

無拘束型センサを用いた状態検知システムに関する基礎研究

評価技術課 佐々木克浩、塚本吉俊、岩坪聡、機械電子研究所 金森直希

1. 緒言

近年、ヘルスケア関連機器の開発が進められており、健康管理または見守りなどを目的とした咀嚼回数計測に関連する装置が市販または研究されている¹⁻⁵⁾。それらは人にセンサを装着させる装置^{1,2)}が主であるが、手軽さの観点からはセンサを装着させない装置が望ましく、画像処理を用いた研究が報告^{3,4)}されている。また、マイクロ波ドップラーセンサを用いた提案⁵⁾もなされており、これは画像処理による方法に比べて簡便で安価と考えられる。

本研究では、咀嚼の意識付けなどの支援用途で手軽に利用することに主眼を置き、マイクロ波ドップラーセンサに着目して、咀嚼回数をリアルタイムに計測するシステムに関して検討した。

2. システム

2.1 概要

試作したシステムの構成を図1に、外観を図2に示す。マイクロ波を人の顎(検出対象)に向けて放射するため、図1に示す位置にドップラーセンサを配置した。そのセンサは、ドップラーモジュール(新日本無線、NJR4262J)を樹脂製箱に内蔵する構成とした。ドップラーセンサからは、位相が異なる2つのドップラー信号、いわゆるI信号とQ信号が出力され、増幅器(60dB)により増幅するとともに、商用電源周波数などの雑音を除去するためのローパスフィルタに通した後に、ADコンバータ

(CONTEC、AI-1608AY-USB)に入力した。AD変換後のデータは、USBインターフェースを介して、パーソナルコンピュータに取り込んだ。センサに対する顎の近接状態と離反状態を判定し、咀嚼回数を計測した。

2.2 データ処理

近接状態と離反状態を判定する原理の模式図を図3に示す。ドップラーセンサに対して検出対象が近接状態の場合、I信号に対してQ信号の位相が90°遅れ、離反状態の場合は90°進む。I信号の極値 V_{p-I} に着目すると、近接状態では、極大値の V_{p-I} に対応する時刻付近のQ信号の電圧変化量 ΔV_Q が増加であるのに対し、離反状態では ΔV_Q が減少となるため、この変化から近接状態と離反状態を判定できると考えられる。極小やQ信号の極値 V_{p-Q} に関しても、図3に示す関係を用いて同様に近接状態と離反状態を判定できると考えられる。近接と離反の継続状態を確実に検出する配慮から、図3のすべての関係に対応

した判定を行い、連続する複数の判定の多数決により判定を補正した。図4(a)は咀嚼時におけるドップラー信号の例(後述の実験時)であり、図4(b)は判定結果(補正後)の例である。判定結果から咀嚼の速度に応じた状態を抽出することを考慮し、所定範囲の継続時間の近接状態の後に所定範囲の継続時間の離反状態が続き、かつ近接と離反全体の時間も所定の範囲内である場合に、1回計数するようにした(図4(c))。さらに、周期性を有する咀嚼動作と他の動作を切り分ける配慮から、所定範囲の時間間隔で所定回数連続して計数された場合を咀嚼回数とした。上述の処理はリアルタイムで行うが、その回数連

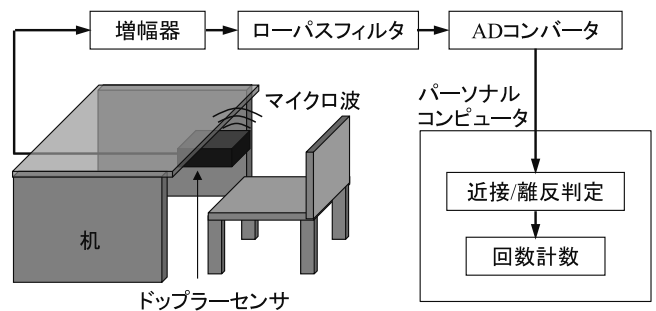


図1 システム構成

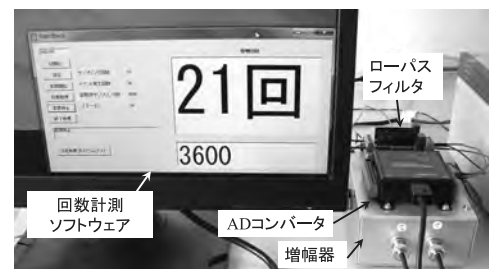


図2 システム概観

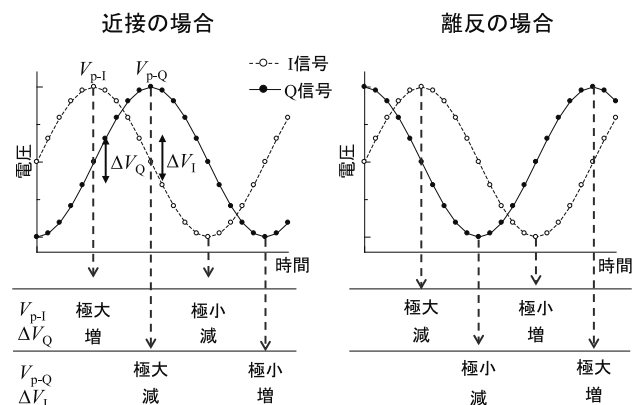


図3 近接/離反の判定方法

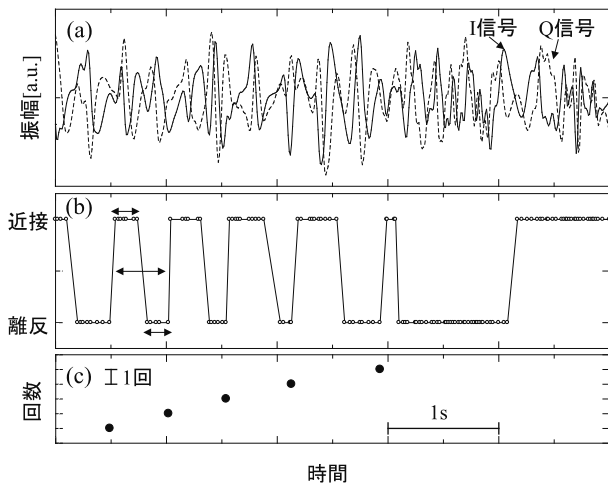


図4 データ処理の一例

(a)ドップラー信号、(b)近接/離反判定、(c)回数

続の設定を大きくするのに伴い、計数開始時のリアルタイム性は低下する。以上のデータ処理と結果の表示を行うプログラム(Visual C++)を作成した。なお现阶段では、計測時間とともにデータ量が増大する単純な処理である。

3. 実験

試作したシステムの基礎的な動作を確認することを目的として、やや理想化された意識的な咀嚼動作を対象とした計測実験を行った。実験では、発話は行わず、咀嚼回数を被験者が数えることとした。また、検知可能領域の関係と理想的な咀嚼動作を対象とする配慮から、姿勢を正して咀嚼動作を行うこととした。

はじめに、食べ物を取り上げる動作を含まない咀嚼動作のみを対象として、被験者3名に20回(3セット)咀嚼を行ってもらった(食べ物はご飯)。その結果、目視で判定した咀嚼回数に対する計測値の誤差率は、平均で12%程度であった。

次に、同様の被験者に、弁当を対象に咀嚼を100回(2セット)行ってもらった(弁当の種類や計測開始時の動作など被験者によって違いあり)。誤差率の平均は13%程

度であり、すべての実験で計測値のほうが小さい値であった。咀嚼中の映像とデータを確認したところ、手や顔などの動きが計測値に影響を与えていると推測される場合があり、特に、食べ物を口に入れるための一連の動作(体動含む)中は咀嚼回数をほぼ計数していなかった。これらが小さい計測値の主要因のひとつと考えられた。

最後に、上記の被験者のうち1名について、姿勢の配慮をなしとして咀嚼を100回行ってもらった結果、誤差率は44%で計測値のほうが小さかった。この差は、姿勢を正した場合と比較して2倍以上であった。同様に映像を確認したところ、食べ物を口に入れる一連の動作中の咀嚼回数が2倍以上に増加しており、これが差の一要因と考えられた。また、今回の実験の範囲では大きな問題となっていなかったが、顎の位置によっては検知が困難になる場合があり、多様な食事動作への対応の観点からは、これも課題になると考える。

4. 結言

マイクロ波ドップラーセンサを用いた咀嚼回数の計測システムを構築し、システムの基礎的な動作を確認した。食べ物を口に入れる一連の動作などの際は咀嚼動作の検知が困難となる制約はあるが、試作したシステムは、咀嚼の意識付けや指導に向けた支援ツールとしての利用可能性を示唆するものとする。実用上の課題として、発話と咀嚼の識別や精度向上のため各種閾値の調整などがあげられる。本システムは、検出対象の往復動作回数のリアルタイム計測・表示を目指したものであり、他の検出対象への応用展開も考えられる。

参考文献

- 1) 小幡 他, 計測自動制御学会論文誌, **38**(9), (2002) 747.
- 2) 宇野 他, 第24回人工知能学会全国大会, (2010) 1G2-1.
- 3) 宮中 他, 信学技法, PRMU2013-6, (2013) 31.
- 4) 高石 他, 電子情報通信学会総合大会, (2016) ISS-P-142.
- 5) 谷川 他, 第72回情報処理学会全国大会, (2010) 4-757.

キーワード：マイクロ波ドップラーセンサ、咀嚼、回数、近接、離反

System for Status Detection using Non-contact Sensor

Katsuhiro SASAKI, Yoshitoshi TSUKAMOTO, Satoshi IWATSUBO and Naoki KANAMORI

For real-time detection of chewing motion without wearing a sensor, a non-contact microwave doppler sensor system for detecting the number of chewing was constructed and a program of a data processing algorithm was implemented. Using the algorithm, the upward and downward motions of jaw were detected and the number of chewing was measured. The fundamental performance of the system was confirmed.