

ドップラーセンサを用いた複数機器の制御手法

古畑貴志[†] 窪田裕介[†] 金田重郎[†] 芳賀博英[†]

同志社大学大学院工学研究科[†]

1. はじめに

家電機器等を、ジェスチャー(手振り)により制御できれば、使い易いユーザインタフェースとなり得る。しかし、既存の方法は、ハンズフリー性が必ずしも保証されない等の課題がある。例えば、カメラはハンズフリーは満たされるが[1]、暗闇では使用不可能であり、プライバシーの問題がある。装着型デバイスを使うとハンズフリー性が失われる[2]。そこで、著者らはマイクロ波ドップラーセンサにより、ハンズフリーで暗闇でも使用可能なジェスチャー認識手法を提案した[3]。しかし、この従来手法では機器の数と場所が限定されていた。

そこで、本稿ではジェスチャーと歩行など他の行動を判別することにより、機器台数を自由に選択でき、かつ、操作する場所の依存性がない機器制御手法を提案する。具体的には、センサと機器との距離に依存しない周波数を比較することにより、ジェスチャーが指定している機器を決定した。操作はリアルタイム性を実現している。

2. 目的

提案手法が満たすべき要件を以下に列挙する。

- ・機器の数、場所：制限なし
- ・人の位置：制限なし
- ・ジェスチャーの種類：1センサに対し複数
- ・他の動作：ジェスチャーとして認識しない

本稿では図 1 のような 2 種類のジェスチャーを認識対象として設定した。



図 1：ジェスチャーの種類

図 1 左側は「縦振り」、右側は「速く回す」ジェスチャーである。「縦振り」はセンサに向け掌を押し出す動作である。「速く回す」は手首を中心にして回転させる動作である。これらは手の移動速度が異なり、マイクロ波のドップラー周波数の差として識別可能である。但し、「速く回す」場合には、運動方向が分からない。そのため部屋の明かり全ての ON/OFF など全体の制御に利用する。

Control Method of Multiple Machines by using Doppler Sensors
Takashi Furuhashi, Yusuke Kubota, Shigeo Kaneda, Hirohide Haga
[†]Faculty of Engineering, Doshisha University

3. 提案手法

本手法ではマイクロ波ドップラーセンサを利用し、ドップラー周波数の差に着目して、以下のプロセスで処理を行う(図 2, 図 3)。

- センサ：センサは機器に取り付ける
- ①：各信号をそれぞれフーリエ変換
 - ②：①からそれぞれピーク周波数を検出
 - ③：②の最大値を出力したセンサに向かってジェスチャーを行ったとして選定
 - ④：③の信号について、最も高い周波数における信号の極大値を数えて、その回数を検出
 - ⑤：④が各ジェスチャーの設定範囲内か否かを調べ、範囲内であればその種類のジェスチャー、範囲外であればジェスチャーでないとして判定

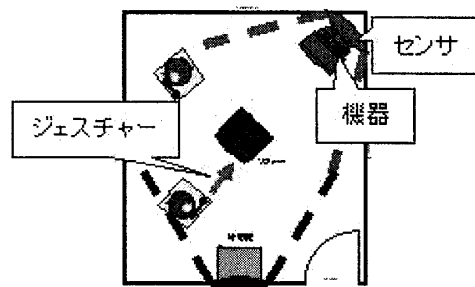


図 2：センサの設置方法

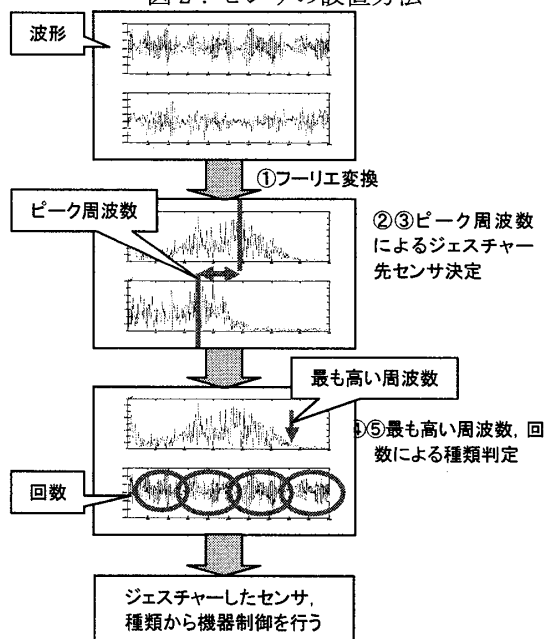


図 3：提案手法

周波数の比較によって場所に依存せずジェスチャー認識が可能となる。どの位置でも特定のセンサに向かってジェスチャーすれば、当該センサのドップラー周波数が最大となる。これにより、ジェスチャーをした先のセンサを判定できる。具体的には、センサを機器に直接設置し、機器に向かってジェスチャーをさせると、ユーザは制御する機器の選択が容易になる。

上記②、③では「縦振り」の場合、掌の周波数となるピーク（振幅が最大となる）周波数によって方向を判定する。掌の面積は他の部位より大きい。また、振幅は面積に比例する。従って、掌の振幅は最も大きくなる。「速く回す」場合、その後の処理を行うため、同じ処理を実行する。

④、⑤では最も高い周波数の比較により、「速く回す」の最も速い指先の周波数であるかを判定する。「縦振り」では困難な速さを指先で実現している。本手法により、どの位置からジェスチャーを行っても認識が可能となる。

4. リアルタイム処理

ジェスチャーの結果をすぐ機器に反映させるためリアルタイムで認識しなければならない。そこで、窓の長さは2秒として、移動方法として1つ前の結果を反映させることとした。

「縦振り」2回分を1つのジェスチャーとするため、窓の長さは2秒とする。数人によるジェスチャー実験の結果、最も遅くて「縦振り」は1回/秒、「速く回す」は3回/秒であった。従って、最も遅い動作を基準にして「縦振り」2回、「速く回す」6回分を1つのジェスチャーとする。

移動方法は、1つ前がジェスチャーでない時、波1つ分移動し、1つ前がジェスチャーの時、窓の長さ分移動する。これにより波5つによる連続した2回のジェスチャーの認識を防ぐ。この方法によりリアルタイムによる誤認識の予防が可能となる。

5. 評価実験

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、リアルタイム処理で実験を行った。

5.1 実験1 - 他の行動との判別

本手法による、他の行動との判別の検証のため次の実験を行った。

- ・ センサは横、上、斜上に設置
- ・ 「歩行」と室内におけるその他の行動をそれぞれ10人が3分、延べ30分ずつ1時間実施

実験結果を表1に示す。歩行に対して誤認識が発生した。これは、歩行時の手の振りを認識してしまうからである。特に、正面以外にセンサがある場合の誤作動が顕著であった。

表1：他の行動の誤認識回数（回/時間）

	横	上	斜上
歩行	4	4	6
その他行動	0	0	0

5.2 実験2 - ジェスチャー認識の成功率

本手法によるジェスチャー認識の有効性の検証のため以下の環境で実験を行った。

- ・ センサは2つで角度が45度、30度、距離が2m、3.5m、5mとする
- ・ 4人にジェスチャーをしてもらう
- ・ 角度、距離を変えてそれぞれ5回ずつ、延べ20回ジェスチャーをしてもらう
- ・ ジェスチャー開始から認識までの時間、種類などの認識精度を調査

実験の結果は「縦振り」の30度で2件センサの誤認識があり、その他は表2、表3になった。「速く回す」は精度、認識時間共に改善が必要である。また、距離に依存してしまう。これは、ドップラーセンサの感度の自動調整などの対応が必要なことを示唆している。

表2：「縦振り」認識にかかる秒数の平均

	2m	3.5m	5m
45度	3.1	3.7	3.5
30度	3.5	3.6	3.6

表3：「速く回す」認識の成功率

	2m	3.5m	5m
認識率	90%	80%	55%
秒数	3.5	3.9	4.2

6. おわりに

本稿では、周波数の比較による方向の判定によって、人と機器、それぞれの数、場所に依存せず、複数種類の認識可能なジェスチャー認識手法を提案し、リアルタイムによる処理を可能にした。この手法の有効性を確認するためリアルタイム処理で正確性の実験を行った。その結果、距離に依存せずジェスチャー認識が可能であることを証明した。ただし、性能はまだ十分ではない。今後は歩行の際の手の振りと、ジェスチャーとを区別する手法の検討が必要である。

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] 黒川智仁 “マイクロ波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”