

研究テーマ：体内雑音に乱された咽頭動作音のベイズ推定による情報抽出法と状態識別への応用	
研究代表者：地域創生学部 地域創生学科 地域産業コース 教授 折本寿子	連絡先：orimoto@pu-hiroshima.ac.jp
共同研究者：地域創生学部 地域創生学科 地域産業コース 教授 肖業貴 准教授 岡部正幸	
【研究概要】 健康維持、管理において食事方法（咀嚼、嚥下等）も重要な生活行動であり、手軽にかつ正確に分析できる方法を確立することは重要な役割をもたらす。本研究では、咽頭付近の体内伝導音を計測し、ベイズ定理を利用して体内雑音を除去した後、咀嚼音、嚥下音の識別を行う。提案手法、および咽頭マイクの観測値、小型気導マイク（サーフェスマイク）の観測値をスペクトログラムおよびフォルマントで評価を行った。本手法を用いることで、高周波成分の復元、低周波雑音の低減を行い、観測値よりも咀嚼、嚥下動作の識別が可能であることを明らかにした。	

【研究内容・成果】

1. 研究内容(背景・目的)

近年、健康寿命に関心を持ち始め、ウェアラブル端末等の普及も著しい。健康維持と共に健康管理において、食事方法も重要な生活行動といえる。我々の食事の変化に伴い、昔に比べ食べ物が柔らかくなり、十分な咀嚼を行わず食事をする人も増えている。その結果、あごの発達不足や唾液が分泌しないなど、体に悪影響が及んでいる。そこで、咀嚼（そしゃく）、嚥下（えんげ）といった日々の生活行動から発せられる情報を手軽にかつ正確に収集し分析することで、正しい食事法を意識するようになり、健康寿命を延ばす一助となるのではないかと考えた。

現在、骨導マイクや咽頭マイクを利用した音声認識に関する研究に比べ、咽頭動作音を識別する研究は少なく、加えて、咀嚼と嚥下を同時に識別している方法はまだ確立されていない。そこで、本研究では、咽頭付近の体内伝導音より体内雑音を除去した上で、咀嚼音、嚥下音を識別する手法を提案する。

2. 提案手法の概要

体内伝導音には、計測器と皮膚との間に生じる体内雑音や計測器の特性によるノイズが同時計測されており、咽頭動作音を識別することは困難である。そこで、まずノイズ除去対策として、推定対象の咽頭動作音と、観測値である体内伝導音の相関関係を結合確率分布で捉えた。観測値はノイズを含むため、音同士の相関関係は未知であり、未知パラメータとして表した。次に、推定値である咽頭動作音とノイズ除去対策に有効な未知パラメータを同時推定するため、確率のベイズ定理を活用する。低次および高次の展開係数を反映した非線形システムモデル構築することで、複雑な信号を示す体内伝導音に対し信頼性の高いモデルを適用でき、その結果、咽頭動作音を精度よく抽出することが可能となる。

体内伝導音の計測には、咽頭マイクと小型の気導マイク（サーフェスマイク）を用いる。咽頭マイクは、周囲に騒音が存在する環境下であっても、騒音の影響を受けにくい特性があるためである。また、高周波成分の復元のため、サーフェスマイクを用いることで、体内雑音等を考慮した高精度な咽頭動作音の推定を実現する。推定した咽頭動作音と、咽頭マイク、サーフェスマイクの観測値を用いて咽頭動作音の識別を行う。

3. 研究成果

体内伝導音の性質を明らかにするため咽頭付近の計測を行った。咽頭マイクは、首に装着する市販されているものを利用した。また気導マイクには、物体の表面を計測することが得意なサーフェスマイクを適用した。咽頭マイクとサーフェスマイクを使用し、サンプリング周波数 20kHz で計測

を行った。被験者は 20 代の男女 7 名であり、ポテトチップス、白米、水の咀嚼と嚥下動作を測定した。一人に対し、各飲食物を 3 回ずつ計測した。ポテトチップスと白米は 20 回以上咀嚼してから飲み込み、水は 3 回連続して飲み込む実験を行った。

ポテトチップスの体内伝導音の観測値に対し、本手法を適用し雑音除去した推定結果を図 1 に表す。また、図 2、図 3 に咽頭マイクとサーフェスマイクで観測した音のスペクトルをそれぞれ示す。本手法を適用した推定結果には、咽頭マイクではなかった高周波部分でのエネルギーと、サーフェスマイクでは計測できていなかった嚥下音が本手法により復元していることが分かる。また、計測雑音および皮膚伝搬による雑音とされる低周波でのエネルギーを咽頭マイクの観測値より低減させることができた。

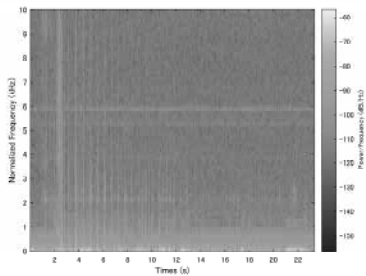


図 1. 本手法の推定結果に対するスペクトログラム

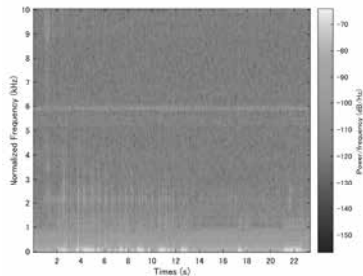


図 2. 咽頭マイクの観測値に対するスペクトログラム

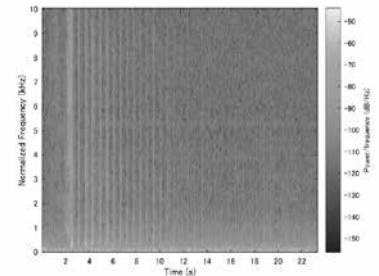


図 3. サーフェスマイクの観測値に対するスペクトログラム

次に、咀嚼や嚥下の咽頭動作音を識別するため、本手法の推定値、および咽頭マイク、サーフェスマイクの測定値に対してフォルマントを算出した被験者全員の結果を図 4-6 に示す。本手法の推定結果では、咀嚼は二箇所収束し、嚥下は同じ場所で収束していることが分かる。一方、咽頭マイクの観測結果によるフォルマントは、咀嚼が 2 箇所収束しているが嚥下を示す値と重なっている。また、サーフェスマイクは咀嚼に関するフォルマントが拡散しており、咀嚼回数が進むにつれて体内伝導音を観測しづらくなったことが原因と思われる。

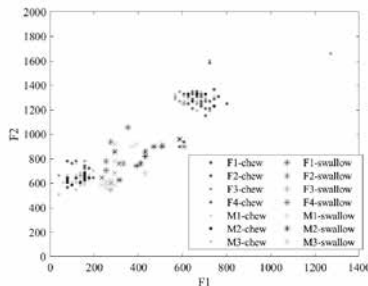


図 4. 本手法の推定結果をもとに算出したフォルマント

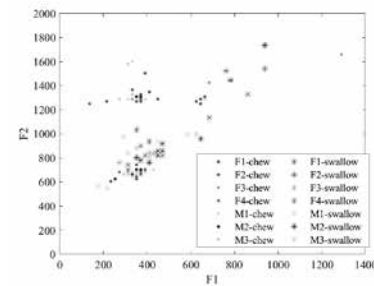


図 5. 咽頭マイクの観測値に対するフォルマント

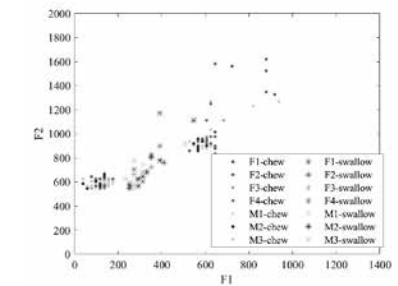


図 6. サーフェスマイクの観測値に対するフォルマント

白米の咀嚼、嚥下、水の嚥下でも同様の結果が得られた。よって、本手法の推定アルゴリズムを適用することで、不要な雑音除去し、フォルマントによる識別に必要な情報を抽出でき、咽頭動作音の識別が可能となったことが分かる。また、男女および、食べ物、飲み物によって、フォルマントの値が大きく変わらないことを確認できた。今後の展開として、咳払いや呼吸など、その他の咽頭動作音に対しても識別が可能か、検討を行っていきたい。また、年齢による変化も考慮する必要があり、被験者の年齢の幅を広げ咽頭動作音の変化が生じるのか実験を行いたい。

H. Orimoto, A. Ikuta, “A bayesian approach to extract pharyngeal movement sounds”, Proceedings of 31st International Congress on Sound and Vibration, 2025