



Title	動画像を用いた睡眠時の体動検出に関する研究
Author(s)	岡田, 志麻
Citation	大阪大学, 2009, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/49936
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏 名	岡 田 志 麻
博士の専攻分野の名称	博 士 (保健学)
学 位 記 番 号	第 2 2 8 1 0 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 21 年 3 月 24 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 1 項該当 医学系研究科保健学専攻
学 位 論 文 名	動画像を用いた睡眠時の体動検出に関する研究
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 大野ゆう子 (副査) 教 授 永井利三郎 教 授 島田三恵子

論 文 内 容 の 要 旨

【背景】

人間は、睡眠に 1 日の 3 分の 1 の時間を費やしており、身体諸機能を健常に保つために睡眠は必要不可欠である。また、睡眠は生体リズムの 1 つとして生活に組み込まれていることがわかっており、人間にとって睡眠の質は生活の質をも左右する重要な指標である。近年、特に小児においては、睡眠の質と量が低下することにより、昼間の不注意や多動性などの行動障害をきたすことが知られている。また、無呼吸症候群の合併により睡眠の質が低下した子どもでは昼間の行動異常が増強されるが、適切な治療により行動は改善するといわれている。以上のことから、睡眠の質を評価することは非常に重要である。

一方、体動が睡眠の段階や加齢、疾患に密接な関係があることは知られているが、その定量化、指標化については十分な検討が進んでいない状況にある。

【睡眠時の体動】

睡眠を評価する手法として、現在、臨床現場においてもっとも信頼されている手法が終夜睡眠ポリグラフ検査（PSG 検査）である。これは脳波、眼球運動、顎筋電図などの生体情報を計測し、これらを総合して睡眠深度を判定しており、病院や専門機関での検査が必要である。そのため睡眠環境の変化に敏感な小児では睡眠評価が行いにくいという難点がある。

体動は一般に、1) 体幹筋を含む筋放電が 2 秒以上持続する体動（gross movements, GMs: 寝返りなどの粗大な動き）、2) 頤筋に局限し持続が 0.5 秒を超え 2 秒以下の筋放電である体動（localized movements, LMs）、3) 頤筋に局限して持続が 0.5 秒以下の筋放電（twitch movements, TMs）の 3 つに分類される。なかでも、GMs は覚醒反応の指標として、また、睡眠段階に応じた出現パターンが知られており、発生頻度

は stage 1 で最も高く、次いで REM 睡眠期、stage 2 と続き、除波睡眠での頻度が一番低い。このことから、体動の中でも GMs が睡眠段階と強く関係があることがうかがえ、睡眠の質の評価を考える場合は GMs の検出が有用と考えた。

【目的】

本研究では、簡易に睡眠の質を評価するための情報として体動の中でも睡眠段階と非常に強く関係がある GMs に着目し、GMs を完全無拘束・非接触に検出でき、定量化するシステムを開発することで、体動と睡眠との関係を検討した。

GMs の完全無拘束・非接触な計測方法として、センサ類から切り離した完全な無拘束状態での動きの検出が可能な動画像の差分処理を用いた。なお、実験に際しては大阪大学医学部倫理委員会の承認を得た。

【差分処理方法】

差分処理は古くから、動作の検出に用いられてきた手法であるが、本論文では、差分処理をしたデータから対象の座標移動軌跡と GMs に相当する移動相当量を推定する手法を新しく提案する。動画像を静止画に変換することで、被験者の動きを連続的に捉え、被験者の行動変化の計測をおこなう。ビデオカメラから入力された動画像を、BMP 形式の静止画に変換を行い解析する。BMP 形式の静止画像を連続的に読み込み、処理の高速化のために ROI (Region of Interest) を設定する。ROI とは関心領域を指し、画像の全体から関心のある領域を設定して切り出す。ROI 処理の後、画像のグレースケール化を行い、差分処理によりフレーム間の濃淡値の変化を検出する。この変化に対し、1) 濃度が増加、2) 濃度が減少、3) 変化なしの 3 つに場合分けをおこない、それぞれの総平均座標位置を算出する。1) の場合の総平均座標位置と 2) の場合の総平均座標位置の midpoint から被験者の画像内における座標位置を推定する。その後、以下の (1) 式により、移動相当量の推定を行う。この移動相当量が GMs に相当する値となる。なお、L(t) は時刻 t における移動相当量、x (t) は被験者の画像内における時刻 t の x 座標、y (t) は y 座標を指す。

$$L(t) = \sqrt{\{(x(t+1) - x(t))\}^2 + \{(y(t+1) - y(t))\}^2} \quad (1)$$

【成人による終夜の検証実験】

成人を対象におこなった実験では、無拘束な心拍数の観察に有効な Actiheart (Actiheart; Mini Mitter 社) との比較を行い、提案手法の妥当性を検証した。被験者は不眠の訴えがなく、その他の疾患もない健康な成人男性 1 名 (K.K., 26 歳, 162cm, 56Kg) で、実験を 6 日間おこなった。被験者自宅において、ほぼ寝具全体が画面フレームに入る角度・位置にビデオカメラを三脚にて固定設置した。被験者は、就寝前に Actiheart を胸部に装着し、Actiheart の測定開始時間に合わせてビデオカメラによる測定を開始し、起床後測定を終了する。就寝中の体動時には、心拍数が急激に上昇することが知られていることから、本実験では睡眠時の体動の評価として心拍数を採用した。結果から、就寝後 2 時間程度までの移動相当量の変動や就寝中、起床前の移動相当量の変動に関しても心拍変動とほぼ同期していることが確認でき、終夜に渡り体動

を精度よく検出していることが確認できた。その他の5夜の測定においても、以上の傾向はほぼ同様であり、終夜において体動量が把握され、心拍変動とほぼ同期した移動相当量の増減が把握できていた。

【小児科睡眠外来における臨床実験】

大阪大学医学部附属病院小児科で、睡眠障害の精査のためPSG検査を施行した症例で患者11人を対象とした。PSG検査時に書面で睡眠ビデオ撮影の同意を得、動画像から算出した体動とPSGから判定された睡眠ステージを比較した。全ての被験者において睡眠ステージの変化に伴い、差分画像による移動相当量が変化しており、睡眠-覚醒サイクルと連動して移動相当量も増減していた。睡眠ステージ毎（WAKE, REM, Stage1+2, Stage3+4）の差分画像による体動の割合を算出した結果、WAKE>>REM>Stage1+2>Stage3+4となった。また、睡眠ステージ毎の移動相当量の平均はWAKE>REM>Stage1+2>Stage3+4となった。ただし、REMとStage1+2の間に大きな差は見られなかったが、WAKEとStage3+4については明らかな差が見られた。

【総括】

本研究において、センサ類から計測対象を全く切り離れた完全な無拘束・非接触計測である動画を差分処理することによる、睡眠時の体動検出が可能となった。体動データと睡眠ステージとを比較した結果、従来の報告と一致する結果が得られた。以上のことから、完全無拘束・非接触な睡眠評価方法としての可能性が示唆された。

論文審査の結果の要旨

本研究は、睡眠と密接な関係がある体動に注目し、睡眠時の体動を無拘束・非接触に検出する方法を新たに考案し、体動検出の妥当性、終夜連続計測・分析の可能性を検討した後、終夜睡眠ポリグラフ検査（PSG）と照合して算出した体動量の妥当性を検討したものである。

本方法は、従来の目視によるビデオソムノグラフ検査とは一線を画すもので、動画像の差分処理を行い、被験者の移動軌跡を推定し被験者の体動量を算出する。

成人を対象に行った実験では、就寝中、起床前の体動量に関して、心拍変動とほぼ同期しており、精度よく検出されていることが確認できた。

PSG検査との照合は小児11例で検討しており、全ての被験者において睡眠-覚醒サイクルと連動して体動量も増減していた。

本研究において開発した体動量検出・算出方法は学術的価値も高く、臨床実用的意義も大きい研究であり、今後の保健医療分野において多大な貢献が期待できるものと考えられる。よって、博士（保健学）の学位授与に値するものと認める。