

- 17 空間認知を考慮した道案内地図による歩行者交通支援に関する研究

Fundamental Research on Traffic Support to the Pedestrian
by Route Guide Map based on the Space Perception物部寛太郎¹・田中成典²・古田均²・持永大輔³

Kantaro Monobe, Shigenori Tanaka, Hitoshi Furuta and Daisuke Mochinaga

抄録: 近年, 情報技術の進歩に伴い, 携帯端末を用いたナビゲーションシステムなどの歩行者交通支援が普及しつつある。歩行者交通においては, 人間の空間認知を考慮することが重要になる。また, 人間の空間認知を考慮することは, 都市計画や交通計画にも必要である。そこで, 本研究では, 歩行者の空間認知の特徴を把握するため, まず, 手書き地図作成調査を行い, その調査によって得られた情報を基に, 歩行者交通において特に重要となるランドマークの種類と配置位置に関するモデルを作成する。そして, そのモデルを基に, 歩行者交通支援の手段の一つである, 道案内地図作成システムの開発を目指す。

Abstract: Recently, for the advance of information technologies, a pedestrian traffic support like navigation system with mobile phone is spreading. In the pedestrian traffic, it is important to consider space perception. The city planning and the transport planning need to consider space perception, too. In this research, we investigate to make hand-written map, to understand the feature of spatial perception for pedestrian. Using the information obtained by the investigation, we made a model concerning type and position of landmarks that are important for the pedestrian traffic. Using the model, the system for making route guide map is one of the method to support pedestrian traffic is developed.

キーワード: 歩行者交通支援, 空間認知, 道案内地図, ランドマーク

Keywords: Pedestrian Traffic Support, Space Perception, Route Guide Map, Landmark

1. はじめに

近年, 情報技術の進歩に伴い, 携帯端末を用いたナビゲーションシステムなどの歩行者交通支援システムが普及しつつある。背景の一つとして, 電子地図の整備の拡大が挙げられる。これまでは, 電子地図の利用は, 政府や自治体などの公的機関に限られており, 一般ユーザの利用は考えられなかった。しかし, 情報機器の高性能化や地理情報クリアリングハウスのようなデータ整備によって, 誰でも電子地図を利用¹⁾²⁾することができるようになった。電子地図は, カーナビゲーションシステム, 都市計画情報システムや道案内地図など, 様々な分野³⁾⁴⁾で活用されている。また, GPS (Global Positioning System) の精度向上と携帯電話や PDA (Personal Digital Assistants) などの一般ユーザ向けの携帯端末へ GPS の搭載が増加したことも, 歩行者交通支援システムが普及した要因であると考えられる。

歩行者交通支援システムとしては, KDDI 社が提供する EZ ナビウォーク⁵⁾などの携帯端末を介して提供するサービスや Google 社が提供する Google Map⁶⁾などの検索システムと融合したサービスが提供されている。これらのサービスでは, 電子地図上に豊富な情報がユーザに提供されている。ただし, 電子地図を道案内地図として利用する場合, ランドマークの情報を過剰に提供することは, 逆にユーザの空間認識を妨げる⁷⁾。そこで, 歩行者交通の支援のためには, ランドマークを適切に配置した道案内地図を用いることが重要となる。ランドマークを適切に配置するには, 人間が空間認知を行うときに脳内で描いている, 認知地図を考慮することが有効である。認知地図を用いた歩行者支援に関する既存研究として, 道案内地図上の目的地付近を強調する研究⁸⁾やデフォルメ地図自動生成に関する研究⁹⁾がある。これらの研究では, 目的地付近のランドマークの強調や道路データの変形に伴うランドマークの再

1 : 学生会員 情修 関西大学大学院 総合情報学研究科

(〒569-1095 大阪府高槻市霊仙寺町 2-1-1, Tel :072-690-2153, E-mail : monobe@kansai-labo.co.jp)

2 : 正会員 工博 関西大学 教授 総合情報学部

3 : 学生会員 情学 関西大学大学院 総合情報学研究科

配置を行っている。しかし、これらの研究では、地図上にランドマークを配置するとき、利用者が必要とするランドマークに重み付けがされていない。そのため、利用者が地図を見たとき、即座に重要なランドマークを把握することができず、利用者の認知地図形成が難しくなる。歩行者交通支援の精度をより高めるためには、利用者の空間認知を考慮したランドマークを配置することが必要となる。

そこで、本研究では、手書き地図の作成調査を行い、人が経路移動に用いるランドマークの特徴をモデル化し、そのモデルを基にランドマークを適切に配置する道案内地図作成システムの開発を目指す。また、本研究で考案したモデルを基に構築したシステムにより作成した道案内地図による歩行者交通支援や都市計画への適用について考察を行う。

2. 研究の概要

本研究では、ランドマークの種類と配置位置に関するモデルを基に、歩行者交通支援のための道案内地図作成システムを開発する。本研究の概要を図-1に示す。本研究では、まず、歩行者が経路移動のときに利用しているランドマークを明確にするため、手書き地図作成調査を行った。調査結果より、本研究で利用するランドマークの種類と配置位置に関するモデルを作成する。作成したモデルから、本システムで作成する道案内地図上に配置するランドマークの編集を行う。ランドマークの編集では、アイコンサイズ、色、種類とラベルサイズの変更を行う。また、本システムでは、国土地理院刊行の数値地図25,000(空間データ基盤)¹⁰⁾(以下、数値地図25,000)を道案内地図の基データとして使用する。以上の機能を持つ歩行者交通支援のための道案内地図作成システムを開発する。

3. ランドマークの種類と配置位置に関するモデル

本研究では、歩行者交通支援のための道案内地図作成システムを開発するために、地図上に配置するランドマークのモデルを作成した。本研究で使用するモデルは、手書き地図作成調査からランドマークの種類と配置位置の出現率を算出することにより作成する。作成したモデルは、道案内地図に配置するランドマークのアイコンサイズ、色、種類とラベルサイズを決定するために用いる。モデルを作成するとき、人が空間を移動するときに使用している認知地図を考慮した。モデル化のイメージを図-2に示す。モデルを作成するために、手書き地図作成調査を行った。調査の対象を関西大学総合情報学部 of 学生とし、通学路の JR 高槻駅から関西大学高槻キャンパスまでの道案内地図を自由に作成してもらった。手書き地図の中から、道案内地図として有効な地図を選び、ランドマーク配置に関するモデルを作成した。

(1) 認知地図

認知地図とは、人間の日常活動によって蓄積された空間構造や場所に関する記憶のことである。認知地図を形成するには様々な方法がある。一般的には、地図を記憶させる方法、人が経路移動を複数回行う方法や言語的な記述によって認知地図を形成する方法¹¹⁾がある。しかし、人間の記憶には限界があるため、認知地図として地理情報を要領よく簡略化して記憶している。そのため、実世界の地理情報と頭の中の認知地図の間で差が生じる。また、個人によって形成される認知地図も異なるため、歩行者に分かりやすい道案内地図を作成するためには、認知地図を考慮する必要がある。

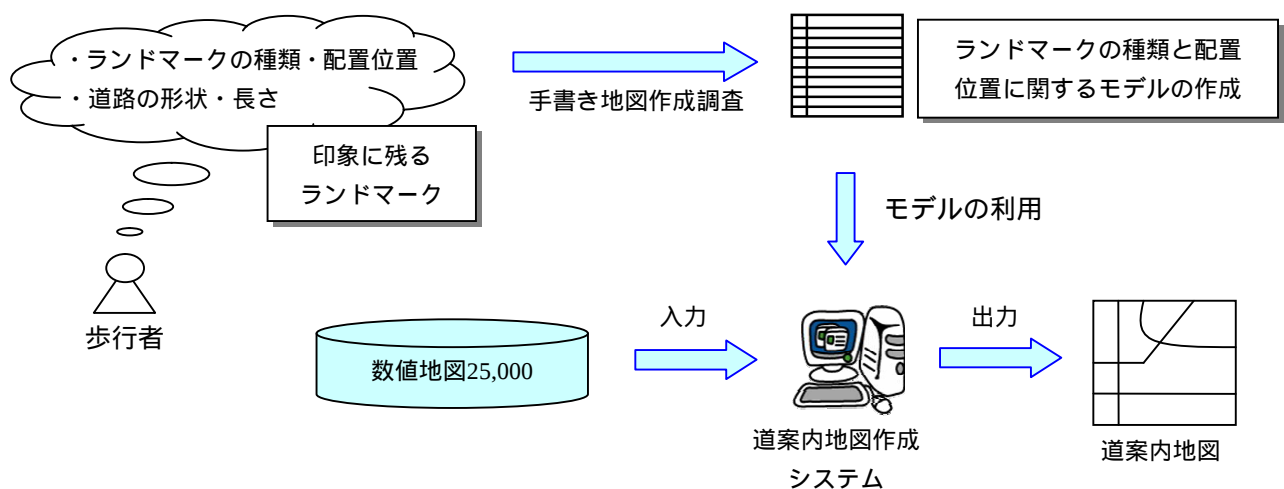


図-1 本研究の概要

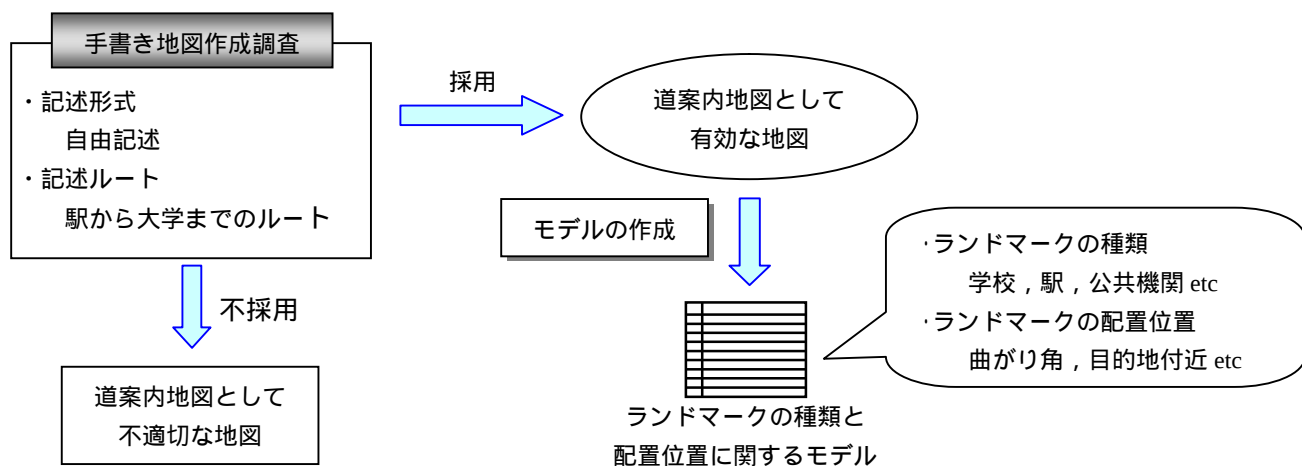


図 - 2 モデル化のイメージ

(2) ランドマーク

ランドマークとは、認知地図の構成要素の一つで、人が移動するとき、目印とする対象物あるいは場所である。ランドマークの例としては、看板、建物、公園や駅などが挙げられており、個人によって、目印とする対象物が異なる。そこで、本研究では、手書き地図作成調査を行って、歩行者が形成する認知地図におけるランドマークに関する特徴を抽出して、モデル化を行う。そして、モデルに基づいた道案内地図を作成することで、歩行者交通の支援を行う。

(3) 手書き地図作成調査

認知地図に利用されているランドマークの種類と配置位置の割合を明確にするため、関西大学総合情報学部の学生 125 人を対象に、手書き地図作成調査を行った。被験者は、JR 高槻駅から関西大学高槻キャンパスまでの道のりの地図を自由に作成した。自

由作成とした理由は、制約条件があると、各被験者が形成する認知地図を正確に得ることができないからである。手書き地図の例を図 - 3 に示す。同じ道のりであるが、被験者ごとに様々な地図が作成された。地図 A は、ランドマークに重点を置き、要所となる曲がり角以外の場所でもランドマークを配置している。道路形状の正確性に欠けているが、曲がり角と経路中のランドマークを順に辿ると目的地に到達することが可能である。一方、地図 B は、道路形状は実世界とほぼ一致している。しかし、ランドマークは、駅前に集中して記載されているが、経路中では多く記載されていない。正確性に関しても、ファミリーレストランの場所を記憶しているが、店名が間違っていて記載されている。これらの多様な手書き地図から、道案内に有効なランドマークの特徴を抽出する。

作成された手書き地図の内、道案内に有効な地図

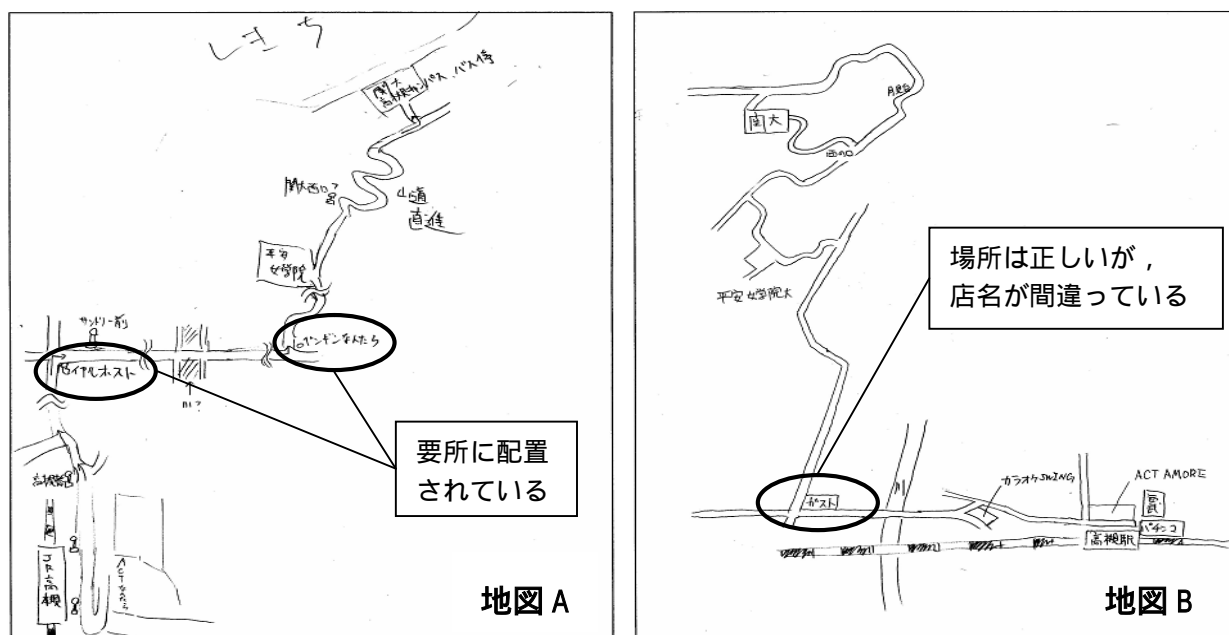


図 - 3 道案内地図作成調査による手書き地図の例

表 - 1 ランドマークの種類と配置位置の出現率によるモデル

	学校	駅	公共機関	有名な建物	自然物	その他	合計(位置)
曲がり角	6.70%	8.20%	0.33%	14.06%	7.87%	2.18%	39.34%
直線道路	5.86%	7.18%	0.29%	12.31%	6.89%	1.90%	34.43%
出発地点	2.70%	3.30%	0.13%	5.66%	3.17%	0.88%	15.85%
目的地点	1.77%	2.16%	0.09%	3.71%	2.08%	0.57%	10.38%
合計(種類)	17.02%	20.85%	0.85%	35.74%	20.00%	5.53%	100%

は、配置されているランドマークの数が3つ以上かつ配置されたランドマークの位置が正しいことの2点から判断した。作成された手書き地図の内、道案内地図として有効であった86人の地図を対象として、ランドマークの種類と配置位置に関する特徴を算出した。

(4) モデル化

手書き地図作成調査の結果、道案内地図として有効であった86人の地図の特徴を抽出して、歩行者交通支援のための道案内地図作成システムで利用するランドマークの種類と配置位置に関するモデルを作成した。モデルの作成においては、人が経路移動をするときに利用するランドマークの特徴を抽出した。まず、86人の地図から、配置されたランドマークの総数を算出した。次に、ランドマークの総数に対する、ランドマークの種類の割合と配置位置の割合をそれぞれ算出する。最後に、種類と配置位置の割合の積から出現率を算出し、モデルを作成した。出現率の高いランドマークは、道案内地図に重要なランドマークとして扱う。手書き地図作成調査より算出した出現率によるモデルを表-1に示す。

a) ランドマークの種類に関する特徴

人が経路を移動するとき、様々なランドマークを利用するが、個人により、利用するランドマークは異なる。方向感覚に優れている人が利用するランドマークは、不動であるもの、遠い位置からでも目立つもの、覚えやすいものや経路中のポイントとなるものが挙げられる。一方、方向感覚の優れない、いわゆる方向音痴の人が利用するランドマークは、時間により変化するものや一貫性がないものという特徴⁷⁾がある。そこで、本研究では、手書き地図作成調査の結果、道案内地図として有効である地図を作成した被験者を方向感覚の優れているグループとした。そのグループの被験者が作成した地図からランドマークの特徴を抽出した。

被験者が描いたランドマークの種類は、多種多様であった。そこで本モデルは、ランドマークを「学校」や「駅」など6種類に分類する。これは、手書き地図作成調査より、人が経路移動のとき、建物の正式な名称を理解していなくても、経路移動のポイ

ントとなるランドマークの種類さえ認知していれば、目的地までの移動が可能となることが確認できたからである。そこで、本研究では、手書き地図作成調査の結果より、出現回数の多かったランドマークを「有名な建物」として同じ種類のランドマークとして扱う。「有名な建物」は、方向感覚が優れている人が目印とするコンビニエンスストア、スーパーマーケットなどのチェーン店やその地域で有名な建物かつ手書き地図作成調査で有効として判断した86人の地図の中から20回以上出現した建物を対象とする。「学校」、「駅」や「自然物」は、特に出現率が高かったため、「有名な建物」としてまとめるのではなく、それぞれ単独のランドマークとして扱う。「公共機関」は、出現率こそ高くないが、警察署や郵便局など経路上にあると目に付きやすい建物であるため、「その他」ではなく、単独のランドマークとして扱う。そして、種類毎にランドマークの割合を抽出する。

b) ランドマークの配置位置に関する特徴

人が経路移動するとき、経路上の曲がり角周辺で印象に残りやすいランドマークを記憶する傾向¹²⁾がある。手書き地図作成調査の結果においても同様に、経路上の曲がり角のランドマークを記憶している傾向が表れた。しかし、直線道路沿いのランドマークと比べて、大差が出たという結果は表れなかった。これは、人が経路を移動するとき、曲がり角のポイントとなる場所だけではなく、曲がり角以外の場所でもランドマークを記憶し、移動しているためと考えられる。さらに、目的地付近のランドマークを強調することが、道案内を支援するには重要¹³⁾とされている。そこで、本モデルは、印象に残りやすいとされている「曲がり角」に加えて「直線道路」、「目的地点付近」と「出発地点付近」の4種類にランドマークの配置場所を分類する。そして、場所ごとにランドマークの割合を抽出する。

4. 道案内地図作成システム

本システムでは、数値地図25,000を基データとして、ランドマークの種類と配置位置に関するモデルを基に、ランドマーク及びラベルを最適配置した道案内地図を作成する。本システムの概要を図-4に

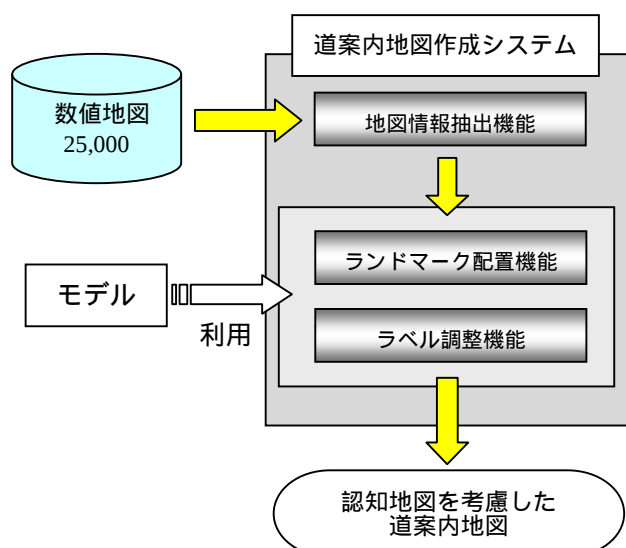


図 - 4 システムの概要

示す。本システムは、1) 地図情報抽出機能、2) ランドマーク配置機能、3) ラベル調整機能の3つの機能により構成される。まず、数値地図 25,000 のデータから XML 形式で地図情報を抽出する。次に、抽出したデータに対して、作成したモデルに基づいて、ランドマークの配置、ラベルの調整を行う。最後に、モデルに基づいた歩行者交通支援のための道案内地図を出力する。

(1) 地図情報抽出機能

本機能では、数値地図 25,000 を道案内地図の基データとして利用する。数値地図 25,000 を利用した理由として、全国的にデータが整備されていること、データの信用度が高いことが挙げられる。さらに、国土地理院のホームページから無料でダウンロードすることができ、誰でも容易に利用できる特徴を持

つ。数値地図 25,000 のデータは、国土地理院が提供している数値地図 25,000 解凍ソフトウェアを利用し、ダウンロードしたデータを指定することにより、XML 形式に変換する。XML データは、構造が階層的であるため、データを使用する上で、非常に扱いやすく、また、システムから独立しているため、地図データのバージョンアップに即時に対応できる。

(2) ランドマーク配置機能

本機能では、表 - 1 のモデルを基にランドマークを地図上に配置する。ランドマークを配置するとき、地図情報抽出機能で取得した XML のデータ (図 - 5) を使用する。XML データで定義されているランドマークの種類コードより、建物情報を取得する。取得した建物情報のアイコンやラベルの配置を行うとき、サイズや色などの変換を行う。

a) アイコンの種類

道案内地図上に配置するアイコンは、建物の種類ごとにモデルに基づいて変更する。従来の地図では、建物の種類毎に地図記号が用意されており、詳細が分かりやすいという利点がある。しかし、地図記号の種類が多すぎるため、経路移動するとき、どのランドマークを利用すれば良いか迷うことがある。そこで、本システムでは、配置する記号の種類を減少するために、ランドマークの種類を 6 種類に分類する。

b) アイコンサイズ

ランドマークの配置に関する既研究⁸⁾⁹⁾では、曲がり角のみにランドマークを配置するなどの処置がとられていた。しかし、手書き地図作成調査より、道案内地図として有効であった地図は、長い直線道路を移動するときでも、ランドマークを利用する傾向

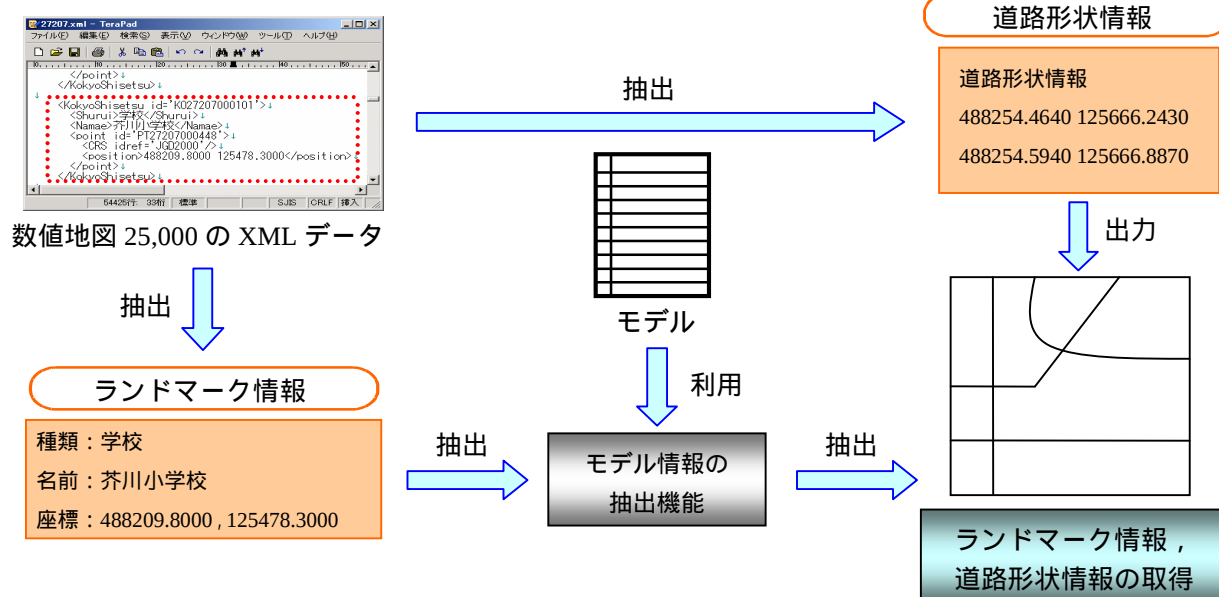


図 - 5 XML データの処理

があることを確認できた。そこで本システムでは、手書き地図作成調査の結果、曲がり角、直線道路といった分け方をした。

手書き地図作成調査の結果、道案内地図として有効であった全ての地図から表-1に示すランドマークの種類と配置位置の割合を算出した。種類に関する出現率を p_m とし、配置場所に関する出現率を q_n とする。 p_m と q_n の積を $c(m,n)$ とする。 $c(m,n)$ をランドマークの種類と配置位置に関する出現率とする。この出現率から、地図上に配置するランドマークのアイコンサイズを求める。 $c(m,n)$ の最大値を $\max(c(m,n))$ とする。 $\max(c(m,n))$ との比較からアイコンサイズ $As(m,n)$ を決定する。アイコンサイズの算出法を式(1)に示す。

$$As(m,n) = \frac{c(m,n)}{\max(c(m,n))} \quad (1)$$

モデルで示された出現率を基に、出現率の高いランドマークのアイコンを強調して出力する。例えば、図-6に示すように、最も出現率の高い「曲がり角」に配置されている有名な建物」は、サイズ1とする。このサイズ1を配置するアイコンの最大サイズとして、他のアイコンサイズの基準とする。出現率の低い「直線道路に配置されている学校」はサイズ0.4となる。

c) アイコンの色

配置するアイコンの色は、短時間で印象に残りやすいとされる知覚色¹⁴⁾を使用する。知覚色の一覧を表-2に示す。本システムは、出現率の最も高い重要なランドマークに対してのみ、知覚色の中からユーザが短時間で色を認知できる青色を配置¹⁵⁾する。青色は、JIS (Japanese Industrial Standards) 規格において、「指示」や「用心」を示すことが推奨¹⁶⁾され、道案内地図の目印において適切であると考えられる。短時間でランドマークを認知することによって、道案内地図に配置されているアイコンから実世界のランドマークを認識することを支援する。

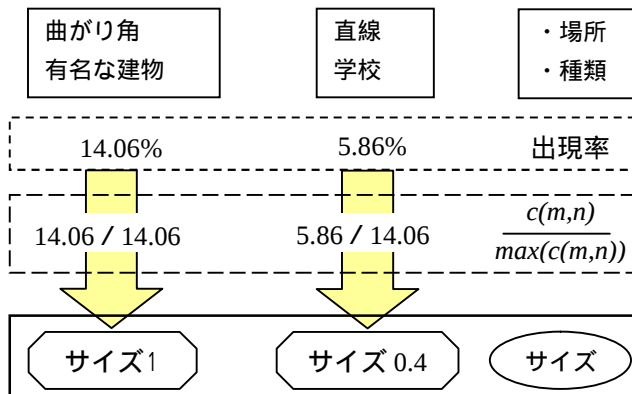


図-6 アイコンサイズの決定

表-2 短時間呈示における知覚色

知覚色一覧				
青	水	緑	黄緑	黄
橙	赤	紫	桃	白

(3) ラベル調整機能

本機能では、地図上に表示するラベルサイズをアイコンと同じように調整する。地図上にラベルの配置を行うことは、地図を読み取る上で重要¹⁷⁾である。しかし、アイコンの読み取りとは異なり、ラベルを拡大しすぎると、ユーザの地図の読み取りを妨げることになる。逆に、縮小しすぎるとラベルが見えなくなる可能性があるため、ラベルサイズの調整は微修正とする。アイコンサイズは、出現率の最大値である $\max(c(m,n))$ との比較でサイズを決定した。ラベルサイズは、表-1の出現率が10%以上のランドマークを初期サイズのままとする。出現率が5%以上10%未満のランドマークは、初期サイズの8割とし、出現率が5%未満のランドマークは初期サイズの6割として地図上に配置する。

5. 実証実験

本研究で作成した道案内地図の有効性を確認するために実証実験を行った。実証実験では、大学生40人を被験者とした。被験者を本システムで作成した道案内地図を利用する20人のグループと市販の地図を利用する20人のグループに分けた。被験者は、JR高槻駅北口から高槻市立芥川小学校への移動を行った。被験者の移動方法は徒歩とした。なお、被験者には、芥川小学校周辺の地理に詳しくない者を選んだ。

(1) 実験方法

本実証実験では、大阪府高槻市の電子地図を基データとして、JR高槻駅北口から芥川小学校へ向かうための道案内地図を作成した。作成した地図を図-7に示す。被験者は、本システムで作成した地図、または、市販の地図¹⁸⁾を見ながら徒歩で目的地へ移動した。使用した市販の地図は、本システムで作成した地図と比較して、名称のあるランドマークを多数配置している特徴がある。市販の地図は、ランドマークによる道案内という点で、本システムで作成した地図と比較することに適していた。

本実験では、通常10分必要とするルートを10分以内に目的地へ到達できた人数と被験者の実験終了後のアンケートによって評価を行う。アンケートの項目は、「地図は役に立ったか」、「ランドマークを見つけられたか」、「容易に到達することができたか」と「地図をまた使いたい」とした。アンケ



図 - 7 実行結果

ートの各項目に対する評価は、「5:強くそう思う」, 「4:そう思う」, 「3:どちらともいえない」, 「2:そう思わない」, 「1:全くそう思わない」の5段階とした。また、アンケートの各項目に対して、なぜその評価を行ったかといった理由を問う自由記述形式の項目を用意した。

(2) 実験結果

到達人数に関する結果を表 - 3 に、アンケート結果を表 - 4 にまとめた。

a) 目的地へ到達できた人数

実験の結果、本システムで作成した道案内地図を利用した被験者のグループは、20 人中 16 人という 8 割の被験者が設定時間内に目的地へ到達することができた。それに対し、市販の地図を利用した被験者のグループは、20 人中 10 人の被験者のみ設定時間内に目的地へ到達できた。

b) アンケート結果

アンケートの各項目で、本システムで作成した地

図と既存の地図の評価平均は、t 検定¹⁹⁾の結果から有意な差が得られた。そして、本システムで作成した地図の評価が市販の地図の評価を全ての項目で上回った。特に、「ランドマークを見つけられたか」という項目においては、1.0 という差を得ることができた。本システムで作成した地図を利用し、目的地に到達することができた被験者から、「曲がり角でランドマークを容易に見つけることができた」、「直線道路のランドマークがポイントごとに配置されているため移動しやすかった」という意見が寄せられた。一方、目的地に到達することができなかった被験者からは、「ランドマークの数が少なすぎる」、「一度道に迷うと目的地に到達することが困難である」という意見が寄せられた。

(3) 実証実験の評価

本システムで作成した地図を利用した被験者の方が、設定時間内に目的地に到達することができた人数が多かった。この実験結果より、従来の地図より、認知的要素を考慮した道案内地図の方が、経路移動の役に立つことが確認できた。また、アンケートの結果、本システムで作成した地図を利用した被験者の方がランドマークを容易に見つけることができた。実験の結果より、本システムで実装したランドマークの配置に関するモデルが、道案内地図の作成に有効であることが確認できた。一方、地図を簡略化したことから、道に迷ったとき、移動経路への復帰が困難であるという課題が見つかった。

6. 都市計画における提案

本研究で作成した、ランドマークのモデルの活用事例として、標識や道案内看板の最適設置を考慮した都市計画を提案する。都市計画は、都市計画区域の整備、開発及び保全の方針²⁰⁾に挙げられるように、将来の街の方針を決定することが重要とされている。その中でも、災害時を考慮した都市計画は、必要不

表 - 3 目的地に到達できた人数

	到達できた人数	到達できなかった人数
本システムで作成した地図	16 人	4 人
市販の地図	10 人	10 人

表 - 4 アンケート結果

アンケート項目	システムで作成した地図を用いた場合の評価平均	既存の地図を用いた場合の評価平均	システムと既存地図の有意差の有無
地図は役に立ったか	4.3	3.9	有り
ランドマークを見つけられたか	4.2	3.2	有り
容易に到達することができたか	3.8	3.3	有り
地図をまた使いたい	3.9	3.7	有り

可欠であると言える。災害時の経路移動は、普段の経路移動より、標識や看板による案内が重要となり、人に認知されやすい場所に設置する必要がある。そこで、本研究で作成したモデルを基に、標識や道案内看板を配置することで、道案内を有効に行うことが可能になると予想される。

7. 考察

本研究では、歩行者交通支援のためのモデルと道案内地図作成システムを作成することで、

- ランドマークの最適配置に関するモデル化
- モデルに応じた道案内地図の作成を実現した。また、実証実験より、
- 作成した地図が歩行者の道案内地図として有効であること
- ランドマークの認知を的確にできたことを確認することができた。

以上の結果より、本システムで実装した機能が、道案内地図の作成に有効であると考えられる。また、空間認知を考慮したランドマークの種類と配置位置に関するモデルが道案内地図に効果的であることを示した。さらに、ランドマークを容易に見つけることができたことから、個人の認知地図形成の役に立つことを示すことができた。

今後の課題として、アンケートの意見に挙げた、「ランドマークの数が少なすぎる」や「一度道を迷うと目的地に到達するのが困難である」といったことを考慮した道案内地図を作成する必要がある。

8. おわりに

本研究では、歩行者交通において最適なランドマークの種類と配置位置をモデル化し、そのモデルを基に歩行者交通支援のための道案内地図を作成するシステムを開発した。本システムでは、国土地理院刊行の数値地図 25,000 を用いることで、コストの削減を行うことができた。

実証実験により、本システムで作成した地図が、歩行者交通支援のための道案内地図として有効であることを確認した。また、認知地図を考慮したランドマークの配置が道案内地図に効果的であるとともに、個人の認知地図形成の役に立つことを示すことができた。

今後は、性別や年齢といった個人の差や方向感覚の有無といったユーザごとの特徴を考慮し、個々のユーザに最適な道案内地図の作成を考えている。また、今回調査を行った移動経路が限定されているため、より汎用的なモデルを作成するため、多様な移

動経路に対応する調査を行う。さらに、都市計画や交通計画に対する具体的な適用案も考案する予定である。

参考文献

- 1) Jan Selwood, Winnie Tang : Connecting Our World - GIS Web Services -, Independent Pub Group, 2003.11.
- 2) 岡部篤行：空間情報科学の挑戦，岩波書店，2001 年 8 月。
- 3) 電気学会・空間情報統合化技術調査専門委員会：GIS の基礎と応用 - 空間情報の統合技術 - ，オーム社，2001 年 3 月。
- 4) 角本繁：カーナビゲーションシステム - 公開型データ構造 KIWI とその利用方法 - ，共立出版，2003 年 2 月。
- 5) KDDI：Ez ナビウォーク，<http://www.au.kddi.com/ezweb/service/ez_naviwalk/index.html>，（入手 2006.5.5）。
- 6) Google：Google Map，<<http://www.google.co.jp/maps>>，（入手 2006.5.5）。
- 7) 新垣紀子，野島久雄：方向オンチの科学，講談社，2001 年 8 月。
- 8) 木村直希，猿渡孝志，細川宜秀，高橋直久：ゴム伸縮メタファによる認知地図再生システムの実現方法，ヒューマン情報処理研究会技術研究報告，電子情報通信学会，Vol.103，No.39，pp.65-70，2003 年 5 月。
- 9) 梶田健史，山守一徳，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，情報処理学会，Vol.37，No.9，pp.1736-1744，1996 年 9 月。
- 10) 国土地理院：地図・空中写真・地理調査，<<http://www.gsi.go.jp/tizu-kutyu.html>>，（入手 2006.5.5）。
- 11) 横澤一彦，和田絵里香，光松秀倫：仮想空間における認知地図の形成と変換，電子情報通信学会論文誌，電子情報通信学会，Vol.87，No.1，pp.13-19，2004 年 1 月。
- 12) 松田三恵子，杉山博史，土井美和子：歩行者の経路への嗜好を考慮した経路生成，電子情報通信学会論文誌，電子情報通信学会，Vol.87，No.1，pp.132-139，2004 年 1 月。
- 13) 村越真：方向オンチの謎がわかる本 - 人はなぜ地図を回すのか？ - ，集英社，2003 年 4 月。
- 14) 中島賛太郎，釣慎輔，高松衛，中嶋芳雄：道路情報板におけるカテゴリカル色知覚について，映像情報メディア学会技術報告，映像情報メディア学会，Vol.26，No.29，pp.11-14，2002 年 3 月。
- 15) 川上満幸，柴山達：色彩の視認性と作業能率の関係，照明学会誌，照明学会，Vol.86，No.5，pp.313-317，2002 年 5 月。
- 16) 日本規格協会：JIS Z 8721:1993，日本規格協会，2005 年 3 月。
- 17) Frank Wagner, Alexander Wolff : A Combinatorial Framework for Map Labeling, Proceedings 6th International Symposium Graph Drawing, Lecture Notes in Computer Science, Springer, Vol.1547, pp.316-331, 1998.8.
- 18) 昭文社：都市地図大阪府 8 高槻市，昭文社，2006 年 1 月。
- 19) 永田靖：統計的方法のしくみ，日科技連，1996 年 1 月。
- 20) 国土交通省：みんなで進めるまちづくりの話，<http://www.mlit.go.jp/crd/city/plan/03_mati/index.htm>，（入手 2006.8.13）。

(2006.5.19受付)