

歩行空間のバリアフリー化を目指す ユビキタス移動支援システム

情報通信研究機構

矢入(江口) 郁子

yairi@nict.go.jp

「バリア」、「バリアフリー」、「アクセシビリティ」という言葉を聞くと、福祉を連想される方が多いのではないだろうか。しかし、歩行空間のバリアフリー化およびアクセシビリティの向上は、障害者・高齢者だけでなくすべての歩行者に関係がある重要な課題なのである。そして、その課題の解決方法として、ユビキタス技術を用いた移動支援が注目を浴びている。本稿では移動支援システム開発の課題、研究の動向について解説する。

● 歩行空間のアクセシビリティと ● バリア・バリアフリー

「移動」は、目的地への到達、気ままな散策など、自立かつ快適に生活するための手段としてきわめて基本的、かつ必要不可欠な行動であるだけに、移動に制約や困難がある生活は非常に辛い。歩行空間のアクセシビリティは、「歩行者がそこを通行する場合の肉体的・精神的負担の少なさ、および快適さ」を一般的に指す言葉である。またバリアはアクセシビリティを阻害する事物を、バリアフリーはアクセシビリティを高める事物を意味する。

歩行空間のアクセシビリティはおおむね以下の3つに分類される。

(1) 歩行しやすさ

歩行に要する体力、自動車との接触や衝突、転倒・転落、犯罪の危険性などの、移動時の歩行(自転車や車いすの場合は走行)そのものに関する肉体的・精神的負担の少なさおよび快適さ

(2) 分かりやすさ

目印の一目瞭然さ、道順の単純さ、および目印や道順が既知であるかどうかなどの、移動中および移動前準備時の空間認知に関する肉体的・精神的負担の少なさおよび快適さ

(3) 便利さ

飲食などの娯楽、トイレ、休憩、事件・事故などの非常時など、移動中に起こる諸事象に役立つ施設や設備の有無に関する肉体的・精神的負担の少なさおよび快適さ

日常会話でよく使われる「いい道」、「安全な道」、「楽しい道」は、いいかえると“アクセシビリティの高い道”であり、距離や時間の制約条件に加えて、(1)～(3)の高い地点をより多く含む経路となっている。

● すべての歩行者がバリアを抱えている ●

図-1に移動に必要な能力について概説する。移動は大きく分けて「自分の体を移動させる能力」と「道順を計画する能力」とから構成される。自分の体を移動させる能力には、歩行面の凹凸や、移動可能な開けた空間を知るなどの近傍の“空間認知”に関する能力と、足を動かさず転倒することなく進むための“駆動”に関する能力がある。道順を計画する能力には、地図・案内板・アナウンスなどから情報を得る“情報の入手”に関する能力、そして目印を探し、自分がどこにいるか・どの方向を向いているかを知り、遠隔地の情報と統合して経路を選択するなどの、方向感覚・土地勘といった言葉に代表される“空間認知”に関する能力が必要である。

「歩行空間がバリアフリーである」とは、歩行空間が歩行者に提供するアクセシビリティ(歩行しやすさ・分かりやすさ・便利さ)と、歩行者の空間認知・駆動・情報入手に関する能力とが適合し、歩行者が移動に肉体的・



図-1 移動に必要な能力



精神的な負担を感じないですむ状態を指す。

高齢者・障害者の場合は、(1) 視覚・聴覚・下肢駆動機能の障害によって、空間認知・駆動・情報入手に問題が生じること、(2) 現状の社会環境下において歩行空間が提供し得るアクセシビリティが高齢者・障害者の身体状況に十分配慮されていないこと、の二重の理由から移動が困難となっている。同様の理由で、高齢者・障害者だけでなく、健康な人や若い世代であっても、一時的に病人や怪我人となった場合、重い荷物を持っている場合、ベビーカーなどを押している場合など、身体状況が変化し、移動に必要な能力が影響を受けさえすれば、容易に移動が困難となる。

また方向音痴と一般に呼ばれる人々も、空間認知に関する能力に問題があり、歩行空間の提供する“分かりやすさ”との不適合によって、移動に肉体的・精神的な負担を抱えているといえる。静岡大学教授の村越真先生の著書¹⁾によると、日本は方向音痴天国であり、JAF（社）日本自動車連盟の読者へのアンケートで40%近くが自分は方向音痴であると自己評価しているそうである。また空間認知能力が未発達の子供と、記憶が退行しがちな高齢者は個人差が大きいものの方向音痴になりやすく、行方不明など生命の危険にさらされる率も高い。

方向音痴でもなく、健康な若年層の人々であっても、たとえば、夜間に暗く人家のない道で不安な思いをしたり、デート中にいかがわしい施設のそばを通りかかって気まずい思いをしたり、空腹で飛びこんだ店が大ハズレで腹が立ったなどのさまざまな不快経験を持っているだろう。これらも精神的な負担であり立派に歩行空間のバリアなのである。このように程度の差はあっても、ほぼすべての歩行者が移動に関してバリアを抱えている。

● 歩行空間のバリアフリー化と移動支援 ●

自立的移動が困難な障害者・高齢者の抱える重篤な問題から、健康な若年層の抱える軽微な問題まで、歩行者の肉体的・精神的負担を解消することが「歩行空間のバリアフリー化」である。また、肉体的・精神的負担をなくすだけでなく、快適さを増幅することを明示的に示す意味を込めて、「アクセシビリティの向上」という言葉が用いられることもある。どちらもほぼ同じ意味であるので、本稿では以下、タイトルにも用いた「バリアフリー化」で統一する。

歩行空間をバリアフリー化する手段には、(1) 歩行空間を改造し、空間が歩行者に提供し得るアクセシビリティ（歩行しやすさ・分かりやすさ・便利さ）を高める方法、(2) 技術的補助によって歩行者の空間認知・駆動・

情報入手に関する能力を高める方法がある。(1) は道路や設備の建設による都市計画的アプローチ、(2) は移動支援機器やシステムの開発による情報通信的アプローチである。

現在は、国や自治体によって障害者・高齢者に配慮した都市のデザインに関する法制度やバリアフリー設備が積極的に整備されるなど、都市計画的アプローチが主流となっている。しかし、自治体の資金難から進展の速度は遅く、将来的にも都市部の駅周辺などに限られ、すべての歩行空間のバリアフリー化は到底実現不可能であろうと絶望的に感じられる。またそもそも、歩行空間のバリアフリー化の困難さの本質は、「歩行者ごとの解釈の多様さ」にある。歩行空間の何がバリア・バリアフリーとなるかは、障害の種類や程度などの身体状況、身体状況の履歴や性別・年齢・性格・好みなどによって異なる。極端な例としては、車いすユーザにとってバリア施設となる歩道橋が、視覚障害者にとっては安全性の高いバリアフリー施設となるなど、歩行者によって解釈が逆転する例が多々ある。その対応策として都市のユニバーサルデザインの検討がなされているが、故 Ronald L. Mace が1980年代に提唱したユニバーサルデザインは、「障害者を特別視するのではなく、健康者も含めて多様な人々に配慮し、可能な限り多くの人が快適に利用できる環境・システムの実現を目指す」という汎用・普及において非常に重要な概念²⁾であり、すべての歩行者のバリアが解消される魔法の杖というわけではない。すなわち、歩行空間の改造が十分なされていない現在や、都市のユニバーサルデザインが充実するだろう将来においても、(2) の情報通信技術を応用した移動支援機器やシステムの開発が歩行空間のバリアフリー化には重要なのである。

● 移動支援はユビキタスの申し子 ●

「どこでもネットワーク、どこでもコンピュータ」を掲げるユビキタスネットワーク社会の成立は、ユーザの居場所に基づくサービスである移動支援の実現を強く後押しする。また、端末技術・通信技術・位置情報取得技術・コンテンツ提供技術といった、ユビキタスネットワーク社会実現のための諸技術の統合アプリケーションとして、移動支援は適切である。ユビキタス技術を利用した移動支援を本稿では以降、「ユビキタス移動支援」と呼ぶ。現在は携帯電話で一般歩行者を対象としたナビゲーションサービスが開始されるなど移動支援が身近なものとなっているので、「アクティブに実世界の情報を取り込み、ユーザとインタラクションし、認知・駆動・情報の入手を補助する」という一歩先の目標を掲げてユビキ

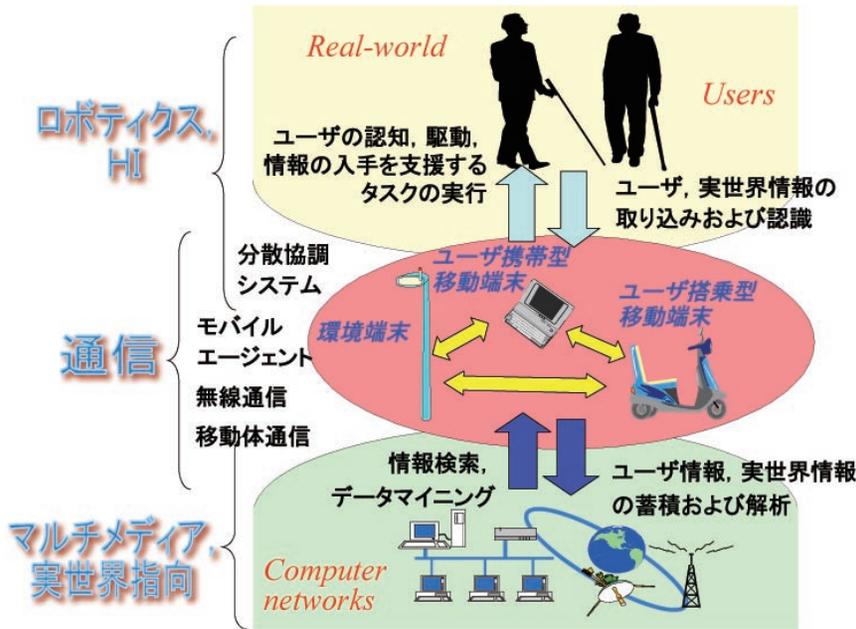


図-2 ユビキタス移動支援システムの一例

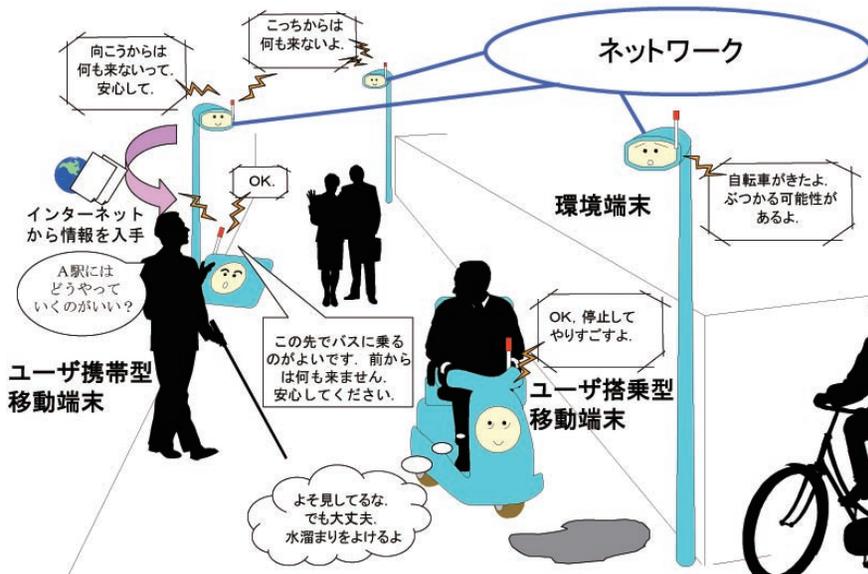


図-3 支援のイメージ

タス移動支援を論じたい。

図-2 にユビキタス移動支援システムの一例³⁾を示す。システムは道路や駅などの施設に分散配置される“環境端末”と、ユーザとともに移動する“移動端末”から構成される。たとえば移動端末には、ユーザが身につけて持ち歩く“携帯型”とユーザの乗り物としての“ユーザ搭乗型”などの種類があり、音声や画像、触覚などの情報の入出力インタフェース、車いすやスクータなどの乗物、ハンドルやジョイスティックなどの操縦インタ

フェースをユーザの身体状況や好みに合わせて適切に組み合わせられたハードウェアが用いられる。これらの端末同士が通信し互いに協力しあうことで、実世界、コンピュータネットワーク、ユーザを相互につなぎ、認知・駆動・情報の入手を補助し、ユーザの市街地での移動を支援する。

図-3 に移動支援のイメージを示す。環境端末は配置場所周辺の環境をモニタし、障害物や動物体などによる道路の状態変化を検出する。ユーザの持つ個人端末としての移動端末はユーザとユーザ近傍の環境をモニタし、ユーザの状態や意図、障害物や動物体の接近を検出する。これらの端末による検出結果はネットワークを介して複数の端末間でユーザ情報、実世界情報として共有される。そしてこれらの実世界情報と、地図や案内、緊急事態の知らせなどのネットワーク上の情報は、移動端末を通じてユーザに適したメディアに変換・加工され伝達される。ユーザ搭乗型移動端末は運転の補助や、検出結果をもとにした障害物の回避なども行う。

図-2 には情報処理学会と関連の深そうな関連研究分野名やキーワードを入れてみた。移動支援研究が決して学問の

香りがしないものではないことをご理解いただけるだろうか。また、人間の移動行動を構成する「認知」「駆動」「情報の入手」は、情報通信およびその周辺分野で長年にわたって研究され多くの洞察が蓄積されている。つまり移動支援研究は情報通信技術の統合的・実際のアプリケーションとして適切なものであり、新たな展開を目指すためのテストベッドとして考えることもできる。



● 障害者・高齢者を含むすべての歩行者をターゲットに ●

ユビキタスは現在、日本の景気回復の重要なキーワードとして、国や民間企業、大学ともに資本や人材投下がなされ、活気のある分野である。ビジネスとして萌芽的な状況にある現在のうちに、障害者・高齢者といった高度情報化社会の恩恵を受けづらい人々にも配慮したサービスのユニバーサルデザインに関するデジュールスタンダードを定め、将来的に民間企業・ユーザ双方に負担のないかたちで移動支援を普及させるべきであろう。この流れに沿った JIS 規格案の例に、視覚障害者向けの情報提供に関する「視覚障害者の歩行・移動のための音声案内による支援システム指針」があり、注意喚起情報、位置情報、経路情報、領域情報の4つの情報提供を定めている。これらの情報提供は、健常者を含むその他の歩行者にも有効である。

移動支援の取組みの原点として障害者・高齢者を強く意識すべき理由には、彼らが日常生活を通して明快な問題意識・移動支援への強い要望を抱えていること、そして移動に関するさまざまな経験・工夫を持っていることが挙げられる。障害者・高齢者の方々から知見をいただくことによって、健常者を対象とした場合には掴みきれない支援の本質や全体像が容易に浮き彫りにされ、健常者に対しても、より質の高い移動支援が可能となる。障害者・高齢者を健常者とは異質なグループとして切捨ててシステムを実現し、後付けで障害者・高齢者対応を行う従来の手法と異なり、まず高齢者・障害者の立場から網羅的な支援方法を考え、障害者・高齢者の延長線上に健常者が位置すると捉える考え方こそが、真の意味でのバリアフリーを実現し得る。

残念ながら「障害者・高齢者を対象としたサービスは金にならない」という声をよく聞く。しかし現在、日本には約2,400万人の高齢者と約440万人の身体障害者(身体障害者の半数以上が65歳以上で高齢者にも含まれている)がおり、今後も増加する傾向にあることから、移動支援のサービス提供に関する1次的経済効果や、移動支援によって飲食や遊び等の消費の拡大が計られるという2次的経済効果は無視できないほどに大きくなることが予測される。課題は“よいビジネスモデルの構築”にあるだろう。

● ユビキタス移動支援とユニバーサルデザイン ●

図-2, 3に示したようなユビキタス移動支援システムを例に、障害者・高齢者を含むすべての歩行者を対象と

するための「システムのユニバーサルデザイン」を考えてみよう。ユビキタス移動支援システムの特徴は、ユーザが使用する移動端末のデザインに多様性を持たせることによって、環境端末や通信方式、情報提供用サーバなどのその他の要素を全歩行者対応の共通基盤として設計することが可能な点である。そして、移動端末のデザインについては、ユーザの身体状況や好みに合わせた機能やインターフェースを選べる多様な端末が市場に出まわることが望ましい。しかし、障害者・高齢者は健常者と比べると、障害の種類および重複障害、障害レベル、障害歴、システム使用経験の違いといった多様性の幅が大きく、カスタムメイドのような方法でユーザ固有の状態に合わせた端末を製作すると、開発コストが高く、広く行き渡らないという問題が起こる。入手しやすく使いやすい移動端末を障害者・高齢者にも提供するためには、ハードウェアでそこそこの多様性を、ソフトウェアで無限の多様性を実現するという設計が考えられる。たとえば、(1) 認知・駆動・情報入手と身体状況との関係に注目し、障害者・高齢者を含む全歩行者を20～30個程度のグループに分類、(2) グループごとに支援タスク、端末のハードウェアの基本的デザインの指針を設定、(3) 端末のソフトウェアによって、入力された詳細な身体状態や嗜好に合わせて動作したり、使い込むうちにユーザの癖や習オに適應する仕組みを実現、といった方法で多様性をカバーすることも有効そうである。

もう1つ重要な観点が移動支援のための「コンテンツのユニバーサルデザイン」である。歩行空間に関する情報の入手を積極的に補助することで、障害者・高齢者の移動の自由度、快適さが飛躍的に高まるからである。しかし、ビジネスとして成立・普及するためには、障害者・高齢者を含む多様な歩行者の身体状況の違い・好みによって事物のバリア・バリアフリーの解釈が異なる点乗り越え、可能なかぎり多くの歩行者の要求充足と現実的なデータの整備方法を両立させたコンテンツのユニバーサルデザインを示す必要がある。一例として、歩行空間のアクセシビリティ情報を集中的に蓄積・提供するGIS (Geographic Information System) を挙げる⁴⁾。このGISの京都版プロトタイプでは、清水寺、知恩院、高台寺、祇園、四条、白川などの人気の観光スポットを数多く含む京都市東山地区の一部、約2km²のエリアについて、図-4に示すような歩道ネットワークに、歩道や観光スポットのバリア・バリアフリー情報が整備されている。図-5に、京阪電鉄三条駅から知恩院までの最適経路を「電動車いす」「全盲」「ベビーカー」「健常者夜間」などの身体状況別の条件を指定して検索した結果例を、図-6にバリア・バリアフリー事物を検索し、八坂神社

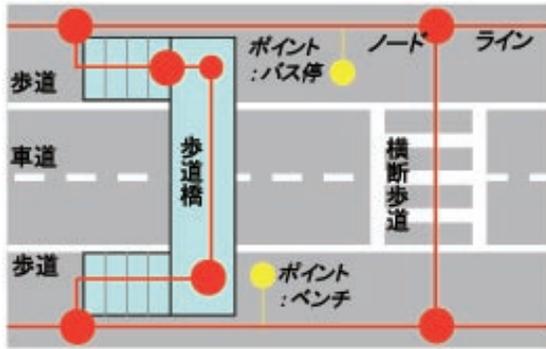


図-4 歩道ネットワークの一例

の施設情報を表示した例を示す。

現在、例示したようなGISの運用を困難としているのは、データ整備・更新の効率化の問題である。しかし、ユビキタス技術の発展によって、自動車などの歩行者以外の移動体からの情報、歩行者の発信する情報をもとに、経路上のランドマーク、工事・放置自転車などの歩道の変化、経路の楽しさの評価など、生きた街の情報を時々刻々と動的に更新することさえも可能となるだろう。

● 移動支援をめぐる国内外の状況 ●

歩行者の移動支援に関連する国のプロジェクトとし

て、民間企業の公募による実証実験実施を目的とした国土交通省の歩行者ITS（2000年～）、愛知万博会場内移動支援デモを目的とした経済産業省の障害者等ITバリアフリープロジェクト（2003年～）、名古屋での歩行者ITSの試行と神戸でのシステム構築を目的とした自律的移動支援プロジェクト（2004年～）などがあり、筆者も情報交換や委員会参加などのかかわりを持ってきた。これらのプロジェクトの特色は、家電メーカーや携帯電話会社が現時点での最先端の端末技術を持ちよってデモを行い、早期実用化を視野に入れたサービス内容・端末・通信方式などの標準化を検討する点である。一方、欧米の国家および公的プロジェクトは、歩行者や自転車の安全確保のための信号機の開発や、道路のデザインなどの都市計画的な色合いが濃いのが特色である。「日本は都市計画を放棄し、得意なハイテク分野に歩行者交通の将来を託す」という皮肉な見方もできるかもしれない。しかし根本には、大都市とその衛星都市の生活圏が重なりあって広範囲に形成された東京を代表とする大都市圏と、そこでの主たる移動手段が公共交通と徒歩の併用という、日本の特殊な状況が挙げられる。すなわち日本の大都市圏は、歩行者の移動支援がビジネスとして成立する可能性のある世界でも稀な土壌なのである。

移動支援に関する学術研究には、大きく分けて端末研究とコンテンツ研究の2系統がある。端末研究は、家電

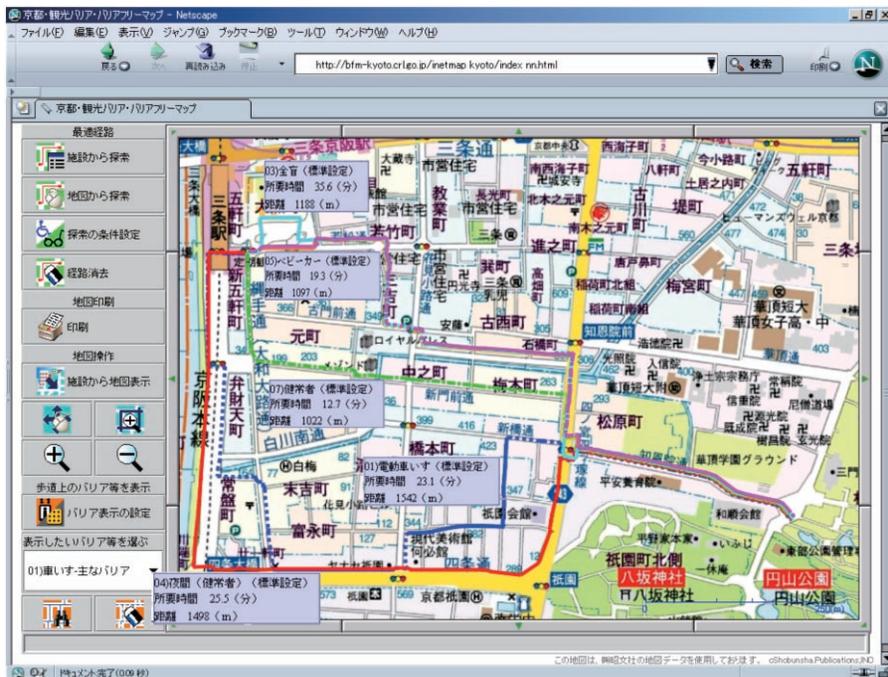


図-5 最適経路の検索結果例（「京都東山地区観光地バリア・バリアフリーマップ（略称：京都 BFM）」として 2003年12月よりインターネット公開され、各種新聞等で報道されるなど好評を得ている）



メーカーが手を出しにくい隙間を狙う戦略から、ヒューマンインタフェース (HI)、ロボット分野のグランドチャレンジを移動支援に結びつけた研究が目立つ印象である。HI 系研究の特徴は、感覚系の統合、空間構造の認識、運動系への処理という高度な空間認知メカニズムに適したナビゲーションインタフェースの追及にある。ビジュアルな表現に制約のある視覚障害者のナビゲーションインタフェースのデザインはさらに難しい課題であり、今後の発展が期待される。ロボット系研究では、車いすの知的インタフェース、視覚障害者のための誘導ロボットの開発が主流である。研究の背景には、環境認識や操縦の代行のための実時間パターン認識技術、パスプランニングといったロボット研究の重大テーマの追及がある。システムの実用化には、ロボットによる機能代行の安全性の保証に関する議論を乗り越える必要があり、頑健性を高める試みだけでなく、ユーザとのインタラクションの工夫、地図や電子タグなどの環境埋め込みインフラとの連携による解決法などが課題である。

コンテンツ研究は主に、GIS、VR、画像処理分野の研究がある。GIS 系研究としては、歩行者向け情報提供用の GIS の開発、VR 系研究では、アニメーション・実写映像を用いた都市の 3D コンテンツ技術の開発が行われている。これらの研究は現在、データの整備、更新方法の開発が実用化への重要な課題となっている。また、画像

処理系研究では、道路監視をアプリケーションとした画像処理アルゴリズム追及が古くから行われているが、ユーザに動画や静止画を配信したり、地図に情報を蓄積するなどの早期実用化を視野に入れた研究も行われている。

● おわりに ●

本稿では、福祉工学の観点から、障害者・高齢者を含むすべての歩行者を対象とした移動支援を解説し、ユビキタス技術こそが移動支援のユニバーサルデザインに貢献し得ることを述べた。ビジネスとして萌芽的な状況である今こそ、障害者団体・企業を含むコンソーシアムによる議論を踏まえ、利用者・システム製作者の双方の意見を生かした JIS 規格化、ひいては世界標準化がなされ、障害者・高齢者の立場に深く配慮したユビキタス移動支援システム実用化の布石が打たれることを期待したい。

参考文献

- 1) 村越 真: 方向オンチの謎がわかる本, 集英社 (2003).
- 2) 梶本久夫: ユニバーサルデザインの考え方-建築・都市・プロダクトデザイン, 丸善 (2002).
- 3) 矢入, 猪木: 高齢者・障害者の自立的移動を支援する Robotic Communication Terminals (3), 人工知能学会論文誌, Vol.18, No.1, pp.29-35 (2003).
- 4) 矢入, 吉岡, 小松, 猪木: 歩行者支援 GIS のための歩行空間アクセシビリティ情報の蓄積と評価, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.5, No.4, pp.17-23 (2003).

(平成 16 年 7 月 13 日受付)



図-6 バリア・バリアフリー事物の検索結果例