

G I Sを利用した視覚障害者のための触地図の研究

The Study of Tactual-map for visually impaired person

碓井 照子*

Teruko Usui

1、はじめに

地理情報システムは、コンピュータに電子地図を入力し、地球上の様々な事象を解析するシステムである。たとえば、道路情報だけの地図を作成し、その上に建物情報をコンピュータで重ね合わせていくのである。地図上の多様な情報をあたかもたまねぎの皮を剥くように一枚づつはがされた情報にすることをレイヤー（層）を作成するという。たとえば、道路レイヤー、建物レイヤーというようにである。コンピュータの中では、レイヤー毎に情報が格納され、ユーザーの要望に応じて、それらのレイヤーを重ねて表示することが可能である。このレイヤー化による情報の単純化は、触地図の作成に必要とされる作業行程といえる。

現在、触地図の作成には立体コピーが一般的であるが、この方法は、黒色の部分を加熱することにより浮き上がらせて、触察に絶えられる凹凸を作るものである。一般的な地図をそのままコピーし、立体コピー機にかけると文字や等高線などが浮き上がり、情報が錯綜して混沌としたものになる。しかし、この問題を解決するため地理情報システムでは、道路情報のみからなる歩行経路の触地図を容易に作成することが可能である。手書きの略地図から触地図を作成していたころには、単純な道路地図や駅案内図のみが作成されていたが、地理情報システムを利用すれば、喫茶店の分布やスーパーマーケットなど日常生活に必要な情報を簡単に触地図化できるのである。視覚障害者に地域情報を豊富に提供する技術といえよう。

現在、政府は、電子地図の整備とG I Sの普及をはかる「空間データ基盤整備」事業を進めている。このプロジェクトが進行すれば、日本全国の地方自治体にG I Sが導入され、触地図の作成は、自治体でも可能な福祉サービスになると考えられる。視覚障害者が、地域に関する様々な情報を容易に取得することが、近い将来可能になるといえよう。

しかし、触覚に依存する触地図は、紙の大きさの制約もあり、視覚障害者の自立歩行を実現させるには不十分である。触地図作成に地理情報システムが利用される傾向は、年々増加しつつあるが、一方で、歩行ナビゲーションの研究にも地理情報システムが利用されるようになってきた。本論文では、日本における触地図研究史を整理し、さらに近年におけるG I Sを利用した触地図研究や歩行ナビゲーション研究の紹介をすることにより、触地図研究の根底にある分析視点の変化を考察するものである。

2、日本における触地図研究の歴史

日本における触地図作成の歴史は、明治37年（1904年）に遡る。東京盲啞学校（現在の筑波大学付属盲学校）が米国から輸入した点字製版機で製版し、エンボス印刷された54枚の「内国地図」¹が原点である。その後、毎日新聞社による「点字毎日」の発行、および1923年に作成された「点字尋常小学日本地図」「点字高等小学世界地図」、1931年の「盲学校用日本地図」、「盲学校用世界地図」など学校教育での地図帳作成が中心であった。第二次大戦後は、日本ライトハウス点字出版所から手製の固形点字印刷による「社会化地図帳」が製作された。²

しかし、1968年に米国からサーモフォーム整形機が日本に輸入されると、エンボス印刷に替わって全国各地で、教材用の触地図が作成されるようになった。1980年に日本で発明された立体コピー（写真1）は、黒色の部分を加熱することによって膨張させ、コピー感覚で容易に触地図を作成する機械である。この機械の発明は、全国の盲学校に触地図を普及させたが、コピー原図の作成に労力を要し、触地図よりはむしろ触図形作成などに主に使用されたのである。1982年に運輸省が企画・発行した「交通公共機関利用ガイドブック」作成では、立体コピーを改良した発泡印刷が考案された。首都圏と近畿中部圏の2分冊からなるこのガイドブックには、東京駅をはじめ大阪駅、京都駅など22の駅内部の歩行地図が1,000部印刷されたのであった。³

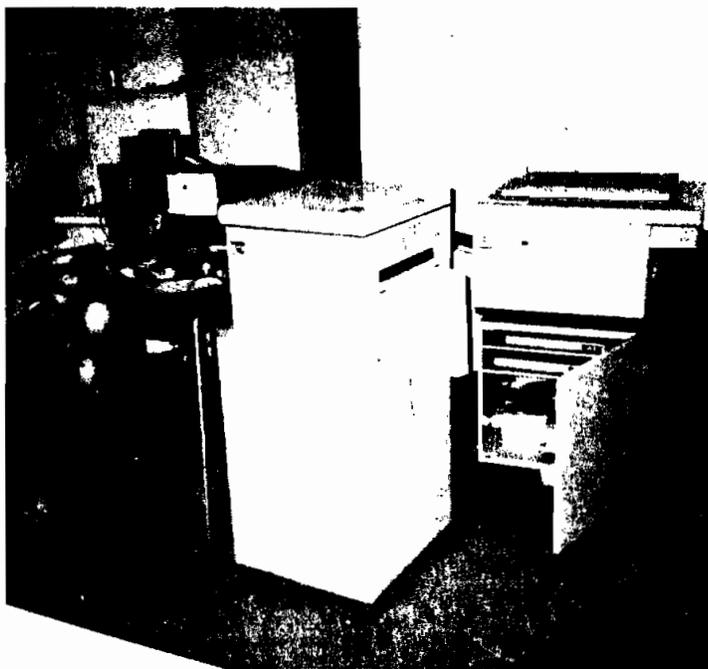


写真1 立体コピー機とカプセルペーパー現像機

これらの触地図作成を支えてきたのは、福祉関係者やボランティアであったが、1970年代後半より「地図学」の立場からの研究の必要性が提唱され、1983年の米国ワシントンで開催された第12回国際地図学会の第1回の触地図に関する国際シンポジウムが、日本における触地

図研究の契機となったのである。この会議に参加した後藤良一が中心となって、1985年に国際地図学会日本支部に触地図専門部会が誕生したのである。⁴ また、1989年には、第3回視覚障害者のための地図と図形に関する国際シンポジウムが横浜市で開催され、国土地理院が主催したのであった。このシンポジウムでは、日本が開発した立体コピーや発泡印刷の技術が注目されたのである。しかし、地図学者や心理学者に比較して地理学者がこの種の研究に携わることは日本ではほとんど無く、主に、学校教育現場から視覚障害者への地図指導の側面から研究されることが多かった。⁵ その後、研究の衰退期はあったものの、国土地理院でも1993年から触地図の基礎的研究⁶が見られ、近年の地理情報システムの発展に応じて建設省国土地理院が数値地図を利用して触地図の自動作成に成功した。⁷ また、1995年から3ヵ年計画で視覚障害者用地図の作成に関する研究が実施された。⁸ 1990年代に入り、情報工学分野では、コンピュータやGPSを利用した歩行ナビゲーションの研究が増加してきたのである。

3、地理情報システムおよびコンピュータを利用した触地図の研究

3-1 海外におけるGISを利用した研究事例

1983年に第1回視覚障害者のための地図と図形に関するシンポジウムが開催されたが、その中で、ニューヨーク州立大学のKaren Luxtonが、「コンピュータで作った触地図」、米国盲人財団のDouglas Maureが、「コンピュータによる触地図表示の新技法」の発表をしており、すでに1980年代初頭には、地理情報システムを触地図作成に応用する研究は見られるのである。⁹ 当時は、まだ、地理情報システム(GIS)の用語も定着していなかったが、GISの技術が、基礎研究段階から応用段階へ入ったところであり、ニューヨーク州立大学には、Durne Marbleがおり、米国における先進的なGIS研究がなされていたのである。当時の米国では、主にサーモフォームが利用されていたが、このサーモフォームの原版作成にコンピュータが利



写真2 ゴレッジ教授(GPS+GIS)の歩行ナビゲーションシステム

用され、「数値式ルータ Numerical Router」と呼ばれていた。

1985年ごろからGISを利用した触地図研究は、触地図作成自動化の研究と同時に視覚障害者の自立歩行を支援する歩行ナビゲーション研究へ発展していく。カナダのCalgary大学のMichael R. C. Coulsonは、ラスタ型IDRISI-GISを使用して触地図の自動化の研究¹⁰をしているが、主に視覚障害者に適した記号化処理とその仕様化の重要性を指摘している。また、触地図の複雑性が視覚障害者の判読時間にいかに反映するか、また、触地図作成法の相違が判読に如何に影響するかをを実験した。¹¹ 最も注目されるのが、後述するR. G. Golledgeらの研究であろう。Golledgeが晩年、盲目になったことは有名（写真2）であるが、彼の都市空間認知の研究は、触地図作成にも利用されている。この研究では、空間の知識（Spatial Knowledge）を地図から得るか、或いは歩くなどのナビゲートによって得るかによりその空間の知識に差異があるとするP. Thorndykeの研究に由来している。¹² 地図から得られる空間の知識は、イメージとして脳に蓄えられる。一方、歩行などのルートナビゲートから得られる空間の知識は、試行的で連続した手順的な知識として脳に蓄積されるとしている。つまり、前者は、空間のパターン認識であり、後者は、シーケンシャルなルート探索的な空間の理解である。R. G. Golledgeによるとこの問題は、測図から得られる空間の知識とルート探索から得られる空間の知識として把握され、視覚障害者の歩行に十分な情報を与えるような歩行通路図のような街路マップ（strip map）の触地図化が必要であるとしている。¹³ R. G. Golledgeに代表されるように、地理学者による地理情報システムを利用した研究は、視覚障害者が空間を如何に認識しているかという空間の知識に関する研究の系譜を引くものである。¹⁴

地理情報システムを利用した触地図の研究は、触地図の自動作成と記号化等の仕様化、つまり、視覚障害者にとってどのような触地図がよいのか。また触察に応じた触地図の図式仕様をいかにするのか。さらに、効率よく短時間で自動地図作成ができないか、また、その表現法は何かよいかという研究である。今一つは、アメリカのR. G. Golledgeに代表されるように空間行動研究から派生した触地図作成および視覚障害者への空間認知支援システム（たとえば歩行ナビゲーションなど）の研究である。

3-2 日本におけるGISを利用した研究事例

日本においては、触地図研究と歩行ナビゲーションの研究は、米国ほど相互関連的に発達せず、むしろ独立に地図・地理分野と情報工学分野で発展してきた。米国と異なり、研究事例は非常に少ない。触地図に関するGISを利用した研究は、国土地理院に代表される触地図図式の研究と数値地図を利用した触地図自動作成の研究がある。¹⁵

国土地理院の地図管理部印刷課第3係では、パソコンによる触地図作成システムを自作した。このシステムは、数値地図（1:25000地形図データと公共施設データ）を読み込み、選択された地図記号を触地図記号に変換して点字表記を自動的に作成するもので、出力された触地図原図を立体コピーにかけて触地図を作成するパソコンベースのシステムである。また、1995年から3ヵ年をかけて検討された触地図図式は、視覚障害者にとって分かり易い触地図記号の開発と触地図記号の体系化を目指したものであった。

この触地図作成システム図式検討委員会の検討結果は、システム開発に際して①触地図の用途を「地域概念図」「歩行地図」として区別せず、情報を付加できれば縮尺的な概念は必要無いこと ②触察能力は、個人的差異が大きいので、記号の選択や情報量で対応すること ③記号については、地理院の利用した記号に準拠し、点字と記号を組み合わせた設計がよいこと ④システムの社会的意義は高く、ネットワークでの提供などもよい ⑤触地図作成技術者の養成、予算の拡大などにまとめられ、また、記号化する内容は、①線記号として図郭線、道路、高遠道路、鉄道、河川・湖・沼・海・海岸線・点字ブロック・行政区画など ②面記号として駅、主な建物、公園・広場など ③点記号として公共施設、地下鉄や駅などの入り口、信号、踏切、バス停、タクシー乗り場、歩道橋などが取り上げられた。注記については、点字表記との関係で①点字表記の原則を守り、水平方向（許容範囲は30度）に表記し、途中で曲げないこと ②左上がりの90度から45度は使用禁止 ③注記の表示位置は、点記号の右を第1優先とし、次に左とする ④点記号の中心が、施設の中心位置となる ⑤点字2字などの短い注記は、傾けると読み誤る恐れがあるので注意すること ⑥ア、イ、エ、オ、ワ、ヲは、単独表記しない ⑦都道府県、市区町村に1つしかないものは○記号とし、2つ以上ある場合は、記号（点記号と点字2字、丸に点字2字、点字2字のいずれか）を使用する。などが触地図作成時の留意点とされた。国土地理院が、触地図図式について一定の見解を社会的に提示した意義は大きい。触地図の共有化がはかれるからである。

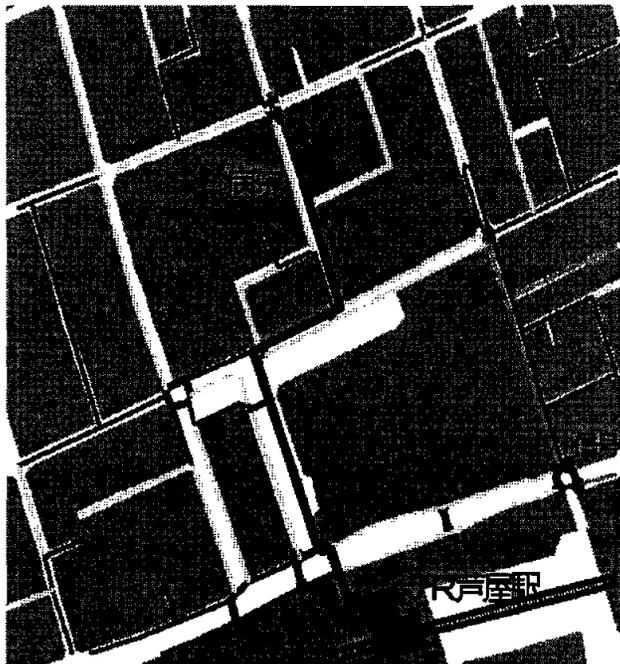
触地図に関して地理学からの継続的な研究事例がすくない。奈良大学碓井研究室では、視覚障害者の学生（藤原）が地理学科に入学した1987年から立体コピー機を導入し、触地図の研究を開始した。当時、授業で使用する紙地図を立体コピーにかけて教材として利用するつもりであったが、1枚の紙上の多様な情報は、混沌とした触地図を作成し、実用化には利用不可能であったからである。この経験が、地理情報システムと触地図作成を関連つけたのである。当時、奈良大学には、PC-Arc/Infoが稼動しており、奈良盆地の地理情報システム研究がなされていたからである。¹⁵ その後、碓井が英国エディンバラ大学へ留学し、研究は中断したが、奈良県視覚障害者福祉センター利用者の会の協力を得て、西由美子¹⁶、津村¹⁷、八谷¹⁸、河野¹⁹、山内²⁰、長野²¹と研究され、今日まで継続的な研究がなされている。奈良大学の卒業生で、現在、米国トレド大学の大学院に在籍している織田勝彦も視覚障害者の空間認識の研究を修士論文でしているのである。²² 織田は、1998年の3月から5月にかけて約2か月間の視覚障害者への空間認識調査を一時帰国して奈良県で行った。奈良大学での研究は、1997年にGPS器具一式が導入されて以来、自立歩行を支援する歩行ナビゲーション研究へと移行しつつある。1998年には、奈良県視覚障害者の要請で「歩行ナビゲーションの将来とGIS」の講演を碓井がした。

これらの碓井研究室における触地図研究には、時代を追って分析視点に変化が見られる。1995年頃までの研究（西、津村、八谷）は、おもに、視覚障害者に分かり易い触地図図式の検討が研究の中心課題であり、触察と図式記号の関係を国土地理院の数値地図（1:2500と1:1000）やゼンリンの住宅地図（1:1000）から作成した触地図で考察した。前述の国土地理院が作成した触地図の図式表現に関するヒアリング調査も津村が行い、1995年の学術会議によるG

IS講演会でも津村・碓井が触地図図式の問題点を講演した。八谷は、近鉄線畷傍駅から奈良県社会福祉総合センターまでの歩行地図をゼンリンの住宅地図から作成した。1996年には、触地図自動作成システムの開発者である国土地理院地図管理部の藤咲淳一が奈良大学を訪問し、色々と意見を交換した。

1996年頃からは、研究視点が少し変化し、歩行支援システムとしての研究が中心課題となる。1996年に国土地理院から刊行された数値地図2500を利用して、JR 芦屋駅から市民病院までの安全な歩行ルートをネットワーク解析でもとめ、視覚障害者への歩行安全マップの触地図化をおこなった。(図3)この河野の研究では、GISを利用して街区の面バッファリングから歩道を自動作成し、作成された歩道や数値地図2500の道路中心線を利用して駅から病院までの最短経路探索分析をしたのである。同年、山口は、国土地理院が開発した触地図作成システムを利用して近鉄奈良駅の案内図を作成し、その利用しやすさを考察した。長野は、パソコンによる簡易触地図作成システムの図形作成部分をより簡略化した。これらの研究視点の変化は、触察と触地図の関連性の研究から触地図を歩行支援に利用する手段としてのルートマップ作成に変化しており、R.G.Golledgeの主張する測図から得られる空間の知識とルート探索から得られる空間の知識の統合が重要であり、視覚障害者の歩行に十分な情報を与えるような歩行通路図のような街路マップ(strip map)の触地図化が必要であるとする考え方と類似するものである。

安全な最短ルート (視覚障害者)



歩きやすい道
車の駐車が少ない
歩行情報豊富
歩道車道区別

歩きにくい道
障害物多い

安全で最短の道順

危険度別歩道分類

 0 - 11.796
 11.796 - 23.593
 23.593 - 35.389
 35.389 - 47.185

 公共建物
 鉄道
 信号
 横断歩道
 街区

図3 数値地図2500で作成した歩行マップ

3-3、視覚障害者のための歩行ナビゲーションの研究

歩行ナビゲーションは、カーナビゲーションの応用分野であるが、車道のみを走行する車とは異なり、人間の歩行は、横断歩道を渡ったり、路地に入ると歩行を妨げる障害物をよけるなど非常に複雑である。歩行ナビゲーションの研究には、①GPS（人工衛星からの位置を測定する技術）を利用するものと²⁴ ②GPSを利用しないものの二種類に分けられる。米国においては、R.G. Golledgeを中心にGPSを利用した歩行ナビゲーションの開発が進行しているが、日本における歩行ナビゲーションの研究は、地図学や地理学分野ではなく、情報工学の分野で発展してきた。人間の歩行ナビゲーションに必要な情報は、正確な位置と方位、距離の計算、障害物の判定の3つが主なものである。このうち、正確な位置情報を得る技術がGPSであるが、都市内部のように高層建物が林立する場所では、電波が錯乱され、正確な位置を測位することが難しい。そのため、あらかじめ、歩行ルート情報をコンピュータに入力しておいて自立歩行をサポートする研究が、GPSを利用しない研究である。しかし、両研究のいずれにもGISの技術は応用される。正確な距離の計算やルートの確定に電子地図が使用されるからである。

GPSを利用しない万歩計と地磁気センサによる歩行支援システムは、豊橋技術科学大学の田所嘉明研究室でなされている。²⁵ この研究では、あらかじめ晴眼者が、歩行ルート歩き、道路の位置情報をコンピュータに入力しておくことから始まる。この教師つき位置データをもとに歩幅から移動距離を計算し、方位は地磁気センサーにより計測する。視覚障害者が歩行ルートからずれたときは、音声で知らせるシステムである。教師つき歩行ルートをベースに視覚障害者の歩行軌跡をコンピュータが推測する推測航法といわれている。さらに距離測定の精度を向上させるため、案内杖も考案されている。²⁶ この杖には、先端に歯車がついており、正確な位置を測定できるように考案されている。この歩行ナビゲーションは、福祉関係機器メーカーなどからも問い合わせがきており、近く、商品化されるときいている。

GPSを利用した歩行ナビゲーションは、位置の計測を人工衛星の電波から測定するものであるが、原理的にはこの点を除けば、前述した歩行支援システムと原理は類似している。最近では、GPSで測位された位置情報をモバイルパソコンの電子地図に表示させ、安全歩行を実現しようとする研究も進んでいる。いずれにせよ、正確な電子地図と現地位置がリアルタイムに測定可能であれば、歩行ナビゲーションの実現は、80%程度実用化したものといえよう。問題は、その精度を如何にして向上させるかにある。特に、交差点の安全歩行や路上の障害物などをいかに探知するかという問題が重要である。

21世紀には、GPSはより小型化し、電子地図は、非常に安価に入手可能な時代になるといわれている。また、地中に埋め込まれた多様なセンサーが自立歩行をサポートしてくれると考えられ、夢の自立歩行は、実現化に向けてかなり進んできているのである。奈良大学碓井研究室では、GPSの導入を契機にGPS-モバイルGISの応用としての歩行ナビゲーション研究を開始した。

4、まとめ

奈良大学碓井研究室におけるGISを利用した触地図研究は、視覚障害者の地理学科入学が契機となったが、1997年度は総合研究所の資金援助もえて、奈良県内の多様な触地図づくりをはじめている。触地図研究としてのアカデミックな研究視点は、前述した通りであるが、最も重要なことは、試作品であれ、作成した触地図を視覚障害者の方々に使用してもらおうことであろう。碓井は、奈良県視覚障害者福祉センター利用者の会に所属し、触地図研究の協力をお願いする一方でもた、触地図の啓蒙活動にも従事してきた、その影響もあり、視覚障害者の方から触地図作成の希望も出ている。たとえば、高山市へ旅行に行くための地域概念図や駅からの歩行ルートに関する触地図作成の希望などである。米国の著名な行動地理学の権威であったR. G. Golledgeが、晩年視力を失い、自らも視覚障害者として歩行支援システムの研究に従事しているが、彼の主張は、バリアフリーの社会環境の形成にある。阪神・淡路大震災後、空間データ基盤整備がすすみ、電子地図は、非常に入手しやすくなった。いずれ、地方自治体でもGISを福祉行政サービスに利用する時代が来ると考えられる。その折に、触地図がより広範囲の人々に利用され、歩行ナビゲーションシステムが、視覚障害者の自立歩行を可能にする日を実現させるためにも、視覚障害者の立場にたった基礎的研究（空間の認識や空間知識習得のあり方に関する）が必要であろう。

注

- 1 後藤 良一（1987）：「日本の触地図」（抜刷）地図25-2, pp.1-9.
- 2 加藤 俊和（1990）：「視覚障害者のための触地図」JACIC情報 20, pp.48-51
- 3 後藤 良一・小平 武雄（1982）：「視覚障害者のための公共交通機関利用ハンドブック」について、地図20-3, pp.13-18
運輸省（1984）：「視覚障害者のための公共交通機関利用ガイドブック」作成マニュアル, 58p.
- 4 国際シンポジウム実行委員会（1991）：第3回視覚障害者のための地図と図形についての国際シンポジウム議事録, 130p.
- 5 山梨 正雄他（1980）：「盲教育における『立体コピー』の活用に関する研究」日本特殊教育学会第18回大会発表論文集, pp.114-115 1980
- 6 大塚 義則（1993）：「視覚障害者への地図情報提供に関する研究」, 建設大学高等課程測量科研修, 地図, no.11, 96p.
- 7 藤咲 淳一・林 聖人・中島 最郎（1995）：「数値地図情報を利用した触地図作成システムの開発について」, 国土地理院時報, no.82, pp.41-46
大塚 義則・藤咲 淳一・中島最郎（1996）：「数値地図情報を利用した触地図作成システムの開発について(Ⅱ)」, 国土地理院時報, no. 85, pp.38-46
- 8 国土地理院（1997）：「視覚障害者用地図の図式设计に関する調査・研究作業報告書Ⅰ」, pp.1-27,

「視覚障害者用地図の図式設計に関する調査・研究作業報告書Ⅱ」, pp.1-72.

- 9 後藤 良一 (1983) : 「視覚障害者の地図・図形に関する第1回国際シンポジウム報告」, 地図 21-3pp.
- 10 Michael.R.C.Coulson (1991) : “Tactile-map output from geographical information systems: the challenge and its importance”, *International Journal Geographic Information Systems*, vol. 5, no.3, pp.353J-360.
- 11 Dina.L.Dacen Nagel and Michael.R.C.Coulson (1990) : “Tactical Mobility Maps/A Comparative Study”, *Cartographica*, vol.27, no.2 summer.47-63
- 12 Perry W.Torndyke and Barbara Hayes-Roth (1982) : “Differences in Spatial Knowledge Acquired from Maps and Navigation “, *Cognitive Psychology* vol.14, pp.560-589.
- 13 R.G.Golledge (1991) : “Tactical Strip Maps as Navigational Aids “ *Journal of Visual Impairment & Blindness*, september, pp.296-301
- 14 R.G.Golledge, Jack M.Loomis, Roberta L.Klatzky, Andreas Flury and Xiao L. Yang (1991) : “Designing a personal guidance system to aid navigation without sight: progress on the GIS component”, *International Journal Geographical Information System*, vol5, no.4, pp.373-395.
- 15 前掲 7 参照
- 16 水津一朗代表 (1989) : 「奈良県における地理情報システムの研究」, 科学研究費報告書
- 17 西 由美子 (1994) : 「GISを使った触地図の研究」奈良大学卒業論文 40p.
- 18 津村 朋久 (1995) : 「情報システム (Arc/Info) を利用した触地図の表現図式の研究」奈良大学卒業論文 41p.
- 19 八谷 靖裕 (1996) : 「地理情報システム (arc/info) を用いた触地図の研究」, 奈良大学卒論 37p.
- 20 河野 心哉 (1997) : 「GISを利用した視覚障害者触地図の研究」, 奈良大学卒論, 41p.
- 21 山内 康子 (1997) : 「地理情報システムを用いた視力障害者の触地図利用の研究」, 38p.
- 22 長野 和宏 (1998) : 「GISを利用した視覚障害者用触地図の研究」, 40p.
- 23 織田 勝彦 (1998) : “Blind Person’s Spatial Knowledge Acquisition from Tactical Maps, M A Thesis. The University of Toledo.
- 24 牧野秀夫・尾形真樹子・石井郁夫 (1992) : 「GPSによる携帯型盲人用位置案内装置の基礎研究」, 信学技法, MBE92-7, pp.41-46
- 25 中村和弘、青野嘉幸、田所嘉昭 (1996) : 「視覚障害者誘導型歩行支援システム」, 電気情報通信学会論文誌, D-Ⅲ, vol.J79-D-Ⅱ, No.9, pp.1610-1618
- 26 青野嘉幸・大市明伸・田所嘉昭 (1996) : 「案内状による視覚障害者歩行支援システムの性能」 電学論 C, vol.116 No.9, pp.1043-1050