

二周波・二波型マイクロ波ドップラーセンサを用いた 人の咀嚼検出手法の提案

谷川紗恵子 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

2008 年度厚労省・国民生活基礎調査によれば、全世帯数の約 15% が 65 歳以上の独居者で占められている [1]。独居者にとっては健康管理が課題のひとつである。食事は健康管理の基本の一つであり、そのため「食事を規則正しくとっている」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。

著者らは、人には一切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てきた [2]。具体的には、マイクロ波ドップラーセンサを用いて、顎の上下運動の周期性から、咀嚼を検出して来た。そして評価実験の結果、約 80% の確率で咀嚼を検出できたが、咀嚼の判定に要する時間が 1 分間と長く、改善の余地を残していた。

この既存手法では、同期検波器をひとつしか持たないドップラーセンサを用いている。すなわち、顎の上下運動の「速度」を、ドップラー周波数から推定することはできるが、顎のセンサへの接近・離反を判別することができていない。そのため、顎以外の手などの雑動作を誤認識してしまうケースがあり、咀嚼認識精度を下げていた。

そこで今回は、移動体のセンサへの接近・離反を判別することのできる二波型のドップラーセンサを用いる。加えて、マイクロ波の反射位置を弁別できるように、異なる周波数をもつドップラーセンサを用いて、特定の距離になる顎位置からの反射のみを取り出し、咀嚼とその他の行動を区別する。

評価実験の結果、最大約 90% で咀嚼を検出することに成功し、咀嚼の判定をする時間幅は 10 秒間と従来手法と比較し大幅に改善された。

2. 提案システム

テーブル中に、二波型センサ (内部に 2 つの同期検波器を内蔵) を 2 個 (センサ A, 及びセンサ B) 設置する。ただし、センサ A とセンサ B は搬送周波数が異なっている。

Mastication detecting method using microwave Doppler sensors with different frequencies and different phases
Saeko TANIGAWA Shigeo KANEDA Hirohide HAGA
Graduate School of Engineering, Doshisha University

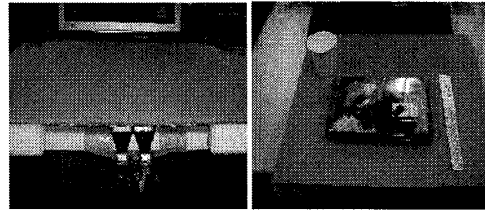


図 1. 咀嚼検出装置

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、テーブルから一定距離において顎の上下運動が周期的に繰り返される。そこで、移動体の速度、上下運動、センサからの距離の三項目を検出し、判定に用いることで、咀嚼とその他の行動を区別する。処理の流れを図 2 に示し、ステップ毎の詳細を示す。

なお、センサ A、センサ B はそれぞれ位相がずれたドップラー信号 (出力 1, 出力 2) を出力する。

【STEP0】データ取得、ウィンドウ設定

センサ出力に対し、一定時間 (1 秒間) ずつずらし、一定サイズのウィンドウ (5 秒間) を作成する。以下の処理はこのウィンドウごとに行う。

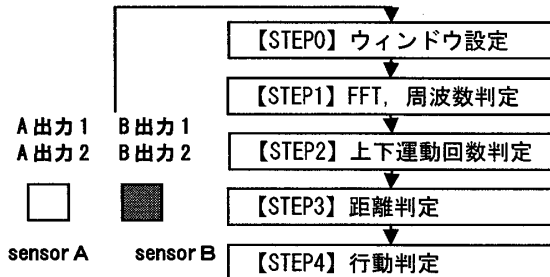


図 2. 処理の流れ

【STEP1】FFT, ピーク周波数判定

人の咀嚼行動は一定速度の運動が繰り返される。移動体が一定速度で運動している場合、咀嚼行動と判定する。この処理手順を以下に示す。

①センサ出力のフーリエ変換

ギブス条件を考慮して、ウィンドウ (図 3) に窓関数 (hamming 窓) を乗算し、フーリエ変換を行う (図 4)。

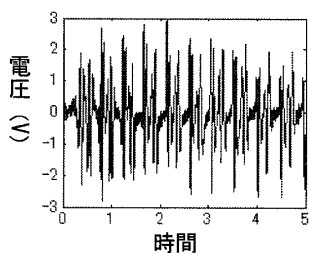


図 3. センサ出力

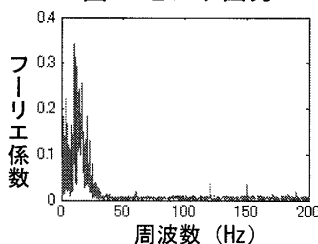


図 4. フーリエ変換結果

②ピーク周波数の判定

フーリエ変換の結果から、ピーク周波数が咀嚼周波数の範囲内にあるか否かを調べる。各種食品の第一大臼歯の咀嚼並行速度は 37~74[mm/s]であることが知られている[3]。そこで、咀嚼周波数付近にドップラー周波数のピークが出たときに、咀嚼周波数であると判定する。

③2つのセンサのピーク周波数の比較

センサ A とセンサ B のピーク周波数が一致しているか否かを判定する。一致していれば咀嚼周波数と判定し、ピーク周波数のみを取り出すフィルターをかけた後、フーリエ逆変換を行う。

【STEP2】上下運動回数判定

人の咀嚼行動は、一定距離の顎の上下運動が繰り返される。そこで移動体が一定回数以上、上下運動をしていれば咀嚼行動と判定する。ここでは、出力 1, 出力 2 の位相のずれから、移動体のセンサへの接近・離反を判定することで上下運動を検出する (図 5)。

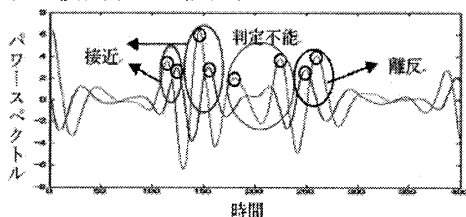


図 5. 二つのドップラー信号の位相関係

①振幅値検出

一定速度で運動していれば、ピーク周波数において電圧の振幅値は大きくなる。小さければ、静止と判断する。

②接近・離反判定

一定閾値以上の振幅値において、出力 1, 2 の位相のずれから接近・離反判定を行う。

③上下運動回数検出・判定

接近・離反の並び方のパターンから上下運動の回数を検出し、一定回数以上であれば、咀嚼行動と判定する。

【STEP3】距離判定

特定の距離になる顎位置からの反射のみを取り出し、咀嚼とその他の行動を区別する。ここでは、オムロンによる二周波ドップラー方式による測定距離アルゴリズム[4]を適用する。

【STEP4】行動判定

咀嚼行動は、極めてノイズが大きい環境下で行われるため、短いウィンドウ幅 (5 秒間) での咀嚼検出精度は低い。そのため、「区間」(10 秒間) を作成し、その中に存在する 6 個のウィンドウの行動判定の多数決をとり、最終的な「区間」の行動を決定する。「区間」に存在する 6 個のウィンドウにおいて、2 個以上 STEP1 から 3 の条件を満たしていれば、10 秒間食事を行っている判断する。

3. 評価実験

被験者にテーブル上で、15 分間食事を含めた行動をしてもらい、データを取得した。咀嚼の判定は 10 秒毎に行っている。結果を表 1 に示す。表 1 中の正答率①とは、全体の正答率を表す。②は、咀嚼行動中の正答率、③は他の行動中の正答率を示す。

表 1. 実験結果 (%)

被験者	A	B	C	D	E	平均
正答率①	84	88	78	76	67	79
正答率②	86	89	87	43	25	66
正答率③	81	88	69	94	96	85

咀嚼時の誤判断の原因としては、顎からセンサまでの距離が長いことや、顎の動きが小さいことから信号が弱いことや、お弁当の動きなど、顎以外によって生じるノイズが大きいことが挙げられた。他の行動中の誤判断の原因としては、センサの真上で手の動きなど小刻みな運動が繰り返されたことが挙げられた。

4. まとめ

二周波・二波型の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。

参考文献

- [1]厚生労働省 <http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/List.do?lid=000001056109>
- [2]谷川紗恵子, 西原秀明, 金田重郎, 「マイクロ波ドップラーセンサを用いた咀嚼の検出手法」, 情報処理学会・第 70 回全国大会 5ZD-3, pp.4-273~4-274, 2008 年 3 月 13 日
- [3]日本家政学会誌 咀嚼中の第一大臼歯の咀嚼速度と食品物性の関係 竹下登紀子, 中沢文子
- [4] OMRON TECHNICS Vol.44 No.1 (通巻 149 号) 2004