

1. はじめに

平成12年5月17日に交付された交通バリアフリー法（高齢者、身体障害者等の公共交通機関を利用した移動の円滑化の促進に関する法律）は平成12年11月15日から施行され、高齢化社会にむけたバリアフリー政策が国、地方自治体、交通事業者等により急速に推進される事になった。その中で、歩行空間のバリアフリー化は、道路行政の重点政策として取上げられ、特に歩行者ITS（Intelligent Transport system）が、21世紀のバリアフリー道路システムとして歩行空間における歩行者、車椅子使用者、自転車などの安全性、快適性、利便性の向上を実現化させるものとして注目されている。歩行者ITSの主要サービスは多様であるが、歩行者の位置確認と行き先案内、安心安全情報の伝達がその中心である。そのため、道路に埋め込まれた地上情報端末（GIストーン：Geographic Information Stone：電子地理情報標石）や人や交通機関の集中場所に設置されるi-モビリティセンターなどのインフラ的な情報端末の設置により、歩行者携帯端末とのコミュニケーションを実現化する技術であるといえる。

国土交通省土木研究所では、歩行者ITSに関して 高齢者や障害者への自己位置情報の提供、 段差の位置、横断地点の位置などの安全な歩行に必要な情報提供、 バリアフリー経路情報提供等のマンナビゲーションを実現化させる技術やシステム開発を研究目的としている。平成12年度から13年度に実証実験を実施し、平成14年度からは歩行者ITSの実用化が検討されている。一方で、歩道空間の土木工学的なバリアフリー化の取り組みもなされ、歩道幅の拡大、マウンドアップタイプの歩道から段差が低いセミフラットタイプへの整備、立体横断施設の設置、地下歩道整備なども施工され、各施設間をつなぐ歩道ネットワークが実現化されようとしている。

この歩行ITSにおいて、地理情報システム（GIS）はヒューマンナビゲーションのために歩行空間データベース作成の視点から重要視されている。特に、視覚障害者にとって自立歩行は永年の夢であり、交通バリアフリー法施行は、視覚障害者の社会参加拡大の上でも意義深いものがある。視覚障害者対応の歩行ナビゲーションを安全に実現させるためには、歩行ITSにおける現実空間でのナビゲーションの準備段階として、視覚障害者の空間認知能力を向上させるようなトレーニングや環境の整備が必要である。本研究では、リスクの多い視覚障害者の安全な自立歩行を支援するための歩行空間認知支援トレーニング法のあり方を、心理学や地理学における空間認知研究の成果を踏まえて検討し、現実の歩行空間でも仮想の歩行空間でも利用可能なGISを利用した音声対応型バリアフリーデジタルマップの要件を考察するものである。また、バリアフリーデジタルマップを如何に作成・更新するかについてもその基本的な考え方を提示するものである。

2. 視覚障害者のためのバリアフリーデジタルマップの要件

(1) 視覚障害者の空間認知能力

視覚障害者の空間認知研究については、米国のカリフォルニア大学サンタバーバラ校地理学科空間認知・選択研究室（Research Unit on Spatial Cognition and Choice）を中心に、地理学者と心理学者による共同研究がある。特にこの研究室のゴレッジ（Golledge, R.G.）を中心にヤコブソン（Jacobson, D. カリフォルニア大学）、キッチン（Kitchin, R.M. アイルランド大学）と心理学者ブレイド

(Blades , M. シェフィールド大学)の「視覚障害者の空間能力理論への再考」という研究は、示唆されることが多い¹。この論文によると、古くから、視覚障害者の空間認知能力に関しては、空間認知能力欠損論 (Deficiency theory)、空間認知能力低下論 (Inefficiency theory)、空間認知能力異質論 (Difference theory) の3種類の理論があるといわれてきた。これらは、中途失明ではない生来の視覚障害者 (全盲) には空間認知能力が欠損しているという説、空間認知能力が低く非効率的であるという説、そして晴眼者とは異なった種類の空間認知能力を有するという3つの理論である。ゴレッジらは、第4番目の空間認知能力論として空間認知同質論を提唱し、アイルランドのベルファーストと米国サンタバーバラで視覚障害者と晴眼者との比較実験を実施し、視覚障害者と晴眼者間には、空間認知能力に際立った差異がないことを実証した。この研究成果を踏まえると適切なトレーニングや空間認知能力を高める教材や環境を整備することにより、晴眼者と同質の潜在的な空間認知能力が開発されるといえる。空間認知能力の低下は視覚による情報の欠如であり、視覚による情報の欠如を触覚や聴覚、嗅覚により補うことによって、晴眼者と同一の空間認知能力が高められるというものである²。



図 - 1 アイルランドのベルファーストでのルートナビゲーション実験コース

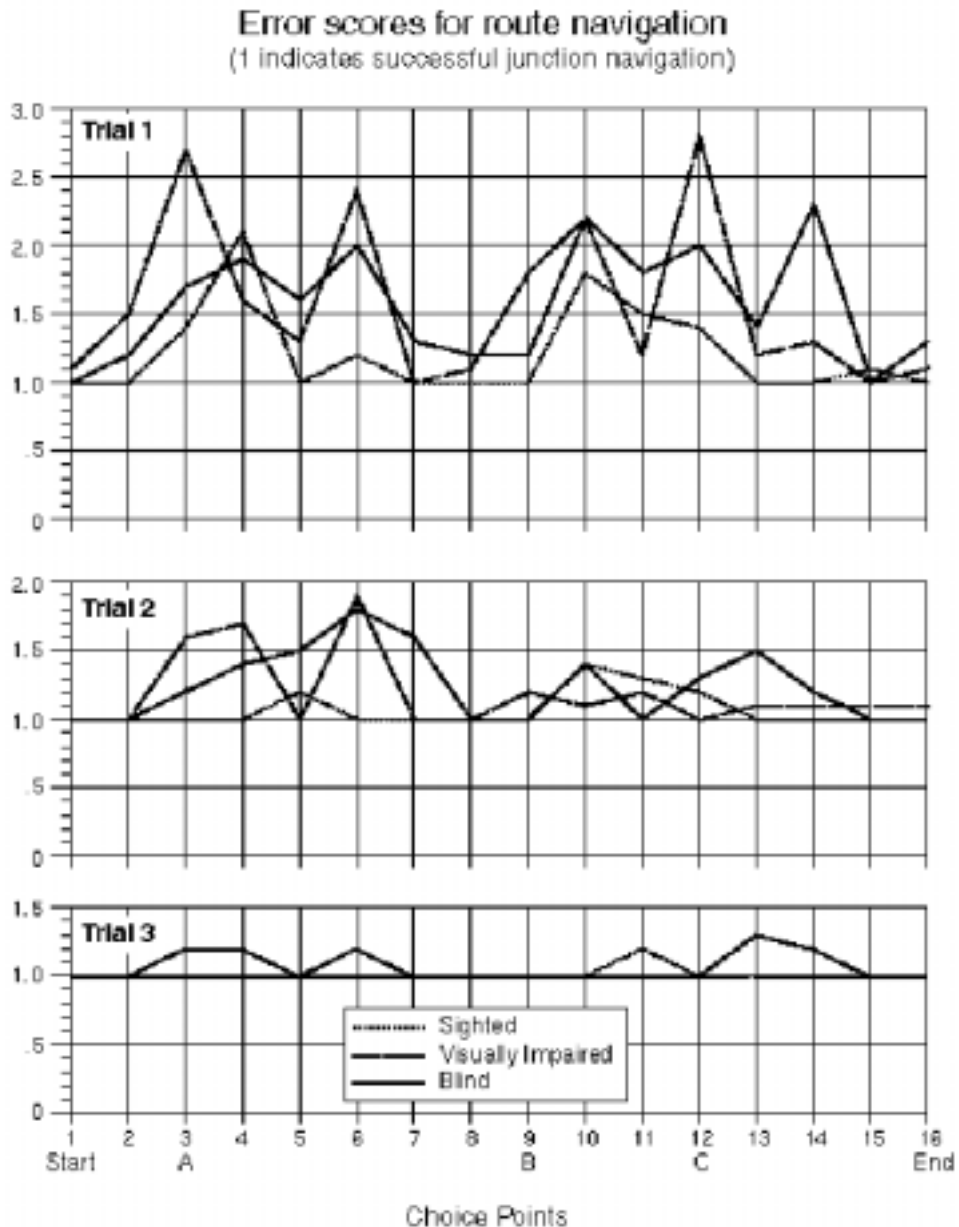


図 - 2 視覚障害者のトレーニングによるルートナビゲーションエラーの減少

図 - 1 と図 - 2 の資料 : Golledge, R., Blades, M., Kitchin, R.M., and Jacobson, R.D. (1999) : Understanding Geographic Space Without The Use of Vision, NSF REPORT SBR95-14907. より引用

図 - 1 と図 - 2 は、アイルランドのベルファストで実験されたナビゲーションコースとコース上の16箇所の各地点での視覚障害者（弱視、後天盲、先天性全盲）の誤り率を示したものである。3回のトレーニングにより、誤り率が減少していることがわかる。また、視覚障害の程度に応じて誤り率に差異は認められるが、トレーニングをすることにより急速に誤り率が減少していることもわかる。

以上から、視覚障害者の歩行ナビゲーションを実現するためには、聴覚や触覚、嗅覚などの視覚に変わる地理情報を如何に視覚障害者にわかり易く提供するか、また、空

間認知のトレーニングを如何に行うかということが重要である。そのため、視覚障害者の歩行に必要な地理情報を聞き取り調査し、視覚障害者の歩行に有用な地理情報(地物)を決定した。また、このバリアフリーデジタルマップへの入力情報(道路や建物などの地物)をベースに、音声案内が可能な音声対応バリアフリーデジタルマップを試作し、自宅で、歩行空間の自主トレーニングが可能な音声対応バリアフリーデジタルマップアプリケーションを開発することにした。

(2) 視覚障害者の歩行に関する聞き取り調査

視覚障害者の単独歩行に必要な情報

奈良県視覚障害者(児)守る会と奈良県立盲学校の協力を得て、図-3に示した項目について聞き取り調査を2000年11月に実施した。視覚障害者16名(男性14名、女性4名)に面接調査をしたが、被験者の年齢は、27歳から65歳にわたり平均年齢は46.7歳であった。視覚障害の内訳は弱視12名(先天性5名、後天性7名)、光覚1名(先天性)、全盲3名(先天性1名、後天性2名)である。質問項目は、特に歩行中に必要とする情報「一人で歩く際、どんな情報をたよりに歩いていますか?」(質問1)、「歩行中ではどんな場所が危険だと感じますか?」(質問2)、「地図を利用するとしたらどのような情報が必要と思われますか?」(質問3)について詳しく聞き取り調査をした。

その結果、質問1では弱視と全盲で大きな違いがあり、表-1にその結果を示した。弱視の場合は視覚障害の症状の違いにより多少差異はあるが、基本的にわずかな視力で視界に入る視覚的情報を手がかりに歩行していることがわかった。近い将来、日本の高度高齢化社会において高齢の弱視者は急増すると考えられ、弱視者に関する調査結果はバリアフリー歩行空間を考える上でも重要である。たとえば、視界に入る大きな建築物で自分の位置や現在の向きを確認し、道路に引かれた路側帯を区別する白線を目印に歩行している現状が明らかになった。路側帯を示す路上の白線や黄色の誘導ブロックが重要であり、ランドマークとしての建物も自己位置の参照点として利用されているといえる。また、弱視者にとって、街灯や自動販売機などの明かりや走行する車の照明などは、夜間歩行における光源として重要であることもわかった。

一方、全盲の場合、単独歩行の際に聴覚的、触覚的、臭覚的情報を複合的に取り入れ、歩行している現状が示された。聴覚的情報では自動車の音、人の足音、パチンコ、スーパーマーケットなどの騒音、噴水の水音、盲人者用信号機の音、また例えばアーケードでは音がこもり、広場などでは音が拡散するなど、空間が閉じているか広がっているかによる音の響きの違いなども利用している。触覚的情報は白杖から障害物の有無や道路の状態、足底からは路上の誘導点字ブロックの凹凸や道路舗装の有無、ザラザラやつるつるといったような道路表面の状態、そして空気の流れや向きから情報を受け取り走行方向や歩行位置を確認していることがわかった。さらに、パン屋や飲食店の特定の匂い等の臭覚的情報から自分の位置を確認し、歩行している実情もある。

まとめると、弱視者はわずかな視力から得られる視覚的情報を主に利用し、また補助的に聴覚的情報を歩行に利用している。そして全盲者は聴覚的情報を中心として、歩行に関しては、触覚的情報、嗅覚的情報を複合的に利用しているということが明らか

かになった。

表 - 1 視覚障害別歩行情報の特性

視覚障害の程度	歩行情報の特性
弱視	基本的にわずかな視力や視界で入手された視覚的情報を利用補助的に聴覚的情報(人の足音、自動車の音など)を感じ取る
全盲	聴覚的情報(人の足音、自動車の音)を中心として、触覚的情報(白杖、足底など)、運動感覚的情報(点字ブロック、傾斜や段差など)、嗅覚的情報を幅広く複合的に感じ取る

聞き取り調査より作成(2000年11月21、28日実施)

歩行上の危険情報

質問3は、歩行中に危険と感じたことのある場所について質問したものである。この質問結果には弱視と全盲との差異は、ほとんど見られなかった。表-2は、それをまとめたものである。道路に関する危険箇所は、交差点に関するものが多く、特に横断歩道の有無、歩道橋の有無、また広い交差点では中ほどまで来ると方向感覚が無くなってしまいうため交差点の形状や広さといった情報を視覚障害者に伝達する必要もあげられた。交差点以外では歩行中に追突する危険のある電柱の位置や、閉じ込められる危険性がある鉄道の踏み切りの位置や規模、そして道路の行き止まりと判断ミスをし易い道路幅員が急に狭くなる場所などがあげられた。次に、危険箇所として自転車・自動車の交通量の多い道路、また街灯の無い道路、ふたの無い側溝、段差・階段などが危険を感じた場所であるといえる。

弱視者と全盲者の回答に差異が見られたのは、聴覚的情報が取得しにくい工事現場などの過度の騒音を発している地点が、全盲者にとって危険箇所であり、工事現場等の情報を歩行前に取得しておく重要性が明確になった。また、全盲者では駐車場・建物前のフリースペースがあげられ、自己の方向感覚および現在位置を喪失する危険箇所であることもわかった。阪神・淡路大震災では、防災上建物前のフリースペースを確保する機会が多いが、このような場所では、誘導点字ブロックの附設などが必要であると考えられる。

表 - 2 視覚障害別の歩行危険情報

障害の程度	道路項目	建物項目
弱視	交差点(横断歩道、交差点の中央部) 電信柱 踏み切り 道路の幅員が狭くなる箇所 自転車・自動車の交通量 街灯がない ふたのない側溝 段差・階段	(調査結果には表れなかった)
全盲	過度の騒音を発している地点 (その他は弱視と同じ)	駐車場 建物前のフリースペース 過度の騒音を発している場所

聞き取り調査より作成(2000年11月21、28日実施)

歩行に関するバリアフリーデジタルマップ情報

質問3では「地図を利用するとしたら、どのような情報が必要か」ということを質問した。

弱視の場合、自身のわずかな視力では確認・判別することのできない道路関連情報が欲しいということが指摘された。階段の位置や段差の有無、歩道の有無、路側帯区白線の有無、自動車・自転車の交通量の情報があげられた。そして建物関連としては、大きな建物の出入り口、トイレの場所そしてトイレのどちら側が男性用女性用なのかという情報、公園、学校、銀行や郵便局などの公共施設の位置と名称、およびスーパーマーケットの位置と名称、避難場所の位置などであった。さらに、公共建物だけでなく商店や個人宅の看板や表札情報で、外出以前に建物の位置を確認したいという要望も出された。そして、今回の調査を行ってきたなかで多く聞かれたのは、バスの停留所・運行情報や鉄道の駅などの交通機関情報についてのことであった。たとえばバスの停留所ならば、何時にどこ行きのバスがくるのか、運賃はいくらなのか。鉄道の駅ならば、トイレの場所・エレベータ・音声案内がどこについているか、また何番出口から出たらどこに出ることができるのか、といった駅構内の地図や、何番線からどこ行きの列車が何時に出るのか、乗り換えはどのようにしたらよいのか、といった乗り換え情報が欲しいという声が多々聞かれた。また、その他として、どこに何があるのかという地域に関する詳細な所在地情報が欲しいといったことや日常生活に必要な情報が欲しいということが聞かれた。

一方、全盲の場合は総じて弱視者と同じ情報が必要とされたが、相違点は現在の場所・向き・進行方向を確認するための、視覚的情報以外の聴覚や触覚情報が多くあげられた。道路関連情報としては、誘導点字ブロックの位置、アーケードの有無、また建物関連では、特定の音の発生地点、道路に面する建物の種類や位置、名称情報が必要とされているといえる。

まとめると、弱視者はわずかな視力では確認・判別することのできない情報、全盲では歩行のために必要な視覚的情報、そして自身の現在の場所・向き・進行方向を確認するための触覚的情報、運動感覚的情報、嗅覚的情報を発しているランドマークをバリアフリーデジタルマップには項目として盛り込む必要があることが示された。

表-3は、聞き取り調査からまとめられた視覚障害者対応のバリアフリーデジタルマップとしての入力地物を整理したものである。地物のタイプを道路、河川、鉄道・駅、建物、オープンスペースに分け、それぞれの地物タイプにふくまれる入力地物を階層的に整理した。視覚障害者のバリアフリーデジタルマップでは、歩行ナビゲーションの実施において音声でバリアフリー情報を提供すること、および前述した音声マップ作成を考慮して、もっともアプリケーションプログラムが作成しやすいように地物入力タイプを決定している。表中に道路中心線屋歩行中心線等が見られるのはそのためであり、プログラム開発が難しい、面情報であるポリゴンでの入力タイプはここでは使用していない。つまり、視覚障害者用のバリアフリーデジタルマップは、視覚的な電子地図ではなく、音声案内が可能なアプリケーション開発に容易な電子地図がその要件である。

表 - 3 視覚障害者対応バリアフリーデジタルマップの入力地物

地物タイプ	地物名称 (feature)	下位の地物	入力型	歩行に必要な地物の属性情報	必要度
道路関連地物	車道 歩道 側溝 アーケード 電柱 街灯 交差点 バス停留所 踏み切り GIストーン	車道中心線 路側帯区分白線 歩道中心線 縁石 誘導点字ブロック 噴水 歩道橋 ガードレール 側溝中心線 交差点の中心点 信号	線 線 線 線 点 線 線 線 線 線 点 点 点 点 線 点	自動車・自転車交通量と安全性 幅 名称、状態 歩道遮断物の状況〔駐車・駐輪状況〕 幅 段差の有無と高さ 名称、状態 散水停止情報 大きさ・形状 階段の数、手すりの有無、歩道橋の長さ、〔歩数〕、幅(歩数) 名称、状態 側溝の幅と蓋の有無 通りの名称 人通りの量 電柱番号、歩行上注意事項 携帯電話用アンテナの有無、 電柱に設置された携帯電話アンテナの種別、番号など 歩行上の注意事項 交差点の広さ等の規模と交通量 盲人信号の有無 バス種類・運行情報 時刻表) 危険度、交通状況 地理情報標石番号	
鉄道・駅関連地物	駅舎 軌道	駅舎階段中心線 切符売り場 改札口 ホーム階段中心線 ホーム中心線 誘導点字ブロック 駅舎トイレ ホームのベンチ 軌道中心線 軌道柵、フェンス	線 点 点 線 線 線 点 点 線 線	階段の段数、勾配の程度、手すりの有無 点字表の有無、運賃情報 改札口の数 階段の段数、手すりの有無、ホーム番号 ホーム番号・行き先案内 名称、状態 男性・女性トイレの配置 歩行障害の危険性 路線名 危険情報	
河川関連地物	河川 橋	河川中心線 河川土手中心線 橋中心線	線 線 線	河川名称 歩行危険情報 河川名称 橋の名称 車道や歩道との関係 長さ(歩数)幅(歩数)	
建物関連地物	公共蚕設イ スーパーマーケット コンビニストア パチンコ屋 パン屋 商店 住宅	出入口・玄関位置 玄関前のオープンスペース 出入口・玄関位置 玄関前のオープンスペース 出入口・玄関位置 出入口・玄関位置 出入口・玄関位置 出入口・玄関位置 出入口・玄関位置	点 点 点 点 点 点 点 点 点	名称 蚕設開閉館情報など 歩行注意情報 広さ・道路からの歩数 名称 蚕設開閉館情報など 歩行注意情報 広さ・道路からの歩数 名称 蚕設開閉館情報など 名称 音の質 名称 嗅覚の質 名称 販売物・サービス内容・音や嗅覚情報 名手〔表情情報〕	
オープンスペース 関連地物	公園	公園代表 入出口位置 ベンチ 噴水 公園内トイレ	点 点 点 点 点	名称、広さ、雰囲気 公園蚕設の概要 避難場所の有無 歩行注意事項 形状 散水停止情報 大きさ・形状 男性・女性トイレの配置	

3 . 視覚障害者自立歩行支援のための音声対応バリアフリーデジタルマップの開発

(1) 空間の認知地図と歩行ナビゲーション

視覚障害者の空間認知能力が晴眼者と同質であるという理論に基づくなら、トレーニングや歩行環境の整備により空間認知能力の向上がみられることはすでに前節で説明した。空間認知の発達プロセスに関しては、心理学をはじめ地理学で先行研究が見られる。トールマン (Tolman, E.C) は動物が迷路空間についての包括的な知識を学習していることを明らかにし、これをメンタルな「認知地図」と名づけた³。ゴレッジによると認知地図とは、体験された外部環境の内的表象 (Inner Representation) であり、人間にとって外部環境である道路や建物などの地物 (feature) 間の空間関係を図的にメンタル表現されたものであるとしている。人間は、このメンタルな認知地図をベースに空間を理解していることになる⁴。

心理学者であるシュミヤキン (Shemyakin, F.N.) は、1960年代に空間の内的表象タイプとしてルートマップ型とサーヴェイマップ型の2つがあることを指摘した⁵。従来、

認知地図には道路などの移動ルートを心理的にたどって形成されるルートマップ型と、大きな建物などのランドマークの位置関係をもとに空間全体を理解するサーベイマップ型の2種類が基本的なタイプであるといわれてきた。こうした先駆的な研究をもとに、1970年代の空間認知能力の発達に関する参照系の理論、ランドマークによる表象タイプの理論が生まれた。人間の空間認知能力の発達過程は、自分自身の身体を参照点とする自己中心的参照系から、建物などのランドマークを参照点として自己の位置を確認する固定的参照系、そして空間を鳥瞰図のように認識し、経緯度などの座標系で自己の位置や方向性を認知する抽象的参照系へと発展するといわれている。

また、ルートマップ型とサーベイマップ型の関連性に関しては、ランドマークが重要な意味を有しているともいわれており、シーゲルとホワイト(Siegel, A.W. & White, S.H.)によるランドマークを中心とした表象モデルが提案された⁶。この理論によると、第1段階として、まず自己中心的参照系をベースに駅や大きな建物などのランドマークの確認と記憶が行われ、第2段階ではこれらのランドマークを参照点として空間の配置関係がランドマークに結びつけられ、ランドマークの並びとしてのルートが形成される。第3段階では、ランドマークを中心としたルートが統合され、ルートマップ型の認知地図が形成される。そして第4段階になってルートマップ型認知地図をベースに空間関係が包括的に認知され、サーヴェイマップ型の空間の認知地図がメンタル的に形成されるというものである。また、山本は視覚障害者の空間認知に関する研究で、空間認知能力の発達が成長に応じてトレーニングなどで高まることを実証している⁷。

視覚障害者にとって、視覚をベースにする抽象的参照系の発達は弱いと考えられるが、視覚障害者の歩行ナビゲーションを安全に実現化させるためには、これらの認知地図の発展過程や参照系の発展図式を考慮し、音声や触覚に対応したバリアフリーデジタルマップを利用した空間認知のトレーニングアプリケーションの開発が必要である。

(2) GISを利用した視覚障害者による歩行空間認知支援トレーニング法の提案

視覚障害者の空間認知能力を向上させ安全な自立歩行を実現化させるためには、現実空間での歩行ナビゲーション等を歩行ITS等で実施だけでなく、室内においてもサイバーな電子歩行空間上で視覚障害者用バリアフリーデジタルマップを使用して、歩行空間の空間認知支援トレーニングをし歩行空間のメンタルな認知地図を形成することが重要である。ここで提案するのは、まず自己中心参照系によるランドマークの配置関係を認知する段階。次にランドマーク周辺のルート探索の歩行シミュレーション(音声バリアフリーデジタルマップによる歩行疑似体験)をし、ルートマップ型認知地図を視覚障害者のメンタル的な内的表象として形成する段階。ランドマーク周辺の数種類のルートマップ型認知地図をベースに地域全体のサーベイマップ型の認知地図を形成し、地域社会で自立歩行可能な空間認知能力を育成する3段階のトレーニング法である。このGISを利用した歩行空間認知支援トレーニング法では、各段階においてGISで作成した触地図も併用するとより効果的であるといえる。視覚障害者の空間認知能力の育成に使用される触地図の研究は、国土地理院⁸でもなされているが、奈良大学でも10年ほど研究を継続してきた⁹。GISでは道路

や建物などがレイヤーで管理されているため、触地図作成に必要な情報を容易に入手可能であり、日本で開発された立体コピー機にかければ触地図が完成する。今回、この研究で開発中である音声対応バリアフリーデジタルマップと併用することにより、更なる学習効果をあげることが可能であるといえる。また最近では、日本語文書の自動点訳サーバー(eBraille)も五十嵐大和(東工大情報)、高岡 裕(東大医科研)によって開発されており、インターネットでの日本語自動点訳サービスの利用も可能であり、触地図上の点字表記については便利になった(<http://www.lifence.ac.jp/cs/tenji.html>)。

(3) 音声バリアフリーデジタルマップの作成

米国カルフォルニアにあり、NPOでもあるArkenstone社とフランスのモンリオールにあるVisuaide社の資金援助のもと、カナダのCarleton大学の学生Charles M. LaPierre が1993年から1997年にかけて視覚障害者歩行ナビゲーションシステムを開発した。これが視覚障害者用の音声地図(品名: Atlas Speaks)として販売されたのは1996年2月である。米国の商用地図会社Etak社の全米電子地図をベースに50州3,116郡23,120都市についてソフト付で音声地図が販売されている。この音声地図ソフトは、添付地図の種類にもよるが、インターネットのサイトから199ドル~399ドルで入手が可能である(<http://store.yahoo.com/fos/atlas.html>)。図-3は、その画面を示している。この音声地図ソフトはEtak社の市販地図を利用したもので、地図をクリックすると地名や街路名が音声で読み上げられる。また、GPSとも連動が可能でルートナビゲーションによる歩行ナビゲーションにも利用可能なようにシステム開発がなされている。しかし、このシステムは市販の電子地図を視覚障害者用に利用したものであり、電子地図自体はバリアフリー情報を豊富に有しているわけではない。現在の音声読み上げソフトを使用すれば、地図上のテキスト情報を音声で読み上げることは容易である。また、GPSを利用した歩行ナビゲーションシステムの研究は情報工学を中心にかなりの成果を上げており、日本でもネットワーク理論を応用した最短経路探索の歩行ナビゲーションプログラムの開発は盛んである。しかし、空間認知研究の成果をとりいれたバリアフリーデジタルマップの作成は、歩行ナビゲーションシステムのアプリケーション開発よりは遅れているといわざるを得ない。そこでは、視覚障害者の空間認知能力を向上させるために、どのようなバリアフリー情報を入力すればよいか、また、身障者対応型歩行ナビゲーションをどのような心理学的空間理論のもとに開発するのかという、視覚障害者の社会的自立を支援する歩行ナビゲーション利用の目的が明確になっていないからである。高度情報化社会において電子政府や電子国土が実現化してきたときには、バリアフリー情報の質が障害者の社会的自立に貢献するかどうか重要になる。

本研究では、表-3のバリアフリーデジタルマップに関する地物整理表から国土地理院の数値地図2,500をベースに、奈良市の旧市街地について現地調査を行い、バリアフリーデジタルマップをShapeファイルの形式で作成した。使用したソフトは、Arcinfo(ArcObject)とGeomediaである。これらのGISソフトはShapeファイルの読み込みが容易であり、またArcinfoでは、Network分析のarcObjectでカスタマイズが可能だからである。作業としては、バリアフリーデジタルマップ入力地物に関して現地調査を行い手入力をした。歩行中心線に関しては街区ポリゴンの面バッフ

アリングを行い自動的に作成した。点で入力した地物に関しては、歩行中心線とのネットワークグラフ構造にするため歩行中心線まで垂線を追加し、ラインとノードからなるネットワークへ変換した。ネットワーク構造はArcinfoのネットワークカバレッジとして作成した。音声読み上げに関しては視覚障害者用の音声読み上げソフトを使用し、属性情報として入力されたテキスト情報を読み上げることにした。なお、バリアフリーデジタルマップでのルートナビゲーションアプリケーションに関しては、現在開発途中である。



Figure 1: Screen shot of Atlas Speaks

図 - 3 Atlas Speaksのフォーム

(4) 視覚障害者用バリアフリーデジタルマップの更新

GISのデータベースの更新については国土空間データ基盤についても同様であるが、電子申請業務に連動した形での更新がもっとも効率的であるといわれている。地方自治体での実践事例として豊中・高槻方式があるが、この方式は位置参照方式と呼ばれ、CALS/ECと連動した電子申請CAD図面から位置参照情報（基準点や道路境界点、電柱、マンホール位置、側溝など。図 - 4、図 - 5）を利用して、地方自治体の日常業務から自動的にGISデータベースを更新するものである¹⁰。将来、地方自治体へのGIS導入が推進すれば、地方自治体での視覚障害者へのバリアフリーサービスのために、この種の視覚障害者用バリアフリーデジタルマップの作成も考えられる。つまり、統合型GISで更新される共用空間データベースの更新に、視覚障害者用バリアフリーマップの更新も連動していかなばならない。そこで、表 - 3 に示した入力地物に関して、共用空間データベースとして更新されるであろう地物を除き、地方自治体の各種業務と連動させた更新手法を検討した。現段階では、CALS/ECをベースに電子申請業務との連動を考慮して更新主体とその問題点を整理したにすぎな

いが、この種のGISデータベース更新の基本的考えを示したものである。つまり、道路関連地物に関しては、歩行空間のバリアフリー化工事を実施するときのCAD化された設計図や竣工図に、図 - 4 や図 - 5 のような位置参照点を記入しておき、これらの位置参照点の経緯度情報をもとに測地系座標に変換して、デジタルマップを自動的に更新する方法である。道路上の白線や黄色で示される誘導点字ブロック等は、白色や黄色という画像処理がし易い輝度値を有しているゆえに、高解像度衛星画像から画像解析により更新する方法も考えられる。また、道路上の駐輪や駐車の状態も高解像度衛星画像が適しているといえる。つまり、工事を伴う変化に関してはCALS/ECと連動した更新を実施し、それ以外のものに関しては高解像度衛星画像を利用する。今ひとつは、市民からのインターネットを通じてのバリアフリー情報を利用する点であるが、この場合はその信頼性を確認する必要もあり、NPOなどの責任のある団体とのバリアフリー情報収集ネットワークのような協力組織が必要になる。いずれにせよ、GISデータの日常業務での更新を実現させ地図データを共有化させるためには、各種業務から更新されるGISデータベースを統合し管理し、クリアリングハウスから配信サービスを行うGIS部局屋GIS課などの専門の管轄部署が必要である。

現在、道路に関する交通バリアフリー政策を道路に関する国土空間データ基盤整備と明確に関連つけられた施策として実施するという視点は弱い。周知のとおり国土空間データ基盤整備は、社会情報インフラ整備として来るべき電子国土時代において重要なものである。特に、歩行空間のヒューマンナビゲーションにおいては、国土空間データ基盤情報としての電子的な道路の整備、特に道路縁の確定や歩道中心線の整備などは不可欠のものであるといえる。現在の道路中心線は車道の中心線であるが、ヒューマンナビゲーションを効率的に実現するためには、歩道中心線〔リンク〕の整備や高齢者や障害者に関係の深いバリアフリー公共施設〔ノード〕を含む電子的な歩道ネットワーク（リンクとノード）を必要としている。重要な事は道路改良工事などの工学的な歩道空間ネットワークを施工するときに、電子国土の基盤情報である道路縁（縁石の位置や側溝との関係など）の確定と2種類の道路中心線〔歩道と車道〕、GIストーンの配置位置、信号や電柱の位置などを、工学的な歩行空間と電子的な歩行空間を整合させた形で整備する必要がある。



図 - 4 豊中市の基準点

TS点(位置参照点)



図 - 5 さまざまな位置参照点〔高槻市〕

4 . まとめ

交通バリアフリー法の施行は視覚障害者の自立歩行を促進させ、視覚障害者の社会参加を拡大させるものとして非常に意義が深い。この法律のもとに、技術開発が進む歩行ITSにおいてGISを利用したバリアフリーデジタルマップ作成は、歩行ナビゲーションのアプリケーション開発において不可欠の要件である。本研究では、障害者の中でも自立歩行で最も安全性を必要とする視覚障害者歩行ナビゲーションのデータベースとしてのバリアフリーデジタルマップの要件を、視覚障害者への聞き取り調査と空間認知研究の視点から検討した。その結果、表 - 3 に示したような視覚障害者の歩行ナビゲーションに適応した入力地物を決定し、奈良市においてバリアフリーデジタルマップを試作した。

次に、バリアフリーデジタルマップが、現実社会の歩行空間での歩行ナビゲーション用のデータベースとしての利用以外にも、自宅でのサイバー電子歩行空間におけるルートナビゲーションのデータベースとして利用することの重要性を指摘した。つまり、視覚障害者が安全な自立歩行をするためには、歩行空間や地域社会の認知地図がメンタルに形成されねばならず、視覚障害者の認知地図を形成するトレーニング教材として、このバリアフリーデジタルマップの利用法を提案したのである。本研究では、心理学や地理学の研究成果である空間認知の発達論に依拠して歩行空間認知支援トレーニング法を提案した。ここでは、まず 自己中心参照系によるランドマークの配置関係を認知する段階。次に ランドマーク周辺のルート探索の歩行シミュレーション（音声バリアフリーデジタルマップによる歩行疑似体験）をし、ルートマップ型認知地図を視覚障害者のメンタル的な内的表象として形成する段階。ランドマーク周辺の数種類のルートマップ型認知地図をベースに地域全体のサーベイマップ型の認知地図を形成し、地域社会で自立歩行可能な空間認知能力を育成する3段階にわけ、それぞれの認知地図発達段階に応じた音声対応バリアフリーデジタルマップアプリケーションを開発することにした。このアプリケーションに関しては、現在開発中である。これは、視覚障害者の空間認知能力は晴眼者と同質のものであり、視覚情報の欠如が空間認知を低下させており、トレーニングにより空間認知能力の向上が期待できるという米国での研究事例に基づいている。

この研究では、歩行ナビゲーションにおける音声情報の提供や音声の出るバリアフリー

デジタルマップや触地図を補助教材とすることにより、視覚障害者が本来有している空間認知能力を向上させ、向上させることが可能なことを示した。また、これらのバリアフリーデジタルマップの更新に対する基本的考え方として、歩行空間の改良工事が実施されたときは、CALs/ECと連動した位置参照方式による更新手法の重要性を指摘し、現実の歩行空間の改良時にサイバースペースである電子歩行空間の更新も同時に実施するような仕組みの必要性を強調した。このことは、来るべく高度情報化社会では、工学的な歩道空間ネットワークの形成や改良と同時にサイバーな電子歩行ネットワークの作成や更新も実現するという建設現場からの国土建設と電子国土建設の建設の重要性を指摘している。

【 参考文献 】

- ¹ Golledge, R., Blades, M., Kitchin, R.M., and Jacobson, R.D. (1999) : Understanding Geographic Space Without The Use of Vision, NSF REPORT SBR95-14907.
- ² Kitchin, R.M., Blades, M., and Golledge, R.G. (1997) Understanding spatial concepts at the geographic scale without the use of vision, *Progress in Human Geography*, 21-2, pp.225-242
- ³ Tolman, E.C. (1948) : Cognitive maps in rats and Men, *Psychological Review*, 55, pp.189-208
- ⁴ Golledge, R.G. (1993) : Geography and the disabled: a survey with special reference to vision impaired and blind populations. *Transactions of the Institute of British Geographers*, 18, pp.63-85.
- ⁵ 谷 直樹(1980) : 「ルートマップ型からサーヴェイマップ型へのイメージマップの変容について」, *教育心理学研究* 28-3, pp.192-202.
- ⁶ Siegel, A.W. & White, S.H. (1975) : The development of spatial presentations of large-scale environments, *Advances in child development and behavior*, 10, pp.9-55
- ⁷ 山本 利和(1990) : 「早期失明者の空間的問題解決能力の発達」, *心理学研究* 60-6, pp.363-369
- ⁸ 大塚善則, 藤崎淳一, 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 () *国土地理院時報*, 85, pp.38-49 .
- ⁹ 碓井照子(1999) : 地理情報システムを利用した触地図の研究, *文部省科学研究費報告書*, 1-125
- ¹⁰ 古田均, 三上市蔵, 碓井照子, 広瀬道幸, 田中成典(2001) : 建設 CALA/EC に向けた電子国土の動向を探る。 - CAD/CG/GIS/GPS の統合、山海堂、140p.