

令和 5 年 6 月 23 日現在

機関番号：35416

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2022

課題番号：19K06878

研究課題名（和文）咳嗽音を用いた新たな呼吸機能評価システムの確立

研究課題名（英文）A Novel Respiratory Function Evaluation Method via Cough Sounds

研究代表者

馬屋原 康高（Umayahara, Yasutaka）

広島都市学園大学・健康科学部・教授（移行）

研究者番号：60746395

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究の目的は、咳嗽音を用いて呼吸機能を推定するシステムを構築することである。2022年度は、従来の $\lambda$ - $\mu$ - $\sigma$ 法を用いて計算した肺活量と咳音圧レベルを基に計算した咳嗽時最大呼気流量を入力とするニューラルネットを用いた機械学習モデルを提案した。若年群31名と高齢群25名から合計56サンプルの咳嗽音と肺活量を収集した。モデルの性能は自乗誤差で評価し、Friedman検定やHolm検定などの統計検定を行い、異なるモデルの自乗誤差を比較した。提案モデルは他のモデルよりも有意に小さな自乗誤差（ $p<0.001$ ）を達成した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

我々が提案する呼吸機能の推定システムは咳の音を用いていることから、測定方法など一定の条件のもと咳の音を測定することで肺活量を推定することが可能である。つまり、在宅の高齢者や呼吸器疾患患者およびその介助者により簡便に肺活量を測定することができる。また、対象者の身長や年齢から算出される肺活量の下限値より対象者の肺活量が低下しているのかを判定することができ、スクリーニング検査としても活用できる。さらに、本システムをスマートフォンアプリとして実装することで、測定データを専門医やかかりつけ医と共有することも可能となり、在宅や遠隔地医療での活用が期待される。

研究成果の概要（英文）：This study presents a novel approach for estimating vital capacity using cough sounds and proposes a neural network-based model that utilizes the reference vital capacity computed using the  $\lambda$ - $\mu$ - $\sigma$  method, a conventional approach, and the cough peak flow computed based on the cough sound pressure level as inputs. Additionally, a simplified cough sound input model is developed, with the cough sound pressure level used directly as the input instead of the computed cough peak flow. A total of 56 samples of cough sounds and vital capacities were collected from 31 young and 25 elderly participants. Model performance was evaluated using squared errors, and statistical tests including the Friedman and Holm tests were conducted to compare the squared errors of the different models. The proposed model achieved a significantly smaller squared error (0.052 L2,  $p<0.001$ ) than the other models.

研究分野：健康科学

キーワード：呼吸機能 咳嗽音 咳嗽力 肺活量 ニューラルネット 機械学習

## 咳嗽音を用いた新たな呼吸機能評価システムの確立

課題番号 19K06878

研究代表者：馬屋原康高

### 1. 研究開始当初の背景

平成 23 年に実施された厚生労働省の統計調査より、本邦における肺炎の死亡者数は脳血管疾患を抜き第 3 位となった。さらに、その約 96% は 65 歳以上の高齢者が占めており、このうち約 80% は誤嚥性肺炎であることが報告されている。高齢者における誤嚥性肺炎のリスクファクターは、嚥下機能低下、咳嗽能力の低下 (Addington, 2009)、呼吸機能の低下である (Mannino, 2009, Matsumi, 2017)。呼吸機能や咳嗽能力は、スパイロメータで測定することが可能であるが、専門病院で測定しなければならない。近年では、在宅や介護施設で療養を続ける高齢者が増加しており、呼吸機能や咳嗽能力を在宅や施設で簡単に測定することは大変重要である。応募者らは、平成 27 年度から平成 30 年度の科学研究費助成事業若手研究 B (課題番号：16K16475) の助成を受け咳嗽音を用いた簡便な咳嗽能力評価システムを構築した。咳嗽能力評価の従来法は、咳嗽時の最大呼気流量 (以下 CPF: cough peak flow) をスパイロメータで測定する。応募者らは、被験者の咳嗽音や年齢から予測の CPF を算出することに成功し、そのアルゴリズムを組み込んだモバイル端末用のアプリケーションを作成しており、スマートフォンなどのモバイル端末で容易に咳嗽能力を測定することが可能となった (Umayahara, 2018)。

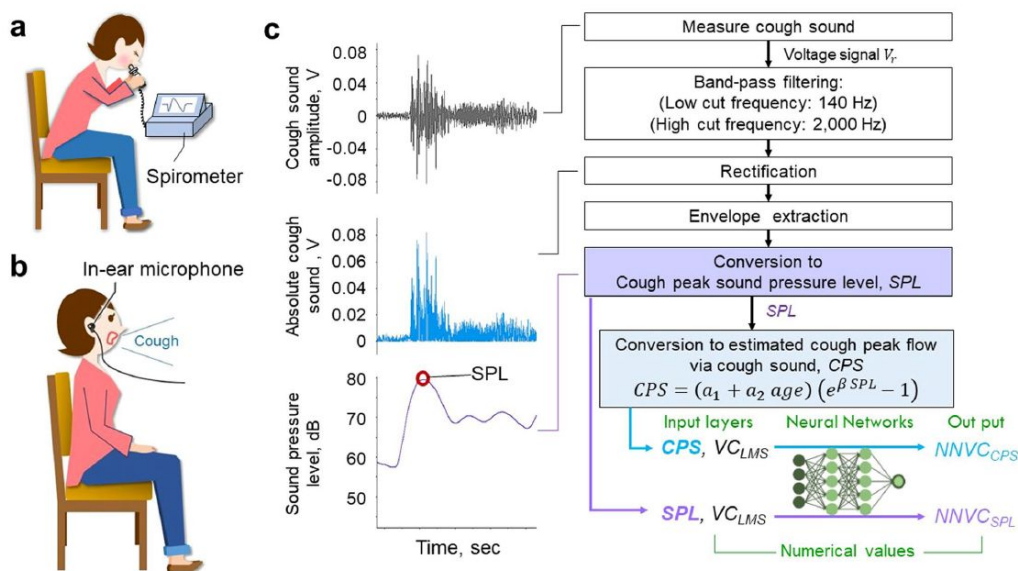


Figure 1. The current vital capacity measurement method and our cough sound-based method. (a) The current vital capacity measurement method. (b) The proposed vital capacity measurement method. (c) Data processing methods and neural networks analysis techniques for each model.

( Umayahara Y, *Scientific Reports*, 2023 )

### 2. 研究の目的

本研究の目的は、咳嗽音を用いた新しい呼吸機能評価方法の確立である。従来の呼吸機能検査はスパイロメータを使用することから、呼吸器専門の医療機関で検査する必要がある。また、感染予防のためにマウスピースを使用することから、マウスピースからの息漏れやマウスピース自体にもコストがかかる。本研究は、被験者に負担をかけず、いつでもどこでも呼吸機能を簡単に検査する方法を確立するため、呼吸機能と関連性の高い咳嗽音から肺活量を推定するシステムを構築する ( Fig. 1 )。

### 3. 研究の方法

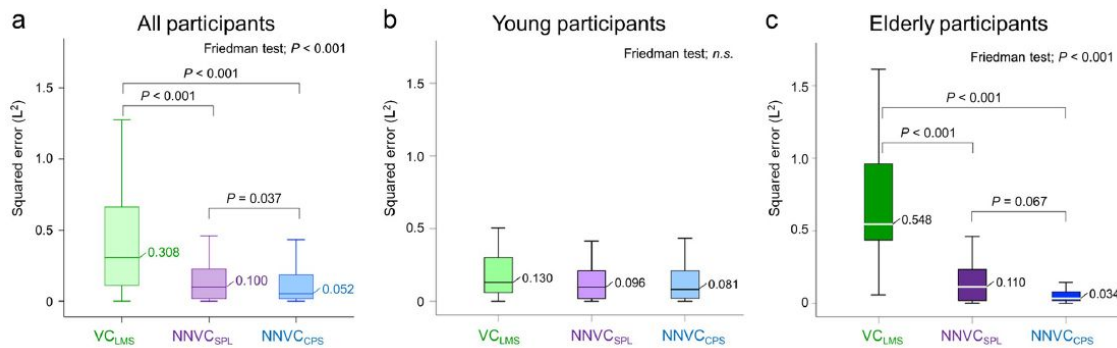
従来の lambda-mu-sigma ( LMS ) 法を用いて計算した肺活量と咳音圧レベルを基に計算した咳嗽時

最大呼気流量を入力とするニューラルネットを用いた機械学習モデルを提案した。また、提案モデルの比較対象として、咳嗽音圧レベルから求めた咳嗽時最大呼気流量の代わりに咳嗽音圧レベルを入力する簡素化されたモデルを作成した。また、従来法である LMS 法を用いて計算した肺活量の推定値も比較対象とした。本研究の対象は、若年群 31 名と高齢群 25 名として、合計 56 サンプルの咳嗽音と肺活量を収集した。モデルの性能は二乗誤差で評価し、Friedman 検定や Holm 検定などの統計検定を行い、異なるモデルの二乗誤差を比較した。

#### 4. 研究成果

提案モデルは他のモデルよりも有意に小さな二乗誤差 ( $p < 0.001$ ) を達成した。さらに提案モデルを用いて、参加者の肺活量が標準下限値より低いかどうかを検出した (Fig.2)。提案モデルでは、他のモデルに比べて ROC 曲線から求めた AUC 値が有意に高い ( $0.831$ ,  $p < 0.001$ ) が示された。これらの結果は、肺活量の低下をスクリーニングする提案モデルの有効性を示している。

本システムをスマートフォンアプリとして実装することで、測定データを専門医やかかりつけ医と共有することも可能となり、在宅や遠隔地医療においてスクリーニング検査としても活用が期待される。



**Figure 2.** Comparison of the squared error between the previous and proposed models. (a) Results of all participants,  $n = 56$ . (b) Results of young participants,  $n = 31$ . (c) Results of elderly participants,  $n = 25$ . The  $p$ -value was adjusted using the Holm test for multiple testing. VC<sub>LMS</sub>, calculated using the LMS method; NNVC<sub>SPL</sub>, VC estimated from maximum sound pressure level during coughing and VC<sub>LMS</sub> using the neural network analysis; NNVC<sub>CPS</sub>, VC estimated from calculated cough peak flow and VC<sub>LMS</sub> using the neural network analysis.

( Umayahara Y, *Scientific Reports*, 2023 )

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 2件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Umayahara Yasutaka, Soh Zu, Sekikawa Kiyokazu, Kawae Toshihiro, Otsuka Akira, Tsuji Toshio	4. 巻 10
2. 論文標題 Clinical Significance of Cough Peak Flow and Its Non-Contact Measurement via Cough Sounds: A Narrative Review	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Applied Sciences	6. 最初と最後の頁 2782 ~ 2782
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/app10082782	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Umayahara Yasutaka, Soh Zu, Furui Akira, Sekikawa Kiyokazu, Imura Takeshi, Otsuka Akira, Tsuji Toshio	4. 巻 13
2. 論文標題 Cough sound-based estimation of vital capacity via cough peak flow using artificial neural network analysis	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 1-9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-023-35544-3	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

researchmap <a href="https://researchmap.jp/pt-uma/">https://researchmap.jp/pt-uma/</a> 広島県大学共同リポジトリ <a href="http://harp.lib.hiroshima-u.ac.jp/hcu/detail/10820200606141413;jsessionid=D835E15CA0B9A1EC00E5DF4D138F67C9">http://harp.lib.hiroshima-u.ac.jp/hcu/detail/10820200606141413;jsessionid=D835E15CA0B9A1EC00E5DF4D138F67C9</a>
---

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	辻 敏夫  (Tsuji Toshio)  (90179995)	広島大学・先進理工系科学研究科(工)・教授    (15401)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	曾 智  (Soh Zu)  (80724351)	広島大学・先進理工系科学研究科(工)・助教    (15401)	
研究分担者	関川 清一  (Sekikawa Kiyokazu)  (30363055)	広島大学・医系科学研究科(保)・准教授    (15401)	

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	古居 彬  (Furui Akira)		
研究協力者	大塚 彰  (Otsuka Akira)		

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関