

HMM と LLD 特徴量セットを用いた水分摂取量推定手法の検討

山田 侑太郎[†] 西村 雅史^{††} 峰野 博史^{††}

[†]静岡大学情報学部 ^{††}静岡大学大学院情報学領域

1. はじめに

65歳以上の老年人口割合が総人口の25%を超えた日本は、介護負担の増大が課題となりつつある。高齢者の健康管理に必要な項目の一つとして水分摂取量が挙げられる。高齢者が一日に必要な水分摂取量は1,500[ml]が目安と言われ[1]、十分な水分摂取ができていない場合、脱水症や心筋梗塞、脳梗塞を引き起こす危険性が上昇する。水分摂取量は、血圧や体温等と比べ、記録する機会が多いため、介護者にかかる負担が大きい。これまで、拘束性が低いスロートマイクを用いて嚥下音を計測し、嚥下音から水分摂取量を推定する手法の研究を進めてきた[2]。しかし、一日分の合計水分摂取量推定では、被験者毎の推定誤差が大きく異なっており、不特定の被験者に対する水分摂取量推定に適した共通的な特徴量を抽出しきれていない。

本研究では、[2]の行動分類で用いた判別器を HMM (Hidden Markov Model)に変更し嚥下行動の抽出精度を向上させるだけでなく、LLD (Low Level Descriptor)特徴量セットに含まれる特徴量の中でも、音の大きさや波形に比べ個人差が少なく嚥下量に相関性の高いと考えられる MFCC (Mel-Frequency Cepstrum Coefficients) や継続時間に注目して水分摂取量推定の高精度化を図る。

2. 関連研究

スロートマイクを用いて嚥下音を計測し、嚥下音から時間情報とエネルギーを用いて咳や嚥下の検出を行う研究[3]や、区間あたりの嚥下や咀嚼密度から摂食、空嚥下、発話を分類する研究[4]が行われている。また、音高に関する聴覚特性を反映したメルフィルタバンクのスペクトル (Mel-scale Fourier Spectrum: MSFS) を用いて嚥下音を分析した研究[5]では、個人に関して約 80%、不特定に関して約 75%の精度で摂食行動の検出を実現している。以上のように、嚥下音を分析することで行動を識別する研究は行われてきたが、飲水時の水分摂取量を推定する研究は[2]のみであった。[2]では MSFS を各帯域中の最大値で補正をした Relative-MSFS を提案し、嚥下行動分類および嚥下物分類で約 80%の精度を実現している。しかし、一日分の合計水分摂取量推定では、被験者毎の推定誤差が大きく異なっており、不特定の被験者に対する水分摂取量推定に適した共通的な特徴量を抽出しきれていないと言えなかった。

一方、嚥下行動の分類に関して健常者と嚥下障害者の嚥下音を HMM で分類する研究[6]がある。HMM を用いることで、嚥下障害者の分類精度を約 85%向上させた。

A study on Fluid intake estimation using HMM and LLD

Yutaro Yamada[†], Masafumi Nishimura^{††}, Hiroshi Mineno^{††}

[†]Faculty of Informatics, Shizuoka University

^{††}College of Informatics, Academic Institute, Shizuoka University

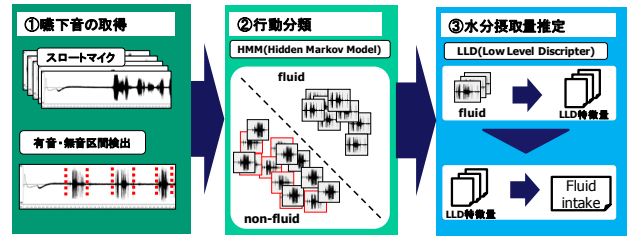


図 1: 提案手法の概要

表 1: HMM 生成に用いた行動とデータ数

| 行動 | 指示内容 | データ数(個) |
|-----|------------|---------|
| 深呼吸 | 深呼吸を行う | 145 |
| 咀嚼 | ガムを噛む | 295 |
| 咳 | 咳をする | 257 |
| 発話 | 自由に話す | 357 |
| 嚥下 | 水や茶等の水分を飲む | 168 |

せることができています。そのため、HMM を用いて嚥下行動の抽出精度を向上させるだけでなく、LLD 特徴量セットの中でも不特定の被験者に対して共通かつ適切な特徴量を抽出できれば、高精度な水分摂取量推定を実現できると考える。

3. 提案手法

HMM を用いて嚥下行動の抽出精度を向上させるだけでなく、LLD 特徴量セットの中でも音の大きさや波形に比べ個人差が少なく嚥下量に相関性の高いと考えられる MFCC や継続時間に注目し、高精度な水分摂取量推定手法を提案する (図 1)。

①嚥下音の取得では、スロートマイクを用いて嚥下音を収録する。嚥下音とは何らかのモノを飲み込む時の音であり、その他、嚥下音の収録時に含まれる日常生活の音として、深呼吸、咀嚼、咳、発話など計 5 種類を想定する。

②行動分類では、事前に学習しておいた HMM を用いて様々な収録音の中から嚥下音の抽出を行う。HMM は継続長を含む特徴量の時間変化も正確に表現できるため、手でラベリングした 5 種類の行動に対しそれぞれ HMM を用意し、尤度に基づいて行動分類を行う。今回、成人男性 6 名によって収集され、各行動の HMM 生成に用いたデータ数を表 1 に示す。また、特徴量は [2]と同様の 20 次元の Relative-MSFS を用いた。

③水分摂取量推定では、行動分類によって抽出された嚥下音に対し、LLD 特徴量セットに含まれる特徴量の中でも、声道特性を表す MFCC や継続時間を用いて水分摂取量推定を行う。LLD 特徴量セットは、感情やパラ言語情報の識別のために近年提案された特徴量セ

ット [7-8] である. この LLD 特徴量セットの中には, 音の大きさや波形に比べ, 個人差が少なく嚥下量に相関性の高いと考えられる MFCC や継続時間があり, 不特定の被験者に対する水分摂取量推定に適した共通的な特徴量として, 0~12 次元までの MFCC, 継続時間, F0 を説明変数として採用することとした.

機械学習器には, 多様な分野で優れた識別性能を示すことが知られている Support Vector Machine (SVM) を回帰分析に応用した Support Vector Regression (SVR) を用いて, 事前に前述の 15 次元の説明変数と水分摂取量の実数値の対応を学習させ, 水分摂取量推定モデルを構築しておく.

4. 評価

4.1 行動分類精度

HMM を用いた行動分類精度を [2] と比較した. 成人男性 6 名による表 1 の各行動データに対して HMM を生成し, 交差検証で行動分類精度を評価した. 評価指標として, 適合性 (Precision), 再現性 (Recall), F 値 (F-measure) を用いた. 図 2 に各被験者の行動分類結果の平均値を示す.

[2] で提案された Relative-MSFS を用いて SVM でモデル化した行動分類 (図 2(a)) に比べ, HMM を用いた行動分類 (図 2(b)) は, 咳, 発話, 嚥下音の分類精度が若干向上している. 深呼吸と咀嚼に関しては, 提案手法の精度が向上していないが, 無音期間の検出を改良することで改善するものと考えられる.

4.2 水分摂取量推定精度

MFCC と継続時間を用いた水分摂取量推定手法を [2] と比較した. 高齢者の 1 日の水分摂取量の目安と言われる 1,500[ml] に対して, [2] で実施された評価実験と同様の実験を実施した. 被験者 1 名が, 表 1 に示す行動を含む日常生活で, 合計 1,500[ml] の水分摂取を行い, その他被験者 5 名のデータを学習モデルとして, 提案手法の水分摂取量推定精度を検証した. 図 3 に水分摂取量推定精度結果を示す.

[2] で提案された Relative-MSFS を用いた手法では, 不特定の被験者によるデータを用いて推定された水分摂取量は約 126% の誤差を生じたが (図 3(a)), MFCC と継続時間を用いた提案手法では約 44% の誤差にまで下げることができた. LLD 特徴量セットの中でも音の大きさや波形に比べ個人差が少なく嚥下量に相関性の高いと考えられる MFCC や継続時間は, 不特定の被験者に対して共通かつ適切な特徴量であったと言える.

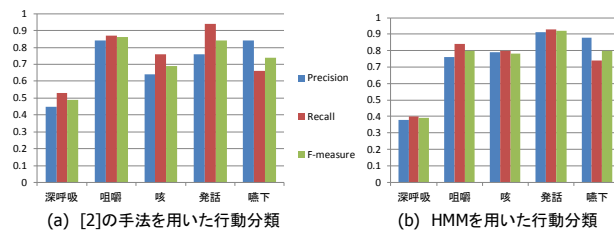


図 2 : 行動分類精度

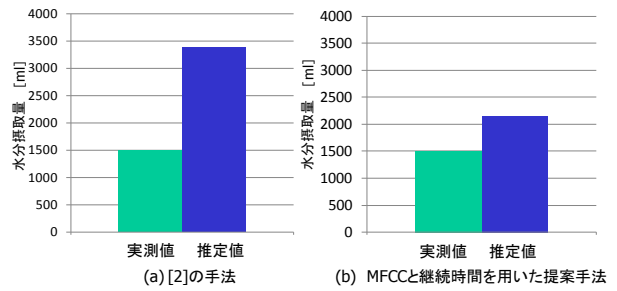


図 3 : 水分摂取量推定精度

5. おわりに

本研究では, HMM を用いて嚥下行動の抽出精度を向上させるだけでなく, LLD 特徴量セットに含まれる特徴量の中でも, 音の大きさや波形に比べ個人差が少なく嚥下量に相関性の高いと考えられる MFCC や継続時間に着目し, 不特定の被験者に対して共通かつ適切な特徴量を考慮した高精度な水分摂取量推定手法を提案した. 既存手法に比べ大幅な精度向上を実現したが, 実用的な精度にはまだ至っていない.

今後, LLD 特徴量セットの他の特徴量について検討を深め, 不特定の被験者に対して共通かつ適切なさらなる特徴量の抽出を図る. また, 1 日の水分摂取量の目安である 1,500[ml] に対する水分摂取量推定の検証を十分に実施し, 高精度な水分摂取量推定手法の確立を目指す.

参考文献

- [1]岡村菊夫, 他: 水分を多く摂取することで, 脳梗塞や心筋梗塞を予防できるか?, 日本老年医学会雑誌, Vol.42, No.5, pp.557-563 (2005).
- [2]小林悠一, 他: 嚥下音を用いた水分摂取量推定手法の研究, 情処論, vol.57, no.2 (2016).
- [3]道幸成久, 他: 咽喉マイクロフォンによる高齢者の咳嗽の無拘束モニタリング: MSP430 搭載カードサイズデータ収集システム, 信学技報 MBE, vol.112, no.101, pp.27-30 (2012).
- [4]Edward S. Sazonov, et al.: Toward objective monitoring of ingestive behavior in free-living population, Obesity (Silver Spring), vol.17, no.10, pp.1971-1975 (2009).
- [5]Oleksandr Makeyeva, et al.: Automatic food intake detection based on swallowing sounds, Biomed signal process control, vol.7, no.6, pp.649-656 (2012).
- [6]Mohammad Aboofazeli, et al.: Analysis of swallowing sounds using hidden Markov models, Medical & Biological Engineering & Computing, vol.46, pp.307-314 (2008).
- [7]Bjorn Schuller, et al.: The INTERSPEECH 2009 Emotion Challenge, Proc. Inter-speech, (2009).
- [8]Bjorn Schuller, et al.: The INTERSPEECH 2010 Paralinguistic Challenge, Proc. Inter-speech, (2010).