

地理オブジェクトの位置関係を考慮したデフォルメ地図検索エンジン

松尾 純輝[†] 北山 大輔[†] 角谷 和俊[†]

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

E-mail: [†]{nc07o163,ne07p001}@stshse.u-hyogo.ac.jp, ^{††}sumiya@shse.u-hyogo.ac.jp

あらまし 地域の情報を得るためのコンテンツの 1 つにデフォルメ地図がある．このような地図は作成者の意図に基づいてそれぞれの地域に特化しており，ユーザが興味を示す地域と合致する際には非常に有用である．そこで，地域情報取得のための，地理オブジェクトの位置関係を考慮したデフォルメ地図検索エンジンを提案する．

キーワード デフォルメ地図，検索エンジン，地理情報検索

Modified Map Retrieving System using Positional Relations of Geographical Objects

Junki MATSUO[†], Daisuke KITAYAMA[†], and Kazutoshi SUMIYA[†]

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

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

E-mail: [†]{nc07o163,ne07p001}@stshse.u-hyogo.ac.jp, ^{††}sumiya@shse.u-hyogo.ac.jp

Abstract There are modified maps as one of contents for getting regional information. Since these maps specialize in each region based on editor's intention, it's very effective to use modified maps corresponding to user's intention. In this paper, we propose developing modified map retrieving system using positional relation of geographic objects for getting necessary regional information.

Key words Modified Map, Search Engine, Geographic Information Retrieval

1. はじめに

地域の情報を取得する際に，地図を用いることは非常に有用である．その中でも，Web 上で利用可能な地図コンテンツとして，案内地図や観光地図といったデフォルメ地図がある．これらの地図は「姫路」や「観光」など，対象となる地域や目的に特化しており，ユーザの意図と合致する場合には，効率的に情報を得ることができる．Web ページで地域の情報を閲覧している時に，デフォルメ地図が必要だと感じる場合がある．このとき，ユーザが要求するデフォルメ地図を検索して得ることができれば好ましい．しかし，実際には通常の Web 検索で地名や目的を入力しても，地図のないページが提示されたり，想定する地域と違っていたりと，ユーザの要求通りにデフォルメ地図を得ることは難しい．そこで，ユーザに対して有用性の高いデフォルメ地図を提供するために，我々はデフォルメ地図検索エンジンを提案する．本稿では，複数の地名と任意の一般語が入力された場合におけるランキングについて述べる．

以下に本稿の構成を示す．まず 2 節で本研究のアプローチを述べる．3 節で位置関係を考慮したデフォルメ地図ランキング手法について説明する．4 節で利用目的を考慮したデフォルメ

地図ランキング手法について説明する．5 節で評価について述べる．6 節で関連研究について述べる．最後に，7 節でまとめを述べる．

2. 本研究のアプローチ

2.1 デフォルメ地図検索エンジン

地名やその他のキーワードを入力することによって，それに応じたデフォルメ地図を出力するシステムを，デフォルメ地図検索エンジンと定義する．例として { 姫路 } と入力した際には姫路の周辺地域を対象とするデフォルメ地図を出力し { 観光 } と入力した際には観光マップが出力される．また { 姫路，神戸 } のように，複数の地名を入力するケースや { 姫路，観光 } のように，地名とその他のキーワードを組み合わせる入力するケースもあると考えられる．領域や目的の似ているデフォルメ地図は，Web 上に多数存在するため，これらとユーザの要求の合致に関するランキングの尺度を作ることが課題となる．図 1 にデフォルメ地図検索エンジンの概念図を示す．

デフォルメ地図検索エンジンの特徴は以下の 2 点である．

- 入力から，地理的な範囲や利用の目的に成り得る語を抽出し，ユーザが要求するデフォルメ地図のモデルを作成する．

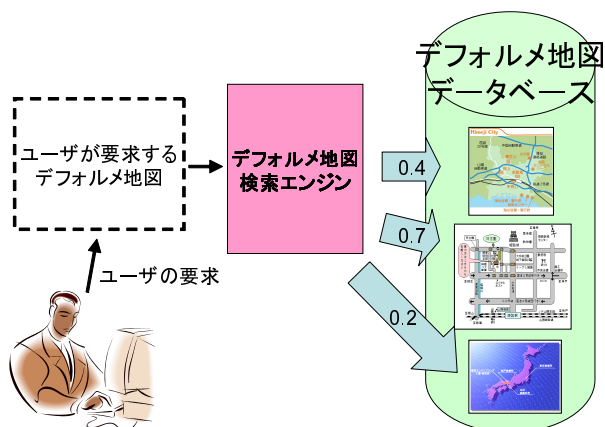


図 1 デフォルメ地図検索エンジンの概念図

・ 領域、地理オブジェクト、あるいは目的に対する合致などの尺度を用いてデフォルメ地図のランキングを行う。

データベース内のデフォルメ地図には、地図内に書かれている地理オブジェクト名やその位置などの情報が、インデックスとして付与されている。

2.2 ユーザの要求に基づくデフォルメ地図検索

ユーザの多様な検索の要求を満たすために、本稿では以下の2点に基づいて、ランキングの尺度を定義する。これら以外にもランキングの尺度は存在するが、要求の大部分は提案手法の内で分類することが可能である。なお、ユーザの入力は複数の地名と、特定の一般語に限定する。

- ・ 位置関係を考慮したランキング
- ・ 利用目的を考慮したランキング

位置関係を考慮したランキングでは、主に領域の被覆度を用いたデフォルメ地図の検索を行う。手法としては、以下の手順により行う。

(1) ユーザが入力した複数の地名に基づいて要求されている地理的な領域を推定する。

(2) 推定された領域の現実空間における位置と面積を測定する。

(3) 領域の被覆率に基づいてデータベース内のデフォルメ地図をランキングする。

また、通常の地図と異なり、デフォルメ地図においては、それぞれでデフォルメの度合いが異なっている。つまり特定部位の強調や省略によって、デフォルメ地図におけるオブジェクトの位置と実世界における位置との間に違いが生じる。本研究ではこのようなデフォルメ度合いの違いも尺度として扱い、位置関係を考慮したランキングを行う。

利用目的を考慮したランキングでは、関連オブジェクトの網羅度を用いたデフォルメ地図の検索を行う。手法としては、以下の手順により行う。

(1) ユーザが入力した一般語に基づいて目的に関連するオブジェクトの候補を抽出する。

(2) 抽出したオブジェクトの中から入力語に関して特徴的なものを抜き出しこれを関連オブジェクトとする。

(3) 関連オブジェクトの網羅度に基づいてデータベース内のデフォルメ地図をランキングする。

最終的なデフォルメ地図検索エンジンの出力として、すべての尺度から得た結果を合算してランキングを行う。なお、本稿では前提として、クロール済みデフォルメ地図が格納され、かつインデクシングされたデータベースがあるものとし、Webからのデフォルメ地図のクロールに関しては扱わない。

3. 位置関係を考慮したランキング手法

3.1 要求領域の推定

ユーザによって入力された複数の地名に基づいて、要求される領域の位置と面積を推定する。対象となる領域は、ユーザが入力した全ての地名を包含する地域であると考えられ、我々はこの領域を測定するために、MBR(Minimum Bounding Rectangle)を用いる[1][2]。MBRは、入力された全地名を含む最小の矩形であり、本手法ではこれをユーザの要求領域とする。なお、位置や面積とは、現実空間における位置や面積のことであり、ジオコーディングの手法を用いて、地理オブジェクト名を座標情報に変換することで取得する。図2に要求領域推定の例を示す。



図 2 要求領域推定の例

図2において、ユーザは{姫路, 神戸, 明石}という3つの地名を入力している。これらを現実空間の座標情報に変換して、MBRを描画する。破線部が入力語のMBRであり、これを要求領域と推定する。

3.2 デフォルメ地図の表示領域推定

記載されている複数の地名に基づいて、デフォルメ地図が表示している位置と面積を推定する。単純な手法としては、出現する全オブジェクト名を用いたMBRによって、表示領域を推定することが可能である。しかしながら、明示的にオブジェクト名が記載されていなくても、必要な領域として表示されている部分が存在する。オブジェクト名によるMBRだけでは、この領域を推定することはできない。そこで我々はこの領域を測定するために、EBR(Estimated Bounding Rectangle)を用いる[3]。EBRは、地図内の全地名を含むMBRに基づいて、地

図画像全体との比率によって推定される矩形であり、MBR を拡張した領域である．本手法では、これをデフォルメ地図の表示領域とする．図 3 にデフォルメ地図の表示領域推定の例を示す．

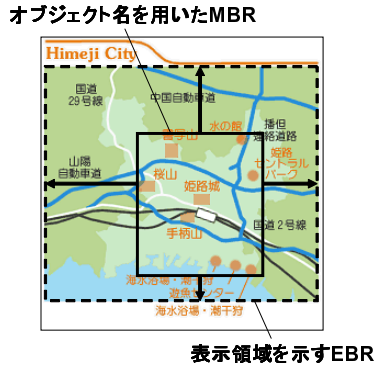


図 3 表示領域推定の例

図 3 において、実線の四角形は全オブジェクトの座標を用いた MBR を示す．しかしこの地図は山陽自動車道や国道 2 号線のようなテキストや、その他の範囲を含んでおり、この地図が示す正確な領域は、破線で囲んだ部分であると考えられる．手法としては、MBR を構成するオブジェクトの座標を用いて、地図画像全体との比によって、EBR が取り得る範囲を推定する．

3.3 領域の被覆度に基づくランキング

要求領域と位置や面積が類似するデフォルメ地図を抽出する．まず、デフォルメ地図のデータベースに含まれる全てのデフォルメ地図について、先に述べた手法で位置と面積を決定し、インデクスとして付与しておく．以下の式を用いて要求領域の被覆度を求める．

$$Coverage = \frac{MBR(Q) \cap EBR(M, m)}{MBR(Q) \cdot EBR(M, m)} \quad (1)$$

式中の MBR は領域を返す関数である．Q はユーザが入力した地名の集合であり、MBR(Q) で要求領域を示す．EBR は MBR から推定される拡張領域を返す関数である．M は特定のデフォルメ地図における地名の集合であり、EBR(M, m) は、MBR(M) の x 軸と y 軸を経緯として計算し、デフォルメ地図全体との比率を用いて実際の面積に変換することで、デフォルメ地図 m の領域を示す．2 つの領域の積と和の除算によって被覆率を求め、数値が高いものから順にランキングする．図 4 に被覆率に基づくランキングの例を示す．

図 4 において、デフォルメ地図 1, 2, 3 のそれぞれの EBR と、要求領域の被覆率を求める．デフォルメ地図 1 に含まれる地名は { 姫路, 明石, 西宮 } であり、これらを座標情報に変換して得られる MBR から、EBR を作成する．デフォルメ地図 2 とデフォルメ地図 3 についても同様に、それぞれの地名から EBR を作成する．これら 3 つの EBR と、要求領域の被覆率を、式 1 を用いて算出する．結果として地図 1 が 0.84、地図 2 が 0.16、地図 3 が 0.4 となっているため、ランキングとしては地図 1、地図 3、地図 2 の順でユーザに提示される．

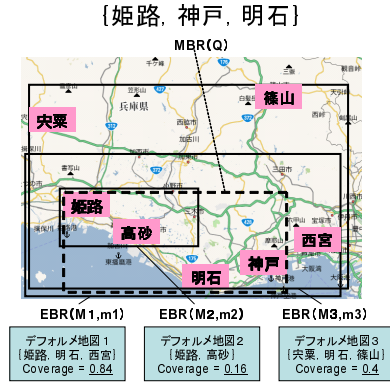


図 4 被覆度に基づくランキングの例

3.4 デフォルメ度合いの算出

オブジェクトの間の距離や出現方向の合致度に基づいて、デフォルメの度合いを算出する．我々はこれらを求める尺度として、北山ら [3] が提案する以下の 2 つの尺度を用いる．

- Consistency of relative distances

デフォルメ地図におけるオブジェクト間の距離が、実世界におけるオブジェクト間の距離と合致しているかを求める．手法としては、以下の式を用いる．

$$Dist = \frac{6 \sum dist_i^2}{n(n^2 - 1)} \times \frac{1}{2} \quad (2)$$

スピアマンの順位相関係数を用いて、0.0 から 1.0 の間でスコアを返す．先に、デフォルメ地図とオンライン地図の両方において基点となるオブジェクトを決定し、その地点から他のオブジェクトへの距離を算出し、長短による順位をつける． $dist_i$ は 2 種類の地図において共通する 2 つのオブジェクト間の距離同士の順位差を示し、 n はオブジェクトの組の数を示す．これを用いて順位同士にどれだけの相関が見られるかによって合致度を算出する．この処理を全オブジェクトを基点として行い、最終的に数値を平均する．

- Consistency of approximate positional relations

デフォルメ地図におけるオブジェクトの相対的な出現方向が、実世界における出現方向と合致しているかを求める．基点とする 2 つのオブジェクトから見て、他のオブジェクトがそれぞれ右か左のどちらに出現するかに基づいて、デフォルメ地図のオブジェクトと、オンライン地図のオブジェクトの出現方向の合致度を求める．手法としては、以下の式を用いる．

$$Pos = 1 - \frac{\sum_{o_i \in O} pos(o_i)}{|O|} \quad (3)$$

$$pos(o_i) = \sum_{o_j \in O, o_i \neq o_j} c(o_i, o_j, o_x) \quad (4)$$

$$c(o_i, o_j, o_x) = \begin{cases} 1 & \text{(the same position on online maps)} \\ 0 & \text{(different position on online maps)} \end{cases} \quad (5)$$

O は特定のデフォルメ地図に出現する地理オブジェクトの集合である． o_i, o_j, o_x はそれぞれが別の地理オブジェクトを示し、 $c(o_i, o_j, o_x)$ はオブジェクトの出現方向がオンラインマップ

の出現方向と等しいときに 1 を返す． $pos(o_i)$ は単一オブジェクトの位置的な正確さの度合いであり，最終的には全オブジェクトの正確さの度合いを平均して求める．

北山らの研究では，それぞれの尺度がデフォルメ地図の実際の地図との整合性を測るために提案されているが，本研究の目的はデフォルメ地図の検索であるため，我々はこれらをデフォルメ度合いの指標に変換して用いる．

4. 利用目的を考慮したランキング手法

4.1 関連するオブジェクトの抽出

Web ページにおけるデフォルメ地図の周辺テキストを用いて，ユーザが入力した一般語に関連する地理オブジェクトを抽出する．主たる目的として“観光”という用途を持つデフォルメ地図において，その周辺には“観光”というテキストが出現する．そしてこの地図の中に出現するオブジェクトは地図全体の目的を決定付ける要素であるため，それぞれが“観光”と何らかの関連を持つオブジェクトであると考えられる．そこで本研究において，ユーザの要求は，入力語に関連するオブジェクトが多数出現するデフォルメ地図であると考え．関連オブジェクトの決定は，それぞれの地理オブジェクトに関して，入力語との関連の強さを示すスコアを算出することによって行う．手法としては，対象の地理オブジェクトが記載されている全デフォルメ地図集合内における，入力語と共起するデフォルメ地図の割合を求める．これを関連度のスコアとし，閾値以上のオブジェクトを関連オブジェクトとして扱う．

4.2 関連オブジェクトの網羅度に基づくランキング

デフォルメ地図中に出現するオブジェクトにおける，入力語の関連オブジェクトの包含率を用いてデフォルメ地図のランキングを行う．以下の式を用いて，関連オブジェクトの包含率を求める．

$$Consistency = \frac{R(K) \cap M}{R(K) - M} \tag{6}$$

式中の R は入力語の関連オブジェクト集合を返す関数である．K はユーザが入力した一般語の集合であり，R(K) で K の関連オブジェクトの集合を示す．M は特定のデフォルメ地図中に出現するオブジェクトの集合である．2 つの集合の積と和の除算によって網羅度を求め，数値が高いものから順にランキングする．図 5 に網羅度に基づくランキングの例を示す．

図 5 では，デフォルメ地図中のオブジェクトにおける，“観

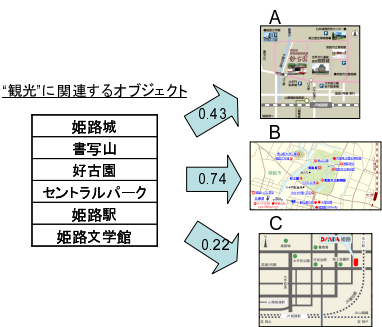


図 5 包含率に基づくランキングの例

光”の関連オブジェクトの包含率を求め，数値の大きいものから順にユーザに提示する．ここでは地図 A が 0.43，地図 B が 0.74，地図 C が 0.22 と算出され，地図 B が最もユーザの要求に合致していると考えられる．ランキングとしては地図 B，地図 A，地図 C の順でユーザに提示される．

5. 評価

5.1 プロトタイプシステム

領域の被覆度に基づくランキングの評価のために，プロトタイプシステムを構築した．図 6 にシステムの画面イメージを示す．

ユーザはキーワード入力部に複数の地名を入力する．システムはこれらが示す領域との合致度に基づいてデフォルメ地図をランキングし，ランキング表示部で降順に表示する．これらをユーザが選択することにより，地図表示部にデフォルメ地図を出力する．なお，本稿では簡略化のため，出力を画像単位ではなく，Web ページとした．

5.2 実験内容

提案手法の有効性を検証するため，評価実験を行った．手作業によって姫路周辺のデフォルメ地図を 20 枚収集し，被験者 6 人によって，以下の 3 つのケースについて有用だと思われる順に並べ替えてもらった．

- 姫路城と書写山に行きたいとき
- 姫路駅と姫路城に行きたいとき
- 姫路駅と姫路セントラルパークに行きたいとき

全員分の順位を平均して正解データを作成し，システムが提示する順位との相関を算出することによって，評価を行った．

5.3 結果と考察

各ケースにおける順位相関係数を表 1 に示す．各数値は，デフォルメ地図の表示領域を全オブジェクトの MBR とした場合



図 6 システムの画面イメージ

	MBR	EBR-A	EBR-B
姫路城 書写山	0.51	0.62	0.66
姫路駅 姫路城	0.38	0.72	0.86
姫路駅 姫路セントラルパーク	0.39	0.45	0.67

表 1 実験結果：各ケースにおける順位相関係数

(MBR), EBR とした場合 (EBR-A), 結果に基づいてアルゴリズムを変更した場合 (EBR-B) の 3 つを表す。

姫路駅 姫路域では, オブジェクト同士の経度が非常に近かったため, 縦方向に細長い MBR が形成され, うまく被覆度が算出できなかった。そのため, 表示領域を EBR に拡張することによって数値が上昇している。姫路駅 姫路セントラルパークの結果が悪かった理由は, 入力オブジェクト名が記載されているかどうかを考慮に入れず, 領域的な合致のみでランキングを行ったためであると考えられる。前処理として, 入力オブジェクト名が表示されているデフォルメ地図が上位になるようにアルゴリズムを修正した EBR-B の場合, 数値の上昇が確認できた。数値を低下させているその他の要因として, 領域同士が重なっているか否かだけで判断を行ったために, 包含関係にあるものと部分的に重なっているものの区別ができていないことが挙げられる。正解データにおいて, 要求領域が包含されているデフォルメ地図は上位にランキングされているため, 今後はこれらを優先すべく, アルゴリズムの変更を検討する。

6. 関連研究

デフォルメ地図を扱う研究には, 北山ら, 中澤ら, 山本らの研究が挙げられる。北山ら [3] は製作者の意図に基づく, デフォルメ地図の信憑性分析手法を提案している。この研究では, 既存のデフォルメ地図が実際の地図とどれだけ合致しているかを分析する。我々の研究では, 実際の地図からどれだけデフォルメされているかという観点を主とするため, 分析を行う際の目的が異なる。中澤ら [4] はランドマークの視認性を定量化するためのモデルを用いた, 案内地図の作成手法を提案している。山本ら [5] はデフォルメ地図生成のために, 道路全体を反復並列的に変形させる手法を提案している。これらの研究は, 新しくデフォルメ地図を生成することを目的に行われたものであり, 既存のデフォルメ地図を検索することを目的とする我々の研究とは異なる。

空間を用いた地域情報検索を扱う研究には, Lee らの研究が挙げられる。Lee ら [6] はウェブページを地図上の MBR として管理することで, 自由な領域質問を行い, その領域に含まれるウェブページを検索する手法を提案している。この研究はウェブページの検索を目的として行われたものである。我々の研究では, デフォルメ地図の検索を行うため, 扱う対象が異なる。さらにデフォルメ地図には, オブジェクト名や座標といった情報が内部に存在するため, 地図の目的や意味を抽出するアプローチも可能であると考えられる。

7. おわりに

入力キーワードに応じてデフォルメ地図を出力する, デフォルメ地図検索エンジンを提案した。その中で, ランキング手法として, 位置関係に基づく 3 つのランキング尺度と, 利用目的に基づくランキング尺度を提案した。本稿ではランキングの統合を数値の合計により実現したが, それぞれの尺度は独立事象であり, 本来であればより緻密なランキングの統合が必要である。例えば, 姫路で観光をしたいユーザに対しては, たとえ姫

路を扱っているデフォルメ地図でも, 観光に関するオブジェクトが全く出現しない地図では役に立たない。このようなユーザが持つ複数の要求を満たすためのランキング統合が, 今後の課題である。

謝 辞

本研究の一部は, 平成 21 年度科研費基盤研究 (B)(2) 「ユーザの潜在的意図を用いたレス・コンシャス情報検索基盤の構築」(課題番号: 20300039) および平成 21 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] C. Matsumoto, Q. Ma, and K. Tanaka. Web Information Retrieval Based on the Locallness Degree. In Proc. of the 13th int'l Conf. on Database and Expert System Applications 2002(DEXA'02), pages 172-181, 2002.
- [2] N. Yamada, R. Lee, H. Takakura, and Y. Kambayashi, "Classification of Web Pages with Geographic Scope and Level of Details for Mobile Cache Management," The 2nd Int. Workshop on Web Geographical Information Systems, IEEE CS Press, Singapore, Dec. 2002.
- [3] 北山大輔, 李龍, 角谷和俊. デフォルメ地図のための作成意図抽出に基づく信憑性分析. 電子情報通信学会 第 2 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (DEIM2010), 2010
- [4] 中澤啓介, 北望, 高木健士, 井上智雄, 重野寛, 岡田謙一. ランドマークの視認性に基づいた動的な案内地図作成. 情報処理学会論文誌, 第 49 巻, pp. 233-241. Information Processing Society of Japan (IPSJ), 2008.
- [5] 山本輝俊, 梶田健史, 山守一徳, 長谷川純一. デフォルメ地図自動生成のための並列型道路変形手法の提案とその実験的評価. 情報処理学会研究報告, 第 97 巻, pp. 25-32. Information Processing Society of Japan (IPSJ), 1997.
- [6] R. Lee, H. Shiina, T. Tezuka, Y. Yokota, H. Takakura, Y. J. Kwon, and Y. Kambayashi, "Map-Based Range Query Processing for Geographic Web Search Systems," Digital Cities III: Information Technologies for Social Capital: Cross-cultural Perspectives, Lecture Notes in Computer Science 3081, pp. 274-283, Springer-Verlag, April 2005.