

高齢者・障害者の自立的移動を支援する Robotic Communication Terminals

Robotic Communication Terminals as a Mobility Support System for Elderly and Disabled People

矢入 (江口) 郁子 郵政省通信総合研究所

Ikuko Eguchi Yairi

Communications Research Laboratory, Ministry of Posts and Telecommunications.

yairi@crl.go.jp, <http://www.crl.go.jp/st/st821/yairi/>

猪木 誠二

Seiji Igi

(同上)

igi@crl.go.jp

Keywords: mobility support system, robot, communication, user-interface, real-world.

Summary

This paper introduces Robotic Communication Terminals as a mobility support system for elderly and disabled people that assists for their impaired ability of recognition, actuation, and information access. It consists of two types of subsystems. One is the “environment-embedded system,” which is fixed in the real-world, for example, on walkways, in shopping malls, and at stations. The other is the “mobile system,” which accompanies the user. These subsystems communicate with each other, and connect the real-world, computer networks and users to provide comfortable means of promoting mobility and freedom.

1. はじめに

人間にとって「移動」とは、目的地への到達、気ままな散歩など、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・情報入手の三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。これまで高齢者・障害者の移動支援の研究では、携帯電話や自律走行ロボットを使った視覚障害者のナビゲーションシステム [Kemmerling 98, 小谷 97, 東海 99] や、肢体障害者のための知能化車椅子 [足達 99] などの研究が数多くなされてきた。しかしこれらの研究は、高齢者・障害者のうちの一部のユーザを対象に、認知・駆動・情報の入手に関する移動の問題の一部の解決を試みたに過ぎない。

そこで筆者らは視覚・聴覚・下肢駆動機能障害のそれぞれの障害の種類、レベル、障害歴の違い、重複障害などを考慮に入れた多様で幅広い高齢者・障害者を対象に、認知・駆動・情報入手を統合的に補助する Robotic Communication Terminals (RCT) の実現を目指して研究を行っている [矢入 99, Yairi 00]。本稿はこの RCT の概要を示すと同時に、近未来チャレンジのテーマとして提案する。そして実現に必要な AI および周辺技術に

ついて整理し、我々の取組みを紹介する。

2. Robotic Communication Terminals

図 1 に RCT の概要を示す。RCT は道路や駅などの施設に分散配置される“環境システム”と、ユーザとともに移動する“移動システム”から構成される。移動システムには、ユーザが身につけて持ち歩く“携帯型”とユーザの乗物としての“ユーザ搭乗型”の 2 種類があり、音声や画、

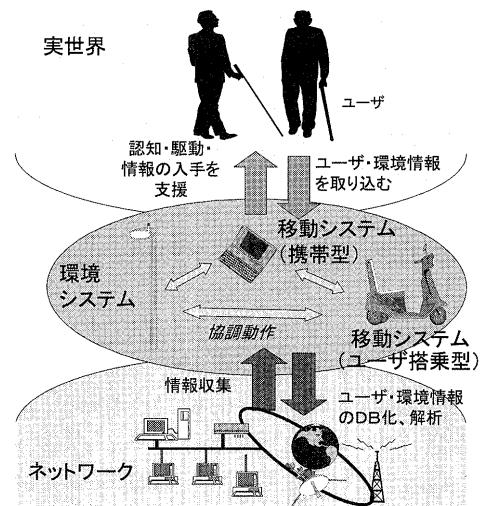


図 1 RCT の概要像

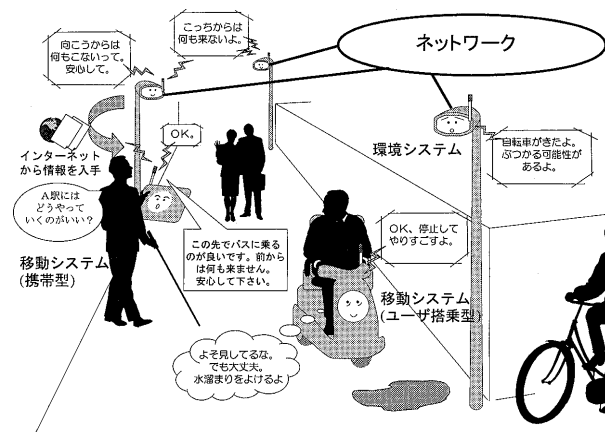


図2 RCTによる移動支援の例

触覚などの情報の入出力インタフェース、車椅子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障害の状況に合わせて適切に組み合わせ合わせたハードウェアが用いられる。これらのシステムが互いに協調することによって、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、ユーザの認知・駆動・情報の入手を補助し、移動を支援する。

図2に移動支援の具体例を示す。環境システム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システム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。これらのシステムによる検出結果はネットワークを介して複数のシステム間でユーザ情報、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、移動システム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。ユーザ搭乗型移動システムは運転の補助や、検出結果をもとにした障害物の回避なども行う。

移動システムのデザインについて補足すると、高齢者・障害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い。そのため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システムを製作すると、開発コストが高くシステムが広く行き渡らない。そこで、安く使いやすいシステムを提供するために、多数のユーザを対象としたハードウェアと各ユーザ固有の状態に合わせて適応するソフトウェアを用いる。

RCTの特徴を以下に整理する。

- <特徴1> 視覚・聴覚・下肢駆動機能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ユーザの多様性に応じた支援を提供する点
- <特徴2> ユーザの認知・駆動・情報入手を、環境システム、移動システムおよびユーザ間でタスクシェアすることによって統合的にサポートする点
- <特徴3> 実世界・ネットワーク世界・ユーザを接続

することによって、動的に変化する実世界の情報やネットワーク世界に蓄積された情報を必要ときに必要な場所で適切な形で入手可能にする点

このようなRCTが実現されれば、移動の安全性、快適性、自由度が高まることで移動の機会が広がり、高齢者・障害者の心理的・身体的な活性化が可能になると考えられる。

3. 近未来チャレンジとしてのRCT

我々は近未来チャレンジのテーマとしてRCTを提案する。近未来チャレンジの趣旨は「5年以内の実現できること」、「社会への貢献」、「AIへの貢献」にある[寺野00]。そこで本章では、当チャレンジの5年以内の実現目標、チャレンジの社会的意義、AIおよびその周辺領域研究としてのチャレンジの位置付けについて述べる。

3.1 実現目標

近年、ネットワークを介して大量のマルチメディアデータを高速に処理する技術、高性能・低価格・小型のハードウェアを作成する技術、障害者の機能代行・メディア変換の技術の進歩がめざましい。RCTのようなシステムが近い将来実現可能である根拠として、これらの技術をベースにしたIntelligent Transportation System (ITS)、ウェアラブル端末、障害者用システムなどが実用化段階になっていることがあげられる。当チャレンジでは近い将来の実用化を目指し、5年以内に以下の要素技術を示し、その成果をシステム開発者にむけて無償公開することを目指す。

<目標1> ユーザの多様性の適切な分類方法とその分類に基づいた支援タスク、およびシステムのユーザへの適応方法

<目標1> 環境システム、移動システムおよびユーザ間の協調によって、移動支援タスクを場面、状況、ユーザの状態に合わせて実行するためのシステムアーキテクチャ

<目標1> 実世界、ネットワーク世界からの情報の取り込み・加工・蓄積、およびその情報の伝達方式

3.2 社会的意義

当チャレンジは、高齢者・障害者の生きがいとしての社会参加の促進、生活の質の向上を可能とし、社会全体の活性化を図ろうというものである。また現在、日本には約2000万人の高齢者と約300万人の身体障害者がおり、これらの数が増加する傾向にあることから、支援の提供に関する一次的経済効果や、支援によって飲食や遊びなどの消費の拡大が計られるという二次的経済効果が非常に大きいことが予想される。さらに、RCTによる自立的移動支援が、高齢者・障害者以外の人々にも有効であることから、波及効果が高齢者・障害者だけにとど

まらず社会全体に大きく広がることが期待される。

社会レベルでのインフラを要する点で当チャレンジと類似の移動支援として、建設省を中心に推進されている歩行者 ITS プロジェクト [建設省 00] がある。このプロジェクトでは、携帯電話や環境に埋め込んだビーコンを用いて早期実現可能なシステムを構築することを目指している。一方で当チャレンジは、システム間の協調による認知・駆動・情報の入手の統合的補助、実世界情報の取込み・加工・蓄積、高齢者・障害者の多様性の対処方法を示すことを目指すことから、次世代の歩行者 ITS の実現に貢献する可能性を秘めている。

3・3 AI および周辺領域研究としての位置付け

人間の移動行動を構成する必要不可欠な「認知」、「駆動」、「情報の入手」の三つの要素は、それぞれ長年 AI において研究され多くの洞察が蓄積されている分野である。したがって、移動支援は AI 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ると言える。また、環境システム・移動システムの協調動作には、分散協調、モバイルエージェント [White 96] の技術の適用が重要である。ユーザの実世界の活動を支援する実世界指向型システム [長尾 96] の応用としても興味深い。よって RCT は、これらの洞察や技術を取り込み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可能である。

高齢者・障害者の支援に限定して研究対象とすることの意義には、健常者との身体機能の差によって、認知・駆動・情報の利用における問題点が強調されて表れることがあげられる。そのために健常者を対象とした場合に散漫としてつかみにくい支援の本質が浮き彫りにされやすい。結果として、最終的に得られた知見は健常者を対象とした支援にも容易に適用可能であると期待される。

4. 技術的課題

(1) 高齢者・障害者の多様性の分類

分類の目的は、高齢者・障害者をグループに分け、グループごとに適切な移動システムのデザインや支援タスクを設定することにある。そのためには、アンケートやヒアリングなどの調査によって、移動問題を生じさせる要因やメカニズムを明らかにし、メカニズムの違いからユーザを分類することが必要である。このとき分類に、身体機能、活動、参加の三つの障害を健康と関連付けて種類およびレベル別にコード化した ICIDH-2 (国際障害分類) [WHO 97] の指標を導入し、結果の再利用性を高めることも重要な工夫である。

(2) ユーザへの適応

適応の目的は、移動システムの支援タスクおよび入力インタフェースを、詳細な身体機能、システム使用経験、習慣、癖、嗜好などのユーザの特性に合わせて調整することにある。ユーザ自身がこれらの特性に無意識な

場合 [Lieberman 95, Maes 93] のようにシステムの使用状況から自動的に特性を抽出し、システムを自動的に調整したり、ユーザに調整をアドバイスする手法が不可欠である。ただし、コンソール上の限られた作業ではなく、実世界を動きまわる移動行動を支援対象とするためには、人間の実世界での実際の活動を対象とした高度な人間行動理解機能や、行動理解に基づいた学習機能を付加した新たなユーザへの適応方法の実現が課題となる。

(3) 環境、システム、ユーザとのインタラクション

環境システム、移動システムおよびユーザ間の協調によって、移動支援タスクを場面、状況、ユーザの状態に合わせて実行するためには、環境とシステム、システム間、システムとユーザ、のインタラクションをどのように設計するかが重要な課題となる。これらの設計には大きく分けて、インタラクションのための認識・プランニング・動作の自立的処理の能力を高める取組みと、自立的処理に加えてユーザインタフェースを工夫し、ユーザを取り込むことで系全体の能力を高める取組みがある。近未来の実用化を視野に入れる場合には、後者の立場から有効なシステムアーキテクチャの一例を示す必要があるだろう。また支援にインターネットコンテンツを有効利用するためには、システム間のインタラクションに、インターネットとの透過性を保つ移動体通信技術 [Balakrishnan 97] を応用することが重要である。

(4) 機械学習、発見

オートノマス/セミオートノマスにかかわらず、実世界のユーザの活動を支援する知的システムの動作の質を高めるためには、システム設計中と、システムをユーザに引き渡した後の二つのフェーズでの学習が効果的である。RCT の学習には、センサ信号を状態変数に分類する学習と、状態変数・他システムからの通信・ユーザの入力などから行動を決定するための知識を獲得する学習の二つのレベルがある。フェーズやレベルに合わせて一括的/逐次的、教師付き/教師なしなどの方式を選択し、適切なアルゴリズムをインプリメントすることが重要である。特に、頻度が少なく致命的な事象を回避するために、事象の予兆を発見したり、起こってしまった事象を確実に知識化する手法の確立が課題となる。

(5) インターネットコンテンツの利用、実世界情報の蓄積

障害者・高齢者のナビゲーションには、インタフェースエージェントを用いた検索補助などの利用技術が不可欠である。しかし、バリアフリー情報を埋め込んだ地図データベースをインターネット上に構築し、地図情報を利用したユーザの障害の状況に適したルートの検索、ナビゲーション文の自動生成などの機能を実現することが最も重要な課題である。さらに工事、事故などの時々刻々変化する実世界情報がインターネット上に蓄積されユーザに提供されれば、より高度なナビゲーションが可能となる。蓄積のためには、[Satoh 97] のような画像からモデルベースにシーンを切り出し、検索用のコメント

を付加する手法を、未編集の監視画像を対象に拡張することが必要である。

5. 我々の取組み

<高齢者・障害者の多様性の分類> 698人の高齢者・障害者を対象としたアンケート調査を実施し、分類方法の基礎を得た。現在は2000人を越えた規模での新たなアンケートを企画し、分類方法の確立を目指している。結果は2002年中にWeb上で公開する予定である。

<システムの製作> 老人用スクータをベースにユーザ搭乗型移動システムのハードウェアを製作した。現在は環境、システム、ユーザとのインタラクションのためのシステムアーキテクチャの設計、学習・発見のための知的処理の実現に取り組んでいる。また環境システムの視覚認識機能を製作中である。2001年中には環境システムをCRLの敷地内に配置し、屋外実験場として整備する予定である。

<ナビゲーション用インフラの製作> CRLの所在地である東京都小金井市・国分寺市のバリアフリー情報を埋め込んだ地図データベースを製作中である。地図は2001年中にWeb上で公開する予定である。この地図データベースをインフラとしてユーザの障害の状況に適したルートの検索、ナビゲーション文の自動生成などの機能を実現したい。

6. おわりに

本稿では、近未来チャレンジのテーマとして高齢者・障害者の移動を支援するRCTを提案した。具体的には、RCTがAIの重要なトピックを含む統合的・実際的なアプリケーションであることを示し、実現への課題、および我々の取組みの概要を述べた。

高度情報化社会を目指して技術が進歩すると同時に、情報利用格差の出現が社会問題になりつつある。AIが真の意味での社会貢献を目指すならば、高度情報化の恩恵を受けづらい人々にも目を向け手を差し延べることが不可欠である。高齢者・障害者を対象に、認知・駆動・情報の入手のプロセスを含む移動という根源的な人間の活動を支援することは、高度情報化の恩恵を受けづらい人々に目を向けた優しいAI技術の確立につながる足掛かりになりうるのではないだろうか。役に立つアプリケーションであるという立場からだけでなく、重要なトピックを多数含む魅力的なAIの研究対象であるという立場からも、より多くのアプローチがなされ、弱者に優しいAI技術の確立に大きな進展がもたらされることを切に望む。

謝 辞

議論に加わってくれたCRLの田中均氏、小泉大城氏に感謝する。

◇ 参 考 文 献 ◇

- [足達 99] 足達ほか: 顔の視覚情報処理を用いた知的車椅子. 日本ロボット学会誌, Vol. 17, No.3, pp. 113-121 (1999).
- [Balakrishnan 97] Balakrishnan, et al.: A Comparison of Mechanisms for Improving TCP Performance over Wireless Links, IEEE/ACM Trans. on Networking, Vol. 4, No. 1, pp. 756-769 (1997).
- [Kemmerling 98] Kemmerling, M., et al.: An Orientation and Information System for Blind People based on RF-Speech-Beacons, TIDE third congress, <http://www.dinf.org/tide98/tide98.htm>, Helsinki, July (1998).
- [建設省 00] 建設省: みちはかしこく, まちはやさしく—歩行者支援のためのITS, <http://www.its.go.jp/> (2000).
- [小谷 97] 小谷ほか: 視覚障害者のための歩行ガイドロボットの開発, 映像情報メディア学会誌, Vol. 51, No. 6, pp. 878-885 (1997).
- [Lieberman 95] Lieberman, H.: Letizia: An Agent That Assists Web Browsing. In Proc. of IJCAI'95, pp. 924-929 (1995).
- [Maes 93] Maes, P. and Kozierok, R.: Learning Interface Agents. In Proc. of AAAI'93 Conference Washington, D. C., pp. 459-465 (1993).
- [長尾 96] 長尾: 実世界インターフェースの技術と動向, システム制御情報学会誌, Vol. 40, No. 9, pp. 385-392 (1996).
- [Satoh 97] Satoh, S., et al.: Name-It: Naming and Detecting Faces in Video, by the Integration of Image and Natural Language Processing. In Proc. of IJCAI-97, pp. 1488-1493 (1997).
- [寺野 00] 寺野: ショートノート特集「近未来チャレンジにあたって」, 人工知能学会誌, Vol. 15, No. 1, p. 56 (2000).
- [東海 99] 地域振興のための電波利用に関する調査研究会: 視覚障害者を支援する情報通信システムに関する調査研究報告書, 東海電気通信監理局電波監理部企画課 (1999).
- [White 96] White, J.: Telescript Technology: Mobile Agents. In Jeffrey Bradshaw, editor, Software Agents, AAAI Press (1996).
- [WHO 97] World Health Organization (WHO): ICIDH-2, <http://www.who.int/icidh/> (1997).
- [矢入 99] 矢入 (江口), 猪木: 高齢者・障害者のための実世界ネットワークインターフェース, 電子情報通信学会, 第一回ネットワーク社会とライフスタイルワークショップ, 工学院大学, NTSL1-1, pp. 1-6 (1999).
- [Yairi 00] Yairi, I. E. and Igi, S.: A Self-sustained Moving Support System for Aged and Disabled Persons. In Proc. The 6th International Conference on Intelligent Autonomous Systems, pp. 692-697 (2000).

[担当委員: 阿部明典]

2000年9月13日受理

著 者 紹 介



矢入 (江口) 郁子 (正会員)

1994年3月東京大学工学部卒業。1996年3月東京大学大学院修士課程修了。1999年3月同大学院博士課程修了。1999年4月郵政省通信総合研究所入所, 研究官。ユーザと認知・行動をシェアし, ユーザや実世界に適應する通信端末の研究に従事。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, DC2。日本ロボット学会, 日本ソフトウェア科学会各会員, 博士(工学)。



猪木 誠二

1973年3月名古屋工業大学工学部卒業。1975年3月名古屋工業大学大学院修士課程修了。1975年4月郵政省電波研究所(現通信総合研究所)入所。以来, 電離圏, 太陽の研究に従事。1990年太陽電波研究室長, 1995年ユニバーサル端末研究室長。障害者用インタフェースの研究に従事。電子情報通信学会, 地球電磁気・地球惑星圏学会, American Geophysical Union 各会員。