

Kinect を用いた非接触呼吸計測システムの低呼吸数測定実験

Experiment on Kinect-based non-contact respirometry for slow respiration measurement

○ 大西謙吾 (東電大) 金子周平 (東電大)

Kengo OHNISHI, Shuhei KANEKO, Tokyo Denki University

Abstract: In this research a respirometry using the depth sensor of the Kinect is tested for the application of quantitative evaluation and recording of adominal position care for bedridden patient with cerebral infarction afteraffect. An experiment was conducted with a prototype system consisting of Kinect, laptop PC, and tripod to assess the measurement accuracy of respiratory rate when the subject is in the supine position. From the experimental result gained from three subjects with no history of respiratory trouble, the system was capable of measuring the fluctuation of the depth information related to the thoracic region's movement and counting the peak-to-peak cycle. The results showed that there was no notable deviation between the abdominal and dorsal posture or with the use of bedclothes. However, with the peak-to-peak amplitude detection algorithm, the decrease of the respiratory rate has increased false positives due to detection of small fluctuation among the expiration and inspiration cycles.

Key Words: Respirometry, Kinect, Slow respiration

1. はじめに

脳梗塞等の後遺症として四肢麻痺により筋緊張が強く、座位姿勢が不可能でベッド上長期臥床で過ごす患者を対象としたケアに腹臥位療法がある。腹臥位療法では、仰臥位中心の生活に目的意識的に腹臥位あるいは半腹臥位を組み込むものであり、その効果として呼吸機能改善、関節・筋機能改善、排泄機能改善・精神機能改善等がある。しかし、姿勢変換効果の根拠の不明確さや姿勢調整の評価法が定まっていないことから、臨床現場でケアする側の経験に依存した療法であり、普及や継続が十分に図られているとは言いがたい。そこで本研究では、看護師と患者にとって拘束もなく、また手間の少ない手法として非拘束の呼吸モニタリング技術を開発し、仰臥位と腹臥位の各姿勢での呼吸数を計測、記録することで、ケアの評価を支援するシステムの構築を目指す。従来研究で提案された非拘束呼吸モニタリング技術の多くは、生命維持装置の一環とした高精度高価なシステムであることから、研究、記録用のツールとしては使用が容易ではない。そこで、本研究では、基礎実験として簡易で安価な非接触3次元動作解析システムである Kinect を用いる可能性の検証として、ベッド上で体動の少ない低呼吸数時での測定確度を実験により調査した。

2. システム

本研究では、無拘束かつ非接触での呼吸計測を比較的安価なシステムで実現することで、患者ならびに看護師の負担を増加させることなく、腹臥位療法のケアの定量的評価記録を目的とする。このため Microsoft Kinect for Windows, ノート PC (Panasonic Let's Note CF-S10 (OS: Windows7 64bit, CPU: Core i5 2.60GHz, メモリ: 4GB), 三脚 (GITZO, G312) の構成で深度情報 (奥行き距離) を測る呼吸計測システムを構築した。Kinect の深度センサは 30[FPS]で画像を取得し、深度情報を算出することから、これを時系列データとしてファイル出力、記録し、オフラインで呼吸数を算出するアルゴリズムを作成した。

構築した呼吸計測システムの測定範囲の予備実験として、Kinect の取り付け面角度と Kinect-被写体間距離を変え、100秒間の深度情報を記録した。床に仰臥位の姿勢にある被験者の胸部を対象として、記録した深度情報の時系列データを波形信号として処理し、別のビデオカメラ (SANYO,

DMX-CG100) で撮影した動画で確認された呼吸のタイミングとの整合性を確認した。さらに、計測した深度情報から平均値と最大振幅を算出し、この比を比較した。結果、仕様を満たすように距離は 0.8m から 2.5m, 角度は ±60[deg]より小さい範囲において、深度情報の偏差は差がなく呼吸による体動を測定できることを確認した。

3. 実験

体動の小さく呼吸数が少ない脳梗塞後遺症長期臥床患者を目標対象とし、Kinect を用いた呼吸計測システムの計測確度の検証と評価を、まずは健常者で指定したリズムで呼吸を行い測定する。このため、基礎実験として仰臥位および腹臥位における通常呼吸時と低呼吸数時の呼吸数を Kinect にて測定し、作成した簡易な判別アルゴリズムでのシステムの呼吸数計測能力を評価する。

予備実験で確認した条件をもとに、計測環境は、Kinect を Near モードに設定し、Kinect-被写体間距離 2.4[m], 垂直方向に対し Kinect の取り付け水平面の角度を 45[deg]の設定とした。さらに、室内蛍光灯照明の下で実験を行い、Kinect の焦点位置は仰臥位においては胸腹部の胸骨上、腹臥位においては背部胸椎上の点とした。被験者に依頼する測定時の呼吸数の目安は、電子メトロノーム (SEIKO, DM71) により音で提示する。その設定テンポは通常呼吸時として 15[BPM], 低呼吸数時として 5[BPM]とした。さらに、臨床現場での寝具装着を想定し、臥位姿勢で上面の焦点位置までタオルケットをかけて測定を行った。また、指定する呼吸数は実験開始前に 3 分間呼吸リズムに慣れる期間を設け練習した後、臥位の姿勢をとり呼吸が整ってから開始した。なお、本実験は東京電機大学ヒト生命倫理委員会の審査で承認を受け、実験は被験者に実験内容を説明し、参加同意を得たうえで進めた。

記録された深度情報の時系列データをもとに、オフラインで呼吸数を算出した。3000 [frame]分の深度情報の時系列データから体動の波形が再現できていることを確認しつつ間引きの設定を定め、計 100 データを抽出した。そして得られた深度情報の波形の最高最低振幅を算出し、これをもとに、波形信号の極大-極小値間の差を用いて 1 呼吸サイクルの判定を行い、呼吸数を求めた。

4. 結果・考察

設定した実験条件の組み合わせにおいて、成人健常者3名の被験者に対し、各条件2回、各回100秒間で測定を行った。各被験者の電子メトロノームの設定15[BPM]時における仰臥位と腹臥位の呼吸数算出結果の平均をそれぞれTable 1, Table 2に、5[BPM]時における仰臥位と腹臥位の呼吸数算出結果の平均をそれぞれTable 3, Table 4に示す。さらに各被験者の電子メトロノームの設定15[BPM]時に寝具を被せた状態での仰臥位と腹臥位の呼吸数算出結果の平均をそれぞれTable 5, Table 6に示す。また、算出結果をもとに1分間当たりの呼吸数を求めた。

まず、仰臥位と腹臥位の結果比較すると、顕著な差はないといえる。これから臥位の姿勢が測定精度に及ぼす影響は小さいと言える。また、呼吸数に相当する電子メトロノームの設定テンポで比較すると、通常呼吸時の15[BPM]での結果の偏差は0.4[BPM]と小さいのに対し、低呼吸数時の5[BPM]では偏差が3.0[BPM]と大きいことが確認された。これは呼吸数の減少によりピーク間が長くなった結果、小さな体動が呼吸として誤判定され、結果として呼吸数が増える結果となったと推察される。さらに、寝具をかけた場合の偏差は0.8[BPM]と通常呼吸時では増えてはいるものの顕著ではなく、個体差の影響を受けたものと推察される。このことより、通常呼吸数より低い呼吸数の条件下で測定精度の追加検証は必要であるものの、Kinectの深度センサを用いて脳梗塞後遺症長期臥床患者の呼吸計測は実現可能であることが示唆された。さらに、呼吸数の計測精度を向上させるには、深度情報の時系列データから呼吸数を算出する方法の改良が最優先課題であることも確認された。また、本実験では、呼吸のテンポを一定に保った状態で測定しているが、この周期に関する分析、考察を行っておらず、今後精度検証が必要である。このことも含め、測定データのデジタルフィルタによる遅延の小さい平滑化処理法の追加なども検討したい。また、本実験では被験者数が3名のみ、また20代の健常者であったことから、被験者数の追加ならびに他の年代の被験者でも実験が必要である。

5. まとめ

脳梗塞後遺症長期臥床患者に対する腹臥位療法のケアの定量的評価と記録を目的としてKinectを用いた呼吸計測システムの構築を目標とし、試作したシステムにて呼吸数計測の基礎実験を行った。健常者3名の実験結果からは、臥位姿勢や寝具の有無の影響は小さいことが確認されたものの、現呼吸数判定法は、呼吸数が小さくなると呼吸数の判定精度が低下する問題が確認された。今後は呼吸数算出法を改め、更に実験を重ね低呼吸数での精度向上を目指す。

参考文献

- (1) 大宮裕子, 岩淵恵子, 白鳥愛子, 高木由紀子, 腹臥位が困難な対象者に腹臥位用マットを作成して, ヒューマン・インタフェース学会研究報告集, Vol.14, No.5, pp.5-8, 2012
- (2) Y. Takemura, J. Sato and M. Nakajima, A respiratory movement monitoring system using fiber-grating vision sensor for diagnosing sleep apnea syndrome, Optical review, Vol.12, No.1, pp.46-53, 2005
- (3) 青木義満, 倉見義幸, 伊東裕司, 名取道也, 大関和夫, FG視覚センサを用いた非接触新生児呼吸モニタリングシステムの開発, 気学会論文誌, Vol.130, No.9, 2010

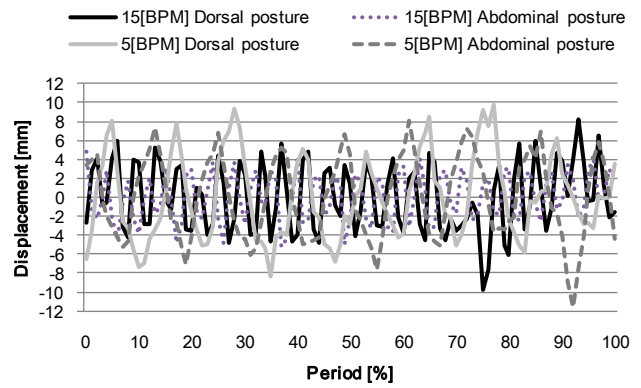


Fig. 1. Experimental result of the posture and respiratory condition

Table 1. Result of respiratory rate 15[BPM] (Dorsal posture)

	Time [sec]	Respiratory rate [count]	Respiratory rate per minute [count/min]
Examinee A	100	25	15
Examinee B	100	24.5	14.5
Examinee C	100	26.5	15.5

Table 2. Result of respiratory rate 15[BPM] (Abdominal posture)

	Time [sec]	Respiratory rate [count]	Respiratory rate per minute [count/min]
Examinee A	100	25	15
Examinee B	100	25.5	15
Examinee C	100	29.5	17.5

Table 3. Result of respiratory rate 5[BPM] (Dorsal posture)

	Time [sec]	Respiratory rate [count]	Respiratory rate per minute [count/min]
Examinee A	100	11	6.5
Examinee B	100	13.5	8
Examinee C	100	22.5	13

Table 4. Result of respiratory rate 5[BPM] (Abdominal posture)

	Time [sec]	Respiratory rate [count]	Respiratory rate per minute [count/min]
Examinee A	100	11.5	6.5
Examinee B	100	11	6
Examinee C	100	24.5	14.5

Table 5. Result of respiratory rate 15[BPM] with Bedclothes (Dorsal posture)

	Time [sec]	Respiratory rate [count]	Respiratory rate per minute [count/min]
Examinee A	100	26	15.5
Examinee B	100	25.5	15
Examinee C	100	28	16.5

Table 6. Result of respiratory rate 15[BPM] with Bedclothes (Abdominal posture)

	Time [sec]	Respiratory rate [count]	Respiratory rate per minute [count/min]
Examinee A	100	25.5	15
Examinee B	100	26.5	15.5
Examinee C	100	29.5	17.5