解説

高齢者・障害者の移動支援[†]

矢入 (江口) 郁子*

1. はじめに

人間にとって「移動」とは、目的地への到達、気ままな散策など、自立的かつ快適に生活するための手段として極めて基本的、かつ必要不可欠な行動である。しかし高齢者・障害者の場合、視覚・聴覚・下肢駆動機能の障害によって、現在の社会環境下では移動に不可欠な認知・駆動・情報入手の3つの要素行動に問題が生じるため、自立的な移動が困難となっている。その対応策として、歩行空間のバリアフリー化のための法制度や設備が国や自治体によって積極的に整備されているが、歩行空間全てをバリアフリー化することは今後も困難であり、その代替手段として、IT技術を応用した移動支援への要望が高まっている。そこで筆者らは、高齢者・障害者を含むほぼ全ての歩行者を対象に、障害の種類、レベル、障害歴の違い、重複障害などの身体状況の多様性を考慮に入れ、認知・駆動・情報入手の3つの要素行動を補助する移動支援システム、Robotic Communication Terminals (以後RCTと略記)の実現を目指し、1999年より研究を行ってきた。またRCTは、(社)人工知能学会の2000年度全国大会ニューチャレンジで採択され、2001～2003年度の全国大会サバイバルオブチャレンジにおいて、筆者らや共同研究者等を含めた5件～7件の研究成果発表からなるセッションを運営し、会場および審査員による審査を連続1位で通過中である。RCTの提案の詳細、過去の研究成果やプロジェクトのあゆみについては人工知能学会誌に掲載された論文[1]や全国大会予稿集の原稿(いずれもインターネットで入手可能。)に詳しいので、よろしければご参照いただきたい。

本稿では成果の学術的側面を主張するこれらの論文や原稿とは異なった視点で、プロジェクトを概観し、高齢者・障害者の移動支援研究について解説する。

2. 移動支援 RCT プロジェクト

移動支援 RCT は、高齢者・障害者に特にスポットを

当て、ほぼ全ての歩行者の自立的移動を支援するユビキタスシステムの要素技術開発を目的として、NICTの矢入らによって1999年度より企画・遂行された研究プロジェクトである。RCTを企画提案した1999年当時と比較し、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、社会的・技術的状況が大きく変化した。そのような状況下においてRCTは、「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移動支援システムを開発する」という一歩先の目標を掲げたこと、「高齢者・障害者を含む幅広いユーザを対象とし、移動支援のユニバーサルデザインを追及する」という姿勢を貫いたことによって、他の移動支援研究と一線を画してきた。

RCTによる移動支援のイメージを図1に示す。RCTは、道路や駅などに設置される「環境端末」と、ユーザと共に移動する「ユーザ携帯型移動端末」および「ユーザ搭乗型移動端末」の3つのタイプの端末からなる。環境端末はアンテナのような役割を持ち、設置場所の周辺を監視し、障害物や人・車の有無などの歩行空間の動的情報を蓄積・提供する機能を持つ。ユーザ携帯型移動端末は携帯電話やPDAを進化させた端末である。ユーザの身体の状態に合わせて設計された画像・音声・触覚を利用したインタフェースを有し、ユーザの位置検出機能、ユーザの状態や意図検出機能、端末近傍の環境情報の取り込み機能、ユーザの身体の状態に適したメディアに変換・加工して情報を提供する機能が装備される。ユーザ搭乗型移動端末は、高齢者・

図1. RCTによる移動支援

[†] Mobility Support for the Elderly and the Disabled
Ikuko Eguchi YAIRI

* 情報通信研究機構 情報通信部門 ユニバーサル端末グループ
National Institute of Information and Communications
Technology

障害者のための乗り物を進化させた端末である。ユーザの身体の状態に合わせて設計されたハンドルやジョイスティックなどの操縦系、電動のスクータや車いすのボディが用いられ、前述の移動端末の機能に加え、ユーザの操縦通りに運転できる通常の乗り物としての機能、さらに自身に搭載したセンサー及び環境端末からの情報を利用した障害物の自動回避などの運転支援機能が装備される。これらの役割の異なった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・情報の入手の3つの要素行動を補助し、ユーザの市街地での移動を支援する。

プロジェクトでは、(1)端末のプロトタイプ作成を通して、実世界情報の取り込み方法と、ユーザの多様な身体状況に考慮した提供方法に関する要素技術開発を行うこと、(2)歩行空間コンテンツのユニバーサルデザインを提案し、歩行者支援 GIS (Geographic Information System) の実用化を目指すこと、の2点に注力し、図2に示す各種研究が行われてきた。

3. 端末関連研究

図2の1と2の移動端末・環境端末関連の各種研究

について紹介する。ユーザ携帯型移動端末のプロトタイプとして、情報の提供を手話アニメーションで行う聴覚障害者向け PDA 端末[2]、産総研と共同で赤外線や AM 電波を受信して音声で情報提供を行なう視覚障害者向け骨伝導ヘッドフォンタイプの簡易版移動端末(図3)[3]を作成した。ユーザ搭乗型移動端末のプロトタイプとして、電動スクータをベースに元気な高齢者を対象としたセミオートノマススクータ(通称: Intelligent CITY Walker, ICW 図4)を作成し、障害物の検出と自動回避などの運転支援機能の開発を進めている。また、ICW を歩行空間データ収集システムとして応用するために、quaternion 記法とステレオ画像列を用いた環境地図の作成に関する研究を行なっている[4]。ICW のように情報提供支援や操縦補助を行うセミオートノマスビークルにとって重要性が高いビークル操縦者の意図認識のための、多次元時系列データからの局所的・ミクロ的なパターン学習モジュールに関する研究も行っている[5]。さらに、多様なユーザを意識した移動端末のためのインタフェース研究として、雑音下音声認識、3次元ビューによるナビゲーション、手話アニメーション生成、触覚ディスプレイの開発、高精度位置取得に関する研究についても行なってきた。環境端末

図2. RCT 研究の概要

図3. 視覚障害者向け骨伝導ヘッドフォンタイプ移動端末

図4. 高齢者向けユーザ搭乗型移動端末プロトタイプ ICW

に関しては、東京都の NICT 構内に 3 基、神奈川県に 1 基、愛知県の中部大学構内に 2 基のプロトタイプシステムを設置し、様々な道路状況・天候・時刻に対応するための手法の開発を進めている(図5)[6]。

また、複数の環境端末と移動端末を連携してユーザの移動を支援するネットワークシステムを構築して、ICW の走行実験、視覚障害者のナビゲーション実験などを行って、有効性を確かめている。そして、その成果を展示会参加や一般公開デモ、新聞報道などを通じて、一般ユーザにも広くアピールしてきた。図6は、ICW へ環境端末から、「見通しの悪い交差点への自動車の侵入と ICW との衝突可能性有り」という道路情報が提供され、ICW が自動停止する2002年3月の一般公開デモの様子が、NHK 総合テレビ19:00のニュースで放映された際の映像である。また、端末単体についても、2003年5月に NHK 総合の生中継のバラエティ番組にて ICW のデモを、2004年1月には首相官邸に招聘され、

図5. 稼働中の環境端末プロトタイプ(中部大学キャンパス)

図6. 端末間連携デモ(2002年3月 NHK 総合テレビのニュースで放映)

視覚障害者向け骨伝導ヘッドフォンタイプの簡易版端末のデモを行なった。

4. 歩行者支援 GIS

図2の3の歩行者支援 GIS 研究について紹介する。

4.1 歩行空間のバリア・バリアフリーコンテンツ提供技術

歩行者支援 GIS は、RCT 研究で提案する移動端末に留まらず、携帯電話などのインターネット接続可能な普及端末を用いる障害者・高齢者を含む全ての歩行者に、目的地や経路の選択に関わる大局的な歩行空間のバリア・バリアフリー情報を提供することを目指すシステムである。開発の難しさは、ビジネスとして成立・普及することを目指すために、ユーザの身体状況の違い・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を乗り越えて、可能なかぎり多くの歩行者の要求と現実的なデータの調査・蓄積方法の双方を満たす「データ構造のユニバーサルデザイン」を示す点に

図7. 京都東山観光地版プロトタイプ、最適経路の検索結果例(インターネット公開中)

あった[7].

筆者らは障害者・高齢者の意見を聞きながらデータ構造を検討し、東京都小金井市全域およびJR国分寺駅北口付近(国分寺市)を含む約12km²の地域を対象に歩道を調査し、「小金井バリア・バリアフリーマップ」として、2003年5月にインターネット公開を開始した[8]. しかし、被験者1人あたり4時間以上をかけての総勢22人にわたる評価実験や、路上でのデータ調査演習を行った結果、改善すべき課題がみつき、データ構造、調査方法を改めて検討した.

そして新たに、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区の一部、約2km²のエリアの歩道ネットワークと、ネットワークにリンクされた歩道や観光スポットのバリア・バリアフリー情報を含む歩行空間コンテンツを整備し、「京都東山区観光地バリア・バリアフリーマップ(略称: 京都BFM)」として2003年12月にインターネット公開を開始し、各種新聞等で報道されるなど好評を得ている[9]. 図7に、京阪電鉄三條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」などのあらかじめ用意されて

いる身体状況別の検索条件テンプレートを用いて検索した結果例を、図8にバリア・バリアフリー事物を検索し、八坂神社の施設情報を表示した例を示す. 京都BFMは、歩行空間のバリア・バリアフリーコンテンツ提供技術の根幹をなすデータ構造のユニバーサルデザインと、システム構築方法の実証に成功し、標準化・

図8. 京都観光地版プロトタイプ、バリア・バリアフリー事物の検索例

実用化に向けての大きな一歩を踏み出す研究成果となった。

4.2 標準化と実用化プラン

歩行者支援 GIS の研究成果は現在、JIS 規格としての標準化に筆者らが参画するまでに評価されている。標準化すべき事項には、データ構造、蓄積されるデータの質を保証するデータ整備方法、および検索インタフェースデザインが考えられる。今後は障害者団体・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、ひいては世界標準を目指したい。

歩行者支援 GIS の導入・運用は、図 9 に示す「基本方針の検討」、「システムの構築」、「利用者の声への対応」の 3 つの段階に分けられる。生活者に真に使われるシステムを目指すためには、街の変化や機能追加の要求などに継続的に対応する必要がある。そのため筆者らはシステムを、自治体による導入と、その地域の生活者による継続的運用とによって実用化しようと考えている。歩行者支援 GIS を自治体と地域の生活者とが一体となって継続的に運用し、システムを育てる過程は、情報通信技術を地域に応用した新たな観点からの「住民参加型の街づくり」といえる。その効果には、移動が安全・快適になるという直接的効果だけでなく、(1)歩行空間のバリア・バリアフリー情報に基づく歩道整備資源の効率的配分、(2)データ収集、データの更新、サービス提供に障害者が参画し対価を受け取る仕組みによる新たな雇用創出、(3)データ整備・メンテナンス用機器の市場の創出、(4)身体状況の異なる歩行者間の相互理解とバリア・バリアフリーの啓発、(5)生活者の意識が高まり歩道の隅々まで目が行届くことで歩行空間の整備が進み、地域の景観が向上し、ひいては防犯にもつながるといった副次的効果も予想される。今後は、歩行空間コンテンツ提供のためのデータ構造のユ

ニバーサルデザインの標準化提案と、システム導入・運用手法のノウハウのガイドラインの出版化、システム導入・運用ツールの開発・販売によって、システムの導入・運用の簡略化・効率化を目指す予定である。

5. 歩行者の移動支援をめぐる国内外の研究状況

RCT は歩行者のための ITS (高度交通システム) であり、一部の障害者だけを対象とするのではなく、すべての歩行者を対象としたサービスのユニバーサルデザインを提唱するものである。歩行者用 ITS に関する国の政策としては、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、筆者らも情報交換や委員会参加などの関わりを持ってきた。これらの国家プロジェクトの特色は、家電メーカ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、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、海外の歩行者用 ITS 関連の国家プロジェクトでは、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壤なのである。

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、家電メーカが手を出しにくい隙間を狙う戦略から、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 [10, 11]。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 [12]。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 [13, 14]。研究の背景には、環境認識や操縦の代行のための高度な実時間パターン認

図 9. 歩行者支援 GIS の実用化プランと今後の課題

識技術の追及というロボット研究の重大テーマがある。システム実用化には、ロボットによる代行の安全に関する是非の議論があり、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[15]。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。

6. 移動支援の将来像

移動支援はユーザの居場所に基づくサービスであり、「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が前提である。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適切である。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、高齢者・障害者といった高度情報化社会の恩恵を受けづらいた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形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[16]。これらの提供情報は、健常者を含むその他の歩行者にも重要である。社会的に高齢者・障害者の視点からの移動支援のユニバーサルデザインにより目が向けられ、標準化・実用化が進展することを期待したい。

7. RCT 研究の今後

RCTは、高齢者・障害者の移動を支援するための一つの研究テストベッドでもある。背景には、動画像認識、人工知能、ヒューマンコミュニケーション、コンピュータグラフィックス、福祉工学、言語処理、などと

いったかなり学際的な研究分野を含んでいる。ユーザにより受け入れられ易い物にしていくためには、更に多くの研究課題を解決していく必要がある。研究の宝庫である。

今後の研究方向としては、第一に歩行者支援GIS運用の隘路でもあるバリア・バリアフリー情報の動的更新がある。動的更新システムのイメージを図10に示す。システムの実現によって、タクシーなどの街中の移動体からの画像情報、もしくはRCT移動端末や携帯電話などを利用するユーザが発信した情報をもとに、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、道の通りやすさ・ゆしさの評価など、生きた街の情報を時々刻々と更新することが可能となる。

第二の課題は子供を対象とした移動支援研究である。図11にシステムのイメージ図を示す。今まで研究があまりなされていないが、子供は視点の低さや視野の狭さといった身体特性や行動特性を持っている。子供の

図10. バリア・バリアフリー情報の動的更新

図11. 子供を対象とした移動支援

視点が低いことから生じる道路の危険エリアの認識、子供の行動理解/予測、幼児等に対する非言語インタフェースなど解決すべき課題も多い。視点の低さは車いすの視点にも通ずるものである。

これまで RCT 研究を実施するうえで、筆者らが特に心がけたことは、高齢者・障害者の方々を開発にまきこみ、日常生活での明快な問題意識や強い要望に基づいた移動に関する様々な経験・工夫・知見を戴く、という点である。健康な人、若い人の分類に属する研究開発者の観点からは見えてこない移動支援の本質を捉え、高齢者・障害者に役立つだけでなく、その他の全ての人々にも役立つ移動支援技術の開発を目指したい。今後も、被験者実験を重ねながら、RCT の改善を図って行く予定である。

参 考 文 献

- [1] 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).
- [2] 猪木, 渡辺, 呂: 手話アニメーション作成・編集システム, 電子情報通信学会和文論文誌, Vol.J81-D-I, No.6, pp.987-995 (2001).
- [3] 小山, 矢入, 猪木, 西村: 赤外線音声通信と低電力小型端末による歩行者支援の移動支援, 日本赤外線学会誌, Vol.13, No.2, pp.71-80 (2004).
- [4] 香山, 矢入, 猪木: 周囲の環境を認識・提示するユーザ搭乗型屋外移動ビークル, ヒューマンインタフェース学会研究会, Vol.6, No.1, pp.91-96 (2004).
- [5] Yairi, I. E., Yairi I.T. and IGIS.: RecognITion for Vehicle Driving by Time-Series Pattern Learning. In Proc. of The 11th International Conference on Advanced Robotics, Portugal, pp.434-430 (2003)
- [6] Kayama, K., Yairi, I.E., IGIS.: Road Observation System for Robotic Communication Terminals supporting Pedestrians, The IEEE 5th International Conference on Intelligent Transportation Systems, Vol.1, No.06-4, pp.635-640 (2002).
- [7] 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).
- [8] <http://bfms.nict.go.jp/koganei/index.html>
- [9] <http://bfms.nict.go.jp/kyoto/index.html>
- [10] 竹田, 近江, 北島, 宮里, 若松, 下田: 空間移動のためのインタフェース, ヒューマンインタフェース学会誌, Vol.4, No.2, pp.95-101 (2002).
- [11] 新垣, 野島: ナビゲーションにおける外界とのインタラクション: 問題解決課程での認知地図の二重性, ヒューマンインタフェース論文誌, Vol.4, No.2, pp.19-26 (2002).
- [12] 伊藤: どのようにして盲人は環境内を移動するのか: ウェイファインディングに対する生態心理学的アプローチ, CognITive Studies, Vol.5, No.3, pp.25-35 (1998).
- [13] Prassler E., Scholz J. and Fiorini P., "A Robotic Wheelchair for Crowded Public Environments," IEEE Robotics and Automation Magazine, Vol. 8, No. 1, pp.38-45 (2001).
- [14] Shoval S., Ulrich I. and Borenstein J., "NavBelt and the GuideCane," IEEE Robotics and Automation Magazine, Vol. 10, No. 1, pp. 9-20 (2003).
- [15] Ogawa, T. and Tsukamoto, M., "Tools for Constructing Pseudo-3DSpace on the WWW using Images," New Generation Computing, Vol. 18, No. 4, pp. 391-407, 2000.
- [16] <http://www.meti.go.jp/information/download-files/c30319b04j.pdf>

(2004年10月21日 受付)

[問い合わせ先]

〒239-0847 横須賀市光の丘3-4 YRP1番館
 情報通信研究機構 (NICT) ユニバーサル端末グループ
 矢入 郁子
 TEL: 0468-47-5096(直通)
 FAX: 0468-47-5120
 E-mail: yairi@nict.go.jp

著者略歴

^{やいり}矢入 ^{いくこ}(江口) 郁子 [非会員]

1994年 東大・工卒。1999年 同大学院工学系研究科機械工学専攻博士課程修了。

同年 郵政省通信総合研究所(現情報通信研究機構)入所，主任研究員，博士(工学)。

現在は，歩行者支援地理情報システムプロジェクト，ロボティック通信端末プロジェクト，実世界指向知的インタラクションのための多次元時系列データからの実時間意図認識の研究，映像と音を触るインタラクティブテーブルの研究等に従事。江口は旧姓。1997年4月～1999年3月，日本学術振興会特別研究員，情報処理学会，ヒューマンインタフェース学会，人工知能学会，ACM 各会員。