

地理的特徴と画像特徴を用いたユーザ要求の推定に基づく デフォルメ地図検索エンジン

松尾 純輝[†] 北山 大輔[†] 李 龍[†] 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@stshse.u-hyogo.ac.jp, ††{dkitayama,leeryong,sumiya}@shse.u-hyogo.ac.jp

あらまし 地図コンテンツの普及に伴い、Web 上には観光ガイドマップやアクセスマップなどの多様なデフォルメ地図が存在する。デフォルメ地図では目的や用途に応じて、作成者の意図に基づく部分的な強調や省略がなされているため、デフォルメの観点とユーザの要求が合致する場合には非常に有用である。そこで本研究では、地図のデフォルメにおける作成者の観点抽出とユーザ要求の推定により、適切なデフォルメ地図を検索するシステムを提案する。本稿では、ユーザの要求を位置確認と経路確認の二つに分類し、それぞれについてデフォルメ地図のランキングに有効な地理的特徴と画像特徴の抽出を行う。また、抽出した特徴を用いてデフォルメ地図を検索する手法を提案する。本手法では、ユーザが自身の要求に合致する地図を選択し、システムは地図の選択傾向に基づき、ユーザの要求を推定する。要求に対して有効な特徴は異なるため、推定した要求に対して適切な特徴をフィードバックすることにより検索クエリを生成し、デフォルメ地図のランキングを行う。ランキングされた地図に対してユーザが再度選択を行い、システムがリランキングを行うことにより、要求に合致するデフォルメ地図を対話的に検索することが可能である。キーワード デフォルメ地図、検索エンジン、地理情報検索、地理的特徴、画像特徴

Modified Map Search Engine based on Estimation of User Requests using Geographical Features and Image Features

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

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

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

E-mail: †nc07o163@stshse.u-hyogo.ac.jp, ††{dkitayama,leeryong,sumiya}@shse.u-hyogo.ac.jp

1. はじめに

Web 上では多くのデジタル地図が地域情報取得のために利用可能である。デジタル地図では目的や用途に応じて、作成者の意図に基づく部分的なデフォルメがなされている観光ガイドマップやアクセスマップのようなデフォルメ地図が存在する。例えば観光ガイドマップでは、観光地における位置関係を把握するという用途に基づき、必要な情報である観光スポットが強調され、他の場所の情報は省略されている。特に既存のデフォルメ地図において、基本的に作成者は対象の地域に詳しいと考えられるため、ユーザが知ることが難しい地理情報も記載されている。例えばアクセスマップを作成する際に、目につきやすい建物を記載することにより、ユーザの移動を支援することが可能である。このように、特定の目的や用途に特化するように実空間の情報がデフォルメされているため、デフォルメの観点と

ユーザの要求が合致する場合には非常に有用である。また、地図から情報を取得する能力には個人差があることが従来の研究で示されており、小林らは、地図の読解能力の個人差を実験により示している [1]。しかし、我々は情報取得の容易さはユーザの読解能力だけでなく、使用する地図自体にも起因すると考える。例えば、ある地点への移動を行う際の情報に特化しているアクセスマップを用いることにより、地図の読解が苦手なユーザでも、適切な経路を容易に把握することが可能である。このように、要求に合致するデフォルメ地図を用いることで、地域情報の読解を支援することも可能であると考えられる。しかしながら、ユーザは地図に対して多様な要求を持つ。例えば、ある場所に行きたいという目的に基づく要求や、見やすい地図が欲しいという認知に基づく要求が考えられる。本研究ではこのような要求に対して、ユーザに適切な地理情報を提供するために、地図のデフォルメにおける観点の抽出とユーザ要求の推定

により、適切なデフォルメ地図を検索するシステムを提案する。

本稿では、実験によりデフォルメ地図のランキングに有効な特徴の抽出を行い、抽出した特徴を用いた検索システムを提案する。デフォルメ地図は地図としての特徴や画像としての特徴など様々な特徴を持つため、これらの中からユーザの要求において特に重要視される特徴の選択を行う。特徴の選択には SVM (Support Vector Machine) を用いる [2]。SVM は多次元空間に配置された正例と負例を超平面により分類し、学習モデルを構築する手法である。デフォルメ地図が持つ様々な特徴を用いて 2 クラスを分類するための識別モデルを構築し、未知のデータをより正確に分類することが可能な特徴を抽出する。また、抽出した特徴を用いて、デフォルメ地図を検索する手法を提案する。本手法ではユーザが自身の要求に合致する地図を選択し、システムは地図の選択傾向に基づき、ユーザの要求を推定する。要求に対して有効な特徴は異なるため、推定した要求に対して適切な特徴をフィードバックすることにより検索クエリを生成し、デフォルメ地図のランキングを行う。ランキングされた地図に対してユーザが再度選択を行い、システムがリランキングを行うことにより、要求に合致するデフォルメ地図を対話的に検索することが可能である。

以下に本稿の構成を示す。第 2 章ではデフォルメ地図を検索するための基本的な概念と、想定するインターフェースについて説明する。第 3 章では検索に有効な特徴の抽出を行うための実験の内容と実験結果の考察を述べる。第 4 章ではユーザの要求推定に基づくデフォルメ地図の検索手法について説明する。第 5 章では提案手法における検索精度の評価を行う。第 6 章ではデフォルメ地図やユーザの要求推定を扱う関連研究について述べる。最後に第 7 章でまとめと今後の課題を述べる。

2. デフォルメ地図検索エンジン

デフォルメ地図は、実世界の情報をありのままに描写するのではなく、様々な観点で部分的な強調、省略、変形というようなデフォルメを施すことにより、地域の情報を表現している。このような地図は、デフォルメの観点とユーザの要求が合致する際に有用である。既存のデフォルメ地図は作成者の意図に基づき、特定の用途や目的に特化するように作成されているため、ユーザは要求に合致するデフォルメ地図を用いることにより適切な地理情報を取得可能である。しかし、従来の手法を用いて適切なデフォルメ地図を取得することは困難である。デフォルメ地図を閲覧したいと考えたとき、多くのユーザは自身の要求に関連する Web ページ内を探す、必ずしも要求に合致する地図が利用できるとは限らない。また、画像検索エンジンを用いることにより、デフォルメ地図を得るという方法がある。しかしながら、画像検索では画像の周辺テキストや画像タイトルなどのテキスト情報を対象とする検索が一般的であるため、デフォルメ地図に記載された要素を考慮することはできない。また、詳細な要求をキーワードとして入力することは困難であるため、ユーザにとって有用でない地図が検索結果に含まれる。例えばユーザが清水寺周辺の地理オブジェクトが強調されている京都全域の地図を要求するとき、これを検索キーワードとし



図 1 デフォルメ地図検索エンジンのインターフェース

て表現することは難しい。結果として曖昧なキーワードを入力することにより多くの検索結果が表示され、一つ一つ確認しながら適切な地図を探す必要がある。このように、要求に対して適切なデフォルメ地図を取得することは困難である。そこで本研究では、デフォルメ地図の特徴とユーザの要求を考慮したデフォルメ地図検索エンジンの開発を提案する。

デフォルメ地図検索エンジンでは、ユーザの要求に正確に合致する地図のランキング提示が不可欠である。例えば、あるユーザは目的地への経路を確認しようとして、アクセスマップを要求する。このような要求は、ユーザの目的に基づいている。また他のユーザは読みやすい地図を要求するかもしれない。このような要求は、地図の視認性やユーザ自身の認知能力に基づいている。ユーザは幅広くかつ複数の要求を持つことが想定されるため、詳しい要求を検索クエリとして入力することは困難である。そこで我々が想定するシステムでは、提示された地図の中からユーザ自身の要求に合う地図を選択させることにより、適合性フィードバックの手法を用いて検索を行う。これにより、ユーザは幅広くかつ複数の要求を容易に入力することが可能である。また、ユーザが地図選択を行う度に検索クエリは改善されていくため、システムによるリランキングを繰り返すことにより、適切なデフォルメ地図を対話的に検索可能である。このとき、ユーザの要求は大きく位置確認と経路確認の二つに分類できると考える。これらの要求に対して、検索の際に有効な特徴はそれぞれ異なると推測できる。例えば、経路確認のためには駅やバス停などの交通機関を示すオブジェクトが重要視され、これを特徴として検索することが有効であると推定できるが、位置確認において同程度の重要度を持つかは不明確である。そこで、学習済みの SVM 識別平面を用いることにより、選択された地図から位置確認か経路確認のどちらが要求されているかを推定する。推定された要求に対して有効な特徴を重視してフィードバックを行うことにより、適切なデフォルメ地図の提示が可能であると考えられる。

図 1 に想定するデフォルメ地図検索エンジンのインターフェースを示す。インターフェースは地名入力部、ランキング表示・地

表 1 地理的特徴 (29 次元)

地理的特徴 (次元数)		説明
表示領域	実空間の座標 (4)	表示オブジェクトの実空間座標に基づく東西南北の端の座標
	MBR の面積 (1)	実空間における全オブジェクトを含む最小矩形領域
	縮尺 (1)	MBR と画像サイズとの面積比
オブジェクト	全オブジェクト (1)	表示される全オブジェクトの数
	ランドマーク (2)	表示されるランドマークオブジェクトの数と割合
	バス (2)	表示されるバスオブジェクトの数と割合
	エッジ (2)	表示されるエッジオブジェクトの数と割合
	ディストリクト (2)	表示されるディストリクトオブジェクトの数と割合
	ノード (2)	表示されるノードオブジェクトの数と割合
分布	実空間の分散 (3)	実空間における座標の分散値
	画像内の分散 (3)	画像内における座標の分散値
	特定オブジェクトの位置 (3)	画像内における特定オブジェクトの縦横の位置と中心からの距離
その他	方角 (1)	地図の上部から地図内で示される北の方角との角度
	経路案内情報 (1)	地名以外で経路を案内するテキスト
	経路案内以外の文字情報 (1)	地名と経路案内情報を除くテキスト

図選択部、地図表示部により構成する。最初にユーザは、地名入力部に { 東山 } や { 清水寺 } というような、地名またはオブジェクト名を検索クエリとして入力する。システムはユーザの要求に合致する地図の候補として、入力されたクエリを地図内に含むデフォルメ地図の一部をランキング表示部に提示する。提示されたデフォルメ地図をクリックすることにより、地図表示部において詳細を確認することが可能である。地図選択部において、ユーザは地図の候補の中から自身の要求に合致する地図を選択する。ユーザが選択した地図に基づいて、学習済みの SVM の識別平面を用いることにより、位置確認と経路確認のどちらが要求されているかを推定する。例えば、位置確認に有効な地図ばかりを選択している場合は、ユーザは位置確認を重視していると推定できるため、システムは位置確認に対して有効な特徴を重視してデフォルメ地図をランキングする。このように、システムはユーザの地図選択の傾向から要求を推定することにより、要求に適切な特徴を用いた適合性フィードバックを行い、全ての地図のランキングを行う。ランキングした地図を再び提示し、ユーザが再度選択を行うという繰り返しにより、対話的な要求の入力が可能になると考えられる。

検索エンジン作成のためには、検索対象であるコンテンツの内容を示す特徴が必要である。従来の文書検索エンジンでは単語ベクトルが用いられており、画像検索エンジンでは主に画素値が用いられている。本研究では、デフォルメ地図の検索を行うため、まずランキングに有効な特徴の抽出を行う。他のコンテンツとの相違点として、デフォルメ地図は地理的な特徴を持つ。例えば、記載されている地理オブジェクトの種類や座標を特徴として用いることが可能であると考えられる。また Web 上のデフォルメ地図は画像として存在するため、画像の特徴も持ち合わせている。本稿では地理的特徴と画像特徴のそれぞれに関して、検索の際に考慮されると考えられる特徴を挙げ、ユーザの要求に対して特に有効な特徴の抽出を行う。

3. デフォルメ地図検索に有効な特徴の抽出

3.1 地理的特徴

デフォルメ地図が持つ地理的な特徴について説明する。地理的特徴とは、地域の情報を説明する要素として、地図から得られる物理量である。例えば、地図上に記載されている地理オブジェクトの緯度や経度は、実空間においてどのような地点にオブジェクトが存在しているかを示し、地図上でどの領域が表現されているかを表す要素である。地理的特徴は地図ごとに異なり、特にデフォルメ地図は特定の地域や目的に特化しているため、それぞれが独自の特徴を持つといえる。

表 1 に本稿で用いる地理的特徴を示す。地図の表示領域に関する特徴において、ジオコーディングの手法を用いることにより、地理オブジェクト名をもとに実空間の座標を取得することが可能である。地図が表現する領域の推定には、MBR (Minimum Bounding Rectangle) を用いる [3] [4]。MBR は全地名を含む最小の矩形領域であり、実空間の座標に基づいて、地図が表現している領域の面積を求める。地図の縮尺は MBR と画像のサイズから求めることが可能である。表示オブジェクトに関する特徴において、全オブジェクトを、都市を構成する 5 つの要素に基づいて分類する [5]。これにより、全てのオブジェクトを地理的特徴として分類することが可能である。バスは人間が通る可能性のある道筋のことであり、通りの名称や電車の路線が該当する。エッジはバスを除く線状の要素であり、川の名称を割り当てている。ディストリクトは内部の各所に同質の特徴を持つ領域であり、市区町村などの名称が該当する。ノードは結節点や集合点にあたる要素であり、駅やバス停の名称を割り当てている。これら以外のオブジェクトをランドマークとして、5 つの要素それぞれの数と全オブジェクトとの割合を求める。表示オブジェクトの分布に関する特徴において、実空間における座標と画像内における座標の両方に関して、分散値を求める。それぞれ X 軸方向の分散値、Y 軸方向の分散値、2 軸の分散値の積を求める。また、特定のオブジェクトの画像内に

表 2 画像特徴 (21 次元)

画像特徴 (次元数)		説明
形状	画像サイズ (3)	縦列と横列と全体の画素数
色	R (3)	R 要素における全ピクセルの平均と特定オブジェクト周辺のピクセル平均及びその差
	G (3)	G 要素における全ピクセルの平均と特定オブジェクト周辺のピクセル平均及びその差
	B (3)	B 要素における全ピクセルの平均と特定オブジェクト周辺のピクセル平均及びその差
	色相 (3)	色相の要素における全ピクセルの平均と特定オブジェクト周辺のピクセル平均及びその差
	彩度 (3)	彩度の要素における全ピクセルの平均と特定オブジェクト周辺のピクセル平均及びその差
	明度 (3)	明度の要素における全ピクセルの平均と特定オブジェクト周辺のピクセル平均及びその差

おける座標と、地図の中心からの距離を特徴として用いる。本稿では、ユーザが検索の際に入力するオブジェクトを特定オブジェクトと呼ぶ。その他の特徴として、実空間における位置関係と画像内での位置関係を合致させることにより、画像における Y 軸と、地図内で示される北の方向との間の角度を、方角を示す特徴として用いる。さらにオブジェクト名以外で地図上に記載されている情報として、ルートを案内するテキストやオブジェクト間の距離を示すテキストの有無を、経路案内情報を示す特徴とする。店舗の宣伝やキャプションというようなテキストは、経路案内以外の文字情報として扱う。

3.2 画像特徴

デフォルメ地図が持つ画像としての特徴について説明する。画像特徴とは、情報を画像として表現する要素として、画像から得られる物理量である。例えば、色成分における明度は画像の明暗を示す要素であり、画像の色合いや大きさは地図の印象や視認性に影響するため、ユーザの地図選択にも影響を与えることと推定できる。

表 2 に本稿で用いる画像特徴を示す。地図画像の形状に関する特徴において、縦列、横列、全体の画素数を、画像サイズを示す特徴として用いる。地図画像の色に関する特徴において、基本的な色の構成要素として RGB モデルと HSV モデルのそれぞれの要素における全ピクセルの平均値を特徴として用いる。デフォルメ地図においては、ユーザが注目しているオブジェクトの強調が重要であると考えられる。例えば、あるオブジェクトと他のオブジェクトとの位置関係を確認したい場合、基点となるオブジェクトが強調されていると、容易に位置を把握することが可能である。そこで、強調度合いを示す要素として、ユーザが入力したオブジェクトの周辺の色情報を特徴として用いる。これらの色情報と全ピクセルの平均値との差も、強調の度合いを示す要素として用いる。

3.3 特徴抽出

デフォルメ地図には多数の特徴が存在するが、ユーザは必ずしも全ての特徴を考慮するわけではない。本研究では、検索においてユーザが考慮すると考えた特徴の中から、要求に対して特に有効な特徴を抽出するための実験を行う。ユーザの要求とデフォルメ地図が持つ特徴の関連性を分析するために、学習機械の一種である SVM (Support Vector Machine) を用いる。SVM の特徴空間において、学習データは N 次元の特徴ベクトルとして座標上に配置される。クラス A に属する学習データとクラス B に属する学習データを分類するための識別平面を構

成することにより、未知のデータをクラス A とクラス B のどちらかに分類することを可能にしている。本研究では SVM を用いて、ユーザの要求に対して有効なデフォルメ地図と、有効でないデフォルメ地図の 2 クラスを分類するために識別モデルを構築し、より正確に分類することが可能な特徴の抽出を行う。なお本稿では前提として、クロール済み済みのデフォルメ地図が格納され、かつインデキ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。ユーザの各要求に対して、検索の際に有効な特徴はそれぞれ異なると推測できるため、本稿ではユーザの要求を以下の二つに分類した上で特徴抽出の実験を行う。

- 位置確認

どのようなオブジェクトがどこにあるかを確認したいという要求であり、ユーザが特定の目的地を決定するための選択肢となるオブジェクトの情報が必要になると考えられる。例えば、京都で観光をしたいユーザは祇園や清水寺などの観光名所の情報を必要としている。このようなユーザには、多様なオブジェクトが列挙されており、オブジェクト間の位置関係が把握しやすい地図が有効であると推定できる。

- 経路確認

目的地へどのようにして行くかを確認したいという要求であり、ユーザが既に目的地を決めているときには、経路の情報が重要になると考えられる。例えば清水寺へ電車と徒歩で行きたいユーザは駅の位置や目的地に面した通りの情報を必要としている。このようなユーザには、交通機関の位置や目的地への経路が把握しやすい地図が有効であると推定できる。

これらの要求は排他的ではないため、両方において有効であると判定される地図も存在する。実験において被験者は、あるデフォルメ地図が二種類の要求に対して有効であるか有効でないかの分類を行う。このようにして得られた正解の分類データと、デフォルメ地図が持つ特徴の関連性に基づき、各要求を満たすために重要視される特徴の抽出を行う。

3.3.1 予備実験の手順

被験者による分類実験を行うためのデータセットとして収集した 100 枚の京都のデフォルメ地図を用いる。これらは共通して、清水寺が記載された地図である。被験者は無作為に選出された京都の地理に詳しくない六名の大学生であり、全てのデフォルメ地図に目を通した後に、以下の二つの条件に基づいてデフォルメ地図の分類を行った。

(1) 清水寺と他の観光地との位置関係がわかりやすいか

表 3 位置確認における分類精度

特徴	分類精度
1 パスの数	0.78
1 特定オブジェクトの縦位置	0.78
3 エッジの数	0.75
3 色相の平均	0.75
5 オブジェクトの数	0.73
5 ノードの割合	0.73
5 画像のサイズ	0.73
8 彩度の差	0.70
8 R の平均	0.70
8 MBR の大きさ	0.70

表 4 位置確認における特徴を累積させたときの分類精度

パスの数	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
特定オブジェクトの縦位置	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
エッジの数	-	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
色相の平均	-	-	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
オブジェクトの数	-	-	-	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ノードの割合	-	-	-	-	-	✓	✓	✓	✓	✓
画像のサイズ	-	-	-	-	-	-	✓	✓	✓	✓
彩度の差	-	-	-	-	-	-	-	✓	✓	✓
R の平均	-	-	-	-	-	-	-	-	✓	✓
MBR の大きさ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	✓
分類精度	0.78	0.85	0.90	0.90	0.93	0.93	0.93	0.95	0.93	0.93

表 5 経路確認における分類精度

特徴	分類精度
1 ノードの数	0.78
2 ノードの割合	0.73
3 ランドマークの割合	0.68
4 オブジェクト周辺の色相	0.63
4 パスの数	0.63
6 パスの割合	0.60
6 画像内の分散	0.60
8 エッジの割合	0.53
8 特定オブジェクトの縦位置	0.53
8 R の平均	0.53

表 6 経路確認における特徴を累積させたときの分類精度

ノードの数	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ノードの割合	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ランドマークの割合	-	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
特定オブジェクト周辺の色相	-	-	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
パスの数	-	-	-	-	✓	✓	✓	✓	✓	✓
パスの割合	-	-	-	-	-	✓	✓	✓	✓	✓
画像内の分散	-	-	-	-	-	-	✓	✓	✓	✓
エッジの割合	-	-	-	-	-	-	-	✓	✓	✓
特定オブジェクトの縦位置	-	-	-	-	-	-	-	-	✓	✓
R の平均	-	-	-	-	-	-	-	-	-	✓
分類精度	0.78	0.75	0.78	0.83	0.85	0.88	0.83	0.90	0.90	0.95

否か

(2) 清水寺への経路がわかりやすいか否か

(1) を位置確認 (2) を経路確認に関する分類として扱う。閾値を超える人数の被験者が有効である地図に分類した地図を、SVM を用いた分類における正事例として用いる。閾値は学習に用いることが可能な正事例の割合に基づいて決定する。それぞれの要求に関して、正事例と負事例が同数に近い割合で実験を行うため、位置確認においては三名以上、経路確認においては二名以上の被験者が有効である地図に分類した地図を正事例として用いた。また、被験者が分類した 100 枚のデフォルメ地図のうち、60 枚を学習データとし、40 枚をテストデータとして用いる。SVM の識別モデル構築には、データ解析言語 R のパッケージである e1071 を用いる。特徴抽出のため、まず単一の特徴を用いた分類精度を示し、その後最も分類精度の高い特徴から順に組み合わせで分類した場合の精度を示す。

3.3.2 予備実験の結果

実験結果より、デフォルメ地図を利用する際にユーザは地理的特徴と画像特徴の両方を考慮すると考えられる。地理的特徴においては、特に表示オブジェクトに関する特徴が経路確認と位置確認の両方で重要視されている。それぞれの要求において抽出された特徴について、以下のように考察する。

• 位置確認

表 3 に位置確認を行う際に重要視される特徴を示す。表中の分類精度は、単一の特徴を用いたときのテストデータの分類精度を表す。位置確認を目的とする要求の場合、地理的特徴と画像特徴の両方が重要視されている。実験では、パス、エッジ、ノ

ドなどの多様なオブジェクトが記載されており、全オブジェクト数が多いデフォルメ地図が優先的に選択されている。これより、多様なオブジェクトが描かれた詳細な地図がオブジェクト間の位置関係の把握に有効であると考えられる。画像特徴としては、彩度の差が分類に影響している。これは、清水寺と他の部分との彩度の差が大きいことにより清水寺の位置を容易に把握することができるからであると考えられる。色相の平均や R の平均も、地図の視認性に影響すると推定できる。

表 4 に位置確認における特徴を累積させたときの分類精度を示す。✓ は対応する行の特徴を分類に用いていることを示す。8 個の特徴を用いたとき、最大 0.95 の精度でテストデータを分類することが可能である。抽出した特徴を用いて、位置確認のために役立つと考えられる地図の大部分を推定し、提示することが可能であるといえる。

• 経路確認

表 5 に経路確認を行う際に重要視される特徴を示す。経路確認を目的とする要求の場合、分類精度が高い特徴の大部分が地理的特徴である。特に重要視される表示オブジェクトの種類が限定されている。ノードオブジェクトは、ユーザが目的地への移動を考える際に、どの交通機関を利用するかを決定するための要素として役立つと考えられる。パスオブジェクトは、ユーザが目的地へ実際に移動を行う際に、どの経路を通れば良いかを決定するための要素になると推定できる。オブジェクトの割合も重視されていることから、これらのオブジェクトが主として描かれた地図が、経路確認において有効であると推定される。

表 6 に経路確認における特徴を累積させたときの分類精度を示す。10 個の特徴を用いたとき、最大 0.95 の精度でテストデータを分類することが可能である。抽出した特徴を用いて、経路確認のために役立つと考えられる地図の大部分を推定し、提示することが可能であるといえる。

4. 要求の推定に基づくデフォルメ地図検索

デフォルメ地図検索において、幅広くかつ複数の要求を考慮することを可能にするため、適合性フィードバックの手法を用いる。本研究ではユーザが自身の要求に合致する地図を選択していくことにより、選択された地図が持つ特徴を要求に応じてフィードバックし、地図のランキングを行う。ユーザの地図選択とシステムによるリランキングを繰り返すことにより、対話的にデフォルメ地図を検索することが可能である。以下にデフォルメ地図検索の手順を示す。

- (1) ユーザによる地図選択
- (2) 地図選択傾向に基づく要求の推定
- (3) 適合性フィードバックを用いた検索クエリ生成
- (4) デフォルメ地図のランキング
- (5) 以下 (1) から (4) を繰り返す

要求によりランキングに有効な特徴は異なるため、初めにユーザの要求を推定し、フィードバックに用いる特徴の重みを算出する。算出した重みを用いて新たに検索クエリベクトルを生成し、ベクトルの類似度に基づいて全てのデフォルメ地図のランキングを行う。

4.1 地図選択傾向に基づく要求の推定

ユーザが位置確認と経路確認のどちらを重視しているかを推定する。本研究ではユーザが自身の要求に合致する地図を選択するインタフェースを想定しており、ユーザの地図選択の傾向から要求推定を行う。ユーザの要求に対してランキングに有効な特徴は異なるため、検索クエリベクトルの生成において、特徴ごとの重みを考慮する必要がある。それぞれの特徴に重みをつけるためのベクトルを w とし、算出式を以下に示す。

$$w = \{\max(w_o \times o_1, w_p \times p_1), \max(w_o \times o_2, w_p \times p_2), \dots, \max(w_o \times o_{15}, w_p \times p_{15})\} \quad (1)$$

$$obj = \{o_1, o_2, \dots, o_{15}\} \quad (2)$$

$$path = \{p_1, p_2, \dots, p_{15}\} \quad (3)$$

obj は位置確認のために有効な特徴を示す 15 次元ベクトルであり、要素 o は位置確認において有効な特徴の次元では 1 となり、有効でない特徴の次元では 0 となる。 $path$ は経路確認のために有効な特徴を示す 15 次元ベクトルであり、要素 p は経路確認において有効な特徴の次元では 1 となり、有効でない特徴の次元では 0 となる。 w_o と w_p はユーザの選択に基づいて決定する重み係数であり、 obj と $path$ のそれぞれの要素との積から、特徴ごとの重みを算出する。 \max は入力された複数の数値の中から最も高い数値を返す関数を示す。以下に、ユーザの選択に基づいて決定する重み係数の算出式を示す。

$$w_o = 1 + \left(\frac{M_o}{M_r} - \text{ave} \left(\frac{M_o}{M_r}, \frac{M_p}{M_r} \right) \right) \quad (4)$$

$$w_p = 1 + \left(\frac{M_p}{M_r} - \text{ave} \left(\frac{M_o}{M_r}, \frac{M_p}{M_r} \right) \right) \quad (5)$$

式中の w_o は位置確認の要求に有効な特徴の重み係数を示し、 w_p は経路確認の要求に有効な特徴の重み係数を示す。 M_r はユーザが選択した地図の集合を示す。 M_o はユーザが選択した地図の集合中の、位置確認のために有効な地図の集合であり、 M_p は経路確認のために有効な地図の集合である。SVM により学習済みの識別平面を用いることにより、有効な地図が否かを分類することが可能である。 ave は複数の値を入力することにより、平均値を出力する関数を示す。一方の要求のために有効な地図を選んでいる割合と、それぞれの要求のために有効な地図を選んでいる割合の平均との差を用いて、ユーザの選択に基づく特徴の重みを算出する。

4.2 適合性フィードバックを用いた検索クエリ生成

前回の地図選択において生成されたクエリベクトルと新しくクエリを修正するためのベクトルの両方を用いて、検索クエリを生成する。ただし、初回の地図選択では新しく選択された地図のみに基づいてクエリベクトルを生成する。生成される新しいクエリベクトルを Q_i とし、算出式を以下に示す。

$$Q_i = \alpha \times Q_o + \beta \times w \times \frac{1}{M_r} \sum_{M_j \in M_r} M_j \quad (6)$$

式中の Q_o は前回の地図選択において生成されたクエリベクトルを示す。 α は検索クエリ生成における前回生成されたクエリベクトルの重みを示し、 β は修正ベクトルの重みを示す。 w はそれぞれの特徴に重みをつけるためのベクトルを示す。 M_r はユーザが選択した地図の集合であり、 M_j は集合の要素を示す。選択された地図の重心ベクトルを算出し、前回生成されたクエリベクトルとそれぞれの特徴の重みを考慮することにより、検索クエリベクトルを生成する。

4.3 デフォルメ地図のランキング

デフォルメ地図のランキングを行う。生成した検索クエリベクトルとデフォルメ地図が持つ特徴ベクトルの類似度を用いて、ランキングにおけるデフォルメ地図のスコアを算出する。ベクトルの類似度算出にはコサイン尺度を用いる。算出式を以下に示す。

$$\text{sim}(Q_i, m) = \frac{Q_i \cdot m}{|Q_i| |m|} \quad (7)$$

Q_i はユーザの地図選択により生成された検索クエリベクトルを示し、 m は任意のデフォルメ地図が持つ特徴ベクトルを示す。算出した類似度をランキングスコアとし、スコアが高いデフォルメ地図から上位にランキングしてユーザに提示する。

5. 評価実験

提案手法におけるデフォルメ地図ランキングの精度と、要求推定に基づく重み付与による検索精度を確認するため、評価実験を行った。実験に用いるデータセットとして、清水寺を含む 100 枚の京都のデフォルメ地図を用いた。要求推定のために用

表 7 位置関係がわかりやすい地図を選択する質問における平均適合率

	A	B	C	D	E	F	Average
提案手法	0.71	0.29	0.55	0.48	0.57	0.65	0.54
従来手法	0.63	0.28	0.57	0.27	0.49	0.71	0.49

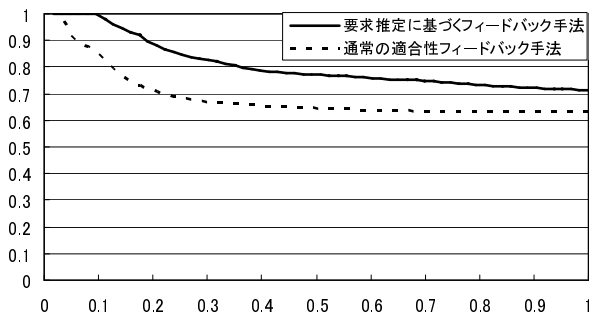


図 2 被験者 A の再現率-平均適合率曲線

いる識別平面の作成は、デフォルメ地図集合の一部に位置確認と経路確認のそれぞれにおいて有効か否かのラベルを付与してトレーニングデータとし、SVM を用いた学習及び特徴選択により行う。これにより、未知のデータを分類することも可能である。ただし、本稿では実験において検索対象とする地図とトレーニングデータとして用いた地図は同一である。被験者は無作為に選出された京都の地理に詳しくない六名の大学生であり、以下の質問のそれぞれに応じて地図の選択を行った。

- 清水寺と他の観光地との位置関係がわかりやすい地図を選んで下さい

- 清水寺への経路がわかりやすい地図を選んで下さい

これらはそれぞれ、位置確認の要求を持つ場合と経路確認の要求を持つ場合の選択を行わせるための質問である。このようにして得られるユーザの地図選択に基づき、要求推定に基づき特徴の重みを付与するフィードバック手法と、通常の適合性フィードバック手法の両方について検索精度を比較した。フィードバックで用いる特徴には、予備実験においてランキングに有効であると判断された 15 次元の特徴を用いた。

5.1 実験の手順

評価実験は以下の手順に従って行った。

- 100 枚の地図からランダムに 5 枚を被験者に提示する
- 被験者が質問に従って地図選択を行う
- 選択された地図に基づき、全ての地図のランキングを行う
- ランキング結果の上位 5 枚を被験者に提示する
- 手順 (2) (3) (4) を 5 回繰り返す
- 正解データ作成のため、被験者に全ての地図を見せ、質問に合致する地図を選択させる

5.2 実験の結果

得られたランキング結果と正解データに基づき、平均適合率を用いて評価を行った。図 2 に、被験者 A が清水寺と他の観光地との位置関係がわかりやすい地図を選択したときの再現率-平均適合率曲線を示す。全体的に、要求推定に基づくフィード

表 8 経路がわかりやすい地図を選択する質問における平均適合率

	A	B	C	D	E	F	Average
提案手法	0.48	0.49	0.49	0.41	0.53	0.62	0.50
従来手法	0.54	0.39	0.60	0.29	0.52	0.63	0.50

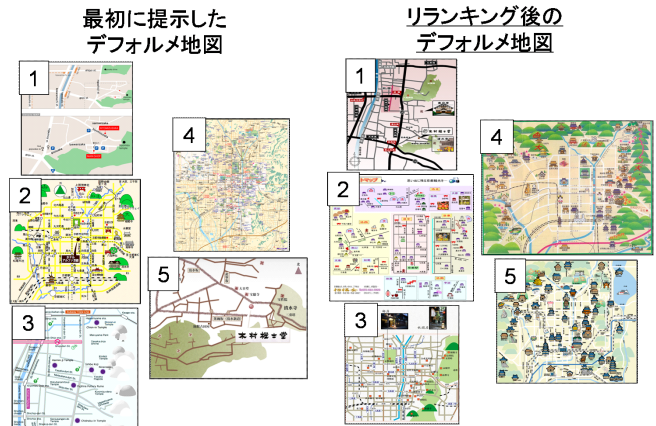


図 3 リランキング結果の例

バック手法を用いた際の平均適合率が、通常の適合性フィードバックを用いた際の平均適合率を上回った。他の被験者 B, D, E についても提案手法が従来手法の平均適合率を上回った。同様に、経路がわかりやすい地図を選択したときも、半数の被験者において提案手法が有効であった。

表 7, 8 において、100 位までを対象とした平均適合率を手法別に比較する。位置確認の要求を持つ場合の質問において、提案手法が従来手法を上回った。位置関係がわかりやすい地図を選択する際の判断においては、個人差が小さかったため、重み付けの精度が高いと考えられる。また、経路がわかりやすい地図を選択する質問において差が小さい要因としては、経路確認においてユーザが重視する特徴の個人差が大きいことが考えられる。これにより被験者ごとの結果の値にバラつきがあり、結果として平均の値に大きな差が見られなかったと考えられる。これを改善するために、今後は要求に対して有効な特徴をユーザごとに決定するか、ユーザをいくつかのタイプに分類して、特徴を適用する必要がある。

図 3 にユーザが位置確認の要求を持つ際のランキング結果の例を示す。それぞれの地図の左上の数値はランキングの順位を表す。最初に提示した地図では、表示領域が小さく、特定のオブジェクトを強調している地図が目立つ。ランキングの結果として提示した地図では、オブジェクトの数が多く、種類も多様な地図が提示されている。ランキング前よりも位置確認に有用なデフォルメ地図を多数提示できたことにより、ユーザは容易に位置確認の要求を満たすことが可能である。

6. 関連研究

デフォルメ地図をテーマとして扱う研究として、Honda らは経路の変形とランドマークの再配置を用いたデフォルメ地図の自動生成を提案している [6]。Fujii らは詳細な地図から動的に経路案内地図を生成する手法を提案している [7]。これらの研

究は共通して、デフォルメ地図の生成を目的としている。しかしながら、ユーザの要求を考慮せずに生成された地図は、多くが画一的なものである。また、地域ごとに重要性が異なるオブジェクトや経路の情報を、システムが取捨選択し、ユーザに地図として適切なかたちで提供することは困難であると考えられる。我々の提案手法では、地図に含まれる特徴とユーザの要求の分析に基づき既存のデフォルメ地図を検索することにより、作成者とユーザの両方の意図を考慮した情報提示が可能である。

Osaragiらは既存のデフォルメ地図に出現する経路や建物の分析による地図中の重要な要素の抽出を行っている[9]。Grablerらは画像とWeb上の情報を解析することにより、旅行者のための地図を自動で生成するシステムを提案している[10]。これらの手法は共通して、地図に含まれる特徴の分析を行っている。しかしながら、我々の研究では地図に固有の特徴を分析するだけではなく、ユーザ自身が重要視する特徴の抽出を行う。これに基づいて性質の分析を行うため、ユーザに近い視線でのデフォルメ地図の活用が可能である。

情報推薦の分野において、OkuらはSVMを用いてユーザの嗜好とコンテキストを考慮することにより、飲食店の情報を推薦する手法を提案している[11]。ユーザの要求を重要視するという点では我々の研究に類似しているが、デフォルメ地図に対する要求と飲食店の情報に対する要求は異なる。

ユーザの入力に基づくフィードバックを扱う研究として、中島らは適合性フィードバックにおいて、正事例画像と正事例と類似する他の画像との差異を用いて検索クエリベクトルを生成することにより、画像検索におけるユーザの意図を推定する手法を提案している[12]。杉山らは画像検索において画像とテキストを2部グラフとして表現し、対となる枝の重みを考慮して検索のための特徴ベクトルを生成する手法を提案している[13]。これらの研究は適合性フィードバックにおいて、ユーザの要求や検索意図に基づき、特徴ベクトルを生成するという点で我々の研究に類似している。しかしながら、デフォルメ地図には画像特徴だけではなく地理的特徴が存在するため、他の画像とは異なる要求や検索意図を推定する必要がある。

7. おわりに

デフォルメ地図検索エンジン開発のために、要求に対して有効な特徴の抽出と、抽出した特徴を用いた検索システムの提案を行った。本手法ではユーザの地図選択の傾向から要求を推定し、推定した要求に有効な特徴を重視したフィードバックを行うことにより、新しい検索クエリを生成する。生成した検索クエリに基づきランキングを行い、提示された地図をユーザが再度選択することにより、対話的なデフォルメ地図の検索が可能である。平均適合率を用いて提案手法と従来手法の比較を行った結果として、ユーザが位置確認の要求を持っている際に提案手法の方が高い検索精度を得られることを確認した。経路確認の要求を持つ場合の検索精度は、検索に用いる特徴を個別化またはタイプ分けすることにより、改善可能であると考えられる。

今回抽出した特徴は複数の被験者により作成された分類データに基づき、一般的な視点での地図の評価が可能である。しか

しながら、ユーザごとに地図の読解能力は異なるため、検索に必要な特徴はユーザに依存することが推測できる。また、特徴抽出の実験では京都における位置確認と経路確認のみに注目したため、他の地域や他の要求で行った場合には異なる特徴が抽出される可能性がある。そのため、今後もユーザ要求の分析と地図に含まれる特徴の分析の両方を行う必要がある。

謝 辞

本研究の一部は、平成22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] K. Kobayashi, R. Lee and K. Sumiya, "Systematic Measurement of Human Map-Reading Ability with Street-View based Navigation Systems", Proc. of 4th International Conference on Ubiquitous Information Management and Communication (ICUIMC 2010), pp. 286-293, 2010.
- [2] C. Cortes and V. Vapnik, "Support-Vector Networks", Machine Learning, Vol. 20, No. 3, pp. 273-297, 1995.
- [3] C. Matsumoto, Q. Ma and K. Tanaka, "Web Information Retrieval Based on the Localness Degree" Proc. of 13th International Conference on Database and Expert Systems Applications (DEXA 2002), pp. 172-181, 2002.
- [4] N. Yamada, R. Lee, H. Takakura and Y. Kambayashi, "Classification of Web Pages with Geographic Scope and Level of Details for Mobile Cache Management" Proc. of 2nd International Workshop on Web and Wireless Geographical Information Systems (W2GIS 2002), pp. 22-29, 2002.
- [5] K. Lynch, "The Image of the City", The MIT Press, 1960.
- [6] H. Honda, K. Yamamori, K. Kajita and J. Hasegawa, "A System for Automated Generation of Deformed Maps", Proc. of the IAPR Workshop on Machine Vision Applications (MVA 1998), pp. 149-153, 1998.
- [7] 藤井憲作, 杉山和弘, "携帯端末向け案内地図生成システムの開発", 情報処理学会論文誌, Vol. 41, No. 9, pp. 2394-2403, 2000.
- [8] T. Osaragi and S. Onozuka, "Map element extraction model for pedestrian route guidance map", Proc. of 4th IEEE International Conference on Cognitive Informatics (ICCI 2005), pp. 144-153, 2005.
- [9] F. Grabler, M. Agrawala, R. W. Sumner and M. Pauly, "Automatic Generation of Tourist Maps", Proc. of 35th International Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques (SIGGRAPH 2008), pp. 1-11, 2008.
- [10] K. Oku, S. Nakajima, J. Miyazaki, S. Uemura and H. Kato, "A Ranking Method based on Users' Contexts for Information Recommendation", Proc. of 2nd International Conference on Ubiquitous Information Management and Communication (ICUIMC 2008), pp. 289-295, 2008.
- [11] 中島伸介, 木下真一, 田中克己, "差異増幅型適合フィードバックに基づく画像データベース検索", 電子情報通信学会論文誌, Vol. J87-D1, No. 2, pp. 164-174, 2004.
- [12] 杉山裕樹, 加藤誠, 大島裕明, 田中克己, "画像とテキスト双方の特徴空間に対する相互適合性フィードバック", 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 (DEIM Forum 2010), F1-1, 2010.