

指尖脈波解析を用いたユーザの生体情報に適応動作するソフトウェア構築の提案

新井 駿[†] 尾平 和久[†] 福原 遼^{††} 戸辺 義人[†] 雄山 真弓[‡]

東京電機大学 未来科学部[†] 東京電機大学大学院 未来科学研究科^{††} 大阪大学大学院 基礎工学研究科[‡]

1. はじめに

近年, Twitter や Facebook といったソーシャルネットワークワーキングサービスの普及により, スマートフォンを利用する機会が増えている. しかし, スマートフォンはユーザの状況を把握することができず, 状況に適応したコンピューティングができない. ユーザの状態を考慮したコンピューティングを行うためには, 精神状態や心理状態といったヒトの状態を推定することが重要である. 精神・心理状態を把握するためには, 指尖容積脈波を非線形解析することにより得られるアトラクタの軌道の揺らぎを用いることができる. また, こうした情報から精神的ストレスを定量化する試みがなされている[1]. そこで我々は, 指尖容積脈波を非線形解析することでユーザの精神状態を推定し, それに適応動作させるソフトウェアの構築を目指している. 今回はその一試みとして, 本研究で提案する API ライブラリを設計し, Android 端末上にプロトタイプを実装した.

2. ヒトの精神状態の推定

我々は, ヒトの精神状態を推定するにあたり, 指尖容積脈波を非線形解析しリアプノフ指数を算出した. また, 指尖容積脈波の 2 次微分波である指尖加速度脈波を周波数解析することにより LF/HF 比を算出し, 自律神経機能の定量化を行う.

$$Y(t) = (y(t), y(t-\tau), \dots, y(t-(d-1)\tau)) = \{y_d(t)\} \quad (1)$$

$$\lambda = \lim_{t \rightarrow \infty} \lim_{\varepsilon \rightarrow 0} \frac{1}{t} \ln \frac{|\delta Y_\varepsilon(t)|}{|\varepsilon|} \quad (2)$$

2.1. 指尖容積脈波の非線形解析

指尖容積脈波の時系列信号における $y(t)$ が与えられたとき, 埋め込み遅延時間 τ を用いることにより d 次元の空間において式(1)に示す $Y(t)$ からアトラクタが構成される. この軌道の初期値として半径 ε の超球を与えたとき, $Y(t)$ における微小変位を $\delta Y_\varepsilon(t)$ とする. この超球と個々の微小変位の拡大率の総和をとり, 平均することにより式(2)を用いてリアプノフ指数を算出する. 図 1 に示すよう

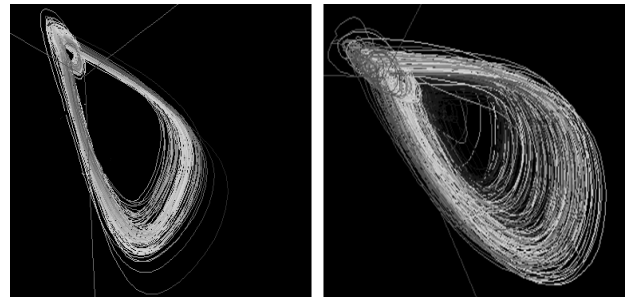


図 1. アトラクタ軌道におけるリアプノフ指数の比較

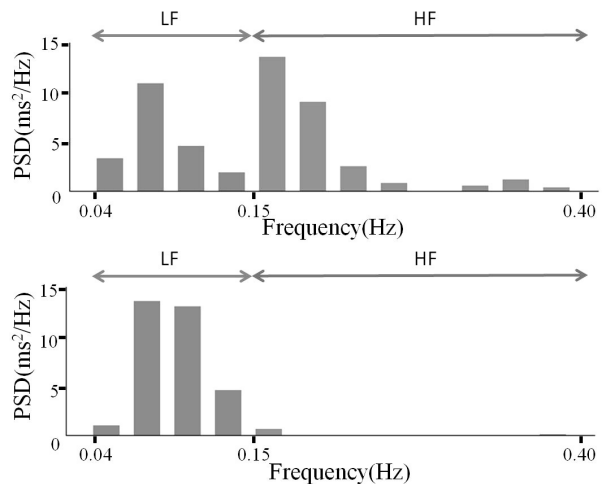


図 2. 周波数帯からみた LF 成分と HF 成分

に, リアプノフ指数の値が高いとアトラクタの軌道が不安定になり, 適応力, 緊張および集中力が高い状態を示す. 値が低いとアトラクタの軌道が安定し精神的にリラックスした状態を示す. リアプノフ指数が長時間高い状態を続ける場合, 疲労やストレスを感じるようになり精神状態が不安定になる.

2.2. 指尖加速度脈波の周波数解析

自律神経機能の評価は, 指尖容積脈波を 2 次微分した指尖加速度脈波における a-a 間隔の時系列データを高速フーリエ変換することにより, 心拍変動時系列のワースペクトルから LF/HF 比を算出する. LF 成分は (Low Frequency 0.04Hz-0.15Hz) 交感神経の活動を反映し, HF 成分 (High Frequency 0.15Hz-0.40Hz) は副交感神経の活動の反映を示す. 図 2 に示すように, 精神状態が不安定になると副交感神経の活動が低下し, HF 成分が減少することにより LF/HF 比は増加する.

A Design of Software Adaptive to User's Mental State Estimated from Analysis to Finger Pulse Wave
 Shun ARAI[†], Kazuhisa OHIRA[†], Ryo FUKUHARA^{††}, Yoshito TOBE[†], and Mayumi OYAMA-HIGA[‡]
[†]School of Science and Technology for Future Life, Tokyo Denki University
^{††}Graduate School of Science and Technology for Future Life, Tokyo Denki University
[‡]Graduate School of Engineering Science, Osaka University

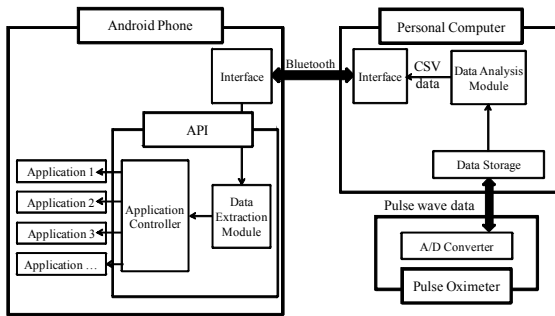


図 3. システムアーキテクチャ

表 1. API の一覧

メソッド名	役割
getHealth()	精神状態を判定 (Good or Bad)
getData()	脈波データを全て返す
getDataAVGAll()	脈波データを全て平均化して返す
getDataAVG()	指定した脈波データの平均を返す
getLyapunov()	リアプノフ指数を取得
getLFHF()	LF/HF比を取得

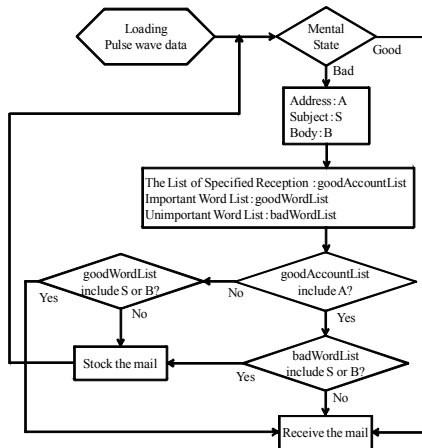


図 4. メールフィルタリングアルゴリズム

3. システム設計

本システムは、図 3 に示すようにパルスオキシメータから脈波データを PC に入力する機構と、PC 側で脈波を解析し、CSV ファイルで出力保存する機構と、Android 携帯端末側で解析されたデータから精神状態を判定し、アプリケーションを適応動作させる機構の 3 つで構成されている。なお、PC 側で解析されたデータは、Bluetooth 通信を用いて Android 携帯端末側に転送する。

4. システム実装

ユーザの精神状態に適応動作するソフトウェアを実装するにあたり、脈波から解析されたデータを Android 端末で利用できる形にしなければならない。そこで我々は、脈波から解析されたデータを Android 携帯端末上で容易に利用できる API を作成した。本 API では、表 1 に示すように精神状態の判定、CSV ファイルの探索と解析、解析した CSV ファイルからリアプノフ指数や LF/HF 比といったデータの値や平均値の取得が可能である。この手法を利用することで、ファイルが保存されているフォルダのパスと抽出したいデータ名を指定することで、アプリケーションから脈波データを容易に利用することがで

表 2. メールフィルタリングの成否率(%)

	TRUE	FALSE
重要メール	62.5	37.5
非重要メール	93.1	6.9
平均	77.8	22.2

きる。本研究では、この API を用いて Android 携帯端末上に Gmail のメールフィルタリングシステムを実装した。図 4 に示すように、ユーザの精神状態を Good と Bad に分類した。精神状態が Good の場合、メールのフィルタリングは行わずに全てのメールを受信する。精神状態が Bad の場合、設定したアルゴリズムにより、メールのフィルタリングを行う。

5. 評価

システムを評価するにあたり、メールフィルタリングシステムのフィルタリング率を測定した。今回の実験では、受信したメールからユーザにメールの内容が重要であるかないかを判断してもらい、実際に重要なメールが受信され、重要ではないメールがストックされたかを測定した。表 2 に示すように、ユーザが重要だと判断して実際に受信できた確率は約 62.5%であり、重要でないメールがストックされた確率は約 93.1%であった。特に高かった重要メールのフィルタリングの失敗率の原因は、重要なメールや非重要なメールの両方に含まれている可能性の高いキーワードの判定基準が困難であったとみられる。フィルタリングの成功率を上げるためには、キーワードに重みをつければよいと考えられる。

6. 関連研究

清水や下山等の研究[2]では、指尖容積脈波を非線形解析することによりヒトの精神状態を推定している点では同一である。しかし、本研究ではヒトの精神状態を推定するだけでなく、ヒトの精神状態に応じて適応動作するソフトウェアを構築する。

7. むすび

本研究では、指尖容積脈波と指尖加速度脈波を解析することによりユーザの精神状態を推定し、それに適応動作するソフトウェアを構築した。今後の課題として、幅広い世代の脈波データを収集する必要がある。また、今回実装したソフトウェアはメールフィルタリングシステムのみであるが、今後ナビなどを活用したソフトウェアを実装していきたい。

参考文献

- [1] Y. Fujimoto, and T. Yamaguchi "Evaluation of Mental Stress by Analyzing Accelerated Plethysmogram Applied Chaos Theory and Examination of Welfare Space InStalled User's Vital Sign" Proceedings of the 17th World Congress The International Federation of Automatic Control Seoul, Korea, pp.8232-8235, 2008.
- [2] T. Shimizu, T. Miao, and O. Shimoyama, "Evaluation of driver's status by chaotic analysis of finger photoplethysmography" in Proc. Hum.Interface Soc., vol. 6, pp.97-99,2004.