

摂食行動を分析するメガネ型モーションセンサデバイス

金島諒^{†1} 原山直樹^{†1} 鶴江大輝^{†1} 荒木映美^{†1}
西川未来^{†1} 今村圭佑^{†1} 吉田海^{†1} 菅野谷知佳^{†2} 松下宗一郎^{†1}

概要：メガネ型のモーションセンサデバイスにより、利用者の摂食行動を日常生活の中で識別する運動信号処理の検討を行った。高感度な3軸角速度センサにて取得した角速度信号と、計算による角加速度ベクトルの時間変化信号とを組み合わせることで、固形物の摂食に伴う運動を選別できる可能性が見いだされた。そして、摂食行動の様態を運動パラメータにてPC画面上で可視化することによるコンピュータインタラクションの検討を行っている。

1. はじめに

食事療法や認知症介護において、対象者が何を食べたのかに関する情報を医師や看護師といった観察者が知ることは重要であると考えられる。しかしながら、一般には観察者の目視や対象者の自己申告により情報を取得していることが多く、「いつ」「何を」「どのように」食べていたのかを詳細に知ることは、コストや信頼性の観点から困難である。

一方、口内の食品の違いによる咀嚼運動の差異を下顎の運動の変化に着目して明らかにしようとする研究例が報告されている。ここでは、下顎の運動に関わる咬筋の表面筋電を用いる手法や、下顎部に加速度センサを装着して分析する手法、下顎運動に連動する頭位及び頭部の揺れを頭部に装着したポイントとカメラによって計測する手法といった頭部動態計測が試みられている。例えば、下顎運動の差異から食品の堅さといった性質の違いを推定できる可能性が示唆されており、運動計測による咀嚼運動の客観的な観測を行うことは可能であると思われる[1]。

そこで、本研究では近年性能の向上ならびに小型化の進展が著しい慣性モーションセンサデバイスにより、日常生活の中で対象者の摂食行動を検出するシステムにつき検討を行った。そして、下顎部の運動が間接的には頭部全体への衝撃運動として伝播することに着目し、センサデバイスをメガネに搭載するデザインとすることで、表面筋電位計や加速度センサを下顎部に装着する従来の手法に対し、日常生活での現実的な利便性を向上させることを考えた。

2. メガネ型モーションセンサデバイス

図1に本研究にて製作を行ったメガネ型モーションセンサデバイスを示す。メガネについては利用者が既に装着しているメガネの上から重ねがけすることのできるデザインとし、左右の「つる」の部分に9軸慣性モーションセンサIC、16ビットマイクロコントローラ、ワイヤレスデータ通信モジュール、並びにバッテリーを搭載している。フレ-

ム部分をABSプラスチックにて製作したメガネ型デバイスの総重量は約42gと軽量であり、装用においてほとんど違和感が生じないものとなっている。モーションセンサにおいては3軸加速度($\pm 4G$)、3軸角速度($\pm 1000\text{dps}$)、3軸地磁気(分解能約 $0.6\mu\text{T}$)を秒速100回にて計測しており、ワイヤレス通信によりリアルタイムでPC等にデータを伝送することができる。また、体温や外気温変化に伴う計測特性変動を補償する演算処理を行った結果、角速度のゼロ点ドリフトは実効値にて約 0.1dps 以内となっている。

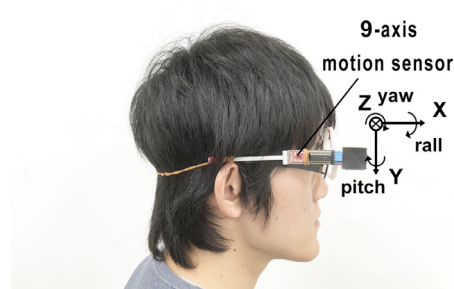


図1 メガネ型モーションセンサデバイス

3. 摂食によるモーション信号の分析

咀嚼に際し、メガネ側面にて観測される頭部運動信号は、四肢の運動計測等と比較し非常に小さなものとなっていることが予想される。また、日常生活における頭部の運動は、歩行、会話、視線の移動といった活動によっても引き起こされることから、咀嚼運動のみを正確に抽出する手法の検討が必要となる。そこで、本研究では直立静止時の頭部動揺運動といった極めて微弱な頭部運動の分析において報告されている角加速度ベクトル軌跡長(Angular Acceleration vector Trace Length: AATL)並びに、3軸合成角速度(Angular Velocity: AV)を組み合わせることを考えた[2]。ここで、AATLは急峻な角加速度ベクトルの変化に際して数値が大きく増大する運動パラメータであることから、咀嚼によって生じる瞬間的な頭部の回転運動を高感度にて検出することが期待される。

^{†1} 東京工科大学コンピュータサイエンス学部

^{†2} 東京工科大学大学院コンピュータサイエンス専攻

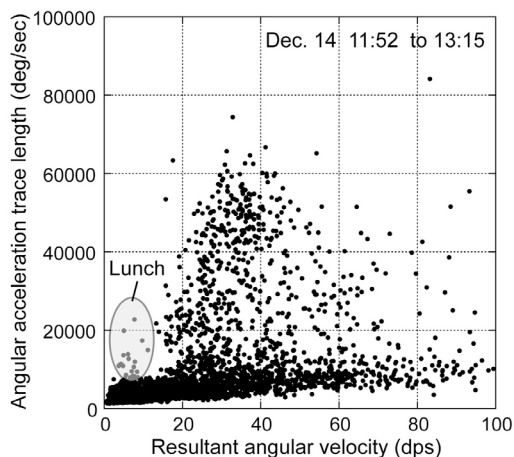


図 2 食事前後における運動パラメータの挙動

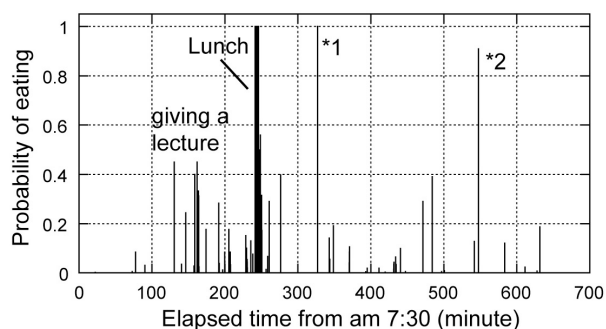


図 3 運動パラメータによる摂食時間帯の推定

日常生活における AATL と AV の計測を 1 人の被験者 (54 歳, 男性) について行ったところ, 着座での摂食に際して AV が概ね 10dps 以下といった小さな値にとどまっている状況で, 10000deg/sec (積算時間 1sec) を超える比較的大きな AATL が観測されていた. 図 2 は同じ被験者における昼食時間前後 (立位および座位での会話, 歩行を含む) における 5000 秒間にわたる AATL と AV の計測結果を散布図として示したものである. ここでは, 被験者が固形物を摂取していた約 10 分間においてのみ, $AV < 10dps$ かつ $AATL > 10000deg/sec$ という条件を満たす運動信号が認められた. また, 図 3 は AV と AATL の数値の組み合わせから, 摂食による運動であると見なせる確率を実験的に決定した閾値により計算した結果を示したものである. 約 10 時間に渡る計測時間において, 昼食を摂取していた時間帯にのみ高い確率値が集中していることが分かる. 一方, 摂食以外の行動に対して比較的大きな確率値を示した時間帯について調べたところ, 着座姿勢から立ち上がった瞬間 (図 3 における *1 および *2) ならびに, 板書による講義実施において教卓に置かれたノート PC を操作を操作する (図 3 の giving a lecture) といった, 突発的な頭部の姿勢変化があったことが分かった. そして, 食事の摂取は一般的に数分以上といった時間に渡って継続することから, 本研究による摂食行動推定に有効性があることが示唆された.

4. 摂食物の識別実験

本研究にて用いた運動パラメータ AATL は, より急峻な動きの変化に対して数値が増大する特性を持っていることから, 摂食物の堅さの違いを判別できる可能性があるものと思われる. そこで, 20 歳代の被験者 3 名 (男性 2 名, 女性 1 名) に, 堅さの異なる食品を摂取してもらう実験を行った. ここで, 摂食に要する時間や, 実験の再現性を考慮し, 柔らかい食品として一口大のマシュマロ (2 個) を, また堅い食品については, 同じく一口大のせんべい (2 個) を選択した. そして, 約 20 秒間の摂食中に得られた AV と AATL の値を図 2 と同様な散布図としてプロットしたところ, 堅い食品では同じ AV の値に対する AATL の数値がやや大きくなっていった. また, 下顎の上下運動に対応する回転軸として図 1 における z 軸まわりの角速度を選択し, 摂食時における信号のフーリエ変換 (サンプリング点数 2048 点) を計算したところ, 堅い食品を摂取している場合にのみ 30Hz を超える周波数域に成分が認められた.

続いて, メガネ型センサデバイスからの運動信号から AV-AATL の散布図をリアルタイムにて PC 画面上に描画するアプリケーションを製作し, 前述の 3 名の被験者による摂食実験を行った. その結果, AV, AATL の数値域に若干の個人差が見られるものの, 摂食行動に対応する散布点が画面上に表示されていく様子を観測することができた. また, 実験の参加者からは, 摂食対象物を外部から客観的に推定することができるというコンピュータインタラクションでは, 普段何気なく行っている摂食の様態についての関心を深める効果があるのではといった意見があった.

5. おわりに

本研究では利用者の咀嚼運動をメガネ型モーションセンサデバイスにて計測し, 角加速度ベクトル軌跡長 AATL ならびに 3 軸合成角速度 AV といった運動パラメータを計算することで, 摂食行動の有無を推定できる可能性を見いだした. また, 摂食物の堅さにより角速度信号の周波数特性が変化することを利用して, 摂食物や摂食方法の違いを推定できるものと思われる. 今後は摂食行動をより細分化して識別できる手法の開発を目指して行きたいと考えている. 一方, メガネ型というセンサデバイスのデザインについては, 日常生活において頭部付近に常時装着をしていることに不自然さがほとんどないことから, 摂食状況の客観計測以外の使用場面についても検討を進めて行く予定である.

参考文献

- [1] 新谷明昌, 野本俊太郎, 佐藤彦, 青木雅憲, 四ツ谷護, 三穂乙暁: 被験食品の硬さの違いによる咀嚼運動時の頭部動態への影響, 歯科学法 Vol.113 No.4, pp.383-387, (2013)
- [2] 松下宗一郎, 細井悠貴, 岩渕圭太,: 常時利用可能なヘッドホン型身体バランス状況モニタ. 第 10 回情報科学技術フォーラム FIT2011, 講演論文集 第 3 分冊: 47-54, 2011-09-07