

## 画像解析による睡眠時の生体情報取得方法の検討

## Study of non-contact monitoring method of vital signs using video image during sleep time

○ 清水恵梨華 加藤綾子 来住野 修（埼玉医科大学）

福井康裕（東京電機大学）

Erika SHIMIZU, Ayako KATOH and Osamu KISHINO, Saitama Medical University  
Yasuhiro FUKUI, Tokyo Denki University

**Abstract:** This study analyzes the effectiveness of video imaging as a noncontact method to measure pulse rate (PR) and respiratory rate (RR) in order to evaluate sleep quality. To determine effective light source wavelength, video images were recorded using a halogen light source and optical filter in wavelengths of 810nm, 830nm and 950nm. During the recording of video images, participants were asked to keep still and to breathe with a metronome in 12, 15 and 20 breaths per minute intervals. Also, heart rates were recorded continuously. For each frame, the average intensity values were calculated for the face and hand. PR and RR could be measured from the intensity value change in the facial region (especially cheek) more effectively than the hand region. Although the differences in wavelength were small, 830nm seemed to effectively measure PR and 950nm seemed to effectively measure RR.

**Key Words:** non-contact measurement, image processing, near infrared image, sleep evaluation

## 1. はじめに

睡眠の質を日常的に評価することは、睡眠時無呼吸症候群などの病気の診断のみならず、人々の健康維持においても重要な課題である。現在、睡眠障害の診断における正確な睡眠ステージ判定には脳波計測と眼球運動計測が併用されているが、日常的な計測には不向きである。このため家庭向けの睡眠評価方法として、主に体動のセンシングを主体としたマットレス式の体動計、ベッドサイドに設置する小型の体動計、腕時計型に代表されるようなウェアラブルな体動計や心拍数計なども開発がされてきているが、その精度は未だ十分とはいえない。一方、臨床現場においては、従来の計測方法ではセンサの装着が困難な対象者もおり、新しい方法が望まれている。

我々は、家庭での健康管理目的だけでなく、睡眠時無呼吸症候群などの病気の診断や電極装着が困難な対象者の睡眠計測の実現を目指しており、電極などの装着を必要としない生体情報計測方法の開発を目的とする。センサの非装着を実現するために、天井植込み型カメラを使用して睡眠時の画像を計測し、その画像解析により睡眠の質を判定することを提案しており、これまでに顔領域の近赤外画像の輝度値変化を利用して抽出された脈波様データの周波数解析により脈拍数に相当するデータが取得でき<sup>(1)</sup>、ある一定期間の脈拍数のばらつき（標準偏差）と睡眠ステージが相関することを確認している<sup>(2)</sup>。しかし、睡眠時間の経過と共に体動などの影響により脈拍数の計測精度が落ちるなどの問題点も残っている。また、睡眠時無呼吸症候群の診断には呼吸情報も重要であり、呼吸数などの脈拍数以外の生体情報取得も望まれる。

本稿では脈拍数の推定に適した計測条件と呼吸数の取得可能性について検討する。

## 2. 方法

## 3.1 撮影方法

撮影に適した波長を検討するため、近赤外領域に感度を持つカメラ（UI324XCP-NIR）に特定の波長を通過させる帯域フィルタを装着して計測を行った。光源にはハロゲン

光を用いた。睡眠時の計測を想定して、カメラは対象者の頭上に設置して顔と手を撮影した。それぞれ異なる波長のフィルタを装着したカメラを2台使用し、異なる2波長の画像を同時に計測した。画像の解像度は1280×1024ピクセル、フレームレートは20とした。

## 3.2 画像処理方法

撮影した動画画像から顔領域を自動的に検出し、タイル状のROIに分割して各領域内の平均輝度値を算出する。次に、脈拍数の計測では0.5Hzから10Hzの帯域フィルタを、呼吸数の計測では0.15Hzから0.5Hzの帯域フィルタを使用して必要な成分を抽出する。各フィルタはFIRフィルタとして設計した。

## 3.3 脈拍数と呼吸数の算出

2.2で得られた平均輝度値データを30秒毎に区切り、ハニング窓をかけ、FFTをかける。得られた周波数スペクトルから、最大スペクトルを持つ周波数の値を60倍したものを、その時点での脈拍数（または呼吸数）とする。これを全ての平均輝度値に対して繰り返し行うことにより脈拍数と呼吸数の変化の時系列データとする。

## 3.4 実験方法

対象者にはベッド上に仰臥位をとってもらい、計測中はできるだけ動かないように指示した。また、呼吸数を制御するため、メトロノームに合わせて1分間に12回、15回、20回の呼吸を行うように要請し、各条件で2分ずつ撮影した。撮影した動画画像から算出される脈拍数と実際の心拍数を比較するため、無線式小型心電計（WHS-1, UNION TOOL）を用いて心電図も同時計測した。

## 3.5 検討パラメータ

脈拍や呼吸数の推定に適した条件を検討するため、以下のパラメータについて検討した。

(1) 平均輝度値を求めるROIのサイズ：顔領域のサイズは約400×400ピクセルのとき、ROIサイズを20×20ピクセル、40×40ピクセル、70×70ピクセルと変化させた。

(2) 波長：半値全幅が10nmのフィルタを用いて、酸化ヘモグロビンと還元ヘモグロビンの吸光特性を参考にして、中心波長が810nm, 830nm, 950nmの3種類を選択した。

(3) 計測領域の追跡：睡眠時の動きに対応するためには、計測領域の自動追跡は必要であるが、フレーム毎に追跡した方が良いのか、大きくずれるまでは追跡しないほうが良いのかを比較した。

3. 結果および考察

3.1 平均輝度値を求める ROI サイズと位置について

平均輝度値を求める ROI サイズを変更して解析した時の様子を Fig1 に示す。ある瞬間の各 ROI の平均輝度値が大きいほど赤く、小さいほど青く表示されている。ROI が 20×20 サイズでは、輝度値変化の振幅も大きく細かな変化を把握できるが、顔位置の数ピクセルの位置ずれの影響などを大きく受け、脈拍と呼吸の信号にノイズが混入することが多かった。また、70×70 サイズでは脈波や呼吸の波形の振幅が小さく検出が困難な場合があった。よって今回の検討では 40×40 サイズを適切なサイズとして選択した。

顔領域では目や口の周囲では脈拍や呼吸とは無関係な変化が多く見られたため、頬を計測部位として選択した。手では ROI が血管上にあってもそれ以外でも差は少なかった。

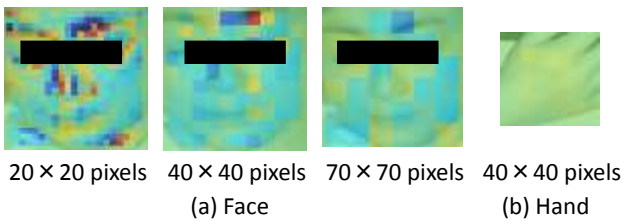


Fig.1 Example of ROI size

3.2 脈拍数の検出

40×40 サイズの ROI の平均輝度値データに脈拍検出用フィルタをかけた波形と心電図波形を Fig.2 に示す。輝度値変化データは心電図波形の R 波とほぼ同期しており、脈拍数の検出が可能であることが確認できた。

脈拍数の検出においては、810nm と 830nm の波長による差は殆ど見られなかったが、950nm では検出精度が低下した。これは、950nm においてはヘモグロビンの吸光度が大きいと同時に水の吸光特性も大きいため、脈拍による血流変化の検出が困難になったためと考える。

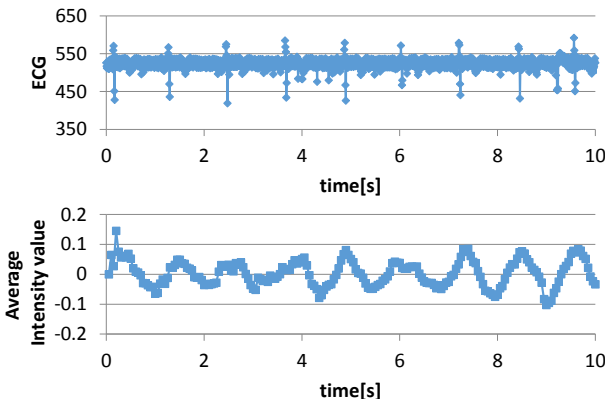


Fig.2 ECG and PR waveform calculated from video image.

3.3 呼吸数の検出

40×40 サイズの ROI の平均輝度値データに呼吸検出フィルタをかけた波形を Fig.3 に示す。また、同じ映像を用いて 1 フレームずつ顔領域を自動追跡した場合の呼吸波形を Fig.4 に示す。顔領域を固定した方が呼吸と連動した波

形を得ることができた。これは、呼吸と連動した輝度値変化は呼吸による微妙な上下動によるものであり、フレーム毎に顔領域を自動追跡した場合、その情報が打ち消されてしまうためであると考えられる。今回の計測では対象者の大きな体動はなく、自動追跡の必要はなかった。実際の睡眠時計測では寝返りによる体動を追跡する必要があるが、呼吸の検出のためには、フレーム毎に ROI を更新するのではなく、大きな体動があった場合にのみ ROI を更新するようになれば、呼吸情報を取得できると考える。

波長による差は少ないが、950nm の波長が比較的安定して呼吸の検出が行えた。

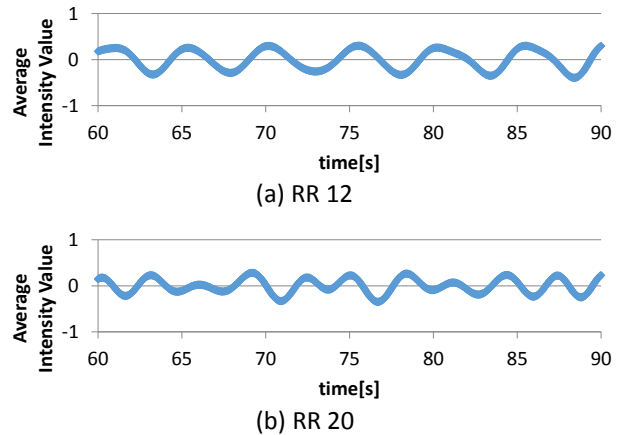


Fig.3 RR waveform calculated from video image

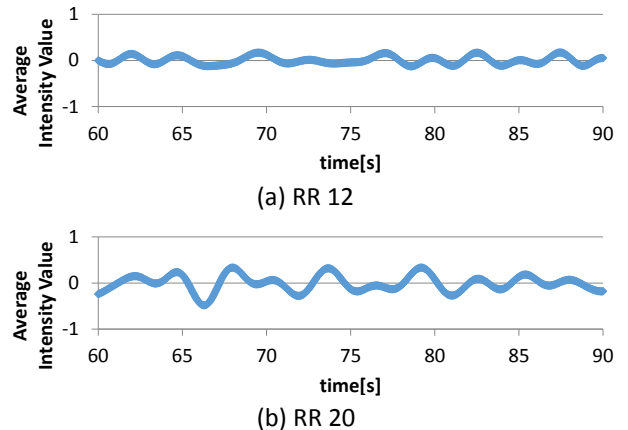


Fig.4 RR waveform calculated by video image with facial tracking

4. まとめ

本研究では睡眠の質を評価するための非接触計測法の確立を目指しており、脈拍の画像計測に適した条件と呼吸計測の可能性を検討した。脈拍の計測には頬の適度なサイズの ROI、波長 810nm から 830nm 付近が適しており、呼吸も計測可能なことが分かった。

本研究の一部は埼玉医科大学保健医療学部 Grant 15-026 の助成による。

参考文献

- (1) 佐藤雪乃, 加藤綾子, 来住野修, 福井康裕, 睡眠時の顔領域画像計測による睡眠リズムの推定, LIFE2015 講演予稿, 1A2-01, 2015.
- (2) A. Author, B. Author and C. Author, Relationship between the sleep rhythm and the pulse rate estimated from a facial video image, Proceedings of International Conference of u-Healthcare 2015, pp. 18, 2015.