

ドップラーセンサを用いたジェスチャー認識手法の提案

黒川智仁[†] 桑秀行[‡] 芳賀博英[‡] 金田重郎[†]

同志社大学大学院工学研究科[†] 同志社大学工学部[‡]

1. 研究目的

ユビキタスコンピューティングの本質は「コンピュータを意識せずに使える」ことであり、その実現には、ユーザインタフェースの果たす役割が大きい。特にユーザにコンピュータを意識させないためには、ハンズフリー性の確保が望ましい。本稿では、ハンズフリー・インタフェースの一つとしてジェスチャー認識に注目する。また、既存のジェスチャー認識ではプライバシー性、ハンズフリーを共に満たしたデバイスや手法は見当たらない[1][2]。

そこで、ハンズフリー性とプライバシー性を共に満たすマイクロ波ドップラーセンサを用いた「手振り」ジェスチャー認識手法を提案する。具体的には 2 個のセンサを使用して「手振り」の回数と向きを識別する。その組み合わせにより、家庭内インタフェースとして、照明 On/Off 切り替え・照度調節や、TV の CH・音声切り替えなどの家電制御、あるいはお年寄りの緊急信号発令システムなどへの適用を考えている。

2. システム概要

2.1 システム設置イメージ

室内に設置されたマイクロ波ドップラーセンサにより移動物を検知し、「手振り」情報を抽出する。センサは 2 個設置して、方向を 90° 変え、「縦振り」と「横振り」を識別する。図 1 に実生活環境でのセンサ設置イメージを示す。リビングルームを想定しており、センサはそれぞれ中央のソファに向けて設置している。ソファ正面のセンサ A に対して振る事を「縦振り」、ソファ側面のセンサ B に対しては「横振り」とする。

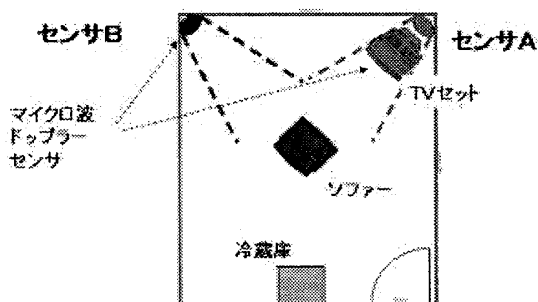


図 1 センサ設置イメージ

A Gesture Recognition Method by using Microwave Doppler Sensors

Tomohito Kurokawa[†] Hideyuki Kume[‡] Hirohide Haga[†] Shigeo Kaneda[†]

[†]Graduate School of Engineering, Doshisha University

[‡]Faculty of Engineering, Doshisha University

2.2 ドップラーセンサ

センサは 24.15[GHz]のマイクロ波を利用しており、部屋の明るさに影響されないため深夜就寝時も利用でき、カメラのようなプライバシーの問題も生じない。ドップラー周波数は以下の(1)式で得られる。

$$\left. \begin{array}{l} f_d: \text{ドップラー周波数[Hz]} \\ f_0: \text{送信波24.15[GHz]} \\ V: \text{物体の速度[m/sec]} \\ C: 3.0 \times 10^8 [\text{m/sec}] \end{array} \right\} \text{の時 } f_d = \frac{2f_0 \times V}{C} [\text{Hz}] \quad \dots (1)$$

手を振る時の「掌」とセンサとの間の距離の変化が速度となる。また振幅が強いセンサの方向に向けて、腕が往復運動していることになる。(1)式の周波数特性とこの手振りの性質を利用してジェスチャーを識別する。

3. 提案手法

数人に手を振ってもらい、得られた信号をフーリエ解析したところ、200~300Hz にピークが現れた(図 2)。1.2~1.9[m/sec]の速度で手が動いていることを示している。

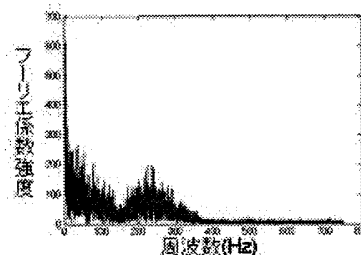


図 2 手振りフーリエ解析結果

2 個のセンサに対して次の手順で処理を施す。

【STEP①】 Wavelet 変換で擬似周波数を取り出す

【STEP②】 ①の移動平均を取りピークを取り出す

【STEP③】 ②の自己相関をとり周期性の確認

【STEP④】 手の振った方向と回数の特定

以下、横振りを 3 回した時のデータを例に処理の流れを説明する。図 3 はセンサの生データである。

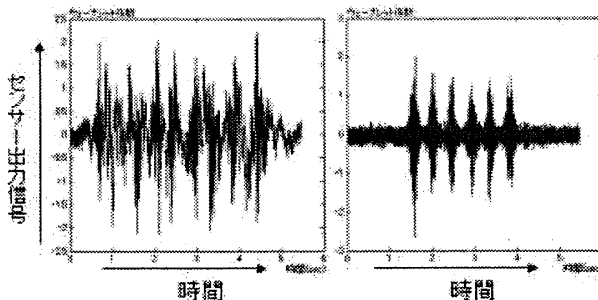


図 3 出力信号 (左: 横振りと直角の運動方向のセンサ A 右: 横振りの運動方向のセンサ B)

【① 連続 Wavelet 変換による処理】

数名の手振りを解析した結果、図 2 との違いがあまり見られなかった。人によって手を振る速さがそれほど違わないと考えられる。そこで連続 Wavelet 変換 (母関数は mexh) により、擬似周波数 250Hz 付近を取り出す。

【② 移動平均】

次に得られた擬似周波数に対し、移動平均を取り、スムージングすることでピークを見つける (図 4)。得られたピーク値が、ある一定の値を超えるピークのみ数をカウントする。これは手を振る前の予備動作を誤ってカウントしないためである。

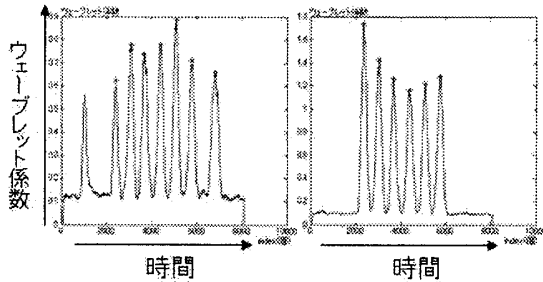


図 4 移動平均結果 (左: センサ A 右: センサ B)

ここで、信号の振幅が強い方に振っていると判断し、以降の処理はその選択された信号のみに施す。図 4 の場合はセンサ B、ソファ側面のセンサとなる。

【③ 自己相関】

先ほど得られた片方のセンサのスムージング結果に対して自己相関を取ることで周期性を確認する (図 5)。周期性がある程度あれば、相関係数は山谷が交互に出てくる。図 5 に示したように、得られた相関係数の極値 (山・谷の頂点) をそれぞれ取り、1~n 組目の極小値と極大値の差 ΔD_n がそれぞれ一定の値を超え、さらに隣り合う極大値の時間差 ΔT_n がある一定の間隔を保つ時に周期性があると断定し、得られた信号は手を振った信号だと判定する。

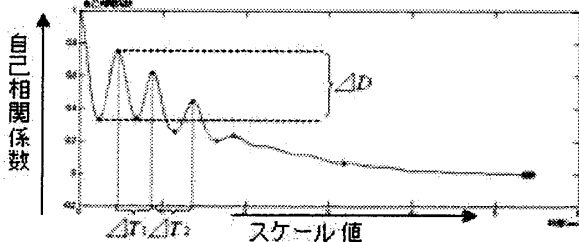


図 5 自己相関係数 (センサ B)

【④ 手の振った方向と回数の特定】

STEP②で選択したセンサの方向と、ピーク数より手を振った向きと回数を確定する。振った回数は図 4 からわかるように、手を振った回数 (手を行き来させた回数) $\times 2$ のピークが出ていることから、ピーク数 $\div 2$ が手を振った回数となる。

4. 実験

提案手法の有効性を確認するため、提案した手法のセンサデータ取得から結果表示までを実装し、実験を行った。その実験内容を以下に説明する。

4.1 実験環境

図 1 の設備環境でソファに座ってもらい、縦、横それぞれ 2~6 回の計 10 種類の手振りを被験者 5 人にお願いした。

4.2 実験結果

ジェスチャー別の成功率を以下の表 1 に示す。

表 1 実験結果-成功率

	縦 2 回	縦 3 回	縦 4 回	縦 5 回	縦 6 回
合計	10 回	10 回	10 回	10 回	10 回
成功率	90%	90%	90%	90%	100%
	横 2 回	横 3 回	横 4 回	横 5 回	横 6 回
合計	10 回	10 回	10 回	10 回	10 回
成功率	100%	100%	100%	100%	95%

成功率が示すとおり、ドップラーセンサによる本手法の動作が確認され、デバイスのプライバシー性が高いこととハンズフリーで扱えることから、新しいインタフェースとして期待できることがわかった。ただし、表 1 には含まれていないが、あるケースで成功率が低いことがあった。その原因として考えられるのは、3 章の STEP②で述べたように、手を振る前の予備動作を手振りと誤認識してしまったことである。これを解決するには、所々に設定している閾値の見直しやキャリブレーション等の技術的な見直しで確率を上げたい。また、貧乏ゆすりやラジオ体操、ソファに座って足を組みかえる等の行動は手振りとは誤認識することはなかった。

5. 今後の課題

本研究ではマイクロ波ドップラーセンサを利用したジェスチャー認識手法の提案を行った。提案手法の認識精度はインタフェースとして十分な結果が得られたと考えられる。今後は縦と横の組み合わせによるジェスチャーの複合化、更にリアルタイムでの検出も同じ精度で行えるプロトタイプを構築し、実生活に近い検証実験を基に、具体的なサービスを想定してシステム構築していきたい。

参考文献

- [1] 平川康史, 中島達夫 “Wizard-of-Oz 法に基づいたジェスチャー認識システムの研究”, <http://dSPACE.wul.waseda.ac.jp/dSPACE/>
- [2] 塚田浩二, 安村通晃 “Ubi-Finger: モバイル指向ジェスチャー入力デバイスの研究” 情報処理学会論文誌, Vol.43, No.12, pp.3675-3684 (2002)
- [3] 岡村慎一郎, 斎藤啓介, 河合武宏 “マイクロ波測距技術の開発” OMRON TECHNICS Vol44 No1 pp37-41
- [4] 松野達夫 “24GHz マイクロ波ドップラーモジュールの応用” 電波航法研究会 平成 16 年度第 4 回研究会