歩行者用モバイルマップにおける ランドマークの意味的包含関係に基づく複合アイコン生成方式

谷口　和也†　　山本　大介†　　北神　慎司††　　高橋　直久†

† 名古屋工業大学大学院工学研究科情報工学専攻　〒 466-8555 愛知県名古屋市昭和区御器所町
†† 名古屋大学大学院環境学研究科社会環境学専攻　〒 464-8601 愛知県名古屋市千種不老町
E-mail: †taniguchi@moss.elcom.nitech.ac.jp, ††{daisuke,naohisa}@nitech.ac.jp,
†††kitagami@cc.nagoya-u.ac.jp

あらまし　本稿では，歩行者用モバイルマップにおけるランドマークの意味的包含関係に基づく複合アイコン生成方式を提案する．我々は，地域のイメージの把握が容易で視認性の高い地図描画手法の実現を目標とする．提案システムは，次の 3 つの特徴を持つ．(1) ランドマークの意味的な包含関係を表すランドマークツリーを用いて，複数のランドマークの意味を包含する複合アイコンを生成する．(2) 各行政区域に存在する多数のランドマークを 1 つの集合として扱い，その集合ごとに複合アイコンを生成する．(3) 各ランドマークに対するユーザの興味の大きさを表す優先度を考慮して複合アイコンを決定する．本稿では，提案方式の実現法を示し，その実現法に基づいて作成したプロトタイプシステムについて述べる．また，プロトタイプシステムを用いたデータ工学的および認知科学的検証実験により，提案方式の有効性を示す．

キーワード　歩行者用モバイルマップ，ランドマーク，アイコン，オントロジー

A Compound Icon Generation Method Based on Ontology of Landmark in Mobile Map for Pedestrian

Kazuya TANIGUCHI†, Daisuke YAMAMOTO†, Shinji KITAGAMI††, and Naohisa TAKAHASHI†

† Department of Computer Science and Engineering, Graduate School of Engineering,
Nagoya Institute of Technology
Gokiso, Showa, Nagoya, 466-8555 Japan
†† Department of Social and Human Environment, Graduate School of Environmental Studies,
Nagoya University
Frou, Chikusa, Nagoya, 464-8601 Japan
E-mail: †taniguchi@moss.elcom.nitech.ac.jp, ††{daisuke,naohisa}@nitech.ac.jp,
†††kitagami@cc.nagoya-u.ac.jp

Abstract　In this paper, we propose a compound icon generation method based on ontology of landmarks in a mobile map for pedestrians. Our goal is the map generation method that enables users to grasp an image of the area easily with high visibility. The proposed system has the following three features. (1)The compound icon is generated by using the landmark tree that maintains semantic relations of the landmarks. (2)Compound icons area generated for a set of multiple landmarks in the same administration area. (3)The kind of compound icon is determined according to the priority that corresponds to user's interest to each landmark. In this paper, we describe implementation techniques of the proposed method and the prototype system developed by using these techniques. Moreover, we clarify the effectiveness of the proposed method by the experimental evaluation.

Key words　Mobile Map for Pedestrian，Landmark，Icon，Ontology

1. はじめに

近年，携帯電話などの携帯端末を利用した歩行者用モバイルマップが普及しつつある．歩行者用モバイルマップの多くは，GPS などの位置取得センサから得た現在地を中心とするマップを表示している．歩行者は，マップに対して拡大・縮小・スクロール操作をすることにより，現在地周辺にある道やランドマーク (個々の建造物) を確認することが可能である．

しかし，都心部などのランドマークが密集する地域において，歩行者が周辺を一覧するためにマップに対して縮小操作を行うと，マップ上のアイコン間に重なりが生じて地図の視認性が悪化してしまう問題 (ここでは，この問題をアイコン衝突問題と呼ぶ) がある．

アイコン衝突問題と同様の問題として，ラベル衝突問題がある．ラベル衝突問題に対しては，これまでにいくつかの回避策が提案されている [2] [3]．ラベルは，ランドマークなどの地図オブジェクトを説明する補助的な役割を持つものである．そのため，ラベル衝突問題に対する回避策では，地図オブジェクトとの対応が付く範囲で表示位置を変更するなど，ラベルの幾何学的関係を最適化している．一方，アイコンは，地図オブジェクト自身の意味を表すものである．そのため，アイコン衝突問題に対する回避策では，幾何学的な関係だけでなく，意味的な関係も考慮する必要がある．例えば，地図上で，ラーメン屋，うどん屋，お寿司屋のアイコンが衝突しているとき，これらのランドマークの意味的な関係を考慮し，飲食店街アイコンを 1 つ表示することにより，直感的にその地域のイメージが把握可能になる．

そこで，本稿では，地域のイメージの把握が容易で視認性の高い地図描画手法の実現を目指し [1] [9] [10], ランドマークの意味的包含関係を考慮した複合アイコン生成方式を提案し，その実現法を示す．

従来のアイコン表示方式の問題点と，それに対して提案方式がとる解決策をそれぞれ以下に挙げる．

問 題 点-1

地図上のアイコン数が大きくなると，地図上の多くの道路や線路などがアイコンで隠れてしまう．一方，地図上のアイコン数を減らすと，飲食店街，ビル街などの地域のイメージが直感的につかめなくなってしまう．

特徴-1(問題点-1 に対する解決アプローチ)

ランドマークの意味的な包含関係を表すランドマークツリーを用いて，複数のランドマークを意味的に包含する複合アイコンを生成する．これにより，地域のイメージを表す複合アイコンの生成が可能となる．(問題点-1 に対応)

問 題 点-2

解決策-1 を実現する上で，意味的な近さだけを考慮して複数のランドマークをまとめると，大きな道路や川など，歩行者が横断困難なものを跨ぐ複数のランドマークが 1 つの複合アイコンにまとめられてしまうことがある．

特徴-2(問題点-2 に対する解決アプローチ)

各行政 (市区町村など) に存在する多数のランドマークを 1 つの集合として扱い，ランドマーク集合ごとに複合アイコンを生成する．一般に，行政は大きな道路や川など，歩行者が横断困難なもので区切られていることが多いため，これにより，横断困難なものを跨ぐ複数のランドマークが 1 つの複合アイコンとしてまとめられることを防ぐことができる．(問題点-2 に対応)

問 題 点-3

解決策-1 を実現する上で，複数のランドマークを意味的に包含する 1 つの複合アイコンで表すと，ユーザが興味を持っているランドマークの情報が必要以上に抽象化されてしまうことがある．

特徴-3(問題点-3 に対する解決アプローチ)

各ランドマークに対するユーザの興味の大きさを表す優先度を考慮して複合アイコンを決定する．これにより，ユーザの興味のあるランドマークの情報が必要以上に抽象化されてしまうことを防ぐことができる．例えば，ユーザが飲食店に包含されるランドマークの中で，特にお寿司屋だけに高優先度を設定した場合，ラーメン屋，うどん屋，お寿司屋をまとめて「お寿司屋が 1 つある飲食店街」という複合アイコンを生成することが可能となる．(問題点-3 に対応)

本稿の構成は次の通りである．2. 章で関連研究，3. 章で意味的包含関係に基づく複合アイコンについて述べ，4. 章で提案方式の実現法，5. 章でプロトタイプシステムについて述べる．そして続く 6. 章で評価実験，7. 章でまとめと今後の課題を示す．

2. 関連研究

本稿では，ランドマークの意味的な包含関係を考慮して，多数のランドマークの情報を少数の複合アイコンで表すことにより，アイコンの衝突を回避する方式を提案する．同様に，ラベルやアイコンの衝突回避を扱う研究はすでにいくつか行われている．

ラベル衝突に対する解決策として，各ラベルに複数の表示位置候補を与え，候補の中から衝突を回避する位置を自動的に選択する方式 [2] [3] などが提案されている．しかし，これらの方式をアイコンの配置に適用した場合，アイコンの数が多くなった場合に，アイコンにより地図上の道路などが隠れてしまうという問題がある．

アイコン衝突に対する解決策として，アイコンを間引いて表示する方式がある．この方式として，地図の視認性を向上させるアイコンの配置を人手で決定する方法 [4] の他に，ユーザによって入力された検索条件 (ランドマークのカテゴリなど) を満たすランドマークのみをアイコンとして表示する方式 [5] も提案されている．同様に，ユーザによって入力されたルートに対して，ルート上の曲がり角などの目印になるランドマークのみをアイコンとして表示する方式 [6] が提案されている．これらの方式は，特定のカテゴリのランドマーク探索を行う場合や，特定の目的地までのルートを辿る場合には有効であるが，現在地周辺に存在するランドマークを一覧したいという要求に応えるものではない．

また，ランドマークを，人々が頻繁に目的地とする建物であるオーソリティ型と，空間的な位置関係を把握する際に重要となる地理的オブジェクトであるハブ型に分類し，どちらか (も

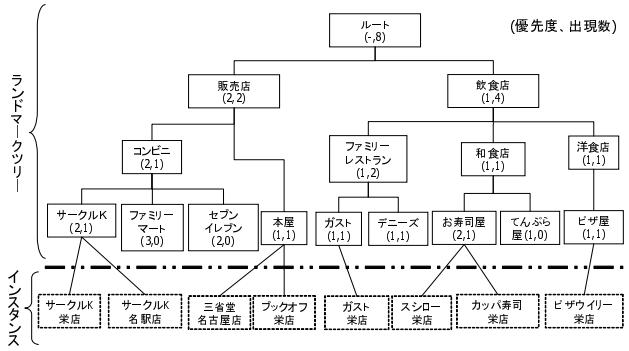

図 1　ランドマークツリーの例

しくは両方の) の特徴を強く持つランドマークをアイコンとして表示する方式 [7] が提案されている．さらに，3D 地図のデータから，視覚的な大きさ，および，周囲オブジェクトとの属性値の相違を指標として，アイコン表示するランドマークを決定する方式 [8] も提案されている．これらの方式は，現在地周辺の特徴を表すランドマークを一覧したい場合に有効である．

しかし，いずれの研究においても，アイコンとして表示されなかったランドマークの情報は失われてしまう．これに対し，提案方式では，多数のランドマークを意味的に包含するアイコンを生成することにより，アイコン表示できないランドマークの数を減らしている．

一方，オントロジーを用いて地図や知識を表現することにより，より意味的に地図を理解しようとするアプローチもいくつか存在する．たとえば，Fonseca [12] [13] らは，オントロジーを活用することによって，複数の種類の地図情報を意味的に統合して扱うことが可能になることに言及している．また，Peachavanish [15] らは，オントロジーを活用することによって，ユーザの曖昧な地図検索要求から具体的な地図検索作業のための Geoprocessing Workflows を生成する手法について提案している．さらに，オントロジーを活用することによって，地図情報と意味情報を組み合わせた地図の総描 (Generalization) システムを実現する研究もある [14] [11]．これらの仕組みは地図そのものをオントロジーで扱う仕組みであるが，我々が扱うアイコン衝突問題を扱っているわけではない．

3.　意味的包含関係に基づく複合アイコン

提案方式では，ランドマークの意味的包含関係を表すランドマークツリーを用いて複合アイコンを生成する．2.1 節でランドマークツリーについて述べ，2.2 節で複合アイコンについて述べる．

3.1　ランドマークツリー

ランドマークツリーは，様々な抽象度のランドマークをノードとし，ランドマークの意味的な包含関係を表した木である．意味的包含関係とは，ガストやデニーズはファミリーレストランに意味的に包含され，さらに，ファミリーレストランやラーメン屋は飲食店に意味的に包含されるといった階層的な関係を表す．ランドマークツリーの例を図 1 に示す．

ランドマークツリー上の各ノードは，名前，優先度，出現数の 3 つの値を持つ．

名前は，そのランドマークノードの子孫全体を包含する意味を持つものである．たとえば，図 1 中のファミリーレストランはガストやデニーズを包含した名前である．また，ランドマークの名前とアイコンの図式は 1 対 1 に対応する．

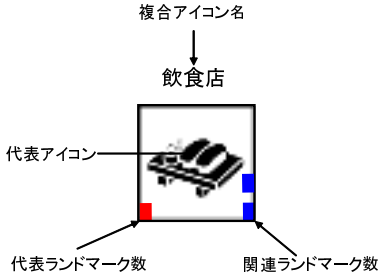

図 2　複合アイコンの例

優先度は，そのランドマークの代表アイコンへの選ばれやすさを表す．ユーザは興味のあるランドマークに高い優先度を与えることにより，興味のあるランドマークを代表アイコンとして優先的に表示させることができる．

出現数は，ランドマーク集合中で，そのランドマークに意味的に包含されるランドマーク数の総和である．例えば，ランドマーク集合中に，サークルK，ファミリーマート，本屋があるとき，図 1 のランドマークツリー中のサークルKノード，ファミリーマートノード，本屋ノードの出現数はそれぞれ 1，コンビニノードの出現数は 2，販売店ノードの出現数は 3 となる．

また，ランドマークツリーの各リーフは,「ガスト栄店」「デニーズ八王子店」のような具体的なランドマークをインスタンスとして持つ．

3.2　複合アイコン

複合アイコンとは，複数のランドマークの意味を包含するアイコンである．例えば，ラーメン屋，うどん屋，お寿司屋の 3 つのランドマークがあったとき，地図上にアイコン 1 つ分の表示スペースしかなければ，これらを個々のアイコンとして表示するのではなく，これらをまとめて飲食店が 3 つあることを示す複合アイコンを表示する．さらに，お寿司屋に対して高い優先度が設定されていれば，お寿司屋が 1 つとその他の飲食店が 2 つあることを示す複合アイコンを表示する．複合アイコンの例を図 2 に示す．

複合アイコンは，以下の 4 つの値を持つ．

複合アイコン名　包含する全ランドマークの意味を包含する名前

代表アイコン　包含するランドマークの代表を表すアイコン

代表ランドマーク数　代表アイコンに包含されるランドマークの数

関連ランドマーク数　複合アイコンに包含され代表アイコンに包含されないランドマークの数

図 2 の例において，代表ランドマーク数はお寿司屋の数を表し，関連ランドマーク数はお寿司屋以外の飲食店の数を表す．

4.　提案方式の実現法

本稿では，以下の機能により，提案方式を実現する．

複合アイコン生成機能

ランドマークツリーを用いて，与えられたランドマーク集合の要素の意味を包含する指定数の複合アイコン情報を生成する．

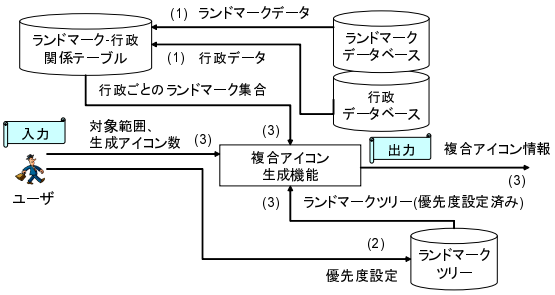

図 3　提案方式の概要

表 1　提案方式で使用する地図データ

使用するデータ	構成要素
ランドマークデータ	ランドマークのID
	ランドマークの名前
	ランドマークの位置座標(緯度経度座標)
行政ポリゴンデータ	行政のID
	行政の名前
	行政を形成するポリゴンの各点の緯度経度座標

複合アイコン情報は，複合アイコンに関する情報であり，複合アイコン名，代表アイコン，代表ランドマーク数，関連ランドマーク数，アイコン配置座標からなる．これにより，少数のアイコンで地域のイメージを表す複合アイコンの生成が可能となる．

図 3 に，提案方式の概要，および，提案方式によるアイコン生成の流れを示す．本章では，4.1 章で提案方式実現に必要なデータについて述べ，4.2 章で複合アイコン生成の流れについて詳しく述べる．そして，4.3 章では，上記の複合アイコン生成機能について実現法を述べる．

4.1　提案方式実現に必要なデータ

本節では，提案方式の実現に必要な地図データ，および，ランドマーク-行政関係テーブルについてそれぞれ述べる．

4.1.1　地図データ

提案方式では，表 1 に示す 2 種類の地図データを用いる．ランドマークデータは，ランドマークの ID，ランドマークの名前，ランドマークの位置座標 (緯度経度座標) から構成されるデータである．行政ポリゴンデータは，行政の ID，行政の名前，行政を形成するポリゴンの各点の位置座標 (緯度経度座標) から構成されるデータである．

4.1.2　ランドマーク-行政関係テーブル

提案方式では，1 つの行政に存在するランドマークを 1 つの集合として扱い，集合ごとに複合アイコンを生成する．提案方式では，表 1 に示した 2 種類の地図データを用いて，あらかじめランドマーク-行政関係テーブルを生成しておくことにより，所属行政単位のランドマーク抽出を高速に実現する．ランドマーク-行政関係テーブルは，各行政ごとに存在するランドマークの ID が格納されたテーブルである．

4.2　提案方式による複合アイコン生成の流れ

図 3 にしたがって提案方式による複合アイコン生成の流れを示す．

(1) ランドマークデータ，行政データから，ランドマーク-行政関係テーブルを生成する．

(2) ユーザは，ランドマークツリー上の各ノードの優先度を設定する．

(3) ランドマーク-行政関係テーブル，ランドマークツリーを用いて，ユーザにより指定されたアイコン生成対象範囲に存在するランドマークから，指定された数の複合アイコンを生成する．

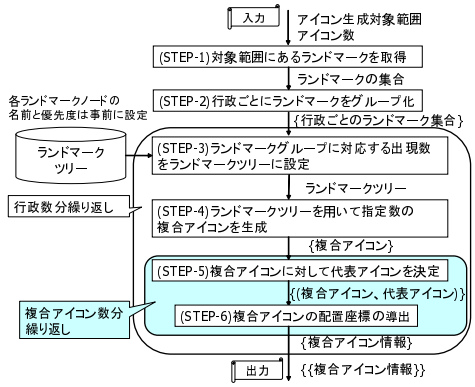

図 4　複合アイコン生成機能 (機能-1) の概要

上記の (1)〜(3) のうち，(1) の処理については，必ずしも要求ごとに行う必要はなく，事前に全国分のランドマークデータ，行政データに対してランドマーク-行政関係テーブルを生成しておくことが可能である．また，(2) の処理についても，各ランドマークに対するユーザの優先度が変化しない限り，必ずしも要求ごとに行う必要はなく，事前に設定しておくことが可能である．そのため，(1)，(2) の処理を事前に行っておくことにより，要求ごとの計算時間を短縮することができ，インタラクティブな地図操作が可能となる．

4.3　複合アイコン生成機能

本節では，複合アイコン生成機能について述べる．複合アイコン生成機能は，ランドマークツリーを用いて，与えられたランドマーク集合の要素の意味を包含する指定数の複合アイコン情報 (複合アイコン名，代表アイコン，代表ランドマーク数，関連ランドマーク数，アイコン配置座標) を生成する．

複合アイコンは，次の手順で生成される (図 4 参照)．

STEP-1(ランドマークの抽出)　アイコン生成対象範囲に存在するランドマークを求める．

STEP-2(ランドマークのグループ化)　STEP-1 で求めたランドマークをランドマーク-行政関係テーブルを用いて，行政ごとにグループ化する．

STEP-2 で求めた各行政のランドマーク集合に対して，以下の STEP-3〜STEP-5 を実行する．

STEP-3(出現数の設定)　ランドマーク集合に対応する出現数をランドマークツリー上の各ランドマークノードに設定する．

STEP-4(複合アイコンの導出)　STEP-3 で出現数を設定したランドマークツリーを用いて，指定された数の複合アイコンを生成する．

STEP-5(代表アイコンの導出)　STEP-4 で求めた各複合アイコンに対して代表アイコンを求め，代表ランドマーク数，関連ランドマーク数を求める．

STEP-6(複合アイコンの配置座標の導出)　STEP-4 で求めた各複合アイコンに対して，代表ランドマークの中から，所属行政の中心点に最も近いものを 1 つを選び，そのランドマークの位置 (緯度経度座標) を複合アイコンの配置座標とする．

次に，上記の手順のうち，特に重要な STEP-3〜STEP-5 の各 STEP の詳細を以下に示す．

4.3.1 STEP-3(出現数の設定) の詳細

STEP-3(出現数の設定) は以下の手順で行われる．

STEP-3.1 ランドマーク集合の各要素に対して，対応するランドマークツリー上のリーフを探し，出現数を 1 つインクリメントする．

STEP-3.2 STEP-3.1 で求めた各リーフの出現数をもとに，ランドマークツリー上のリーフ以外の全てのノードの出現数を求める．リーフ以外のノードの出現数は，そのノードをルートとする部分木を考え，部分木の全てのリーフの出現数の総和とする．

4.3.2 STEP-4(複合アイコンの導出) の詳細

STEP-4(複合アイコンの導出) では，ランドマークツリーのルートノード (全てのランドマークの意味を含む最も抽象度の高いノード) を，徐々により具体的なランドマークである下位のノードへと分割していく．そして，分割数が，指定されたアイコン数と等しくなった時点で分割されているノードが複合アイコンとなる．分割過程において，各ノードは分割可能数を持つ．分割可能数とは，指定された数のアイコンを生成するために，そのノードが最大でいくつに分割可能であるかを表す値である．例えば，ルートノードの分割可能数は，生成したいアイコン数と等しくなる．各ノードにおける子ノードへの分割は，そのノードの子ノードのうち出現数≠ 0 のノード数と分割可能数との大小関係によって以下のように行う．

関係 1 分割可能数と出現数≠ 0 の子ノード数が等しい場合 出現数≠ 0 の各子ノードに対して，分割可能数 1 を割り当てる．

関係 2 分割可能数が出現数≠ 0 の子ノード数より小さい場合 このノードが複合アイコンとなる．

関係 3 分割可能数が出現数≠ 0 の子ノード数より大きい場合 出現数≠ 0 の各子ノードに対して，分割可能数を均等に割り当てる．均等に割り当てられない場合には，優先度の高い順 (優先度が等しいときには，出現数の大きい順) に割り当てる．ただし，各子ノードは出現数以上は割り当てられない．

また，リーフまで分割された場合にはそのリーフは複合アイコンとなる．ただし，出現数 1 のリーフが複合アイコンとなるとき，複合アイコン名はインスタンスの名前となる．例えば，ブックオフ栄店を含むランドマーク集合から出現数 1 の本屋ノードが複合アイコンとして選ばれたとき，複合アイコン名はインスタンスの名前であるブックオフ栄店となる．

4.3.3 STEP-5(代表アイコンの導出) の詳細

STEP-5(代表アイコンの導出) は以下の手順で行われる．

STEP-5.1 ランドマークツリー上で，複合アイコンに対応するノードをルートとする部分木を考える．この部分木に含まれる出現数≠ 0 のノードの中で，最も高い優先度を持つアイコンを代表アイコンとする．

STEP-5.2 代表ランドマーク数，関連ランドマーク数を求める．ランドマークツリー上で代表アイコンに対応するノードの出現数が代表ランドマーク数となり，複合アイコンに対応するノードの出現数から代表アイコンに対応するノードの出現数を減じたものが関連ランドマーク数となる．

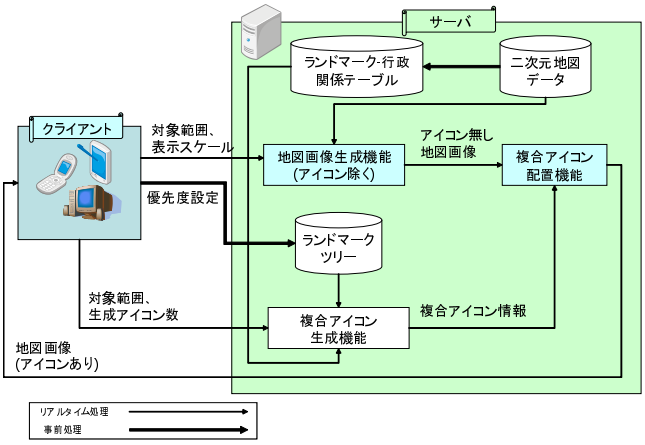

図 5 プロトタイプシステムの構成

5. プロトタイプシステムの実装

4. 章の提案方式に基づくプロトタイプシステムを実装した．本章では，このプロトタイプシステムについて述べる．プロトタイプシステムは，図 5 に示すように，複合アイコン生成機能，地図画像生成機能，複合アイコン配置機能からなる．

1 地図画像生成機能 二次元地図データを用いて，指定された範囲，指定されたスケールの地図画像を生成する．本機能では，ヤフー株式会社の「AlpsMAP GeoFramework」のベクトルエンジン (ベクトル地図データから，ラスター地図画像を合成する機能を提供するもの) を用いて地図画像を生成する．

2 複合アイコン配置機能 複合アイコン生成機能により生成された複合アイコン情報に含まれる配置座標をもとに，各複合アイコンを地図画像上に配置する．本機能では，緯度経度座標で与えられた配置座標をヤフー株式会社の「AlpsMAP GeoFramework」の座標変換モジュールを用いて，画面上の座標に変換し，複合アイコンを配置している．

3 プロトタイプシステムで用いたデータ及び生成した地図画像 プロトタイプシステムに用いた二次元地図データは，ヤフー株式会社 (元アルプス株式会社) のスタンダード道路地図データ (mid/mif 形式) [5] である．また，ランドマークツリーの名前の階層構造は，ヤフー株式会社のスタンダード道路地図データに含まれている種別コード表中のジャンルと種別をもとに構築した．プロトタイプシステムに用いたランドマークツリーの名前の階層構造は，販売店，飲食店などの深さ 1 のノード 15 個，コンビニ，ファミリーレストランなどの深さ 2 のノード 41 個からなる．アイコンは，オフィススローライフ社のピクトグラム [16]，および，昭文社の MDX 形式ファイル中に含まれるシンボル画像 [18] を用いた．また，プロトタイプシステムでは，各アイコンに対する優先度は低，中，高の 3 値とした．

プロトタイプシステムにより生成した地図画像の例を図 6 に示す．この例は，鶴舞駅周辺を 25000 分の 1 のスケールで表示した地図画像の例であり，ランドマークを提案方式に基づく複合アイコンで示したものである．

6. 評 価 実 験

5. 章で述べたプロトタイプシステムを用いてデータ工学的評価実験 (実験-1)，および，認知科学的評価実験 (実験-2) を

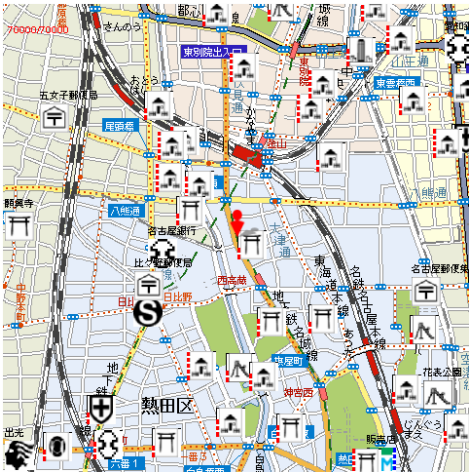

図 6　プロトタイプシステムにより生成した地図画像例

行った．

6.1　実 験 目 的

(1) 実験-1 イメージの把握が容易な地図の実現に関して，以下の 2 点を検証する．

検証項目-1　アイコン生成にランドマークツリーを導入することにより，より多くのランドマークを地図上に表示できる

検証項目-2　アイコン生成に優先度を導入することにより，地図上に表示されるアイコンの抽象度を下げられる

(2) 実験-2 イメージの把握が容易な地図の実現に関して，以下の 2 点を検証する．

検証項目-3　アイコン生成にランドマークツリーを導入することにより，ユーザがより多くのランドマークを認識できる

検証項目-4　新しく追加した形式のアイコンが地図の視認性を低下させない

6.2　実 験 方 法

(1) 実験-1

ランドマーク集合から 50 個のアイコンを生成する．アイコン生成方式として，表 2 に示した 4 つの方式を比較した．表中の方式 γ，提案方式はアイコンの生成にランドマークツリーを使用し，方式 α，方式 β はランドマークツリーは使用しない方式である．一方，方式 β，提案方式はアイコンの生成に優先度を使用し，方式 α，方式 γ は優先度を使用しない方式である．

また，適応領域を調べるために，与えるランドマーク集合の要素数を以下のように変化させて実験を行った．

要素数大　名古屋市鶴舞周辺を 2 万 5 千分の 1 のスケールで表示したときの地図描画範囲に存在するランドマークの集合 (ランドマーク数 300 程度)

要素数小　名古屋市栄周辺を 7 万分の 1 のスケールで表示したときの地図描画範囲に存在するランドマークの集合 (ランドマーク数 4000 程度)

さらに，ランドマークツリー上の各ノードの優先度の偏りによる実験結果への影響を防ぐため，各ノードの優先度をランダムに設定した 10 通りのランドマークツリーに対して実験を行い，各ランドマークツリーで得られた結果の平均を最終的な結果とした．

実験-1 では，以下の 2 つのパラメータを評価パラメータとする．

表 2　比較方式の分類

	優先度なし	優先度あり
ランドマークツリーなし	方式 α	方式 β
ランドマークツリーあり	方式 γ	提案方式

再現率　与えられたランドマーク集合において，ユーザの要求を満たす (優先度中，高の) ランドマークの数に対する，アイコン表示されたランドマークの数の割合

抽象度　アイコンの図式になっているランドマークのランドマークツリー上での深さ (葉からの距離)

再現率を算出することにより，ユーザの要求を満たすランドマークのうち，どの程度がアイコンとして表示できているかを知ることができる．

複合アイコンに対する再現率の算出では，アイコン表示されたランドマークの数 N は以下のような特殊な方法で算出する．

$$N = N_1 + \frac{N_2}{L-1} \tag{1}$$

ここで，式中の N_1，N_2 はそれぞれ，代表ランドマーク数，関連ランドマーク数を表す．また，L は，ランドマークツリーにおいて，複合アイコンをルートとする部分木が有するリーフの数を表す．

複合アイコン上で，関連ランドマーク (代表アイコンに包含されないランドマーク) は，具体的なランドマークではなく，「複合アイコンに包含されるランドマーク」という表示であり，複数の候補が存在するため，上記のような算出法をとる．例えば，図 2 の複合アイコン上で，寿司屋以外の飲食店と表示されているものの候補は，図 1 のランドマークツリーにおいて，ガスト，デニーズ，てんぷら屋，ピザ屋の 4 つである．したがって，寿司屋以外の飲食店として表示されている各ランドマークは，$\frac{1}{4}$ がアイコンとして表示されていると考える．これらにより，図 2 の N は次のようになる．

$$N = 1 + \frac{1}{4} + \frac{1}{4} = \frac{3}{2} \tag{2}$$

一方，複合アイコンの抽象度の平均値を算出することにより，生成される複合アイコンがどの程度抽象的なものであるかを知ることができる．一般的に，抽象度の高いアイコンは，ユーザによる認識率が低い [17]．そのため，生成される複合アイコンの平均抽象度が低ければ，比較的ユーザが理解しやすい複合アイコンであるといえる．

(2) 実験-2

91 人の被験者は，提示された地図を 1 分間参照後，以下の課題を行う．

課題：地図上に表示されていた各地域にどのようなランドマークが存在したかという問いに，記憶をもとに回答する．

各被験者には，以下の 2 種類の地図のうち，1 つを提示する．

- ランドマークツリーを用いて生成した複合アイコンが表示された地図
- 個々のランドマークがアイコンとして表示された地図

提示した地図の種類による課題結果の影響を調べる．また，表示地域による実験結果への影響を防ぐために，札幌，東京，大

図 7　実験で提示した地図の例 (ランドマークツリー使用・札幌)

阪，福岡の 4 地域の地図を用意し，各被験者は，4 地域のうち，行った経験のない地域に対して課題を行う．なお，実験-2 は，地図から認識できるランドマーク数を比較する実験であるため，地図の表示地域はランドマークが多く存在する都心部を選んだ．図 7 に，実験-2 で被験者に提示した地図の例 (ランドマークツリー使用・札幌) を示す．

また，存在するランドマークに関する問いは，提示した地図を 4 つに区切った各地域に対して行う．提示した地図を区切って各区画ごとにランドマークの存在を問うことにより，ユーザがおおよそのランドマークの位置を把握できていることを確認することができる．

各課題では，存在するランドマークの候補を選択肢として提示し，被験者は提示された選択肢の中から記憶に残っているランドマークを全て選択する方式をとる．選択肢として提示するランドマークは全部で 23 種類あり，様々な抽象度で示されている．選択肢として挙げたランドマークを以下に示す．

(ガソリンスタンド・官公署・観光施設・公園・住宅・ビル・金融機関・宿泊施設・病院・販売店・レジャー施設・鑑賞・飲食店・学校・警察署・郵便局・コンビニ・動物園・美術館・ファミリーレストラン・小学校・サークルK・デニーズ)

実験-2 では，以下の 2 つのパラメータを評価パラメータとする．

Hit 率　表示地域に存在するランドマークに関する選択肢のうち，被験者が選択した項目の割合

False Alarm 率　表示地域に存在しないランドマークに関する選択肢のうち，被験者が選択した項目の割合

Hit 率，False Alarm 率は，いずれも記憶指標であり，Hit 率は，正答率のようなもので，高ければ高いほど，記憶が正確だったことを示し，False Alarm 率は，誤答率の一種で，高ければ高いほど，記憶が不正確だったことを示す [17]．Hit 率を算出することにより，地図上の表示地域に存在するランドマークを被験者がどの程度認識できているかを知ることができ，False Alarm 率を算出することにより，地図上の表示地域に存在しないランドマークを被験者がどの程度誤認識しているかを知ることができる．

また，被験者は，課題終了後に，課題で提示された地図の視認性などに関する 5 段階評価のアンケートに回答する．

6.3　実験結果と考察

(1) 実験-1

再現率と抽象度の結果をそれぞれ表 6.3，表 6.3 に示す．まず，再現率に対して，実験結果と考察を述べる．再現率は，平均値で比較すると，方式 α に対して，優先度のみを導入した方式 β で約 2.5 倍，ランドマークツリーのみを導入した方式 γ で約 3.5 倍，優先度，ランドマークツリーともに導入した提案方式で約 6 倍高いことがわかる．これは，優先度を導入することにより，ユーザの検索要求を満たすランドマークが優先的に複合アイコンとして表示されるようになるため，再現率の値は高くなったといえる．また，ランドマークツリーを導入することにより，1 つ 1 つのアイコンが表すランドマークの数が多くなったため，アイコンとして表示できるランドマークの絶対数が大きくなり，再現率の値は高くなったといえる．さらに，優先度，ランドマークツリーともに導入した提案方式では，優先度導入による効果，ランドマークツリー導入による効果の相乗作用により再現率がさらに高くなったといえる．

また，与えるランドマーク集合の要素数に着目すると，要素数小では，方式 α に対して提案方式が約 4.5 倍程度にあるのに対し，要素数大では，約 35 倍となっている．これは，ランドマークツリーを用いない方式では，要素数の大きさに関わらず，アイコンとして表示できるランドマークの数はアイコン数と等しいのに対し，ランドマークツリーを用いる方式では，要素数が大きくなるにつれて，1 つの複合アイコンが表すランドマークの数が増えるためである．

これらのことから，優先度，および，ランドマークツリーを導入することにより，再現率が改善できることがわかった．また，特に，与えるランドマーク集合の要素数が大きい場合に，再現率を大きく改善できることがわかった．

次に，抽象度に対して，実験結果と考察を述べる．抽象度は，平均値で比較すると，方式 γ に対して，優先度を考慮した提案方式では，0.3 低くなっていることがわかる．これは，提案方式において，抽象度の低いランドマークに高優先度が設定されていた場合，まとめられるランドマーク全ての意味を包含するランドマークではなく，高優先度が設定された抽象度の低いランドマークがアイコン表示されるためである．また，ランドマークツリーを用いない方式では，常に具体的なランドマークがアイコン表示されるため，抽象度は常に 0 になる．これに対し，表 6.3 より，提案方式の抽象度は，要素数の大小に関わらず，1 以上となっていることがわかる．これらのことから，優先度を導入することにより，抽象度を改善できることがわかったが，ランドマークツリー導入による抽象度の悪化を完全に改善することはできなかった．更なる抽象度の改善には，抽象度の低いランドマークに高優先度を設定するなどの処置が必要である．

(2) 実験-2

Hit 率と False Alarm 率の結果を図 8 に示す．図 8 は，Hit 率と False Alarm 率の結果をそれぞれランドマークツリーあり，なしに分け，比較したものである．図 8 の実験結果に対して，ランドマークツリーあり条件となし条件の平均を比較する

表 3　再　現　率

再現率			
	要素大	要素小	平均
方式 α	1.2	17	9.1
方式 β	5.2	39	22.1
方式 γ	16	50	33
提案	40	74	57

表 4　抽　象　度

抽象度			
	要素大	要素小	平均
方式 γ	1.8	1.4	1.6
提案	1.5	1.1	1.3

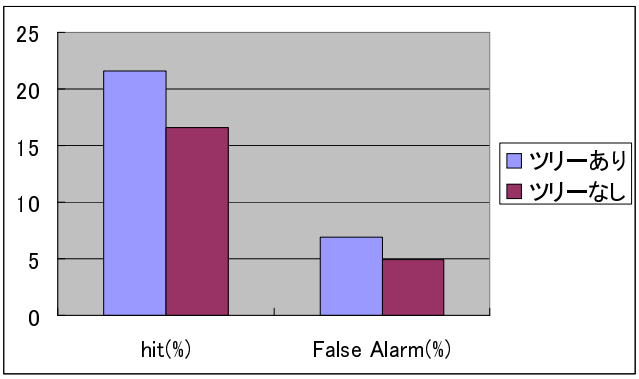

図 8　実験-2 の結果 (Hit 率と False Alarm 率の比較)

表 5　地図の視認性に関するアンケートの結果

質問項目	ツリーあり(n=45) 平均	ツリーなし(n=46) 平均	t検定
*この地図は二度と使いたくない	2.47	2.46	n.s.
この地図を友人にも勧めたいと思う	1.62	1.80	n.s.
*この地図を見るのはストレスを感じた	2.13	2.26	n.s.
この地図は魅力的であった	1.67	1.78	n.s.
この地図は見やすかった	1.67	1.91	n.s.
この地図はすぐに理解できた	1.73	2.07	n.s.
この地図は直感的であった	2.38	2.48	n.s.
地図の主観的評価(項目1～7の合算)	13.67	14.76	n.s.

ために t 検定を行った．その結果，Hit 率については，両条件の平均の差は有意であった (t(65.44) =2.37, p¡.01)．また，False Alarm 率については，両条件の平均に有意な差はみられなかった (t(89)=1.33, n.s.)．Hit 率に有意な差が生じたのは，ランドマークツリーの導入により，表示地域に存在するランドマークの情報が地図上に多く表示できたためといえる．

地図の視認性に関するアンケートの結果を表 5 に示す．表 5 中の質問項目欄にアスタリスク (*) がついている項目は，逆転項目として扱ったため，アンケートの結果から得られた 5 段階の数値を逆にしていることを表す．例えば,「*この地図は二度と使いたくない」という質問項目では，被験者が，二度と見たくないと感じているほど，値が 1 に近づく．

表 5 より，ランドマークツリーあり条件，なし条件の平均を比較するため t 検定を行ったところ，両条件の平均に有意な差はみられなかった．これにより，ランドマークツリーを導入することによる地図の視認性への影響には，有意な差がないことがわかった．

(1)，(2) の結果より，ランドマークツリーを導入することにより，地図の視認性を悪化させることなく，表示地域に存在するランドマークをより多く把握可能な地図を生成できたといえる．

7. おわりに

本稿では，地域のイメージの把握が容易で視認性の高い地図描画手法の実現を目指し，ランドマークの意味的な包含関係を表すランドマークツリーを用いたアイコン複合化方式を提案した．また，提案方式に基づく実験システムを実装し，提案方式の有効性に関するデータ工学的および認知科学的検証を行った．今後の課題として，ランドマークは多様な側面を内包した概念であるため，本稿で扱ったカテゴリとしての意味だけでなく，さらにランドマークの多様な側面を複合的に考慮したアイコンの生成が挙げられる．

謝　　辞

プロトタイプシステムの開発にあたりヤフー株式会社地域サービス事業部地図技術部の皆様には多大なご指導ご支援を頂きました．ここに記して深く感謝します．

文　　献

[1] 谷口和也，高橋直久，”focus+context+glue 型モバイルマップにおけるランドマークの動的表示制御法”,The 6th Forum on Information Technology J-010(in Japanese),2007.

[2] J.KARTHIK,Y.Hosokawa,and N.Takahashi.:A Lavel Placement Method for the Context Aware Map Synthesizer, 日本データベース学会 DBSJ Letters Vol.3,No.1,pp.145-148(2004)

[3] Yoeli.P(1972): The logic of automated map lettering. The Cartographic Journal,Vol.9,No.2,pp99-108

[4] Google Earth. http://earth.google.com.

[5] Yahoo!地図，http://map.yahoo.co.jp/

[6] ALPSLAB 略地図，http://yuru.alpslab.jp/

[7] 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域情報閲覧”，DBSJ Letters Vol.4,No1

[8] Koiso.K,Mori.T,Kawagishi.H,Tanaka.K,and Matsumoto.T ”InfoLOD and Landmark: Spatial Presentation of Attribute Information and Computing Representative Objects for Spatial Data” International Journal of Cooperative Information Systems,Vol.9,No.1-2,pp.53-76(2000)

[9] Daisuke Yamamoto, Kazuya Taniguchi, Shotaro Ozeki and Naohisa Takahashi, ”Ontology-based Abstraction on Elastic Mobile Maps, ”Third International Workshop on Ubiquitous, Pervasive and Internet Mapping that will take place in Shepherdstown, West Virginia, Sept 10-11, 2008 (Accepted for Publication).

[10] Naohisa Takahashi: An Elastic Map System with Cognitive Map-based Operations, International Perspectives on Maps and the Internet, Michael P. Peterson (Ed.), Lecture Notes in Geoinformation and Cartography, Springer-Verlag, pp.73-87, Feb. 12, 2008.

[11] Geoffrey Dutton and Alistair Edwardes. Ontological Modeling of Geographical Relationships for Map Generalization. In Proceedings of the Workshop of the ICA Commission on Map Generalization and Multiple Representation,2006.

[12] Frederico T.Fonseca. Using Ontologies for Integrated Geographic Information Systems.Transactions in GIS,Vol.6,No.3,pp.231-257,2002.

[13] Frederico T.Fonseca and Max J.Egenhofer. Ontology-Driven Geographic Information Systems. In Proceedings of the 7th ACM Symposium on Advances in Geographic Information Systems,pp.14-19,1999.

[14] Max J.Egenhofer Lars Kulik,Matt Duckham. Ontology-driven map generalization.Journal of Visual Languages and Computing,Vol.16,No2,pp.245-267,2005.

[15] Ratchata Preachavanish and Hassan A Karimi. Ontological Engineering for Interpreting Geospatical Queries. Transactions in GIS,Vol.11,No.1,pp.115-130,2007.

[16] オフィススローライフ社, ピクトグラム＆コミュニケーション,”http://pic-com.jp/01-home.htm”.

[17] 北神慎司・清水寛之・井上智義，2003，”視覚シンボルの評価 ― PIC シンボルの意味明瞭度・日常重要度― 清水寛之（編著） 視覚シンボルの心理学 ”, ブレーン出版，pp.87-102.

[18] 昭文社,MAPPLE デジタル地図データ, ”http://www.mapple.co.jp/corporate/product/01.html”.