

平成 21 年 5 月 25 日現在

研究種目：基盤研究 (C)

研究期間：2006～2008

課題番号：18500136

研究課題名 (和文) 人体疲労予測への音響的信号の利用

研究課題名 (英文) Usage of the sound signals from the human body for detecting the sleepiness

研究代表者

秋田 昌憲 (MASANORI AKITA)

大分大学・工学部・教授

研究者番号：40192900

研究成果の概要：機械装置操作や自動車運転等における入眠予知による安全安心の確保等を目的として、人体から発せられる音響信号を収集し、その信号の特徴と入眠・疲労の間の関係を求めることを目的として実験測定を行った。結果として、従来入眠と相関があると考えられている臀部センサーの信号と同様の傾向を持つ音響信号が、人間の胸部に近い領域から得られることが判明し、入眠・疲労予測に使用出来る可能性が示された。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	1,500,000	0	1,500,000
2007年度	800,000	240,000	1,040,000
2008年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
総計	2,900,000	420,000	3,320,000

研究分野：信号処理工学

科研費の分科・細目：情報学 知覚情報処理・知能ロボティクス

キーワード：入眠予兆, 疲労計測, ケプストラム, リフタリング, 周波数変換, 信号強調, 選択平滑化, 肉伝導マイクロホン

## 1. 研究開始当初の背景

現代社会の複雑化とともに、人間の疲労・睡眠の検知は、機械等運転の安全面、また仕事等の効率化や健康状態把握・改善等に欠かせないものになってきている。特に、安全・安心の観点からは今後このような研究は重要なものとなって来るものと考えられている。また、人間の突如の眠気は、睡眠時無呼吸症候群とも密接に関連していると言われ、その簡易な検知は人間の健康察知にも重要な役割をもたらしているといえる。

疲労の予兆を検知するために、人体に可侵するセンサーを多数用いたり、複雑な処理を

行うなどする場合がほとんどである。検討の結果、ある程度有効な結果が得られているとしても、人間に負荷をかけてしまったり、大掛かりなシステムを必要とするなど、実際に使用に供する際には非常に問題になる点が多い。そのため、人体に対して非侵襲あるいは軽侵襲である方法で入眠・疲労を予知する方法の検討が非常に重要であると考えられていた。

本研究室では、過去、受託研究等も利用してこのような問題に取り組み、自動車運転時の着座被験者の情報から、睡眠予兆になる可能性のあるパラメータを探索する研究に取

り組み、ある程度の見通しはついて来つつあった。ただ、これも大がかりなプロジェクトの一部を分担しているものであり、簡易な疲労検出とはいえない。人体疲労予測のための人体からの簡易な情報収集の方法の検討は、安全安心社会のために不可欠な技術であると考えられていた。

## 2. 研究の目的

前述の背景のため、人体から発せられる音響的信号に着目し、以下のことを目的として研究を行うこととした。

- (1) 今までの実験で入眠予知と関連性があると見られている着座時の人体の荷重信号と、人体から発せられる音響信号の同時計測システムを構成する。
- (2) 人体荷重信号と体内音響信号の間の関連性について調べ、それより、取得した音響信号の人体疲労・入眠との関係について検討する。
- (3) 人体荷重信号および体内音響信号から疲労・入眠に関連するパラメータを抽出するため、測定された信号の周波数領域における強調法について検討し、またこれを用いた疲労検出のキーとなるパラメータの定義について検討する。

## 3. 研究の方法

### (1) 人体音響計測システムの構成

先行研究で、自動車シート着座部の圧センサー信号と入眠予兆の関係が示されているので、本研究ではこれと同等となる信号をモニター信号として測定し、人体から発せられる音響信号を同時に計測するシステムを構成することとした。着座部には事務用の椅子を使用し、着座部図1の部位にモニター用フィルム型圧電センサーを配置した。

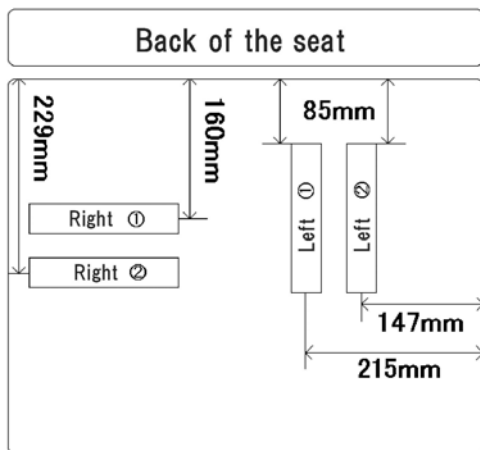


図1 着座部信号収集のための圧電センサー位置

また人体からの音響計測については、図2に示す三菱電機製肉伝導マイクロホンシステムを用い、マイクロホンを図3に示しているような位置に配置して体内音の計測を行った。計測はデータロガーを利用し、抵抗同調アンチエイリアスフィルタを通過させた後、2~4チャンネル同時計測を行っている。



図2 測定用肉伝導マイクロホン

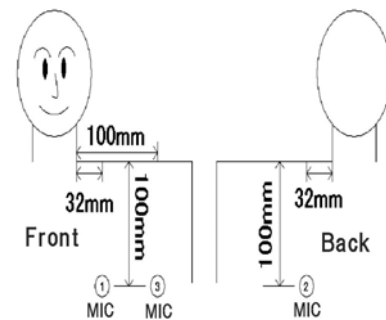


図3 マイクロホン装着位置例

### (2) 計測信号強調法及び特徴パラメータ抽出の検討法

計測信号の強調には、本研究室において先行研究で検討していたスペクトル包絡規則変形法に、信号スペクトルの周波数軸非線形変換と、そのケプストラムのリフタリングを組み合わせ、スペクトル包絡のローカルピークのうち所望である周波数帯域のピークのみを残存させ、残りのピークを平滑化する、スペクトル選択平滑化法を用いることとし、これらの手法の併用・組み合わせ使用について検討した。

## 4. 研究成果

(1) 計測信号処理法および計測信号特徴パラメータの検討について

計測信号の強調法には、スペクトル選択平滑化法と、スペクトル規則変形法・スペクトル強度軸非線形変換法を併用することを提案検討した。スペクトル選択平滑化法を用いると、周波数軸非線形変換係数とリフタリング処理次数の調整によって、図4のように所望の周波数帯域のスペクトル包絡ローカルピークを残して他のローカルピークが平滑化出来ることが示される。

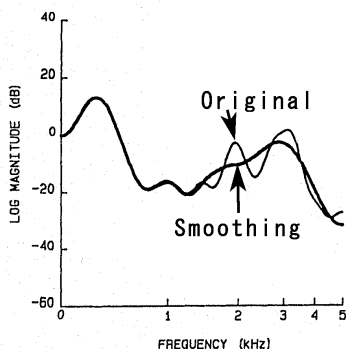


図4 スペクトル包絡選択平滑化処理の例

入眠予兆の先行研究では、入眠予兆検知のための諸特徴パラメータについてはその低周波数部分に特徴があると考えられているが、本方法を効果的に利用すると、計測信号周波数特徴パラメータの低周波数部分における成分を効率的に取り出し強調出来ることが判明し、本研究における計測信号他多用途に応用が可能であることがわかった。

この選択平滑化操作における、周波数変換係数とリフタリング次数の適値を検討するため、本研究で測定される諸音響信号と性質が類似していると考えられる、雑音環境音声信号のパターン認識に本方法を適用して、認識率から本方法の効率について検証した。

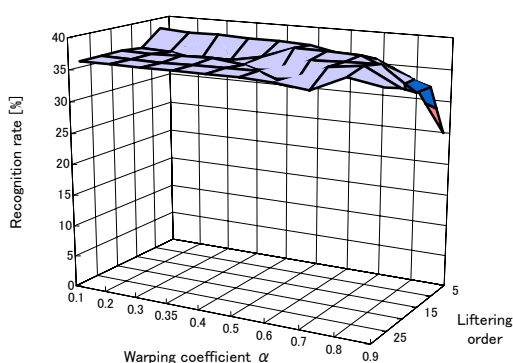


図5 選択平滑化法による雑音環境数字音声認識結果例 (S/N比 0dB)

図5に準定常雑音環境数字音声認識にスペクトル選択平滑化法をスペクトル規則変形法と同時に適用した場合の認識率の変化例を示すが、選択平滑化法において周波数変換係数を0.5程度、リフタリング次数を信号のケプストラム分析総次数の半分程度とすると認識率が上昇し、雑音環境における音響信号の特徴が効率的に抽出・強調されていることがわかった。よって、本方法を以後の研究における計測信号の処理における前処理として採用することとした。

## (2) 臀部圧電センサー信号測定による測定システムの検証について

研究方法(1)に示した計測システムの妥当性を従来法と照らし合わせて検証するため、本システムにおける臀部センサー位置を調整し、成人男性が静止して着座している場合の信号を観察した。特徴パラメータとしては、前述のように平滑化処理されたケプストラムの低次数部の和を用い、これでスペクトル包絡全体の傾度を表現した。包絡が平坦化した場合パラメータの値は小さくなる。

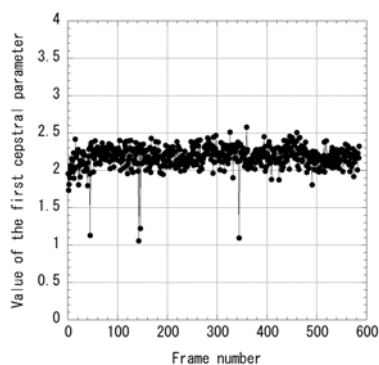


図6 成人男性覚醒時の着座部センサ信号ケプストラム低次数部係数和の時間変化例

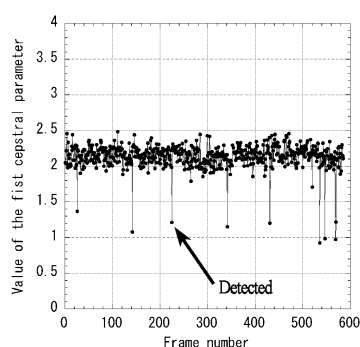


図7 成人男性入眠時の着座部センサ信号ケプストラム低次数部係数和の時間変化例

図6,7にケプストラム0次から3次までの和をパラメータとした測定結果例を示すが、

このように覚醒時と入眠時では特徴パラメータの時間変化に顕著な差があり、入眠時には単位時間当たりの特徴パラメータのローカルディップが増加する傾向が明確であることが示された。

このように、先行研究と同様の傾向が得られることがわかったことから、この信号が計測システムのモニタリング信号として妥当であることが判明した。

### (3) 体内音同時測定結果

体内音測定は成人男性4名に研究方法の図3のような部位の胸部・背部に肉伝導マイクロホンを配置して一クルの計測実験を行い、さらに別の成人男性3名に胸部の他に腹部にマイクロホンを配置して音響信号を計測し、前章と同様な方法で解析し特徴パラメ

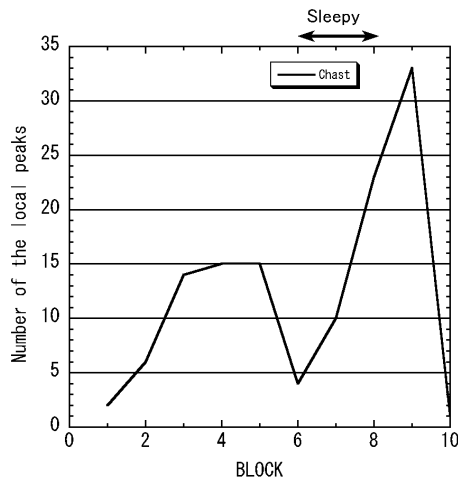


図8 成人男性入眠時の胸部音響信号ケプストラム低次部係数和における単位時間当たりのローカルディップ数

図8に特徴パラメータの時間当たりローカルディップ数の変化例を示すが、このように胸部マイクの音響信号については、入眠した7例中5例で図8同様に入眠時からパラメータの時間変化が見られ、胸部の場合胸の前部かつ中心近接部の測定において傾向が一番顕著に現れることがわかった。また腹部の音響信号でも同様な傾向はあったが明確ではなかった。

このように、従来研究で示されたセンサー信号の他に、本研究で着目した体内音響信号も、入眠・疲労予測に利用出来る可能性が示された。

従来法のセンサー信号と実際の体内メカニズムとの関係もまだ明確化されていないが、本研究での測定部位による特徴の表れ方

の変化等を今後綿密に検討して行くと、体内音と疲労の生理的メカニズムの関係が推察されて、より正確な疲労予測への見通しが開けて来るのではないかと考える。

### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 7 件)

① Masanori Akita and Yoichi Midorikawa, The basic measurement of the sound signal in human body for detect of sleepiness, Proceedings of the Youngnam-Kyushu Joint Conference on Acoustics 2009, pp.17-20, 2009, 査読無

② 秋田昌憲、緑川洋一、入眠検出のための体内音響信号の測定、電子情報通信学会技術研究報告Vol.108, No.306, pp.93-98, 2008, 査読無

③ 秋田昌憲、緑川洋一、鬼丸孝一、木原直哉、入眠予兆のための音響的信号利用の検討、第20回「電磁力関連のダイナミクス」シンポジウム講演論文集, pp.511-514, 2008, 査読無

④ Masanori Akita, Yoichi Midorikawa, Takao Miyamoto, Yuuki Yoshioka, Evaluation of Signal Enhancement and Smoothing using Selected Smoothing Method and Frequency Warping, Proceedings of the 13th International Symposium on Applied Electromagnetics and Mechanics, pp.41-42, 2007, 査読有

[学会発表] (計 6 件)

① 秋田昌憲、村上亮太、緑川洋一、入眠予知のための体音測定の基礎的検討、日本音響学会2009年春季研究発表会、2009年3月18日、東京工業大学

② 牧寄佑平、秋田昌憲、緑川洋一、雑音環境音声認識におけるスペクトル変形併用法の検討、日本音響学会2008年春季研究発表会、2008年9月12日、九州大学

③ 宮本孝生、秋田昌憲、緑川洋一、周波数帯域を考慮したスペクトル規則変形法による雑音音声信号処理、日本音響学会2007年秋季研究発表会、2007年9月19日、山梨大学

### 6. 研究組織

#### (1) 研究代表者

秋田 昌憲 (MASANORI AKITA)

大分大学・工学部・教授

研究者番号：40192900

#### (2) 研究分担者

緑川 洋一 (YOICHI MIDORIKAWA)

大分大学・工学部・准教授

研究者番号：90315317