

ユーザ操作履歴と地名出現パターンに基づく オンライン地図の動的カスタマイズ方式

北山大輔^{†1} 宮本節子^{†1} 角谷和俊^{†1}

近年、オンライン地図をはじめとする地図サービスが多く提供されるようになってきている。ユーザはこれらの地図サービスを用いて、旅行先や飲食店を探すなど、興味がある地理オブジェクトを探索する。しかしながら、これらの地図サービスにおいて地理オブジェクトの表示様式は、地図の提供者により決定されている。一方、地図を利用する目的はユーザにより異なり、すべてのユーザが同じ情報を求めているわけではない。そのため、状況に適合し、かつ、ユーザの意図に沿った表示オブジェクトを呈示する手法が必要とされる。そこで、本研究では、地図上の表示オブジェクトをカスタマイズする手法を提案する。本手法では、オンライン地図のユーザ操作と表示オブジェクトの出現パターンによりユーザの意図を抽出し、ユーザの意図に沿った表示オブジェクトを決定する。すなわち、ユーザの地図上での目的オブジェクトの発見支援を行うために表示オブジェクトをカスタマイズした地図を呈示する。本稿では提案手法に基づきプロトタイプを作成し、評価実験を行った。

A Customizing Method of Digital Maps Based on User's Operations and Object's Appearing Patterns

DAISUKE KITAYAMA,^{†1} SETSUKO MIYAMOTO^{†1}
and KAZUTOSHI SUMIYA^{†1}

In this paper, we propose a method to enhance digital map interface by reflecting users' intentions with automatically customized visible objects on maps. The users' intentions are extracted from the sequences of the users' map operations (zooming, centering, and panning), and they determine the types of objectives based on user's operations and relations of object's appearing patterns between place names. We define operation chunk mechanism and semantic relation of geographical object. Operation chunk mechanism is defined as geographic characteristics, which expresses the meaning of the operation sequences. Semantic relation of geographical objects is defined as semantic characteristics, which expresses the meaning of relation between two place names. We also explain customizing function mechanism combining the operation chunks and

the semantic relations of geographical objects based on the users' intentions. We have developed a prototype system based on this method and evaluated the appropriateness of the above mentioned definitions. The experimental results show that the customizing function mechanism is defined appropriately, and that the automatically customized map is sufficiently effective.

1. はじめに

現在、オンライン地図をはじめとする地図サービスが数多く提供されている^{1)–3)}。このようなオンライン地図サービスでは、いくつかの縮尺をユーザがインタラクティブに変更することが可能であり、その縮尺に応じて表示される地理オブジェクト（以降、表示オブジェクトと記す）が自動的に制御される。これらのサービスではすべてのユーザに対して、地図の制作者が定めた同一の表示オブジェクトが提供される。しかし、地図利用の目的はユーザにより異なる。たとえば、観光するための下調べのために地図を見る場合であれば、主に有名な地点やランドマークとなる地点に関心があると考えられるが、地点と地点のルート調べている場合であれば、主に交差点名や通りの名称に関心があると考えられる。このように、ユーザの目的により必要な情報は異なる。

地図利用時においては、ユーザは表示されているすべての情報から新たに関心のある地点を探そうとするのではなく、すでに目的があり、その目的に基づいて地図を操作し、目的の地点を探すといった行動を行うと考えられる。そのため、その目的に関する地図情報を強調することにより、ユーザの地図利用の目的の達成支援を行うことができる。このとき、略地図のように情報がカスタマイズされた地図はよく利用されており^{4)–6)}、地図情報をカスタマイズすることは一般に受け入れられている。

そこで我々は、ユーザの地図上の表示オブジェクト探索支援のために、ユーザの地図操作と表示オブジェクトの関係を用いて建物や公園、山などの表示オブジェクトをカスタマイズして呈示する方式を提案する。本稿では、ユーザの意図を抽出することにより地図上の表示オブジェクトを強調または影薄化することをカスタマイズと定義し、地図のカスタマイズ機能について述べる。

以下、本稿の構成を示す。まず2章では本研究の概要と関連研究について述べる。3章で

^{†1} 兵庫県立大学環境人間学部

School of Human Science and Environment, University of Hyogo

は地図操作履歴と表示オブジェクト出現パターンについて説明する。4章ではカスタマイズ機能の例と表示様式について説明する。5章では作成したプロトタイプシステムについて説明し、評価実験とその考察を行う。最後に6章でまとめと今後の課題について述べる。

2. 本研究の概要と関連研究

2.1 本研究の概要

本研究では、オンライン地図におけるユーザ操作履歴と表示オブジェクトの関係を用いて、地図上の表示オブジェクトのカスタマイズを行い、呈示する手法を提案する。本稿では、県や市などの行政区画、山や川などの自然物、建物や道路などの人工物など、地名と領域から構成される地図上に表示されるオブジェクトを表示オブジェクトと呼び、この表示オブジェクトの地名を単に地名、表示オブジェクトの領域を単に領域と記す。領域は、そのオブジェクト自身が空間的に存在する範囲であり、県や市などであれば行政区画そのものが領域である。また、大学など敷地を持つオブジェクトはその敷地が領域となる。領域の大きさはオブジェクト自体が持つ性質であるため、縮尺が変更されても大きさは変化しない。ただし、単純化などにより見かけ上の形状や大きさが変化する。

本手法は、地図操作履歴と表示オブジェクトの関係を用いてカスタマイズするタイミングを決定し、さらにそれらに基づきカスタマイズする表示オブジェクトを決定する。これらを組み合わせることによりカスタマイズ機能を実現する。地図操作としてズームイン、ズームアウト、移動、センタリングの4種類を用い、地図の操作列から意味のある操作のかたまり（操作チャンク）を検出し、ユーザの地図操作意図の抽出を行う。我々はこれまで、オンライン地図からのユーザ操作に基づく意図の抽出手法の開発に取り組んできている^{7),8)}。すなわち本提案手法はこれらの地図操作に加えて、表示オブジェクト間の関係を用いてユーザの地図操作意図を検出する試みである。

表示オブジェクトの出現パターンと領域関係を用いて2つの表示オブジェクト間の関係を抽出する。表示オブジェクトの出現パターンとは、詳細度制御が行われるオンライン地図において、ある表示オブジェクトがどの縮尺に出現しているかというパターンのことである。この表示オブジェクトの出現パターンは、オブジェクト付与者の意図により決定され、付与者の表示目的が類似するオブジェクト、たとえば地物分類が近いオブジェクトや、地図により表現したい主題となるオブジェクトは同じ縮尺に表示されるものと考えられる。これらのことよりユーザが探そうとしているオブジェクトの発見を支援可能なカスタマイズ機能を作成し、表示オブジェクトのカスタマイズを行う。

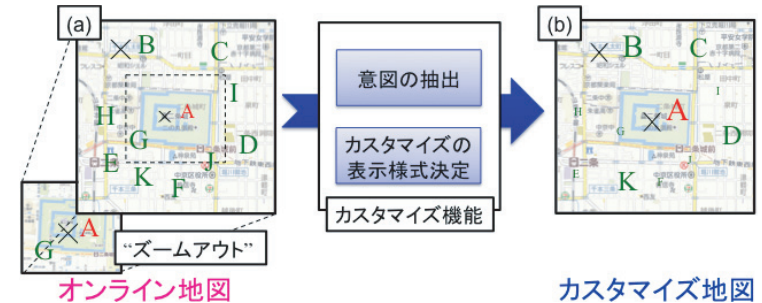


図1 カスタマイズ方式の原理
Fig. 1 Concept of customizing.

たとえば、互いの表示オブジェクトが持つ領域に重なりがなく^{*1}、観光地物が同じ出現パターンで配置され、その他の地物は異なる出現パターンで配置されている地図（図1）において、ユーザが観光地物Aを選択し、そして観光地物Aと同程度に有名な観光地物を探すためにズームアウトし、観光地物Bを選択したとする（図1の(a)）。図中の×は、ユーザが選択したオブジェクトAおよびBの位置を表す。このとき、ユーザの操作の列と選択したオブジェクトの関係から、同様の表示オブジェクトを探しているという意図を抽出し、同様の表示オブジェクトに該当する他の表示オブジェクトを、表示オブジェクトの関係を用いて抽出する。その結果、本手法により観光地物C、D、Kが強調された地図へとカスタマイズ^{*2}され、ユーザは意図に合致する他のオブジェクトを容易に発見することが可能となる（図1の(b)）。

また、表示オブジェクト間の関係は、オブジェクト付与者により異なる。たとえば、観光地物という基準で表示縮尺を決定している地図と、領域の広さを基準に表示縮尺を決定している地図があると想定したとき、同じオブジェクトでも関係は異なる。前者の地図で抽出可能なのは、観光地物としての表示オブジェクトの関係であり、後者の地図で抽出可能なのは、領域の広さにおける表示オブジェクトの関係である。提案手法では、同じ地図操作履歴を用い、同じ表示オブジェクトから関係の抽出を行ったとしても、地図が異なれば結果は異なる。これは、異なる地図上ではユーザの操作が同じでも、その目的が異なると考えられる。

*1 オブジェクトは地名と領域を持つが、領域の関係の判定においては領域の重なりのみを用い、地名の表示位置は用いない。判定手法は3.2.2項で述べる。

*2 このときに行われるカスタマイズは4.3.1項で述べる多地点探索型カスタマイズ機能である。

ためである。すなわち、本提案手法におけるカスタマイズ機能は、用いる地図データに依存してその様式が変化する。

2.2 関連研究

地図のカスタマイズに関する研究として大きく分けて、表示オブジェクトの決定手法、表示オブジェクト形状の変形手法、表示オブジェクトの配置手法の3つが考えられる。本手法は、このうち、表示オブジェクトの決定手法を扱った研究であり、他の形状変形手法、配置手法と組み合わせることでより効果的にすることが可能であると考えられる。

まず、表示オブジェクトの決定手法としての提案手法の位置づけについて述べ、その後、形状変形手法、配置手法について紹介する。有川ら⁹⁾は地理オブジェクトの意味的な階層関係を用いて、ユーザの利用目的に合致した表示オブジェクトに重要さを与えることで表示基準を決定する手法を提案している。表示オブジェクトの決定に際し、ユーザの利用目的に応じて表示オブジェクトの重要さを変化させるという点で本研究と類似する。有川らが対象としている地図は縮尺ごとに表示が異なるものではなく、一般的な用途に用いられる地図データであるのに対し、我々が対象とする地図は縮尺ごとに表示が異なり、特定の目的を持ち意図的に作られた地図である。すなわち、対象とする地図における表示オブジェクトの意味的な関係をその地図における表示オブジェクトの出現パターンから抽出する点で異なる。嶋田ら¹⁰⁾や中澤ら¹¹⁾はオブジェクトの種別や配置の特徴といった属性から、選択するオブジェクトを決定する手法を提案している。このようなオブジェクト自体の持つ属性に基づいて決定することにより、経路沿いで目立つオブジェクトを抽出するなどの明示的な条件を満たすオブジェクトを決定することが可能である。一方、地名表示パターンを用いて決定を行う場合、地図の制作者が同様に扱おうとした同じくらいの有名さを持つ駅とビルに関するカスタマイズを行うなど、地図の製作意図をも加味したカスタマイズを行うことが可能となる。

表示オブジェクトの形状変形や再配置に関しては、梶田ら¹²⁾など多数の研究者が取り組んでいる¹³⁾⁻¹⁵⁾。主な手法としては、道路オブジェクトや海岸線や建造物などの境界線に対して認知的地図的な解釈による直線化・直行化を行うように単純化するものである。また、オブジェクトの再配置としては、道路などの単純化にともなう歪みにあわせてモーフィングにより再配置する手法が主流である。このような形状変形、再配置は、決定したオブジェクトに対して行うものであり、オブジェクト決定と独立して適応させることが可能である。本手法に対しこれらを適応させることで、決定したオブジェクトをより見やすくすることが可能であると考えられ、相補的な関係にあたる。

関連研究として、ユーザの暗黙的な意図を抽出しようとする研究が幅広い分野で行われて

おり、マウスやキーボードの操作を分析する研究¹⁶⁾や、Web ページを閲覧する際の視線行動を分析する研究¹⁷⁾などがある。それらの研究の中に、地図操作からの意図を抽出するものも多くある^{7),8),18)-20)}。本手法は、地図操作から地図の利用意図を抽出する手法である。

ユーザの意図を客観的に判定する手法として、視線行動記録装置を用いるものがある。福田²¹⁾は、関心のある視覚刺激に対して瞳孔は拡大するという研究から、瞳孔運動を測定することによりユーザの関心度を測定できると述べている。木下ら²²⁾は、対象を領域に分け、それぞれの領域に視点が停留する時間を測定する手法で視線を分析している。地図コンテンツに対する意図の検証という観点で、視線行動を用いた評価は行われていないが、本稿では主観的な評価だけでなく、客観的な評価を行うために視線行動の停留点分析を用いている。

3. ユーザ操作履歴と表示オブジェクトの関係

3.1 ユーザ操作履歴に基づく意図抽出

我々はこれまで、オンライン地図からのユーザ操作に基づく意図の抽出手法の開発に取り組んできている^{7),8)}。これらの研究により、ユーザの地図に対する操作として4種類を定義している。より詳細な縮尺に変更する操作であるズームイン(i操作)、より広域な縮尺に変更する操作であるズームアウト(o操作)、地図の表示位置を変更する操作である移動(p操作)、ある地点を選択して中心に表示させる操作であるセンタリング(c操作)である。この各操作は地図サービスごとにインタフェースの実装は異なる。たとえば、移動操作が画面外の矢印で実装されている場合もあれば、ドラッグによるスクロールで実装されている場合もある。本研究では実装にかかわらず、その操作による様式により定義を行っている。この地図に対する4種類の操作を複合した操作にはユーザの表示オブジェクトに対する意図が含まれていると考えた。なお、キーワードによるオブジェクト検索、カテゴリ選択によるオブジェクトのフィルタリングなどの機能が考えられるが、これらの操作はユーザの意図をより明示的にするものであり、意図をより正確に抽出することが可能になると考えられ、これらを考慮した手法は今後の課題とする。

我々はこれまでに、ユーザの意図を抽出するために、意味のある操作のまとまりである操作チャンクを定義している。この操作チャンクによりユーザの意図の切れ目を判定する。本研究では表1に示すように、操作チャンクとして、局所表示操作チャンク、広域表示操作チャンク、移動操作チャンク、相対位置確認操作チャンクの4種類を定義している⁷⁾。これらは操作の正規表現で記述することが可能であり、*は0回以上の操作、+は1回以上の操作、[AB]はAもしくはBの操作である。

表 1 操作チャンク：* は 0 回以上の操作，+ は 1 回以上の操作，[AB] は A もしくは B の操作

Table 1 Operation chunks.

操作チャンク名称	表記	ユーザ操作
局所表示	N	$p^*c^+i^+$
広域表示	S	$[pc]^+o^+$
移動	P	$[pc]^+$
相対位置確認	C	$p^*o^+i^+$

局所表示操作チャンク 地図上の何かの地点に関心を持ち，その地点をさらに詳細に見ようとする操作列である． p 操作や c 操作により関心のある地点に近づき，関心のある地点をさらに詳細に見ようとして i 操作を行う． c 操作が 1 回以上必要となるのは，ある地点を中心とした直後の i 操作に，ある地点に対する関心の意図が含まれると考えたためである．

広域表示操作チャンク 地図上の何かの地点に関心を持った後に，別の地点を見ようとする操作列である．ある地点を p 操作もしくは c 操作により中心に表示させた後， o 操作により広域な地図に切り替える． c 操作もしくは p 操作が 1 回以上必要となるのは，関心のある領域を表示した直後の o 操作に，広域にしたあとの領域に対する関心の意図が含まれると考えたためである．

移動操作チャンク 同縮尺地図内で地図の表示位置を変更する操作列であり，ある地点から別の地点を探索しようとするものである．なお，移動操作チャンクの定義が Web 検索意図を抽出する場合⁷⁾と異なる．地図のカスタマイズの目的は，ユーザの意図するオブジェクトの発見支援であり，Web 検索意図のようにユーザの意図するオブジェクトへの明示的な移動ではないため， i 操作を必要としない．

相対位置確認操作チャンク 現在表示されている地点と他地点との位置関係を把握するための操作列であり，1 度地図の縮尺を広域なものに切り替え，確認後にもとの縮尺の地図に戻る．

3.2 地名出現パターン

3.2.1 出現パターンに基づく表示オブジェクトの関係抽出

我々はオンライン地図の詳細度制御による縮尺による地名の出現パターン情報と表示オブジェクトが持つ領域情報により表示オブジェクトどうしの関係を判断することが可能であると考えた．この表示オブジェクトどうしの表示オブジェクトの関係を用いることでカスタマイズすべき表示オブジェクトを判断する．たとえば，姫路市という表示オブジェクトを中

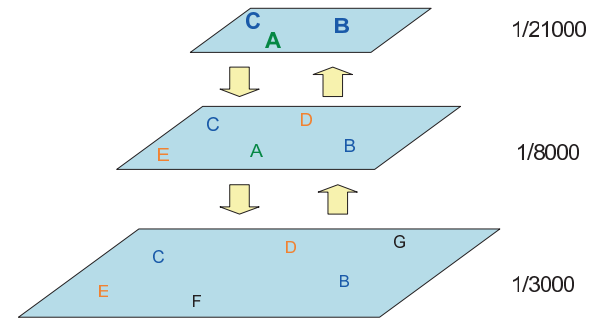


図 2 表示オブジェクトの地名の出現パターン

Fig. 2 Appearing patterns of geographical objects by LOD control.

心に表示した後に神戸市という表示オブジェクトを中心に表示したならば，このユーザは姫路市や神戸市のようなオブジェクトを探索していると考えられる．このような場合には，次の操作により現れた地図画面に姫路市や神戸市と同じ関係を持つ古川市や三木市などの表示オブジェクトを呈示したり強調したりすることが有効になると考える．

図 2 は詳細度制御による表示オブジェクトの地名の出現パターンの例を表したものである．便宜上，縮尺が 3 段階であるものとして説明する．各縮尺の地図には地名が表示されており，1/21,000 の地図では A, B, C のオブジェクトが表示されている．図 2 中では，すべての縮尺で出現しているオブジェクトは B と C であり，1/21,000 と 1/8,000 で出現しているオブジェクトは A，1/8,000 と 1/3,000 で出現している地名は D と E である．

詳細度制御による縮尺出現パターンの判定として，同一，より広域な縮尺，より詳細な縮尺という関係を定義する．いずれにも該当しない場合，無関係なオブジェクトとする．ある表示オブジェクト o_i の出現パターンを以下のように定義する．

$$o_i = [a_{i_1}, a_{i_2}, \dots, a_{i_n}] \tag{1}$$

$$a_{i_j} = \begin{cases} true & (o_i \text{ is appeared at scale } j) \\ false & (o_i \text{ is not appeared at scale } j) \end{cases} \tag{2}$$

j は縮尺を表す添字であり，値が大きいくほど詳細な縮尺を表す．縮尺の段階は，地図データにより決定され，操作可能な縮尺の段階数が n となる．たとえば，1/3,000，1/8,000，1/15,000 という 3 段階の縮尺を持つ地図データの場合， n は 3 であり最も詳細な縮尺である 1/3,000 を示す．すなわち， $j = 2$ であれば 1/8,000 の縮尺， $j = 1$ であれば 1/15,000

の縮尺を示す, a_{i_j} は縮尺 j におけるオブジェクト o_i の表示状態であり, 表示されていれば *true*, 表示されていなければ *false* となる.

ある表示オブジェクト o_1 に対し, 別の表示オブジェクト o_2 が以下の式を満たす場合, 同一関係と判定する.

$$o_1 = o_2 \quad (3)$$

ある表示オブジェクト o_1 に対し, 別の表示オブジェクト o_2 が以下の式を満たす場合, o_1 は o_2 に対して広域関係と判定する.

$$\max_scale(o_1) < \max_scale(o_2) \quad (4)$$

$$\min_scale(o_1) \leq \min_scale(o_2) \quad (5)$$

また, ある表示オブジェクト o_1 に対し, 別の表示オブジェクト o_2 が以下の式を満たす場合, o_1 は o_2 に対して詳細関係と判定する.

$$\max_scale(o_1) \geq \max_scale(o_2) \quad (6)$$

$$\min_scale(o_1) > \min_scale(o_2) \quad (7)$$

\max_scale はオブジェクトが出現する最も詳細な縮尺を返し, \min_scale はオブジェクトが出現する最も広域な縮尺を返す関数である. すなわち, \max_scale は a_{i_j} が *true* となる最大の j を返し, \min_scale は a_{i_j} が *true* となる最小の j を返す関数である. なお, o_i の出現パターンが $[0, 1, 0, 1]$ のように不連続であった場合でも, \max_scale は 4 を返し, \min_scale は 2 を返す.

3.2.2 表示オブジェクトの領域関係

領域どうしの関係について説明する. 領域の関係として Egenhofer²³⁾ の 8 パターンの領域の関係を再分類した, 独立 (隣接), 包含, 被包含, 一致, 重複を用いる. 原則として 2 つの表示オブジェクトのうち, 最も新しく取得された表示オブジェクトを主体とする. たとえば, 京都府庁という表示オブジェクトが取得された後に上京区が取得された場合には「上京区は京都府庁を包含している」ということになる. 本稿では判定対象となる表示オブジェクトは, c 操作を行った際に中心座標から最も近くかつ閾値以上離れていない表示オブジェクトを取得している. なお, 中心座標からの距離が同じであるオブジェクトが複数個存在する場合には, 直前の中心座標からの距離が近い方を取得する.

独立とは別の場所にある観光地のように, 領域が重ならないものである. 包含とはある観光地にある一施設のように, ある表示オブジェクトの領域に対してもう 1 つの表示オブジェクトの領域が含まれる状態を指す. 被包含はその逆となる. 一致に関してはまったく同じ領域であることである. 重複に関しては一部の敷地を共有する大学と付属高校のように, 領域

の一部が重なる表示オブジェクトである.

領域の関係の判定は, 点と多角形の包含関係判定を繰り返して行う. 判定対象の領域 A を構成するある頂点 a から伸びる半直線と領域 B を構成する辺との交差回数により, ある頂点 a の領域 B に対する状態を判定することが可能である. 交差回数が 0 回もしくは偶数回であれば頂点 a は領域 B の外側にあり, 奇数回であれば領域 B の内側となる. このとき, 頂点 a が領域 B を構成する辺上にある場合, 辺上に存在する点としてラベルを与え, その辺との交差としては数えない. 領域 A のすべての頂点が領域 B に包含されるなら包含関係であり, 一部の頂点が包含されるなら重複となる. すべての頂点に辺上のラベルがあるならば一致と判断することができる. この方法では領域 A の頂点と領域 B の辺の総当たりとなるため, 領域を構成する頂点が同数であると仮定すると, 計算量は $O(n^2)$ である.

領域の表現方法として, MBR (Minimum Bounding Rectangle) による矩形表現とポリゴンによる表現が考えられる. MBR は領域を包含する最小の矩形領域であるため, 頂点数は 4 で固定であり, 必ず本来の領域が含まれるという性質がある. ポリゴンの場合, 正確に表現するに従い頂点数は膨大となる. 正確な表現から頂点を間引くことや, 頂点を代表する頂点に置き換えることで近似することが可能であり, ポリゴンの作り方により, 本来の領域が欠けたり, 余分な領域が発生したりする. また, 頂点数が多くなるに従い計算量が $O(n^2)$ で増加する. MBR による関係判定では, あるオブジェクト近傍に独立関係として存在する別のオブジェクトが, 包含関係や重複関係に判定されることがある. 一方, 本来の領域が欠けるようなポリゴンによる関係判定では, あるオブジェクトと重複関係や包含関係にあるオブジェクトが, 独立関係と判定されることがある. また, 過剰な領域を含むポリゴンによる関係判定では, MBR 領域と同様に独立関係を包含, 重複関係と判定することがある. 我々が構築したシステムでは, あるオブジェクトに対して, システムが表示している範囲内のオブジェクトとの関係を動的に計算する方式を用いている. 本プロトタイプシステムで用いている京都市の中心部のデータでは最大 12,231 個のオブジェクトに対して計算することとなる. 領域の関係はすべてのオブジェクトに対し総当たりで計算を行うため, リアルタイムに動作させるために, 領域を正確に表現可能な頂点数のポリゴンを用いず, MBR を用いて計算した. なお, 事前にすべてのオブジェクトに対して関係を求める場合, 全オブジェクトの組合せを正確なポリゴンを用いて計算しておくことでより正確な領域間の関係を得ることが可能であると考えられる.

これらの性質を表 2 にまとめる.

表 2 領域データの特性

Table 2 Characteristics of region data.

	MBR	ポリゴン
計算量	$O(n^2)$	$O(n^2)$
領域の不足	本来の領域に不足なし	本来の領域に不足が発生することがある
領域の過剰	必ず過剰な領域が存在	過剰な領域が存在することがある
頂点数	4 個	3 個以上 (増加ともない領域の過不足が緩和され、計算量が増加)
関係の判定誤り	独立関係を重複、包含関係へ	独立関係を重複、包含関係へ重複、包含関係を独立関係へ

表 3 表示オブジェクトの関係

Table 3 Relations between geographical objects.

	独立	包含	被包含	一致	重複
同一	同位	同位	同位	同位	同位
広域	無関係	上位	無関係	上位	上位
詳細	無関係	無関係	下位	下位	下位

3.2.3 表示オブジェクトの関係の判定

表示オブジェクトの関係は、詳細度制御による地名の縮尺出現パターンと領域関係の判定を組み合わせることにより判定する(表 3)。本研究では表示オブジェクトの関係として、同位関係、上位関係、下位関係、無関係の 4 つを定義する。

縮尺出現パターンが同一関係である場合、領域の状態にかかわらず同位関係と判定する。広域関係である場合、領域の関係により、上位、下位、無関係のいずれかに判定する。同じく詳細関係の場合も領域の関係により関係が変化する。

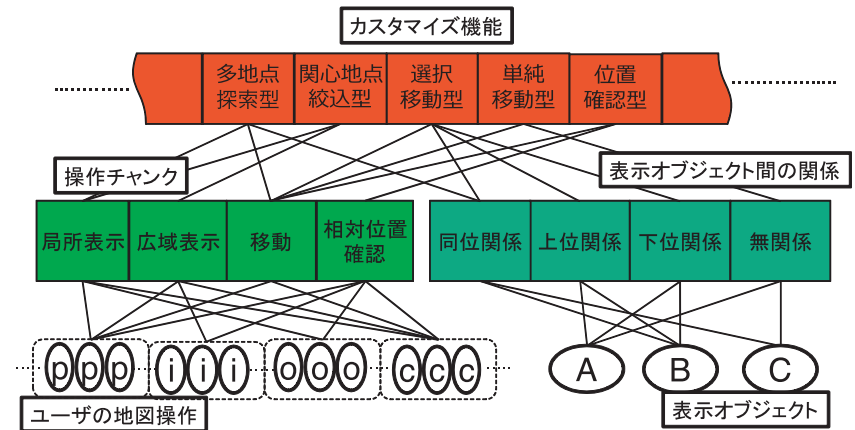


図 3 カスタマイズ機能の構造

Fig. 3 Hierarchical relationship between operation chunks, semantic relations, and customizing functions.

4. 地図の動的カスタマイズ

4.1 カスタマイズ機能の特性

本手法ではカスタマイズ機能は図 3 のように、地図操作チャンクの組合せと選択された表示オブジェクトの関係を用いることにより、カスタマイズを行うトリガとその機能を決定する。なお、地図操作と表示オブジェクトの関係の両方の条件をトリガに用いてカスタマイズを行う場合もあれば、地図操作のみの条件をトリガとしてカスタマイズを行うこともある。

カスタマイズの表示様式は、地図操作に基づく様式と表示オブジェクトの関係に基づく様式がありそれぞれ独立している。本稿では地図操作に基づく様式として 4 種類、表示オブジェクトの関係に基づく様式として 2 種類を定義した。カスタマイズの表示様式とカスタマイズ機能については、それぞれ 4.2 節、4.3 節で詳細に説明する。

カスタマイズ機能の作成手順は以下のとおりである。

- (1) カスタマイズ機能の構成要素となる操作列および表示オブジェクトの関係を定義する。
- (2) ユーザの意図に沿ったカスタマイズの表示様式を決定する。
- (3) トリガの位置を決定する。

以下に、カスタマイズ機能を作成する際の制限事項について述べる。

表 4 カスタマイズ機能特性
Table 4 Types of customizing function.

カスタマイズ機能名称	操作チャック	オブジェクトの関係	カスタマイズの表示様式
多地点探索型	SP	同位	OE3, NE1
関心地点絞り込み型	SN ⁺	用いない	OE1, OE3
単純移動型	P	無関係	OE2, OE3
選択移動型	P	同位 or 上位 or 下位	OE2, OE3, NE1
位置確認型	PC	用いない	OE4, NE2

- 任意の操作チャックを 1 つ以上含む。
- 任意の表示オブジェクトの関係を含むことができる。
- 任意の位置にトリガを設定しなければならない。
- カスタマイズ機能内に別のカスタマイズ機能の操作列を包含することを許す。
- カスタマイズ機能の操作列中に得られた表示オブジェクトの関係性により出力を変更することができる。
- カスタマイズの表示様式の継続の有無を設定することができる。

なお本稿では、表示オブジェクトの関係判定は、c 操作時に画面中心に最も近くかつ閾値以上離れていない表示オブジェクトを取得し、蓄積することにより行う。また、ユーザが c 操作により中心のオブジェクトを選択したととらえ、選択表示オブジェクトと呼ぶ。

以上の手順を用いて我々は 5 種類のカスタマイズ機能を作成した。それらの特性を表 4 に示す。表中のカスタマイズの表示様式については次節で説明する。各カスタマイズ機能のトリガは正規表現による条件および表示オブジェクトの関係により決定する。ユーザの操作ミスに関する影響について述べる。操作回数に関するミスは、正規表現により吸収することが可能である。操作種類のミスに関しては、i 操作を行わずに o 操作により修正することが考えられるため、0 回以上の o 操作を許すように記述することにより吸収可能であると考えられる。また長時間の操作中断があれば、操作をリセットするような処理を加えることで、意図の変更に対して対応することが可能であると考えられる。また、取得されている表示オブジェクトを明示することで、c 操作のミスにより取得された表示オブジェクトをユーザが手動で修正するようなインターフェースによる対応も可能である。

4.2 カスタマイズの表示様式の種類

カスタマイズを行う際の様式として、地図操作に基づく様式を 4 種類、表示オブジェクトの関係に基づく様式を 2 種類、合計 6 種類を定義する。カスタマイズにより表示オブジェクトの強調・影薄化を行うが、どちらを用いるかはカスタマイズ機能作成時に作成者が決定

するものとする。以下に地図操作に基づく様式を説明する。

新規出現表示オブジェクト表示様式 (OE1) ユーザの地図操作により新しく出現した表示オブジェクトを強調もしくは影薄化を行う。p 操作や縮尺の変更操作により新たに呈示された領域を目立たせようとするものである。

既出表示オブジェクト表示様式 (OE2) 現在呈示されている地図領域と、前画面に呈示されていた地図領域を比較し、両方に出現している領域を強調もしくは影薄化させる。選択表示オブジェクト表示様式 (OE3) 選択した表示オブジェクトの強調を行う。c 操作で中央に呈示された表示オブジェクトにはユーザの関心があると考えられるため、その部分を強調もしくは影薄化する。

選択領域間表示様式 (OE4) すでに他の様式によりカスタマイズされた領域間の強調・影薄化を行う。該当する領域をすべて含む最小矩形領域や領域の中心点を結ぶ線上にあるオブジェクトを強調・影薄化することにより実現される。

以下に表示オブジェクトの関係に基づく様式を説明する。

意味の関係表示オブジェクト表示様式 (NE1) 選択された表示オブジェクトの持つ表示オブジェクトを比較して、判定された表示オブジェクトの関係を用いて表示オブジェクトを強調・影薄化する。たとえば、同位関係と判断された場合には、同位関係となる表示オブジェクトのみを呈示し、それ以外のものを影薄化することにより、同位関係のオブジェクトのみを目立たせることが可能である。

関心表示オブジェクト呈示表示様式 (NE2) 縮尺を変更する操作が行われた際に、詳細度制御により変更後の縮尺では本来は出現しない表示オブジェクトでも、必要に応じて表示を行う様式である。

4.3 動的カスタマイズ機能

4.3.1 多地点探索型

多地点探索型カスタマイズ機能とは、ある地点から他の広域な領域へ探索範囲を広げる操作 (広域表示操作チャック) が行われた際に、選択された表示オブジェクトが同位関係である場合に発現し、その後周辺を移動することにより探索 (移動操作チャック) する間において継続するカスタマイズ機能である。この再構成機能が発現した場合には、ユーザは先に関心を持っていた地点と同じような表示オブジェクトを探索していると考えられる。

カスタマイズの表示様式としては、選択された表示オブジェクトの強調 (OE3), c 操作された表示オブジェクトと同位関係である表示オブジェクトの強調 (NE1) を行う。これにより、類似した地点の発見が容易となる効果が得られる。なおトリガは c 操作とし、この様

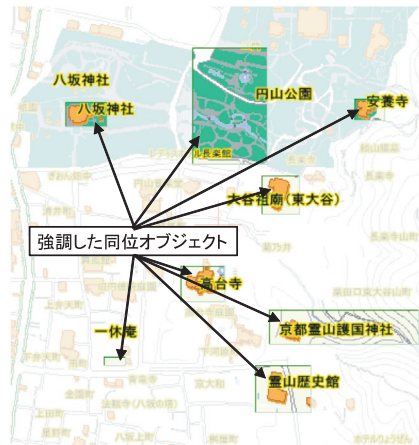


図 4 多地点探索型の例
Fig. 4 Searching-wide area.

式は c 操作が行われ同位関係の表示オブジェクトが取得され続ける限り継続する。図 4 の例では、平安神宮を c 操作した後に o 操作を行い、八坂神社を c 操作しさらに p 操作で移動した状態である。平安神宮と八坂神社は同位関係であり、これらの表示オブジェクトに加えて、高台寺などの同位の関係にある表示オブジェクトを強調している。

4.3.2 関心地点絞り込み型

関心地点絞り込み型カスタマイズ機能とは、ある広域な地点（広域表示チャンク）からある地点に関心を持ち c 操作を行い、その後に詳細な情報を得るために i 操作をする（局所表示チャンク）ものである。広域表示チャンクを用いるのは、ユーザが以前に見ていた領域から離れ、新たに別の関心のある地点を探索したときに用いるカスタマイズ機能であるためである。これは、局所表示チャンクに該当する操作をしている限り継続する。取得された表示オブジェクトの関係は用いない。このカスタマイズ機能が発現した場合には、ユーザは何か目的を持って地点を絞り込んでいると考えられる。

カスタマイズの表示様式としては、操作により新しく出現した表示オブジェクトを強調（OE1）、選択された表示オブジェクトの強調（OE3）を行う。絞り込む場合、新たな表示オブジェクトを強調することにより、目的地点の発見を容易にする効果がある。なお、i 操作がトリガであり、i 操作が行われるたびにカスタマイズを行う。すなわち、縮尺が詳細に

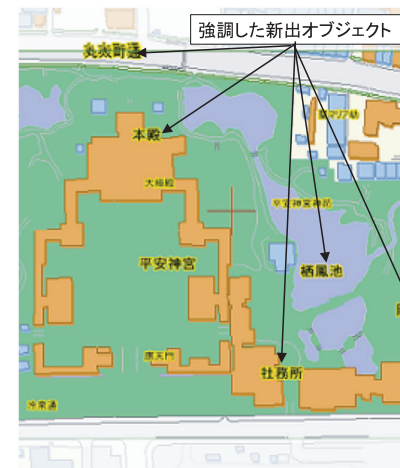


図 5 関心地点絞り込み型の例
Fig. 5 Narrowing-down.

なるごとに新たに出現した表示オブジェクトを強調する。図 5 の例では、平安神宮という表示オブジェクトを強調し、この縮尺で新たに現れた表示オブジェクトも強調している。

4.3.3 単純移動型

単純移動型カスタマイズ機能は、p 操作および c 操作（移動操作チャンク）が連続して行われているが、選択した表示オブジェクトどうしに関係がない場合に発現するカスタマイズ機能である。つまり、表示オブジェクトの関係が無関係の場合に発現する。このカスタマイズ機能が発現した場合には、特に関心のある地点が発見できずにいる、または、自らの位置が分からない状況にあると考えられる。

カスタマイズの表示様式としては、既出の表示オブジェクトの影薄化（OE2）、選択表示オブジェクトの強調（OE3）を行う。すでに 1 度見た表示オブジェクトを影薄化することにより、ユーザに対し既知の領域と未知の領域を示す効果がある。なお、トリガは p 操作もしくは c 操作とし、これらの操作が続く間はカスタマイズが継続する。図 6 は、下鴨神社の方向から京都御所に向かい p 操作した場合の様式例であり、前操作時に表示されていた地図領域が影薄化されている。

4.3.4 選択移動型

選択移動型カスタマイズ機能は、p 操作および c 操作（移動操作チャンク）が行われてい

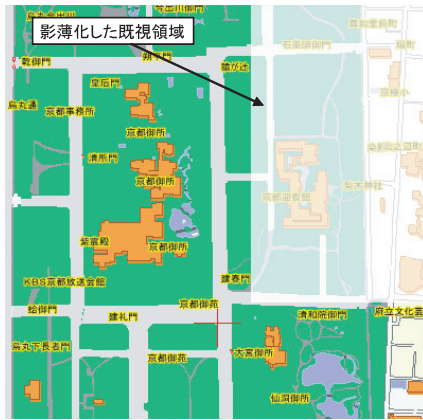


図 6 単純移動型の例
Fig. 6 Panning.

る最中に、選択した表示オブジェクトに同位、上位、下位の関係がある場合に発現するカスタマイズ機能である。このカスタマイズ機能が発現した場合には、ユーザは関心を持った表示オブジェクトを意図的に選びながら移動していると考えられる。

カスタマイズの表示様式としては、既出表示オブジェクトの影薄化 (OE2)、選択表示オブジェクトの強調 (OE3)、表示オブジェクトの関係性による表示オブジェクトの強調 (NE1) を行う。1 度見た領域の影薄化に加えて、表示オブジェクトの関係に従い表示オブジェクトを呈示することにより、ユーザが次に求めている表示オブジェクトの候補を示す効果がある。なお、トリガは p 操作、もしくは c 操作とし、これらの操作が続く間はカスタマイズが継続する。

4.3.5 位置確認型

位置確認型カスタマイズ機能は、p 操作および c 操作が行われた (移動操作チャンク) 後、o 操作が行われた際に発現するカスタマイズ機能である。この o 操作は相対位置確認操作チャンクの途中であると考えられる。c 操作された表示オブジェクトをすべて呈示する必要があるため、表示オブジェクトの関係は用いない。このカスタマイズ機能が発現した場合には、ユーザは p 操作もしくは c 操作を行っている最中に現在地を見失う、どのように地点を調べてきたのか確認したいなど、現在地を広域な地図で確認しようとしていると考えられる。

カスタマイズの表示様式としては、選択領域間の強調 (OE4)、関心地名提示 (NE2) が

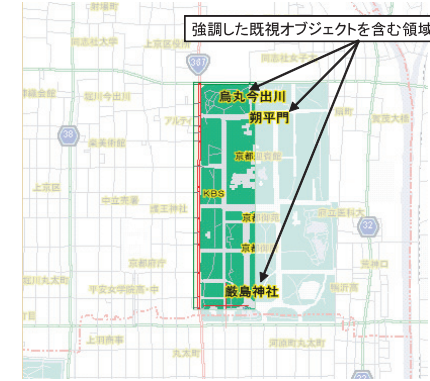


図 7 位置確認型の例
Fig. 7 Confirming current position.

行われる。選択領域とは、カスタマイズ機能の発現より前に行われた c 操作などで強調された表示オブジェクトのことを指す。選択領域をすべて含むような最小矩形領域を強調し、また、o 操作時に、詳細度制御により選択した表示オブジェクトが消去されてしまう可能性があるため、センタリングされた表示オブジェクトは強制的に呈示する。これにより、ユーザの現在地とこれまでに移動してきた領域の位置関係を把握する効果がある。図 7 では、烏丸今出川を c 操作後、移動しながら、朔平門、巖島神社をそれぞれ c 操作し、その後 o 操作を行った状態である。c 操作で強調された 3 つの地点を含む矩形で強調を行っている。

5. 評価

5.1 プロトタイプシステム

Visual Studio2008 の C# を用いて、プロトタイプシステムを作成した。なお、地図データとしてゼンリンの Z-mapAREA2 を用い、地名レイヤを削除した地図を使用している。また、地名座標データベースと領域座標データベースは自作した。地名座標データベースは、地名、経度、緯度の情報が CSV 形式で格納されており、地図が操作により再描画されるたびに表示する地名をデータベースより選択し表示している。さらに、地名座標データベースには地名ごとにどの縮尺に出現しているかという情報を 1 (出現)、0 (非出現) で保持して

74 ユーザ操作履歴と地名出現パターンに基づくオンライン地図の動的カスタマイズ方式

いる．この表示基準は，Yahoo! Maps における地名表示を再現^{*1}したものを作成した．具体的には，京都市の一部の地域に関して，縮尺は 1/3,000 から 1/900,000 までで 7 段階あり，表示オブジェクト数は 12,231 個である．領域座標データベースは地名に対する領域が MBR による矩形の座標で保存されており，地名，領域の左上経度，左上緯度，右下経度，右下緯度の情報が CSV 形式で格納されている．領域の呈示が必要となる際に，その対象となる地名とマッチングを行うことにより領域を呈示している．

今回作成したプロトタイプシステムでは領域データベースは MBR による矩形領域を用いているが，国土地理院の数値地図を使うなど詳細な領域データベースを構築し，ポリゴンにより正確な形状を扱うことで，精度の向上が期待できる．ポリゴンを用いることで矩形領域で起こる以下のような問題が改善されると考えられる．1) 南北に対して斜めになる表示オブジェクトの領域が広くなり，本来はない重複関係を判定する．2) 行政区画など複雑な形を持つ表示オブジェクトでは，広めの領域に対して包含関係を判定し，近接の領域に対して重複を判定する．3) 道路や川など線状の表示オブジェクトに対する領域は本来の領域に比べて大幅に大きくなる．ただし，頂点数を増やすことによる正確性は計算時間とのトレードオフとなる．

領域として MBR を用いた場合，領域の重複，包含関係についての誤判定が増加するため，選択移動型のトリガとなる上位・下位関係の誤判定が増加する．一方，ポリゴンを用いた場合は，領域の独立関係についての誤判定が増加し，単純移動型のトリガである無関係の誤判定が増加する．地図利用において単純移動型が最も多く発現するものと考えられ，また，領域座標データベース構築の簡易性，計算量の削減のため MBR による矩形領域を用いた．

システムは大きく 4 つの部分から構成されている (図 8)．インタフェース部は，ユーザが操作する地図とその操作によりカスタマイズが発現する地図の 2 つが表示されており (図 9)，縮尺を変化させるスライダバーを配置している．ユーザは左側の地図を操作することにより，その意図に適したカスタマイズ地図を右側の地図で見ることができる．操作する地図とカスタマイズされる地図を 1 つの画面で実装することは可能であるが，意図しないカスタマイズが行われた際に，ユーザの地図操作が困難になる可能性が高いため，補助画面として別の画面にカスタマイズ結果を表示するために 2 画面の構成とした．チャンク判定部は，地図操作を取得し蓄積，定義されたチャンクとマッチングを行い，ここで定義され

*1 2007 年 2 月 7 日に表示されていたオブジェクトを記録している．

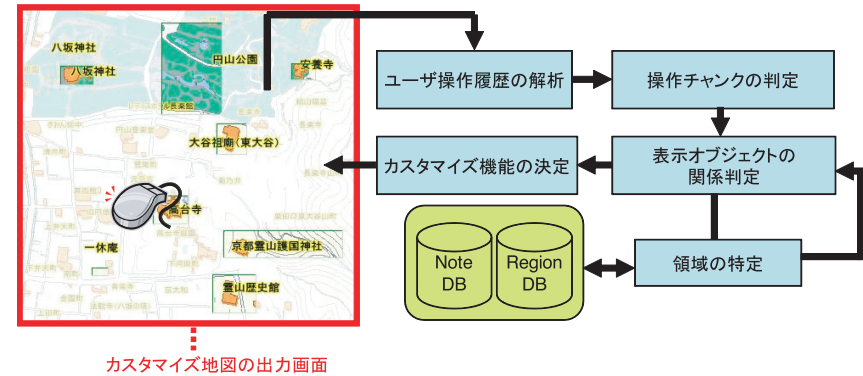


図 8 システム構成
Fig. 8 System architecture.

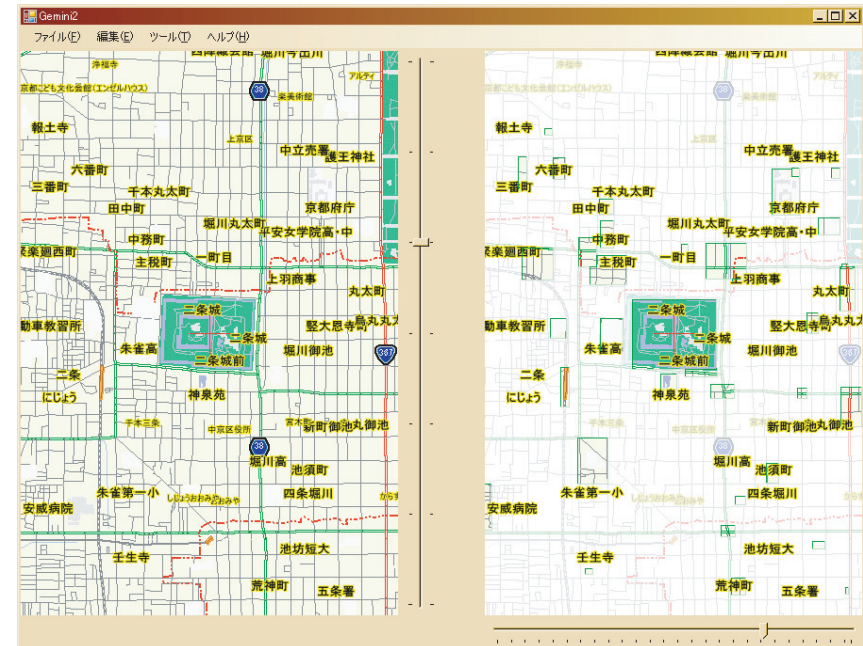


図 9 プロトタイプシステムのインタフェース
Fig. 9 Screen image of prototype system.

表 5 表示オブジェクトの関係の例
Table 5 Example of detected objects' relation.

同位関係	{二条城, 京都御苑}, {中立売署, 西陣署}, {にじょう, 上京区}	87.0% (2,980/3,422)
上位関係	[京都府庁, 上京区], [扇町, 上京区]	2.7% (91/3,422)
下位関係	[御所, 京都迎賓館], [上京区, 中京区役所]	2.7% (91/3,422)
無関係	{にじょう, 朱雀高}, {御所, 西陣局}, {同志社女子大, 御所}	7.6% (259/3,422)

たチャックと入力された操作列が一致した場合に表示オブジェクトの関係性の判定を行う。表示オブジェクトの関係判定部では、表示オブジェクトの関係が条件となるカスタマイズ機能の場合に、c 操作時に画面中心に近い表示オブジェクトを取得し関係を判定する。カスタマイズ決定部では、チャック判定と表示オブジェクトの関係を判定する。判定された結果がカスタマイズ機能の条件に合致する場合に、その該当するカスタマイズ機能で定義されたカスタマイズを行う。その際に、地名座標データベースと領域座標データベースを用いて呈示する地名と領域を決定、呈示位置を計算し呈示する。強調・影薄化の実装は次のように行った。強調状態であれば、地名文字列が太文字となりさらにそのオブジェクトの領域を線により可視化し、領域内は影薄化の様式を受けない状態にする。影薄化状態であれば、地名文字列をその領域とともに色調を落とし目立たなくする。

以降、5.2 節で用いた領域データにおける表示オブジェクトの関係判定について確認し、5.3 節において、従来システムと比較することで本システムの評価を行う。その後、提案手法の特性を明らかにするために、カスタマイズ機能の検出に関する実験を 5.4 節、カスタマイズ機能の出力の有効性を検討する実験を 5.5 節、および 5.6 節で述べる。

5.2 予備実験：表示オブジェクトの関係

表示オブジェクトの関係について妥当性を検証するため、プロトタイプシステムで用いたデータのうち京都市内のある一定の領域内の表示オブジェクトを抽出し考察を行った。具体的には、京都御所周辺（経度：135.44.14～135.46.13、緯度：35.0.20～35.1.34）に存在する 1/21,000, 1/75,000, 1/150,000 の地名と領域データを抽出し、総当たりで関係を判定した。なお、抽出できた表示オブジェクト数は 59 個であり、3,422 個のオブジェクトの組合せを生成した。表 5 は、その結果の一部である。京都御苑と二条城は詳細度による縮尺出現パターンが同一関係であり、領域では独立関係にあることから同位関係と判断された。同位関係と判定された表示オブジェクトの組合せは 2,980 個であり全体の 87.0% である。上京区を主体としたとき、京都府庁は下位の関係にあたる。上京区という領域に京都府庁が含まれているということは、一般的にも理解できる。上位関係と判定された表示オブジェクト

の組合せは 91 個であり全体の 2.7% である。

上位関係と逆である下位関係の例としては、御所と京都迎賓館という組合せがある。京都迎賓館から見て御所は自らを包含する関係であり、かつ、縮尺出現パターンにおいても御所の方がより広域な縮尺で出現している。そのため、京都迎賓館を主体としたときに、御所と京都迎賓館の関係が下位という判定は妥当である。下位関係と判定された表示オブジェクトは 91 個であり全体の 2.7% である。にじょう（駅名）と朱雀高校は、表示オブジェクトどうしに上下関係があり、かつ独立関係であるため無関係と判定された。にじょうは駅であり、朱雀高校は学校であるので、妥当な判定であるといえる。無関係と判断される表示オブジェクトの組合せは 259 個であり全体の 7.6% 程度である。

ここまでの表示オブジェクトどうしの関係は、妥当な関係の例であったが、いくつか特殊な表示オブジェクトの関係が判定された。たとえば、にじょうと上京区という関係は、上京区を主体としたときは上位関係のように予想されるが、本研究の手法では同位と判定される。にじょうという駅が上京区において重要な表示オブジェクトであり、地図製作者が同等に扱おうとしているということは十分考えられる。我々は、出現パターンにより、その地図の利用目的に応じた関係が抽出されていると考えた。なお、上京区と中京区役所に関しては、矩形領域を採用したために起こる誤判定である。

5.3 実験 1：比較によるカスタマイズ機能の評価

カスタマイズ機能により出力されたカスタマイズ地図の有効性を評価するために、カスタマイズ機能がない従来システムとして Google Maps^{*1} とカスタマイズ機能があるシステムとしてプロトタイプシステムを用いて比較実験を行った。プロトタイプシステムは通常の地図表示画面にカスタマイズ結果を補助的に別画面に提示したものであり、従来システムは通常の地図表示画面のみである。すなわち、本実験はカスタマイズ結果を補助的に提示した際のカスタマイズ地図による有効性を評価している。被験者は大学生 12 名であり、それぞれの地図を用いて表示オブジェクトを制限時間内に発見するタスクを行った。実験データは、京都市内の観光地物として、東山近辺の 10 個の表示オブジェクト集合をデータセット A^{*2}、北山近辺の 10 個の表示オブジェクト集合をデータセット B^{*3} として用いた。実験では、従来システムを用いてデータセット A を発見し、提案システムを用いてデータセット

*1 Google Maps の方が Yahoo! Maps に比べ表示オブジェクトに対する装飾が少なく、オブジェクト発見のタスクにおいてより公平であると判断し実験に用いた。

*2 銀閣寺, 法然院, 国立近代美術館, 京都迎賓館, 平安神宮, 清水寺, 高島屋, 八坂神社, 知恩院, 京都大学。

*3 金閣寺, 龍安寺, 仁和寺, 妙心寺, 北野天満宮, 立命館大, イズミヤ, 太秦映画村, 西陣署, 右京区役所。

表 6 探索できた表示オブジェクト数
Table 6 Number of detected visible objects.

	カスタマイズ機能なし	カスタマイズ機能あり	1人あたりの平均発見数
データセット A	23	30	4.4
データセット B	23	26	4.1
1人あたりの平均発見数	3.8	4.7	

表 7 プロトタイプシステムの表示に関するアンケート
Table 7 Questionnaire about prototype system.

質問	平均得点
意図した情報が表示された	3.7
オブジェクトがある場所を間違えにくかった	3.1
操作する場所を決定しやすかった	3.3

B を発見する被験者と、データセットを入れ替えて行う被験者とに分かれて行った。これは、データセットにより発見のしやすさが異なるためである。従来システムと提案システムでの表示画面領域は同じサイズに統一している。なお、被験者は事前に各種地図操作がスムーズに行えるように練習を行っている。実験の手順を以下にまとめる。

- (1) カスタマイズ機能がない従来システムを用いて表示オブジェクトの探索を行う。
- (2) カスタマイズ機能がある提案システムを用いて表示オブジェクトの探索を行う。
- (3) 従来システムと比べた提案システムに関するアンケートに答える。

各探索時間は 3 分間とし、被験者はその時間内に発見した表示オブジェクトを記録した。各システムと各データセットに対する発見した表示オブジェクト数の平均を表 6 に示す。アンケートとしては、以下の項目について 1 が最も悪く、5 が最も良いという基準の 5 段階で回答をした。アンケート項目は以下の 3 つである。1) Google Maps に比べて意図した情報が表示された。2) Google Maps に比べて表示オブジェクトがある場所の選択を間違えにくかった。3) Google Maps に比べて操作するべき場所を決定しやすかった。アンケート結果について表 7 に示す。

考察を以下に述べる。カスタマイズ機能がない地図に比べカスタマイズ機能があるプロトタイプシステムにおけるオブジェクトの発見数が増える結果となった。データセット A、B とともにプロトタイプシステムを用いた方がオブジェクトをより多く発見することができている。ただし、データセット A、データセット B とともに、t 検定を行った結果では有意差は見られない。データセット A では特に提案システムを用いた探索が有効である傾向が見

られた、これは、データセット A に一般に有名な表示オブジェクトが多く、明確な操作意図を持ち地図操作をした場合に意図を反映したカスタマイズが行われているものと考えられる。また、提案システムで特に多く発見されたオブジェクトは、“清水寺”、“京都大学”のような、有名なオブジェクトだけでなく、“高島屋（デパート）”、“国立近代美術館”がある。データセット B では、従来システムでの発見数が少ない“仁和寺”、“北野天満宮”という有名なオブジェクトが提案システムでは発見されている。一方、“龍安寺”、“妙心寺”などは従来システムでの発見数が多い。

アンケートでは、すべての項目が中立である 3.0 よりも高い結果となった。意図した情報が表示されたという項目の得点が高くなった。このことから、意図の検出と表示されるオブジェクトは適切に行われているものと考えられる。一方、オブジェクトがある場所を間違えにくかった、操作するべき場所を決定しやすかったという項目に関しては、あまり高くない結果となった。これは、カスタマイズ機能が画面領域外に対しては支援できないことに起因していると考えられる。方角ごとに、強調表示オブジェクトの個数や、代表的な強調表示オブジェクト名を提示するなど、インタフェース上の工夫が考えられるが、適切な推薦範囲の決定などを行う必要があり、今後の課題と考えられる。

5.4 実験 2：検出されたカスタマイズ機能の適合率

提案手法は、カスタマイズ機能の検出とカスタマイズ機能の出力の面から評価する必要がある。本実験では、そのうちカスタマイズ機能の検出について評価を行う。この実験において、地図をカスタマイズする機能は利用していない。すなわち、地図操作履歴と表示オブジェクトの関係のみを用いて、ユーザの地図操作意図に合致するカスタマイズ機能のトリガを適切に作成することが可能であるかを明らかにすることが実験の目的である。被験者 5 名が実際にオンライン地図を操作したデータを用いて実験を行った。被験者は全員デジタル地図を使用したことがあり、操作手法について理解をしている。被験者は、何らかの目的を持ち、その目的を達成するまで自由に地図を操作することが許されている。被験者自身の合図により地図操作を終了した後、記録しておいた操作履歴を用いて被験者にシステムが意図を検出した際の操作の意図の聞き取りを行った。被験者の回答と、発現する予定のカスタマイズ機能の目的（意図）が合致していれば (1.0) を、合致していなければ (0.0) の点数を与えた。

システムがカスタマイズ機能を検出した際に、ユーザが求める種類の機能を検出しているかどうかを評価するために適合率を算出する。5 つのカスタマイズ機能に対して、システムによるカスタマイズ機能検出数を分母、被験者の意図との適合数を分子とし、適合率を算出

表 8 検出されたカスタマイズ機能の適合率
Table 8 Precision ratio of customizing function.

カスタマイズ機能名称	適合数/検出数	適合率 (%)
多地点探索型	13/17	76.5
関心地点絞り込み型	13/21	61.9
単純移動型	123/150	82.0
選択移動型	8/35	22.9
位置確認型	4/8	50.0
平均	—	58.7

した。その結果を表 8 に示す。今回の実験では全 1,098 操作が行われ、そのうち 231 操作についてシステムが意図を検出した。その 231 操作のうち、161 操作が被験者の操作意図と合致した。実際のカスタマイズにおいては、ユーザの意図に合致する種類のカスタマイズ機能を発現させることは重要であり、意図と異なる種類のカスタマイズが発現した場合は、混乱を与えるのみである。

以下に、適合率が低い選択移動型と位置確認型について考察する。選択移動型の適合率が低い要因としては、単純移動型の意図でセンタリングを行った場合に偶然に表示オブジェクトの関係が取得されているケースが大部分であった。センタリング時の表示オブジェクト選択の基準を厳密にすることや、インタフェース上で表示オブジェクト選択に関して明示的に修正することで対処可能であると考えられる。

位置確認型では、o 操作の後の i 操作という条件が操作誤りである場合があり、適合率を下げる結果となった。提案手法では、o 操作を行いすぎたために調整のために i 操作を行った場合と o 操作により周辺を確認し、i 操作により出現した詳細な領域で地図操作を開始した場合の区別ができない。本手法では、操作列を正規表現で表すため、回数に対する操作誤りを許容することが可能であるが、操作の種類を誤った場合や o 操作と i 操作のように、どちらかの回数を行いすぎた場合にもとに戻すために他方の操作を必要とするような誤りに対処することができない。そのため、画面注視時間や画面注視位置など、操作列と表示オブジェクトの関係性以外の要素を用いたトリガの作成が今後の課題として考えられる。なお、今回構築したプロトタイプシステムでは、カスタマイズは補助画面に反映されるため、操作誤りにより発現したカスタマイズは、ユーザの地図操作を阻害するものではない。また、操作誤りをユーザが認識することは可能であると考えられるため、操作誤りにより発現したカスタマイズを参考にしないものと考えられる。

本実験によりユーザ操作と表示オブジェクトの関係を用いることで、ユーザの意図に合致

表 9 カスタマイズ機能出力：パターン 1
Table 9 Effectiveness of output: Data 1.

順序	カスタマイズ機能名称	操作説明	適合数/呈示数	有効度 (%)
1	単純移動型	京都大学からズームアウトし 賀茂大橋をセンタリング	8/10	80.0
2	多地点探索型	京都御苑をセンタリング	7/10	70.0
3	関心地点絞り込み型	京都御苑をズームイン	2/10	20.0

するカスタマイズ機能のトリガを作成できる可能性を示した。しかしながら、o 操作直後の i 操作を必要とする場合など、操作誤りに対応できない場合があること、表示オブジェクトの関係抽出に用いる表示オブジェクトの取得に問題があることも確認した。実用的な精度のトリガを決定するためには、大規模なユーザの操作データを用いた機械学習による決定などのアプローチが考えられるが、今後の課題とする。

5.5 実験 3：カスタマイズ機能出力の有効度

カスタマイズ機能により出力されたカスタマイズ地図が有効であるかを検証するため、それぞれのカスタマイズ機能が発現する状況を想定した操作データとその出力を実験データとして用いて、有効であると判断した場合には (1.0) を、有効でないと判断した場合には (0.0) の点数を与える形式でアンケートを行った。被験者は、学生 10 名である。実験データは 3 パターンあり、被験者はそれらすべての実験データを見ることにより評価を行った。すなわち、被験者はあらかじめ決められた操作とその出力を見ることで、操作のシナリオにおいて表示されるカスタマイズ地図が有効であるかを評価した。具体的には操作画面を閲覧中に、被験者が想定した必要な表示オブジェクトが表示されるほど有効であるという基準で行った。1 つの実験データの中に、カスタマイズ機能が複数種類発現するように実験データを作成している。

実験データについて説明する。パターン 1 (表 9) では、京都大学を起点とし、周辺地点を探索したところ、京都御苑を発見し詳細を調べるという状況を想定し、デモの操作中に再構成機能を自然な状態で組み込んでいる。この例の場合では、単純移動型、多地点探索型、関心地点絞り込み型という 3 つのカスタマイズ機能が含まれている。同様に、パターン 2 (表 10)、パターン 3 (表 11) を設定した。

実験 2 の結果を表 12 に示す。5 つのカスタマイズ機能の全体の有効度は、約 53.2% である。多地点探索型、単純移動型、位置確認型カスタマイズという広い領域に対して目的のオブジェクトを発見する場合のカスタマイズの表示様式に関しては、中立である 50.0% を超

表 10 カスタマイズ機能出力：パターン 2
Table 10 Effectiveness of output: Data 2.

順序	カスタマイズ機能名称	操作説明	適合数/呈示数	有効度 (%)
1	単純移動型	四条烏丸交差点へ移動	7/10	70.0
2	選択移動型	大丸をセンタリング	2/10	20.0
3	選択移動型	高島屋をセンタリング	6/10	60.0
4	位置確認型	四条大橋へ移動しズームアウトしてズームイン	6/10	60.0
5	単純移動型	八坂神社近傍へ移動	5/10	50.0
6	選択移動型	八坂神社をセンタリング	3/10	30.0
7	多地点探索型	ズームアウトして平安神宮をセンタリング	8/10	80.0
8	関心地点絞り込み型	平安神宮をズームイン	5/10	50.0
9	関心地点絞り込み型	本殿をズームイン	2/10	20.0

表 11 カスタマイズ機能出力：パターン 3
Table 11 Effectiveness of output: Data 3.

順序	カスタマイズ機能名称	操作説明	適合数/呈示数	有効度 (%)
1	単純移動型	西本願寺からズームアウトし東本願寺近傍へ移動	6/10	60.0
2	多地点探索型	東本願寺をセンタリング	3/10	30.0
3	位置確認型	ズームアウトしてズームイン	8/10	80.0
4	単純移動型	京都駅へ移動	7/10	70.0
5	位置確認型	ズームアウトしてズームイン	8/10	80.0

表 12 カスタマイズ機能出力の有効度
Table 12 Precision ratio of effectiveness of output.

カスタマイズ機能名称	適合数/呈示数	有効度 (%)
多地点探索型	18/30	60.0
関心地点絞り込み型	9/30	30.0
単純移動型	33/50	66.0
選択移動型	11/30	36.7
位置確認型	22/30	73.7
平均	—	53.2

える結果となった。多地点探索型は、パターン 3 の 2 番目の操作のように狭い領域内での操作を行っている場合に発現すると有効度が低い結果となった。単純移動型は、領域の絶対的な広さにかかわらず、新規出現の画面領域を強調することができるため、有効度は平均的に高い値となった。位置確認型では、パターン 2 の 4 番目の操作のように、次に向かう地点を探すためのズームアウトの場合に、有効ではないと考えられる。これは、過去に操作した地点を強調するために、それ以外の部分を影薄化したため、カスタマイズが有効に働か

かったためであると考えられる。

関心地点絞り込み型や選択移動型の場合には、ユーザ自身が意図するオブジェクトを明確に把握している場合が多く、強調された表示オブジェクトの中に被験者にとって必要のないものが含まれていると有効性がないと判断される場合が多かった。たとえば選択移動型の場合、パターン 2 の 3 番目の操作では、周辺の百貨店が強調されることで、有効と答える被験者が多かったが、その他の場合では、被験者が選択したオブジェクトが強調されるのみで有効という回答は得られにくかった。そのため、このような種類のカスタマイズを作成する場合には、影薄化様式を中心に作成しユーザの注目範囲を限定するようなカスタマイズの表示様式とする方が効果的であると考えられる。また、「強調・影薄化が過度である」、「見たいものが隠れてしまっているのでは」のように強調・影薄化の実装方法に関する意見もあり、効果的なインターフェースは今後の課題である。

5.6 実験 4：カスタマイズ機能の視線行動による検証

カスタマイズ機能の有効性を検証するために視線行動を用いて実際にカスタマイズの様式が現れるオブジェクトを探しているかどうかを確認する評価実験を行った。被験者はオンライン地図を操作したことがある 5 名で行った。実験の手順を以下に示す。

- (1) 被験者が視線行動を記録する装置上でデジタル地図を自由に操作する。このとき、被験者は、通常のデジタル地図のみを見ながら操作をしている。
- (2) カスタマイズの表示様式のトリガが発現した直後地図画面に対する視線行動の停留点分析を行う。
- (3) ユーザの意図を反映したカスタマイズ地図と視線行動の整合性をもとに考察を行う。

図 10 に実験結果の例を示す。停留点分析とは、視線行動追跡を行った際に、一定時間以上停留した点を可視化して分析するものであり、図 10 の左側に出ている円が停留点を示す。円の大きさは停留時間を表し、大きな円ほど長く停留している。操作としては、4.1 節で定義している関心地点絞り込み型が行われ、右側に表示しているカスタマイズ地図は、関心地点絞り込み型により詳細度制御により新たに出現した表示オブジェクトが強調され、その他のオブジェクトが白く影薄化されている画面である。なお、考察のために停留点分析の地図とカスタマイズ結果の地図を並べているが、実験時には、左側のカスタマイズを行わない地図しか表示しない。この例に示すように、関心地点絞り込み型では強調される表示オブジェクトに停留時間の長い停留点が存在することを確認した。新規出現オブジェクトのすべてに対しユーザが興味を持つわけではないのに対し、カスタマイズ機能は新規出現オブジェクトのすべてを強調している。そのため、強調オブジェクトの中には停留点がまったく

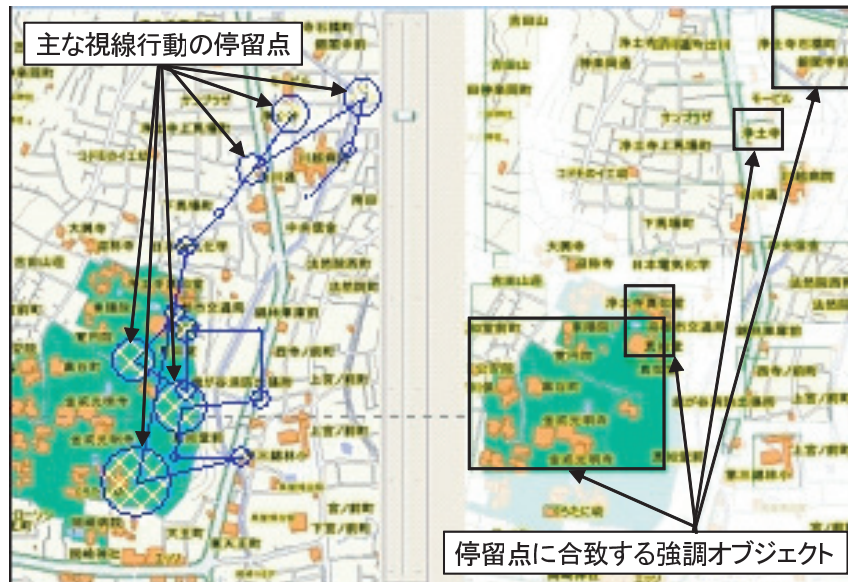


図 10 意図抽出と視線行動

Fig. 10 Extracted intention and eye motion.

存在しないものがある。しかし、新規出現オブジェクトが少ない左上部分や下部には停留点が存在せず、影薄化もされていることから、関心地点絞り込み型における新規出現オブジェクトの強調効果が効果的である可能性が高いといえる。

同様に 4.1 節で定義している多地点探索型、単純移動型、選択移動型に関して、カスタマイズの表示様式によりユーザが探索する予定のオブジェクトを推定することが可能であることを確認した。位置確認型に関しては、停留点、強調オブジェクトにない傾向が見られるが、特定のオブジェクトに対しての停留点でもない傾向にあった。地図操作に迷ったユーザの意図として、位置確認型を定義しているため、意図抽出が行えているものと考えられる。しかしながら、カスタマイズの表示様式により強調したオブジェクトが地図操作に対する迷いを解決できていないと考えられ、オブジェクトを見失ったユーザに対して一般的なランドマークとなるオブジェクトを呈示するなど、適切なカスタマイズの表示様式を選定する必要がある。

6. ま と め

本稿では、オンライン地図において表示オブジェクトをカスタマイズする方式を提案した。カスタマイズの手法として、地図インタフェース操作からの意図抽出、ユーザにより選択された表示オブジェクトの関係を定義し、それらを組み合わせることにより、効果的な表示オブジェクトのカスタマイズを実現した。

作成したプロトタイプシステムを用いて、まず、従来システムに対する有効性を示し、提案手法の性質を明らかにするために、定義したカスタマイズ機能を発動するタイミングの適合率とカスタマイズ機能の有効性に関して実験を行った。カスタマイズ機能はユーザの意図が含まれると考えられるタイミングを操作履歴と表示オブジェクトの関係で表現できることを確認し、表示オブジェクトの探索時においてカスタマイズを行わない通常の地図表示システムに比べて効率的にオブジェクトを発見できる可能性を確認した。その結果、提案したカスタマイズ機能の性質を明らかにした。今後の課題としては、大規模な地名・領域データを用いた様々な場所における実証実験、関係を判定する表示オブジェクトの取得手法の検討、カスタマイズ機能のトリガの適合率を高めるための機械学習によるアプローチや画面注視時間、画面注視位置を利用したトリガの決定方式の検討、表示領域外のオブジェクトに対する探索支援方式、地図を利用するプラットフォームごとに有効なカスタマイズ機能を検討する必要があると考える。

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)、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。

参 考 文 献

- 1) Google Video. <http://video.google.com/>
- 2) Yahoo! Blog. <http://blogs.yahoo.co.jp/>
- 3) goo Maps. <http://map.goo.ne.jp/>
- 4) Area Cutter (ゼンリンデータコム). <http://www.zenrin-datacom.net/>
- 5) デフォルメマップ作成ツール (昭文社). <http://www.mapple.co.jp/>
- 6) ALPS LAB. 略地図. <http://yuru.alpslab.jp/>
- 7) 平元綾子, 角谷和俊: オンライン地図におけるユーザ操作を用いた Web 検索方式, 電子

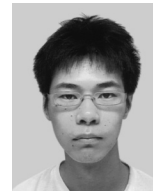
- 情報通信学会論文誌 (データ工学特集号), Vol. J90-D, No.2, pp.257-268, The Institute of Electronics, Information and Communication Engineers (2007).
- 8) Hirose, M., Hiramoto, R. and Sumiya, K.: GeminiMap: Geographical Enhanced Map Interface for Navigation on the Internet, *Proc. 7th International Symposium on Web and Wireless GIS (W2GIS 2007)*, pp.279-292 (2007).
 - 9) 有川正俊, 上林彌彦: 地理データベースにおける意味的概視機能, 九州大学大型計算機センター計算機科学研究報告, pp.1-10 (1988).
 - 10) 嶋田 茂, 谷崎正明, 丸山貴志子: 空間要約による携帯ナビゲーションシステムの構成方式とその評価, 情報処理学会論文誌, Vol.44, No.12, pp.3002-3013, Information Processing Society of Japan (IPSJ) (2003).
 - 11) 中澤啓介, 北 望, 高木健一, 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, Vol.49, No.1, pp.233-241, Information Processing Society of Japan (IPSJ) (2008).
 - 12) 梶田健史, 山本一徳, 長谷川純一: デフォルメ地図自動生成システムの開発, 情報処理学会論文誌, Vol.37, No.9, pp.1736-1744, Information Processing Society of Japan (IPSJ) (1996).
 - 13) 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, Information Processing Society of Japan (IPSJ) (2000).
 - 14) 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, Vol.97, No.70, pp.25-32, Information Processing Society of Japan (IPSJ) (1997).
 - 15) 馬場口登, 堀江政彦, 上田俊弘, 淡誠一郎, 北橋忠宏: 経路理解支援のための略地図とその案内文の生成システム, 電子情報通信学会論文誌, Vol. J80-D2, No.3, pp.791-800, The Institute of Electronics, Information and Communication Engineers (1997).
 - 16) Atterer, R., Wnuk, M. and Schmidt, A.: Knowing the User's Every Move - User Activity Tracking for Website Usability Evaluation and Implicit Interaction, *Proc. 15th International Conference on World Wide Web (WWW2006)*, pp.203-212 (2006).
 - 17) Pan, B., Hembrooke, H.A., Gay, G.K., Granka, L.A., Feusner, M.K. and Newman, J.K.: The Determinant of Web Page Viewing Behavior: An Eye-Tracking Study, *Proc. 2004 Symposium on Eye Tracking Research & Applications*, pp.147-154 (2004).
 - 18) 手塚太郎, 田中克己: ウェブからのランドマーク抽出に基づくクエリフリーな地図情報閲覧, 日本データベース学会 DBSJ Letters, Vol.4, No.1, pp.141-144 (2005).
 - 19) Aoidh, E.M., Koinis, A. and Bertolotto, M.: Improving Archaeological Heritage Information Access Through a Personalised GIS Interface, *Proc. 6th International Symposium on Web and Wireless Geographical Information Systems (W2GIS2006)*,

- pp.135-145 (2006).
- 20) Weakliam, J., Bertolotto, M. and Wilson, D.: Implicit interaction profiling for recommending spatial content, *Proc. 13th International Symposium of Advances in Geographic Information Systems (ACM GIS 2005)*, pp.285-294 (2005).
 - 21) 福田恭介: 眼球運動・瞳孔運動の心理学的側面, あたらしい眼科, Vol.13, No.11, pp.1669-1674 (1996).
 - 22) 木下 徹, 宮本節子, 大石晴美, 今井裕之, 後藤明史: 視線と対象: ロボットへの学習者の視線行動の特徴を中心に, 日本教育工学会研究会 (08-1), 日本語教育と教育工学/一般, p.D11 (2008).
 - 23) Egenhofer, M.J.: A model for detailed binary topological relationships, *Geomatica*, Vol.47, No.3&4, pp.261-273 (1993).

(平成 22 年 6 月 20 日受付)

(平成 22 年 10 月 8 日採録)

(担当編集委員 白石 陽)



北山 大輔 (正会員)

2005年姫路工業大学環境人間学部環境人間学科卒業。2007年兵庫県立大学大学院環境人間学研究科博士前期課程修了。2009年兵庫県立大学大学院環境人間学研究科博士後期課程修了。同年兵庫県立大学環境人間学部客員研究員および日本学術振興会特別研究員 PD, 現在に至る。博士(環境人間学)。映像データベース, マルチメディアデータベースに興味を持つ。日本データベース学会会員。



宮本 節子

名古屋大学大学院国際開発研究科国際コミュニケーション専攻博士課程修了。兵庫県立大学環境人間学部環境人間学科教授, 現在に至る。博士(学術)。日本教育工学会, 日本教育メディア学会, 日本コミュニケーション学会, 異文化コミュニケーション学会。マルチメディア教材の開発と評価, 視覚情報への視線行動分析に関心を持つ。



角谷 和俊（正会員）

1988年神戸大学大学院工学研究科修士課程修了。同年松下電器産業（株）入社。ソフトウェア開発環境，マルチメディアデータベース，データ放送の研究開発に従事。1998年神戸大学大学院自然科学研究科博士後期課程（情報メディア科学専攻）修了。1999年神戸大学都市安全研究センター都市情報システム研究分野講師，2000年同助教授。2001年京都大学大学院情報学研究科社会情報学専攻助教授。2004年兵庫県立大学環境人間学部環境人間学科教授，現在に至る。博士（工学）。IEEE Computer Society，ACM，電子情報通信学会，日本データベース学会等各会員。
