

音声から疲労度を推定するスマートフォン用アプリケーションの開発 Development of Fatigue Degree Estimation System for Smartphone

青木 由希[†] 宮島 崇浩[†] 菊池 英明[†] 塩見 格一[‡]
Yuki Aoki Takahiro Miyajima Hideaki Kikuchi Shiomi Kakuichi

1. はじめに

近年の労働環境の変化, それに伴う生活の変化により, 睡眠不足や過労に悩む人々が多い. そこで, 日頃から手軽に自らの疲労の程度を知る手段があれば, それを自覚し, 適切な休養を取ることや個々人の健康管理を促すことが期待できる.

電子航法研究所で開発している SiCECA アルゴリズムは, 音声から脳活性度指数 (以下, CEM 値) を算出することを目的としている. これを用いて, 「発話した人間の疲労の度合いを定量化できる」という仮説のもと, 統制が施された環境下での実験を行い, その信頼性を確認してきた[1-5]. それに対し我々は, 気軽に「疲労程度」を計測できるように, 当該アルゴリズムを搭載した Android 用アプリケーションを開発し, これが日常生活下でどのように活用されるか調査を行った. 本実験における被験者は 10 名で, 1 週間ある程度自由にアプリケーションを利用してもらった. 本稿では, その実験結果について報告する.

2. 疲労程度の推定方法

本研究では, 人間がどの程度疲労しているか, すなわち疲労程度の推定において, SiCECA アルゴリズム, およびそれによって算出される CEM 値を用いる.

2.1 SiCECA アルゴリズム

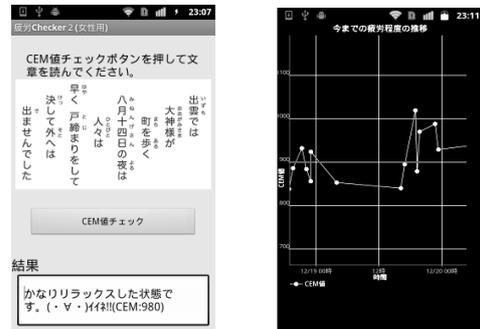
SiCECA (Shiomi's Cerebral Exponents Calculation Algorithm) は, 電子航法研究所で開発している発話音声分析装置 CENTE[2] に搭載しているアルゴリズムで, CENTE は, 音声から人間の疲労の度合いを推定することを目的として現在まで開発が続いている. SiCECA は, 従来よく用いられる音声信号の周波数解析とは異なり, カオス論的手法により音声のゆらぎを検出し, CEM 値を算出するものである[1-2]. SiCECA 以前にも, カオス論的な信号処理の手法として多数のアルゴリズムが存在しているが, 処理を行うためには, 通常の音声発話で生ずる母音の継続時間の数倍以上のデータを必要とするため, SiCECA は, 一般的な母音の継続時間のデータに対して適用可能となるよう改善を施している[1].

2.2 CEM 値

SiCECA によって算出される CEM 値は, カオス性を有する信号に含まれる, “そのカオス性を擾乱させるランダム性” の大きさの尺度であり[1], 音声信号から生成されるストレンジ・アトラクタを生成して, この軌道の揺らぎを定量的に評価した指数値である. これまでの実験では, 発話者の脳の活性度と相関することが確認されており[3], た

[†] 早稲田大学人間科学学術院 Faculty of Human Sciences, Waseda University

[‡] 独立行政法人電子航法研究所 Electronic Navigation Research Institute



音声録音/結果表示画面

グラフ表示画面

図 1: 入出力インターフェース

たとえば活性度の低下に伴い CEM 値も低下すると考えられる. この値の信頼性については多様な実験室環境下において検証を行っている最中であるが, これを用いて人間の疲労の程度が推定できると考えられる[4]. また, CEM 値が有する特徴の一つとして, 年齢や性別に関して差異が認められることが分かっている[5]. 例えば, 年齢が 20 歳前後から 60 歳前後までの男性の CEM 値の平均は 878.3, 女性の CEM 値の平均は 790.5 と, 男性のほうが高い値を示す.

3. Android 用疲労程度推定アプリケーション

本システムの目的は, これまで実験室環境下で実施されてきた CEM 値の精度や妥当性の確認を実験室環境外で行うことではなく, 日常生活下で CEM 値がどのように活用されるかを調査することである.

3.1 システム構成

本システムは, クライアントサーバ形式を採用する. SiCECA の処理は大きな負荷がかかり, 現状ではスマートフォン上での単体動作を実現することは難しい. したがって, スマートフォン上で稼働するクライアントアプリケーションを用いて音声を録音しサーバに音声データを転送する. そして, サーバ上で CEM 値を計算して, クライアントにその値を返し, 値に基づいたメッセージを表示する.

3.2 入出力インターフェース

図 1 に, 入出力インターフェースの画面を示す. 音声録音画面には文章が表示されるので, ユーザはそれを朗読する. 本来はどのような文章でも CEM 値の算出は可能だが, 安定した計算結果を得るため, 約 10 秒の音声を取得するようにした. 録音した音声は 16kHz/16bit のモノラル音声で記録される. サーバ上で CEM 値が計算された後, 結果がクライアントに返され, 録音画面下部にメッセージが表示される. 結果が出力されるまでは, 約 5~10 秒の時間を要する. また, 横軸に計測時刻, 縦軸に CEM 値を一覧表示する折れ線グラフを閲覧することもできる.

表 1 : CEM 値毎のアプリケーションのメッセージ

CEM 値の範囲		コメント
男性	女性	
1200~1080	1200~915	とてもリラックスした状態です。元気ですね ☺(´▽`)☺
1080~990	915~865	かなりリラックスした状態です。(・▽・)ｲｲ!!
990~920	865~815	リラックスできた状態です。この調子☆ミ
920~860	830~770	ほどほどですね。可もなく不可もなく(・o・)
860~790	770~700	少しお疲れのようです。休憩を挟みましょう!!
790~740	700~650	かなりお疲れのようです。大丈夫?(;・▽・)
740~1	650~1	とっってもお疲れのようです… とにかく休みましょう(;´д`)

3.3 本システムにおける疲労程度の扱い

CEM 値は、2.2 で示した特徴を有するものの、算出された値が絶対的な意味を持つわけではない。したがって、本システムでは、男女の平均値を基準値として、基準値からの数値の差のみによって疲労程度を 7 段階に分けることにし、段階ごとにアプリケーションが表示するメッセージを設定した(表 1)。本研究ではこのメッセージの精度を追及せず、1 章の冒頭で述べたようにアプリケーション利用者にとって自らの疲労を自覚する手助けになることを目標にしている。また、メッセージの内容に関しては、ユーザがアプリケーションを楽しく使えるように留意している。

4. 日常生活下での疲労程度推定実験

作成したアプリケーションを日常生活下で利用してもらい、アプリケーションおよび CEM 値の有用性を確認することにした。補足的に、正確性についても確認した。

4.1 実験手順

被験者は Android 端末を所持している高校生～大学生の男女 10 名、実験期間は試用期間 3 日、本番期間として 7 日間を設けた。アプリケーションをインストールしてもらった後、試験期間と本番期間含め 1 日 5 回程度の測定を継続して行ってもらった。5 回の測定のうち、起床直後と就寝前は必須とし(ただし時間帯は自由)、その他 3 回のタイミングは被験者の判断に任せた。ただし、各測定は最低でも 2 時間以上の時間を空けるように指示をおこなった。

4.2 評価方法

被験者は実験中に、1 日 1 度アンケートに回答する。アンケート対象は 1 日の 5 回の測定についてである。アンケートの項目を以下に示す(5 段階評価は 5 が高い評価)：

- 測定時に行っていた行動、測定場所
- 測定を気軽に行えたか(5 段階)、またその理由
- アプリの操作は簡単だったか(5 段階)
- 測定結果が役に立ったか、それに応じて何か行動をとったか、その場合はその理由(1 日 1 回のみ)
- 測定結果は正確だったか(5 段階、最終日のみ)

4.3 実験結果

前述したアンケートの中から、抜粋して結果を示す。

4.3.1 ユーザビリティの評価

「アプリの操作は簡単だったか」という設問に対し、10 名の評価の平均値は、1 日目・4 日目・7 日目と日が進むにつれ、3.8・4.4・4.6 と向上し、個人差はややあるものの慣れ易く使いやすいインターフェースであることが分かった。

表 2 : 測定結果が役に立ったかのアンケート結果

被験者	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Yes	0	1	5	4	0	4	1	0	0	6
No	7	6	2	3	7	3	6	7	7	1

表 3 : 測定結果が正確だったかのアンケート結果

被験者	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
回答	3	3	4	4	3	4	3	3	4	4

「測定を気軽に行えたか」という設問に対し、10 名の評価の平均値は、1 日目・4 日目・7 日目と日が進んでも、3.9・3.8・4.1 とほぼ横ばいであったが、ある程度の評価を維持することができた。ただし、周囲に人がいる場合や、公共施設にいる場合は特に評価が低い値となっていた。

4.3.2 測定結果の有用性の評価

「測定結果が役に立ったか、あるいはそれに応じて何か行動をとったか」という設問の結果を表 2 に示す。まったく役に立たなかったと評価した被験者が 4 名いたものの、6 名に関してはいずれかの場面において役に立ったと評した。測定結果が低かった場合積極的に休憩や息抜きをしたり、高かった場合休憩を早めに切り上げたりと、判断材料として有用だと感じるケースが多いようであった。また、疲労したと感じて測定してみたら実際に値が下がっていて、休憩を取るなどといったケースもあるようであった。

4.3.3 測定結果の正確性の評価

「測定結果は正確だったか」という設問の結果を表 3 に示す。評価は 3 から 4 がほぼ半分ずつであり、特に高い評価はなかったが、大きな問題はなかったと考えられる。4 と評価した被験者は「おおよそ反映していると感じた」「概ね間隔と一致していたが、徹夜明けでも下がらなかった」などとコメントしていた。3 と評価した被験者は「自分の疲労感覚と差を感じた」「疲れていたのに CEM 値が高い場合があった」などとコメントしていた。以上より、ある程度の正確性はあるが、ズレが生じるケースもあった。

5. おわりに

CEM 値の測定は、現状でもある程度の精度があり、日常生活下において十分役に立つ可能性が示唆された。4.3.3 で示したように、正確性の評価が 4 を上回るよう精度を高めることで、より実用的なアプリケーションを実現できるであろう。特に、今回開発したクライアントでは、CEM 値が高い場合は「リラックスしている」と表示することにした。この表示内容については検討の余地が大いにある。また、周囲に人がいる場合でも気軽に測定できるよう、インターフェースを改善することも課題である。

参考文献

- [1] 塩見格一, “発話分析から考える脳機能モデル”, 感性工学研究論文集, Vol.4, No.1, pp.3-12 (2004).
- [2] K. Shiomi, “Chaotic Voice Analysis Method for Human Performance Monitoring,” Proc. ESREL09 (annex), pp.49-56 (2009).
- [3] K. Shiomi, “Voice Processing Technique for Human Cerebral Activity Measurement,” Proc. SMC2008, pp.3343-3347 (2008).
- [4] K. Shiomi et al. “Experimental Results of Measuring Human Fatigue by Utilizing Uttered Voice Processing,” Proc. SMC2008, pp.3338-3342 (2008).
- [5] 及川太, 塩見格一, 他, “音声のカオス論的指数値による心身状態評価に関する研究(2) -ひらがな朗読からみる人間の特性と指数値との関係-”, 日本人間工学会第 54 回大会予稿集, pp.258-259, (2013).