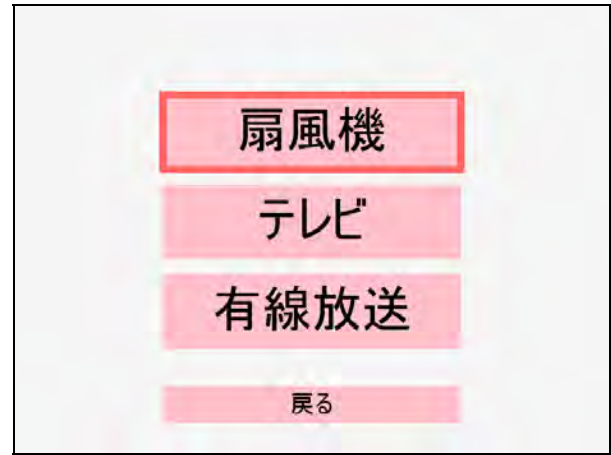
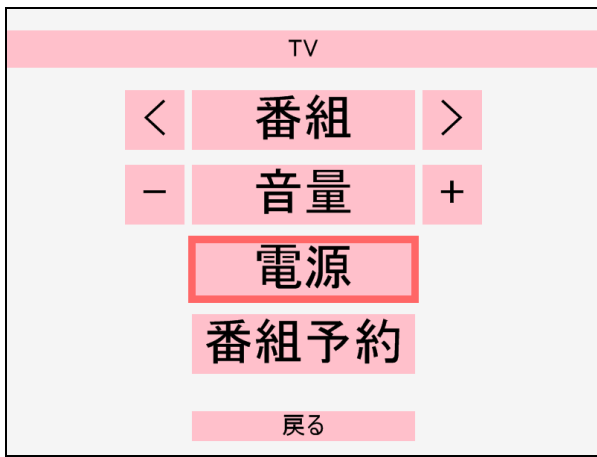


(1) ロック解除画面



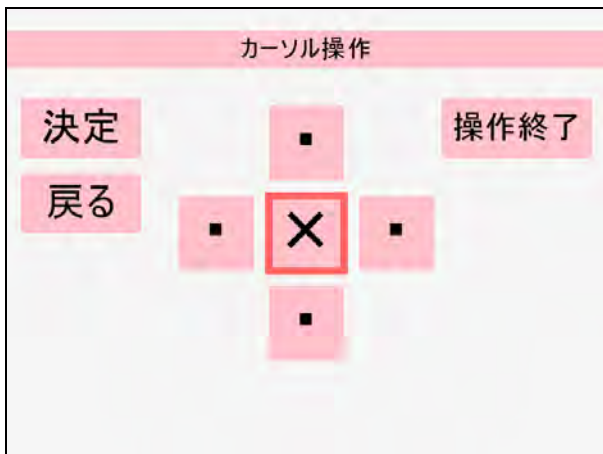
(2) トップメニュー



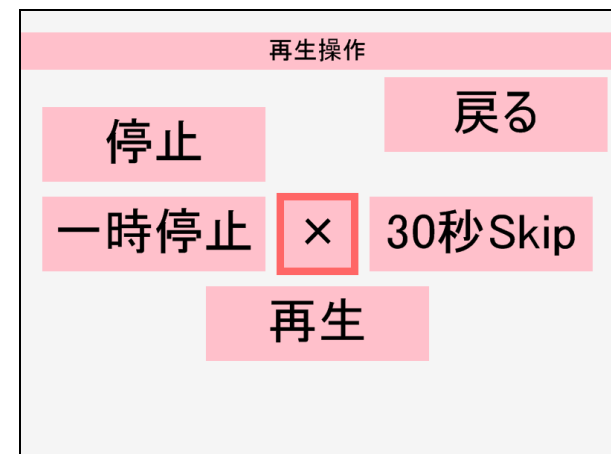
(3) テレビトップメニュー



(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

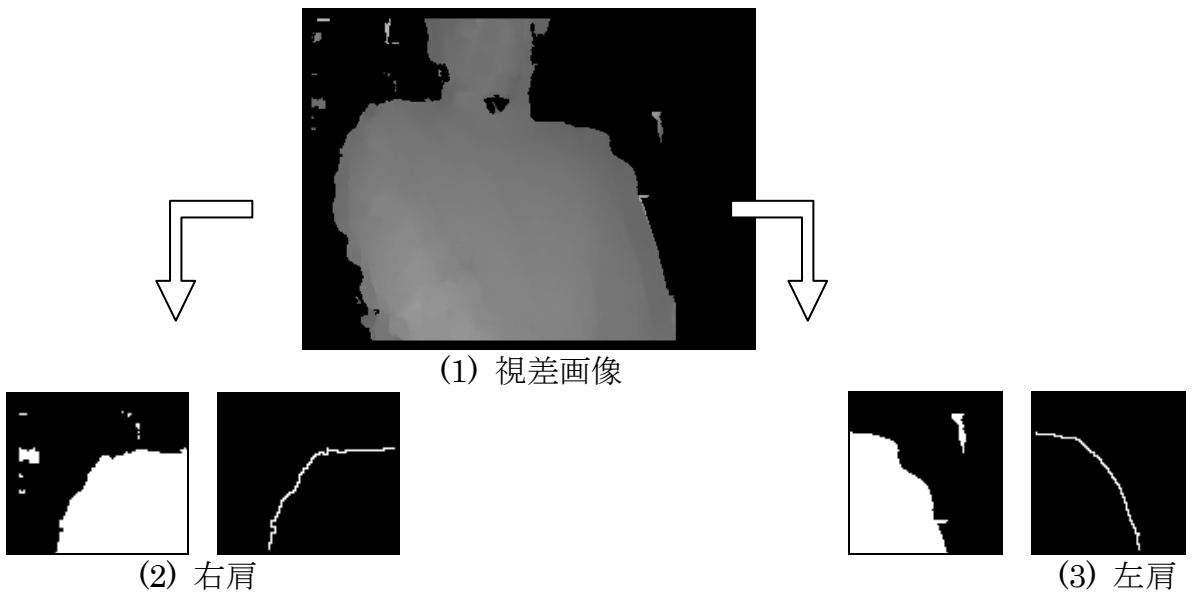


図 II-3-7 肩のジェスチャの認識処理過程

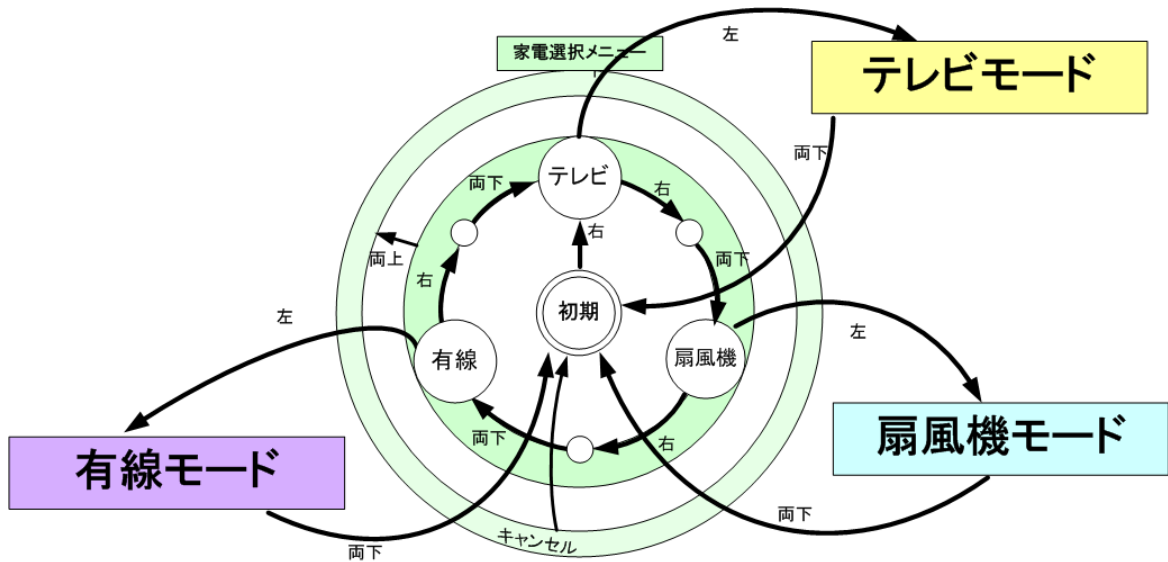


図 II-3-8 肩ジェスチャ機器選択状態遷移図

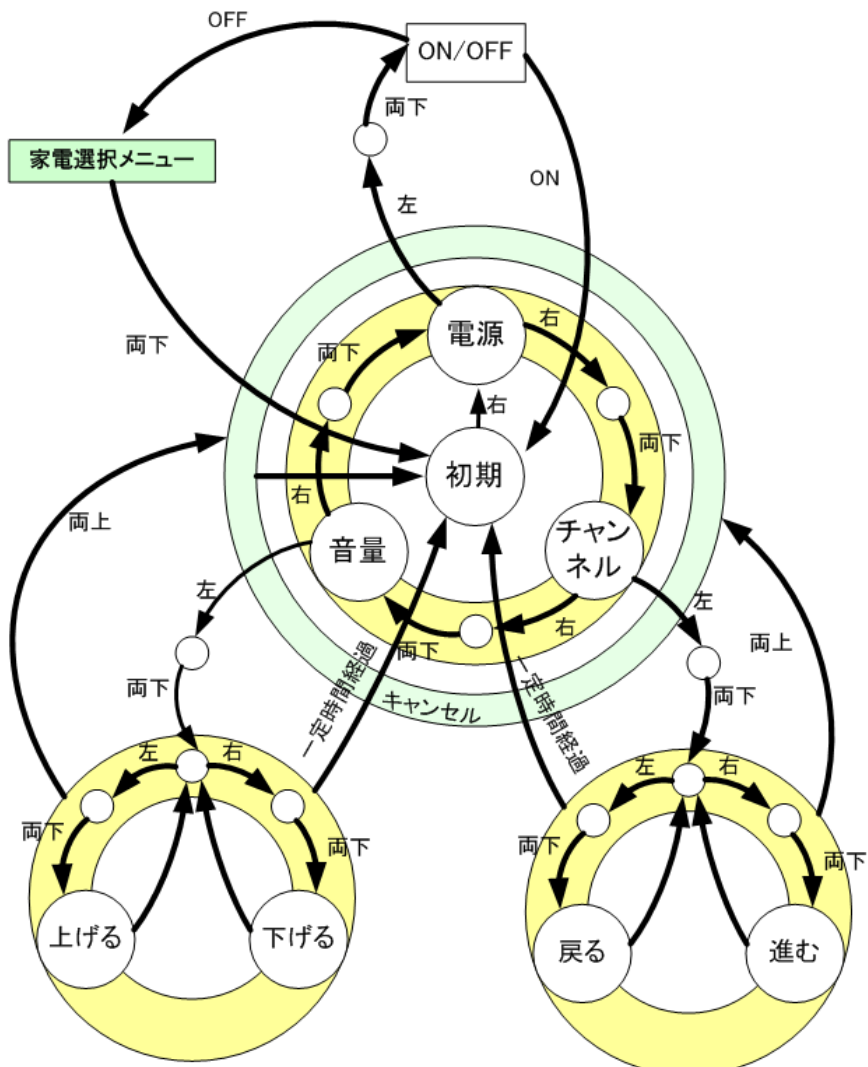


図 II-3-9 テレビ（有線）モード状態遷移図

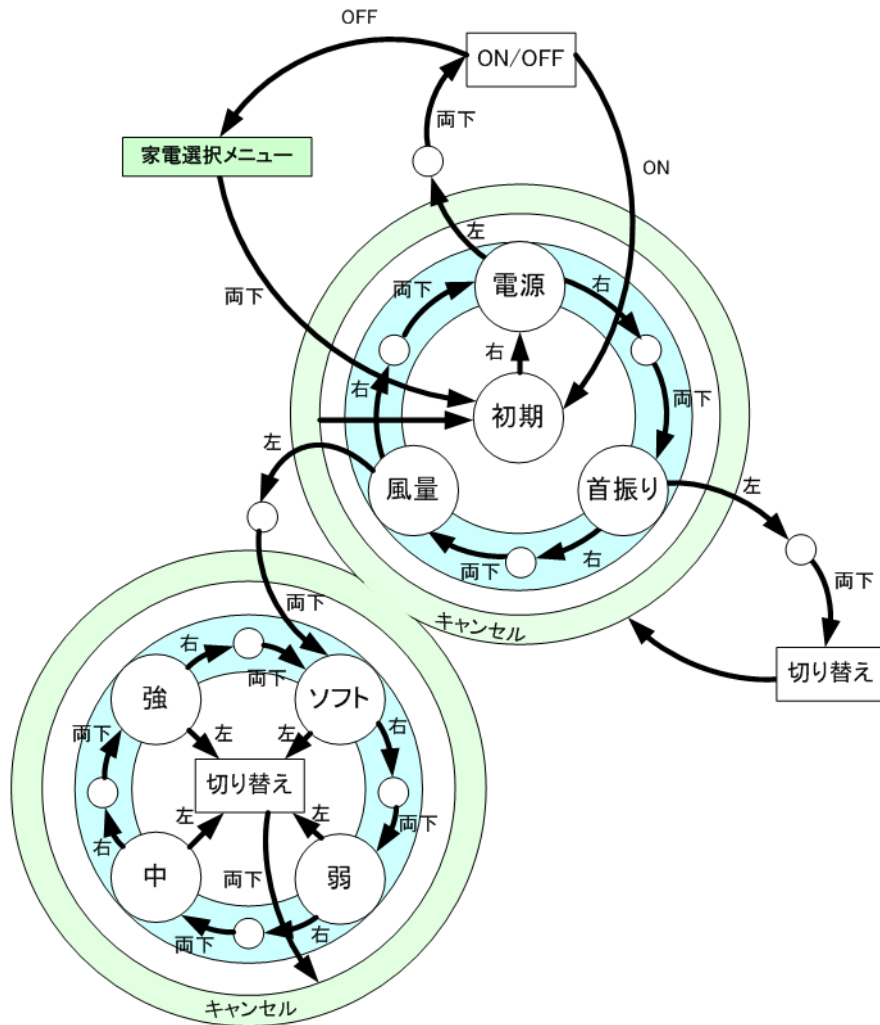


図 II-3-10 扇風機モード状態遷移図

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⁵⁶

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⁷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

⁵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)

⁶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

⁷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 ω 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⁸）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

⁸ 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)

(総括研究報告書にまとめて記入)

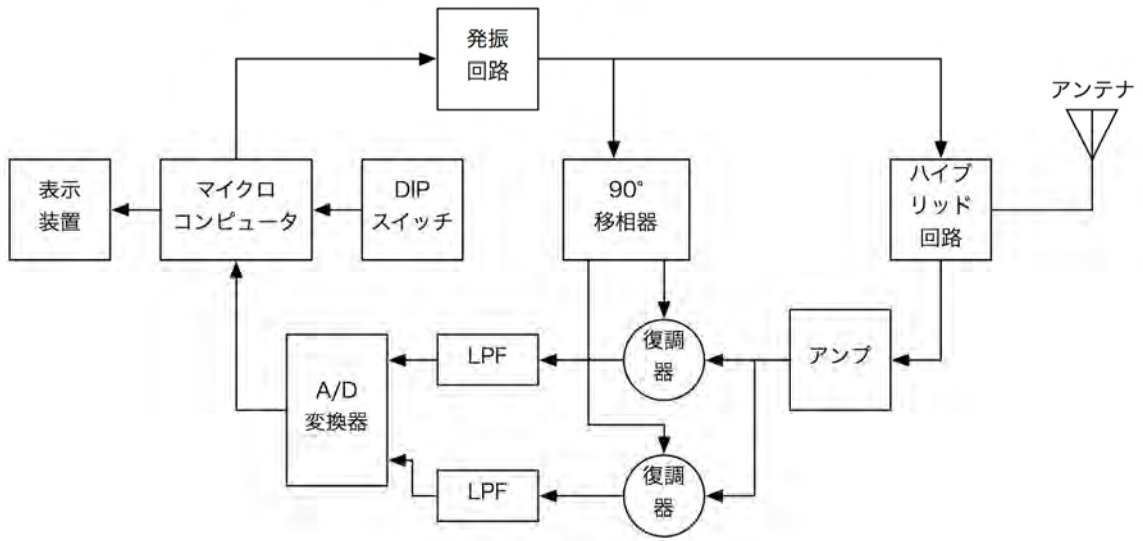
G. 研究発表

1. 論文発表
該当なし。
2. 学会発表
該当なし。

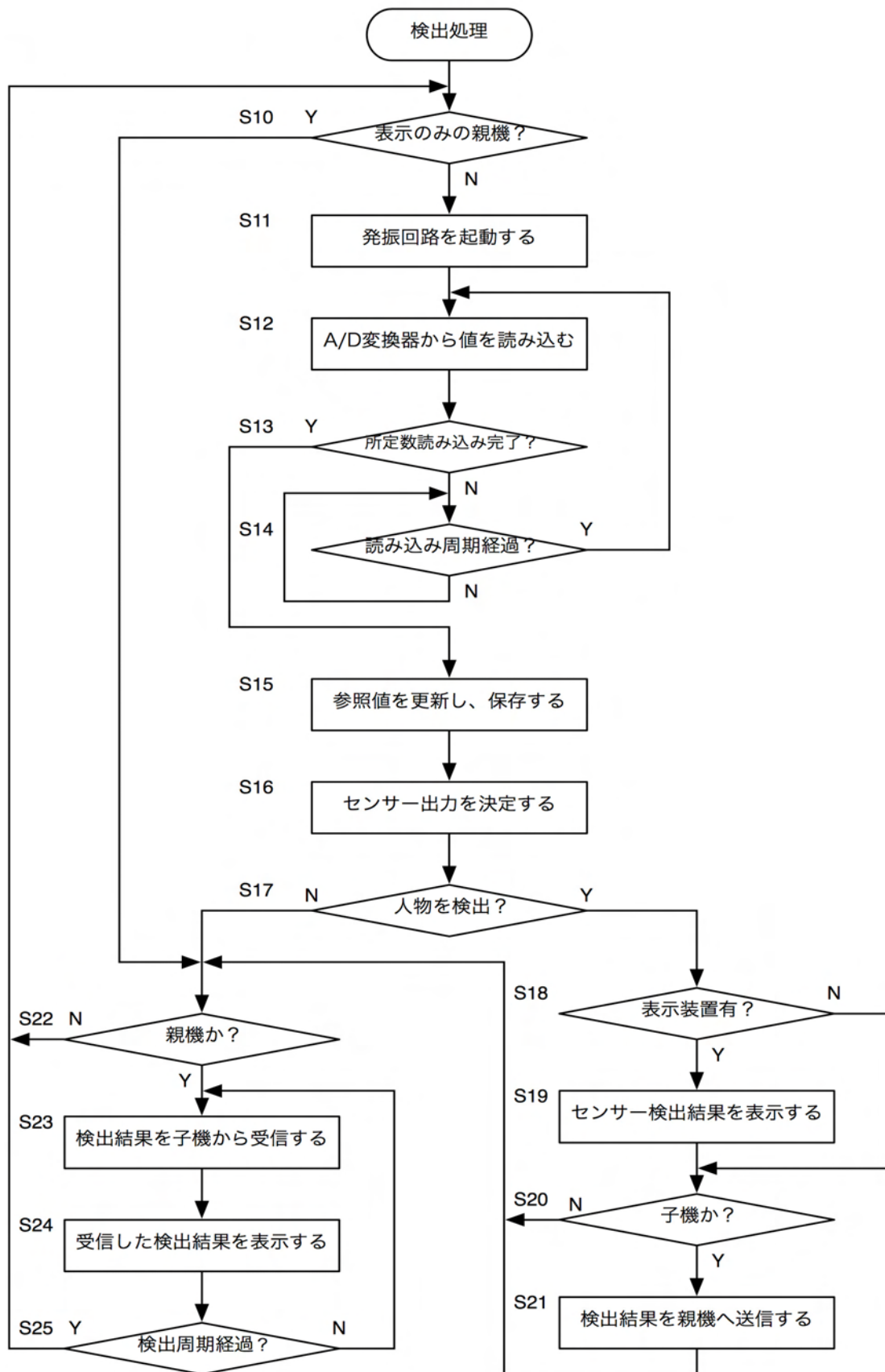
H. 知的財産権の出願・登録状況

(予定を含む。)

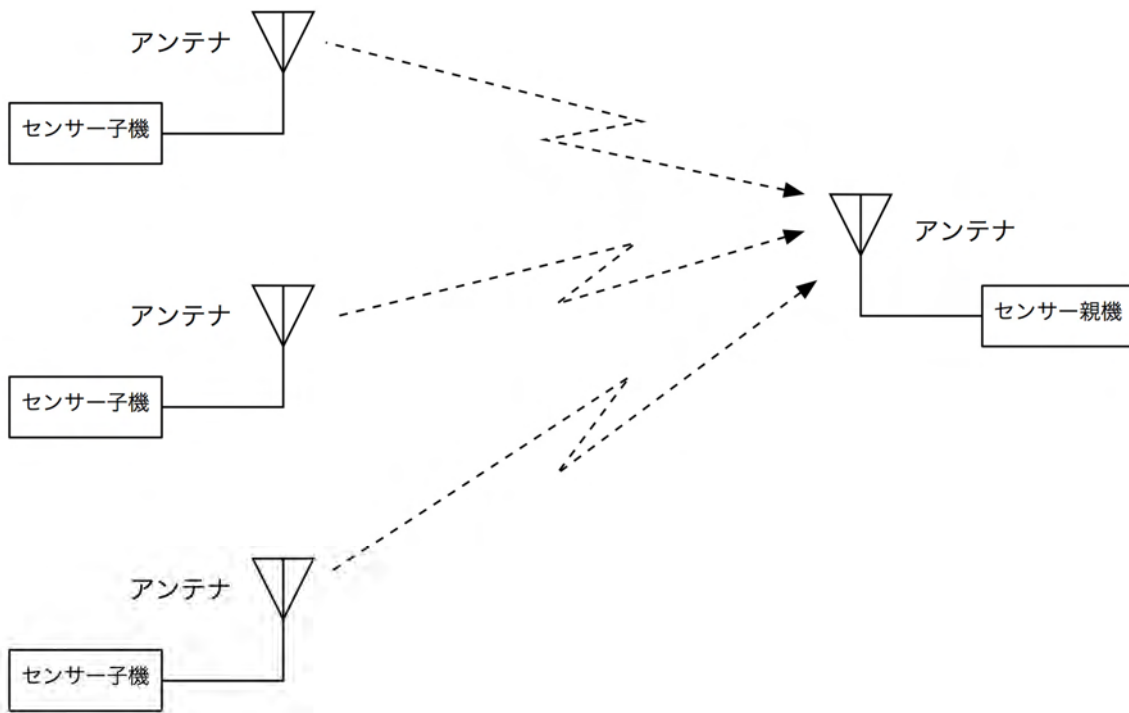
1. 特許取得
該当なし。
2. 実用新案登録
該当なし。
3. その他
該当なし。



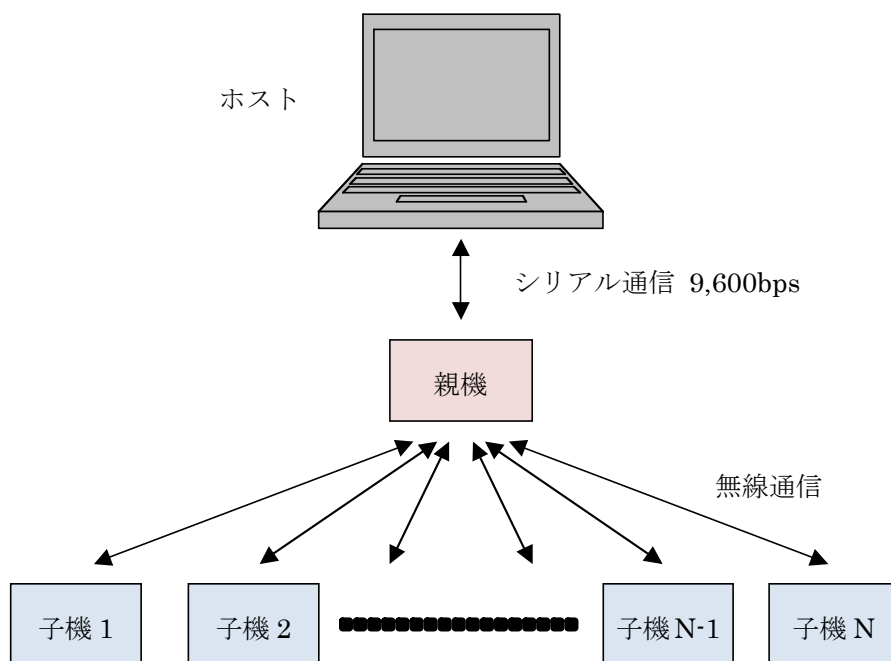
図II-4-1 人感センサーの回路構成



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

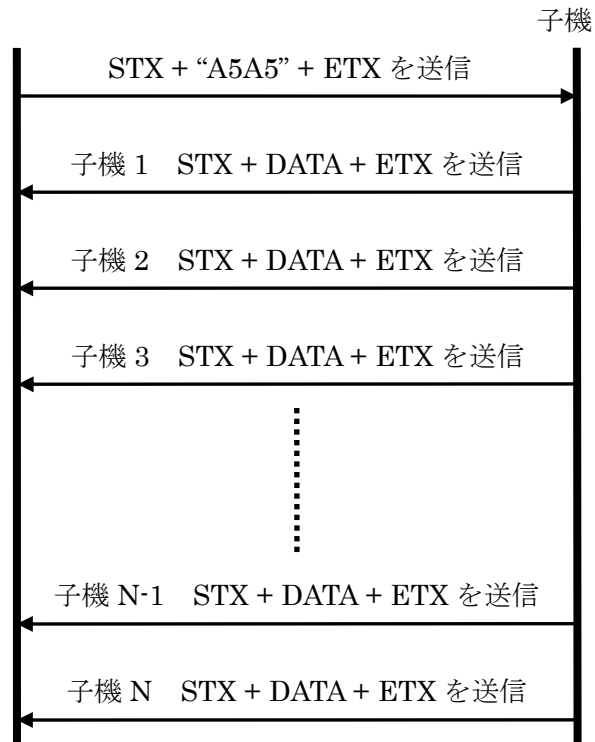


図 II-4-5 通信プロトコルの概要