

動画像処理による呼吸モニタリングシステム

Automatic respiration monitoring using visual sensing method

石原 謙 1) 中井 宏章 2) 三宅 啓夫 3) 渡邊 睦 4)

Ken Ishihara 1), Hiroaki Nakai 2), Miyake Yoshio 3) and Mutsumi Watanabe 4)

- 1) 愛媛大学医学部医療情報部 2) 東芝 研究開発センター 3) 大阪大学大学院基礎工学研究科 4) 鹿児島大学工学部
1) Dept. Medical Informatics, Ehime Univ. Hosp., 2) Corp. R&D Center, Toshiba Corp.,
3) Grad. Sch. of Eng. Sci., Osaka Univ., 4) Fac. of Eng., Kagoshima Univ.

1 はじめに

カメラとパソコンを用い、動画像処理により人の呼吸を計測するシステムを開発している [1]-[6]。このシステムは、完全に無拘束でリアルタイムに呼吸パターンや体動を計測でき、就寝状態を自動モニタリングできる。呼吸計測の基本方式はフレーム間差分に基づいており、カメラとパソコン以外のハードウェアを必要としない。また、状態判定には統計的手法を導入して高精度化を図っている。被験者を選ばない、システム設置が容易、長期間の連続使用が可能等により、高齢者や乳幼児の突然死の早期発見、睡眠時無呼吸症候群のスクリーニング、胸部術後の呼吸監視、レスピレータの動作確認等、様々な用途への適用が期待できる。

2 処理の流れ

図 1 にシステムの構成を示す。被験者のベッドが視野におさまるようカメラを設置する。計測時には白熱照明を点灯させるか、睡眠を妨げる場合は、カメラの赤外線カットフィルタを外して赤外線照明を用いる。

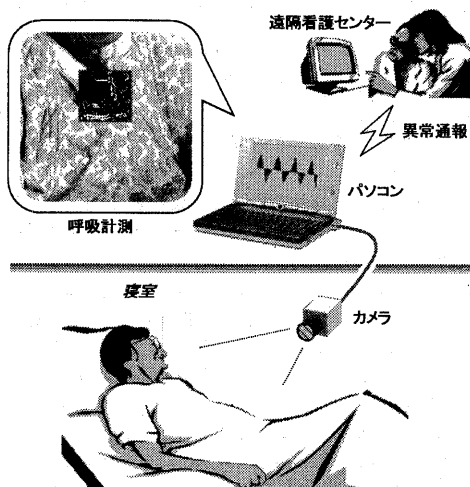


図 1: システム構成

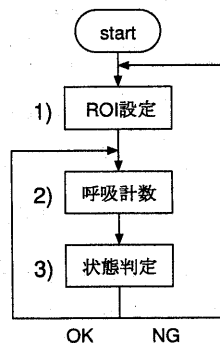


図 2: 処理の流れ

図 2 に処理フローを示す。まず、呼吸計測のための関心領域 (ROI) を被験者胸部に設定し (図中 1)、次に呼吸波形を計測 (同 2)、さらに就寝状態を判定する (同 3)。正常と判定された場合には呼吸計数を続け (同 OK)、そうでない場合には ROI 設定から行う (同 NG)。以下、各ステップを説明する。

2.1 呼吸計数

被験者の胸部画像領域に設定された ROI 内の画像変化量から、被験者の呼吸を計測する。画像変化量はフレーム間絶対値差分の ROI 内和から求める。この変化量は、吸呼動作の切替時に極小となるため、このタイミングで変化量波形を正負反転させることにより呼吸波形を得る。呼吸波形のゼロ交差間隔から、平均呼吸周期を推定する。また、暗所での撮像系雑音の影響を低減するため、差分のフレーム間隔は呼吸周期に合わせて動的に設定する。

2.2 ROI 自動設定

被験者の寝返り体動や離着床への自動対応、ならびに暗所での S/N 比改善のため、呼吸計測を行う ROI 位置を動的に設定する。被験者が安静な睡眠状態にあって外乱がない場合には、最適な ROI 位置は最大の映像変化がある領域であると考えてよい。したがって、フレーム間差分により求められる画像変化を一定時間

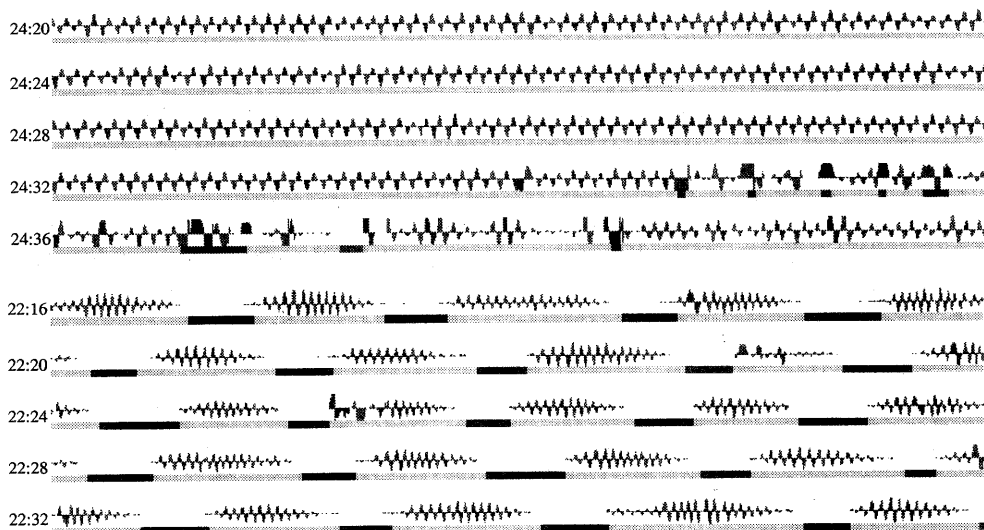


図 3: 呼吸波形例 (上段: 健常者、下段: 睡眠時無呼吸症候群患者)

積算し、最大の積算値となった領域に ROI を設定する。この ROI 位置において後述の状態判定を行った結果、被験者が正常な呼吸状態にあると判定されれば、外乱に惑わされず呼吸計測が継続できるよう、ROI 位置を固定する。

2.3 就寝状態判定

状態判定では、呼吸停止の検知が第一の目的であるが、計測された波形が呼吸に起因するか否かの判別も性能面において重要である。本システムでは、正常呼吸、不安定な呼吸、呼吸停止、非呼吸体動、所在変化の 5 つを判定する。これらの判定には、呼吸周期や画像変化量の他、呼吸波形の周波数特性 (パワースペクトラム) からの正常性判定、明度ヒストグラムの時間変化 (符合検定) による所在変化検出を行っており、これらを分岐とする決定木により最終判定を行う。

3 フィールド実験

特別養護老人ホーム「中郷園」にて、98 年度に 10 人の被験者に各 1 日ずつ [5]、99 年度には 8 人に対して各 4 ~ 5 日間 [6]、のべ約 3 ヶ月にわたるフィールド実験を行った。初回試験時での呼吸計測例を図 3 に示す。睡眠時無呼吸症候群の被験者について状態判定性能を調べたところ、呼吸停止の検出漏れはなかった。また、新たに 3 人について睡眠時無呼吸症候群の症状があることを検知した。次の試験時には、介護者である寮母にシステム操作を委ね、長期の使用を依頼した。このときには、呼吸減衰に続き短期間の呼吸停止を繰り返す被験者を発見し、危篤状態となる前に医師に診

察を依頼した。また、1 人の呼吸停止警報から痰詰まり状態を発見し、吸引により容態回復できた。

4 おわりに

フィールド実験にて有効性を確認できたとともに、就寝状態の連続モニタリングが介護者に強い安心感を与えることも分かった。今後、臨床実験を重ね、性能面だけでなく、操作性など実用面での改良を続ける。なお、本研究は (社) シルバーサービス振興会「介護支援システム開発事業研究」の一環として実施した。

参考文献

- [1] 石原 他, 画像処理技術を応用したテレビカメラ生体情報収集システムの開発 — ビジュアルセンシングシステムの設計と試作 —, ME 誌 第 31 巻特別号 (第 32 回日本エム・イー学会大会論文集), p. 218, 1993.
- [2] 山田 他, ビジュアルセンシングシステムによる完全無拘束化での呼吸数の自動計測, 信学 情報・システムソサエティ大会, p. 102, 1996.
- [3] 渡邊 他, 動画像処理による呼吸自動モニタリングシステムの開発, SICE 第 43 回パターン計測部会研究会, pp. 15-22, 1998.
- [4] Y. Miyake et al, Enhancement of Non-Restrictive Visual Sensing System for Reliable Monitoring of Respiration Patterns, JSME Intr. J. Mech. Sys., Mach. Elem. and Manuf, Series C, Vol.42, No.3, pp.737-745, 1999.
- [5] 中井 他, 動画像処理による呼吸モニタリングシステム, 信学論, Vol. J83-D-II, No. 1, pp. 280-288, 2000.
- [6] 石原 他, ビジュアルセンシングによる無拘束就寝モニタリングシステムの実証試験, 第 39 回日本エム・イー学会大会, 3B3-5, 2000. (予定)