

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イク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



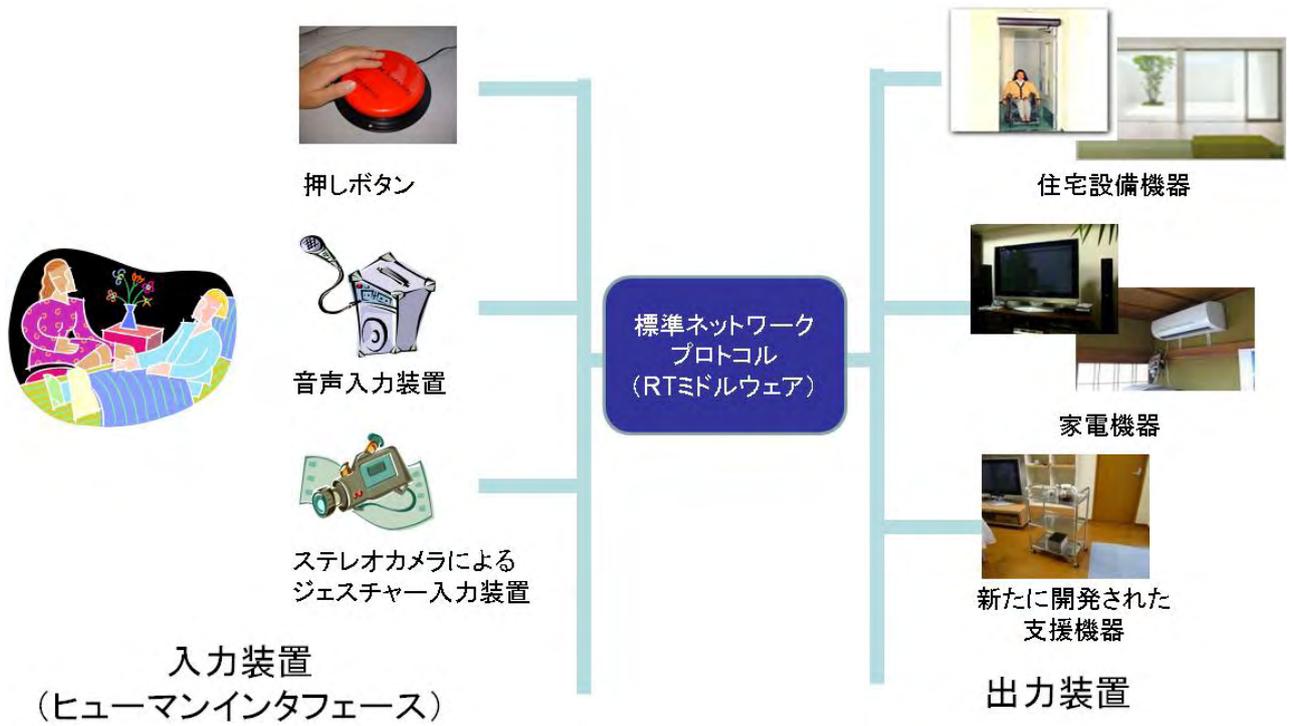
図I-2 調理プロセス提示ツール



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