

マイクロ波ドップラーセンサを用いた咀嚼の検出手法

谷川 紗恵子^{*} 西原 秀明^{**} 金田 重郎^{**}
 同志社大学工学部^{*} 同志社大学大学院工学研究科^{**}

1. はじめに

2004 年度厚労省・国民生活基礎調査によれば、全世帯数の約 8%が 65 歳以上の独居者で占められている [1]。独居者では健康管理が課題のひとつである。特に独居高齢者では、不規則・不十分な食事は、急激な病気の進展等の問題を引き起こす。このため、「食事をちゃんと取っている」事を検出できれば、健康増進の支援に結びつく可能性がある。

そこで、人はセンサ等を装着しないハンズフリーを前提として、咀嚼を検出する手法を検討した。具体的には、マイクロ波ドップラーセンサを用いて、咀嚼を顎の上下運動の周期性から検出する。顎の動きに伴うドップラー信号は、Wavelet 変換と自己相関関数を用いて検出した。評価実験の結果、精度に個人差があるものの、最大約 90%の確率で咀嚼を検出できた。

2. 提案システム

2.1 システムの概要

咀嚼検出システムのイメージを図 1 に示す。テーブルの両端にマイクロ波ドップラーセンサ(新日本無線株式会社 NJR4178J)を 1 個ずつ上向きに設置した。これにより、顎の上下運動によって生じるドップラー信号を、周期性を利用して検出する。センサを 2 個設置しているのは、異なる角度から測定することで、手の動きなどの食事に伴う動作から生じる余分なドップラー波の影響を少しでも排除するためである。

2.2 咀嚼検出の処理ステップ

咀嚼動作は、個人や食べるものによって周波数は異なるが、一定の周期性を有することが知られている [2]。そこで、顎の上下運動によって生じるドップラー信号から、Wavelet 変換と自己相関関数を用いて周期性を検出する。

The detection of the chewing with microwave doppler sensor

Saeko TANIGAWA^{*} Hideaki NISHIHARA^{**} Shigeo KANEDA^{**}

^{*}Faculty of Engineering, Doshisha University

^{**}Graduate School of Engineering, Doshisha University

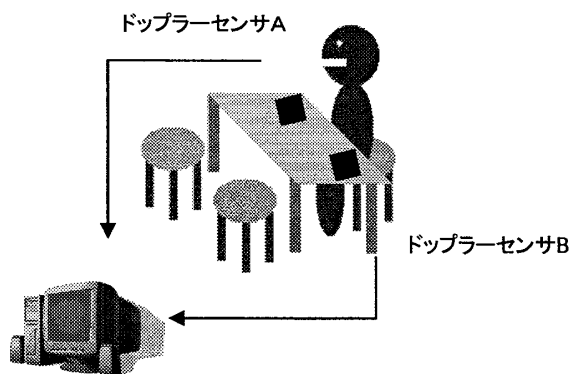


図 1. システムの概略

但し、センサ出力には、顎の上下運動の他にも、顔の揺れや、手の動きによって生じる信号が含まれる。そこで、一定区間ごとにセンサデータを区切り、周期性が検出される区間の個数が一定数集まった時に咀嚼と判断した。以下、具体的な処理ステップを示す。

【STEP1】Waveletスケール値の特定

センサ出力を一定時間ごと(今回は 20 秒)に区切り、連続 Wavelet 変換する。そして、咀嚼と思われる周波数範囲にあり、しかもピークを成している Wavelet スケール値を特定する。これにより、その人特有の咀嚼に相当するスケール値を決定する。

【STEP2】窓(ウィンドウ)の設定

上記スケール値を持つ Wavelet 係数について、一定サイズ(今回は 3 秒)の「窓」部分を上記の変換結果から取り出す。窓位置は一定時間(今回は 1 秒)ずつ移動させ、以下の処理を行う。

【STEP3】周期性の検出

窓毎に自己相関係数を取り、周期性が認められるかどうかを判別する(今回は 20 秒のデータを 3 秒毎に区切っているため、18 個の窓が存在)。

【STEP4】咀嚼の判定

上記複数の窓毎の周期性判定結果に対して、一定個数以上で周期性を検出した場合に、「咀嚼」と判定する。また、異なる角度から咀嚼の動きを観測するため、センサは 2 個用いているので、2 倍の窓全てを一括して判定に使用する。

3. 評価実験

提案手法の動作を確認するため、以下の手順で評価実験を行った。

3.1 評価実験の処理手順

【STEP1】スケール選択：センサから得られたデータを 20 秒ずつに区切り、gauss5 を母関数とした連続 Wavelet 変換を行った。データのサンプリング周期は 1 秒間に 400 サンプルである。図 2 にはドップラーセンサの出力例を示した。

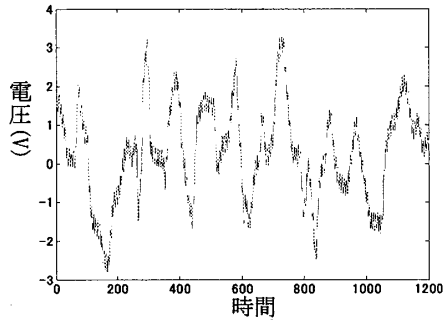


図 2. 咀嚼のドップラー信号(3 秒分)

連続 Wavelet 変換では、スケール値が大きくなるにつれて、2 乗和は大きくなる。Wavelet 係数の 2 乗和が極大となるスケールを咀嚼の周波数と判断した(図 3 参照)。ただし、一定の周波数範囲に限定している。評価実験で得られたスケールは平均 54 (擬似周波数 3.7Hz) であった。

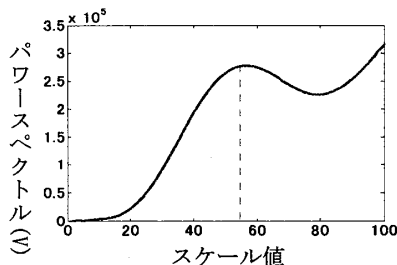


図 3. スケールとパワースペクトルの関係

【STEP2, 3】窓ごとの周期性の検出：20 秒のデータから 3 秒の窓を 18 個作成した。そして、自己相関係数が閾値 0.3 を超える極大値が 3 個以上あり、且つ閾値 0.1 を超える極大値のサンプリング点数の間隔が-25 から 25 となる極大値が 5 個以上続く条件を満たせば、窓は周期性を持つと判断した。図 4 は自己相関係数の例である。

【STEP4】咀嚼の判定

1 分間に相当する窓 54 個に対して、5 個以上で周期性があれば咀嚼、未満であれば他の動きと判断した。また、センサを 2 個用いる場合は、窓は 2 倍となるので、閾値を 10 個に設定した。

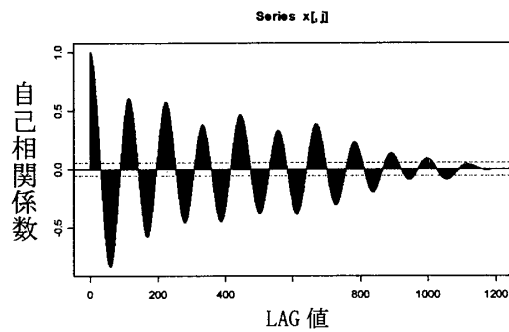


図 4. 自己相関係数の例

3.2 評価結果

被験者 5 名に食事をしてもらい、15 分間のデータを取得した。また、ビデオカメラで被験者を撮影し、何時咀嚼を行っているか、他の行動をしているかを記録した。咀嚼の判定は 1 分毎に行っている。手の動き等と咀嚼を、どこまで弁別できるかが課題となる。結果を表 1 に示す。

表 1. 実験結果 (%)

センサ数	被験者 1	被験者 2	被験者 3	被験者 4	被験者 5	平均
1 個	55.5	33.3	73.3	80.0	93.3	67.0
2 個	66.6	46.6	86.6	93.3	93.3	77.2

被験者によって正答率は大きく異なる。正答率が低い被験者では、咀嚼以外の行動を咀嚼と判断してしまった誤りと、咀嚼を咀嚼以外の行動と判断してしまった誤りが多く見られた。前者では、センサの上でパソコンのキーを叩く際の腕の動きに周期性があることが原因である(被験者 2)。後者では、顎の動きが小さい、咀嚼と他の行動を同時に行っている、咀嚼を行っている際手や顔の動きが激しい、また咀嚼そのものに周期性がなかった等が原因である(被験者 1 等)。また、センサを 1 個から 2 個にすると正答率が高くなっており、複数センサによる信頼性向上を確認できた。

4. まとめ

マイクロ波ドップラーセンサを用いた咀嚼検出手法を提案し、その動作を確認した。今後は、高精度化をはかり、高齢者の咀嚼にも対応できるシステムの構築を目指したい。

参考文献

- [1]厚生労働省
<http://www.mhlw.go.jp/toukei/index.html>
- [2]大橋克己. 咀嚼機能評価システム. 特開 2004-33494. 平成 16 年 2 月 5 日