

平成 22 年 6 月 8 日現在

研究種目：若手（B）
 研究期間：2008～2009
 課題番号：20700172
 研究課題名（和文）音声分析による疲労検出システムに関する研究

研究課題名（英文）Study on Fatigue Estimate System Using Speech Analysis

研究代表者

松村 寿枝（MATSUMURA TOSHIE）
 奈良工業高等専門学校・情報工学科・講師
 研究者番号：70390482

研究成果の概要（和文）：本研究では、音声分析を用いた疲労検出システムの開発を目的にシステムの構築を行った。まず VDT 作業後の音声データを収集し、音声分析を行い、基本周波数、パワー、継続時間長を求めた。結果、疲労時には約 55.6% のデータで、基本周波数の低下、平均パワーの低下、継続時間長の増加がみられた。

次に上記の特徴量を用いた疲労検出システムを構築した。その後 10 名の被験者で使いやすさの評価を行い、その評価を参考にシステムの改良を行った。結果、本システムは使いやすさが向上した。

研究成果の概要（英文）：The purpose of this study is to construct the Fatigue Estimate System using speech analysis. First I collected speech data after Visual Display Terminal Operation. I analyzed speech data and calculated fundamental frequency, average power, and duration of speech. The result shows that fundamental frequency decrease, average power decrease and duration of speech increase in 55.6% of speech data fatigued.

Next the system using their acoustic features was constructed. The usefulness of the system was evaluated by 10 persons. The system was improved by the evaluation. As for the result, the usability of the system was practically improved.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008 年度	600,000	180,000	780,000
2009 年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
年度			
総計	1,100,000	330,000	1,430,000

研究分野：音声情報処理

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：音声分析，疲労，システム構築

1. 研究開始当初の背景

近年、音声合成技術のみでなく音声認識や話者認識が組み込まれた機器が一般的になりつつある。これらの認識技術は、音声に含

まれる音韻性情報や個人性情報を抽出することで実現される。一方、音声には前述の情報以外にも情緒性情報や話者の疲労などの体調を示す情報が含まれていることが経験

的に知られている。これは、家族や友人の声を聞いた際に話者の心身の状態を大まかに知ることが出来るなどである。

疲労は、思考力の低下など精神的な影響以外にも肉体的な影響を与える。その中でも、声帯や声道に影響を与えることがあり、音源の特性や声道の共振特性に影響し、音声の特徴量の物理的な変化を伴っているものと考えられる。人はその特徴量の変化を聴覚で捉え、脳で通常時との差異を感知し、疲労を感じ取っているものと考えられる。

さて、現代では、疲労を感じない人はいないといわれるぐらい日常生活において疲労をしている。また、疲労をしても本人が疲労を自覚していないため、無理に働くことで事故などを引き起こす要因にもなっている。そのため疲労の早期チェックが望まれる。従来の疲労検出には血液検査や生体にセンサーをつけ脳波などを計測する方法などがある。しかし、これらの方法は被験者の負担が大きい。そのためより簡便に疲労を検出することが出来れば疲労の早期チェックには非常に有効である。そこで前述のように音声に疲労を示す情報が確かに含まれていれば、従来の音声分析という手法で簡便に疲労を検出できるのではないかと考え、本研究を着想するに至った。

2. 研究の目的

本研究は、疲労検出システムの構築を目的とする。具体的には、以下のとおりである。

- (1) VDT 作業後の疲労音声の特徴量と非疲労音声の特徴量の変化を音声分析により明らかにする。
- (2) 上記の音声分析の結果を用いて、疲労検出システムを構築する。
- (3) 疲労検出システムの評価を行う。

3. 研究の方法

(1) データ収集と音声分析 (2008 年度)

与えられる負荷により疲労を感じるかどうか、その際の疲労の強さは被験者により差が大きい。そこで本研究では疲労を感じやすい負荷として VDT 作業に限定し、被験者 10 名の音声データを収集する。収集する単語は、母音が多く含まれており疲労した際に発話するのに不自然ではない単語“ただいま”、“あーあ”、“疲れた”の 3 種類とする。それぞれの単語を 10 回以上収集し、特徴量として基本周波数の平均（以下基本周波数と略記する）、平均パワー、継続時間長を求め、疲労時の特徴量の変化を求める。なお、平均パワー、継続時間長はいずれも音声開始点から終了点までで求める。

(2) システムの構築 (2009 年度)

2008 年度の成果を用いて、システムの構築を行う。最初に仕様決定し、プログラミング、デバッグの順に行う。

(3) システム評価

試作システムを 10 名の被験者に使用してもらい、その評価をまとめる。次に評価結果からシステムの改良を行う。

4. 研究成果

(1) データ収集と音声分析

疲労を起こさせる作業を VDT 作業と限定したうえで、研究に使用する音声データの収集を行った。収集期間は、約 2 ヶ月とし、20 歳代の健康な男性 2 名女性 8 名の話者計 10 名から VDT 作業後 3 種類の音声をそれぞれ 10~12 回ずつ収集した。VDT 作業はいずれもパソコンを凝視しての作業とし、時間は一定にせず、疲労時の音声収集には発話者が疲労を感じるまでとした。次に疲労時の自己評価と他者評価の関係については別の研究結果を踏まえて、今回は収集した音声データを話者自身の自己評価により疲労・非疲労に分類した。ただし、非疲労とは発話者が疲労を感じていない際に収集した音声とする。VDT 作業後の収集音声中、疲労音声は約 71.8%、非疲労音声は約 28.2%であった。VDT 作業により多くの疲労時の音声収集できたといえ、VDT 作業は疲労時の音声収集に適しているといえる。

次に得られた音声データ全てに対し、音声分析を行い、基本周波数、音声部分の平均パワー、継続時間長を求め、単語と話者ごとに疲労時と非疲労時の特徴量の変化を比較した。結果、次のことがわかった。疲労時には約 55.6% のデータで、“基本周波数の低下”、“平均パワーの低下”、“継続時間が長くなる”という傾向が見られた。また、3 種類の単語の中で基本周波数および平均パワーが低下する傾向が多かったのは有声音を多く含む単語であり、このことは疲労検出システムにおいて分析対象とする単語は有声音が多く含まれるものが望ましいことを示している。

次に 2008 年度の結果をもとに式(1)に示す基本周波数、平均パワー、継続時間長の変化率を単語と話者毎に求めた。これは、非疲労音声の特徴量に対して疲労時の音声がどの程度変化したのかを百分率で表すものである。

$$\begin{aligned} \text{変化率[\%]} \\ &= 100 \times (\text{非疲労} - \text{疲労}) / \text{非疲労} \quad \dots (1) \end{aligned}$$

単語ごとの変化率の最大値と最小値と平均値

を表 1(a)~(c)に示す。3 つの特徴量の変化率の中で基本周波数で変化率の幅が一番小さく、変化率の幅が一番大きなものは平均パワーであった。このことから基本周波数の方が平均パワーに比べ話者ごとの変化率は小さいことがわかる。また、この結果から、“疲労時の音声は、疲労していない時の音声に比べて必ずしも一定の変化率で特徴量に変化しているとはいえない”といえる。この理由はいろいろ考えられるが、今回は分析に用いることの出来たデータが少なかったことも影響していると思われる。したがって、それぞれの特徴量の変化率はばらつきが多く、この結果から変化率をそのまま疲労の判定に用いることができなかつた。そのため、入力された音声の特徴量が事前に登録されている音声の特徴量に対して何%変化したのかで疲労の判定を行うのではなく、特徴量それぞれで単語毎に閾値を設定し、疲労を判定するシステムとする。

(2)システム構築

試作のシステムを構築する。構築するシステムのフローチャートを図 1 にしめす。まず、音声ファイルを入力し、音声分析を行う。次に求められたそれぞれの特徴量がデフォルトで設定されている閾値、あるいはシステム起動後に設定する閾値と比較し、“基本周波数の平均が低下している”か、“平均パワーが減少している”か、“継続時間長が増加している”かのいずれかの場合に疲労していると判定し、いずれも当てはまらない場合に非疲労と判定する。結果は画面にダイアログを用いて表示する。なお、閾値設定の処理については図 1 のフローチャートでは省略している。

(3)システムの評価

音声収集を行った被験者とは別の 20 歳代の 10 名の被験者にシステムを使用してもらい、使いやすさの評価を行った。“とても使いやすい”を 5 とし、“少し使いやすい”を 4、“ふつう”を 3、“少し使いにくい”を 2、“使いにくい”を 1 の 5 段階評価とした。また、使いにくい点などを自由記述で記入できるようにした。結果を表 2 に示す。表 2 から評価値の平均は 2.8 であり、“ふつう”を選択した評価者が 8 割で大半であった。これは、比較対象とする疲労検出システムがなかったため、大半が“ふつう”を選択したためであると考えられる。そこで、自由記述のところに着目し、自由記述で記述されていた項目について改良を検討した。

改良箇所とその変更点は次のとおりである。

①試作システムでは、疲労あるいは非疲労の表示をテキストで表示していたため、使いづらいつの評価が多かった。そこで試作システムを改良

し、疲労あるいは非疲労を表す画像を作成し、結果を画像表示するようにした。

②作業中にパソコンを注視することが難しい場合もあるため、パソコンに USB 接続で簡単に接続できる回転灯を接続し、疲労を検出した場合には点灯させた。このことにより作業中でも疲労・非疲労の検出結果に気がつきやすくなった。更に、疲労時には音声で疲労をしているために休息を取るよう促す警告音が流れるようにシステムの改良を行った。

①及び②より、本システムは使いやすさが向上し、実用性の高いシステムに近づいたといえる。

次に今後の展望について述べる。作成した疲労検出システムは、閾値を変更することにより、VDT 作業のみでなく、他の作業時の疲労検出も行うことができる。そこで、あらかじめ他の作業疲労時の特徴量の閾値を求めておくことで、応用分野も広がると思われる。更に本システムは、判定処理のプログラムが実行できればよく、コンピュータについては高性能である必要はない。また、必要な機器がマイクのみでよく、運用時のコストを抑えることが出来る。音声分析についても従来法を用いることが出来るためシステムの開発期間も短くて済む。また、将来的には処理部分をライブラリ化することが可能であり、マイクなどが標準で装備されているパソコンや既存の電化製品(カーナビなど)や産業用機器に後からでもとりつけることが可能であり、実用化できればニーズは多いと思われる。

最後に、今後の課題についてのべておく。本システムの疲労検出の閾値は、単語・話者毎に事前にデフォルト値を手動で設定しているため、その設定方法を自動化する手段が必要である。これは事前登録という形にするのがよいと思われるが、より一般的な閾値を求めるためにも更に多くのデータ収集と分析が必要である。また、今回の音声データは研究室のような比較的雑音の少ないところで収集した音声を用いている。工場や会社、車の中などでの使用を考えると雑音除去などの手法も合わせて組み込む必要がある。更に入力も音声ファイルを読み込む仕様となっているなど細かな点で、より使いやすいシステムとなるよう更なるシステムの改良も必要である。また、改良後のシステム評価が行われていないため、改良後の評価も今後の課題である。

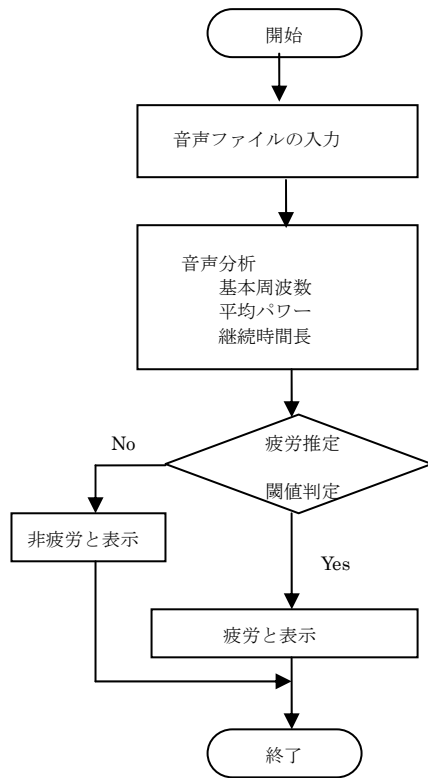


図1 疲労検出システムのフローチャート

表1 変化率 [%]
(a) ただいま

	基本周波数	平均パワー	継続時間長
最小	-11.9	-80.5	-19.7
最大	7.9	34.1	17.6
平均	0.68	-2.12	-0.23

(b) あーあ

	基本周波数	平均パワー	継続時間長
最小	-12.4	-96	-32.8
最大	7.7	37.2	11.6
平均	-1.09	-15.31	-5

(c) つかれた

	基本周波数	平均パワー	継続時間長
最小	-7.4	-78.5	-54.1
最大	8.8	43.5	9.2
平均	0.12	-6.62	-12.34

表2 システムの使いやすさ評価(試作)

	評価 1	評価 2	評価 3	評価 4	評価 5
回答数 [人]	0	2	8	0	0

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)

[学会発表] (計1件)

松村寿枝, 吉村宏紀, 清水忠昭, 音声分析を用いた話者疲労の推定, 電子情報通信学会2010年総合大会, 2010年3月18日, 東北大学(宮城県)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

松村 寿枝 (MATSUMURA TOSHIE)

奈良工業高等専門学校・情報工学科・講師
研究者番号: 70390482

(2) 研究分担者

()

研究者番号:

(3) 連携研究者

()

研究者番号: