その他
11	ぜん丸への道案内のページ http://www.eonet.ne.jp/zenmaru/Tizu.htm	位置表示型主題地図	位置表示型主題地図

表 4 空間的コンテキストの判定結果

Table 4 Result of determining spatial context

		システムの判定			再現率
		経路提示型主題地図	位置表示型主題地図	その他	
被験者の 判定	経路提示型主題地図	<u>10</u>	1	7	0.56 (10/18)
	位置表示型主題地図	0	<u>9</u>	4	0.69 (9/13)
	その他	1	0	1	
適合率		0.91 (10/11)	0.90 (9/10)		

く判定可能かどうかを確認する実験を行った。正解データは、地図画像の中から抜き出した正確性が疑わしいオブジェクトの集合とした。正確性が疑わしい要因が距離であるのか配置であるのかを手で判断する事が困難であるため、特に区別していない。提案手法の出力は、正確性のないデフォルメであると判定したオブジェクト組に出現するオブジェクトを集計したものをを用いた。提案手法の出力を頻度順に並べた上位 50% のオブジェクトに対して、MAP (Mean Average Precision) と再現率で評価する。実験データとして表 2 に示した 11 個の地図画像を用いた。

実験結果を表 5 に示す。配置の正確性分析の MAP は 0.47 であり、再現率は 0.51 となった。配置が不正確なオブジェクト組に関して、4 つの地図でシステムの解が得られなかった。これは、配置が反転するほどのデフォルメが起こる事が少ない事を示しており、全ての地図で配置が不正確なオブジェクト組の方が、距離が不正確なオブジェクト組よりも少なく検出されている。しかしながら、距離のみでは検出する事ができないオブジェクト組を検出できる場合もあり、相補的に用いるべきであ

ると考えられる。距離の正確性分析の MAP は 0.57 であり、再現率は 0.61 となった。地図番号 7 では、正解のオブジェクトが 1 つのみであり、それが検出できなかったために、適合率、再現率ともに 0.0 となった。信憑性分析においては、誤っているオブジェクトを誤っている可能性があるとして提示することに加え、網羅的に不正確な箇所を指摘する必要があると考えられる。個別の地図データでは、配置整合性においては、検出できなかった地図画像以外では平均適合率、再現率が 0.7 以上であるものが多く、有効な結果を示していると考えられる。また、距離の正確性分析においては、どのような地図に対しても平均的に結果を返す事ができているが、個々の精度は高いとはいえない。そのため、オブジェクト単位では参考情報としてタグクラウドを提示し、誤っている可能性があるオブジェクト組を詳細に分析したいという要求があった場合に、デフォルメ地図とオンライン地図上にオブジェクトの位置を示したものを並べて提示し、ユーザが詳細に分析するようなサポートを行う事が有用であると考えられる。

表 5 空間的正確性分析結果

Table 5 Results of analyzing geographical accuracy

番号	配置正確性分析		距離正確性分析	
	平均適合率	再現率	平均適合率	再現率
1	0.75	0.75	1.0	0.50
2	1.0	1.0	0.53	1.0
3	0.0	0.0	0.67	0.50
4	0.75	0.67	0.25	0.67
5	0.52	0.71	0.77	0.43
6	0.0	0.0	1.0	0.33
7	0.17	1.0	0.0	0.0
8	0.0	0.0	0.50	1.0
9	0.0	0.0	0.20	1.0
10	1.0	0.80	0.70	0.60
11	1.0	0.67	0.57	0.61
平均	0.47	0.51	0.57	0.61

6. まとめ

本稿では、デフォルメ地図分析のという新たな問題を定義し、その評価手法について述べた。デフォルメ地図の空間的コンテキストとして、一般地図、経路提示型主題地図、位置表示型主題地図の3種類を定義し、その判定手法について述べた。また、地理的な正確性の分析尺度として、配置関係の正確性と相対距離の正確性を定義し、分析手法について議論した。また、評価実験により空間的コンテキスト判定の有効性と、地理的正確性分析の性質を明らかにした。

近年まで、情報の信憑性の問題は取り組まれてこなかった。しかしながら、すでに Web コンテンツは膨大な量存在し、今後とも信憑性の判断が困難な CGM コンテンツやマルチメディアコンテンツが増加すると考えられる。そのため、テキスト情報の信憑性のみならず、マルチメディア情報の信憑性の分析技術が今後は今後ますます重要になると予想される。本研究ではマルチメディア情報の信憑性分析のうち、デフォルメ地図の信憑性分析に取り組んだ。本研究で扱っている問題は、すでに存在するコンテンツから一部を切り出したり部分的に改変した時に、コンテンツの正確性が保たれているかどうかを判断する問題である。類似するマルチメディア情報の信憑性の問題としては、写真から意図的にクリッピングを行った写真や、合成により人物などを追加した写真の信憑性、映像から特定の前後の部分在意図的に取り除いた時、別の映像をつなげた時の映像の信憑性に関する分析などが考えられる。元になるコンテンツが存在する場合、編集箇所の特定は容易な問題であるが、編集されたコンテンツが元のコンテンツのコンテキストを正確に保っているかどうかを判断する事は非常に困難である。我々は地図情報に限定して、この問題に取り組み、地図の種類に応じた分析手法を提案した。

今後の課題としては、提案手法の適応範囲を調べるために、実際のデフォルメ地図コンテンツを用いた大規模な評価実験を行うことが上げられる。地図の信憑性の問題は、作成者の意図、利用者の意図、空間的な正しさなど様々な問題が複雑に絡

み合っている。本研究では、空間的な正しさのみを議論したが、今後、認知地図の分野で行われている利用者の読み取りかたなどの知見を踏まえ、作成者の意図、利用者の意図を加味した分析手法へと拡張して行く予定である。すなわち、空間的正確性以外の、地図上の強調、オブジェクトの選択など表現に関するデフォルメの分析に着手する予定である。さらに、地図が表現する主題が複数存在する場合の分析手法への展開、および他のマルチメディアコンテンツの分析手法への展開を行う必要がある。このようなデフォルメ分析の手法を応用することで、地図の評価機能を伴う作製支援システム、デフォルメ地図検索システムを構築する予定である。

7. 謝 辞

この研究の一部は、独立行政法人情報通信研究機構の高度通信・放送研究開発委託研究「電気通信サービスにおける情報信憑性検証技術に関する研究開発 課題ア Web コンテンツ分析技術」の一環および平成 22 年度特別研究員奨励費 (21.197) によるものです。ここに記して謝意を表すものとします。

文 献

- [1] 日本国際地図学会地図用語専門部会 (編): 地図学用語辞典, pp. 7, 133, 375, 技報堂出版株式会社 (1998).
- [2] Arikawa, M. and Kambayashi, Y.: Dynamic name placement functions for interactive map systems, *The Australian Computer Journal*, Vol. 23/4, pp. 133-147 (1991).
- [3] Inoue, T., Nakazawa, K., Yamamoto, Y., Shigeno, H. and Okada, K.: Use of human geographic recognition to reduce GPS error in mobile mapmaking learning, *Proc. of Fifth International Conference on Systems (ICN / ICONS / MCL 2006)*, p. 222 (2006).
- [4] Yamamori, K., Honda, H. and ichi Hasegawa, J.: A method for arrangement of road network based on streetwise transformation, *Systems and Computers in Japan*, Vol. 34(3), pp. 20-32 (2003).
- [5] Egenhofer, M.: Spatial-Query-by-Sketch, *IEEE Symposium on Visual Languages (VL'96)* (Burnett, M. and Citrin, W., eds.), pp. 60-67 (1996). Boulder, CO.
- [6] Egenhofer, M.: Query Processing in Spatial-Query-by-Sketch, *Journal of Visual Languages and Computing*, Vol. 8 (4), pp. 403-424 (1997).
- [7] Egenhofer, M. J.: A model for detailed binary topological relationships, *Geomatica*, Vol. 47, pp. 261-273 (1993).
- [8] Kessler, C., Janowicz, K. and Bishr, M.: An Agenda for the Next Generation Gazetteer: Geographic Information Contribution and Retrieval, *Proc. of 17th ACM SIGSPATIAL - International Conference on Advances in Geographic Information Systems (ACM SIGSPATIAL GIS 2009)*, pp. 91-100 (2009).
- [9] Kawai, Y., Fujita, Y., Kumamoto, T., Zhang, J. and Tanaka, K.: Using a Sentiment Map for Visualizing Credibility of News Sites on the Web, *Proc. of Second Workshop on Information Credibility on the Web (WICOW 2008)*, pp. 53-58 (2008).
- [10] Kitayama, D., Lee, R. and Sumiya, K.: Deformation Analysis based on Geographical Accuracy and Spatial Context for Modified Maps Credibility, *Proc. of the 44th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS-44)* (2011).