

呼吸周波数比による呼吸器疾患の病態変化検出
 Change detection of respiratory diseases
 based on the frequency ratio of inspiration and exhalation

藺田 光太郎[†] 田中 健一朗[‡] 滝川 雄[†] 喜安 千弥[†] 千住 秀明[†] 宮原 末治[†]
 Kotaro Sonoda[†] Ken'ichiro Tanaka[‡] Yu Takigawa[†]
 Senya Kiyasu[†] Hideaki Senjuu[†] Sueharu Miyahara[†]

1. はじめに

呼吸器疾患の病態変化は、聴診および SpO2 計などにより、時間を追った履歴から捉えることができる。しかしながら SpO2 は実際の病態変化から若干の遅れを持つこと・病理となる場所の特定が不可能、という問題がある。また、聴診の場合、診断を行う者の主観に依るところが大きく客観的な正しさを表現することが困難である。

近年、録音機能のついた電子聴診器が現実化し、聴診音を再受聴することが可能となっている。本報告では、電子聴診器で録音した複数回の聴診音の履歴から呼吸器疾患の病態変化を捉える手法を検討する。

2. 聴診でわかる肺疾患

聴診器で捉える音信号のうち、肺に関するものは図 1 に示した音で構成されており、それぞれのもつ聞こえの特徴によって分類されている。

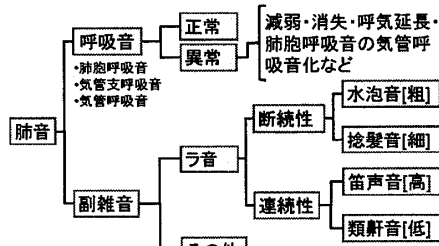


図1 肺音の分類

実際に聴診器で捉える音には、図 1 に示した「肺音」(「呼吸音」と「副雑音」)の他に心臓の拍動由来の「心音」や声、体接触面での擦れによるノイズ等が加わる。医療従事者はこれらの混合した音に含まれる特徴をいち早く見つけ出すことができる。我々はこれまでに図 1 の副雑音を呼吸音から認識する研究を行って来た[1-3]。一方、呼吸音の異常すなわち呼吸音の減弱・消失・気管支呼吸音化などを捉えるためには、呼吸音の経時的な変化から捉える必要がある。本研究ではこの呼吸音の異常をいち早く検出することを目的としている。

呼吸音は大きく気管呼吸音と肺泡呼吸音に分類できる(気管支呼吸音は気管呼吸音に類似する)。それぞれ気管、肺泡が発生源となっているため、気管呼吸音では呼気相、肺泡呼吸音では吸気相でよく聴取される。これは呼吸のしくみを思い起こせば当然である。また気管呼吸音は 500~600Hz、肺泡呼吸音は 120~180Hz の成分にパワーのピークを持つ[4]。図 2 に呼気相、吸気相それぞれの周波数振幅特性を示す。

図 2 から上記した 2 つの帯域での成分の表れ方が呼気相・吸気相で異なっていることがわかる。

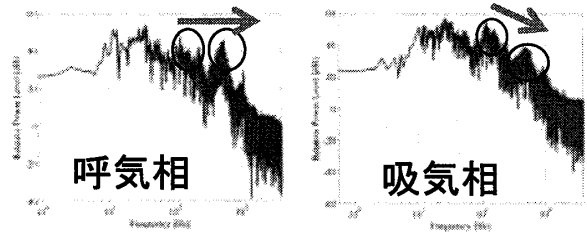


図 2 呼気相・吸気相の周波数特性：呼気では $R1 \leq R2$ 、吸気では $R1 > R2$

3. 提案手法

第 2 節で論じたように呼気相・吸気相で上記の 2 帯域での成分の割合が異なる。そこで上記の 2 帯域での周波数成分の割合を表す何らかの指標を設けることで呼気・吸気の識別や換気量に準じる経時変化を観察できると考えた。以下の値を定義する。

● 傾斜率 Δ

$$\Delta = \frac{(P(R2) - P(R1))}{(f(R2) - f(R1))}$$

ここで $R1$, $R2$ はそれぞれ 100~200Hz 帯域, 500~600Hz 帯域を示す。また $P(R)$ および $f(R)$ は帯域 R におけるパワーレベル, 成分周波数の代表値を表す。

傾斜率 Δ を求めるため、図 3 に示すような処理を入力された聴診音に対し順次行う。

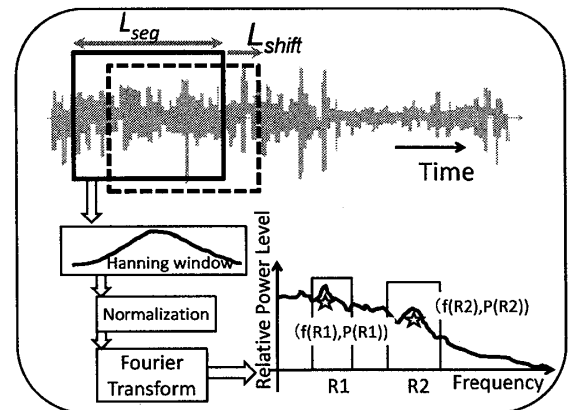


図 3 : 経時的な傾斜率算出ダイアグラム

図 3 において、 L_{seg} はフレーム長、 L_{shift} はフレーム周期であり、正規化 (Normalization) は次式で行う。

$$x(n)_{norm} = x(n) / \sigma_x, \quad \sigma_x = \frac{\sum_{L_{seg}} (x(n) - \mu_x)}{L_{seg}}$$

[†] 長崎大学 Nagasaki University

[‡] 特別養護老人ホーム恵珠苑 Special Elderly Nursing Home Keijuen

4. 経時変化検出

表1に示す条件で聴診音を収録し、解析を行った。

表1 傾斜率算出条件

注目周波数帯域	R1: 100~200Hz, R2: 500~600Hz
成分周波数代表値 $f(R)$	帯域の重心周波数
平均パワー $P(R)$	帯域の平均パワー
フレーム長 L_{seg}	25ms
フレーム周期 L_{shift}	10ms

4.1 呼気と吸気

図4に気管上での聴診音に対する傾斜率の変化を示す。

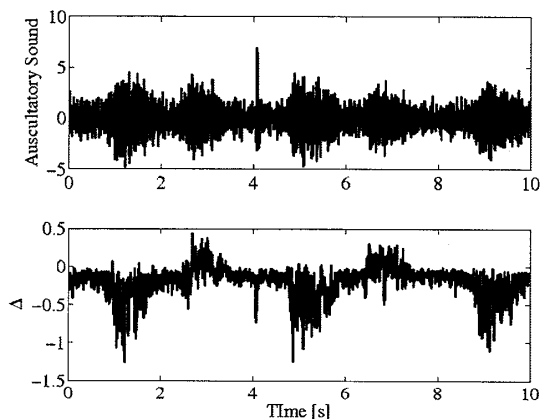


図4 呼吸に伴う傾斜率の変化(吸→呼→吸→呼→吸)

図4から、吸気相で呼気相より Δ の値が小さくなる傾向があることがわかる。他の正常呼吸のサンプルに対してもこの傾向は見られたが、その値は一定しておらず被験者によって異なる可能性がある。

4.2 病態変化

無気肺状態に移行しやすい1人の患者に対し、体位変換や排痰などの理学療法による病態の変化を捉えるため、①施術前、②施術直後、③施術30分後の3回の聴診音を収録した。各回とも仰臥位における下側肺(背中側肩甲骨の下部)にて採集した。

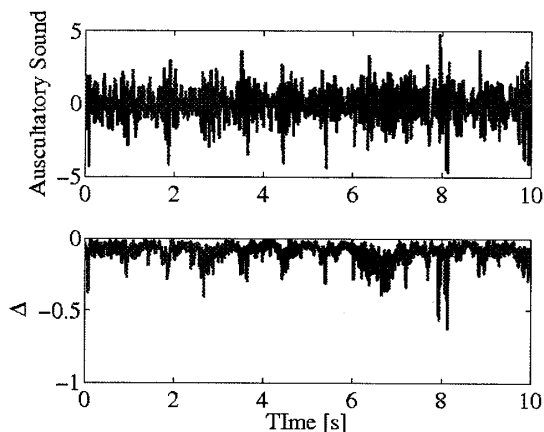


図5 施術前

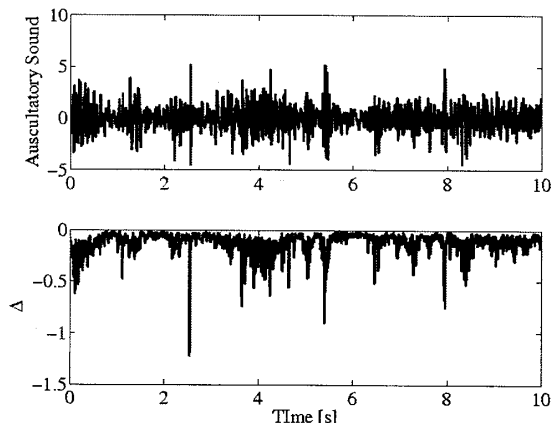


図6 施術30分後

図5,6から時間を追うごとに順に吸気相での傾斜率の低下が大きくなり、起伏に呼吸の位相が表れやすくなることからわかる。これは呼吸状態の改善を示唆するものと考えられる。

5. まとめと今後の課題

本報告では、呼気・吸気を代表する肺泡呼吸音・気管呼吸音がそれぞれ現れる帯域の成分分布に着目し、それらの重心周波数とパワーから傾斜率を求めることで、呼吸の状態を示す指標とすることを提案した。本手法を用いることで呼吸の位相の同定が可能となることが示唆される。また無気肺に移行しやすい患者に対して経時的に聴診音を収録し、理学療法の施術によって呼吸状態の改善を観察することができた。本報告ではサンプル数が十分では無いため提案した傾斜率の値についての議論を避けたが、今後、患者のサンプル数を増やし、本手法の有意性を示すことを課題とする。また加えて安定的な聴診音収録に関する課題を検討する必要がある。

謝辞

本研究は、文部科学省 地域イノベーションクラスタープログラム 都市エリア型【発展】長崎エリア「非侵襲センシング技術を活用した人にやさしい予防・在宅医療システム」の助成のもとで行われたものである。患者の聴診音収集では、特別養護老人ホーム恵珠苑の皆様にご協力頂いた。ここに篤く感謝する。

参考文献

- [1] 喜安, 柳原, 正田, 宮原, 岡: 呼吸の周期性を考慮した異常肺音の自動検出, 映像情報メディア学会誌, Vol. 60, No. 12, pp.1769~1773, (2007)
- [2] 滝川, 正田, 村竹, 喜安, 宮原: 肺音を対象とした異常音検査実験システムの試作, 映像情報メディア学会年次大会講演予稿集, (2008)
- [3] 山下, 山内, 松永, 筒井, 喜安, 宮原: 異常肺音検出のための肺音データベースの構築, IPSJ九州支部火の国情報シンポジウム, B-5-1, (2008)
- [4] 米丸, 櫻井: ナースのためのCDによる聴診トレーニング, 南江堂, (2001)