

# 法政大学学術機関リポジトリ

HOSEI UNIVERSITY REPOSITORY

PDF issue: 2024-12-22

## マイクロ波ドップラーセンサを用いた ジェスチャー認識システムの開発

劉, 宏浩 / Liu, Honghao

---

(出版者 / Publisher)

法政大学大学院理工学・工学研究科

(雑誌名 / Journal or Publication Title)

法政大学大学院紀要. 理工学・工学研究科編 / 法政大学大学院紀要. 理工学・工学研究科編

(巻 / Volume)

58

(開始ページ / Start Page)

1

(終了ページ / End Page)

4

(発行年 / Year)

2017-03-31

(URL)

<https://doi.org/10.15002/00014358>

# マイクロ波ドップラーセンサを用いた ジェスチャー認識システムの開発

## A development of new non-invasive type gesture recognition system by using microwave Doppler sensors

劉 宏浩  
Honghao Liu  
指導教員 小林一行

法政大学大学院理工学研究科システム理工学専攻修士課程

This paper describes a development of new non-invasive type gesture recognition system by using microwave Doppler sensors. Employment of multiple Doppler sensors and proposed gesture recognition algorithm enable several gestures. Validity of proposed gesture recognition system is confirmed by preliminary experiments.

*Key Words : Microwave Doppler sensor, gesture recognition, non-invasive*

### 1. はじめに

近年、センサの小型化により、簡単にセンサを設置または装着できるようになったことから、それらを利用したジェスチャー認識デバイスが急速に普及してきている。

ジェスチャー認識デバイスとしては、カメラ型や、センサ装着型が挙げられるが、前者は暗所で使用できないことや、プライバシーの問題から使用場所が限定される。また、認識のための画像処理が必要になる。後者は着脱する必要がある、操作の妨げとなるストレスがかかる。ジェスチャー認識の有利な点である手軽さを犠牲にしてしまうといった問題が挙げられる。また両者ともセンサが高価であるという問題もある。 [1] - [4]

### 2. 研究目的

これらの問題を解決するための先行研究として安価なマイクロ波ドップラーセンサを用いた方法がある。しかし、先行研究では認識精度向上のためにシステム家電製品などの ON・OFF 制御のみしか行うことができない。 [5]そこで本研究では、マイクロ波ドップラーセンサを複数、ここでは2つ用いて、より高度な操作が可能な入力インタフェースデバイスの開発を目的とした。

本研究では、Fig.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する。 Fig.1 の左図は「手を前後に振っている」、右図は「手を左右に振っている」ジェスチャーである。二つのジェスチャーはどちらでもセンサに向かって手のひらを押し出す動作である。

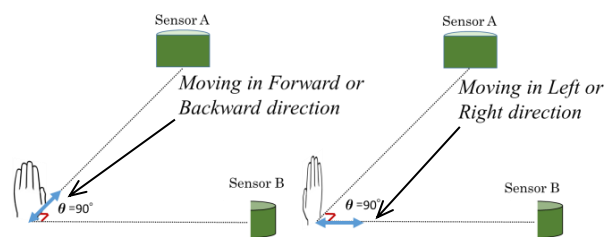


Fig.1 Supposed gesture movement

### 3. 提案するセンシングシステム

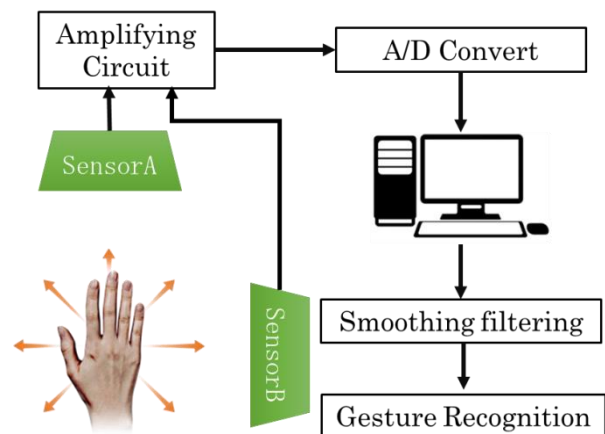


Fig.2 Proposed gesture recognition system

Fig.2 に提案するジェスチャーシステムを示す。このシステムでは、2つのマイクロ波ドップラーセンサを、直交する形で配置し、センサ A とセンサ B の検知エリア内での手を振る動きを検出する。手を動かすことで、センサ A、センサ B から得られた出力信号は、増幅回路により増幅し、マイ

コンにより A/D 変換し、PC に取り込む。データを取得した後、振幅の増減、およびノイズ除去のため、平滑化フィルタリング処理を行う。

### (1) 使用するドップラーセンサ

ドップラーセンサとしては、音波、超音波などもあるが、マイクロ波ドップラーセンサを使用する。マイクロ波ドップラーセンサは、ガラス、プラスチックなどを透過するため、外観を損なわずに設置をすることが可能であるためである。また、音波、超音波などとは異なり、電波を利用するため、周囲温度の影響もなく、また、高い周波数であるため、周波数分解能も高く取れるメリットがある。一般に入手可能なマイクロ波ドップラーセンサには、10.5 GHz 帯と 24 GHz 帯の 2 種類があるが、ここでは、測定範囲はせまいが、指向性が高い 24GHz 帯のセンサをジェスチャー用のセンサとして使用する。

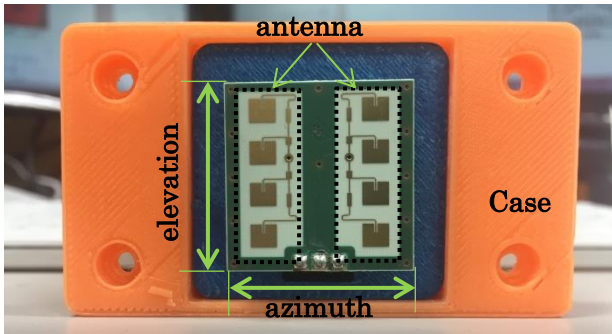


Fig.3 Configuration of antenna orientation of K-band transceiver IPM-165

本研究では、Fig.3 に示すイノセント社 (InnoSenT GmbH: ドイツ) 製 K バンド RF フロントエンドモジュール IPM-165 を用いた。縦横 2.5x2.5cm 程度の大きさであり、センサ部には、送受信 antenna があり、elevation 方向を縦にするため、3D プリンタで作成したケースに入れて測定した。

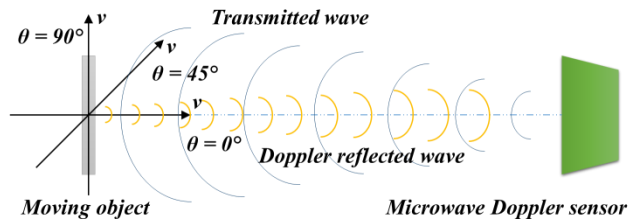


Fig.4 Moving object and Doppler sensor

ドップラー信号は被測定物の移動速度に比例した周波数の信号が出力される。または、Fig.4 に示すような、特定の振動がある静止している被測定物の場合振動周波数と同じ周波数が出力される。ドップラー周波数 ( $f_{Dopp}$ ) は、次式で与えられる。 $f_{Dopp}$  はドップラー周波数、 $v$  は被測定物の移動速度、 $f_0$  は送信波周波数、 $c$  は光速、 $\theta$  は被測

定物の移動する方向と観測する方向との角度である。

$$f_{Dopp} = 2 \cdot f_0 \cdot \frac{v}{c} \cdot \cos\theta \quad (1)$$

本センサは、24GHz 帯の送信波を用いるため、

$$\lambda = \frac{c}{f_0} \quad \text{から} \quad (2)$$

$$f_{Dopp} = 160 \frac{\text{Hz}}{\text{m}} \cdot v \cdot \cos\theta \quad (3)$$

と表すことができる。

(1)式から、ある程度一定の速度で動く物体であれば、一定の周波数を持った出力信号が得られる。この場合は、被測定物とセンサとの間の距離の変化が速度となる。この(1)式の周波数特性を利用してジェスチャーを識別する。

### (2) 被測定物と移動装置

移動速度の再現性などを考慮し、リニアアクチュエータに、手を模擬した板を取り付けて実験を行った。Fig.5 に手を模擬した板を示す。大きさは、横 10cm 縦 15cm の MDF 製の板である。MDF だけでは、マイクロ波が透過してしまう。そのため、反射効率を考慮し、アルミホイールで板を包んだ。

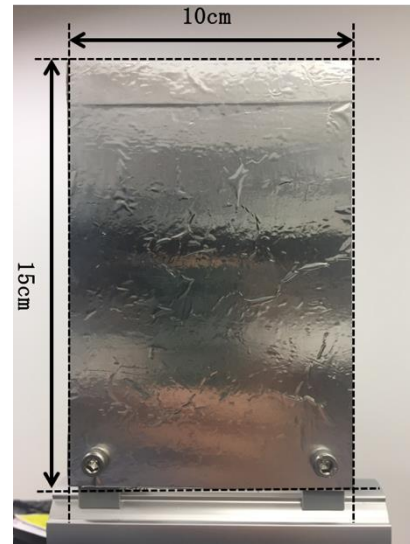


Fig.5 The device of measured object as simulated hand

手の動きの代わりに Fig.6 のような移動装置を用いることで、被測定物を一定の速度で動かすことができる。移動装置の先端に被測定物を装着し、20cm/s で 10.5cm 先まで伸ばすことができる。

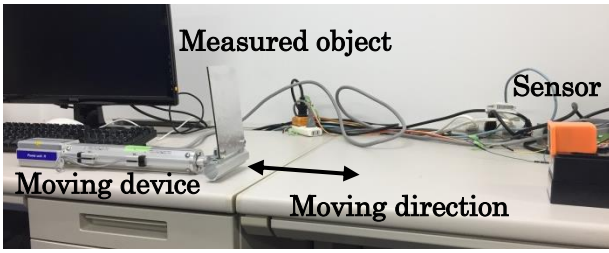


Fig.6 Relation between sensor and moving object as simulated hand.

#### 4. 評価実験

##### (1) 設置位置

Fig.7に実験の配置図を示す. マイクロ波の指向性とドップラー周波数の数式を考え, 中心位置の真正面にセンサ A を, 中心位置の右正面にセンサ B を設置した.

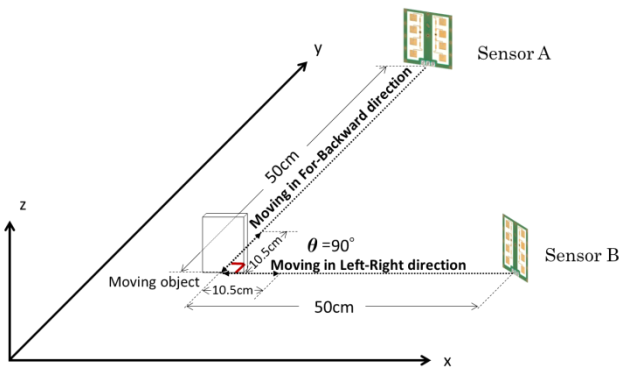


Fig.7 Experimental configuration for moving object

センサ A とセンサ B の位置関係は中心位置で直角となる.

中心位置からセンサ A の方向に向けて手を振るとすると, その際のセンサ B の測定結果はドップラー周波数の数式 (1) から考慮すると以下に示すようになる.

$$f_{Dopp} = 2 \cdot f_o \cdot \frac{v}{c} \cdot \cos 90^\circ \quad (4)$$

$$f_{Dopp} = 0 \quad (5)$$

(4)(5)より,  $\theta$ の値が  $90^\circ$ になる時, センサ B で測定されるドップラー周波数  $f_{Dopp}$  は 0 になり, センサ A の方向の測定を行う際には, センサ B は測定結果に干渉しないことがわかる. センサ B の測定を行う際にも同じ結果が得られる.

##### (2) 検証実験 1 : 前後の移動との認識

実験 1 で前後に移動するジェスチャーを検証する. Fig.7 で示す中心位置からセンサ A に向けて被測定物を動かす. 同時に両センサのデータを PC に取り込む.

##### (3) 検証実験 1 の結果

センサ A とセンサ B から出力された信号を処理した後の結果は Fig.8 と Fig.9 に示す.

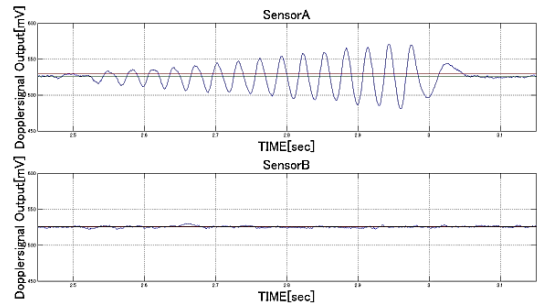


Fig.8 The results of sensor A with the object moving in forward direction

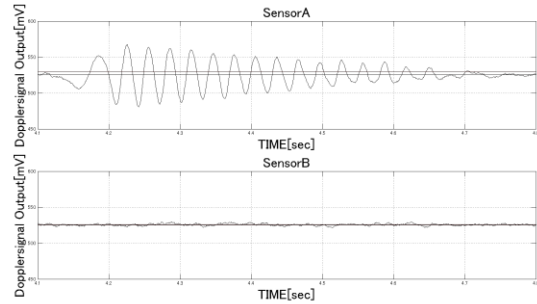


Fig.9 The results of sensor A with the object moving in backward direction

被測定物がセンサ A に近づく時(前進のジェスチャー), Fig.8 のような波形が得られる. 振幅は徐々に大きくなる. 逆の場合には, センサ A から遠ざかる時(後退のジェスチャー), Fig.9 のような波形が得られる. 振幅は徐々に小さくなる.

##### (4) 検証実験 2 : 左右の移動との認識

実験 2 で左右に移動するジェスチャーを検証する. Fig.7 で示す中心位置からセンサ B に向けて被測定物を動かす. 同時に両センサのデータをパソコンに取り込む.

##### (5) 検証実験 2 の結果

センサ A とセンサ B から出力された信号を処理した後の結果は Fig.10 と Fig.11 に示す.

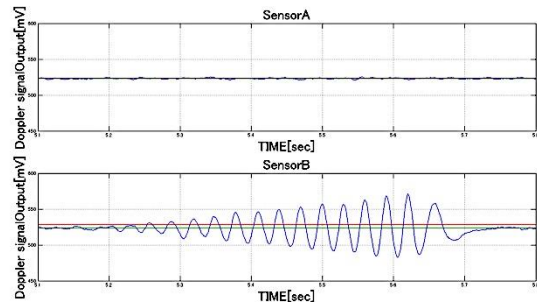


Fig.10 The results of sensor B with the object moving in right direction

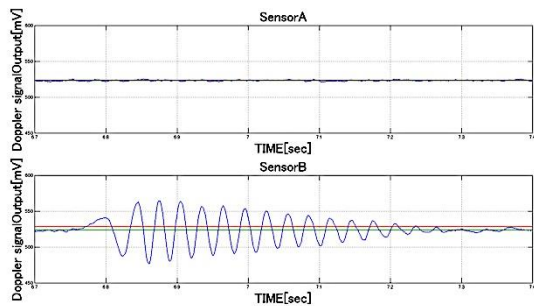


Fig.11 The results of sensor B with the object moving in left direction

被測定物がセンサ B に近づく時(右に動くときのジェスチャー), Fig.10 のような波形が得られる. 振幅は徐々に大きくなる. 逆の場合, センサ A から遠ざかる時(左に動くときのジェスチャー), Fig.11 のような波形が得られる. 振幅は徐々に小さくなる.

## 5. 考察

センサからの出力された信号を平滑化フィルターにかけ, 波形をきれいにすることで, 波形の振幅変化を把握し, 被測定物がどの方向に移動するかを判別することができた. センサ A が出力した波形の振幅は大きくなる場合, 被測定物が近づいていることがわかる. また, 小さくなる場合, 被測定物が遠ざかっていることがわかる. センサ B が出力した波形の振幅は大きくなる場合, 被測定物が左から近づいていることがわかる. また, 小さくなる場合, 被測定物が右から遠ざかっていることがわかる.

## 6. 結論

マイクロ波ドップラーセンサを二つ使い, 被測定物の移動方向を把握することができた.

先行研究では ON-OFF 制御しかできなかったが, 今回の実験結果を応用することで, 四つの動きを判別することができた. これにより, 先行研究よりも高度な入力インタフェースを開発することができた.

今後の展望として, センサをもう一つ増やし, 上下の動きを検出し, 手を回す動きなど, より複雑なジェスチャー認識を目指したい.

## 参考文献

- 1)関根理敏, et al. マイクロ波ドップラーセンサを用いたセンサ非装着型行動・状態認識. 研究報告ユビキタスコンピューティングシステム (UBI), 2009.10, pp.1-8, 2009
- 2)Tenglong Fan, Chao Ma. et al. : Wireless Hand Gesture Recognition Based on Continuous-Wave Doppler Radar Sensors, IEEE Trans. on Microwave Theory and Techniques, Vol. 64, No. 11, pp.4012-4020, 2016.

3)Chuan Zheng et al. : Doppler Bio-signal detection Based Time-Domain Hand Gesture Recognition, Microwave Workshop Series on RF and Wireless Technologies for Biomedical and Healthcare Applications (IMWS-BIO),pp.3-3, 2013.

4)Xiaomeng Gao, Jia Xu, Ashikur Rahman. et al. : Barcode Based Hand Gesture Classification using AC Coupled Quadrature Doppler Radar, Microwave Symposium (IMS), pp. 1-4, 2016.

5)Shigeo Kaneda, Yusuke Kubota, Tomohito Kurokawa, Takeshi Furuhashi. : Hand-Gesture Recognition System by using Microwave Doppler Sensors, Computer Software and Applications Conference (COMPSAC), Vol.3, pp.211-216, 2015.