

障害者自立支援機器等研究開発プロジェクト

障害者が自立して住みやすい住環境モデルの構築

平成21年度 総括研究報告書

研究代表者 谷川 民生

平成22 (2010) 年 4月

## 目 次

### I. 総括研究報告

障害者が自立して住みやすい住環境モデルの構築	-----	1
谷川民生		

### II. 分担研究報告

1. RTミドルウェアを利用した住環境のシステム化	-----	16
谷川民生、鈴木圭介、梶谷勇、大原賢一、神徳徹雄、角保志、金 奉根、小島一浩		
2. 音声による操作インタフェース	-----	43
児島宏明、佐宗晃		
3. ジェスチャーによる操作インタフェース	-----	57
依田育士		
4. 人感センサーを用いた見守り技術	-----	70
村川正宏、河西 勇二		
5. 障害者による臨床評価	-----	85
中山剛、乙川利夫、世古三菜子、清野佳代子、加藤誠志、井上剛伸		
6. 障害者住環境設計	-----	98
飯島雅人、星野俊樹、田村巖		

III. 研究成果の刊行に関する一覧表	-----	131
---------------------	-------	-----

IV. 研究成果の刊行物・別刷	-----	131
-----------------	-------	-----

# 障害者自立支援機器等研究開発プロジェクト

## 総括研究報告書

### 障害者が自立して住みやすい住環境モデルの構築

研究代表者 谷川 民生

#### 研究要旨

本事業では、システムの可変性を容易に実現するRTミドルウェア技術と従来の福祉機器に利用されている機能をRTミドルウェア技術をベースにモジュール化し、多様な障害者に対して、どのように適用できるかを目的として、実証システムを構築した。また、モジュール化した機能は、従来の福祉機器のように一体型で構築する必要は無いいため、外部の環境、ここでは住環境の適した場所に分散配置することで、障害者が自立して住みやすい住環境モデルを目指した。その対象としては、脳卒中の後遺症のある方の支援住環境モデル、歩行困難な肢体不自由者の支援住環境モデル、視覚障害者の支援住環境モデルの3種類のアプリケーションシステムを構築し、RTミドルウェアをベースとしたシステムの有効性を検証した。

谷川 民生・産業技術総合研究所主任研究員  
児島 宏明・産業技術総合研究所主任研究員  
依田 育士・産業技術総合研究所主任研究員  
村川 正宏・産業技術総合研究所主任研究員  
中山 剛・国立障害者リハビリテーションセンター研究員  
飯島 雅人・株式会社ミサワホーム総合研究所主任研究員

な障害者の要求を取得するヒューマンインタフェース技術および見守り技術と、その要求に基づき、住環境の各設備が連係動作し、障害者の自律支援を行うための、住環境の各設備を共通ネットワークでつなぐ技術の開発を行う。加えて、ユーザ並びに臨床現場と開発機関とが連携して実用化に向けた開発を進めるための仕組みも本事業で確立する。

本研究課題では、障害者の自立支援となる福祉機器の新たなシステム化技術を提案する。

#### A. 研究開発目的

在宅で自立・自律した生活が困難、あるいは問題を抱えている障害者を対象にして、住環境の各設備を共通ネットワークでつなぎ、住環境の各設備が連係動作する支援モデルの構築を本研究の目的とする。主として多様

厚生労働省の調査報告(平成20年患者調査の概況)によると、脳卒中に代表される脳血管疾患の総患者数は133.9万人で、悪性新生物(がん)の総患者数151.8万人に匹敵す

る多さとなっている。また脳血管疾患による死亡率の低下とともに、後遺症に悩まされる人の数も増えている。

脳血管疾患や外傷性脳損傷等により脳が損傷したことに起因する障害は高次脳機能障害と呼ばれているが、その症状は多岐にわたり、一つの支援機器だけですべての症状に対する支援を行うことは容易ではなく、限られた機能を持つ支援機器を組み合わせることで有効な支援を行う必要がある。このため、RTミドルウェアのような技術を用いて様々な支援機器を組み合わせた統合的な支援環境を構築することが、今後、きわめて重要な解決策の一つとなると考えられる。そこで、本事業で開発する障害者支援住環境モデルの一つとして、脳卒中後遺症による脳機能障害者に対する、リハビリ訓練および自立生活の支援につながる、調理支援システムを構築する。

厚生労働省の「身体障害児・者実態調査(平成18年)」によると、18歳以上の肢体不自由者数は176万人(65歳未満は66万7,000人)で、身体障害者全体の半数(50.5%)を占めている。程度別では重度(1、2級)43.2%、中度(3、4級)38.9%、軽度(5、6級)14.9%、不明3.0%となっており、障害原因の分類では、事故(交通事故、労働災害、その他の事故、戦傷病・戦災)16.1%、疾病22.4%、出生時の損傷3.0%、加齢4.0%、その他(不明、不詳を含む)54.5%である。また、原因疾患名が明らかな肢体不自由の分類では、脳血管障害31.5%、骨関節疾患27.4%となっている。

このように障害者の多くは車いすを利用する方が多く、そのため、以下のようなハンディキャップを有している。

- ・自由な移動の制限(車いすの通行には90cm以上の幅が必要)
- ・手の届く範囲の制限(床上150cmから40cmまでの間)
- ・作業姿勢の工程の調節が困難

以上のように定常的にベッドや車いすで生活している障害者に対して、居住空間である住宅設備に対して容易にアクセスできる環境を実現し、健常者と同様に自立した生活を可能するための住環境モデルを構築する。

また、同じく平成18年度の調査において、視覚障害者の数は約348万人であり、前回の平成8年の調査から増加している。視覚障害者の原因の6割以上は疾病であり、糖尿病などの全身病、高血圧などの内部疾患となっている。また、高齢者の割合も増えており約67%である。このように今後も視覚障害者は増えていく傾向にあり、その支援策を検討しておく必要がある。以上の背景から、本事業での支援システムの一つとして、視覚障害者の支援システムの構築を目的の一つとした。

## B. 研究開発方法

前節による背景の下、支援の対象とする障害者として、脳卒中による脳機能障害の方、車いすで生活している肢体不自由者、視覚障害者を取り上げている。以上の障害者に対し、

具体的な支援モデルとして、それぞれ3種類の支援モデルを構築する。

#### B-1. 脳卒中の後遺症のある方の支援住環境モデル（調理支援システム）

脳機能障害の訓練の一つとして、調理訓練が一般的に利用されている。また、自立した生活を進める上でも調理の支援は重要であることから、キッチンに各種センサを配置し、調理の状況を見守りつつ、調理計画情報を提示する情報端末と連携することで、一人でも自立して調理できる環境を構築し、障害者の訓練にも利用できる調理支援システムを構築する。具体的な対象者としては、脳卒中により高次脳機能障害として記憶・行為・学習・注意に障害が起こってしまった状態の方を対象とする。また調理を身体的には自立で可能とする方を対象とする。

「高次脳機能障害支援モデル事業」の報告書（高次脳機能障害支援モデル事業5年間のまとめ）によると、高次脳機能障害の症状を持つ424名に対する調査の結果、症状が重複している場合もあるが、90%が記憶障害、82%が注意障害、75%が遂行機能障害を持つことが報告されている。

また、神奈川県リハビリテーション支援センターと神奈川県保健福祉部障害福祉課が平成19年3月に作成した冊子「交通事故や脳卒中などによる高次脳機能障害がある人と一緒に働くために」では、記憶障害、注意

障害、遂行機能障害を持つ人の就労時に起こることの多い症例が紹介されている。

- 記憶障害
  - 新しい機器等の取扱いを覚えることが難しい
  - 覚えたことを翌日には忘れている
  - 必要な書類や用具をどこに片付けたかを忘れることがある
- 注意障害
  - 作業速度が途中から極端に遅くなる
  - 作業の途中で単純ミスが出やすい
  - 作業中に電話がかかってきても出られない

- 遂行機能障害
  - 無駄に見えるような作業が多く、時間がかかる
  - 仕事に必要な用具や材料を準備することが難しくなる
  - 場当たりの対応になりやすい

これらの障害に対しては、作業療法的に調理訓練、木工などの作業訓練を通じて症状の改善を目指すとともに、成功体験を積み重ねることによって社会復帰に向けたモチベーションを高める努力が行われている。

また、近年、無誤学習（errorless learning）と呼ばれる方式が作業訓練や障害児教育に用いられ始めている。リハビリテーションの実践において、患者のできることが少なく、どこから手をつけていいのかわからない状況において、作業をいくつかの要素に分割し、要素ごとに習得していくことによっ

て、最終的に一連の作業を達成しようとする試みである。要素ごとの習得においては、支援者が適切な援助レベルの援助を行うことによって成功体験を積み重ね、症状の完全にあわせて援助レベルを弱めていく。

本事業では、このような病院内での作業訓練の支援を行うだけに留まらず、家庭での自立を支援する統合支援環境に発展させ、連続したケアを実施することのできる柔軟な枠組みを持つ支援モデルの構築を行う。すなわち、作業手順を患者のレベルに合わせて作成・提示するツールを中心に、RTミドルウェアを用いて住環境内に設置されたセンサーを接続することにより、症状や住環境の変化に対して、作業手順の提示内容やセンサー構成などを手軽に変更できるシステムを構築する。

#### B-2. 歩行困難な肢体不自由者の支援住環境モデル（住宅設備操作支援システム）

肢体不自由者に対して、住宅設備を遠隔で操作できるヒューマンインターフェース（音声入力、ジェスチャー入力）ならびに、その信号によって、情報家電やRT（ロボットテクノロジー）要素を組み込んだ家具を能動的に操作可能とする支援住環境モデルを構築する。特に、ヒューマンインターフェースとその出力先である情報家電やRT家具への連携はRTミドルウェアといった共通基盤のプロトコルを利用することで、ユーザーの要求に合わせて自由にシステム構成を変更できるようにする。具体的な対象者としては、定常

的にベッドもしくは車いすで生活し、携帯電話やリモコン等のボタンを押すことが困難な方（腕はある程度動かせるが指先の動作は困難）な方を対象とする。

#### B-3. 視覚障害者の支援住環境モデル（住環境変化を検知する環境管理システム）

視覚障害者は自身の自宅環境においては、障害を受けてからの期間が長いほど、健常者と変わらない程度の生活をするのが可能となっている。それは生活を重ねていくなかで自宅環境のモデルが障害者自身の中に正確に構築されているからである。しかし、来客など、環境変化が起こると、そのモデルとの差異がおこり、生活に支障が起こる。この課題に対し、テレビカメラおよび無線タグにより、家具、ドアといった環境の変化を定期的に計測し、障害者の持っている環境からずれた場合、その状況を提示するシステムを構築する。また、鍵やリモコンと言った小物の場所を提示するために、ブザー付きのタグを利用し、探し物の支援を行うシステムを構築する。想定ユーザーとしては、全盲の方を対象とするが、評価においては障害が起こってから現在までの期間が長い方、短い方それぞれを対象とする。

### C. 研究開発結果

#### C-1. 脳卒中の後遺症のある方の支援住環境モデル（調理支援システム）

図I-1に支援システム概念図を示す。対象となる環境はキッチンにおける調理支援システムとし、大きく分けて、調理プロセスを提示する情報支援ツールと、環境側からその調理プロセスを見守る各種センサに分けられる。調理プロセスを提示する情報支援ツールとして、キッチンに備え付けたPCを介して、調理プロセスを支援対象者に常に提示し、その指示通りに進むようにタッチパネルを通して画面上の完了ボタンから作業を確認しつつ調理を実行できるプロセス提示ツールを作成した(図I-2)。また、調理訓練を指導する作業療法士やその他介護者が調理支援コンテンツを容易に製作できるようなプロセス提示作成ツールも作成した(図I-3)。

環境側からその調理プロセスを見守る各種センサについては、住環境側からは、そのプロセスが提示通りに進んでいるかどうかを環境側から各種センサ情報によって見守るシステムを構築している。センサ情報としては、キッチン上での作業(野菜を切る、かき混ぜる等)をステレオカメラで手の動きを観察するビジョンセンサ、被験者のキッチンの立ち位置を常に電波により計測する電波型人感センサー、さらに、キッチン内の戸棚、冷蔵庫等に開閉を計測する磁気センサが取り付けられる。以上の各センサは、センサーデータベースに常にその情報が蓄積され、前述の調理プロセス提示ツールと連携し、被験者がプロセスを完了したと認識したとしても、環境側からそのプロセスの完了状況を確認

し、抜けているところがあれば、指示することを可能としている。

ここで、本システムの有効性を評価するにあたっては、調理メニューとして、有効性が認識できる標準的なメニューを採用することが重要となる。そこで、技能による作業分析的視点から作業遂行の質と作業遂行能力を同時に評価することを可能とする国際的に標準化された観察型のADL/IADL評価法であるAMPS(The Assessment of Motor and Process Skills)を採用し、その中で作業内容として示されている調理メニューを採用した。AMPSにおいては、簡単な課題2つと難しい課題2つを選択することが必要となり、以下の4つの調理作業を対象とした。

- ・コーヒーか紅茶を入れる(簡単作業)
- ・ジャムサンドイッチ(簡単作業)
- ・卵焼き、トースト、飲み物(難しい作業)
- ・野菜炒めとご飯(難しい作業)

以上の調理作業を、本事業で開発したシステムを利用する場合としない場合において、AMPSの評価により、その有効性を検証する。

## C-2. 歩行困難な肢体不自由者の支援住環境モデル(住宅設備操作支援システム)

図I-4に支援システム概念図を示す。開発した支援システムは、被験者の操作意図を抽出するヒューマンインターフェース機能として、音声入力装置、ジェスチャー認識装置を試作し、ヒューマンインターフェースを

介した指令値から、住環境内にある住宅設備として、TV、ビデオ、エアコン等の家電機器のリモコン制御を行う、赤外線リモコンモジュール、住環境の家具やドアなどを能動的に制御するアクティブキャスターを試作した。加えて、それらがネットワーク上に並列に配置することで、容易に接続可能となるような共通ネットワーク基盤（RTミドルウェア）を構築した。図I-5に、各機能がモジュール化されネットワークを介して接続されたシステム構成の概念図を示す。

#### （1）音声認識装置

住宅設備操作支援システムの音声入力インターフェースに関して、リビングにおける操作と、寝室における操作を想定して、プロトタイプシステムを構築した。プロトタイプシステムの音声認識装置およびその操作画面（動作確認用）を図I-6に示す。いずれも複数のマイクを利用してユーザの状況に対応できるようにしている。

#### （2）ジェスチャー認識装置

リビングにおける操作を想定して、プロトタイプシステムを構築した。対象となるジェスチャーは主に手首または肘から先の大きな振りと、肩の振りとした。手振りの場合は、ステレオカメラを天井から真下を見るように設置し、対象となる障害者は基本的にジョイスティックをイメージして操作する。また、肩の振りに関しては、左右の肩の個々の上げ下げと、両肩同時の上げ下げの動きによりトグル的なメニューを操作する。図I-7にジェ

スチャー認識装置に利用されるステレオカメラおよびジェスチャー認識の処理画像を示す。

#### （3）家具、ドア等の設備を遠隔操作するアクティブキャスター

現実の障害者の暮らしている住環境は車いす用に設計されたものではなく、一般に通常の住宅と同じ間取りか、狭い住環境であることが普通である。すなわち狭い住環境においても車いす生活者が容易に部屋の移動等を行える仕組みが必要である。その解決策として、家具やドア等に容易に組み込み可能なアクティブキャスター（図I-8）を開発した。このキャスターは家具の底面に固定することで、容易に家具を自律移動させることができ、車いす生活者が移動において邪魔になる家具を、前述のヒューマンインターフェースを通じて、遠隔制御することが可能となる。また、これをドアに取り付けることで、容易に自動ドアとしての機能をドアに付加することも可能であり、ユーザーの要求に応じて、自由にシステムを構築できる。他の装置と同様に各アクティブキャスターはネットワーク上に配置され、容易にヒューマンインターフェースとの接続が可能となっている。

以上のそれぞれの機能をモジュール化することで、住環境の中で肢体不自由者が適切なヒューマンインターフェースを利用し、住宅設備を遠隔操作可能となるシステムを構築した。各機能はRTミドルウェアによりモジュール化されることで、それぞれのヒューマ

ンインターフェースを自由に変更できるだけでなく、双方を併用して利用するマルチモーダルインターフェースの利用も可能となる。

### C-3. 視覚障害者の支援住環境モデル（住環境変化を検知する環境管理システム）

部屋のイスやゴミ箱といった頻繁に移動を伴う家具やドアの開閉状況といった環境の変化を計測するシステムを開発した。図I-9に具体的には、カメラによるマーカー検出装置と、無線タグによるタグの三次元計測装置を開発した。カメラによるマーカー検出装置は、既存のWEBカメラを天井に取り付け、イスやドアといった比較的カメラで検出しやすいものを対象にし、そこに認識用のマーカーを貼り付けることで、その位置をカメラ画像から常に計測し、その位置情報をデータベースに送るシステムとなっている。図I-10にWEBカメラによる画像処理画面を示す。一方、マーカーの取り付けが難しいものに対しては、天井に電波型位置計測用送信機を（最低3カ所）取り付け、対象物に小型の受信用タグ（図I-11）を取り付けることで相互の電波強度から三次元位置を計測する装置を開発した。また、同じ無線タグの仕組みにより、ブザーをつけることで、各種ヒューマンインターフェースからの信号に基づき、対象となるIDのタグのブザーを鳴らすことが可能なブザー付きタグを開発し、音によって環境にある品物

の認識を可能とするツールを開発した。以上の3点のツールを利用することで、視覚障害者の環境把握の手助けを行うシステムとした。

### D. 考察

各装置、特にヒューマンインターフェースについては、元来、車いすの操作用といった一体型のシステムの一部として開発されたものである。今回の事業においては、各システムの要素毎にモジュール化されることで、様々な機器への操作装置として利用可能なことを実証するものである。特に住宅環境と言った様々な設備が導入されている環境を対象とすることで、各装置のモジュール化が障害者自立支援機器への低コスト化ならびに、障害者に応じたシステムの可変性に有効なことを実証できると考える。すなわち、各入力装置個々の性能を評価するものではなく、個々の入力装置、並びに出力装置を組み替えることで、様々な障害者に対応できるシステムの自由度がどのくらい実現できるかを実証するものである。例えば、音声入力は操作対象を示すには利用しやすいが、ボリューム等の度合いを提示するのはジェスチャー入力のほうがやりやすい。すなわち、入力装置側も融合したマルチモーダルインターフェースの構築も可能であり、操作に応じた装置の利用形態が研究要素として重要である。一方、出力装置側においても、障害者向けの

機器というカテゴリーではなく、なるべく健常者の利用している機器をモジュール化することで、支援機器システム全体の低コスト化を実証するものである。

## E. 結論

本事業において、各装置をモジュール化し、共通ネットワーク基盤であるRTミドルウェアを利用することで、自由度のあるシステム化が可能となることを示すことができた。加えてこの自由度のあるシステムを利用し、ユーザーからのニーズに応じて、

①脳卒中の後遺症のある方の支援住環境モデル（調理支援システム）

②歩行困難な肢体不自由者の支援住環境モデル（住宅設備操作支援システム）

③視覚障害者の支援住環境モデルの実証モデルを構築することが可能となった。

本事業の期間では、構築されたシステムの有効性を定量的に示すまでの被験者実験を行うことはできなかったが、今後、継続的に進めていく計画としている。その際のモニター評価手法をまとめると、以下の通りである。

（1）脳卒中の後遺症のある方の支援住環境モデル（調理支援システム）については、AMPS(The Assessment of Motor and Process Skills)を利用する。

（2）歩行困難な肢体不自由者の支援住環境モデル（住宅設備操作支援システム）および

視覚障害者の支援住環境モデル（住環境変化を検知する環境管理システム）については、システムの操作の際に、システムを利用したときと利用しないときでQUEST（福祉用具満足度評価）等の評価項目で評価する。

主たる評価項目としては以下の通りとする。

（1）脳卒中の後遺症のある方の支援住環境モデル（調理支援システム）については、AMPS(The Assessment of Motor and Process Skills)の提示された調理メニューとして、①コーヒーか茶を入れる、②ピーナッツバターとジャムサンド、③卵焼き、トースト、飲み物、④野菜炒めとご飯、以上の4点のコンテンツを作成し、AMPSの評価項目によって、システムを利用したときとそうでないときを評価する。

（2）歩行困難な肢体不自由者の支援住環境モデル（住宅設備操作支援システム）および視覚障害者の支援住環境モデル（住環境変化を検知する環境管理システム）については、

- システムを利用した際の成功の確率、達成度
- ビデオを回して録画，当事者と（介助者がいる場合）介助者の動作の解析。指標は当該動作の回数（独力と介助の割合），当該動作に要する時間の比較
- ADLあるいはIADL・・・FIM（あるいはBI）のシステム利用前、利用後の差分値
- QUEST（福祉用具満足度評価）
- COPM (Canadian Occupational Performa

nce Measure, カナダ作業遂行測定)

- システムや機器に対するユーザビリティ評価

現時点でのモニターする人数としては以下の通りの計画である。

- 脳卒中の後遺症のある方の支援住環境モデル：1人
- 歩行困難な肢体不自由者の支援住環境モデル：2人
- 視覚障害者の支援住環境モデル：4人

加えてモニター評価に関する倫理面への配慮については以下の項目に注意して進める。

- モニター評価協力者に対して事前に十分な説明を行い、書面による同意を得た後に開始する。
- その際、評価の途中においても同意を撤回する権利があることを十分に伝えるなどヘルシンキ宣言における本人の自発的・自由意思による参加の原則に則って実施する
- 被験者に対するリスクが最小化するように計画し、事前に危険源を特定しリスクマネジメントを実施することで被験者の安全の確保に務める。
- 得られたデータに関しては個人情報保護の観点から十分に留意する。
- モニター評価を行う機関（産業技術総合研究所ならびに国立障害者リハビリテーションセンター）のそれぞれの倫理審査

委員会に申請を行い、その承認のもと実施する

- 利益相反の管理に関しては所属機関で定められた指針に従う。

#### F. 健康危険情報

本事業での評価実験においては、実際の障害者を被験者としたときの人間工学実験については、機器の装着を有する装置はなく、危険に伴う可能性のある点は、長時間にわたって実験をすることによる被験者の疲労が懸念される。本事業においては、最大2時間程度を目安とし、その中でも定期的に休む時間を積極的にとることが必要である。

#### G. 研究発表

各研究分担報告毎に記載する。

#### H. 知的財産権の出願・登録状況

(予定を含む。)

各研究分担報告毎に記載する。



図I-1 脳卒中後遺症による脳機能障害の方に対する調理支援システム



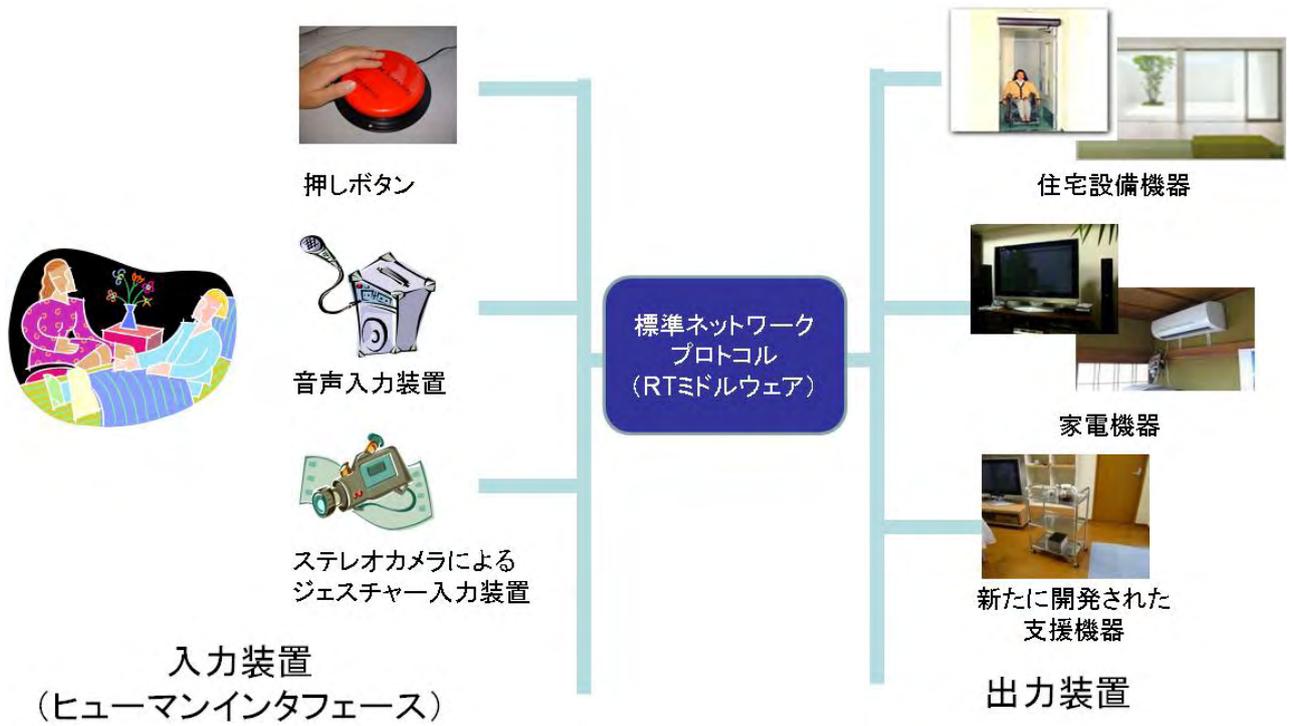
図I-2 調理プロセス提示ツール



図I-3 調理プロセス提示作成ツール



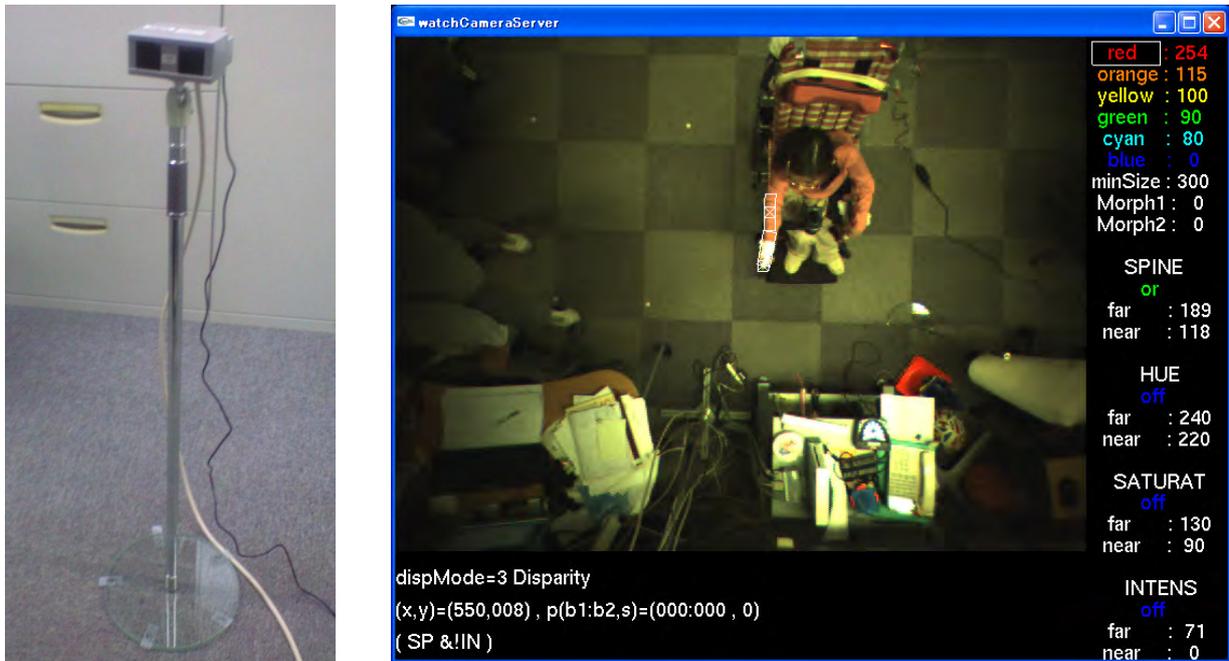
図I-4 歩行困難な肢体不自由者の住宅設備操作支援システム



図I-5 機能のモジュール化および標準ネットワークプロトコルを利用したシステム構成



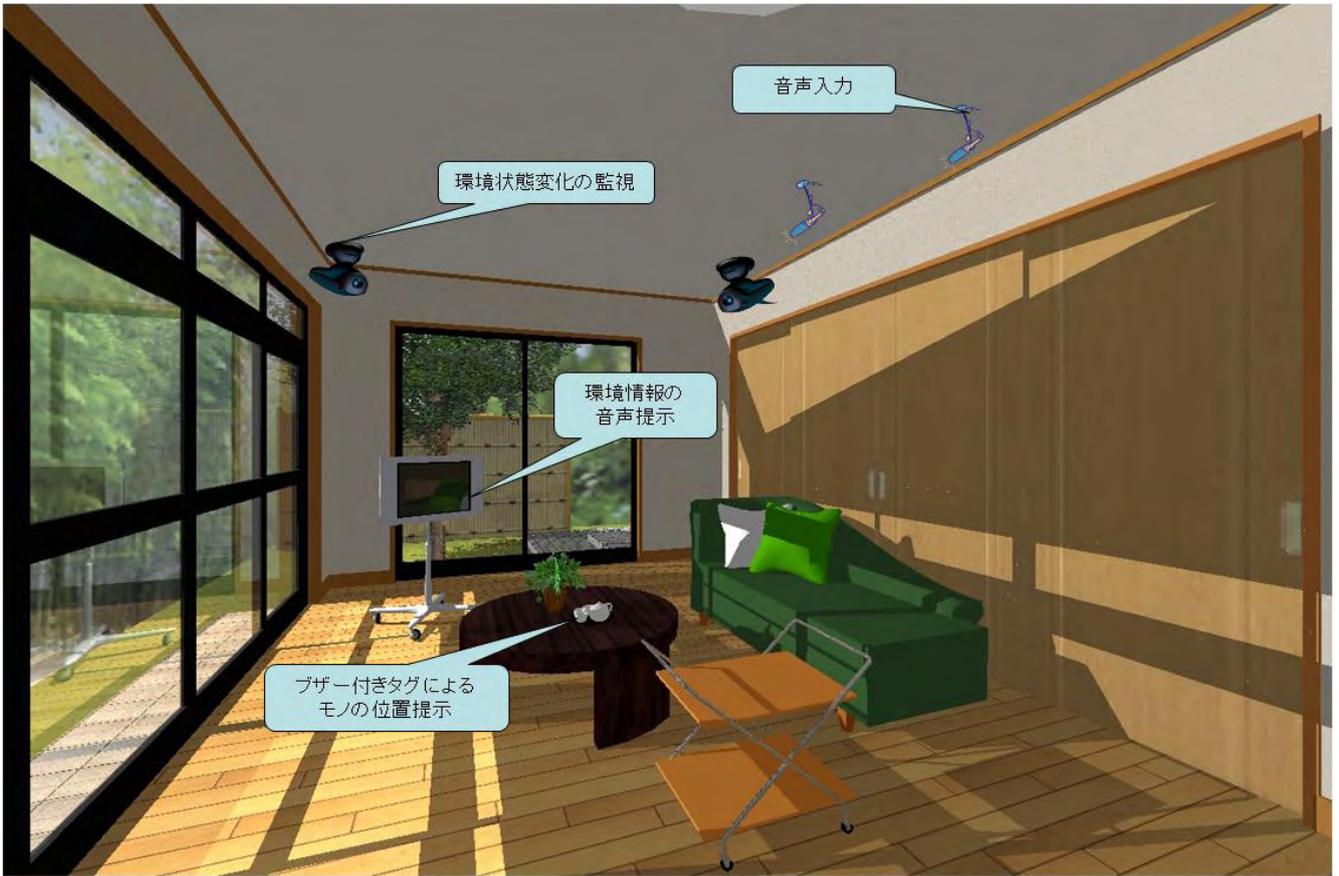
図I-6 音声認識装置外観および操作画面



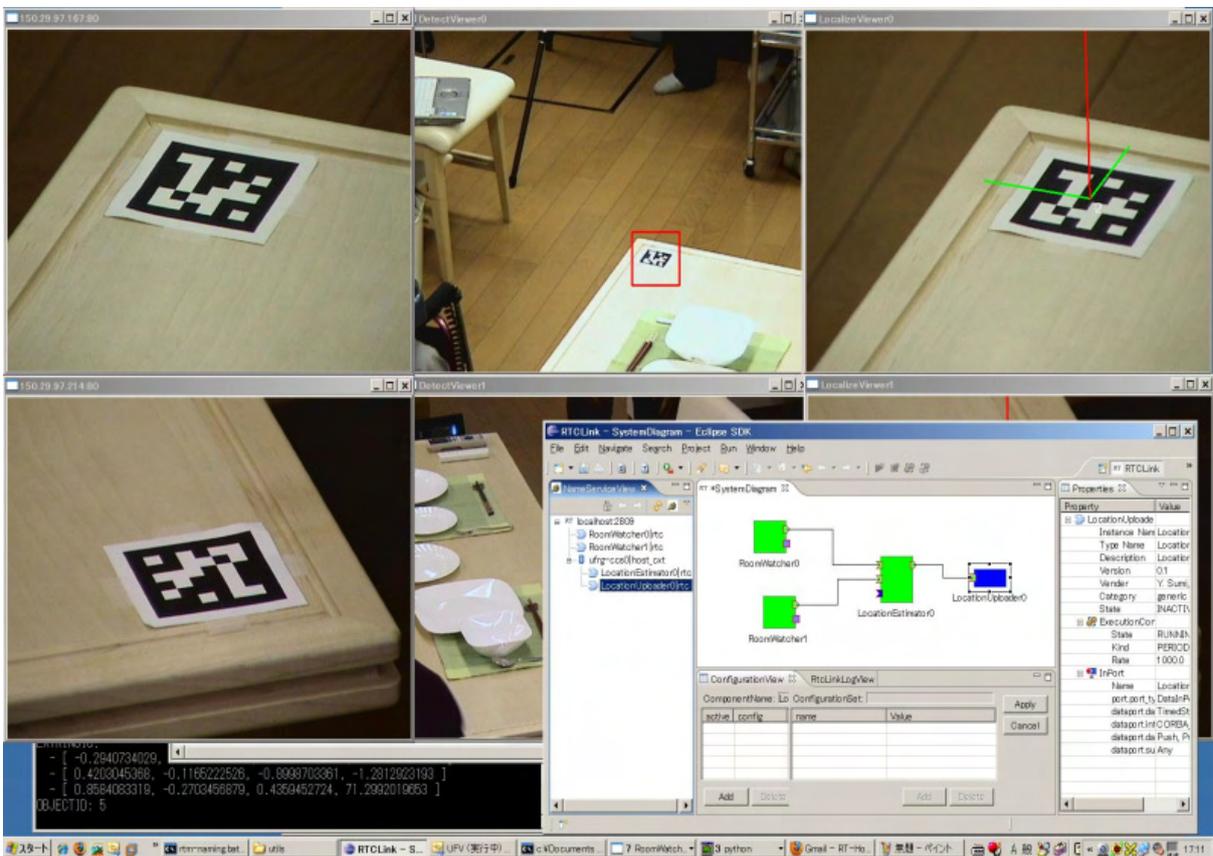
図I-7 ジェスチャー認識システムにおけるステレオカメラおよび処理画面



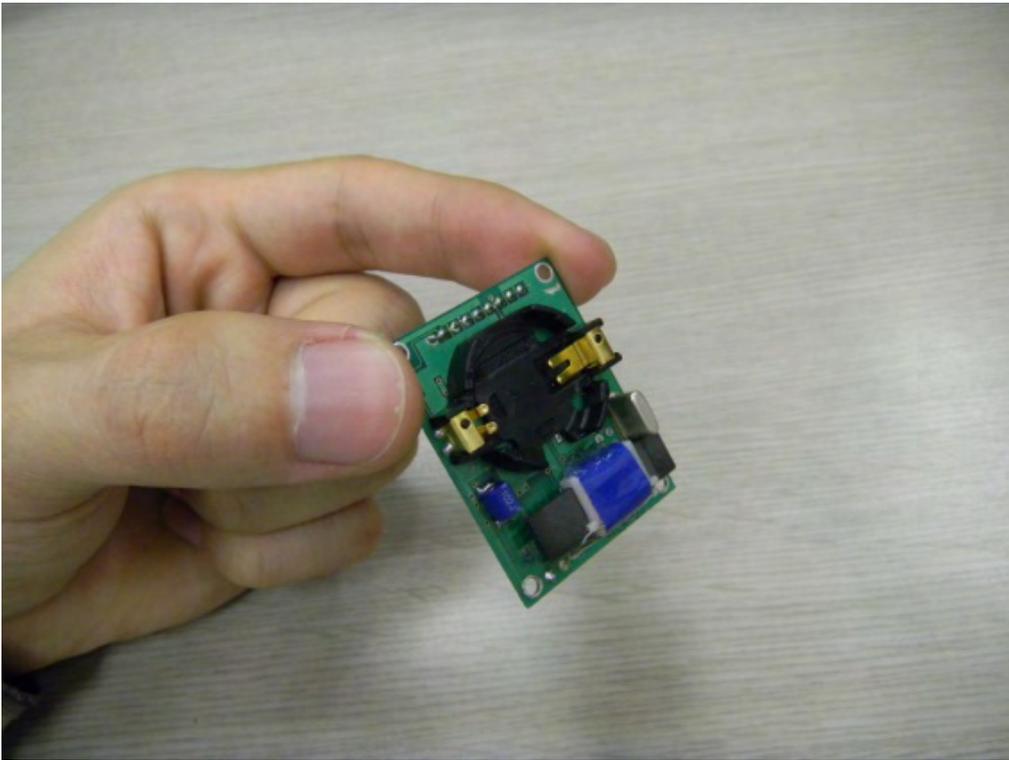
図 I-8 アクティブキャスターおよびアクティブキャスターが取り付けられたイス



図I-9 視覚障害者支援における環境管理システム



図I-10 WEBカメラによる家具位置の認識



図I-11 電波強度により3次元位置を計測する無線タグ

# 障害者自立支援機器等研究開発プロジェクト

## 分担研究報告書

### RTミドルウェアを利用した住環境のシステム化

研究分担者 谷川 民生、鈴木 圭介、梶谷 勇、大原 賢一

神徳 徹雄、角 保志、金 奉根、小島一浩

#### 研究要旨

本稿では、システムの可変性を可能とするRTミドルウェアの開発ならびに機能のモジュール化について報告する。また、住環境に組み込む機能として、アクティブキャスター、プロセス提示支援ツール、無線タグといった各障害者に対する支援のための開発した機器について報告する。

#### A. 研究開発目的

本研究課題では、障害者の自立支援となる福祉機器の新たなシステム化技術を提案する。

従来の福祉機器は、障害者の意図を抽出するヒューマンインターフェースの機能、例えばジョイスティックや押しボタンスイッチ、音声入力装置などと、その入力されたデータに基づいて各機能を制御する出力側の機能、たとえば環境入力装置においては、家電機器を操作する赤外線出力機能等が一体型で提供されてきた。しかし、障害の程度は千差万別であり、誰にでも適用できるヒューマンインターフェース装置は現実的に実現することは困難である。また、進行性による障害や、障害者自身が年齢を重ねることによって、従

来使っていたヒューマンインターフェース装置が使用できなくなるといった状況も存在する。一方、障害者が何らかのヒューマンインターフェース装置を利用し、家電製品、もしくは電動車いす等の障害者を支援する側の出力機器を制御する場合においても、その出力機器も常に同じものを使い続けることは難しく、適宜、新たな製品を制御する必要性がでてくる。このような背景にありながら、障害者用の福祉機器は、元来市場が小さく、機器の出荷台数は限られるため、ほぼ個々の障害者に応じた特注品ということになってしまう。このため、機能の割には非常に高価な製品として販売されている。

すなわち、従来の一体型のシステムではなく、システム内の各機能をモジュール化するという新たなシステム化技術により、シス

テムとして各機能を一体型にする必要をなくし、さらに、住環境に各機能を分散配置することで、障害者の自立した生活を住環境全体で支援することを可能とする、新たな住環境モデルを提案することを目的とする。

## B. 研究開発方法

本研究開発では、障害者を支援するシステムに対し、システム内部の機能を分割し、それぞれをモジュール化することで、システムとして容易に変更や追加を可能とする仕組みを導入し、様々な障害者に対して、最適かつ低コストに支援システムを提供するシステム化技術を導入し、実証を行う。本システム化技術としてRTミドルウェアと呼ばれる基板技術を採用する。これは、モジュール化された各機能間を、規格化された通信インターフェースによって容易に結合することが可能な技術である。福祉機器の中のヒューマンインターフェース機能を有する入力装置ならびに、その入力信号によって制御される家電等の出力機器をそれぞれモジュール化し、各モジュールがネットワークを介して通信する仕組みをRTミドルウェアを利用することで容易に実現でき、これにより、障害者に応じて様々な入力装置を選択することが可能となり、また、家電等の出力装置についても必要に応じて適宜追加変更することが可能となる。本事業ではRTミドルウェアを介して、接続する各機能を障害者からの要求に

よって、いくつか選択し、それらをモジュール化することで、対象となる障害者自身に適したシステムを構築し、実際に利用していただくことで、システムの可変性の有効性を評価していく。なお、実際に評価する場合の実験においては、産業技術総合研究所ならびに参画機関である国立障害者リハビリテーションセンターのライフサイエンス実験に関する倫理及び安全管理規程に基づき、人間工学委員会による審査を経て、進めていく。

## C. 研究開発結果

### C-1. RTミドルウェア

産業技術総合研究所知能システム研究部門では、ロボット要素であるアクチュエータ、センサなどをモジュール化し、ネットワークを介して、容易にロボットのシステムを構築可能とするRTミドルウェアという技術を有している。

RTミドルウェアは、様々なロボット要素(RTコンポーネント)を通信ネットワークを介して自由に組み合わせることで、多様なネットワークロボットシステムの構築を可能にする、ネットワーク分散コンポーネント化技術による共通プラットフォームである。この技術は元来ロボットの開発ツールとして開発されてきたが、移動ロボットやヒューマノイドロボットといった単体のロボットのみだけでなく、ロボット以外のシステムにおいても同じようにシステム化が容易に構築

できる。例えばセンサ、アクチュエータを生活空間の中に分散配置させ、ネットワークを介して協調することにより生活支援や介護を実現するといった、一見ロボットには見えないがロボットの技術を利用したシステムも構築することが可能となる。日本ロボット工業会では、こうしたロボット技術の総称を RT(RobotTechnology) と呼ぶことが提言されており、RTミドルウェアは、ロボット技術要素をソフトウェアレベルでモジュール化し、その再利用性を高めるミドルウェアとしての機能を有している。

RTミドルウェア上では、各機能毎にRTコンポーネントとよばれる単位にモジュール化される。RTコンポーネントとは、各機能毎の特有のプログラムやドライバプログラムが含まれ、それらがRTミドルウェア上の共通ネットワークプロトコルとしてモジュール毎に通信できるようにラッピングされたものである。通常、プログラム毎でネットワークを介して通信するためには、相互のプログラム上で通信の確立やデータの構造を規定する必要があるが、RTコンポーネントにすることで、RTミドルウェア側で通信に係るプロセスを代替するため、ユーザは上記の通信するための作業を特段意識する必要はなく、RTコンポーネント同士の通信が容易に構築できる。また、RTミドルウェアでは、各RTコンポーネントはRT System Editorと呼ばれる支援ツールによってビジュアル的にソフトウェアレベルで接続を管理でき、要求される仕

様によって、適宜システム構成を容易に変更することができる。

図II-1-1にRT System Editorの外観を示す。中心のウィンドウであるSystem Diagram Windowにおいて、作成されたRTコンポーネントがビジュアル的に表示されている(図II-1-1中の黄緑および青のボックス)。すなわち、入力機器や出力機器をRTコンポーネント化することで、System Diagram Window上で確認することができるようになる。このRTコンポーネントには入出力ポートが設置されており、各出力ポートから入力ポートへとビジュアル的に接続することで、実際にはネットワーク経由によって、各コンポーネント間の通信が確立され、データの受け渡しが可能となる。このようにソフトウェアレベルで各コンポーネントのシステム構成を変更することが可能であるため、ヒューマンインターフェースに係るRTコンポーネントを変更したい場合は、既存のRTコンポーネントの接続を解除し、新たなヒューマンインターフェースのコンポーネントから出力機器に係るRTコンポーネントへ接続するだけでシステム構成を変更することができる。

## C-2. 環境からの分散された機能による支援モデル

前節のように各機能はネットワーク上で並列的に配置することが可能となることで、従来の福祉機器のように一体型に収める必

要性が薄くなる。すなわち、環境のどこに設置してもかまわないことになり、逆に言うと、必要な箇所に自由に設置できることになる。

図II-1-2に従来のシステムとネットワーク上に配置したシステムの比較を示す。従来の一体型のシステムの場合は、そのアプリケーションプログラムにおいても、システム内の構成が変化することで、修正する必要が出てくるが、RTコンポーネントによって各機能がモジュール化されていれば、アプリケーションプログラムは、各機能固有の制御プログラムを組み込む必要がなく、システムの変更においては、最小限の修正で対応可能となる。また、それぞれの機能が組み込まれる段階でUSB機器のようにプラグ&プレイの機能をRTミドルウェア側で持たせることが可能であり、ユーザーが特に意識しなくても、システムの変更についてはシステム側で対応する仕組みを構築することが可能である。

前述したように、全ての機能がネットワークで連結することが可能となれば、今までの福祉機器のように一体のシステムとしてまとめる必要がなくなり、必要な箇所に自由に設置できることが可能となる。すなわち、障害者が最も長く暮らすこととなる自身の住環境内に分散して配置することが可能となる新たな住環境モデルを構築することが可能となる。このようなコンセプトとして、ユビキタスロボティクスというコンセプトが提案されており、この中では、住環境に様々なセンサ、アクチュエータを分散配置し、

ホームサーバーといった部屋の環境を管理制御するPCによって、各機能は制御され、住環境を利用する障害者の支援を行うことが可能となる。図II-1-3に、各機能が分散配置された住環境モデルの概念図を示す。それぞれのセンサやアクチュエータは分散配置され、各機能がネットワークで連係動作することが可能となっている。この仕組みはRTミドルウェア上ですべて、構築されることで、システムの構成はすべてソフトウェアベースで変更、追加することが可能となる。概念図では、分散される機能の粒度が、センサやアクチュエータといったかなり細かいものまで示されているが、現実的には、福祉機器の機能毎、すなわち、入力機能（音声入力装置、ジェスチャー入力装置等）、出力装置（テレビ、エアコン等）の単位でモジュール化することが望ましいと言える。

### C-3. 障害者用住宅に導入されるモジュール化された機器

本事業は、住宅内の障害者の自立を支援する環境を構築することが目的となる。RTミドルウェアを利用することで、多様なシステムを構築することが可能となるが、反面、対象となる障害者の状態を明確にしなければ、システムの仕様が定まらないという課題も現れてくる。

構築するシステムは、大きく分けて、障害者の意図を認識するヒューマンインターフ

ェース機能（入力機能）と、その認識された信号から、各種住宅内に配置される住宅設備（テレビ、エアコン等）の出力機能に分けてモジュール化する。すなわち、障害者に対するヒューマンインターフェース機能は、個々の障害者に応じたものを適宜選択することが必要であり、それぞれの障害者の入力を支援する特有の機能が必要であることから、ヒューマンインターフェース機能毎にモジュール化し、用意することが要求される。本事業においては、ヒューマンインターフェース機能として、そのニーズが大きいであろうと思われる、肢体不自由者を対象とし、「音声入力装置」および「ステレオカメラによるジェスチャー入力装置」を対象とした。上記2つの装置については、それぞれ、本事業の分担研究として「音声による操作インタフェース」「ジェスチャーによる操作インタフェース」が進められており、その中で各機能の詳細が説明されている。

一方、出力機能については、ヒューマンインターフェース機能側とは反対に、健常者も含む幅広いユーザーが利用できることが必要となる。すなわち、福祉機器の全体的なコストを下げるためには、障害者に特有の機器の部分はなるべく少なくし、できるだけ汎用的に利用されている機器を導入することが必要であり、健常者も含めた汎用製品であればあるほど、製品単価が低くなり、システム全体のコストも軽減される。

出力機器については、家電と住宅設備に大

きく分かれる。家電については、ほぼ赤外線リモコンで制御することが可能となっているため、赤外線を出力する機器をネットワークに連結することで、ほとんどのリモコン制御可能な家電機器については、遠隔制御可能となる。本事業での遠隔操作する家電としては、テレビ、ビデオ、照明を対象とした。

その他住宅設備機器については、対象となる障害者に合わせて開発したものであるが、製品単価を下げるためにも、健常者も含めた幅広いユーザーに適用できる製品として開発している。本事業で開発された出力機能側の機器としては、アクティブキャスターと呼ばれる、キャスターにアクチュエータを組み込んだものである。これらを家具に取り付けることで、特に車いすで生活している障害者が、住宅内の移動の際、邪魔となって困っている家具を能動的に動かすことで、部屋が広くなくても車いすの移動するスペースを確保し、移動支援を行うことを可能とする。

上記の出力側の機器としては、主に車いすで生活している肢体不自由者を対象としたものであるが、今回、それ以外において、脳機能障害の方に対する調理支援システム、視覚障害者の生活支援に係るシステムを提案している。脳機能障害の方に対する支援として、調理プロセスを順番に提示する情報支援システムを開発した。また、一方的な情報支援だけでは、実際に調理作業が遂行されているかどうか判断できないため、外部からのセンサ情報でなるべく料理手順を推定するこ

とが必要となる。その一つのセンサシステムとして本事業の分担研究として「人感センサーを用いた見守り技術」が進められている。これについても、別途、分担研究報告書において機能の詳細をまとめている。その他の見守りのセンサーとしては、調理器具が正しく利用されているかどうかを判断するために、各調理器具にICタグを付加し、それをチェックするタグリーダーをモジュール化した機器を開発した。また、各調理の際の行動をなるべく推定しやすくするために、冷蔵庫や食器棚の開閉を検知するマグネット式センサーをモジュール化している。

各種センサ情報と情報支援システムとの連携については、相互のシステムの間でセンサ情報を蓄積するデータベースを介することで、システム毎にモジュール化しやすくなる。すなわち、その他の障害者支援システムとの連携も考慮すると、住宅内の様々な環境情報は一端、データベースに情報を蓄積し、データが必要なシステムは、そのデータベースにアクセスすることで、環境情報を取得する構成にしている。そこでセンサ情報を蓄積するデータベースについても、モジュール化し、様々なセンサ情報を随時蓄積できるようなセンサデータベースを構築した。これについても入出力はRTミドルウェア上でアクセスできるようにRTコンポーネント化されている。

また、視覚障害者に対する支援機能としては、住宅内の環境を視覚障害者の目のかわり

に取得するかという目的で、WEBカメラ画像からの家具の位置を把握する画像システム、ならびに、電波強度による3次元計測を可能とする3次元位置計測無線タグ、ブザーによる音で環境にある物の位置を知らせるブザー付き無線タグ、以上の3種類の支援機器を開発した。

#### C-4. アクティブキャスターによる移動家具システムの開発（歩行困難な肢体不自由者の支援住環境モデル）

従来から各所においてウェルフェアハウスの住宅モデルが提案されている。その中では、バリアフリー等により車いすで生活しやすい環境を構築するといったコンセプトのもと、様々なアイデアを盛り込んだ住宅モデルが展示されている。ほとんどの住宅モデルは車いすでの旋回や移動がしやすいような間取りの広いへや廊下となっている。しかし実際の障害者の住宅においては、一般の住宅と同じか、それよりも狭いことが普通であり、経済的にも厳しい障害者が多い中では、モデル住宅のような広い間取りを有する住宅環境の方は少ないことがヒアリングによって確認されている。すなわち、狭い間取りでも、車いすでの自立生活を支援する仕組みが必要と言える。車いすで生活している障害者に対するヒアリングでは、机やイスと言った家具が部屋にあることで、健常者にとって適宜移動すれば済むことが、障害者にとっては、

非常に困難であるために、移動において介護者の補助が必要となっているとの意見をいただいた。現状では車いすを住宅内で利用している方は、それなりの広い間取りの家を有している方で、通常は住居内で生活することも困難であり、通常車いすは外出用のみで外に置いているケースが多い。住宅内では、ほぼベッドに寝たきりの状態で過ごすことが多くなってしまふ。また、外に車いすを置いてくため、雨の日などは、車いすを利用できず、外出することが困難であるとの意見をいただいている。

以上から、間取りの狭い部屋でも、車いすでの生活が可能な住宅モデルを提案することが重要であり、その原因となっている家具について、介助者に代わって、家具が能動的に移動するシステムを組み込むことが、一つの解決策となると考えられる。近年、オフィスにおいては、机やイスにフリーのキャスターが設置されており、移動に際しては簡易にできるようになっている。すなわち、このようなキャスター単位で、移動を能動的に可能とするシステムを導入することで、それらを協調動作させることで、障害者の意図に応じて、住宅内の家具の間取りを変化させることができる。

図II-1-4、図II-1-5に、開発したアクティブキャスターの外観を示す。キャスターには車輪を2輪有しており、それぞれがアクチュエータによって独立に動作する。キャスターが回る部分はポテンシオメータにより回転

角度を計測できる以外はフリーで回転する構造となっている。すなわち各キャスターのステアリングについては、それぞれの車輪の回転速度の差によって制御する構造になっており、このようにすることで、直進する際は2個のアクチュエータの推進力を利用でき、効率よく高い推進トルクを得ることができ。本事業では2種類のアクティブキャスターによって評価を行った。図II-1-4のアクティブキャスターは、ギヤ比を高くすることで、速度は低いが高トルクを実現する仕様となっている。また、図II-1-5のアクティブキャスターはギヤ比を落とした分、アクチュエータのサイズを大きくし、速度を重視したモデルとなっている。また、生産コストを下げするために、低コストな加工部品を積極的に利用している。

このようなシステムを導入する際に注意する点としては、ユーザーが自身の必要性に応じて適宜必要な場所に設置し、すぐに動作することが重要となる。すなわち、各アクティブキャスターをユーザーが必要な数、必要な場所に適当に設置しても、システム側が、その設置状況を自律的に把握し、ユーザーに極力技術的な作業を行わないようにする仕組みが重要となる。このため、キャスター本体には小型の制御用CPUが組み込まれており、ユーザーが簡単なキャリブレーション動作を行うことで、キャスター自体が、自身の設置位置を計測する機能を有している。これによりユーザーにおいては、専門的な知識を持

たずとも、すぐにアクティブキャスターを利用することが可能となる。また、アクティブキャスターは、通常のフリーのキャスターとの併用が可能であるため、重量の重い家具においても、フリーキャスターと併用して利用することで、垂直加重を分散させることが可能であり、重い家具の水平方向への推進力が十分であれば、アクティブキャスターの個数は、全体のコストに応じて変更することが可能となっている。図II-1-6にアクティブキャスターの強度と出力の関係を示す。家具をX軸Y軸への2次元の並進動作、ならびに回転動作、すなわち三自由度の動作をさせる場合、最低限2つのアクティブキャスターがあれば実現できる。すなわち、図II-1-6における、左下の構成図が最低限のアクティブキャスターおよびフリーキャスターの構成となる。そこで、設置する家具において、より推進力が要求される場合はフリーキャスターをアクティブキャスターに変更することが可能であり、コストが高くなるが、推進力は増加する。また、重量のある家具を移動させる場合、キャスター自体の過般重量を超える場合は、フリーキャスターを適宜増やすことで、各キャスターに加わる加重を分散させることが可能となる。フリーキャスターとアクティブキャスターとの数の割合については、コストと必要な推進力とのバランスによって決定され、その構成はすべてユーザーの仕様によってシステム側はいかようにも対応することが可能となっている。

本事業においては、大小の2つのサイズのテーブル、イス、移動型タンス、配膳カート、ドアといった5種類の家具および1種類の住宅設備を対象とした。これらにアクティブキャスターを設置することで、ネットワーク上に配置されているヒューマンインターフェース機能（音声入力装置、ジェスチャー入力装置、ジョイスティック装置）によって自在に制御出来ることを可能とした。図II-1-7、図II-1-8、図II-1-9にそれぞれアクティブキャスターを取り付けた家具を示す。これらは、ヒューマンインターフェースからの信号によって自在に制御可能となる。図II-1-10に実際に障害者の方の音声入力によって家具が移動する実験の画像を示す。実験環境としては、車いすに乗っている肢体不自由な障害者が、廊下へ行きたい状況において、家具が邪魔であり、その家具を音声入力装置によって、移動するように指令を与えることで、決まった位置に自律的に移動できることを確認した。このように家具自体が自律的に動作することで、住環境の間取りを自由に変化させることが可能となり、部屋の利用形態も状況に合わせて変化させることが可能となる。また、このようなアクティブキャスターの設置については、専門的な知識がなくとも自在にシステムを構築することが可能とならなければならない。特に、アクティブキャスターの設置場所については、ユーザーの仕様によって適宜変更されることが一般的であることから、どの場所に設置されたとしても、

簡単なキャリブレーション方法によって、容易にアクティブキャスターを取り付けた家具として制御出来る仕組みが必要となる。図 II-1-11に、専門的な知識がない一般の介護者に配膳カートにアクティブキャスターを自ら設置し、キャリブレーションを行い、リモコンで操作するまでの課程を実証実験した結果を示す。設置のプロセスは以下の通りである。

- (1) 両面テープによりアクティブキャスターを配膳カート背面の適当の位置に設置
  - (2) 配膳カートの真ん中を中心にキャスター毎回す。(これにより、アクティブキャスター自身で回転中心からの距離を算出し、自身の設置位置を計算する。)
  - (3) リモコンにより配膳カートを制御
- 以上の簡単なプロセスで配膳カートを自律移動台車のように制御出来るようになる。最初に1分ほどの説明で、上記の設置プロセスを遂行することが可能となったことで、専門的な知識のない一般の方にも手軽に利用できることが確認された。

#### C-5 調理支援におけるプロセス提示支援ツール

脳卒中の後遺症のある方の支援モデルの構成例を図 II-1-12 に示すが、プロセス提示支援ツール、コンテンツ作成ツール、住環境に設置されたセンサーなどから構成される。プロセス提示支援ツールとコンテンツ作成ツールについては、現状ではパーソナルコン

ピュータ (PC) 上で動作するアプリケーションとして開発しているが、将来的にインターネット上のサービス、あるいは携帯端末上のアプリケーションなど、エンドユーザが利用しやすい形態での提供を考慮して、Adobe Flashベースのアプリケーションとして開発した。

本システムの特徴は、以下の3点に集約できる。

- (1) 環境にセンサーを設置し、連携することができる。
- (2) 作業手順をテキストと動画で提示できる。
- (3) 提示する作業手順のコンテンツを手軽に作成できる。

(1) は図 II-1-12 にあるように、RT ミドルウェアを用いることによって、手軽にセンサーを設置し、症状や環境の変化に応じてセンサーの構成を変更することができる。

(2) ついては、動きのある作業は文字だけで説明するのは困難であるが、動画を併せてわかりやすく提示することができる。図 II-1-13 に画面構成を示すが、左側に作業手順のリスト、右側に動画を提示する。左側の作業手順の提示は、自分が行っている作業がわからなくなならないように、遂行中の作業だけをハイライトし、実行済みの作業は目立たないように表示し、これから行う作業は表示しない。

左側の作業手順リストには、「みる」「できた」ボタンがあり、「みる」を押すと動画

が再生され、作業が完了して「できた」ボタンを押した時にセンサーの情報を取得し、コンテンツ作成ツールで設定された期待値との比較を行い、問題がなければ次の作業に移行する。

テキスト情報としては、各シーンの説明に加え、動画再生完了時と「できた」ボタン押下時（作業完了時）にメッセージを表示することができる。作業完了時のメッセージは、センサーを用いない場合、センサーの期待値と一致する場合、センサーの期待値と異なる場合の 3 つの異なるメッセージを出力できる。また、各作業の目標時間を設定し、目標時間超過時にメッセージを表示することも可能である。各メッセージは、以下に説明するコンテンツ作成ツールを用いて、あるいは設定ファイルを編集して変更することができる。

(3) のコンテンツ作成については、当事者をよく知る医療従事者、家族などが作成することが望ましいと考えられ、PC 上で手軽に作成できるように設計した。図 II-1-14、図 II-1-15 に示すコンテンツ作成ツールを用いて行うが、図 II-1-14 に示すように、右側に動画を表示しながら、作業の切れ目で「しおりをつける」ボタンを押してシーンを分割する。すると、左側でシーンに対するメッセージを作成することが可能となる。メッセージはシーンの説明に加え、前述のように、動画再生完了時と「できた」ボタン押下時表示するメッセージを図 II-1-15 のようにプ

ルダウンメニューを選択して個別に設定するか、あるいは、設定ファイルの中で指定することも可能である。作業の目標時間は図 II-1-15 のように指定できるが、目標時間を設定しないときは 0 秒とする。また、目標時間超過時のメッセージは、設定ファイルの中で指定する。センサー情報の期待値も本ツールを用いて設定することができる。

プロセス提示支援ツールで用いる動画としては、医療従事者や家族が撮影したものに加え、インターネット上で公開されている動画ファイルを用いることができる。例えば図 II-1-16 は、AJINOMOTO が公開しているレシピ大百科<sup>1</sup>の「肉野菜炒め」の動画を用いて作成したコンテンツを提示したところである。また、図 II-1-17 は、延岡市作成してインターネット上で公開している AED(自動体外式除細動器)使用方法<sup>2</sup>のビデオを用いて作成したコンテンツであるが、高次脳機能障害者に対する作業手順の提示にとどまらず、一般的なマルチメディア教材として、講習会の資料、教科書や参考書の付録教材などとして活用できると考えられる。

脳卒中の後遺症等による高次脳機能障害においては、急性期、回復期、慢性期と進行する病院でのリハビリテーションに加え、退院後の在宅でのリハビリテーションが重要な要素である。このため、病院間、そして病

<sup>1</sup> <http://www.ajinomoto.co.jp/recipe/>

<sup>2</sup>

[http://www.city.nobeoka.miyazaki.jp/99/kyumei\\_susume/aed.html](http://www.city.nobeoka.miyazaki.jp/99/kyumei_susume/aed.html)

院から在宅現場への情報伝達が重要であるものの、現状では、円滑な情報伝達が行われていないケースがある。また、複数のスタッフでリハを実践するケースにおいては、スタッフ間の情報伝達も十分に行われていない場合がある。プロセス提示支援ツールのコンテンツ修正情報を適切に管理することにより、このような情報伝達に寄与できるのではないかと考えている。

また、本システムは症状や住環境の変化に対応できるだけでなく、将来的な動作認識技術の進歩により高度なセンサーなどが開発された場合に、容易に導入することが可能であることも特徴の一つである。

#### C-6 視覚障害者支援における環境取得技術

視覚障害者支援としては、視覚に頼っている環境認識において、技術的にどれくらい支援できるかということについて評価することになる。肢体不自由者の場合は介護者における負担を軽減し、自ら自立して生活できる住環境を構築する開発指針であったが、視覚障害者の場合、一人暮らしの場合は、自身の住環境について、自ら変更することとなり、また、自身の生活訓練として、住環境が常に同じ状態であるように維持するために、技術的な支援の必要性が薄いと言える。反面、家族等の健常者との共同生活となると、環境が動的に変化することとなり、その環境変化が視覚により認識できないことで、技術的な支

援が必要となる。以上の開発指針の基、住環境における環境変化、すなわちイス等の家具、ドアの状況を環境から認識し、障害者に伝えるシステムについて検討した。ここでは、以下の3種類のツールを開発した。

- (1) WEBカメラ画像による環境認識ツール
- (2) 無線タグによる3次元位置認識ツール
- (3) ブザー付き無線タグによる環境提示ツール

ール

- (1) WEBカメラ画像による環境認識ツール

通常カメラ画像による環境情報の把握は高度な画像処理および認識技術が要求され、実用に耐えうる認識は難しいものとされている。本事業では、イスやドアといった頻繁に移動される家具に対して、2次元的なマーカーを貼り、そのマーカーをWEBカメラでトラッキングすることで、安定なマーカーの位置の認識を行うシステムを構築した。図II-1-18にWEBカメラ画像によるマーカー検出の処理画像を示す。WEBカメラは天井に設置され、パン、チルド、ズームの機能を有し、画像内のマーカーを検知し、画像のどの位置にあるかを画像内の位置およびパン、チルドのセンサ情報から抽出し、常にトラッキングしていく。また、ズームすることで、マーカーの位置や姿勢を精度良く検知することが可能となっている。本環境下での精度としては、マーカーからWEBカメラの距離に依存するが、10[cm]~5[cm]の範囲の精度で計測できている。基本的には、イス等の移動を検知するものであるため、距離計測の精度よりも、10[c

m] 以上動いたことを認識できることが重要となる。評価においては、視覚障害者の感覚的に持っている精度以下であれば、有効であると考えられるため、その感覚的に持っている精度と合わせて必要精度を評価する必要があると考えている。

#### (2) 無線タグによる3次元位置認識ツール

天井等から見える比較的大きな家具やドアといったものであれば、WEBカメラによる環境認識ツールで情報を得ることができるが、ゴミ箱等の隠れてしまうものについては、その位置の変化を計測することは難しい。このような小物の対象物に対して、天井に設置した送信機から発せられる電波強度を受信機である無線タグが計測し、部屋の3次元位置を計測する無線タグによる3次元位置認識ツールを開発した(図II-1-19)。

本デバイスは、125kHzの電波を受信し、その電波の強度に基づき、距離を計測するデバイスである。電波は、距離が遠くなるにつれて距離の二乗に反比例して強度が減衰していくため、電波の強度から電波の発信源と、電波の受信器の間の相対位置を導出することが可能である。相対距離に応じた電波強度を計測したものを図II-1-20に示す。また、同様の実験を既製のZigbee無線機で行った場合のデータを図II-1-21に示す。図II-1-20、図II-1-21を比較すると、本センサが安定して動作することが分かる。既製のZigbee無線機は、通常2.4 [GHz] 帯の電波を利用しており、開発した無線タグは124kHzの電波を利用

している。通常、高周波数帯の電波は、直進性は良好であるが、壁等の反射(マルチパス)が起こり、送信機から直接送られる電波と壁を反射して送られる電波が混ざってしまう。これにより、電波強度のみで距離を計測することは困難とされる。本開発した無線タグは124kHzと、周波数が低いために、マルチパスが起こった電波は急速に減衰し、送信機から送られる電波のみ電波強度が支配的になる。そのため、安定した電波強度が得られ、距離計測に利用できることとなる。また、高周波数の電波は、人体等の水分に比較的吸収されやすく、電波の間に人体が入ると、急激に強度が減衰してしまう。この問題に対しても、影響が少ないため、良好な計測結果が得られている。

こうしたセンサを用い、天井に設置した3カ所の送信機からの電波強度を計測し、三角測量の原理で位置計測を試みた。図II-1-22に真値と誤差を、表II-1-1にこれらのデータをまとめたものを示す。3つの送信機で構成される三角形の外側では、十分な精度が出ていないが、三角形の内側では、10cm以下と電波強度を利用した無線タグとしては十分な精度が得られることが確認された。

#### (3) ブザー付き無線タグによる環境提示ツール

視覚障害者が、より簡単に物の位置を確認するには、音で判断することが有効である。よって手軽に音を発するデバイスを無線タ

グと組み合わせることで、必要な家具や小物に手軽に貼り付け、他のヒューマンインターフェースからの指令に応じて、音を発するブザー付き無線タグを開発した。既製品として、対となった送信機のボタンを押すと、受信機側のブザーがなるようなものが販売されている。本開発品は、原理的には同じであるが、それらがネットワーク経由で、どのヒューマンインターフェースからでも、その指令によって音がなるようにされていることが重要であると考えている。すなわち、RTミドルウェア上に既製品の仕組みを組み込んだ装置と考えることができる。図II-1-22にブザー付き無線タグの外観を示す。図中の右の製品がブザー付き無線タグであり、左の製品がホームサーバー等に設置する無線集約局である。無線集約局は住環境内に一カ所設置することで、住環境内の複数のブザー付き無線タグに信号を送ることが可能となっている。また、無線集約局はRTコンポーネント化されていることから、他のRTコンポーネント化されたヒューマンインターフェースからの信号により、ブザー付き無線タグを動作させることが可能となっている。

#### D. 考察

本事業においては、モジュール化された各機能をつなぐ基盤技術として、RTミドルウェアを採用し、多様な障害者の特性に応じたシステム構築を可能とすることを目指し、いく

つかの代表的な機能をモジュール化し、様々なヒューマンインターフェースから指令を受けて制御出来ることを確認した。特に今回、アクティブキャスターで家具を移動するという従来の福祉機器にない、新たな機能を提案した。今回は、主として肢体不自由者の車いす移動に伴い、邪魔となる家具の自律的移動および既存のドアの自動化にアクティブキャスターを適用した。一方で、視覚障害者とのヒアリングにおいても、通常の家具が動的に移動することは、逆に環境を変化させることとなり、危険な状況になるが、移動された家具が、かならず初期位置にもどるような制御を行うことは、視覚障害者から見ても便利なツールとして利用できるとの意見ももらっている。また、視覚障害者のそばを必ず定位置に移動してもらおうカートとして利用できるならば、鍼灸治療の際に非常に便利との意見ももらっている。すなわち、視覚障害者の多くは鍼灸の仕事に就いており、鍼灸治療の際に、治療器具をカートに乗せている。実際に鍼灸治療をする際は、消毒をする必要があるため、消毒後は治療器具のカートを手で引き寄せることはできないという課題ももっていた。今回のアクティブキャスターを治療器具のカートに利用することが可能であれば、治療作業が非常に効率よくできるというアイデアをいただいている。このように本事業での対象以外の用途にもアクティブキャスターは広がる可能性があり、そのためにもRTミドルウェアを通信基盤として、様々な

アプリケーションに対してシステムを改変できる仕組みが有効であると感じられた。今後の課題としては、アクティブキャスターの低コスト化であり、用途によってはオーバースペックの可能性もある。すなわちアクティブキャスターとしてのバリエーションも今後検討していく必要があると考えられる。

#### E. 結論

本事業においては、RTミドルウェアを利用した住環境のシステム化ということで、いくつかの機能をRTコンポーネント化し、対象となる用途に対してシステム化することで、対象となる障害者に対してのシステムの多様性、可変性を示すことができた。一方、その構築されたシステムがどの程度、対象となる障害者にとって有効であるかの評価は十分ではなく、その評価手法が明確化されていないと、システム側に変更の自由度があったとしても、どのように変更すべきかの指針が決まらないという問題が起こってしまう。まずは、障害者の状態が定量的にモデル化でき、それに対する支援システムの仕様が明確に決定できる枠組みを合わせて検討していく必要がある。障害者の状態のモデル化については、国際生活機能分類（ICF）といった枠組みが存在するため、その分類とシステムの仕様の関係を構築していくことが重要と考えている。

#### F. 健康危険情報

(総括研究報告書にまとめて記入)

#### G. 研究発表

##### 1. 論文発表

該当なし。

##### 2. 学会発表

該当なし。

#### H. 知的財産権の出願・登録状況

(予定を含む。)

##### 1. 特許取得

該当なし。

##### 2. 実用新案登録

該当なし。

##### 3. その他

該当なし。

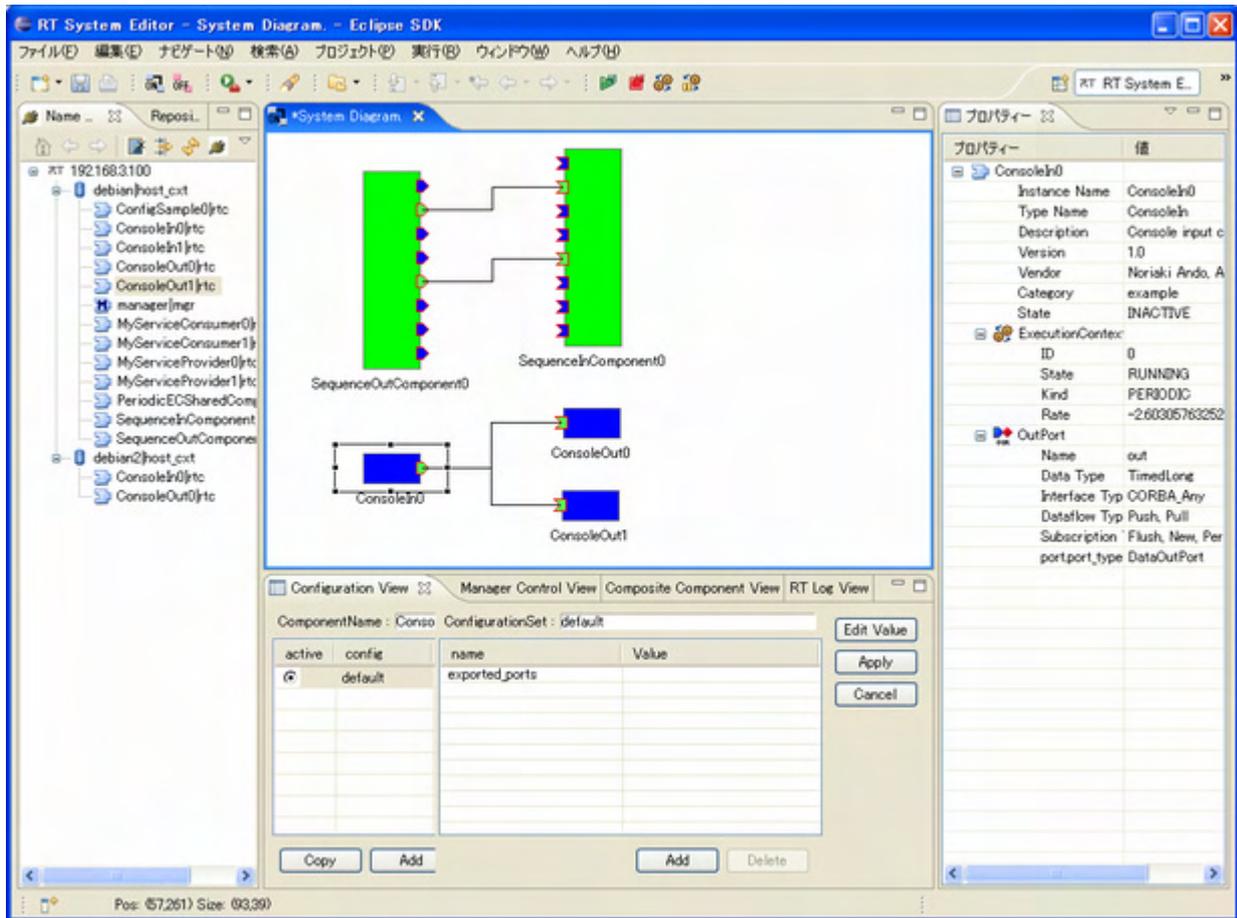
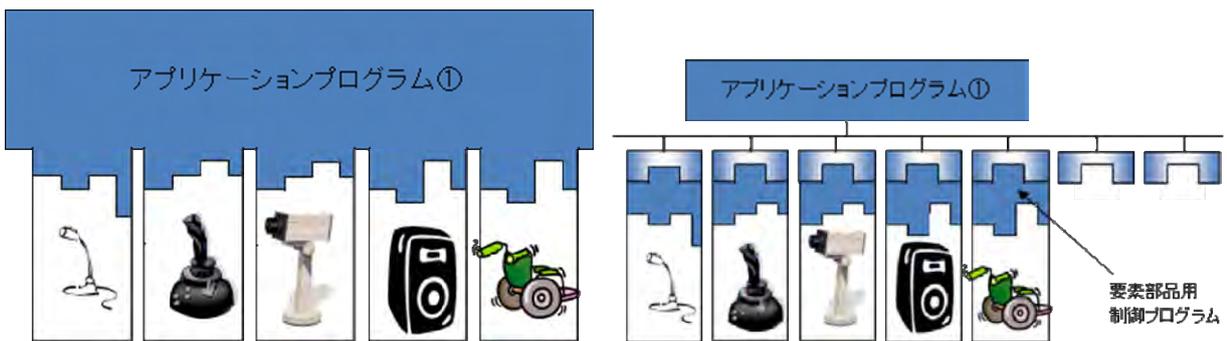


図 II-1-1 RT System Editor

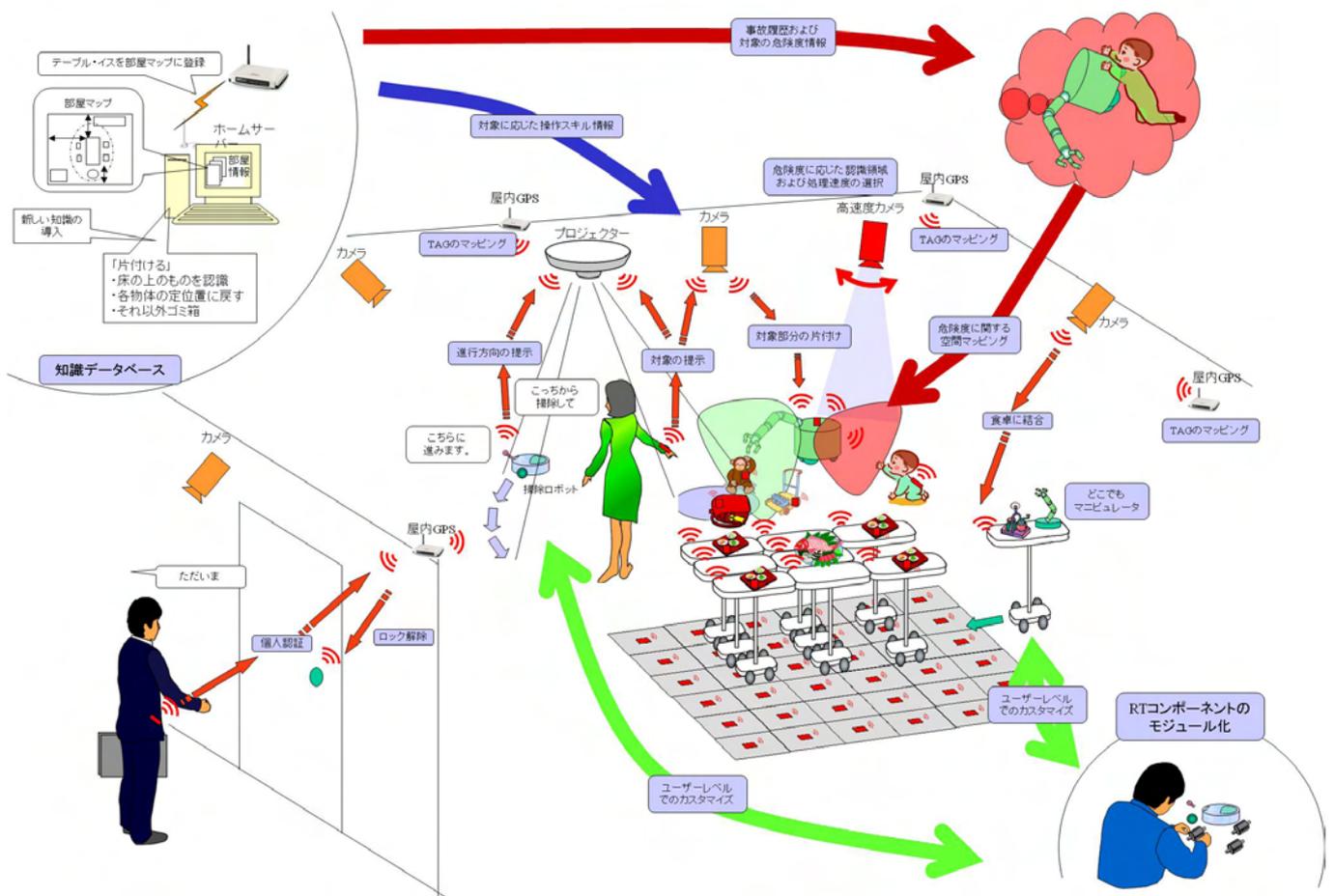


従来のシステム

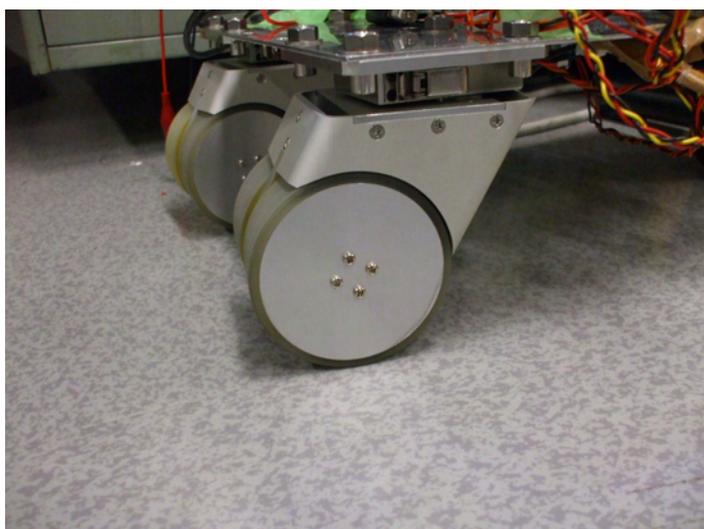
RT コンポーネント化され

ネットワーク上に配置されたシステム

図II-1-2 従来のシステムとネットワーク上に配置されたシステム



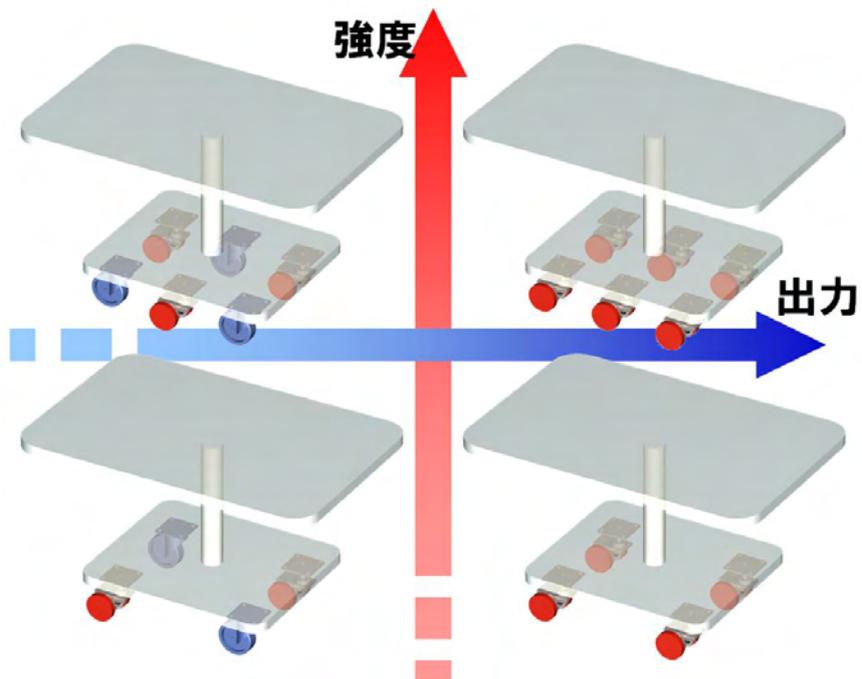
図II-1-3 各要素が分散配置された住環境空間



図II-1-4 アクティブキャスター（高トルク型）



図II-1-5 アクティブキャスター（高速度型）



図II-1-6 アクティブキャスターの強度と出力の関係  
(赤がアクティブキャスター、ブルーがフリーキャスター)



図II-1-7 アクティブキャスターを取り付けたテーブル (大)



図II-1-8 アクティブキャスターを取り付けたイス



図II-1-9 アクティブキャスターを取り付けたドア



① 音声で移動を指示



② 家具が画面右方向に移動



③ 廊下へのスペースが空いたので車いすで移動

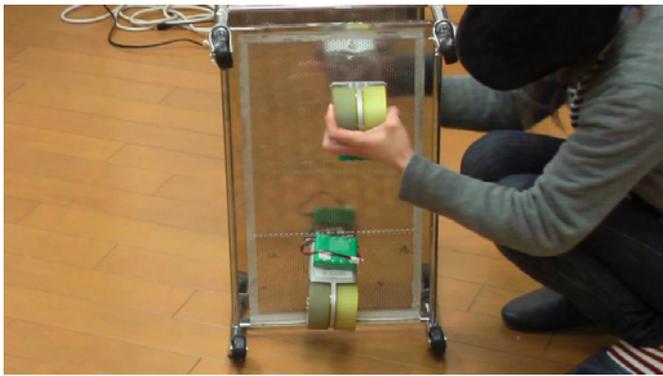


④ 家具の戻りを指令



⑤ 家具が初期位置に復帰

図II-1-10 障害者からの音声入力による家具の移動制御



① アクティブキャスターの設置



② キャリブレーション動作



③ リモコンによる配膳カートの制御

図II-1-11 一般の介護者によるアクティブキャスターの配膳カートへの設置

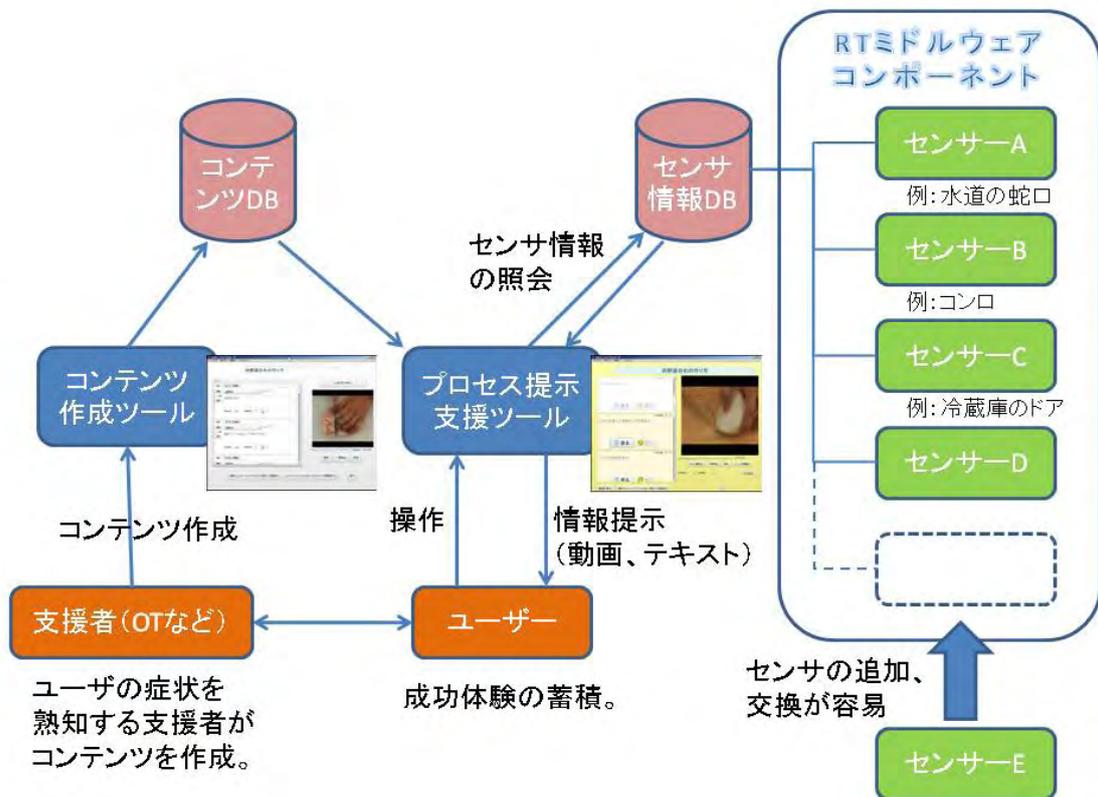


図 II-1-12 脳卒中の後遺症のある方の支援モデル構成例



図 II-1-13 プロセス提示支援ツール

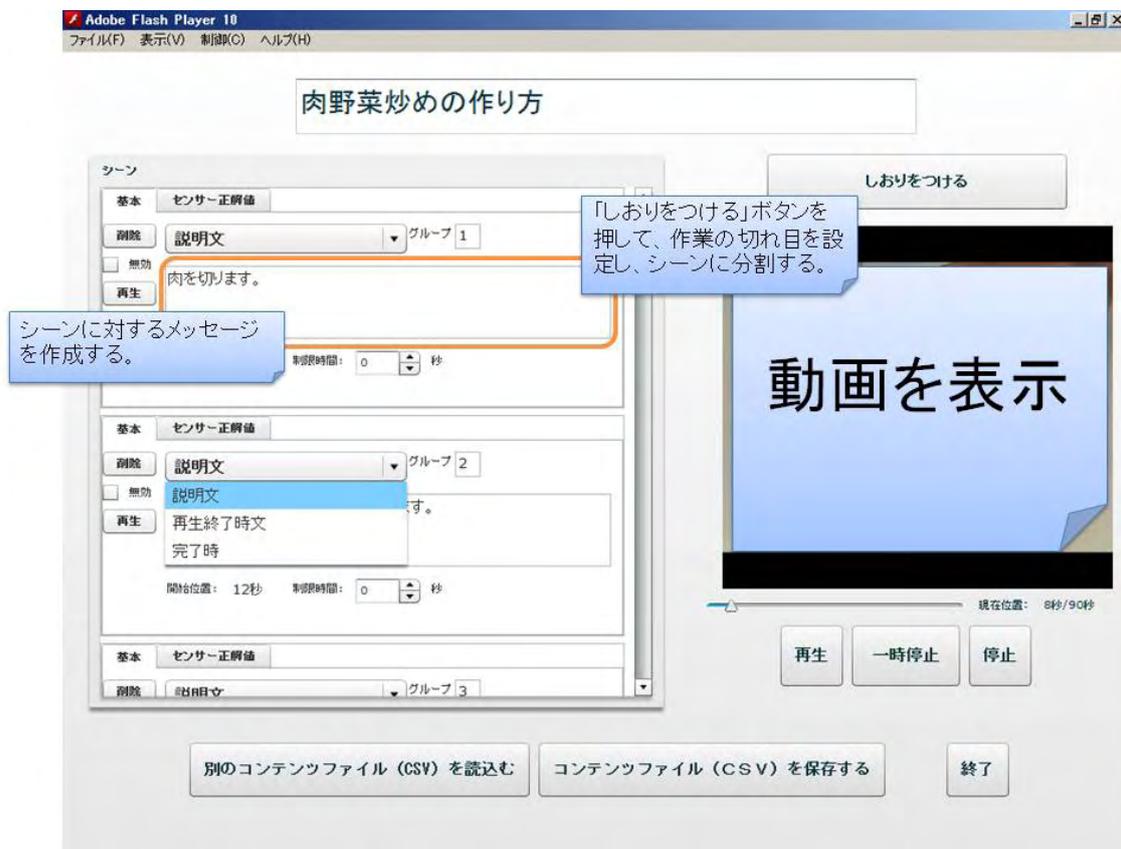


図 II-1-14 コンテンツ作成ツール（しおりの挿入とメッセージの作成）

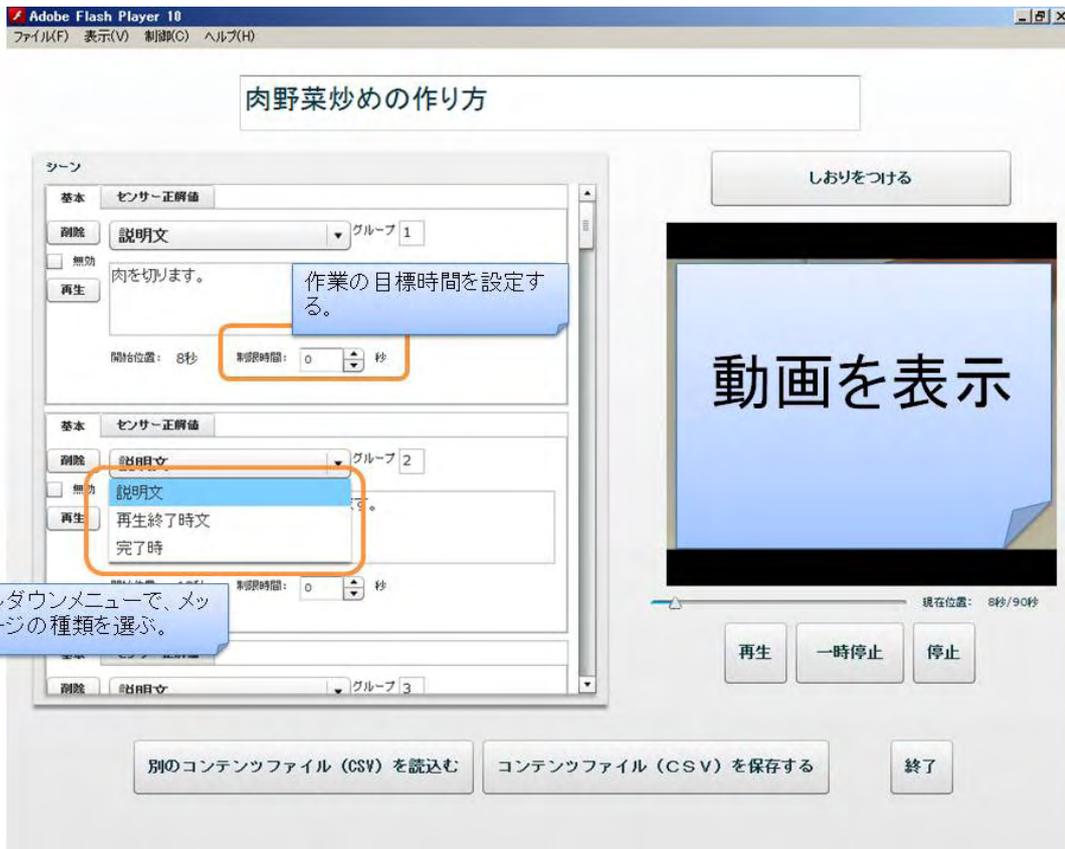


図 II-1-15 コンテンツ作成ツール（目標時間の設定と、メッセージの選択）



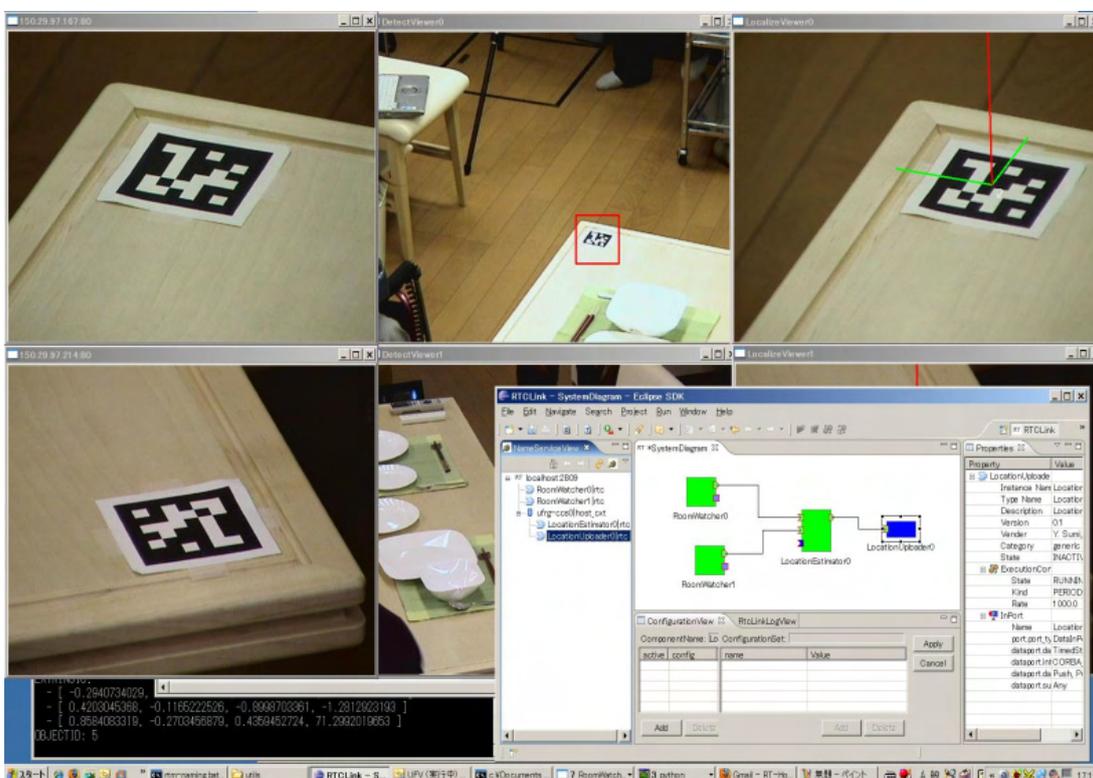
図 II-1-16 オンライン動画を用いてコンテンツを作成した例 1

(<http://www.ajinomoto.co.jp/recipe/standard/nikuyasai/movie/index.html>)

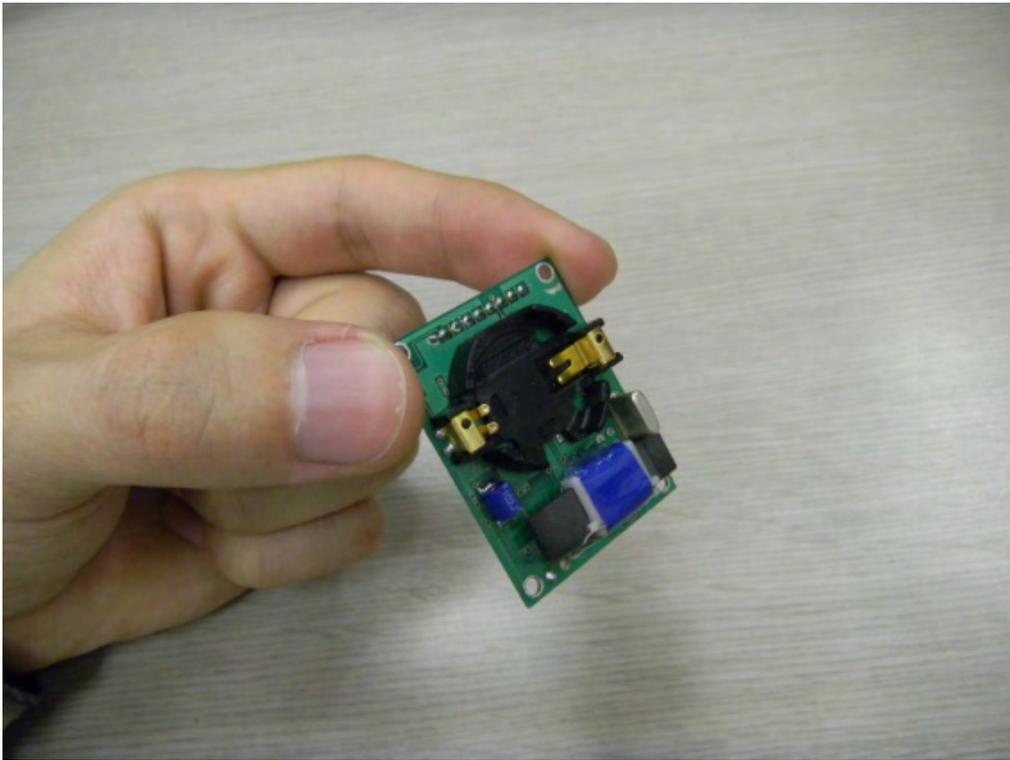


図 II-1-17 オンライン動画を用いてコンテンツを作成した例 2

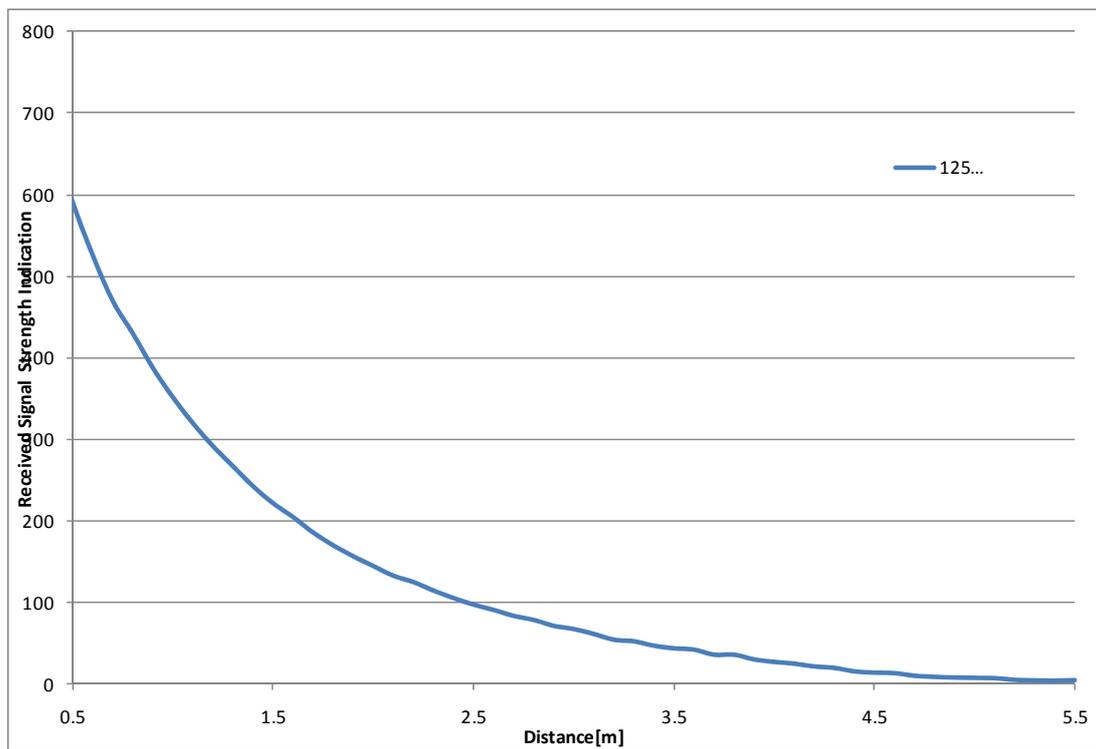
([http://www.city.nobeoka.miyazaki.jp/99/kyumei\\_susume/aed.html](http://www.city.nobeoka.miyazaki.jp/99/kyumei_susume/aed.html))



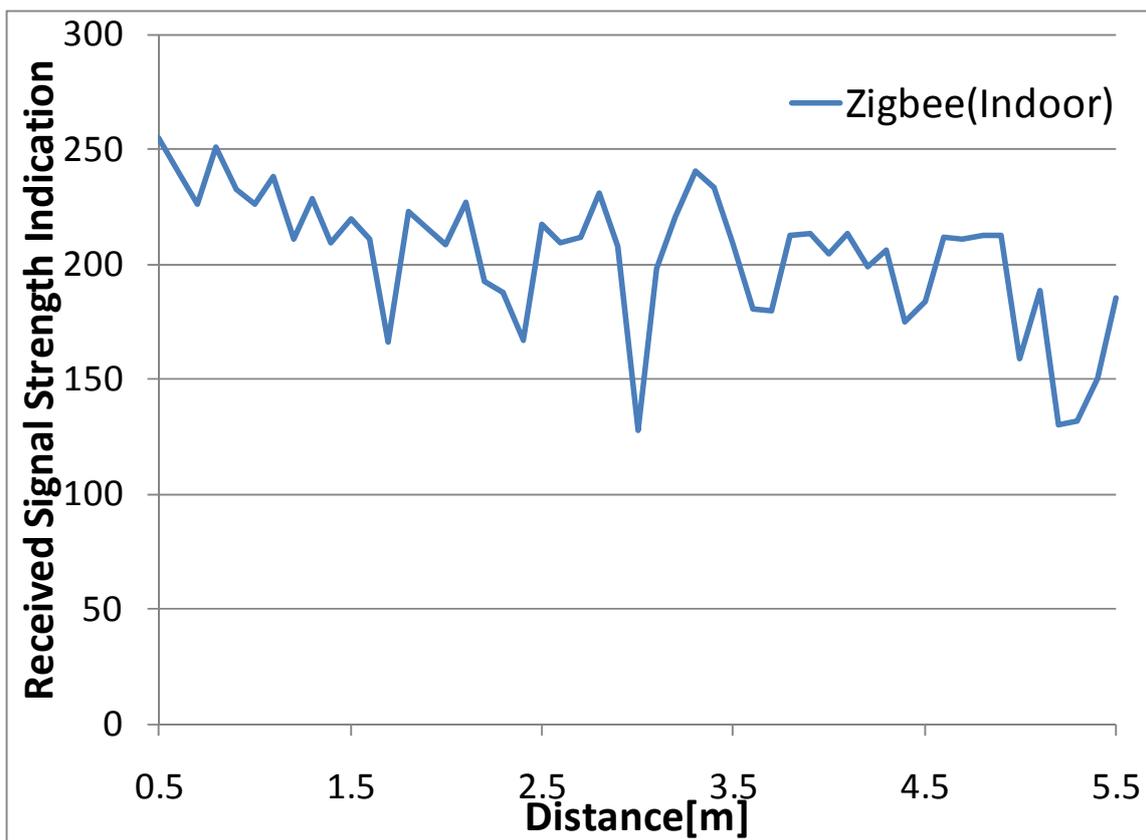
図II-1-18 WEBカメラによる家具位置の認識



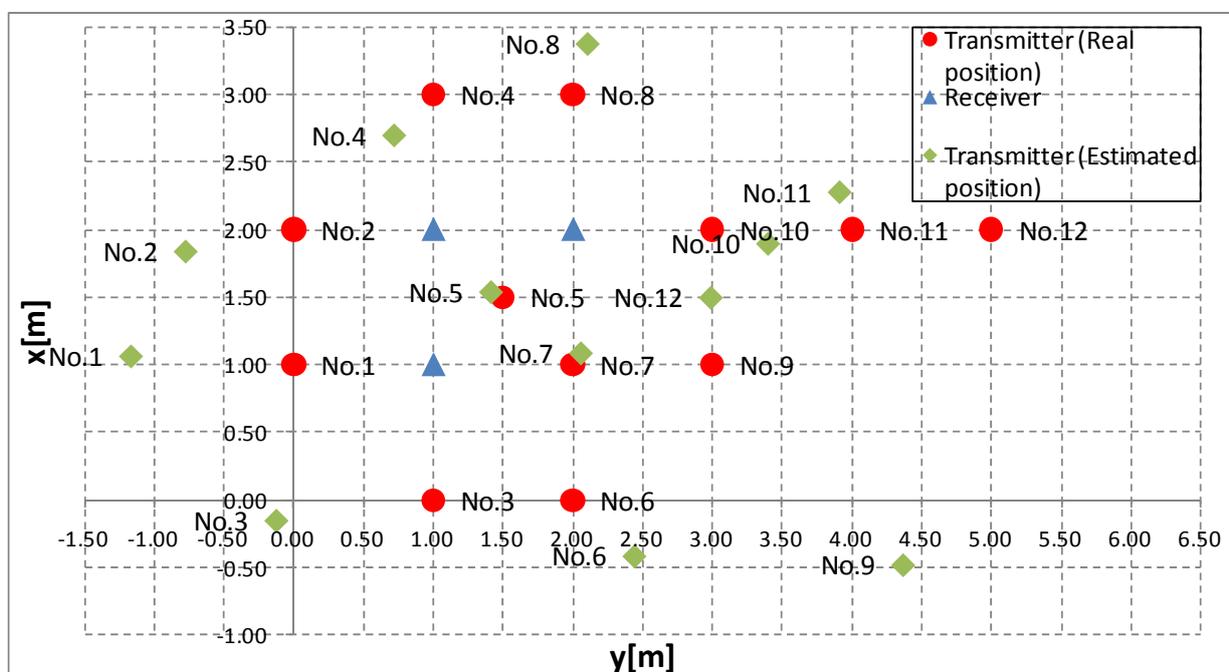
図II-1-19 電波強度により3次元位置を計測する無線タグ



図II-1-20 無線タグによる電波強度の計測結果



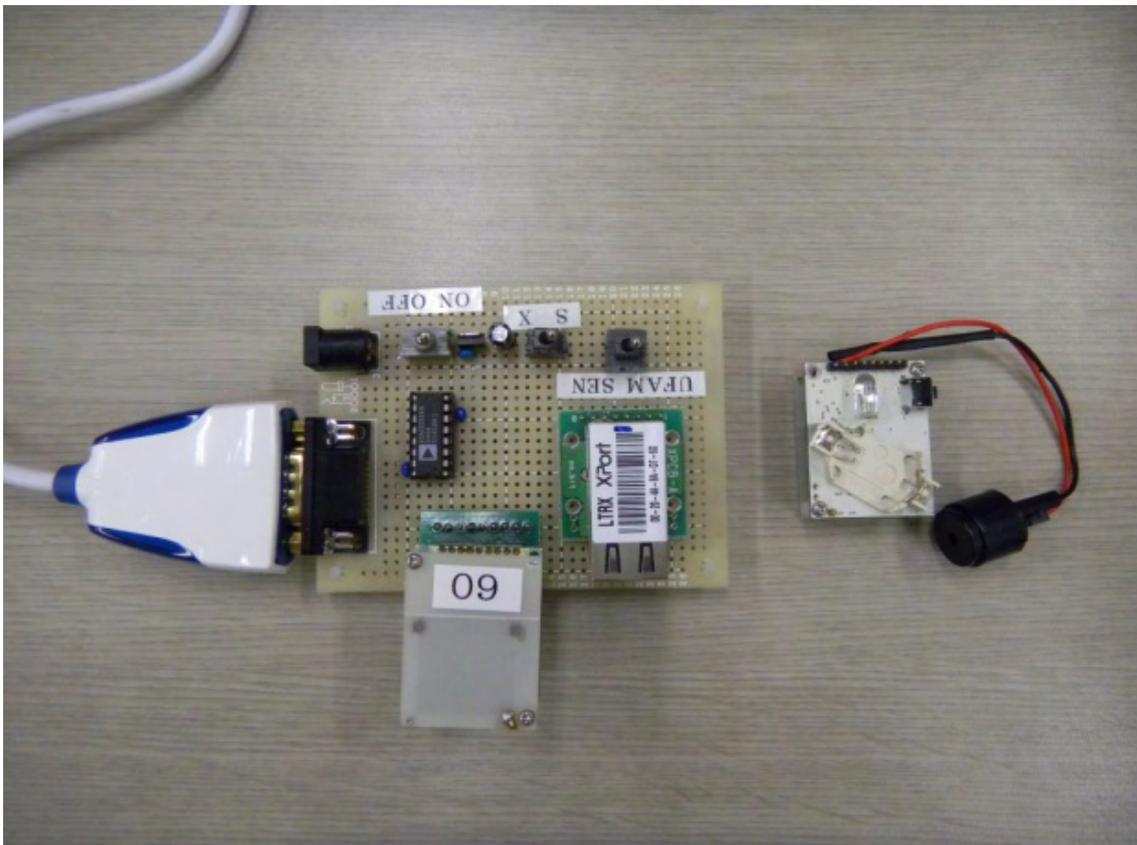
図II-1-21 既製のZigbee無線機器を利用した電波強度の計測結果



図II-1-22 無線タグによる位置計測実験結果

表II-1-1 無線タグによる位置計測実験データ

	Transmitter (Real position)		Transmitter (Estimated position)		Error[m]
	x[m]	y[m]	x[m]	y[m]	
No.1	1.00	0.00	1.07	-1.17	1.17
No.2	2.00	0.00	1.84	-0.77	0.79
No.3	0.00	1.00	-0.15	-0.12	1.13
No.4	3.00	1.00	2.70	0.72	0.41
No.5	1.50	1.50	1.54	1.41	0.09
No.6	0.00	2.00	-0.41	2.44	0.60
No.7	1.00	2.00	1.09	2.06	0.11
No.8	3.00	2.00	3.38	2.11	0.39
No.9	1.00	3.00	-0.48	4.37	2.01
No.10	2.00	3.00	1.90	3.40	0.41
No.11	2.00	4.00	2.28	3.91	0.29
No.12	2.00	5.00	1.50	2.99	2.07
No.13	2.00	6.00	1.50	1.50	4.53



図II-1-23 ブザー付き無線タグ（右）とサーバーに設置する無線集約局（左）

# 障害者自立支援機器等研究開発プロジェクト

## 分担研究報告書

### 音声による操作インタフェースに関する研究

研究分担者 児島 宏明、佐宗 晃

#### 研究要旨

障害者が自立して住みやすい住環境モデルの構築に関する研究の一環として、音声による操作インタフェースの開発を行った。複数のマイクからの信号を同時に処理して、状況に応じた最適な結果を選択するとともに、障害者の不明瞭な発声にも対応可能な音声認識システムを開発した。その際に、音声インタフェース部分と操作対象機器の制御部分とを分離して、これらの間をネットワークで繋ぐことにより、ユーザインタフェースと操作対象とを自由に組み合わせることが可能となり、ユーザが使い易いものを選んでカスタマイズできるようにした。

#### A. 研究開発目的

近年、組込用プロセッサの小型化・高性能化と、半導体メモリなど記憶装置の小型化・大容量化により、多様で多機能な家電製品が急速に普及し、家庭生活における利便性が大きく向上した。その反面、このように複雑化した機能を完全に使いこなすことは、健常者にとっても難しくなりつつある。それを補うために、メニュー画面などのグラフィカルなユーザインタフェースを多用することで、複雑な機能を整理してユーザに提示しようとする工夫が行われるが、肢体不自由や視覚障害がある場合には、これが却って操作を困難にすることがある。そのために、ユーザの特性に応じて使い易い操作インタフェースを利用可能にすることにより、障害者の自立を

支援することが、本研究の課題である。

音声は人間が意志を伝達する際の最も自然で親しみやすい手段である。家電製品の複雑化した機能をリモコンボタンで操作するのは非常に煩雑であり、これが声で操作できるようになれば、健常者を含めて利便性が大きく向上する。特に、ボタン操作が困難な肢体不自由者や、メニュー画面の確認が困難な視覚障害者にとって、その有効性は高い。これを実現するために、既存の要素技術をベースとして、それを実用的で使い易いものに改良し、普及のための技術的課題を検討して解決することが、本分担研究の目的である。さらに、音声以外のインタフェースも含めた統一的なプラットフォームの上に構築することにより、ユーザが使い易いものを自由に組み合わせるカスタマイズできるようにするこ

とも、本研究開発の目的とした。

## B. 研究開発方法

声によって機器を制御したいというニーズは古くからあり、近年の音声認識技術の進展により、PC上の音声ワープロ（ディクテーションシステム）や、電話での自動応答システムなど、身近に見られるようになってきた。家電機器を操作する環境制御装置（ESC）についても、音声認識を利用可能な市販製品がいくつか登場している。しかし、未だに実生活で誰でもが使える形で普及するには至っておらず、実用化への課題は多い。その課題の主なものとしては、音声認識精度の問題と、トータルなシステムとしての装置の実装の問題がある。

音声認識精度の問題に関しては、国内外の多くの機関で、性能向上のための努力が続けられている。現在の音声認識技術は、1980年代後半から研究が進んだ、隠れマルコフモデル（HMM）と単語連鎖モデルに基づく統計的モデル化手法が基礎になって大きく進展し、一般的手法としてほぼ確立している。これにより、それ以前的手法と比べて、高い認識精度を比較的容易に実現できるようになった。しかし、これにより実現した技術レベルとしては、静かな環境で新聞記事のような整った文章を明瞭に読み上げる、というような条件では、期待通りの認識精度が得られるが、そこから外れた実環境での利用場面では、想定

した精度が得られない場合が多く、実用化への障壁となっている。実環境で性能が低下する主な原因としては、a)現在の音声認識が、平均的で明瞭な発声にしか対応できていないこと、b)実際の使用環境における多様な雑音に対処できていないこと、c)ユーザが置かれている状況や文脈などから可能性を絞るというようなインテリジェントな処理が不十分であること、が挙げられる。

これらに対応するための技術として、我々の研究グループでは、本プロジェクトに先だち、様々な要素技術の研究を進めてきた。そのうち、上記のa)やb)に対応するための技術として、2004年度から3年間にわたって実施した、科学技術振興調整費重要課題解決型プログラム「障害者の安全で快適な生活の支援技術の開発（研究代表者：山内繁）」において、重度障害者の不明瞭な発声にも対応可能な音声認識手法の研究と、それをを用いて声で制御可能な電動車いすの開発を進めた。その際に、多様な音声を精密にモデル化する手法の研究を行い、通常用いられる音素より細かい単位によるモデルの記述手法や、音響モデルの状態を効率よくモデル化する手法に基づいて、研究開発を進めることにより、前述のa)の問題に対応した。また、8個のマイクを用いてマイクロホンアレイを構成し、外部の雑音を抑制して、車いすに座ったユーザの口の位置に指向性を集中するとともに、音声認識モデルにおける独自の特徴補正手法を併用することで、雑音の影響を低減した。また、

マイクへの接触音や咳などのような音声でない音を、コマンド音声から区別するために、ピッチ（基本周波数）の信頼度を利用した独自の判別技術（VAD）を開発した。これらにより、前述のb)の問題に対応した。また、2007年度から実施した産業技術総合研究所の所内プロジェクトと、2008年度からの科学研究費補助金「実環境情報サービスのためのユビキタス音声認識技術の研究開発」において研究を進め、部屋に複数配置したマイクや位置センサの情報に基づいて、ユーザの状況や意図を推定し、それに応じた処理を行う研究を進めた。前述のc)は広範囲な問題を含む困難な課題であるが、上記により、これについての初期の基礎的成果が得られた。本プロジェクトは、家電を中心とする機器の操作を対象とするため、車いすと比べてコマンドが多く操作が複雑であることや、障害者の生活の支援を目的とする点が前述の先行プロジェクトと異なるが、先行プロジェクトの成果を発展させて、本プロジェクトに取り入れることにより、前述のa)b)c)の問題点に対応するという研究開発方法をとった。

また、音声認識技術がある程度成熟しても実用化に結びつきにくい要因として、トータルなシステムとしての実装上の問題も大きい。高価で大掛かりな装置では普及の妨げとなるため、できるだけ小型で低コストな実装を意識して開発を進めた。また、マイク等を常に持ち歩く必要があったり、装着の煩わしさなども、普及の妨げとなる。本プロジェクト

では、ヘッドセットマイクなどの装着を必要とせず、ユーザがマイクをほとんど意識することなく利用できることを目指した。また、音声認識に特化した閉じたシステムとして実装すると、汎用性のない特殊なシステムとなって、広い普及につながらない。そのため、音声認識以外にも、カメラを用いた画像認識や、既存の押しボタンや各種センサなど、多様な入力インタフェースを自由組み合わせて利用可能な共通のプロトコルを策定し、RTミドルウェアに基づく共通のプラットフォームの上で開発を進めた。

開発した技術の有効性を検証するために、実際に障害の当事者の協力を得て、開発したシステムを利用してもらい、その評価をフィードバックしながら研究開発を進めた。その際に、実験協力者の人権や倫理面への配慮を徹底するため、産業技術総合研究所の人間工学実験審査と、国立障害者リハビリテーションセンターの倫理審査に申請し、その承認を得た。本実験は、危険や苦痛を伴うものではないが、実験協力者のプライバシーや個人情報の保護のため、実験データの扱いに厳重を期すとともに、実験前に実験内容や目的に関する説明を十分に行い、疲労に対する配慮や、中止による不利益がないことなど、インフォームドコンセントを徹底した。これらにより、本研究方法における倫理面での問題は無いと判断した。

## C. 研究開発結果

障害者が自立して住みやすい住環境モデルを構築するための、音声による操作インタフェースを実現するための研究開発を行った。そのための具体的な対象として、リビングにおける操作と、寝室における操作を想定して、プロトタイプシステムを構築した。操作対象機器としては、赤外線リモコン等で操作可能な機器であれば基本的に対応可能とした。操作対象機器としては、以下のようなものを想定した。

1. テレビ
2. ラジオ
3. CDプレーヤ
4. ビデオディスクプレーヤ
5. 音楽プレーヤ
6. ビデオテープレコーダ
7. アンプ
8. 照明
9. 扇風機
10. エアコン
11. ドア
12. 窓
13. カーテン
14. ブラインド
15. ベッド
16. テーブル
17. 配膳カート
18. 緊急連絡

19. 電話
20. カメラ
21. パソコン
22. 玩具
23. ゲーム機

しかし、操作対象機器の種類は一定ではなく、次々と開発される新たな機器に対応できる必要がある。例えば、録画機器としては、数年前はビデオテープレコーダが一般的であったが、現在ではDVDやブルーレイやHDDなど様々な機器が普及している。また、音楽プレーヤについても、CDだけでなくネットワークダウンロードに対応した多様な機器が販売されている。また、同じテレビでも、その機能は、地上デジタルや録画機能やネットワーク対応など、大きく変化している。これらの変化に柔軟に対応できるようなしくみを、予め想定する必要がある。

これらの機器を音声で操作する手順として、ここでは、まず操作対象機器を選択し、次にその機能を選択するという2段階の階層構造を想定する。ユーザにとっては、常に今、階層構造のどの状態にあるかを意識しながら操作する必要がある、というデメリットがあるが、階層を無くした場合には、全ての機器の各機能のコマンド語が一意になるように設計するか、または、他のセンサを併用するなどして、ユーザの状況や文脈から対象機器を推定する必要がある、困難である。後者については他のプロジェクトで基礎的な成

果を得ているが、センサのコストや推定精度の問題などから、今回の目的には合わない判断し、このような2階層の構造を採用した。階層構造としては、近年の高機能化により、各機器の中でも機能やメニューが階層構造を持ち、複雑化する傾向があるが、3階層以上を想定すると、ユーザにとって状態の把握が困難になると考え、ここでは、各機器の機能については、リモコンボタンに対応付けることを基本とすることにより、階層構造を持たないようにした。

音声で機器を操作する際に、各機器と各操作機能に対応して、音声コマンドのコマンド語を定義する必要がある。コマンド語としては、各機器の一般的な名称と、リモコンや説明書に表示された機能を表示する語彙が基本となるが、それに加えて、ユーザの発声のしやすさを考慮して選定した。操作機能は、リモコンのボタンに対応付けることを基本としたが、コマンド語としては、ひとつの機能に対して複数のコマンド語を対応付けられるようにした。例えば、「消音」ボタンに対して、「ショウオン」の他に「ミュート」なども対応付けられるようにした。また、「NHK総合」「NHK教育」などの長い単語は「総合」や「教育」だけにしたり、「日テレ」などの省略語も入れて、短いコマンド語で操作できるようにした。また、ユーザによって、例えば「NHK」に対して、「エヌエイチケー」「エヌエッチケー」「エヌエチケー」など多様な言い方がある。特に、障害によって滑らかな

発声が困難な場合には、さらに多くの発声のバリエーションを考慮する必要があるため、それに対応できるようにした。他にも考慮すべき点として、コマンド語のセットとしては、音声認識の観点から区別しやすいことが望ましい。今回のシステムでは、認識精度に大きく影響するもののみを手作業で差し換えたが、これを自動的に検出することも技術的には可能であり、今後の改良要素である。

次に、音声認識の処理を行う音声認識エンジンについて述べる。不明瞭な発声を含む多様な音声の特徴を効率的にモデル化するために、音声認識のための音響モデルの構造としては、隠れマルコフモデル (HMM) の改良版として提案されたHMnetを採用した<sup>3</sup>。HMnetの状態数は全体で2000状態で、各状態の出力分布の混合数は8とした。これらの条件は、認識精度と処理速度及びシステム規模とのトレードオフを考慮して決定した。音声信号はサンプリング周波数16kHz、16bitでデジタル化し、10msごとの特徴ベクトルとして認識に用いた。特徴量としては、12次元のメル周波数ケプストラム係数 (MFCC) と平均パワー、及びそれらの差分を含めた計26次元のパラメータを用いた。音響モデルを学習する際には、「日本音響学会新聞記事読み上げコーパス (JNAS)」に収録された男女各100名のそれぞれ約100文の音声サンプルを用いた。音

<sup>3</sup> S. Suk, H. Kojima "Tied-State Multi-path HMnet Model using Three-Domain Successive State Splitting," Proc. Interspeech 2009, pp.1419-1422, 2009/09.

声認識結果を得るためのデコーダには「大規模連続音声認識エンジンJulius」の記述文法音声認識キットJulianを用いた。

音声認識に用いるマイクとしては、一般的にマイクと口元との距離が近い方が、認識精度の点で有利であるため、従来、ヘッドセットマイクやハンドマイクなどを利用することが多かった。しかしこれらは、日常生活での携行や装着の煩わしさや、肢体不自由な状況での装着や保持の困難などの問題があり、この課題に適したマイクの実装を検討する必要がある。そのため、マイクを部屋の中の必要なところに複数配置することにより、ユーザがほとんどマイクを意識することなく利用できる方式を開発した。部屋にマイクを配置する場合、口元からの距離が遠くなるため、認識精度の低下が生じやすい。それに対しては、多数のマイクを並べて、伝達時間の差を利用して指向特性を制御可能な、マイクロホンアレイの技術が有効である。しかし、マイクロホンアレイを部屋の中に複数配置するには、全体としてかなり多数のマイクと音声入力装置が必要になるため、本プロジェクトでは、普及のコストの面などから、マイクロホンアレイは採用しなかった。その代わりに、モノラルのマイクを複数配置して、それらの音声信号を同時に処理可能な、マルチチャンネル音声認識システムを開発した。ここでの実装では、8チャンネルまでの入力を同時に処理可能なシステムとした。また、実環境での多様な雑音に対応するために、マイクへの

接触音や咳などのような音声でない音を、コマンド音声から区別する処理を実装した。そのために、ピッチ（基本周波数）の信頼度を利用する独自の音声・非音声判別（VAD）手法を利用した。これらを実装した音声認識システムの画面を図II-2-1に示す。この例では4チャンネルのマイクに対応して入力信号の状況が表示されている。この画面は、ユーザが利用時に見るための画面ではなく、利用機器の変更や追加などカスタマイズをしたり、システムの動作状況を確認するための画面であり、主にシステム開発者やシステムの設定者、あるいは介助者が利用することを想定して、画面を設計している。ユーザがこのシステムを利用する際には、画面によるフィードバックは基本的には必要なく、認識結果は、合成音声で知ることができる。

このような音声認識システムを用いた実際の応用場面として、リビングルームでの利用と、寝室での利用を想定し、デモシステムを開発した。リビングルームでの利用を想定したマイクの設置例を図II-2-2に示す。ここでは、リビングのテーブルに設置した固定式のマイクと、車いす等に取り付けた小型ワイヤレスマイクとを併用し、同時に処理できるようにしている。これにより、車いす上から任意の場所で音声コマンドを発したり、車いすにマイクを装備していない場合でも、テーブルに近づいて音声コマンドを発したり、多様な状況に対応できるようになっている。ワイヤレスマイクには、GHz帯を用いてPCMで音

声を伝送可能な市販のものを用いた。充電電池を内蔵した小型のマイクなので、設置場所の自由度が高い。また、寝室での利用を想定し、電動リクライニングベッドに4個のマイクを配置した例を図II-2-3に示す。図の赤丸部分に超小型のシリコンマイク（MEMSマイク）を埋め込んでいる。半導体チップサイズの超小型マイクであるため、マットの隙間等に挟み込む形で容易に設置できる。その際に、できるだけマットやクッション等の雑音を拾わないように、スポンジなどによるカバーを工夫した。横に寝た状態や、リクライニングを起こして座った状態など、様々な状況に対応できるように、枕元や手すり部分など複数箇所にマイクを配置し、それらの処理結果を統合した最適な認識結果を得られるようにした。音声認識の観点からは、マイクを口の前方に設置するのが望ましいが、ユーザの邪魔や接触の危険を考慮して、総合的に検討した結果、最終的にこのような配置とした。また、複数の音声信号チャンネルのひとつにオーディオ機器からの音を入力することにより、機器からの音の影響を抑えるエコーキャンセリングも可能にした。

このようなシステムを、音声認識だけで閉じた単体のシステムとするのではなく、時代の変化やユーザの症状の変化など、状況に合わせて自由にカスタマイズできることを目指した。すなわち、操作対象として多様な家電機器や情報機器を容易に追加可能にしたり、ユーザの特性や操作機能との親和性に応じ

て、入力インタフェースに関しても、音声認識以外の、ジェスチャやスイッチなど他のインタフェースと交換したり、組み合わせたりできるようにした。例えば、テレビ操作の際の使い易い組み合わせとして、チャンネルの選択などは音声認識で行い、シーンの選択などはジェスチャ認識で行う、というような選択が可能になる。そのために、図II-2-4のように、入力インタフェースと機器の制御とを分離し、その間をネットワークで接続する構成とした。接続のためのプロトコルとしては、産業技術総合研究所を中心に開発され、標準仕様としてロボット制御分野を中心に普及が進められているRTミドルウェアを共通プラットフォームとし、それに基づいた実装を行った。これにより、多様な機器への接続が容易になり、ユーザの選択の幅が広がるとともに、システム全体の普及促進につながると期待できる。

開発したシステムの有効性を検証するために、実際に障害の当事者の協力を得て、開発したシステムを利用してもらい、その評価をフィードバックしながら研究開発を進めた。リビングでの操作に関しては、例えばテレビの操作に関しては、番組の録画予約とその再生などができるようなシステムを用意した。図II-2-5は、脳性マヒによる肢体不自由と軽度の発声の障害を伴う実験協力者により、テレビ、CD、照明、扇風機などの家電機器を、音声認識で操作している様子である。また、図II-2-6はSNAによる肢体不自由な実験協力

者により、音声認識で配膳カートを操作している様子である。配膳カートはRT要素として実装されたアクティブキャスターが装着され、電動で前後左右に自由に移動できるようにしている。この他にも、ダイニングテーブルに装着したアクティブキャスターにより、「どかす」などの音声コマンドで、テーブルを移動させ、車いすの走行をしやすくするなどの実験を行った。いずれも、現実的な時間内に目標とする操作を完了することができ、システムが生活支援に役に立つという感想が得られた。これらの実験において、音声コマンドに対応した音声データとして、脳性マヒ者の音声データ約500サンプルを収録するとともに、健常者の音声データ（男女各15名、220単語、3回発声、5種類のマイク）も別途収録し、音声認識エンジンの改良や性能評価に利用した。

#### D. 考察

住環境の中で、多様な機器を音声で操作可能なシステムを構築し、実際に障害の当事者が試用して、目的をひととおり達成できることを確認した。音声認識インターフェースが肢体不自由者の生活の支援に有用であることがわかった。しかし、まだ実用のために改良の余地は大きい。音声認識システムに関しては、さらなる高精度化が望まれる。障害者の不明瞭な音声を含めた発音の大きな変動に対しても性能を維持できる手法をさらに改良し

ていく必要がある。そのための主な手法としては、ユーザの声の音響的特徴に合わせて音響モデルを修正する話者適応技術と、認識対象単語の文字（記号）による記述のレベルで表記の揺れを正確に表現する手法とがある。前者については、最大事後確率（MAP）推定法や、最尤線形回帰（MLLR）法などが確立されている。しかし、日常生活で容易に利用できるようにするためには、話者適応化のプロセスをユーザや介助者が容易にできるような、わかりやすい設定インターフェースが必要である。また、後者に関しては、単語を記述する単位として、通常は音素の単位が用いられるが、我々のグループではそれをより詳細化した独自の記述単位を開発し、精密な記述を可能にしている。しかし、音素記述がローマ字やカナに容易に対応可能であるのに対し、独自の符号はユーザに理解しにくいいため、設定やカスタマイズが困難になる。そのため、今回は音素の単位を採用し、図II-2-7のように、画面上のマウス操作で設定画面を開き、記述内容を容易に編集できるインターフェースを用意した。この画面のデザインに関しても、今後はより視覚的にわかりやすいものに改良していくことが望ましい。また、独自の符号を用いる場合には、その記述内容をわかりやすく表現するためのインターフェースを開発することが必要である。また、記述の自動生成の手順の簡略化を進め、上記インターフェースとの融合していく必要がある。制御プロトコルに関しては、現在は情報の内

容をシンプルにし、各種機器の接続を容易にするために、リモコンのボタンに相当する制御機能のレベルでミドルウェア化しているが、将来的には、入力インタフェース側や機器側の内部状態も含めた細かい情報をやり取りできるように、より詳細なレベルでミドルウェア化することが望ましい。例えば、音声認識システムのRTミドルウェア化に関しては、システムを構成する音声入力部、特徴抽出部、発音辞書管理部などのそれぞれについて独立したモジュールとして設計することも可能であり、今後の検討課題である。本プロジェクトにおいて、入力インタフェースと操作対象機器とを分離し、それをRTミドルウェアに基づく共通プラットフォームとして実装したことによる大きな利点のひとつは、音声認識だけでなく他の入力インタフェースも併用して、ユーザにとって使い易いものを自由に組み合わせられる点である。例えば、本プロジェクトの分担者により開発された「ジェスチャによる操作インタフェース」と組み合わせることにより、例えば、テレビ操作において、チャンネルの選択などは音声認識で行い、シーンの選択などはジェスチャ認識で行う、というような選択が可能になる。また、科学研究費補助金等の助成を受けて佐宗らが開発した「発声を伴った頭部ジェスチャ認識」(図II-2-8)<sup>4</sup>との統合も進めた。これは、マイクロホンアレイを利用して、口

元の位置を推定することにより、音響的な情報から頭部の動きを認識するシステムである。単語を発声できなくても何らかの音が出せれば、マイクによる低コストなジェスチャ認識が可能になる。本プロジェクトにおいて、これらを統合して動作させるためのしくみを用意したが、統合したシステムを用いたユーザによる有効性の評価は、今後の課題である。

## E. 結論

障害者が自立して住みやすい住環境モデルの構築に関する研究の一環として、音声による操作インタフェースの開発を行った。複数のマイクからの信号を同時に処理して、状況に応じた最適な結果を選択するとともに、障害者の不明瞭な発声にも対応可能な音声認識システムを開発した。その際に、音声インタフェース部分と操作対象機器の制御部分とを分離して、これらの間をネットワークで繋ぐことにより、ユーザインタフェースと操作対象とを自由に組み合わせることが可能となり、ユーザが使い易いものを選んでカスタマイズできるようにした。今後も、障害者支援としての有効性や認識精度の評価をより詳細に進めるとともに、より実用的なシステムを目指して改良を続け、認識精度の向上とインタフェースの改善により、障害者や介助者にとって使い易いシステムにしていく予定である。

<sup>4</sup> 橋本, 佐宗「発声を伴った頭部ジェスチャ認識を用いた家電操作インタフェース」日本音響学会講演論文集, pp.423-424, 2010/03.

F. 健康危険情報

(総括研究報告書にまとめて記入)

G. 研究発表

1. 論文発表

該当なし。

2. 学会発表

該当なし。

H. 知的財産権の出願・登録状況

(予定を含む。)

1. 特許取得

該当なし。

2. 実用新案登録

該当なし。

3. その他

該当なし。



図 II-2-1 システムの操作設定画面

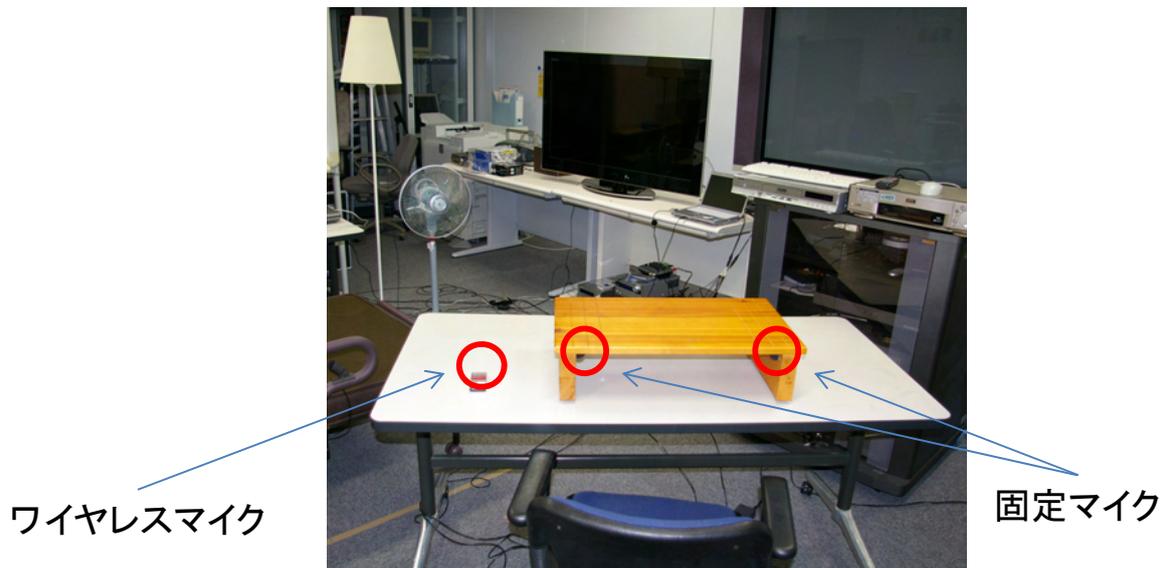


図 II-2-2 リビングルーム向けのマイクの設置例



図 II-2-3 寝室向けのマイクの設置例

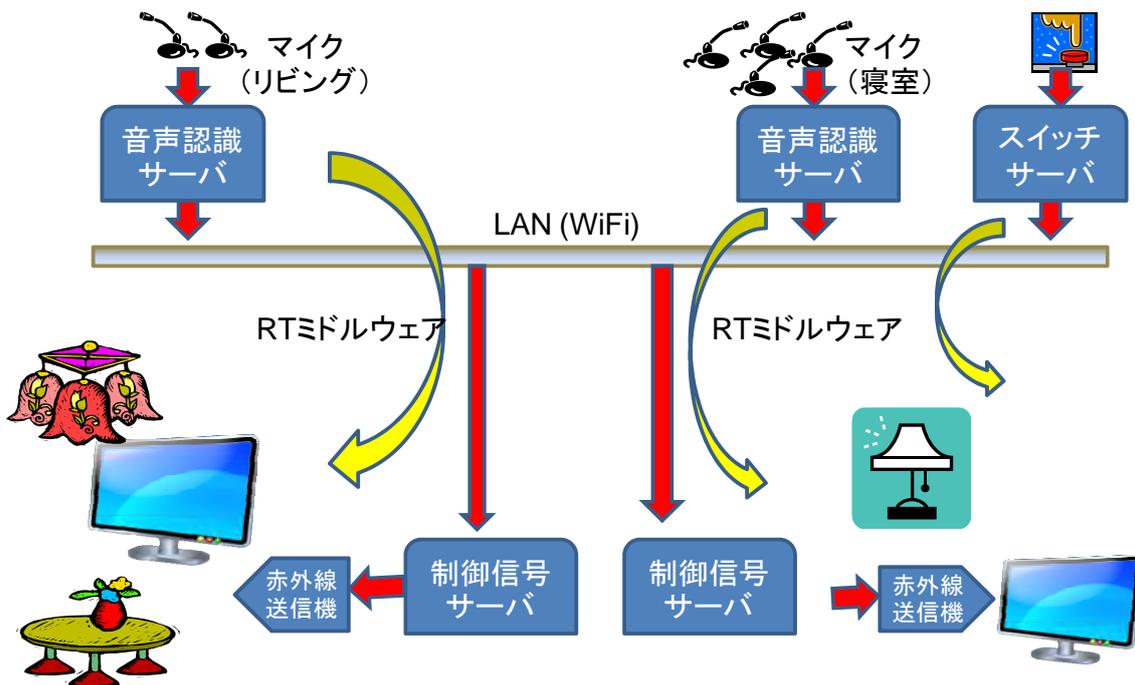


図 II-2-4 機器制御ネットワークの構成



図 II-2-5 リビングルームでの音声による家電操作



図 II-2-6 音声による配膳カートの操作

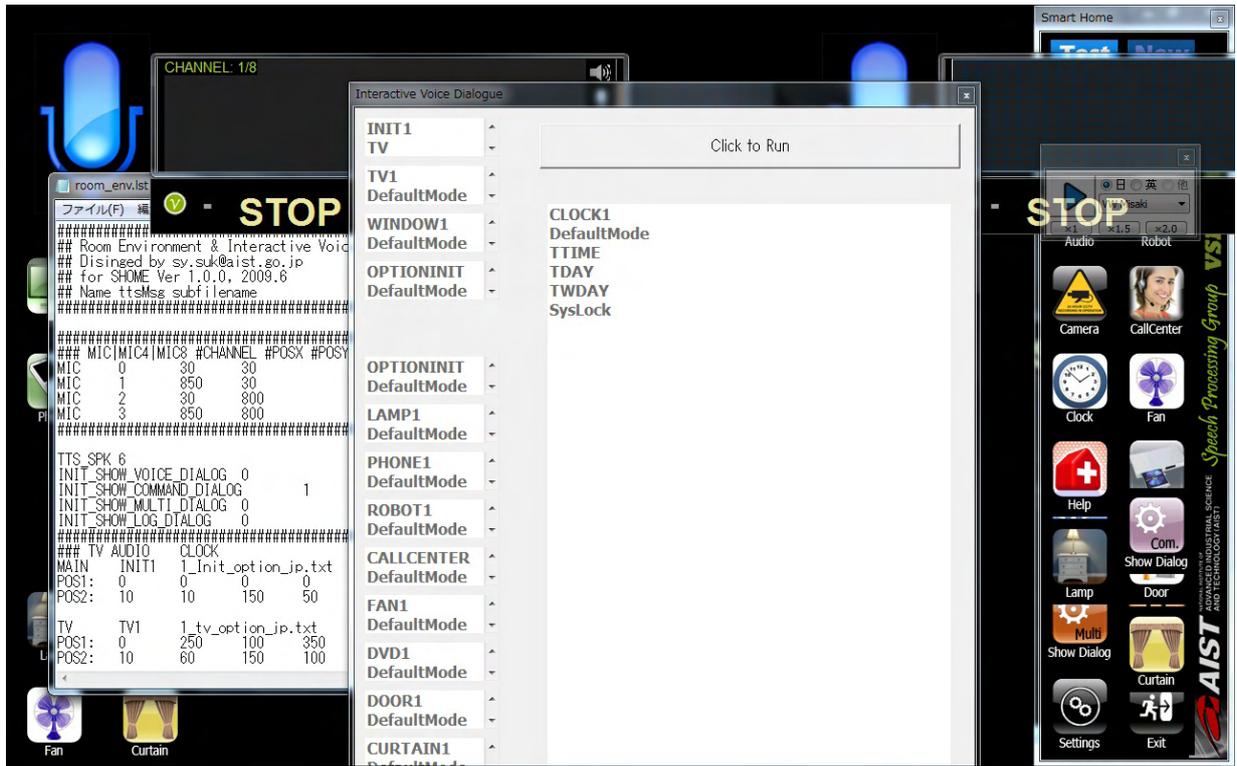


図 II-2-7 音声コマンドの設定画面インターフェース



図 II-2-8 発声を伴った頭部ジェスチャ認識を用いた操作インターフェース

障害者自立支援機器等研究開発プロジェクト  
分担研究報告書

ジェスチャによる操作インタフェースに関する研究  
研究分担者 依田育士

研究要旨

リモコンを操作することに困難がある多様な障害者を対象とし、障害者が自宅内において介助者に支援を受けることなく、快適に2時間程度を過ごせることを目的に、ジェスチャインタフェースによる操作支援の研究を行った。具体的には、ステレオビジョンのシステムを利用して、手振りジェスチャ、肩ジェスチャの2種のジェスチャインタフェースシステムを障害者支援住宅に実装を行い、その基本機能の実証を行った。

A. 研究開発目的

障害者自身だけでなく、その家族や介助者にとっても社会福祉の観点からも障害者が在宅で自立・自律した生活ができることが望まれている。本研究開発プロジェクトでは、最新の各種センサ技術をインタフェースや人の見守りに用いることで、障害のある居住者と住空間のインタラクションを実現し、住空間全体を総合的に制御する可能性を示すことである。その中で、本分担研究の目的は、多様な障害者の中でも、主に重度の肢体不自由者を対象として、障害者の自立・自律生活に寄与することを目的とする。

具体的には、脳性マヒ等の重度肢体不自由者のための住環境設備の操作の問題を扱い、住環境設備の操作を支援するヒューマンインタフェース技術を、住環境内設備と「つなぐ」ことで、障害者にとって快適な

自立・自律生活を支援する。

対象となる障害者に関しては、不随意運動が強いアテトーゼ型や筋緊張を伴う痙直型の脳性まひ者や、高位頸髄損傷者などが典型例としてあげられる。前者の脳性まひ者は、従来の環境制御装置に見られる既存の入力デバイスの利用が難しい場合がままある。また、後者の高位頸髄損傷者は、口にくわえて利用する棒状の自助具を利用するが多いが、長期間の使用により歯の健康や頸椎症のリスクが高い。このような障害者に対し、ジェスチャ認識技術をヒューマンインタフェース技術として適合させる。ジェスチャ認識は、ビジョンセンサによって実現され、特にその非接触・非拘束な特徴が上述の障害者の特性との適合性が高い。

ジェスチャ入力インタフェースについては、2004年度から3年間実施した科学技術振興調整費プロジェクト「障害者の安全で

快適な生活の支援技術の開発」の成果である障害者の不明瞭なジェスチャに対応可能な画像認識技術をベースとして、同プロジェクトでは電動車いすの操作への応用であったものを、家電装置等の操作へ応用する形に発展させ、そのための使いやすいインタフェースを開発する。頭部の動き、肩の動き、手振りなど障害者の程度に合わせて、非接触・非拘束に頭部から手首までの動きを取得可能にする統一的な技術は未だ開発されておらず、重要な研究要素である。

特にステレオビジョンセンサに関しては、分担研究者が長年にわたり研究開発を行っており、本技術を用いることで、実環境に適合を行った。

## B. 研究開発方法

住宅設備操作支援システムのジェスチャインタフェースに関して、リビングにおける操作を想定して、プロトタイプシステムを構築する。操作対象機器としては、赤外線リモコン等で操作可能な機器であれば基本的に対応可能とする。また対象となるジェスチャは主に手首または肘から先の大きな振りと、肩の振りとする。手振りの場合は、ステレオカメラを天井から真下を見るように設置し、ユーザは基本的に十字キーをイメージして操作する。また、肩の振りに関しては、左右の肩の個々の上げ下げと、両肩同時の上げ下げの動きによりトグル的

なメニューを操作する。以下にその内容をまとめる。

### (1) 操作対象機器

テレビ、エアコンなど、家庭内に存在する一般的な機器。今回は中心的な操作対象機器を以下の2点とする。

- ・ハードディスク付デジタルテレビ  
(テレビの操作だけでなく、録画予約などビデオの基本機能までを操作対象とする)
- ・扇風機

### (2) ジェスチャの種類

リモコンを操作することができない障害者に対して以下の2つを対象とする。

- ・前腕(肘から先)と手の振り
- ・左右の肩の上げ下げ

### (3) 対象ユーザ

開始時から、2名の障害者に可能なジェスチャや、細かな希望をヒアリングしながら実証実験を進める。

Aさん：リモコンはかろうじて操作することができる。一方で、長時間の操作や、テレビなどのリモコンの場合、大きなボタンは押すことができるが、小さなボタンは押すことができない。手の振りジェスチャの対象者とする。

Bさん：リモコンを実際に持つことはできないユーザ。肩ジェスチャの対象者とする。

#### (4) ジェスチャ認識機器

ジェスチャ認識を実行する機器として、以下のハードウェアを用いる。

- ・ 入力用ステレオカメラヘッド
- ・ ステレオ画像処理ボード
- ・ タワー型 PC
- ・ ミニノート PC (操作メニュー表示用)

ステレオ画像処理ボードはタワー型 PC に含まれる。従来は、タワー型 PC ではなく、ハードディスクなどを含まないコンパクトなセットトップボックス (ファンレス・ドライブレスの 41 の BOX 型 PC) による実装を行ってきたが、今回は短時間、かつ機能検証の要素が強いためタワー型 PC を用いる。

#### (5) ステレオカメラの設置方法

- ・ 天井見下ろし型

手振りを対象として、室内のテレビなどを見るときに位置する場所の天井に真下を見下ろすようにステレオカメラを設置する (図 II-3-1)。手振りジェスチャ有効範囲は 100cm×80cm の矩形とし、この範囲内に手振りが完全に入れば、インタフェースとして利用を可能とする。

- ・ スタンド型

図 II-3-2 に示すように車いすユーザの前にスタンドを置くことで、肩ジェスチャを水平好方向の視線から認識を行う。今回

は実証実験であるので、車いすとスタンドの位置関係は固定とし、再現のためにはマーカを用いることとする。

#### (6) 実証実験方法

テレビの操作、ならびに扇風機の操作を、操作画面を見ながら自由に操作可能になるようにすることを目的とする。特にテレビ操作に関しては、番組表からの視聴や録画予約、録画番組一覧からの選択と再生など、日常的に最もリモコン操作を行うことが予想される基本機能を網羅する。これらを室内で自在に使えるように設定する。

#### (倫理面への配慮)

研究対象者に対する人権擁護上の配慮に関しては、実験開始前に書面、及び口頭により研究内容の説明を行う。また、実験内容としては、被験者のジェスチャをカメラにより撮影を行い、その動きにより機器の操作を行うだけである。よって、被験者からの生体試料など採取などは一切行われるものではなく、被験者に対する不利益や、危険性は存在しない。また、実験は本人の意志によりいつでも中断可能なものである。

#### C. 研究開発結果

操作ジェスチャとしては、手振りジェスチャと肩ジェスチャを実際に実装し、操作機器として録画機能付きデジタルテレビ、

扇風機の操作を実際に行った。以下にジェスチャ毎に実装結果を説明した。

### (1) 手振りジェスチャ

図 II-3-3 の手振りジェスチャによる操作風景に示すように、リビングルーム内において、車いすに座りながらテレビを見る状況を想定し、その画面に表示される操作メニューをジェスチャによって操作可能になるよう実装を行った。

その際に、ステレオカメラから得られた視差画像（距離画像）や、その手と上腕部位の抽出過程、や最終的な結果を図 II-3-4 に示した。以下に簡単にその処理過程に関して記した。

2つの CCD を持つステレオカメラでは、カメラからの距離に応じてずれた左右画像が得られる。このズレから画像の全ての画素（ピクセル）においてカメラからの距離を専用ハードウェアによって計算を行う。その距離結果を画面全体に示したものが図 II-3-3(1)である。ここでは、画面右上の凡例にあるような色によってカメラからの距離が示されている。赤い色ほどカメラに向かって近く、また青色ほど遠い位置を示している。天井から真下を見下ろすようにカメラを設定するため、床からの高さによって単純にユーザの手の領域を設定することが可能になる。図 II-3-4(2)で白色によって示した部分がユーザの手として認識された部分である。この白領域から、最も大き

い塊＝腕部分を、手（手首から先）、と上腕に分けて画面上で2次元の矩形でフィッティングした。さらに、この手の矩形の指先分の距離を算出することで、手先の3次元的位置を決定することができる。図 II-3-4(3)が一連の処理の最終結果である。また、図 II-3-4(4)は別フレームの最終結果である。

今回の腕振りジェスチャは、対象となるユーザはパワーがなく、リモコンを長時間持つことはできないが、前腕や手首を左右や上下に振ることは容易であった。そこで、ジェスチャとしてはアームレストに上腕をまっすぐ前に向けて置いた状態をニュートラルポジションとして、前腕（または手首）の右・左・上への振りと、手首の下へ振りの4種類を認識した。基本的に手が十字キー（ジョイスティック）となるインターフェースとして定義した（アームレストがあるため、前腕全体を下に振ることはできない）。

### (2) 手振りジェスチャの操作メニュー

図 II-3-5 に手振りジェスチャのための操作メニュー画面一覧を示した。図 II-3-5(1)が初期状態であり、ユーザの自然の動作によって、勝手に機器が操作されないようにロックされている状態時に表示される。この画面において、左端から、右、上、左、上と手振りを行うことでロックが解除される。

次に図 II-3-5(2)が表示され、このメニ

ユー時に上下に振ることで、フォーカス項目を移動することができる。フォーカスされている機器のところで、右、または左に振ると、その機器が選択される。

テレビが選択されると表示されるのが図 II-3-5(3)である。ここでは、テレビのトップメニューとして「番組」、「音量」、「電源」、「番組予約」の4つが表示される。これらは一般的にテレビ／ビデオを利用する場合、最も使われる事前確率が高いと思われる順番に配置した。トップメニュー同様に、上への振りでフォーカス項目を移動させ、左右の振りで番組や音量を上げたり下げたりする。電源は左右どちらの振りでオフできる。

図 II-3-5(4)が番組表とビデオ機能を集めた。これは、単純なオン／オフではなく、現在のデジタルテレビが持つ番組表機能を利用して、番組予約などを簡単にできるように実装した。「番組表」を選択すると、テレビの番組表が表示されるとともに、図 II-3-5(5)のカーソル操作メニューが表示され、番組表の中を上下左右に自由に移動して、番組を移動することができる。また、上→左と連続して振ることでリモコンボタンの「決定」、左→上と連続して振ることで「戻る」を実装した。よって、番組表が表示された以降の、番組視聴、録画予約、連ドラ予約などの操作も全て十字キー操作だけで直感的な操作を実現した。

図 II-3-5(4)の録画一覧を選択すると、

録画リストが表示され、好きな番組を十時キー操作で、再生できる。再生が開始されると図 II-3-5(6)の再生操作メニューが表示され、再生操作時に利用される事前確率が高い機能を集めた。これらメニューにより、チャンネル変更、音量変更、電源オン／オフといった最低限の機能だけでなく、番組表からの視聴／録画予約、録画一覧からの再生、再生時の一般的な操作、予約一覧の確認と削除などを全て網羅した。

### (3) 肩ジェスチャ

図 II-3-6 に肩ジェスチャ操作時のスタンドステレオカメラとユーザの状況を示した。この図に示すように、テレビに向かっている車いすなどに座るユーザに対して、単純にスタンドに設置されたステレオカメラを置く。ただし、この位置関係は、現時点では固定的であるので、キャリブレーション時に設定された位置関係は再現するものとする。

図 II-3-7 に肩ジェスチャの認識処理過程を示した。図 II-3-7(1)のグレー画像は視差（距離）画像であり、高輝度の画素はカメラに近く、低輝度の画素は遠くにあることを意味する。その視差画像から、左右の肩を別々に抽出し、さらに、その肩の稜線を、いろいろな処理を加えながら安定的に取り出す。最終的にはこの肩稜線を用いて、各肩が上がっている／普通の状態（下

げている)のかを判断した。この処理過程に関してはG.1の論文に詳細に記した(本手法は、肩ジェスチャによって電動車いすを制御するために用いられた手法を、家電操作に転用した)。

#### (4) 肩ジェスチャの状態遷移図

腕振りジェスチャは上下左右の4方向の動作があり、十字キー機能を基本的に割り付けることで、リモコンの基本操作を無理なく操作することを可能にした。しかしながら、肩ジェスチャは左右個別に肩を上げて降ろす動きを1つのジェスチャとして認識しており、基本的に3つの動き(チャンネル)しかない。右肩の上げ下げ、左肩の上げ下げ、両肩同時の上げ下げである。

そこで、本手法では、システムの内側で有限状態遷移図をジェスチャ操作に利用し、その状態遷移を左右の肩の動きで操作する手法によって実現した。図II-3-8にトップメニューに相当する肩ジェスチャ機器選択状態遷移図を示した。ここでは、普通の状態を初期状態とし、右肩を上げ下ろしすることで、「テレビ」→「扇風機」→「有線(放送)」→(以下繰り返し)とトグル的に操作機器を廻す仕様とした。また、選択されている機器のところで、左肩を上げ下げすると、その機器が選択され、各機器の別の状態遷移図(図II-3-9、図II-3-10)へと移動する。また、キャンセルは、両肩を同時に上げ下ろしすることで、初期状態に戻る

ことができる。

次に、図II-3-9に示したテレビ(有線)モードでの状態遷移に関して説明する。テレビモードが選択されると、テレビモードとしての初期状態に入り、機器選択時と同様に右肩の上げ下げで、「電源」→「チャンネル」→「音量」といった基本操作をトグル的に操作する。選択されている操作を決定するには左肩の上げ下げを行い、また、個々の遷移図に移動して操作を繰り返す。

図II-3-10に示した遷移図は扇風機モードであり、基本的な操作方法は、右肩で廻して、左肩で決定、両肩でキャンセルといった操作方法は全て同じである。

#### D. 考察

基本的な機能としては、手振りのジェスチャによる十字キー操作が可能なユーザに対しては、ビデオ予約など、普通に必要とされるリモコン操作を網羅して実装することができた。

一方、肩ジェスチャのように3チャンネルしかジェスチャがない場合は、現時点では、予約など複雑な操作は実装しきれていない。また、ユーザにとっても十字キーのジョイスティック的な操作は、既知のものであるので、直感的に操作することが容易である。しかしながら、肩ジェスチャのトグル的な操作に関しては、一定時間の慣れが必要とされる。

また、各ユーザのキャリブレーションに

関しては、手振りジェスチャは一度キャリブレーションを行えば、ユーザの位置の移動に関してはロバスト性を維持している。一方、肩ジェスチャに関しては、現状は腕振りジェスチャほどのロバスト性はなく、ステレオカメラとユーザの位置関係は固定的であるので、この限定を緩める必要がある。

さらに今回は実際、障害者は2名での実証であったので、より数を増やしての検証は当然必要である。

#### E. 結論

ステレオビジョンを用いて、非接触・非拘束の手振り、および肩のジェスチャを障害者支援のために実装し、その基本動作の確認を行った。

手振りジェスチャに関しては、ステレオカメラを天井に設置し、真下を見下ろす形態で、障害者支援住宅の中に実装した。その操作方法は、十字キーを基本とし、ビデオの録画や再生まで、一般的にテレビ／ビデオで最も使われる機能を網羅した。

肩ジェスチャに関しては、スタンド型で障害者の前方脇に簡単に置く方式を採用した。また、ジェスチャが3種に限られるので、ジェスチャ自身を状態遷移図の中に取り込み、トグル的な操作によりテレビなどの基本操作機能の実装を行った。

基本機能の実証は実現できたが、今後は実行時のロバスト性の向上、ジェスチャの

チャンネルが少ないときの複雑な操作の実現方法、ユーザ数を増やした本格的な評価実験などが継続課題となる。

#### F. 健康危険情報

(総括研究報告にまとめて記入)

#### G. 研究発表

##### 1. 論文発表

N. Sato, I. Yoda, and T. Inoue: "Shoulder Gesture Interface for Operating Electric Wheelchair," Proceedings of 2009 IEEE 12th International Conference on Computer Vision Workshops, pp. 2048-2055, 2009.9

##### 2. 学会発表

N. Sato, I. Yoda, and T. Inoue: "Shoulder Gesture Interface for Operating Electric Wheelchair," IEEE International Workshop on Human-Computer Interaction (HCI'09), 2009.10.4.

#### H. 知的財産権の出願・登録状況

(予定を含む)

##### 1. 特許取得

該当なし。

##### 2. 実用新案登録

該当なし。

##### 3. その他

該当なし。

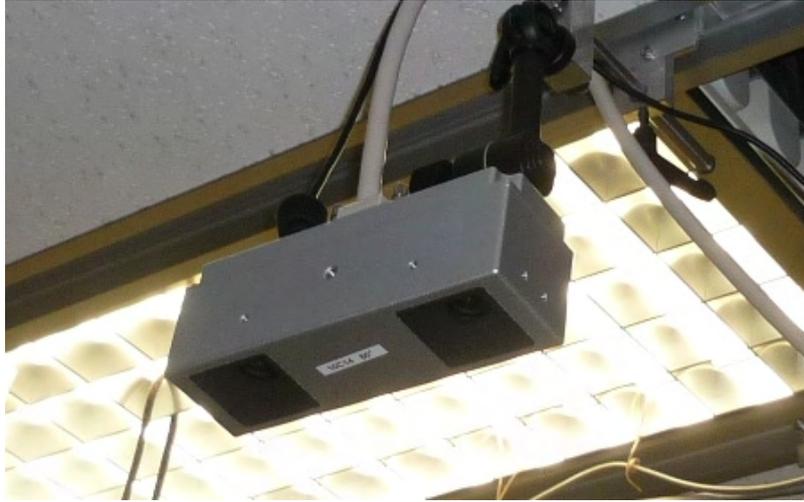


図 II-3-1 手振りジェスチャ用のシーリングステレオカメラ

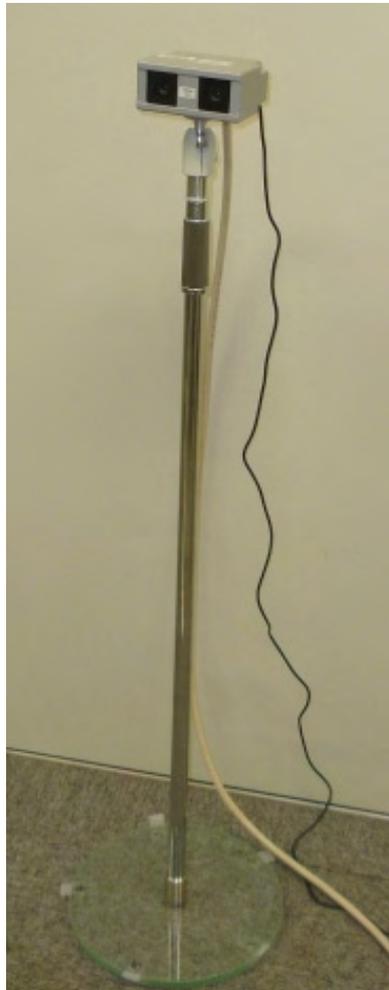
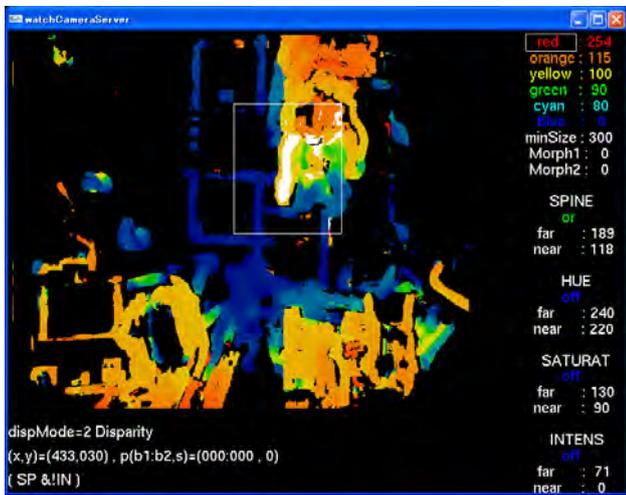


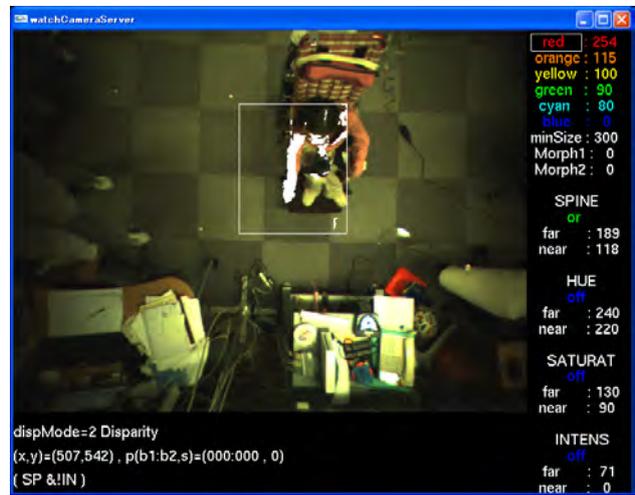
図 II-3-2 肩ジェスチャ用のスタンドステレオカメラ



図 II-3-3 手振りジェスチャによる操作風景



(1) 視差画像



(2) 腕部分のみの抽出結果

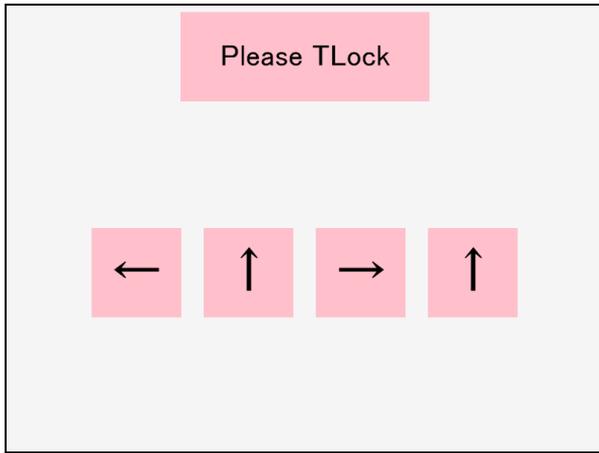


(3) フィッティング結果 1



(4) フィッティング結果 2

図 II-3-4 腕振りジェスチャ認識実験の処理過程と結果



(1) ロック解除画面



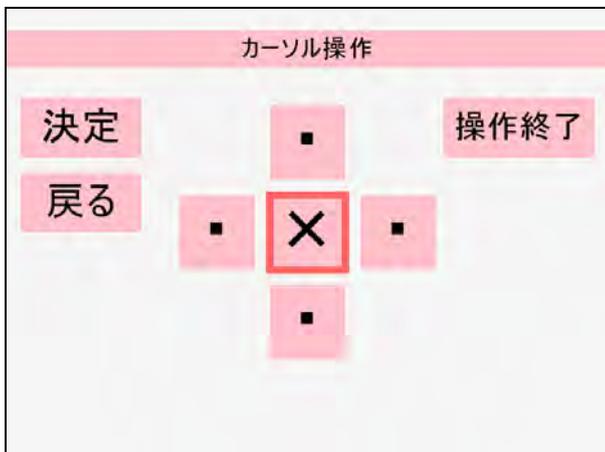
(2) トップメニュー



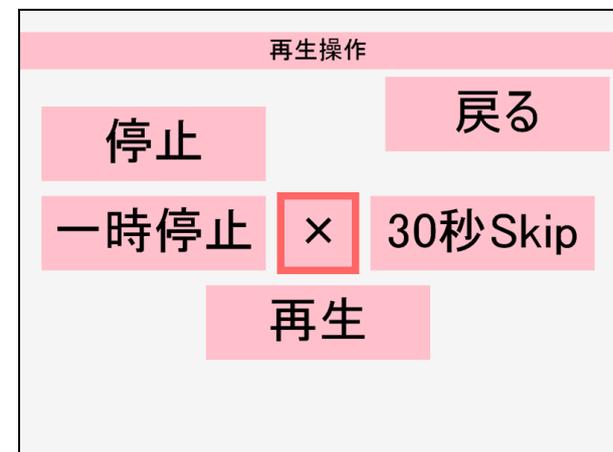
(3) テレビトップメニュー



(4) テレビ：番組予約メニュー



(5) カーソル操作メニュー



(6) 再生操作メニュー

図 II-3-5 操作メニュー画面一覧



図 II-3-6 肩ジェスチャのセッティング状況

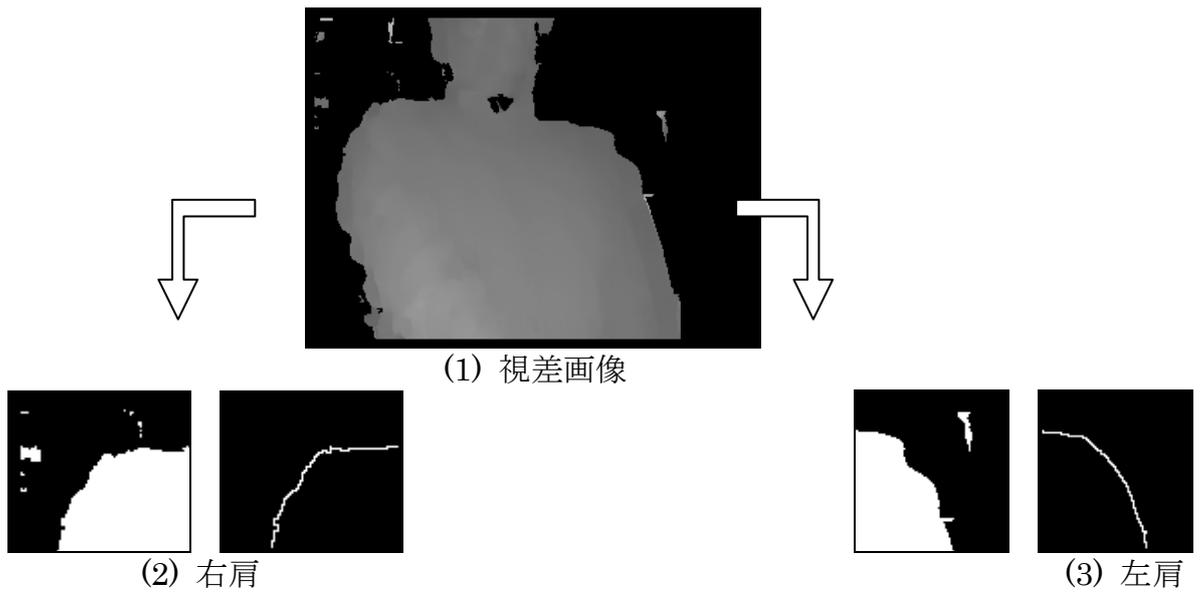


図 II-3-7 肩のジェスチャの認識処理過程

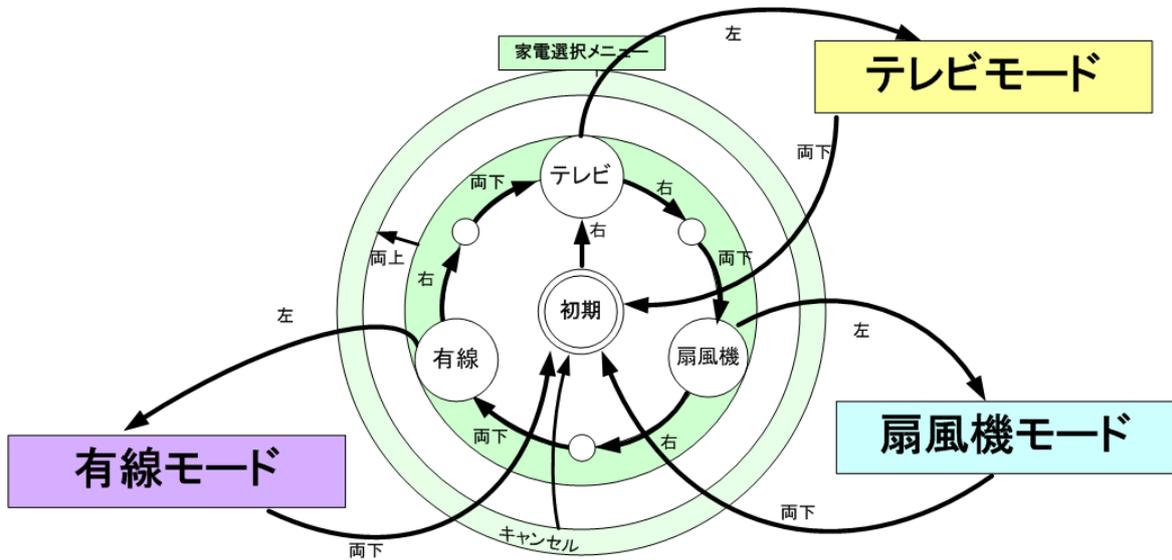


図 II-3-8 肩ジェスチャ機器選択状態遷移図

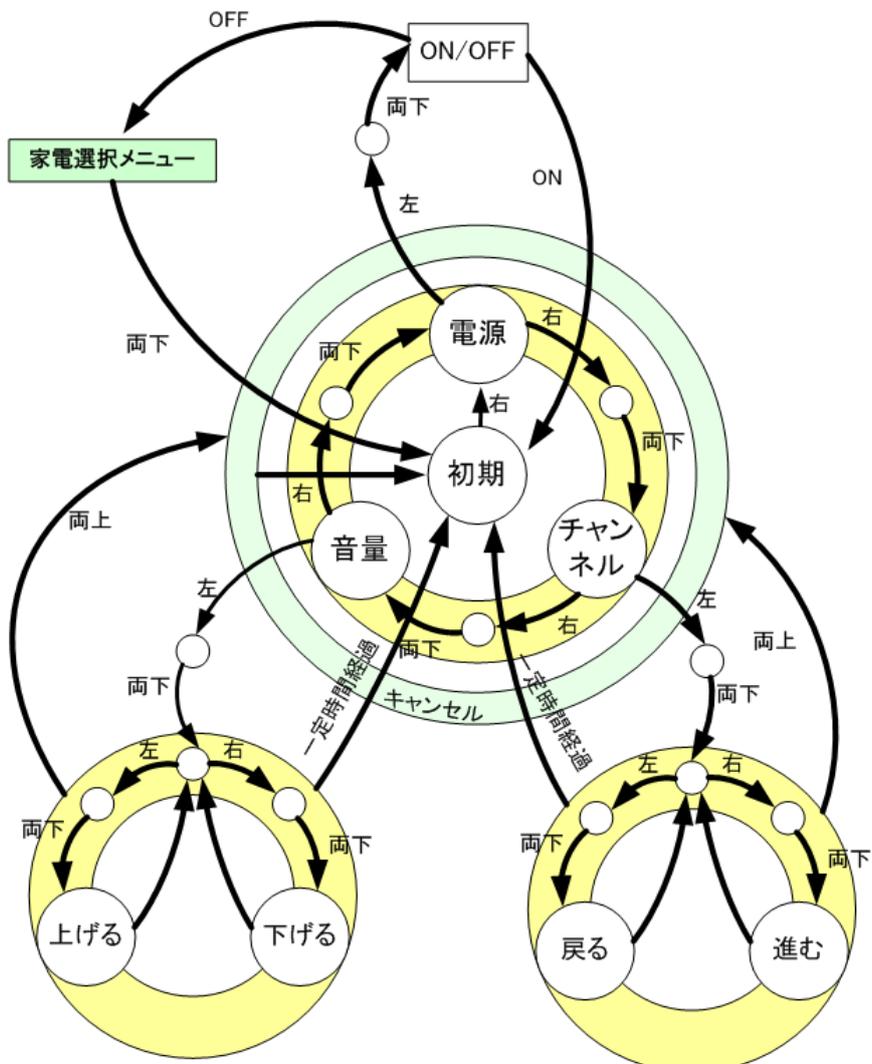


図 II-3-9 テレビ（有線）モード状態遷移図

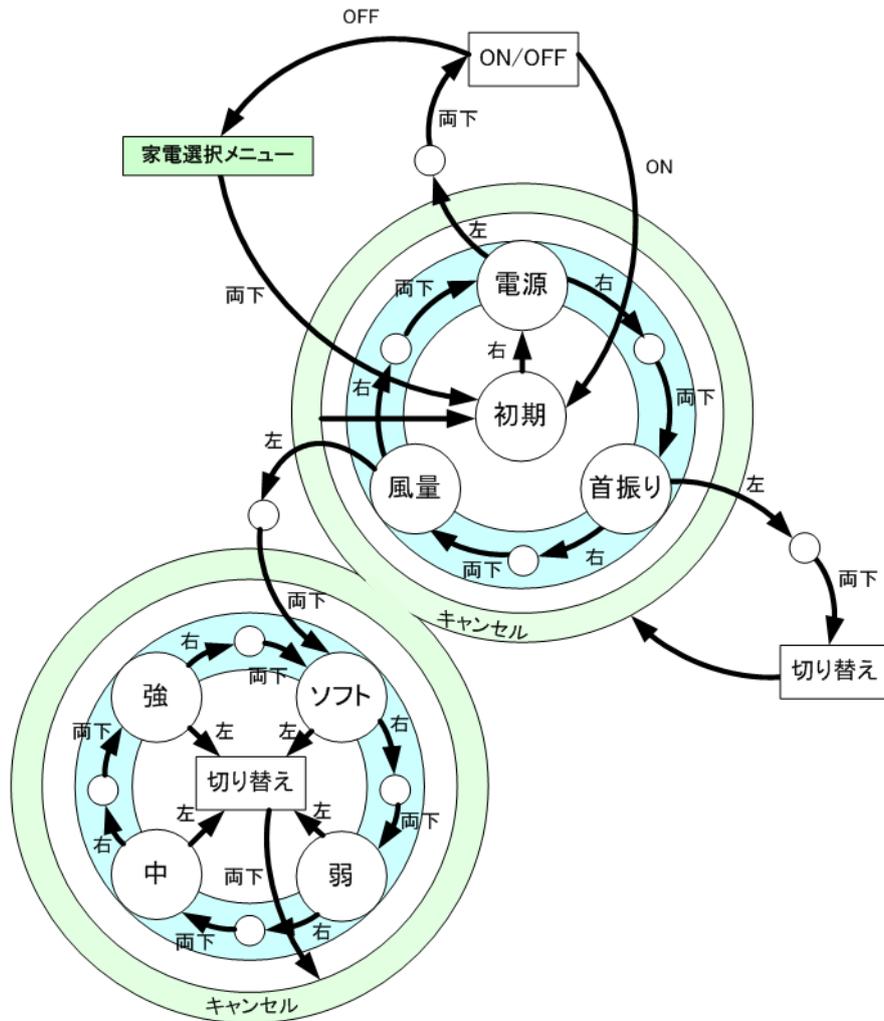


図 II-3-10 扇風機モード状態遷移図

# 障害者自立支援機器等研究開発プロジェクト

## 分担研究報告書

### 人感センサーを用いた見守り技術に関する研究

研究分担者 村川 正宏、河西 勇二

#### 研究要旨

脳卒中の後遺症のある方の調理訓練・支援のための見守り技術として、被験者のキッチンにおける立ち位置を常に微弱電波により検出可能な人感センサーシステムを開発した。試作したシステムは、静止していても人物の検出が可能であり、小型で、検知能力と経済性に優れた特徴がある。

#### A. 研究開発目的

在宅で自立・自律した生活が困難、あるいは問題を抱えている障害者を対象にして、住環境の各設備を共通ネットワークでつなぎ、住環境の各設備が連係動作する支援モデルの構築を目指して、主として多様な障害者の要求を取得するヒューマンインタフェース技術および見守り技術と、その要求に基づき、住環境の各設備が連係動作し、障害者の自律支援を行うための、住環境の各設備を共通ネットワークでつなぐ技術の開発を行う。

脳機能障害の訓練の一つとして、調理訓練が一般的に利用されている。また、自立した生活を進める上でも調理の支援は重要であることから、キッチンに各種センサーを配置し、調理の状況を見守りつつ、調理計画情報を提示する情報端末と連携することで、一人

でも自立して調理できる環境、さらには調理訓練にも利用できる調理支援システムを構築する。

本研究では、微弱電波による人感センサーを用いた見守り技術の研究開発を目的とする。

#### B. 研究開発方法

##### B-1. 研究開発手順

人感センサーを用いた見守り技術の研究開発は、センサー機能と通信機能のそれぞれの要素について行う。具体的には、次の各項目について検討を行い、最終的にプロトタイプを試作した。

研究開発の手順として、以下の項目を実施した。

- (1) 仕様検討
- (2) システム構成検討
- (3) システム試作
- (4) 評価

## B-2. 人感センサーの動作原理<sup>56</sup>

研究開発対象の人感センサーは、センサー自身が微弱電波を発信し、センサー付近の人物からの反射波を検出するものである。センサーと人との位置関係により人物からの反射波の強度と位相が変化する。この変化をセンサー内部の信号処理回路で反射波の成分を精度良く取り出すことで人物検知を行う。

図II-4-1に人感センサーの回路構成をブロック図で示す。発振回路は、水晶振動子を使用し、人物検出のための微弱電波のもととなるキャリア信号を発生する。これは、マイクロコンピュータによってオン/オフ制御も可能で、発振する周波数は、たとえば約300MHzである。

発生したキャリア信号はアンテナから微弱電波として放射されると共に、90°移相器にも入力される。

送信された微弱電波の一部は人物で反射され、反射波がアンテナに到達する。

受信回路はダイレクトコンバージョン（送

信する信号と同一のキャリア信号を用いて周波数変換を行う）によるホモダイン受信機を構成している。アンテナで受信された信号はアンプによって増幅され、2個のバランスドデモジュレータ等の復調器に入力される。2個の復調器には90°位相差がある90°移相器の2つの出力がそれぞれ入力されており、直交検波回路が構成されている。

2個の復調器の出力はそれぞれローパスフィルタ（Low Pass Filter、LPF）を介してA/D（アナログデジタル）変換器により、それぞれデジタル信号に変換されてマイクロコンピュータに入力される。LPFは、きわめて低い周波数の成分みを取り出すもので、カットオフ周波数は子機からの情報を受信する構成の場合には数百Hzから十数kHzとするが、単独で使用する場合など、子機からの情報を受信しない構成の場合には、被検出物体の移動する速度にもよるが、数Hzから数十Hz程度とする。

人感センサーがセンサー近傍の人物を検出するためには、微弱電波が検出対象の人物から反射したさらに微弱な電波を効率よく受信する必要がある。このとき、アンテナで受信する人物から反射した電波と、送信した微弱電波の周波数が全く同一であることを利用して、無線通信の分野で一般に同期検波<sup>7</sup>といわれる復調方式を応用することで、微弱電波にも関わらず高感度のセンサーが実現で

<sup>5</sup>小磯康正、河西勇二、高橋栄一、鹿野文久：「電波を用いた動体検知システム」、平成19年度電子情報通信学会東京支部学生会研究発表会講演予稿集 p.32, (2007)

<sup>6</sup>河西勇二、関田巖、樋口哲也：特許第4251404号「移動物体検出装置」、平成21年1月30日登録

<sup>7</sup>齊藤洋一：「デジタル無線通信の変復調」、電子情報通信学会

きる。物体が移動すると物体からの反射波の強度と位相が変化する。この変化を乗算器とLPFによる同期検波で反射波の成分を精度良く取り出すことで物体検知を行う。また、電波の送受信を一つのアンテナで行うためにハイブリッド回路を用い、装置の小型化を実現できる。

図II-4-1のハイブリッド回路により取り出された受信信号を $A\cos(\omega t + \theta)$ とおく。信号源からの信号を移相器に入れて得た信号をそれぞれ $B\cos \omega t$ 、 $B \sin \omega t$ とおく。またLPFの出力を便宜上、Output1 とOutput2 とする。

まず乗算器の出力について考えてみると、それぞれ

$$\begin{aligned} & A\cos(\omega t + \theta) \times B\cos \omega t \\ & = (AB/2) \{ \cos(2\omega t + \theta) + \cos \theta \} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & A\cos(\omega t + \theta) \times B\sin \omega t \\ & = (AB/2) \{ \sin(2\omega t + \theta) - \sin \theta \} \end{aligned}$$

となる。この信号をLPFに入力すると高周波成分である $\cos(2\omega t)$ 、 $\sin(2\omega t)$ の成分が消えるため、Output1 とOutput2 からそれぞれ

$$\text{Output1} = (AB/2) \cos \theta$$

$$\text{Output2} = - (AB/2) \sin \theta$$

という電波の角周波数 $\omega$ に依存しない信号が得られ、Output1とOutput2から受信信号 $A\cos(\omega t + \theta)$ の振幅と位相の情報が得られる。このように、受信信号の変化で人物などの存在が検出できる。

つぎに、図II-4-1の回路構成で人物を検出した情報を通知する手順について表示器

を用いたシステムを例に説明する。

マイクロコンピュータは、例えばCPU、ROM、RAM、I/Oポート等を内蔵した汎用の1チップマイクロコンピュータであり、センサーの検出処理を実行する。マイクロコンピュータのI/Oポートには、発振回路、A/D変換器の他、例えば液晶パネル、LEDや電子ブザーを使用した表示装置、各種の設定を行うためのDIPスイッチなども接続可能である。回路の電源は図示していないが、商用電源、乾電池、太陽電池と充電電池の組み合わせ、燃料電池などを採用可能である。

センサーの検出処理の例を図II-4-2のフローチャートに示す。この処理はマイクロコンピュータによって実行される。S10においては、例えばDIPスイッチの状態を読み込むことにより、表示のみの親機か否かが判定され、判定結果が否定の場合にはS11に移行するが、肯定の場合にはS22に移行する。

S11では、発振回路を起動する。S12では、A/D変換器からLPFの出力信号がA/D変換された値をそれぞれ読み込む。

S13では、所定数の読み込みが完了したか否かが判定され、判定結果が否定の場合にはS14に移行するが、肯定の場合にはS15に移行する。S14では、読み込み周期が経過するまで待ち、S12に移行する。

S15では、例えば読み込んだデータ群を含む直近の所定数のデータに基づいて2つの信号値のそれぞれについて参照値を算出し、保存する。

S16では、今回読み込んだ信号値データ群の変化を判定する。すなわち、例えば2つの信号のいずれかについて、今回読み込んだデータ群の中の所定数のデータが[参照値±閾値]の範囲を超えた場合には人物ありと判定する。S17では、人物の有無が判定され、判定結果が否定の場合にはS22に移行するが、肯定の場合にはS18に移行する。S18では、表示装置が有るか否かが判定され、判定結果が否定の場合にはS20に移行するが、肯定の場合にはS19に移行する。S19では、表示装置に検出情報を表示する。

S20以降の処理は、例えば1台あるいは複数台の子機でのセンサーの検出した情報を親機に伝送して表示するようなシステムを構成した場合の処理であり、各移動物体検出装置のDIPスイッチには、自機が子機か、親機か、表示のみかなどの情報が設定されているものとする。なお子機であり、かつ親機である場合もある。S20では、例えばDIPスイッチの状態を読み込むことにより、自機が子機か否かが判定され、判定結果が否定の場合にはS22に移行するが、肯定の場合にはS21に移行する。

S21では、親機へセンサー検出結果を送信する。送信方法は、発振器を所定のタイミングで変調することによってセンサーの情報を送信する。送信情報には少なくとも自機のID番号を含める。送信時間は検出周期より短い時間とし、その間に所定の間隔あるいはランダムな間隔で複数回送信する。

S22では、親機か否かが判定され、判定結果が否定の場合にはS10に移行するが、肯定の場合にはS23に移行する。S23では、子機からのデータを受信する。

S24では、受信したセンサー検出結果を子機のID情報と共に表示する。S25では、検出周期が経過したか否かが判定され、判定結果が否定の場合にはS23に移行するが、肯定の場合にはS10に移行する。

次に、システム構成に関しては、ハイブリッド回路を用いることで、送信アンテナと受信アンテナとを1つのアンテナで兼用することができる。発振回路からの高周波信号はアンテナと抵抗に分配され、アンテナから放射されるが、受信アンプには分配されない。また、アンテナで受信された信号は、発振回路と受信アンプに分配される。従って、受信アンプには受信信号のみが入力されることになる。

この構成では、アンテナが1つで済み、センサーが小型化できる。また、直接波は受信されずに反射波のみが受信されるので人物の検出が容易である。

図II-4-3に、センサー親機とセンサー子機の組み合わせによる人感センサーシステムの構成例を示す。センサー検出情報をセンサー親機に送信する複数のセンサー子機と、センサー子機からの情報を受信して表示する機能のみの親機からなるシステムである。

この構成で、センサー子機は図II-4-1の人感センサーである。センサー親機は、送信ア

ンテナは不要であり、受信機能および表示機能のみを備えている。センサー親機からセンサー子機へポーリング指示等の信号を送信してもよい。この場合には子機側にも信号の受信処理や送信タイミングの制御等の処理が必要になるが、センサー子機における移動物体検出処理や親機への送信タイミング等を全てセンサー親機から制御可能となるので、センサー子機からセンサー親機への情報の伝達がより確実に実行できる。

### B-3. 倫理面への配慮

所属施設の倫理ガイドラインに従い、所属施設の倫理委員会の承認を得て行う。すべての被験者には十分な説明と書面による同意を得た後に研究を実施する。個人を特定できる情報は被験者本人の同意がない限り非公開とし、研究結果の発表に際しても同様に個人を特定できる情報は隠蔽するなど個人情報保護法に準拠して人権とプライバシーを保護する。また、倫理事項については倫理委員会の指示に従うものとする。

## C. 研究開発結果

### C-1. 仕様検討

見守り技術に有用な人感センサーを開発するにあたり、センサーに求められる仕様について検討した。

調理支援システムに用いるため、被験者の

キッチンでの立ち位置を常に微弱電波により計測し、センサーから0.5mないし1m程度の距離以内に人物が居るかどうかを正確に検出することが求められる。また、調理という動作の性格上、センサー付近に長時間滞在することも多いと考えられる。

既存の赤外線などを用いるセンサーなどでは、人物の動きの検出によるため、センサー付近に居続ける状態では誤検出となってしまう。このため、本研究で開発する人感センサーでは、静止している物体も検出できることを仕様目標とした。具体的には人感センサー本体について、次の基本仕様とした。

- ・静止した物体を検出可能
- ・最大検知距離が1m以上
- ・微弱電波を使用する
- ・小型：アンテナを内蔵する
- ・低消費電力：電池駆動も可能とする
- ・センサー検出結果を無線伝送可能
- ・RTミドルウェアに接続可能

### C-2. システム構成検討

図II-4-4に検討した微弱電波人感センサーシステムの構成を示す。人感センサーシステムは、センサー本体である複数のセンサー子機で検出したセンサーデータを特定小電力無線で伝送して、センサー親機で無線ユニットを通して子機から送られて来るセンサーデータを取得し、編集を行ってからRTミドルウェアなどのネットワークに接続するPC

に対して送信する。子機は、図II-4-4に示すように複数台の接続が可能である。

このシステム構成を用いることで、通信ケーブルの制約を受けることなくセンサーデータ収集が可能となる。

システムを構成するセンサー親機とセンサー子機間の通信については、親機が送出する時間基準となる同期信号にもとづいて、時分割多重方式で子機からセンサーデータを送信する構成とした。本システムで用いる時間同期信号は、デジタル符号「A5A5」とした。通信プロトコルの概要を図II-4-5に示す。

センサー親機におけるセンサーデータ処理のフローチャートを図II-4-6に示す。

センサー親機では、以下の手順でセンサーデータをセンサー子機から収集し、RTミドルウェアに接続しているPCに伝送する。

#### ①センサー親機のマイコンチップ初期化

センサー親機に実装しているマイコンチップ (dsPIC) の初期化を行う。具体的には、

- ・PC用シリアルインターフェースの設定
- ・無線ユニット用シリアルインターフェースの設定
- ・割込み設定

である。

割込みの設定は、子機に対して一定時間ごとにセンサーデータの送信要求を行うためのタイマー割込みで、1秒ないし2秒の間隔に設定する。

#### ②無線ユニットの設定

特定小電力無線ユニットを、所定のデータ

フォーマット、シリアル通信フォーマット、搬送波周波数に設定する。

#### ③割込み許可

センサー親機のマイコンチップにおいて、割込み処理を許可する。

#### ④データ送信要求

センサー子機に対してセンサーデータの送信を要求する信号 (同期信号) を送信する。

#### ⑤PCにセンサーデータを送信

センサー子機から受け取ったセンサーデータをPCに対して送信する。

以上の手順により、人感センサーで検出した情報がRTミドルウェアのネットワークに反映される。

### C-3. 人感センサーシステムの試作

提案したセンサーシステムを実際の回路素子を用いて試作した。製作した人感センサーの検知回路は図II-4-1の基本構成をもとに実装した。発信回路の周波数は、市販の発信器モジュールが利用可能な315MHzを採用した。また、静止した物体を検出可能とするために、図II-4-1のLPFから得られる信号は直流成分をカットすることなく増幅する構成とした。このため、温度変化などによる信号電圧の変化が最少となるように注意して回路を設計した。

今回試作した人感センサーでは、小型化のためにアンテナを内蔵する構成を採用した。このため、誘電体を利用した小型アンテナ

(寸法：10.5mm×3.0mm)を採用した。

人感センサー子機での検出結果をセンサー親機に通報する回路には、特定小電力無線モジュールを採用した。センサー子機での検出信号出力をアナログデジタル変換して、マイコンで符号化して送信する。試作したシステムでは約2sごとに検知回路の出力をセンサー親機に向けて送信する。電波の変調方法は、2値のFSK(Frequency Shift Keying)であり、センサー子機1セットあたり、約50msの間通信を行い、その間に同期用の符号、出力信号、パリティなどを符号化した40シンボルを送信する。電波の周波数は特定小電力無線の規定により429MHz帯を用いた。

製作したセンサー子機の回路基板の写真を図II-4-7に示す。回路基板の寸法は、58mm×67mmである。また、センサー親機の回路基板の写真を図II-4-8に示す。回路基板の寸法は、67mm×67mmである。

ケースに収納したセンサー子機およびセンサー親機の外観を図II-4-9に示す。外形寸法はセンサー子機が134mm×75mm×27mm、センサー親機が141mm×81mm×31mmである。

#### C-4. 評価

試作した人感センサーの検出感度について評価実験を行った。

まず、人物の検出判定結果をセンサー子機のLED表示で視認可能な構成として実験を行った。

この結果、センサーからの距離が約80cmから120cmにおいて検出可能であった。

ただし、センサーを設置した室内の温度が急激に変化する場合には、信号のドリフトによる誤判定の可能性があることが判明した。

この信号ドリフトを抑制する改良を実施することで、本研究開発で試作した微弱電波人感センサーは十分実用になると考えられる。

#### D. 考察

目標仕様に対する達成度は次の通りであった。

- ・静止した物体を検出可能 ○
- ・最大検知距離が1m以上 ○
- ・微弱電波を使用する ○
- ・アンテナを内蔵する ○
- ・低消費電力：電池駆動も可能とする ○
- ・センサー検出結果を無線伝送可能 ○
- ・RTミドルウェアに接続可能 ○

以上研究開発開始時に定めた目標仕様はすべて満たすことができた。ただし、どの程度の大きさの物体まで検知できるのか、どれくらいの速度で動く物体まで検知ができるのか等、詳細な評価実験を今後行う必要がある。

開発したセンサーは、微弱電波を用いているため従来の赤外線センサーと異なり、設置

場所を選ばない。たとえば、キッチンの戸の裏側、床の裏側、引き出しの中など、キッチンの外観を損なうことなく設置可能という利点がある。さらにカメラ映像による見守りほど精密な位置精度が得られないが、プライバシーに配慮して見守り可能という特長がある。

最後に、開発したセンサーは、人がいるかいないかのオン／オフ情報ではなく、アナログ値の時系列情報を出力するので、この時系列情報と異常検出手法（たとえば<sup>8</sup>）を組み合わせることで、転倒事故などの検出に応用できる。具体的には、センサーの設置場所ごとに、正常状態を学習することで、正常からの逸脱として異常の自動検知が行える。開発したセンサーと異常検出手法を組み合わせたときの、異常検出能力についても今後評価を進めたい。

## E. 結論

障害者自立支援のための見守り技術に有効な人感センサーシステムのプロトタイプ開発に成功した。今後はさらに実用化を高め、転倒事故の検出などにも応用範囲を拡げていきたい。

## F. 健康危険情報

(総括研究報告書にまとめて記入)

### G. 研究発表

1. 論文発表  
該当なし。
2. 学会発表  
該当なし。

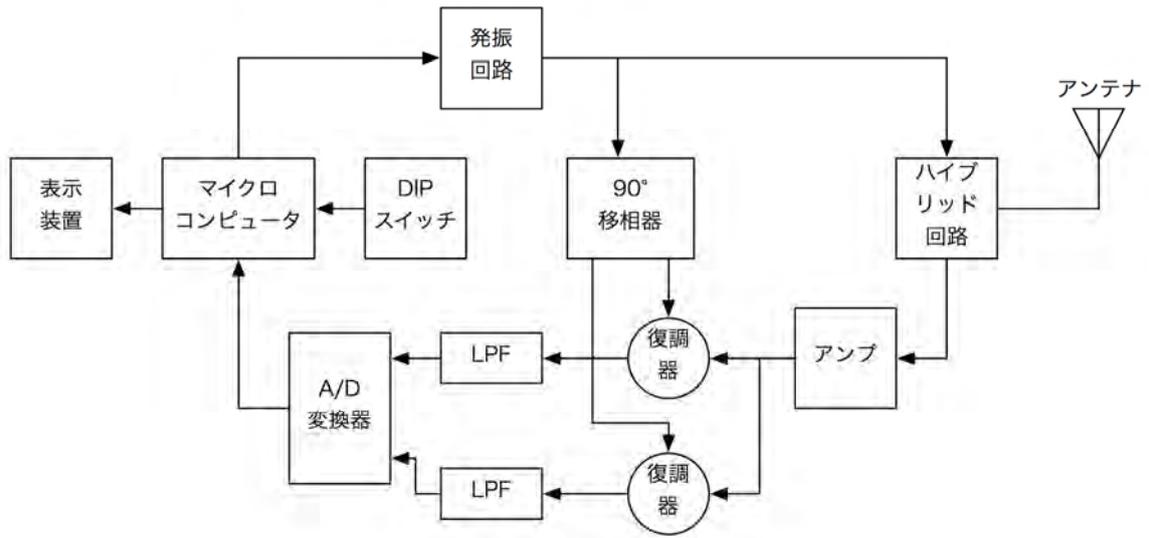
### H. 知的財産権の出願・登録状況

(予定を含む。)

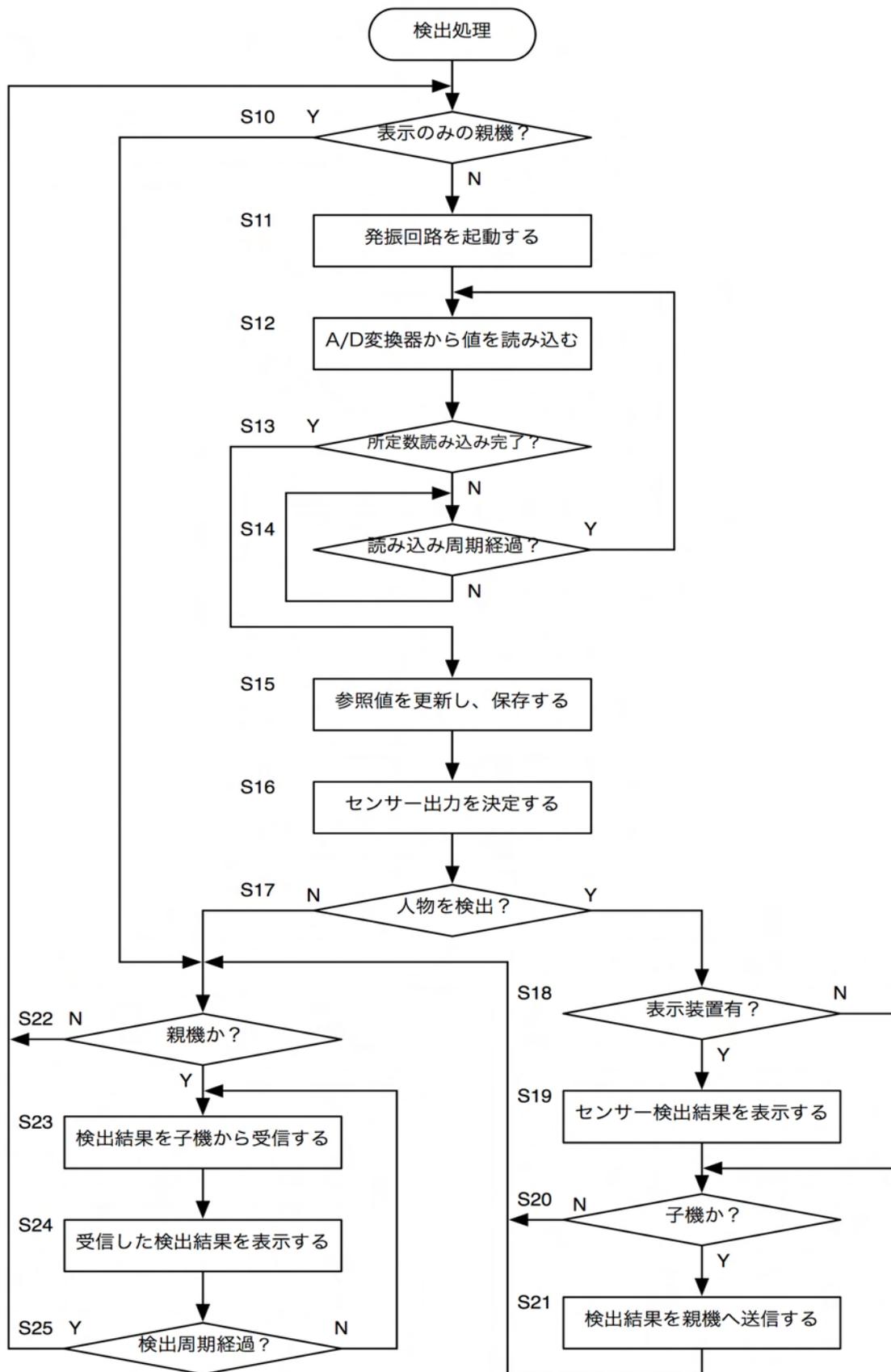
1. 特許取得  
該当なし。
2. 実用新案登録  
該当なし。
3. その他  
該当なし。

---

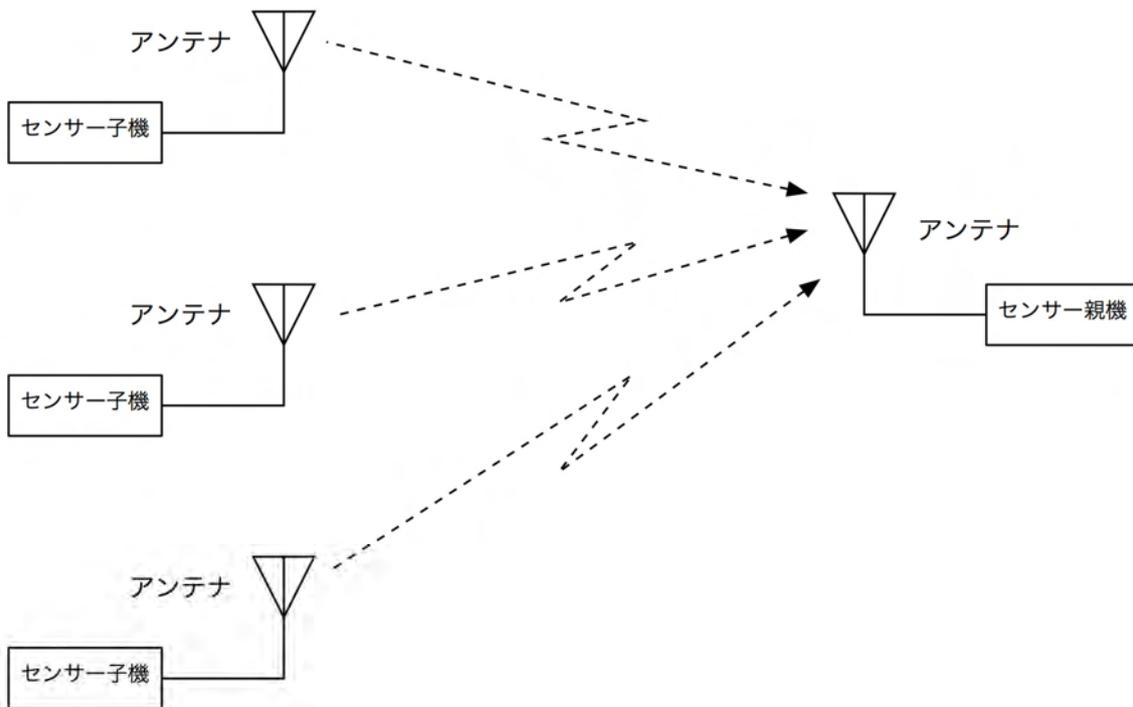
<sup>8</sup> 荒木英人、村川正宏、小林匠、樋口哲也、久保田一、大津展之:「高次局所自己相関特徴による多チャンネル時系列データからの異常検知」、電気学会論文誌 C Vol.129, No.7, pp.1305-1307, (2009)



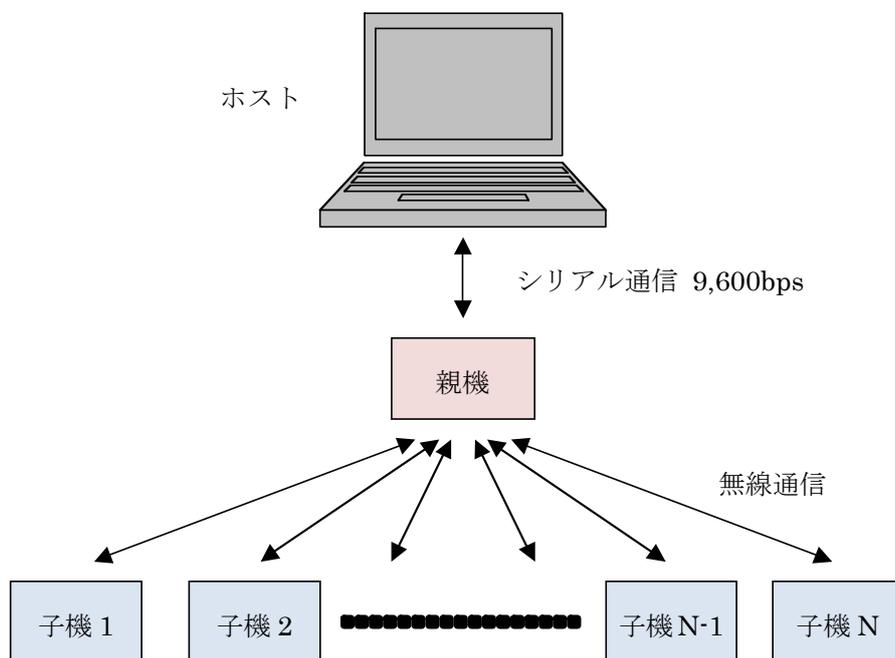
図II-4-1 人感センサーの回路構成



図II-4-2 人感センサーの検出処理のフローチャート



図II-4-3 親機と子機の組み合わせによる人感センサーシステムの構成例



図II-4-4 検討した微弱電波人感センサーシステムの構成

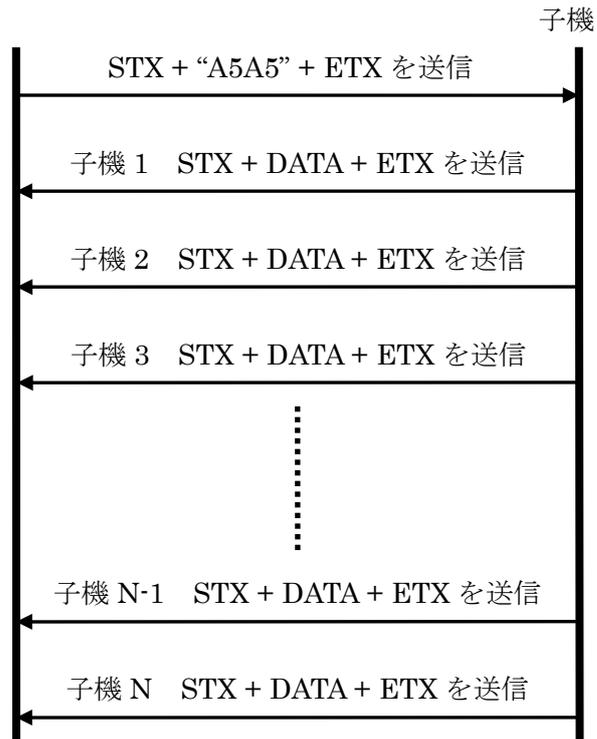


図 II-4-5 通信プロトコルの概要

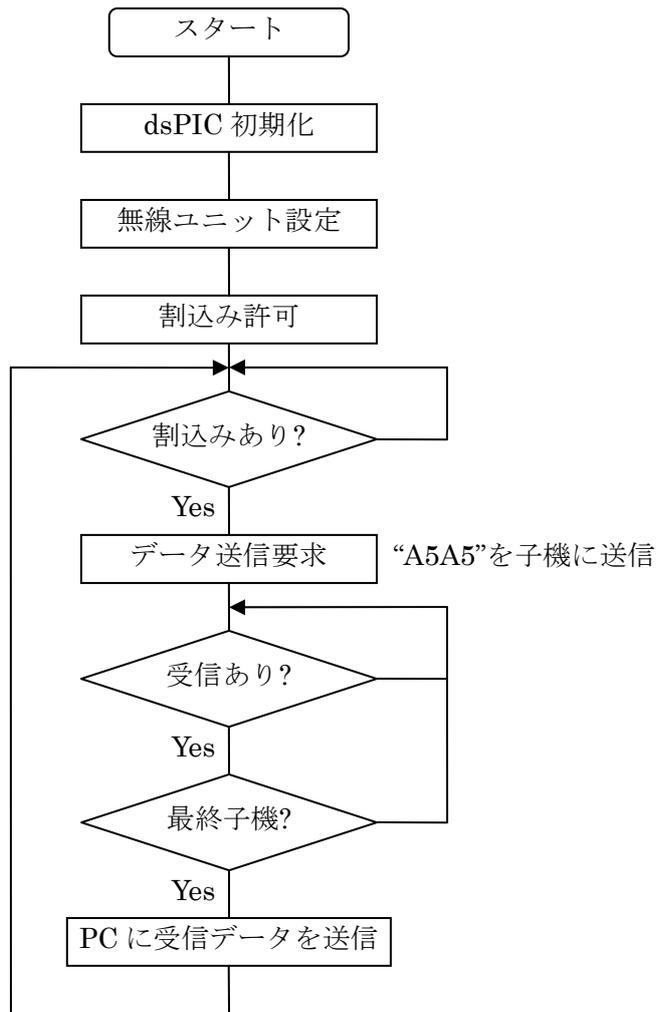
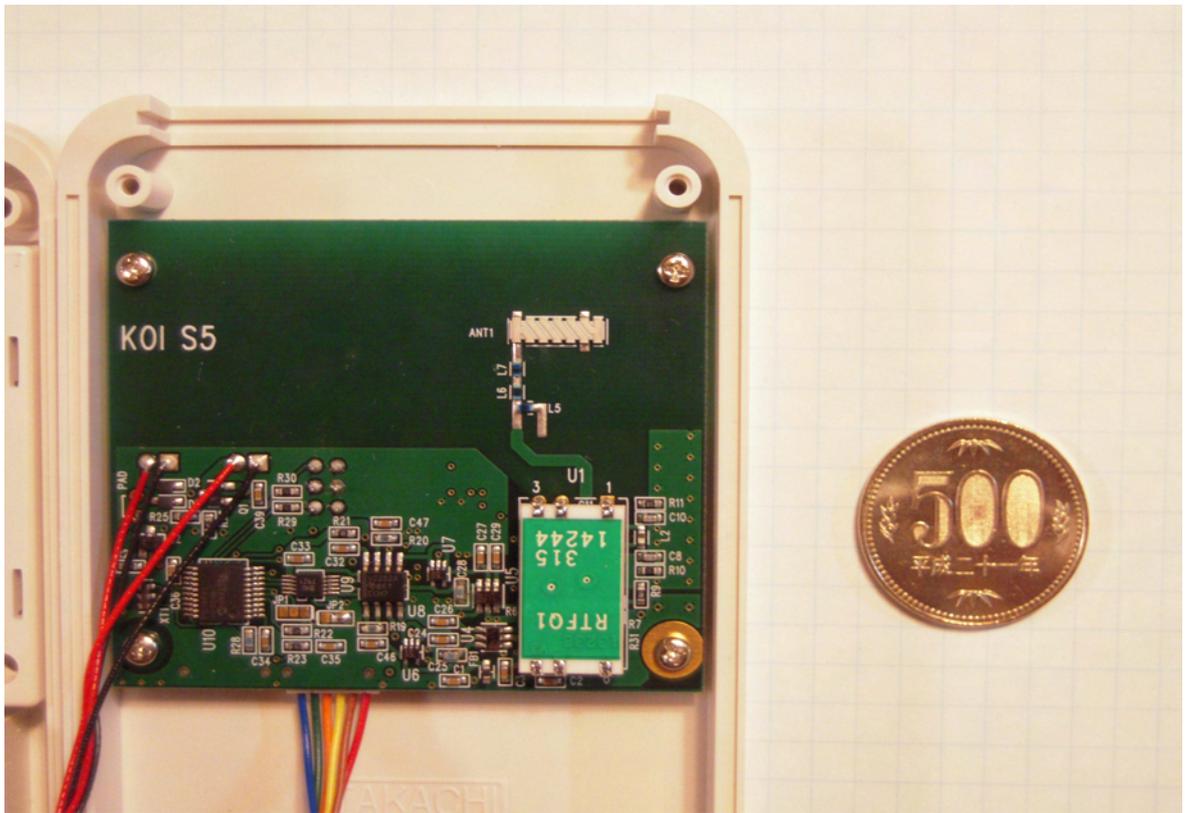
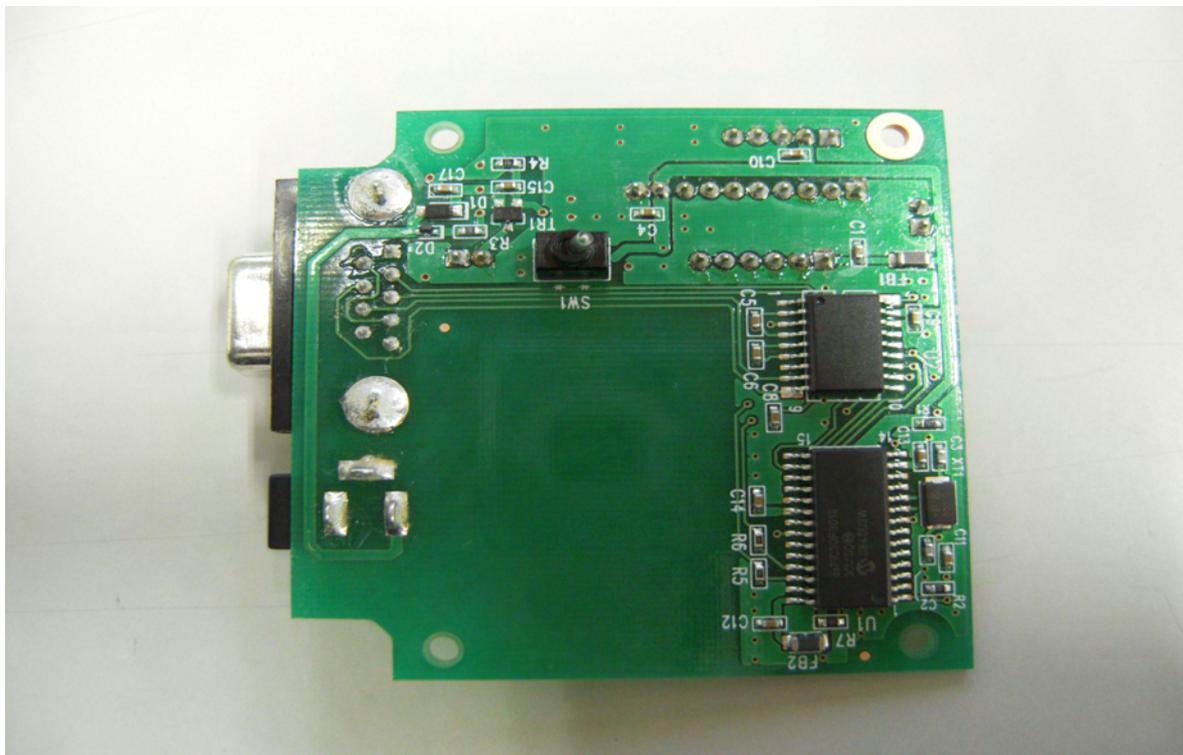


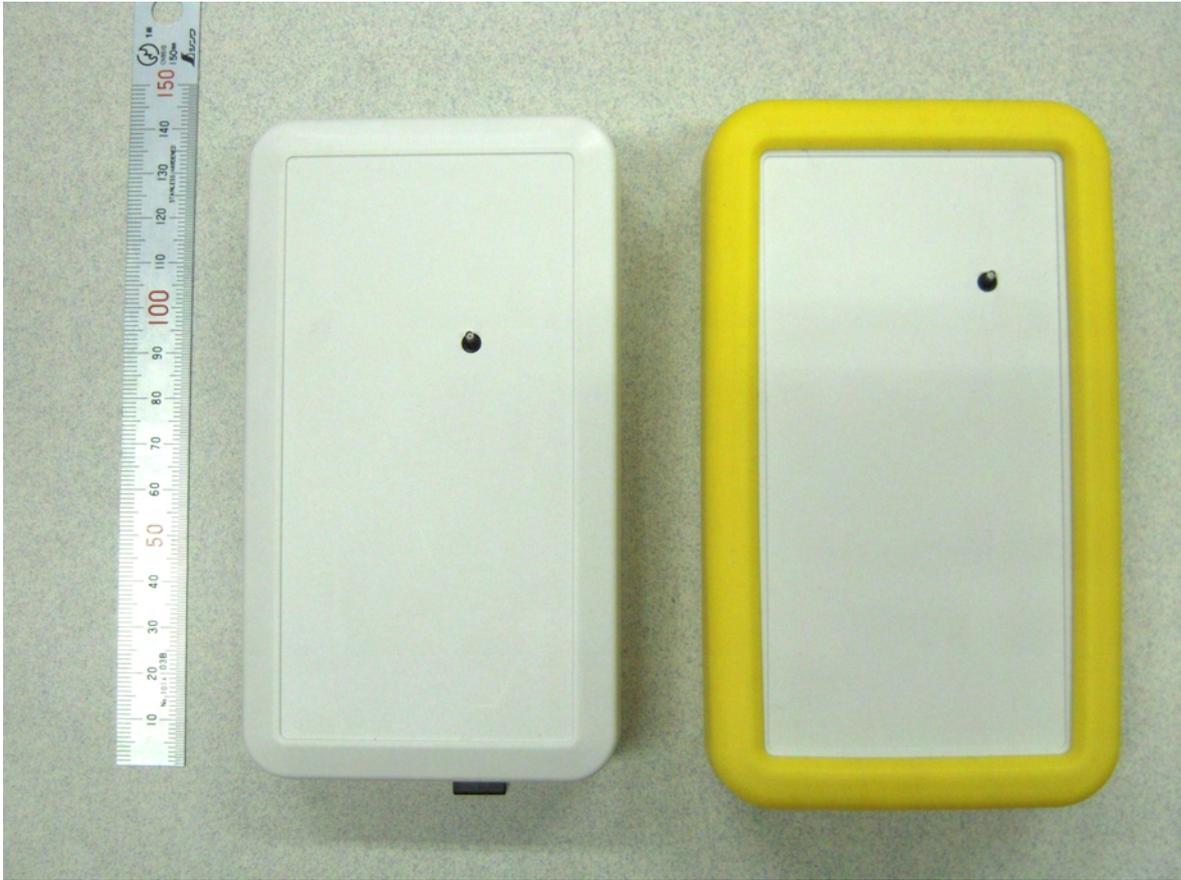
図 II-4-6 センサー親機におけるセンサーデータ処理のフローチャート



図II-4-7 センサー子機の回路基板



図II-4-8 センサー親機の回路基板



図II-4-9 センサー子機（左）およびセンサー親機（右）の外観

# 障害者自立支援機器等研究開発プロジェクト

## 分担研究報告書

### 障害者による臨床評価

研究分担者 中山剛、乙川利夫、世古三菜子、清野佳代子、加藤誠志、井上剛伸

#### 研究要旨

障害者自身はもとより家族や介助者にとっても社会福祉の観点からも障害者が在宅で自立・自律した生活ができる環境は豊かな人生を送る上で重要である。近年、情報技術やセンサ技術の進展により、障害のある居住者と住空間のインタラクションを実現し、住空間全体を総合的に制御する可能性が示されている。本研究の目的は、多様な障害者のニーズとこれらの技術のマッチングを図り、住環境の高度技術化により、障害者の自立・自律生活に積極的に貢献することである。対象ユーザは、脳卒中等の後遺症のある人、発話障害を伴う高齢の脳性まひ者、視覚障害者とする。脳卒中等の後遺症のある方の脳障害により家事が困難になる問題、発話障害を伴う高齢の脳性まひ者の住環境設備の操作の問題、視覚障害者の家庭用品の管理の問題に焦点を当てて支援研究を行った。本分担研究では障害者による臨床評価を目標とし、そのための方法や評価指標の検討と選定、臨床評価の現場となる国立障害者リハビリテーションセンター内の障害者用モデル住宅の評価と改修点の抽出を実施した。加えて、特に評価指標の定まっていない家事動作を例としてシミュレーションを行い、選定した評価指標の一つであるAMPS (Assessment of Motor and Process Skills) を利用して予備評価も合わせて実施した。

#### A. 研究目的

障害者自身はもとより家族や介助者にとっても社会福祉の観点からも障害者が在宅で自立・自律した生活ができる環境は豊かな人生を送る上で重要である。近年、情報技術やセンサ技術の進展により、障害のある居住者と住空間のインタラクションを実現し、住空間全体を総合的に制御する可能性が示さ

れている。本研究の目的は、多様な障害者のニーズとこれらの技術のマッチングを図り、住環境の高度技術化により、障害者の自立・自律生活に積極的に貢献することである。脳卒中等の後遺症のある方の脳障害により家事が困難になる問題、発話障害を伴う高齢の脳性まひ者の住環境設備の操作の問題、視覚障害者の家庭用品の管理の問題に焦点を当てて支援研究を行う。

本分担研究では障害者による臨床評価を目標とし、そのための方法、評価指標、臨床評価の現場となる国立障害者リハビリテーションセンター内の障害者用モデル住宅の評価、改修点の抽出等を実施する。

## B. 研究開発方法

臨床評価の現場となる国立障害者リハビリテーションセンター内の障害者用モデル住宅は15年以上前に建立された建物であり、おもに高齢者や手動車いすを利用する肢体不自由者が生活しやすいような設計となっている。臨床評価は当該モデル住宅の1階にて実施することとした。図II-5-1に障害者用モデル住宅の外観と内部の写真を示す。また、図II-5-2に同モデル住宅の1階部分の見取り図を示す。

本研究の支援対象は脳卒中等の後遺症のある方（高次脳機能障害者を含めた）、発話障害を伴う脳性まひ者、視覚障害者である。中でも特に視覚障害者は移動に困難を抱えているが、前述の通り当該モデル住宅は高齢者や手動車いすを利用する肢体不自由者が生活しやすいような設計であり、視覚障害者に対する配慮はあまり行われていない。視覚障害者の支援研究として、家庭用品の管理の問題を解決するシステムを導入し、臨床評価を実施する際の支障となるバリアが幾つか予想される。そこで研究協力の視覚障害者に障害者用モデル住宅の1階に実際に来て頂い

て意見をお伺いする。

当該研究の臨床評価を行う際、某かの評価指標、可能ならば定量的な指標が必要となる。そこで、実際に脳卒中等の後遺症のある方や脳性まひ者の生活訓練を実施している作業療法士やリハビリテーションエンジニアとディスカッションを行い、評価指標の検討と選定を行う。また、選定した評価指標に対し、簡単な家事動作のシミュレーションを行う。

（倫理面への配慮）

被験者を伴う評価実験を行う機関（産業技術総合研究所ならびに国立障害者リハビリテーションセンター）のそれぞれの倫理審査委員会に申請を行い、その承認のもと実施する。

モニター評価協力者に対して事前に十分な説明を行い、書面による同意を得た後に開始する。その際、評価の途中においても同意を撤回する権利があることを十分に伝えるなどヘルシンキ宣言における本人の自発的・自由意思による参加の原則に則って実施する。被験者に対するリスクが最小化するように計画し、事前に危険源を特定しリスクマネジメントを実施することで被験者の安全の確保に務める。

なお、得られたデータに関しては個人情報保護の観点から十分に留意する。また、利益相反の管理に関しては所属機関で定められた指針に従う。

## C. 研究開発結果

研究開発方法で記載したように視覚障害者による障害者用モデル住宅の調査と評価指標の検討と選定の2つを実施した。以下にその結果をそれぞれ記載する。

### <障害者用モデル住宅の調査の結果>

前述のように視覚障害者に障害者用モデル住宅の1階に実際に来て頂いて意見をお伺いした。但し、全体的に見てというより、歩いて触れながらの確認になる為、偶然の情報となる。すなわち、短時間で全てを感知することはできないので適切な意見や評価するのは難しいことを前提条件として実施した。下記に改修の要望を纏める。

- ・ 照明のスイッチ

現状だと押しボタン式のスイッチであり、照明の点灯と消灯の区別がないため、視覚障害者にとって照明が点灯しているのか消灯しているのかまったく分からない。

- ・ 和室の窓について

壁より前にある出っ張りは危険である。少し頭をかしげれば壁にぶつかってしまう。但し、自分で配置したら気をつける。また、和室側からアプローチした場合、そのまま転倒する危険がある。

- ・ 居間と台所の敷居について

角ではなく曲面がよい。

- ・ リモコンについて

メーカーによりスイッチの並びが少し異なるので、探るまでに時間がかかる。

- ・ 浴室（引き戸）

スペースがあれば視覚障害者の場合は引き戸が一番安全である（現状も浴室のドアは引き戸）。

- ・ 上面が細長い長方形のチェスト

アプローチの方向によってはチェストの幅が狭く音が跳ね返ってこないで視覚障害者が存在に気がつかない。そのため視覚障害者がチェストにぶつかってしまう危険性がある。このように、幅が狭い家具は視覚障害者にとって危険となりうる。勘のいい視覚障害者が幅が広い方向からアプローチした場合には音で気が付く可能性もあるが、幅の狭い方向からアプローチする場合にはやはり危険である。

- ・ 部屋の境目

音と温度で部屋を出たことがわかるが、できれば足の感覚で違いが分かれば有り難い。どこの部屋や空間にいるのかわかるほうが次のことに対処できるから、境目はわかったほうが良い。境目になにか横筋をつければわかる。あるいはそこだけフローリングの材質を変える。角にぶつからないようにという意味で境がわかればよい。勘のいい人だったらすり抜けてくるので不要かも知れない。狭い所を通ったので部屋を抜けたことがわかると思う。それがあまりわからないと、足を擦っていったときにここは段があるのでわかるだとか、廊下の幅が狭くなっているのが予測できる。例えば、床の材質が少しざらざらしていると踏んだ時に狭くなるぞと覚悟し

て行けるので、角にぶつかるリスクが少なくなると思う。あるいは廊下の幅が狭くなる前に、フローリングの模様の縦縞や横縞になれば、一歩出た時に次だなと思って少し注意しながら次の足を運ぶことができる。

- ・ キッチンについて

換気扇の出っ張りに頭をぶつけそうで怖い。

- ・ セキュリティー会社の操作パネル

うっかり触る可能性があるので不要である。図II-5-3に操作パネルの外観を示す。

以上の調査検討結果に基づき以下の点を改修の際に実施した。

- ・ 電気スイッチ類を視覚障害者でも利用できるように変更する
- ・ 和室の窓も頭をぶつけやすく転倒の危険性もあるのでアクリル板を付けて安全性を確保する
- ・ 柱の角にクッション材を入れる
- ・ セキュリティー会社の操作パネルの取り外し
- ・ 臨床評価時はパンフレット置場のチェストを置かない

図II-5-4に改修後の柱の角のクッション材の外観を示す。一方、部屋の境目に関しては、廊下と部屋の境目が分かるように床の材質を考慮して、フローリングの材質を替えるなどの検討を行ったが、この度の臨床評価実験が部屋の中での家庭用品の管理の支援であるため実施はしなかった。

## <評価指標の検討と選定の結果>

前述の通り、実際に脳卒中等の後遺症のある方や脳性まひ者の生活訓練を実施している作業療法士やリハビリテーションエンジニアとディスカッションを行い、評価指標の検討と選定を行った。一般に生活訓練の場面で障害者の日常生活動作（ADL）の自立度を評価する評価手法がある<sup>9,10,11</sup>。その代表例がBI (Barthel index, バーセルインデックス, 機能的評価) とFIM (Functional Independence Measure, 機能的自立度評価) である。概して、BIは障害者がやろうと思えば可能な動作の評価に適しており、FIMは生活上実際に行っている動作を評価するのに適している。本研究の場合には、障害者が在宅で自立・自律した生活ができる環境を目標としていることからFIMを選択した。但し、FIMの項目には調理動作は含まれていない。そこで、脳卒中等の後遺症のある方の家事支援の課題に関してはAMPS (Assessment of Motor and Process Skills) を用いることとした。AMPSは特別に設定した検査場面ではなく、自然の日常生活の場面を観察して、日常生活を行う能力を測定できないかと考えたことから始まった評価手法である<sup>12</sup>。課題の持つ難易度も

9 千野直一編著、他。脳卒中患者の機能評価 SIAS と FIM の実際、シュプリンガー・ジャパン、1997。(ISBN 978-4-431-70735-6)

10 伊藤利之編、他。ADL とその周辺 評価・指導・介護の実際、医学書院、1994。(ISBN 4-260-24347-0)

11 土屋弘吉編、他。日常生活活動（動作）評価と訓練の実際第3版、医歯薬出版、1992。(ISBN 4-263-21060-3)

12 吉川ひろみ。作業療法が分かる COPM・AMPS スターティングガイド、医学書院、2008。(ISBN 978-4-260-00748-1)

評価しており、第6版では85課題となっており、それぞれの課題の難易度が設定されている。AMPSの単位はロジット (logit) であり、ロジットが大きい方が易しい課題であり、小さくなるに従って困難な課題となる。なお、それらの課題の中には調理の課題も含まれており、本研究の評価指標として適している。

これらのFIMやAMPSは作業療法士などの訓練の専門家が障害者の日常生活動作を観察して評価する手法である。その一方、障害当事者等の主観的な評価は大変重要であり、寧ろFIMやAMPSなどよりも重要視すべき指標であるともいえる。そこで当事者を中心とした主観的な評価手法としてCOPM (Canadian Occupational Performance Measure, カナダ作業遂行測定)、QUEST (Quebec User of Evaluation of Satisfaction with assistive Technology, 福祉用具満足度評価)、システムや機器に対するユーザビリティ評価手法の1つであるSUS (System Usability Scale, SUS) の3手法を選定した<sup>12, 13, 14, 15</sup>。

COPMは障害者等の生活訓練、作業療法で用いられる評価手法・指標である<sup>13, 14</sup>。COPMではクライアント(患者)が作業を重要度、遂行度、満足度の3つの尺度を用いて10段階で評価する。実際には生活訓練の進展と共にどの

くらい作業療法の効果があるのか時系列的にクライアントと作業療法士とが協働して評価していく手法である。以上、本研究のような機器による支援での活用を想定したのではないため、実際に本研究における臨床評価に応用できるかどうか不明な点もある。しかし、作業療法の分野で一般的に利用されている評価指標の一つであることから選定する。

QUESTは本研究のような障害者に対する機器による支援での活用を想定して作成された評価手法・指標である<sup>14</sup>。福祉用具の利用者の満足度を評点する指標であり、その点ではCOPMよりも本研究の評価指標として適している。しかし、作業療法の現場でそれほど広く利用されている指標ではないことに注意が必要である。

一方、本研究のような機器による障害者の支援に限らなければ数多くの機器やシステムに対するユーザビリティの評価手法が存在する<sup>14</sup>。その中でも最も簡便なユーザビリティ評価手法、指標の1つがSUSである (System Usability Scale, SUS)。SUSは評価対象となるシステムに関する10項目の質問を行って被験者が「Strongly agree」から「Strongly disagree」の5段階の主観評価を行う方法である。そして、得られた評点からSUSスコアを求めてユーザビリティを評価する。なお、SUSスコアは0から100の間の2.5ポイント刻みの値を取り、点数が高いほど使用しやすいシステムであることを示す。

<sup>13</sup> Mary Law, 他. COPM—カナダ作業遂行測定. 大学教育出版, 1999. (ISBN 4-88730-285-1)

<sup>14</sup> Louise Demers. QUEST 福祉用具満足度評価 第2版. 大学教育出版, 2008. (ISBN 978-4887308725)

<sup>15</sup> Brooke, J. SUS - A quick and dirty usability scale. Usability Evaluation in Industry, Jordan, P., et al. (eds.) Taylor and Francis, 1996. (ISBN 978-0748404605)

また、障害者支援の分野に限らず、某かの機器やシステムを評価する際の指標として、成功率、所要時間、動作・操作回数がある。そこで本研究でもこの3つの指標を合わせて導入する。

以上の選定結果をもとにして、本研究の3つの支援課題である脳卒中等の後遺症のある方の家事支援、発話障害を伴う脳性まひ者の住環境設備の操作の支援、視覚障害者の家庭用品の管理の支援における評価手法と指標を以下に纏める。

#### (1) 脳卒中等の後遺症のある方の家事支援

- AMPS (Assessment of Motor and Process Skills) の規定課題のうちの下記の4課題：

- ＞ コーヒー又は紅茶を入れる
- ＞ ジャムサンドイッチ
- ＞ スクランブルエッグ又は卵焼き、トースト、コーヒー又は紅茶を入れる
- ＞ 肉野菜炒めと一杯のごはん

- COPM (Canadian Occupational Performance Measure, カナダ作業遂行測定)
- QUEST (福祉用具満足度評価)
- システムや機器に対するユーザビリティ評価 (System Usability Scale, SUS)
- 調理動作のビデオ撮影をして成功率、所要時間や動作回数の比較

なお、AMPSにおける「コーヒー又は紅茶を入れる」と「ジャムサンドイッチ」の課題は平均的な課題に属し、前者は0.0ロジット、後者が-0.1ロジットである。一方、「スクラ

ンブルエッグ又は卵焼き、トースト、コーヒー又は紅茶を入れる」と「肉野菜炒めと一杯のごはん」の課題は平均的な課題より大変困難な課題に属し、両者とも-0.5ロジットである。

#### (2) 発話障害を伴う脳性まひ者の住環境設備の操作の支援

- FIM (Functional Independence Measure, 機能的自立度評価) …ADL (日常生活動作) の評価手法の一つ
- COPM (Canadian Occupational Performance Measure, カナダ作業遂行測定)
- QUEST (福祉用具満足度評価)
- システムや機器に対するユーザビリティ評価 (System Usability Scale, SUS)
- 家電などの操作に伴う動作のビデオ撮影をして成功率、所要時間や動作回数の比較

#### (3) 視覚障害者の家庭用品の管理の支援

- COPM (Canadian Occupational Performance Measure, カナダ作業遂行測定)
- QUEST (福祉用具満足度評価)
- システムや機器に対するユーザビリティ評価 (System Usability Scale, SUS)
- 紛失物の探索動作のビデオ撮影で成功率、所要時間や動作回数の比較

なお、AMPSによる調理動作の評価の試行として「コーヒー又は紅茶を入れる」課題を対象としてAMPSの採点を行った。調理動作を行ったのは2回で1回が障害のない成人、もう1

回が実際に脳卒中等の後遺症のある方の生活訓練を実施している作業療法士であり、脳卒中等の後遺症のある患者を模して頂いた。それぞれのAMPSのスコアシートを図II-5-5と図II-5-6に示す。

#### D. 考察

臨床評価の現場である障害者用モデル住宅は15年以上前に建立された建物であり、おもに高齢者や手動車いすを利用する肢体不自由者が生活しやすいような設計となっている。逆に言えば、高齢者や手動車いす利用者以外への配慮がそれほどなされていない可能性があった。実際、この度の支援対象者でもある視覚障害者による調査の結果、現状の障害者用モデル住宅には幾つかの問題点の指摘が得られた。臨床評価の円滑な実施のためにも可能な範囲での改良、対応を行ったことには意義がある。

なお、今回の研究協力の視覚障害者のご自宅の場合には、テーブルの上に物を置かないルールを決めていた。すなわち、物を持ってきたときにどこに置いても大丈夫であり、手をずらして何か探しても物がなければ落とすことがないといった配慮からである。このように環境を整えるだけでなく、住居者側で規則を決め、それを住居者や来訪者が守ることにより、住みやすくするためのバリアが少なくなることが考えられる。

実際に脳卒中等の後遺症のある方や脳性まひ者の生活訓練を実施している作業療法

士やリハビリテーションエンジニアとディスカッションを行い、臨床評価における評価指標の検討と選定を行った。特に難航したのが脳卒中等の後遺症のある方の家事支援、調理動作の支援に関する評価指標の選定である。脳卒中等の後遺症のある方の生活訓練の中で調理動作の占めるウェイトはかなり大きい。しかし、調理動作に関する普及した評価指標や訓練プログラムは存在せず、各訓練施設や病院でそれぞれ独自に行われているのが現状である。以上のような状況から、調理訓練の課題や評価方法をどうするのか、選定作業は困難であった。本研究のような機器による障害者の支援のために開発された評価指標ではないが、AMPS (Assessment of Motor and Process Skills) は特に調理訓練の課題が多いなど適していた。本研究の臨床評価に適した評価手法・指標を選定できたのは、研究者並びに協力者の時間を掛けた調査ならびに様々な議論の結果である。

なお、脳卒中等の後遺症、すなわち高次脳機能障害者の場合、発症（受傷）時に就労していたが発症（受傷）後、就労していない方が5割を超えるという調査結果がある<sup>16</sup>。これは高い割合の高次脳機能障害者が発症（受傷）には在宅で過ごしていることを示している。そのため、少なくとも割合の高次脳機能障害者が在宅での作業、家事を担当することが求められる。その中でも調理は時間も掛かるう

<sup>16</sup> 東京高次脳機能障害者実態調査検討委員会. 高次脳機能障害者実態調査報告書, 2008

えに毎日の作業であり、レパトリーまでも求められる作業である。この調理作業ができることは脳卒中等の後遺症のある方の家庭に対して大きなプラスの影響を与えることが多々ある。以上が脳卒中等の後遺症のある方の生活訓練の中で調理動作の占めるウェイトはかなり大きい由縁である。

なお、主任研究者ならびに他の分担研究者が研究開発した、

- ・ 調理プロセス提示システムおよびプロセス提示作成ツール
- ・ 音声入力装置
- ・ ジェスチャー認識装置
- ・ 家具、ドア等の設備を遠隔操作するアクティブキャスター
- ・ カメラによるマーカー検出装置
- ・ 電波タグによるタグの三次元計測装置
- ・ ネットワーク上で容易に接続可能とするRTミドルウェア
- ・ 各種開発装置のRTコンポーネント化

といった試作した支援機器またはそれらを統合するシステムの臨床現場への実装は行われていない。また、これらを利用した際の有用性に関する評価も行っておらず、平成22年度以降の課題とする。

## E. 結論

本分担研究では障害者による臨床評価を目標とし、臨床評価の現場となる国立障害者リハビリテーションセンター内の障害者用

モデル住宅の評価、改修点の抽出と、臨床評価の方法、評価指標の件等と選定を実施した。視覚障害者による臨床評価の現場（障害者用モデル住宅）の調査の結果、現状の障害者用モデル住宅には幾つかの問題点があることが明らかとなった。調査結果をもとに臨床評価の円滑な実施のためにも可能な範囲での改良と対応を行った。

また、臨床評価における評価指標の検討と選定を行った結果、FIM (Functional Independence Measure, 機能的自立度評価)、AMPS (Assessment of Motor and Process Skills)、COPM (Canadian Occupational Performance Measure, カナダ作業遂行測定)、QUEST (福祉用具満足度評価) といった適した評価手法、指標を選定した。加えて、調理動作を例としてシミュレーションを通じてAMPSを利用した予備評価を実施し、AMPSの利用可能性を確認した。

## F. 健康危険情報

(総括研究報告書にまとめて記入)

## G. 研究発表

### 1. 論文発表

なし

### 2. 学会発表

なし

H. 知的財産権の出願・登録状況

(予定を含む。)

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

なし



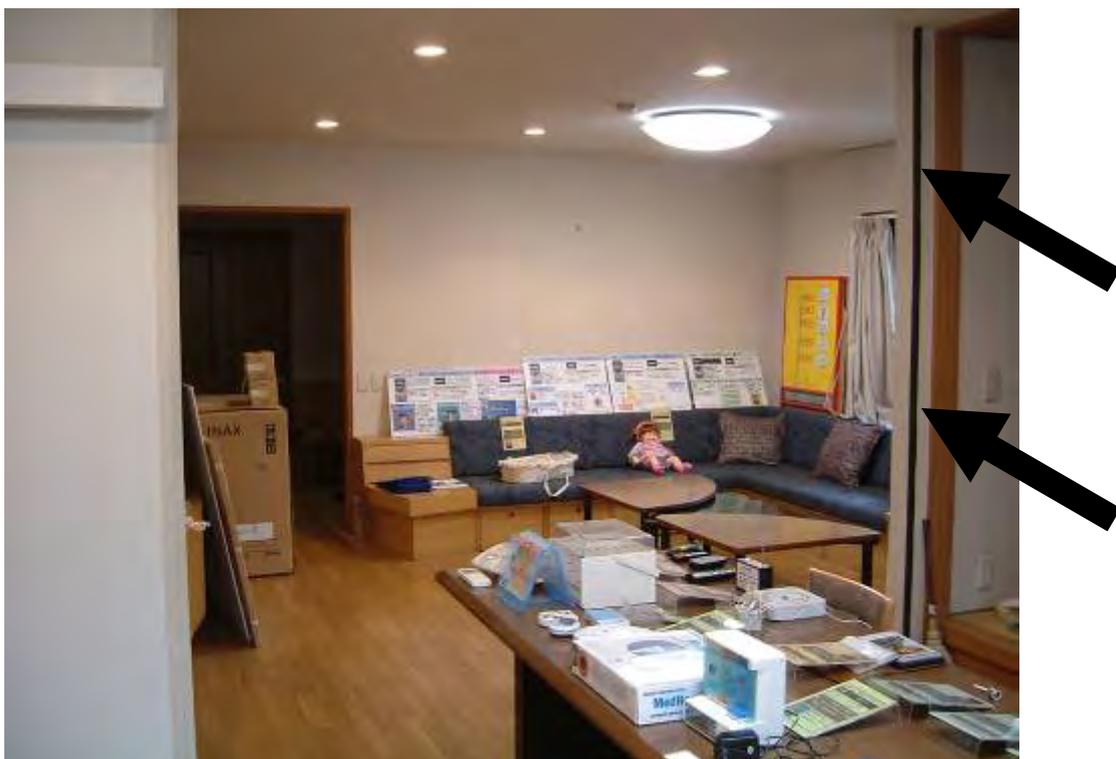
図II-5-1 国立障害者リハビリテーションセンター（埼玉県所沢市）の敷地内にある障害者用モデル住宅の外観ならびに内部の写真（外観、リビング、ダイニング、キッチン：改修前）



図II-5-2 障害者用モデル住宅1階部分の見取り図



図II-5-3 障害者用モデル住宅内のセキュリティー会社の操作パネル（改修前）



図II-5-4 障害者用モデル住宅内の柱の角にクッション材（改修後）

# AMPS2005 SCORE FORM

**CLIENT INFORMATION**

EXAMINER: \_\_\_\_\_

CLIENT: \_\_\_\_\_

CLIENT ID: \_\_\_\_\_ AGE: \_\_\_\_\_

GENDER: MALE \_\_\_\_\_ FEMALE \_\_\_\_\_

MAJOR DIAGNOSIS: \_\_\_\_\_

SECONDARY DIAGNOSIS: \_\_\_\_\_

DATE OF EVALUATION: \_\_\_\_\_

TASK OBSERVATION NUMBER: 1 \_\_\_\_\_ 2 \_\_\_\_\_ 3 \_\_\_\_\_ 4 \_\_\_\_\_

TASK: \_\_\_\_\_

TAL \_\_\_\_\_

**RATE THE QUALITY OF THE CLIENT'S PERFORMANCE OF THIS TASK:**

	NO PROBLEM			INORDINATE		
INCREASED EFFORT	1	2	3	4	5	6
DECREASED EFFICIENCY	1	2	3	4	5	6
DECREASED SAFETY	1	2	3	4	5	6
ASSISTANCE PROVIDED	1	2	3	4	5	6

**RATE THE CLIENT'S OVERALL ABILITY TO LIVE IN THE COMMUNITY**  
(CONSIDER EVERYTHING YOU KNOW ABOUT THE CLIENT)

\_\_\_ THE CLIENT CAN/COULD LIVE INDEPENDENTLY

\_\_\_ THE CLIENT NEEDS/SHOULD HAVE MINIMAL ASSISTANCE/SUPERVISION

\_\_\_ THE CLIENT NEEDS/SHOULD HAVE MODERATE TO MAXIMAL ASSISTANCE

## ITEM RAW SCORES

COMPETENT = 4    QUESTIONABLE = 3    INEFFECTIVE = 2    DEFICIENT = 1

**BODY POSITION**

Stabilizes 4 3 2 1

Aligns 4 3 2 1

Positions 4 3 2 1

**OBTAINING AND HOLDING OBJECTS**

Reaches 4 3 2 1

Bends 4 3 ② 1 2-3 膝ががめるのに<sup>ヤカ</sup>ヤカ

Grips 4 3 ② 1 2-1 ヤカンの7月滑り

Manipulates 4 3 2 1

Coordinates 4 3 ② 1 2-1 ヤカンの7月固定遅れる

**MOVING SELF AND OBJECTS**

Moves 4 3 2 1

Lifts 4 3 2 1

Walks 4 3 2 1

Transports 4 3 2 1

Calibrates 4 3 2 1

Flows 4 3 2 1

**SUSTAINING PERFORMANCE**

Endures 4 3 2 1

Paces 4 3 2 1

Attends 4 3 2 1

Heeds 4 3 2 1

**APPLYING KNOWLEDGE**

Chooses 4 3 2 1

Uses 4 3 2 1

Handles 4 3 ② 1 2-4 ヤカンの7月おけるの遅れる

Inquires ④ 3 2 1

**TEMPORAL ORGANIZATION**

Initiates 4 3 ② 1 2-1 ヤカ持<sup>コ</sup> コーヒーを<sup>コ</sup> コーヒー

Continues 4 3 ② 1 2-2 ヤカ<sup>コ</sup> コーヒー → ヤカ<sup>コ</sup>

Sequences ④ 3 2 1

Terminates 4 3 ② 1 2-4 コーヒー<sup>コ</sup> コーヒー

**ORGANIZING SPACE AND OBJECTS**

Searches/Locates 4 3 ② 1 2-1 スプーン<sup>コ</sup> 出すのにまよう

Gathers 4 3 2 1

Organizes 4 3 2 1

Restores 4 3 2 1

Navigates 4 3 ② 1 2-1 ヤカ<sup>コ</sup> コーヒーが<sup>コ</sup> コーヒー

**ADAPTING PERFORMANCE**

Notifies/Responds 4 3 2 1

Adjusts 4 3 2 1

Accommodates 4 3 2 1

Benefits 4 3 2 1

図II-5-5 「コーヒー又は紅茶を入れる」課題のAMPSのスコアシート (健常成人)

# AMPS2005 SCORE FORM

**CLIENT INFORMATION**

EXAMINER: \_\_\_\_\_

CLIENT: \_\_\_\_\_

CLIENT ID: \_\_\_\_\_ AGE: \_\_\_\_\_

GENDER: MALE \_\_\_\_\_ FEMALE \_\_\_\_\_

MAJOR DIAGNOSIS: \_\_\_\_\_

SECONDARY DIAGNOSIS: \_\_\_\_\_

DATE OF EVALUATION: \_\_\_\_\_

TASK OBSERVATION NUMBER: 1 \_\_\_\_\_ 2 \_\_\_\_\_ 3 \_\_\_\_\_ 4 \_\_\_\_\_

TASK: \_\_\_\_\_

TAL \_\_\_\_\_

RATE THE QUALITY OF THE CLIENT'S PERFORMANCE OF THIS TASK:

	NO PROBLEM			INORDINATE		
	1	2	3	4	5	6
INCREASED EFFORT	1	2	3	4	5	6
DECREASED EFFICIENCY	1	2	3	4	5	6
DECREASED SAFETY	1	2	3	4	5	6
ASSISTANCE PROVIDED	1	2	3	4	5	6

RATE THE CLIENT'S OVERALL ABILITY TO LIVE IN THE COMMUNITY  
(CONSIDER EVERYTHING YOU KNOW ABOUT THE CLIENT)

\_\_\_\_ THE CLIENT CAN/COULD LIVE INDEPENDENTLY

\_\_\_\_ THE CLIENT NEEDS/SHOULD HAVE MINIMAL ASSISTANCE/SUPERVISION

\_\_\_\_ THE CLIENT NEEDS/SHOULD HAVE MODERATE TO MAXIMAL ASSISTANCE

## ITEM RAW SCORES

COMPETENT = 4    QUESTIONABLE = 3    INEFFECTIVE = 2    DEFICIT = 1

**BODY POSITION**

Stabilizes 4 3 (2) 1 2-1 歩行時ふらつき

Aligns (4) 3 2 1

Positions 0 4 3 (2) 1 2-1 急須にお湯 elbow up

**OBTAINING AND HOLDING OBJECTS**

Reaches (4) 3 2 1

Bends (4) 3 2 1

Grips 4 3 (2) 1 1-1 急須のフタ滑る 2=3かき

Manipulates (4) 3 2 1

Coordinates 4 3 (2) 1 2-1 手滑りヤカンのフタ閉まらぬ

**MOVING SELF AND OBJECTS**

Moves 4 3 (2) 1 2-1 食器棚の戸を閉めかける

Lifts 4 3 (2) 1 2-2 ヤカンの流しから持ち上げる

Walks 4 (3) 2 1 3 若干止まり歩行

Transports 0 4 3 (2) 1 2-2 物を運ぶ時止まり

Calibrates 4 3 (2) 1 2-3 ヤカンを注ぐ

Flows (4) 3 2 1

**SUSTAINING PERFORMANCE**

Endures (4) 3 2 1

Paces 4 3 (2) 1 2-3 若干遅い

Attends (4) 3 2 1

Heeds 4 3 (2) 1 2-2 茶たをのぼせかける

**APPLYING KNOWLEDGE**

Chooses 4 3 (2) 1 2-1 茶たを忘れる

Uses (4) 3 2 1

Handles 4 3 2 (1) 1-3 急須のフタが滑る 2=3かき

Inquires (4) 3 2 1

**TEMPORAL ORGANIZATION**

Initiates 4 3 (2) 1 2-1 うろろろ 迷う

Continues 4 3 (2) 1 2-2 お茶のフタをあけてお茶を注ぐ

Sequences (4) 3 2 1

Terminates 4 3 (2) 1 2-4 お湯が少ない

**ORGANIZING SPACE AND OBJECTS**

Searches/Locates 4 3 (2) 1 2-1 お茶のフタがある 電源の

Gathers 4 3 (2) 1 2-1 途中の作業場がある

Organizes 4 3 (2) 1 2-1 ばらばらの作業場

Restores 4 3 (2) 1 2-1 湯が冷めている

Navigates 4 3 (2) 1 2-3 ヤカンの流しに注ぐ

**ADAPTING PERFORMANCE**

Notifies/Responds 4 3 (2) 1 2-4 戸閉めるのが遅れる

Adjusts 4 3 2 (1) 1-3 電源の忘れ

Accommodates 4 3 2 (1) 1-1

Benefits 4 3 (2) 1 2-1

図II-5-6 「コーヒー又は紅茶を入れる」課題のAMPSのスコアシート（脳卒中等の後遺症のある方の生活訓練を実施している作業療法士が脳卒中等の後遺症のある患者を模した場合）

障害者自立支援機器等研究開発プロジェクト  
分担研究報告書

障害者住環境設計に関する研究  
研究分担者 飯島雅人、星野俊樹、田村巖

研究要旨

R Tミドルウェアを活用して「車イス使用者」が自立する為の居住スペースには、主に次のような要件が求められる。

- ・ 通路・廊下の幅確保と段差の解消
- ・ 居室出入り口の幅確保と段差の解消
- ・ トイレ、洗面等の面積確保
- ・ 車イスの回転スペースの確保

しかし、これら「車イス使用者」の居住を前提として設計された住宅は、健常者が生活するには建築費用や床面積配分、居住空間的な無駄が多くなるだけでなく、使い勝手にも違和感がある。こうした事情により、わが国における住宅ストックにおいてはもちろん、新たに建築される住宅や、改修される住宅であっても、「車イス使用者」等の「障害者」の生活に配慮した住宅として施工に到ることは極めて少なく、今後の増加も期待できない。

こうした状況を鑑み、本研究では、R T等を用いて障害者が自立生活を目指す際にも、一般的な健常者が居住する際にも、それぞれに適合性の高い居住スペースを、限られた予算と空間の下で実現するため、大工工事等要さずに間取りや空間を変更できるシステムを導入した模擬住宅スペースを、産業技術総合研究所の研究棟内に試作し、変更容易性の確認、R T機器設置の簡便性等を検証した。

併せて、R Tを活かした空間の有効利用が違和感なく日常生活に受け入れられるように、産業技術総合研究所が開発しているアクティブキャスターの設置を前提としたテーブル等、家具・建具の設計・製作も実施し、本プロジェクトの目的が効果的に達成されるための住環境設計を包括的に行った。

## A. 研究開発目的

本研究では、R Tを用いた障害者の自立に適した居住スペースと、一般的な健常者の居住に適した居住スペースの両立を限られた費用と空間で実現させるため、以下の項目を満たす技術開発を目指した。

### 1) 障害者自立と健常者居住の両立を図る間取り等の可変方式開発

- ① 特殊な工具、職人の作業なしに「廊下幅」及び「水まわりの間取り」を変更できる仕組みの開発、試行
- ② 間取り可変方式と変更作業の容易性、安全性等の確認
- ③ R T機器使用時の適合性、健常者使用時の適合性の確認、及びインテリア性、費用など実建物への導入に関わる問題点の抽出
- ④ アクティブキャスターによる自立走行家具使用時の住宅への影響、設計上の留意点等の抽出

### 2) R T部品付加に対応した家具等の設計、製作、要件抽出

- ① アクティブキャスター付加を前提にしたイス、テーブル等、家具の設計、製作、使い勝手、キャスター部カバー効果等の検証
- ② アクティブキャスター等の設置による自動開閉を前提とした扉の設計、製作、使い勝手、キャスター部カバー効果等の

## 検証

- ③ 視覚障害者が使用しやすい家具の設計、製作、使い勝手、キャスター部カバー効果等の検証
- ④ 高次脳機能障害者の調理支援システムに適した、設備の選択、配置の検証
- ⑤ アクティブキャスターによる自立支援に適した家具の大きさと部屋の広さに関する知見の獲得

## B. 研究開発方法

以下の2点を考慮して、産業技術総合研究所の中央第2研究棟内に模擬的な居住スペースを設計し、設置工事を行った。

・R Tミドルウェアを用いた機器が効果的に機能を発揮できる居住スペースおよび生活備品の設計・設置・製作

・障害者の生活にも健常者の生活にも対応できる空間変更可能性（可塑性）を指向した居住スペースの設計・設置

設計する居住スペースは、基本的な生活行為が模擬的に行える一般的な間取りであることを前提とするが、本プロジェクトの事業計画に従い以下の内容を重視して、図II-6-1に示す居住スペースの設計を行った。

### 1) R Tミドルウェアを用いた障害者支援試行の観点から

- ①車椅子使用者の限られたスペース内での移動に際し、R Tミドルウェアを用いたア

クティブキャスター等による支援の効果検証ができること。

②視覚障害者の求める家具配置復旧に際し、RTミドルウェアを用いたアクティブキャスター等による支援の効果検証ができること。

③高次脳機能障害者の調理支援システムの試行ができるよう、障害者でも使用しやすい調理設備を有すること。

④アクティブキャスターの設置を前提として安全に使用できるテーブル等家具が付属していること。

⑤アクティブキャスター等により開閉の自動化がなされる内部建具が付属していること。

2) 障害者の生活に対応できる空間変更可能性（可塑性）の指向の観点から

①廊下幅の可変性により、車椅子等使用者の移動を妨げにくい環境がつけられること

②水回り空間の間仕切り可変性により、障害者が自立して使いやすい環境がつけられること

③前述②、③の要件を満たしつつ、健常者でも違和感のない居住環境がつけられること

## C. 研究開発結果

### 1) 模擬居住スペースの設置

前述図 II-6-1 の設計図に基づいて、産業技術総合研究所の中央第 2 研究棟内に模擬居住スペースの設置おこなった。居住スペースの状況を図 II-6-2～11 に示す。

- ・ダイニング・キッチンスペースは約 8 帖を確保した。調理設備は幅約 2.6m の IH クッキングヒーター付きのもので、近傍に冷蔵庫や食器棚を配置しやすいレイアウトで設置した。車椅子使用者等でも作業しやすいものとした。(図 II-6-2)
- ・各種研究器材の搬入がしやすいよう、台所脇の研究室につながる場所にスロープを設置した。(図 II-6-3)
- ・水回りスペースについては、可変性確保の観点から、固定した壁は設置しない状況とした。(図 II-6-4, 図 II-6-5)
- ・玄関ホール等には車椅子の衝突等により壁が破損しないよう、大型の巾木を設置した。(図 II-6-6)
- ・玄関は一般的な住宅を想定した広さ、仕様の玄関とし、高さ約 15 cm の上がり框を設けた。段差解消機の使用を想定した電源を設けた。(図 II-6-7)
- ・リビングは、可動式ベッドユニットが置かれた状況で、使用できる床面積を最小 7 帖～最大約 10 帖まで変更できるようにした。(図 II-6-9, 図 II-6-10)
- ・サッシは、リビングに幅約 2.6m、ダイニングに幅約 1.7m のものを設け、遮光のためのブラインドをそれぞれに設置した。(図 II-6-10, 図 II-6-11) ブラインドは RT ミドルウェアによる制御を想定し電動タイプを採用した。
- ・照明機器を各所に設け、RT ミドルウェアによる制御を想定しリモコン式のもの

を採用した。

## 2) 空間変更可能性（可塑性）の仕組み導入

車椅子等を使用する障害者でも、健常者でも違和感無く生活空間を設定するため、廊下の幅と水回りスペースの間仕切りについて、可変性を持たせる仕組みを導入した。

(図 II-6-12)

これらのスペースが居住者の身体状況等に応じて、使い勝手の良い幅、サイズに設置されることが、これからの住宅ストックに求められると考える。以下に、その方法と設置状況を示す。

### ①廊下幅の可変性

通常の住居は、廊下幅の拡幅等変更をすることは難しく、構造上不可能な場合も多い。一般住宅の廊下の有効幅は80 cm～90 cm程度であり、居室面積を優先するため、これ以上幅広い廊下が作られることはまれである。大型の車イス使用者等障害者が住宅を選ぶ際に、こうした廊下や移動経路の幅がネックとなり、選択肢を少なくしていることも考えられる。

大型の車イス使用者でも使いやすい廊下幅を確保できる設計を広くストックに反映させるためには、健常者が居住する場合に不要となる廊下幅の部分を居室や収納などのスペースに簡単かつ有効に充てることのできる配慮がされていることが必要と考える。この要件を満たすように以下の配慮を取り

込んだ。

a) 可動壁による廊下幅の変更（居室面積変更）

b) 折りたたみ収納家具による廊下幅の変更

これらの方法により、廊下幅の調整が可能となり、車イス使用者やアクティブキャスター付き家具の通過しやすさにかかわる測定・実験することも可能となる。

a) 可動壁による廊下幅の変更

図 II-6-13 に示すベッドを含む可動壁ユニットが移動することにより、廊下幅を変更できる仕組みとした。

b) 折りたたみ家具による廊下幅の変更

可動壁面に、折りたたみ式の収納家具を設置（造りつけ）した。折りたたまれた状態で家具の奥行きは、70 mm（廊下幅は約1200 mm）であるが、収納として使用できる状態に開くと、奥行き340 mm（廊下幅は930 mm）となる。この開閉時の奥行き差分270 mmで廊下幅の調整（1200 mm～930 mm）ができるようにした。（図 II-6-14）

また家具は上下に区分して折りたたむことが可能であり、虚弱高齢者等がつかまり歩行する際、みなし手すりとなる機能を付加した。（図 II-6-15）

造り付け家具は折り畳まれた際に壁面とほぼ一体化することで、未使用時の収納場所に困ることがない。（図 II-6-16、図 II-6-17）

② 水回りの可変間仕切り

車イス等を使用する障害者において、トイレをはじめとする水回り空間の使い勝手は、排泄行為の自立や介助の負担に大きく影響するもの大きな問題の1つと考えられる。健全者世帯に求められるトイレ等水回りの固定した間仕切りは、車イス等を使用する障害者の自立生活や介助において大きなバリアになると想像され、これら水回り間仕切りの可変性（可塑性）も、今後の住宅ストックに備わるべき重要な要件の一つと考えられる。この状況を解決できるよう、以下の点に配慮して、可変間仕切りを製作した。

- ・ 可変間仕切りにより出入りのしやすい動線の確保するため、自立・介護しやすい一空間の面積確保が容易にできることが、障害者にとって必要。通常の健全者が使用する場合にも、違和感・仮設感のない間仕切りでありつつ、可変性をもった間仕切りを目指した。（図 II-6-18～25）
- ・ 変更は六角レンチのみを使って、組立家具のように容易に壁を取り外すこと、仕切ることができる仕様を目指し、試行した。

### 3) アクティブキャスター等を活用した障害者移動支援に資する家具・建具の設計

障害者が自立生活をしようとするときに、広い住宅を確保するのは困難な場合も多々考えられる。さらに車イス等の利用により、住宅内部の動線確保が困難となる。空間を

いかに有効活用するかは重要な課題である。かつての日本の住まいは、限られた空間（茶の間）を、ちゃぶ台、布団等家具の移動により有効に活用することを可能としてきた。そこで、今回の模擬住宅では、可能な限り、家具（テーブル、椅子、ベッド）が車イス使用者等居住者の移動経路を妨げないように機能的に移動することを指向した。また、建具についても移動支援できるものを設置した。

#### ① アクティブキャスター等による、移動制御を前提とした家具の設計

限られた居住空間で車イス等使用する障害者の移動支援や、視覚障害者の生活支援する可能性を検証する目的で、以下のような家具の製作を行った。

##### a) 収納家具の製作

アクティブキャスターによる移動制御を前提に、今回は2タイプの収納家具を製作した。（図 II-6-26～28）

製作にあたって主に配慮した点は以下である。

- ・ 移動や使用により、バランスが崩れて家具が転倒しないこと
- ・ 下部に設置したキャスターが家具から露出して、生活者や他の家具等に接触しないこと。

##### b) テーブルの設計

ダイニングとリビングにテーブルを設定した。（図 II-6-29～31）主に配慮した点は下記である。

- ・ アクティブキャスターを設置し、移動してもキャスターが露出して居住者や他の家具と接触しにくいづくり。
- ・ キャスターの力が床面に対して、適切に働くように調整できるづくり。
- ・ バッテリー等キャスター設置に際して、必要な装置が、居住者の動作や情緒にできるだけ影響を与えないづくり。
- ・ ダイニングとリビングのテーブルは高さで短編のサイズを合わせ、来客時に一体化して使用しやすいづくり。

#### c) イスの設計

ダイニングとリビングで使用するためのイス計4脚を設計・製作した。2タイプ(各2脚)製作し、アクティブキャスターとの適合性を確認できるようにした。(図II-6-32~34) 主に配慮した点は下記である。

- ・ キャスターが露出して、使用者等の足の動きの妨げにならないこと。
- ・ バッテリーやキャスターを設置しても使用者の動作や情緒に与える影響が少ないこと。
- ・ 位置測定ユニット(スターゲイザー)が設置できるづくりであること。

#### d) ベッドの設計・設置

ベッド等寝具は、家庭内で最も平面積を要する家具といえる。限られた住居スペースで、車イス等を使用する障害者の生活空間においては、未使用時は簡単に撤去されることが望ましいと考える。今回は、上下

に昇降するベッドを移動壁ユニット内に設置し、就寝しないときは上昇して下部を生活空間として充てることのできるようにした。(図II-6-35, 図II-6-36)

#### ② アクティブキャスター等による自動開閉式内部建具の設計

以下3つの内部建具について、車イス等使用する障害者の移動をサポートし、自立生活を支援するため、自動開閉ができるようにした。(図II-6-37)

##### a) アクティブキャスターを使用した内部開き戸の設計設置

通常開き戸は、車椅子等を使用する障害者の生活する居住空間においては、好ましくないとされるが、アクティブキャスターの後付設置により、適性が向上する可能性を検討するため、主に以下の点に配慮して設置した。(図II-6-38)

- ・ 基本的には一般的な開き戸であること。
- ・ ラッチは、比較的軽い力で解除されるものであること。

##### b) アクティブキャスターを使用した内部引き戸の設計設置

引き戸は、車椅子等を使用する障害者の生活する居住空間において、適性の高い建具とされているが、生活する居住者の障害の程度によっては、開閉が困難な場合も考えられ、アクティブキャスターの後付設置による、移動支援の可能性を検討するため、主に以下の点に配慮して設置した。(図II-6-39)

- ・ 基本的には一般的な引き戸であること。
- ・ 比較的軽い力で開閉できる上吊り式であること。
- ・ アクティブキャスターを設置しても開閉動作や使用者の移動をなるべく妨げないこと。

#### c) 通常自動ドアタイプの内部引き戸の設計設置

自動開閉式の引き戸は、車椅子等を使用する障害者の生活する居住空間において、理想的な扉と考えられる。前述「b) アクティブキャスターを使用した内部引き戸」と使用感の比較検討を行う目的で、主に以下の点に配慮して設置した。(図 II-6-39)

- ・ 「b) アクティブキャスターを使用した内部引き戸」同様、一般的な引き戸であること。
- ・ 停電時でも通常の引き戸同様に開閉できること。

#### 4) その他の障害者支援となる設備の仕組み

今回の模擬居住スペースが、障害者の効果的な自立生活支援となるよう、以下の設備の製作や設置も行った。

##### ① 電動ブラインドの設置

開口部の遮光・採光等の目的でブラインドを設置した。生活支援のための制御の目的から、電動で開閉、昇降できるタイプの物を採用した。(図 II-6-40)

##### ② 玄関収納の製作・設置

高齢者や障害者の、安全な外出を促し、使い勝手の良い玄関収納を試行的に製作し設置した。主に以下の点に配慮して製作した。(図 II-6-41～43)

- ・ 高齢者・障害者に対応した特別な仕様のものに見えないこと。
- ・ 高齢者や歩行機能低下者でも安全に靴の着脱ができるような、対応力のあるベンチ機能が備えられていること。
- ・ 玄関での移動時の掴まり立ちや歩行のサポートになりやすいデザインであること。
- ・ 車椅子の収納にも適するような配慮がされていること。

##### ③ 段差解消機用電源の設置

住宅を建設する場合、耐久性維持等の観点から基礎を設ける必要性があり、結果として敷地と床面に高低差が生じる状況にある。この高低差を建物玄関内部で処理した場合、玄関たたきと床面の間の框部分に段差が生じる。この段差を解消するための段差解消機設置を前提として、框部分に電源を設置した。(図 II-6-44)

#### D. 考察

今回は間取りの可変性をもった居住スペースの設計と R T 部品付加に対応した家具等の設計を中心に障害者住環境設計を行った。目的で掲げた項目について、課題点等を抽出する。

1) 障害者自立と健常者居住の両立を図る  
間取り等の可変方式開発に係わる課題点

①廊下幅の可変性について

a) 移動壁ユニットについて

本研究で製作した移動壁ユニットは、下部に一般的なキャスターを取り付けて人力で移動させるものであったが、通常の固定された壁に取り付けられる重量物（昇降ベッド、作り付け家具）に耐えられる強度の確保を試みた為に鉄骨フレームが必要となった。その結果、移動させるユニットがベッド等の付属物を含めると 200kg を超える重量となった。しかし、人力による移動に支障はなく、成人男性が一人で動作できるものであった。

移動壁の固定には壁下部に取り付けたゴムの足が付いたネジを回転させることで床に圧着させ摩擦により固定する方式としたが、固定した状態の壁を成人男性が全力で押しても動くことはなかった。

また、移動壁ユニットと床の隙間は簡易取り付け式の「幅木」を用いて覆ったが、審美的な違和感はなく、通常の固定壁と遜色はなかった。これらのことから、移動壁ユニットの重量は移動の操作を妨げるものではないこと、移動壁ユニットの重量が固定に寄与していること、移動式であっても仮設感などの違和感はないことが確認された。

今後の課題は鉄骨フレームの強度計算等を行った上で材料の軽減を図ること、設計

のシステム化を図ることでコストを下げること。建築基準法等の法令上の扱いと対応と考えられる。

b) 折りたたみ家具について

廊下の壁面に折りたたみ式の家具を設置（造り付け）して、開閉時の奥行き差分により廊下の有効幅調整ができるようにしたものである。折りたたみ家具の開閉作業については、家具ユニットが6つに分かれていて数が多いものの、1つ1つの開閉作業は比較的簡単であり、多少の時間を使えば一人で十分に開閉できるものである。ただし、こうした開閉作業は日常的に行われるものではなく、家族構成や健康状態、家財・生活雑貨の量等兼ね合いから、居住期間の節目で必要に応じて居住者自身に変更できる仕組みとして考えるものであり、その前提から考えれば、この開閉作業は十分に軽度な作業であると思われる。また、壁面に設置されているため、家具を閉じて使わない状態でも収納場所に困らない点は非常に有効な機能と考える。

使用感とデザイン性については、下部のみ開いた掴まり歩行支援の状態、実際に掴まり歩行を試してみると、天版の角や家具ユニット間の隙間が使用感を下げていると感じられた。また、閉じた状態で開閉部の安定が弱く、力が加わると予期せず開いてしまう懸念がある。周囲の仕上げやインテリアとの違和感は無く、一般的にも受け入れられやすいと考える。

工夫を重ねて使用感や安定感を下げずに材を薄くすることができると、廊下の拡張効果をより大きくすることができ、コストや設置個所へ負荷も抑えられる可能性がある。また今回は、閉じた状態と開いた状態の2段階のみであったが、居住者の嗜好に応じて、段階的に収納の奥行きが変更できる機能も検討する余地があると思われる。

## ②水回り空間の脱着式間仕切り壁について

模擬住宅のトイレと洗面を想定した部位の間仕切りには間取りの変更を容易に行える仕組みを構築するため、脱着式の「間仕切り壁パネル」を試行した。脱着する間仕切り壁パネルは高さを室内扉と同じ1800mmとして、上部に通常の「下がり壁」を設け、この「下がり壁」と床によって固定する方式とした。固定には上部下部とも家具の固定で用いられるネジを使用し、汎用の六角レンチのみで設置・撤去が可能となるように設計した。

また、間仕切り壁パネル同士の結合部からの光の漏れや、隙間の不ぞろいなどの対策として、壁パネル同士が互いにかみ合う構造とした。この結果、インテリア性や使用感について、仮設間仕切りの印象は無く、周囲の内装仕上げとの親和性は高いものとなった。

しかし、衝突強度や遮音性への配慮から、パネルが厚くなったため重量が増え、パネルの脱着は成人男性であっても一人では困難であり、作業には成人男性2名を要する

ものとなった。

また、実生活では撤去した間仕切り壁パネル、建具の保管場所に窮することも予想される。ただし、この間仕切りパネルの脱着は日常的に行われることではなく、優先順位としては壁としての機能、安定感が高いと考えるべきであり、今後はこの点に留意しながら寸法や材質等の変更による軽量化の検討が必要といえる。

## 2) RT部品付加に対応した家具等の設計、製作、要件抽出に係わる課題点

アクティブキャスターを設置するテーブル等家具の適性については、当初、市販の家具への付加を検討したが、アクティブキャスター自体の旋廻による家具面積からはみ出しが、キャスター同士の干渉や家具使用者にとって邪魔になることや、つまずきの原因になり、さらに家具の中心方向内側にキャスターが回りこむことで、バランスが崩れ不安定になる事態も予想された。また、家具の自立走行時の転倒予防や家具の重心とキャスター取り付け位置の距離、自立走行時のトラクション調整も必要と考え市販家具の改造ではなく新たな家具を設計した。

こうした検討に基づき、イス、テーブルでは四方の脚部に直接キャスターを取り付けずに、脚と脚の間に板を渡し、その板にキャスターを取り付けるようにした。このことにより、キャスターが家具の内側に回

りこんだときの不安定さ、キャスター同士が干渉してイスがテーブルの下に入らないという状況、キャスターが使用者の邪魔になるという状況は避けることができた。また、家具の重心に近い位置にキャスターを取り付けられるようになっただけでなく、取り付け面を広くすることができたので、トラクションの調整が可能な台座を取り付けることができた。

一方、収納家具では、四隅にキャスターを取り付ける方式とした。イス等と比較して、もともと重心が高いので、転倒防止のために重心を下げる。また、四隅に取り付けたキャスターが内側に回りこんだ時にも安定するよう、家具の面積よりも若干大きい台座を作成し、その上に収納家具を固定する方式とした。台座には四方を囲むスカートを設定、四隅に取り付けたキャスターの外部への突出防止と、傾いた際の支えとなるようにした。ただ、スカート部分の突出寸法については、居住者のつまずきや衝突の可能性が考えられることから、家具自体の転倒危険が無い範囲で可能な限り縮小されることが望まれる。

実際にアクティブキャスターを取り付けた走行試験では、複数の家具が同期して移動が確認されたので、家具とアクティブキャスターとの相性は良好と判断される。さらに、このような、特殊な機能を付加しながらもイスやテーブル、収納家具とも使用上の違和感はなく、通常の家具としての

機能には何ら問題のないものが実現できた。また、審美的にも現代住宅用のインテリア用品として一定の水準を満たしており、生活になじみ、受け入れられやすいデザインを実現できたと考える。

ただし、既存の家具に設置して適切にアクティブキャスターが機能するかについては、個々の家具の特性により大きなばらつきが生じると推察され、アクティブキャスター普及に際しては、今回の知見を活かし、種々の調整機能を取り入れることが重要と感じられた。

## E. 結論

R Tミドルウェアを活用した障害者の生活支援を試行するための模擬居住スペースを設計・設置を行い、アクティブキャスターの付加に対応した家具製作等、本プロジェクトの目的が効果的に達成されるための住環境設計を包括的に行った。

「廊下幅」と「水まわりの間取り」の可変性ある空間の試行的開発については、重量等に伴う移動、設置・撤去のしやすさやコスト等、実際の普及を見据えた際に重要な課題を残しつつも、健常者にも車椅子等を使用する障害者にも適性のある可塑性をもった空間構成の仕組みを具体化することができた。これにより、住宅の長寿命化が求められる現在において、より多様な身体機能の居住者に対する適合性を持った住宅ストックの重要な要件を示すことができた

と考える。

また、アクティブキャスターの付加に対応した家具等の製作については、様々な家具にキャスターを付加して実際に移動させる際に生じる調整の仕組みの重要性が大きく、アクティブキャスターの普及に向けた仕様検討の課題点が示唆された。

#### F. 健康危険情報

(総括研究報告書にまとめて記入)

#### G. 研究発表

##### 1. 論文発表

該当なし。

##### 2. 学会発表

該当なし。

#### H. 知的財産権の出願・登録状況

(予定を含む。)

##### 1. 特許取得

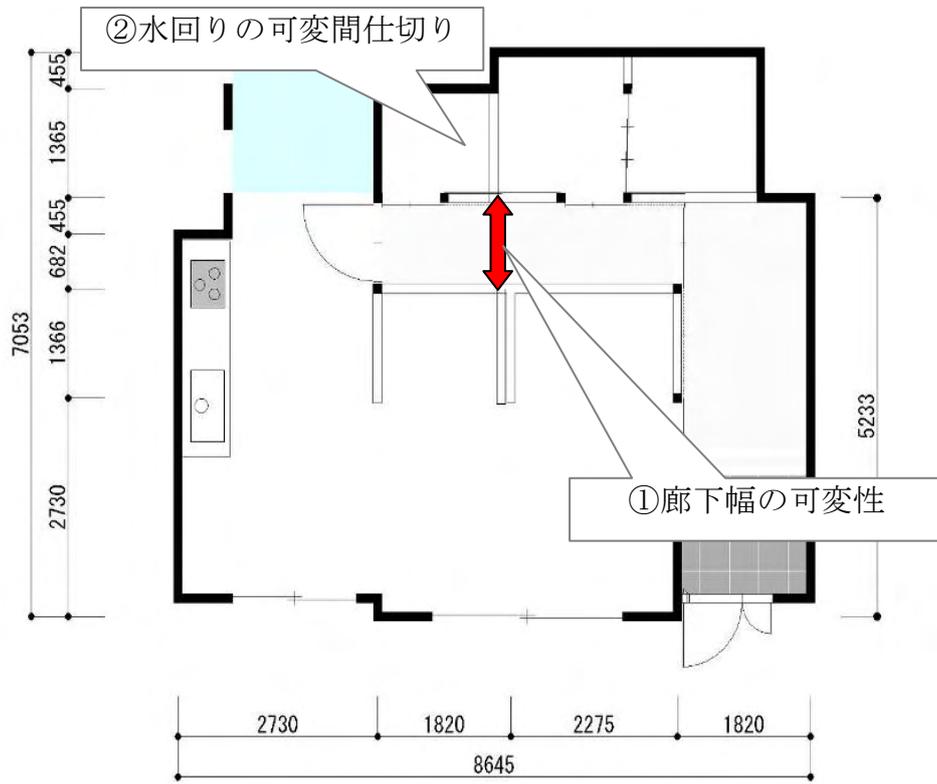
該当なし。

##### 2. 実用新案登録

該当なし。

##### 3. その他

該当なし。



図II-6-1 模擬居住スペース 平面図



図II-6-2 調理設備



図II-6-3 器材搬入用スロープ



図II-6-4 水回りスペース



図II-6-5 水回りスペース、浴室スペース入口



図II-6-6 玄関ホール



図II-6-7 玄関内部



図II-6-8 窓外側



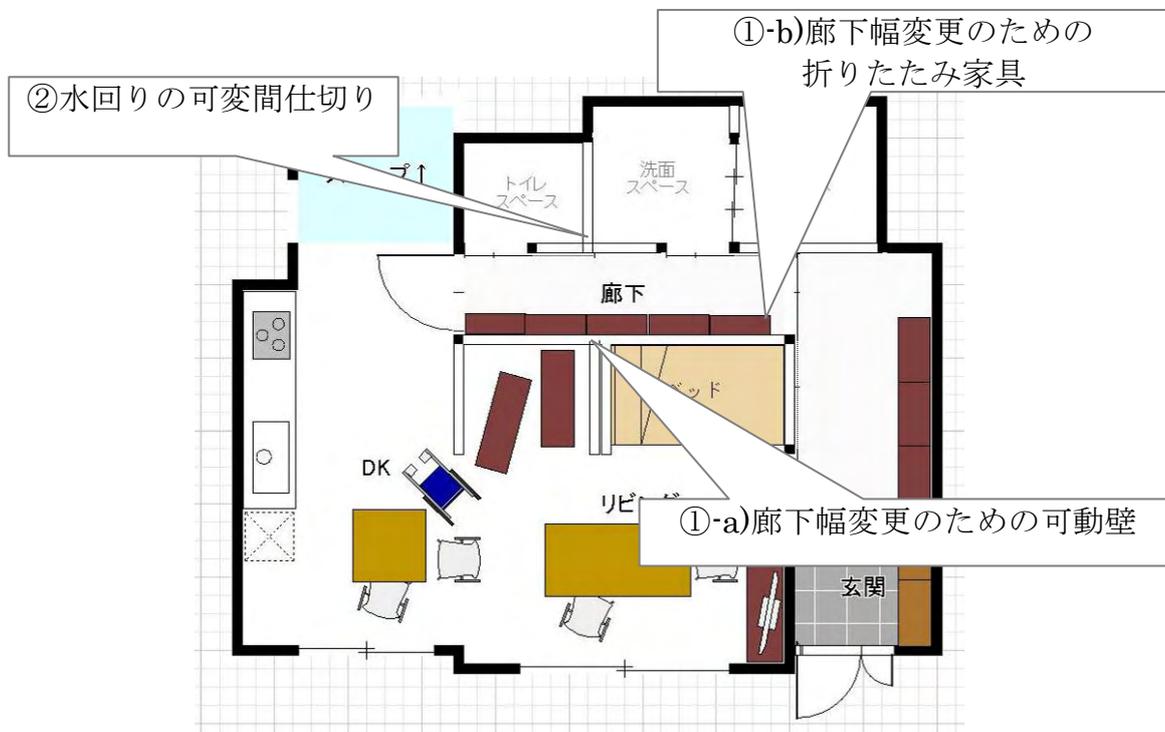
図 II-6-9 リビング



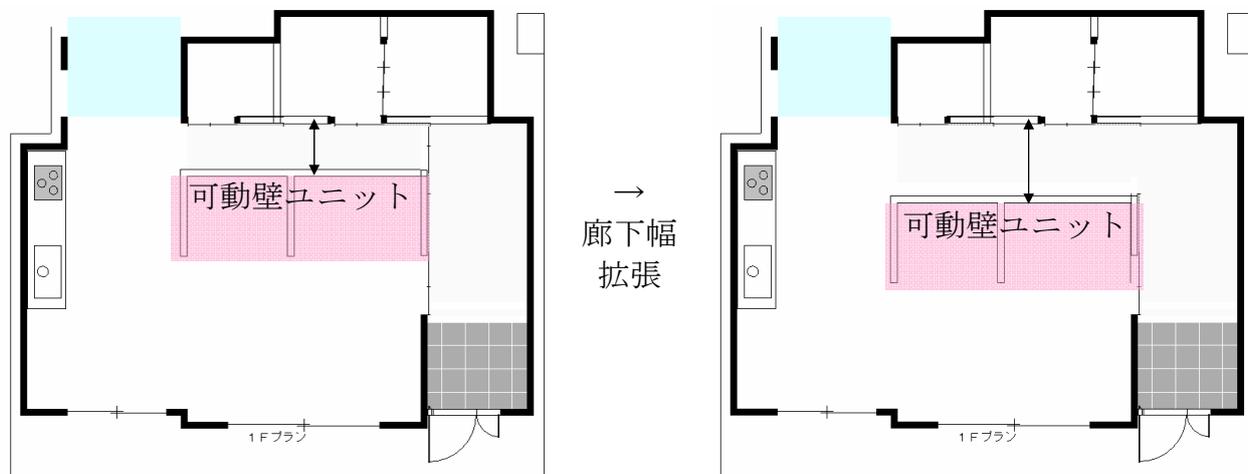
図 II-6-10 リビングサッシ



図 II-6-11 リビングとキッチン



図II-6-12 模擬居住スペース 設置予定備品を配置した平面図



図II-6-13 可動壁ユニットの移動による廊下幅の変更



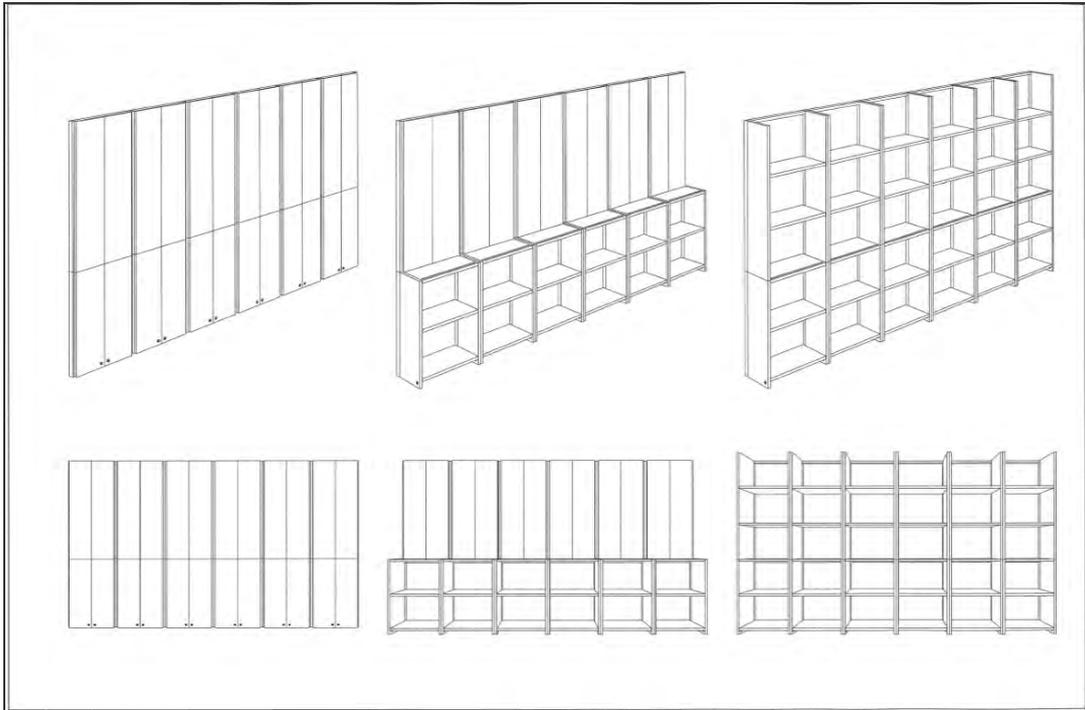
図II-6-14 廊下設置した折りたたみ家具（開いて廊下が狭い状態）



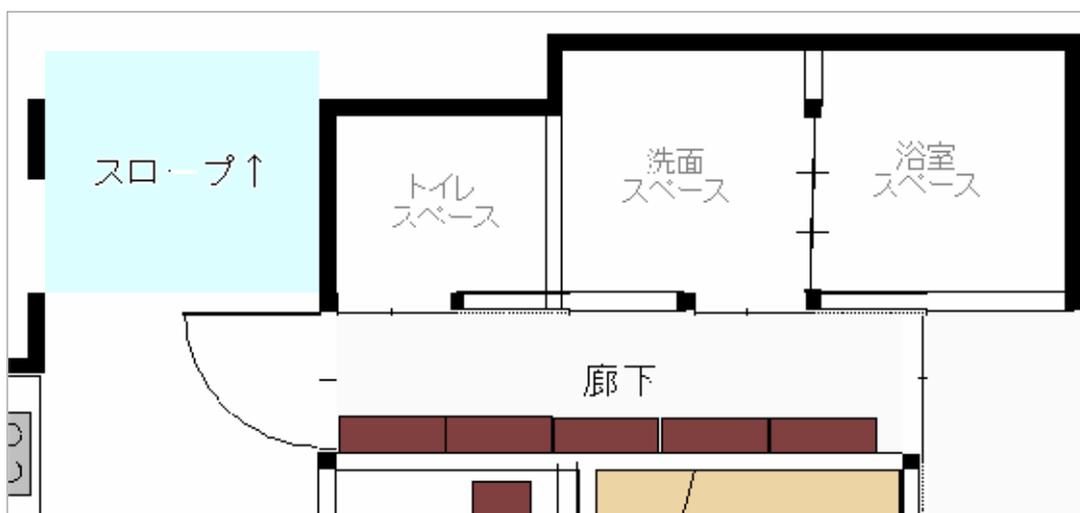
図II-6-15 折りたたみ家具の下部のみ開いて、つかまり歩行に対応した状態



図II-6-16 折りたたみ家具を閉じた状態（廊下が広い状態）



図II-6-17 折りたたみ廊下収納家具のパーツ



図II-6-18 健常者の使用を想定した間仕切り



図II-6-19 要介護高齢者の使用を想定した間仕切り



図II-6-20 大型車椅子等使用者を想定した間仕切り



図II-6-21 水回り（可変間仕切り非設置状態）



図II-6-22 水回り（間仕切り非設置の梁のみの状態）



図II-6-23 水回り（間仕切り設置状態、洗面スペース側）



図II-6-24 水回り（間仕切り設置状態 トイレスペース側）



図II-6-25 水回り（間仕切り設置状態 廊下側）



図II-6-26 給茶用移動家具



図II-6-27 生活小物用移動家具



図II-6-28 転倒防止・キャスター露出防止のためのスカート



図II-6-29 ダイニングテーブル



図II-6-30 リビングテーブル



図II-6-31 テーブル下面のアクティブキャスター取り付け台座部分



図II-6-32 イス（前脚部キャスター無しタイプ）



図II-6-33 イス（前脚部フリーキャスタータイプ）



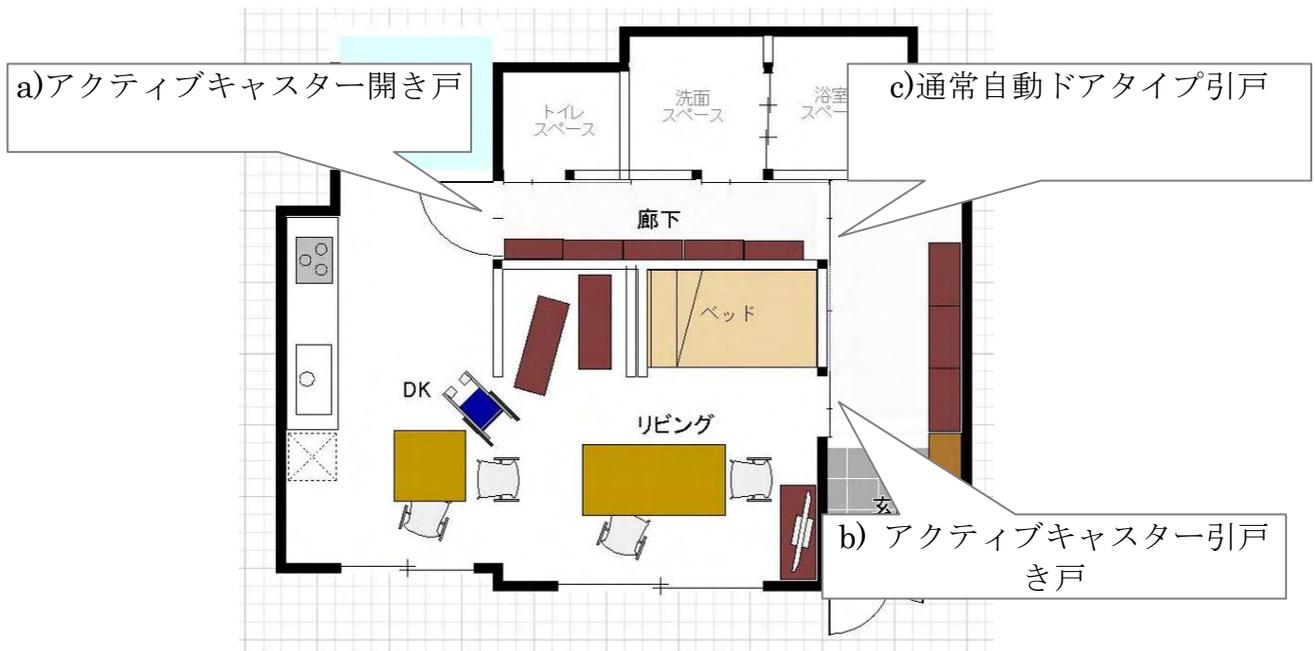
図II-6-34 イス下面のアクティブキャスター取り付け台座部分



図II-6-35 ベッド使用時（差し替え検討）



図II-6-36 ベッド上昇の状態（差し替え検討）



図II-6-37 自動開閉式内部建具の配置



図II-6-38 開き戸（アクティブキャスター設置対応）



図II-6-39 アクティブキャスター設置対応引き戸と通常自動ドアタイプ引き戸の開閉時



図II-6-40 電動ブラインド



図II-6-41 玄関収納（健常者使用時の飾り棚状態）



図II-6-42 玄関収納（虚弱高齢者等使用時のベンチ状態）



図II-6-43 玄関収納（車椅子収納に対応可能な可動棚）



図II-6-44 玄関框に設置した段差解消機用電源

研究成果の刊行に関する一覧表レイアウト

書籍

著者氏	論文タイトル	書籍全体	書籍名	出版社	出版地	出版	ページ
なし							

雑誌

発表者氏名	論文タイトル名	発表誌名	巻号	ページ	出版年
N. Sato, I. Yoda, and T. Inoue	Shoulder Gesture Interface for Operating Electric Wheelchair	Proceedings of 2009 IEEE 12th International Conference on Computer Vision Workshops		2048-2055	2009