

## 科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成25年 6月 6日現在

機関番号：25403	
研究種目：若手研究（B）	
研究期間：2011年度～2012年度	
課題番号：23700576	
研究課題名（和文）	パターン光投影による非接触呼吸計測を用いた慢性閉塞肺疾患スクリーニング
研究課題名（英文）	Screening of Chronic Obstructive Pulmonary Disease by Using Non-contact Respiration Measurement by Pattern Light Projection
研究代表者	
	青木 広宙（AOKI HIROOKI）
	広島市立大学・情報科学研究科・特任准教授
	研究者番号：60380193

研究成果の概要（和文）：簡便な慢性閉塞性肺疾患（COPD）スクリーニングの実現を目的として、パターン光投影による非接触呼吸計測システムを開発した。そして、健常者および COPD 患者の通常（非努力性）の計測呼吸波形に対して、自己組織化マップを適用することで、健常者と COPD との間に現れる通常呼吸波形の形状の差異を反映した分類が自動的に実施可能であることを明らかにした。

研究成果の概要（英文）：We have developed the non-contact respiration measurement system by applying the pattern light projection for realizing easy screening of Chronic Obstructive Pulmonary Disease (COPD). In this study, we apply the Self-Organizing Map (SOM) to the unforced respiratory waveform of COPD patients and healthy subjects, which are obtained by the proposed measurement. And, the automatic classification of the respiratory waveform, which is based on the difference in the waveform shape between the COPD patients and the healthy subjects, is realized.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	2,700,000	810,000	3,510,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：人間医工学・医用システム

キーワード：診断システム，生体信号計測

## 1. 研究開始当初の背景

慢性閉塞性肺疾患（COPD：Chronic Obstructive Pulmonary Disease）の診断を目的として、呼吸機能検査が行われている。COPD は煙草病とも呼ばれ、喫煙者の 15～20%に見られる病気である。世界保健機構（WHO：World Health Organization）によると、その患者数は全世界で二億一千万人のぼり、2005 年には 300 万人以上が COPD により死亡していることが報告されている。また、2030 年までに世界の死亡順位の 4 位になると予想されている。

日本においては、人間ドッグのような精密検査においては、COPD スクリーニングを目

的とした検査が行なわれているが、患者数や死亡率の高さを鑑み、多くの国民が受診する一般健康診断においても COPD スクリーニングを行なわれ、疾患の早期発見が目指されるべきであると、研究代表者は考えた。

従来、COPD スクリーニングを目的とした検査法として、スパイロメータを用いた肺機能検査が行なわれているが、被験者は「大きく息を吸って力一杯吐く」といった努力性呼出を行なう必要がある。計測時には、マウスピース・鼻クリップによる息苦しさを伴い、マウスピースからの呼吸気流のリークによる検査のやり直しが発生している。また、測定毎にマウスピースの交換や装置の乾燥な

どの作業が必要である。このため、検査のために手間・時間が必要であり、多人数を対象とした一般健診などで使用するにはスパイロメータは最適であるとは言い難い。

そこで、研究代表者は、光学的手段を用いることで、非接触・無拘束で実施可能な肺機能検査手法について提案し、健常者を対象とした予備実験により、その実現可能性について検討を進めてきた。この手法においては、被験者の胸腹部に投影されるドットマトリックスパターンから胸腹部の三次元形状を算出し、その体積変動を測定する。これまでの研究により、胸腹部の体積変化は呼吸換気量と比例関係にあり、スパイロメータとの同時計測による検討の結果、提案手法で算定される一秒率も同様に高い相関性を有することを明らかにしており、提案手法がスパイロメータの代替手段として成立する可能性が示唆され、医療機関の協力の元、COPD患者を対象としたフィールドテストを実施することで、肺機能検査手法として確立可能であると考えた。

研究代表者は、パターン光投影による非接触呼吸計測を応用し、自転車ペダルこぎ運動中の被験者の分時換気量変動の非接触計測を世界で初めて実現している（H.19～20 科研費・若手(B) 20700504）。そして、COPD患者を対象とした運動負荷試験にこれを適用し COPD の予後診断を行なうことを提案している（H.19～21 科研費・基盤(C) 20590906、代表研究者:仲村秀俊（慶應義塾大学））。この研究の中で、研究代表者らは、COPD 患者の安静時における呼吸波形状が、健常者のそれと異なることを見いだした。

代表研究者らは、COPD 患者の呼吸波形が、疾患の種類や症状によって異なる可能性を示唆するものと考え、この差異が明らかとなれば、スパイロメータによる肺機能検査で行なわれている努力性呼出のような一連の呼吸動作を必要せずに、COPD スクリーニングを実施できる可能性があると考えた。例えば、肺気腫病変が進行した重度の COPD 患者においては、吸気時に横隔膜の収縮に伴い側胸壁がない方に陥没する等、重症度によっては胸腹部形状変化に大きな異変が現れることが知られている。安静時呼吸により COPD スクリーニングが可能となれば、例えば、血圧測定などの他項目の検査と同時に測定が実施でき、検査時間の短縮・被験者と医師の負担軽減が期待できるものと考えられた。

## 2. 研究の目的

以上の通り、被験者の胸腹部の三次元形状情報を用いることで、COPD 重篤患者に見られる胸腹部形状の異変をとらえることができるもの、研究代表者は着想を得た。

そこで、本研究においては、パターン光投

影により容易に実施可能な COPD 診断支援システムの開発を行い、努力性呼吸時だけでなく通常呼吸時の胸腹部の体積変化・三次元形状変化と COPD の病状・重症度の関連性について検証することを目的とする。

## 3. 研究の方法

上記目標を達成すべく、平成 23 年度においては、COPD 患者を対象とした計測を医療機関で実施するためのフィールドテスト用計測システムの開発を行なう。また、開発した計測システムを医療機関に持ち込み、COPD 患者を対象としたフィールドテストを行う。

平成 24 年度においては前年度に引き続き、医療機関でのフィールドテストを行なう。計測システムにより安静時呼吸を計測し、COPD 患者特有の波形パターンについて調べる。また、計測システムにより胸腹部の三次元形状変化を算出し、COPD 患者に特徴的な胸腹部形状の変化の計測可能性について検証する。自己組織化マップ (SOM) を適用することで、COPD の特徴的な胸腹部形状変化に基づく患者重症度の自動分類を試みる。

## 4. 研究成果

平成 23 年度は、医療機関に持ち込むためのフィールドテスト用計測システムの開発を行った。センサ部においては、これまで非接触呼吸計測に関する研究に利用してきたアクティブ型三次元画像センサであるファイバグレイディング (FG) 視覚センサを用い、COPD スクリーニング用途への最適化を行った。

医療機関内での可搬性を鑑み、センサ部は椅子に取り付け可能な構成とし（図 1）、画像計測用 PC はノート型の PC を用いることとした。画像解析ソフトウェアの開発においては、開発期間の短縮をするため、数値解析ソフトウェア MATLAB を用いて開発作業を行った。以上の FG 視覚センサと画像計測用 PC は、名古屋工大での開発用と医療機関での実験用の計 2 セット用意した。

スパイロメータを用いた比較実験により呼吸波形計測精度について検証し、COPD スクリーニングに必要な努力性呼出曲線の算出が可能であることを確認した（図 2）。



図 1 開発したセンサ部

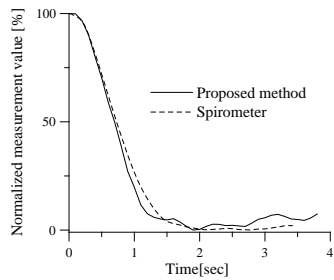


図 2 計測された努力性呼出曲線

さらに、マイクロソフト社から 2010 年末に発売されたモーションキャプチャ用デバイス“Kinect”の三次元計測機能を用いた非接触呼吸計測の実現可能性について検証した。フローメータとの同時計測により、両者で計測される呼吸波形の比較を行い、更には、“Kinect”で取得される呼吸による体積変化とフローメータによる呼吸流量との相関性について調べた。その結果、両者の計測結果には高い一致性・相関性が示唆され、安価な汎用デバイスである Kinect を用いることでも、FG 視覚センサと同等の非接触呼吸計測が実現できることを明らかにし、システムのコストダウンの可能性を示した (図 3)。

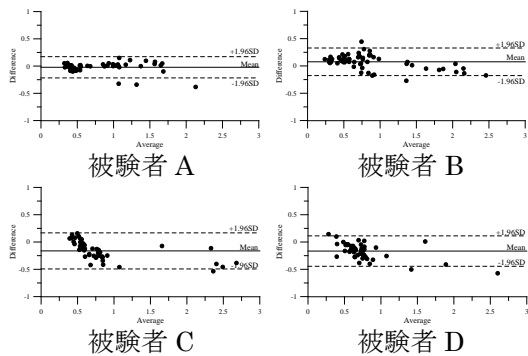
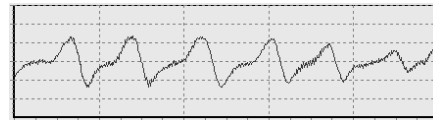


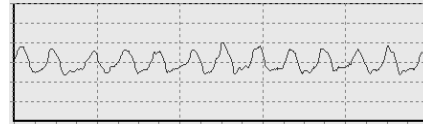
図 3 Kinect による計測結果 (フローメータとの Bland-Altman 図)

平成 24 年度においては、前年度に開発を行った計測システムにより安静呼吸時における胸腹部の三次元形状変化を計測し、慢性閉塞性肺疾患 (COPD) の病状・重症度の関連性の解明について検討を行った。

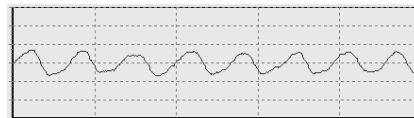
図 4 に示すように COPD 患者の安静状態の呼吸波形の形状が、呼気の終末期に呼気ともなう胸腹部の運動が停止する **Having end-expiratory pause** 型と、呼気の胸腹部の運動が長く継続する **Having prolonged expiration** 型の 2 通りに分類されることを示し、後者に重篤な症例が多いことから、安静状態の呼吸の波形形状が COPD の重篤度に関係するものと考えた。



(a) Having end-expiratory pause 型



(b) Having prolonged expiration 型



(c) Normal expiration 型

図 4 呼吸波形の分類

そこで、安静時の呼吸波形に自己組織化マップ (SOM) を適用することで、呼吸波形形状に基づく分類を行った。スパイロメトリーで COPD 患者と判断された群 (9 名) と健常者と判断された群 (10 名) を対象として非接触呼吸計測を行い、複数の被験者による呼吸波形形状を SOM モデルの入力層に与えることでそれぞれの波形の類似度がマップ上における距離として出力された。

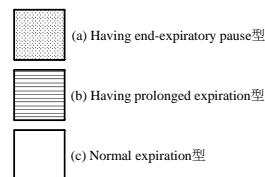
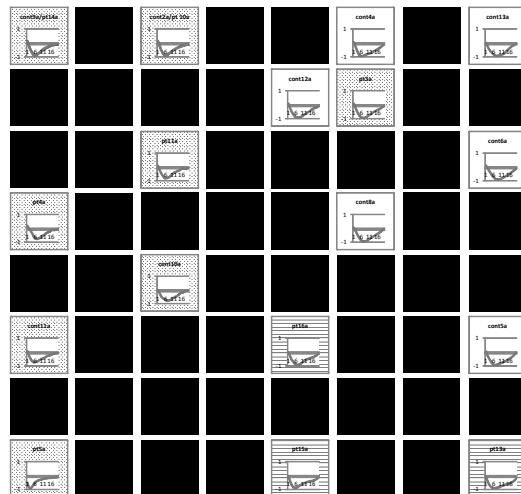


図 5 SOM による呼気波形分類結果

SOMにより出力された二次元マップにおいては、一部例外はあるものの、健常者群とCOPD患者群とはそれぞれ分離して分布することが明らかとなった。また、COPD患者の呼吸波形が上記の2種類の型に分類可能であるという仮定の元、この2種類の型に健常者型を加えた3種類の型に呼吸波形を専門医(連携研究者)が分類した結果と、SOMによる分類結果とが、ほぼ一致していることが確認され、われわれの仮定の妥当性が示唆された。

本研究の成果により、これまで、呼吸気流を直接計測することでしか診断することができなかったCOPDスクリーニングが、胸腹部の体積変化および三次元形状変化の計測によって実現できるようになる可能性が示唆された。

#### 5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計5件)

- ① 青木広宙, 宮崎雅樹, 仲村秀俊, 古川亮, 佐川立昌, 川崎洋, アクティブ3次元センサを用いた簡易型非接触呼吸計測、電子情報通信学会技術研究報告、査読なし、MBE2011-126、2012、101-106
- ② Hirooki Aoki, Hidetoshi Nakamura, Proposal on Non-contact Respiration Measurement Using Kinect, Proceedings of 18th Korea-Japan Joint Workshop on Frontiers of Computer Vision, 査読有り, Vol. 18, 2012, 397-400
- ③ S Tsujimura, H Nakamura, I Sato, K Tsuduki, T Shirahata, S Yoshida, S Chubachi, M Miyazaki, H Aoki, M Nakamura, S Takahashi, T Nakajima, N Minematsu, H Tateno, K Asano, Evaluation of a new fiber-grating vision sensor for assessing pulmonary functions in healthy and COPD subjects, Physiological Measurement, 査読有り, vol. 32, 2011, 1701-1713
- ④ Hirooki Aoki, Masaki Miyazaki, Hidetoshi Nakamura, Ryo Furukawa, Ryusuke Sagawa, Hiroshi Kawasaki, Non-contact respiration measurement using structured light 3-D sensor, 2012 Proceedings of SICE Annual Conference (SICE2012), 査読有り, 2012, 614-618
- ⑤ 青木広宙, 辻村周子, 仲村秀俊、自己組織化マップを用いたCOPD患者の呼吸波形分類、電子情報通信学会技術研究報告、査読なし、MBE2012-112、2012、189-194

[学会発表] (計1件)

- ① Hirooki Aoki, Proposal on Non-contact Respiration Measurement Using Kinect, 18th Korea-Japan Joint Workshop on Frontiers of Computer Vision, 2012年2月3日, Kawasaki International Center

[産業財産権]  
○出願状況 (計1件)

名称: 呼吸計測方法および装置  
発明者: 青木広宙、古川亮、川崎洋、佐川立昌  
権利者: 広島市立大学、鹿児島大学、産業技術総合研究所  
種類: 特許  
番号: 2012-163670  
出願年月日: 2012年07月24日  
国内外の別: 国内

#### 6. 研究組織

(1)研究代表者  
青木 広宙 (AOKI HIROOKI)  
広島市立大学・情報科学研究科・特任准教授  
研究者番号: 60380193

(2)連携研究者  
仲村 秀俊 (NAKAMURA HIDEIOSHI)  
埼玉医科大学・呼吸器内科・准教授  
研究者番号: 00217879

宮崎 雅樹 (MIYAZAKI MASAKI)  
慶応義塾大学・呼吸器内科・助教

辻村 周子 (SHUKO TSUJIMURA)  
東京都済生会中央病院・呼吸器内科・医員