

# 座位状態での心拍測定を用いた リアルタイムなストレス緩和システム

はじめに  
心拍変動解析  
心拍解析に基づいたストレス緩和システム  
システムの実装  
評価実験  
考察  
おわりに

佐久間 大輝 神田 尚子 吉見 真聰 吉永 努 入江 英嗣  
水上 和秀

富山県立大学 電子・情報工学科

November 3, 2021

# はじめに

2/19

## 背景

- パソコンや携帯端末など VDT 機器の普及に伴い、日常生活において長時間姿勢を固定してこれらの機器を操作する場面が増加している。これにより腰痛、イライラ感などの VDT 症候群が発症する。
- VDT 症候群は心拍数を解析することでいち早く察知できる。しかし、心拍数を利用した VDT 症候群の予防は一般的には浸透していない。

## 本研究の目的

- ユーザの微妙な体調・心理状態のストレスをウェアラブルな心拍測定センサを用いて監視するシステムを提案する。
- リアルタイムなストレスの提示とストレスが一定の値を超えた場合に警告を発し、ストレス緩和を行う指示をする

# 心拍変動解析

3/19

## 心拍数解析とは

- 心臓が 1 回脈打つ際に最も大きな電気信号を発生するのが R 波である。
- R 波と R 波の間の発生感覚 (RRI) の揺らぎを心拍変動という。
- 心拍変動は交感神経と副交感神経のバランスに影響を受けている。
- 交感神経は興奮・緊張といったストレス状態、副交感神経はリラックス状態を表している。
- 2 つの神経のバランスを測定するために心拍変動に周波数解析を行う方法が用いられている。

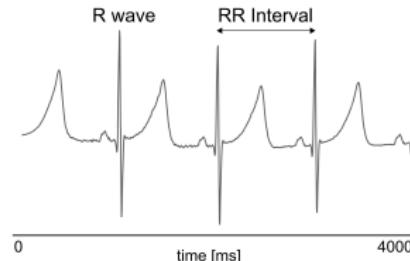


図 1: 典型的な心電図の波形

はじめに

心拍変動解析

心拍解析に基づいたストレス緩和システム

システムの実装

評価実験

考察

おわりに

# 心拍変動解析

4/19

## ストレスの測定

- 解析した周波数のうち、高周波 (HF) 成分 0.15～0.5Hz は副交感神経、低周波 (LF) 成分 0.04～0.15Hz は副交感神経と交感神経の両方の活性度をあらわしている。
- LF/HF によって交感神経の活性度を調べることによってユーザのストレスを測定することができる。

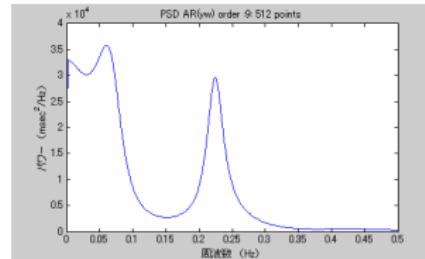


図 2: 周波数解析を行った心拍変動

はじめに

心拍変動解析

心拍解析に基づいたストレス緩和システム

システムの実装

評価実験

考察

おわりに

## ストレス緩和の方法

- VDT 機器の操作の妨げにならないよう、手軽で簡単なストレス緩和方法が求められる。
- ストレッチは作業中においても手軽にでき、血液循環の催促作用、慢性的な腰痛への有効性、作業能力の回復傾向が見られたと報告されている。
- これらを用いて、周波数解析によってユーザのストレスを数値化し、それを可視化する。一定のストレスを超えた場合にストレッチを促すように指示を出すシステムを提案する。

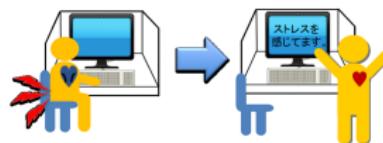


図 3: ストレス緩和の提案

はじめに  
心拍変動解析  
心拍解析に基づいたストレス緩和システム  
システムの実装  
評価実験  
考察  
おわりに

# システムの実装(1)

6/19

## システムの全体像

- ① ユーザに心拍取得用のウェアラブルデバイスを装着してもらい、座位状態のまま VDT 機器の操作を行ってもらう。
- ② デバイスから PC から RRI データを送信し、周波数解析によって LF/HF を算出、グラフとして表示する。
- ③ もし LF/HF が一定値を超えた場合は PC から警告音を発し、ストレス緩和のためにストレッチを行う指示を出す。
- ④ ストレッチを行った後に再度、座位状態に戻り次の警告まで作業を続ける。

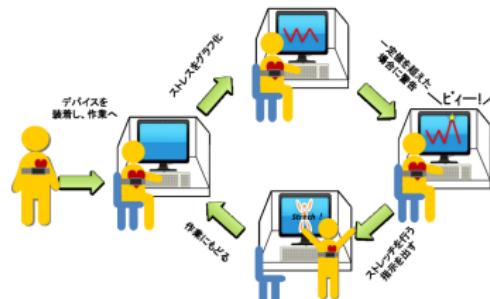


図 4: システムの流れ

はじめに

心拍変動解析

心拍解析に基づいたストレス緩和システム

システムの実装

評価実験

考察

おわりに

## 1. 心拍取得

- 心拍取得用ウェアラブルなデバイスとして GARMIN 社のプレミアムハートレイトモニターを使用している。
- デバイスで取得した心拍の間隔 (RRI) データは Blue-tooth 通信で PC に送信が行われる。



図 5: プレミアムハートレイトモニター

はじめに

心拍変動解析

心拍解析に基づいたストレス緩和システム

システムの実装

評価実験

考察

おわりに

# システムの実装(3)

8/19

## 2. 周波数解析

- 周波数解析の方法として、フーリエ変換とウェーブレット変換がある。
- 心拍変動のような非定常な波形では細かい周波数抽出に向いているウェーブレット変換を用いる。
- 得られた周波数の LF 部分と HF 部分を用いて LF/HF の値からストレス推定を行う。
- RRI データの周波数解析としてウェーブレット変換を行っている。

はじめに

心拍変動解析

心拍解析に基づいたストレス緩和システム

システムの実装

評価実験

考察

おわりに

## ウェーブレットの波形の式

$$\psi(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{t^2}{2\sigma^2}} e^{i\omega t} \quad (1)$$

$\sigma$ : 標準偏差

$\omega$ : 各周波数

はじめに

心拍変動解析

心拍解析に基づいたストレス緩和システム

システムの実装

評価実験

考察

おわりに

- 測定する波形によって  $\sigma$  は定数を与える必要があり、本論文では  $\sigma=8, \omega=-1$  としている。

# システムの実装(5)

10/19

## 周波解析に用いる式

$$G_w(a, b) = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{1}{\sqrt{a}} \overline{\psi\left(-\frac{t-b}{a}\right)} x(t) dt \quad (2)$$

$x(t)$ : 解析したい入力信号

$\omega$ : 各周波数

- 本論文ではパラメータ  $a$  を  $0.06\sim0.475\text{Hz}$  まで  $0.01\text{Hz}$  の間隔で変化させている。
- パラメータ  $b$  は使用している波形の中心に来るよう設定している。

はじめに

心拍変動解析

心拍解析に基づいたストレス緩和システム

システムの実装

評価実験

考察

おわりに

## 3. ストレス警告システム

- 直近の 180 秒分の RRI データから 0.1 秒ごとの LF/HF を算出し、平均値を 1 分ごとにグラフに描画し、ユーザに提示している。
- LF/HF が 1.5 をこえた場合に緊張状態と判断する。
- この値を超えたとき PC が警告音を発し、ストレッチを行うように支持を促す。
- ストレッチで体を動かすことによる生理的反応で警告されることを避けるため、4 分間は LF/HF 比が一定値を超えても警告しないこととする。

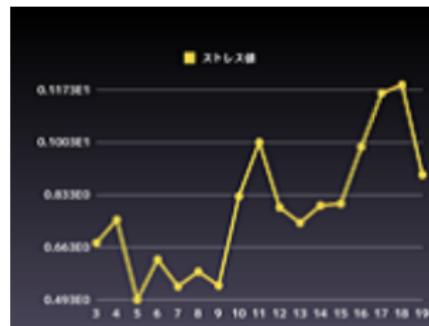


図 6: ユーザに表示するストレスグラフ

はじめに

心拍変動解析

心拍解析に基づいたストレス緩和システム

システムの実装

評価実験

考察

おわりに

# 評価実験(1)

12/19

## 実験データの取得

はじめに

心拍変動解析

心拍解析に基づいたストレス緩和システム

システムの実装

評価実験

考察

おわりに

男性3名について警告機能ONとOFFと2つの場合における評価実験を60分行い,LF/HFデータを取得した。

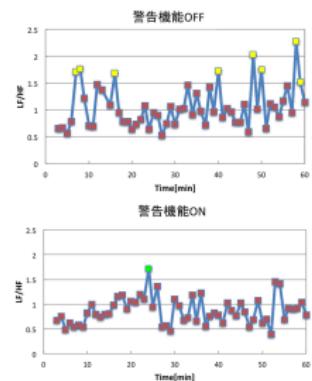


図 7: 被験者 A の  
実験結果

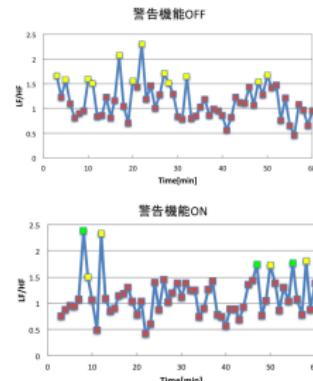


図 8: 被験者 B の  
実験結果

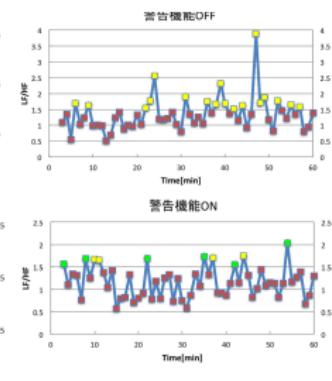


図 9: 被験者 C の  
実験結果

# 評価実験(2)

- 実験における各被験者の LF/HF の各範囲の取得回数は以下の通りとなった。

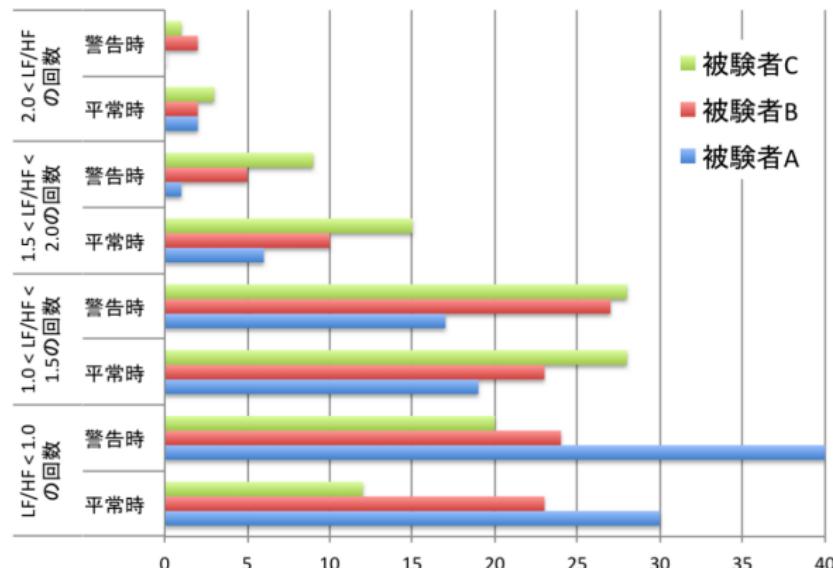


図 10: 実験における各被験者の LF/HF の各範囲の取得回数

はじめに

心拍変動解析

心拍解析に基づいたストレス緩和システム

システムの実装

評価実験

考察

おわりに

# 評価実験(3)

14/19

## グラフデータ評価

- LF/HF に検出範囲を設け、頻度を比較したところ各被験者 A,B,C においてそれぞれ割合が異なっていた。
- LF/HF の検出範囲における傾向として、被験者 A は  $LF/HF < 1.0$  の割合が多く、被験者 B は  $LF/HF < 1.5$  の割合が多い、被験者 C は  $1.0 < LF/HF < 1.5$  の割合が大きいことがわかる。
- 警告機能 OFF と警告機能 ON の割合を比較すると警告機能 ON のほうが警告機能 OFF と比べ  $LF/HF > 1.5$  の割合が減り、 $LF/HF < 1.0$  の割合が増えている。
- これにより、ユーザにストレスを提示することでストレスへの意識を持たせることに有意性があるとわかる。

はじめに

心拍変動解析

心拍解析に基づいたストレス緩和システム

システムの実装

評価実験

考察

おわりに

# ストレッチによる緩和の評価(1)

15/19

はじめに  
心拍変動解析  
心拍解析に基づいたストレス緩和システム  
システムの実装  
評価実験  
考察  
おわりに

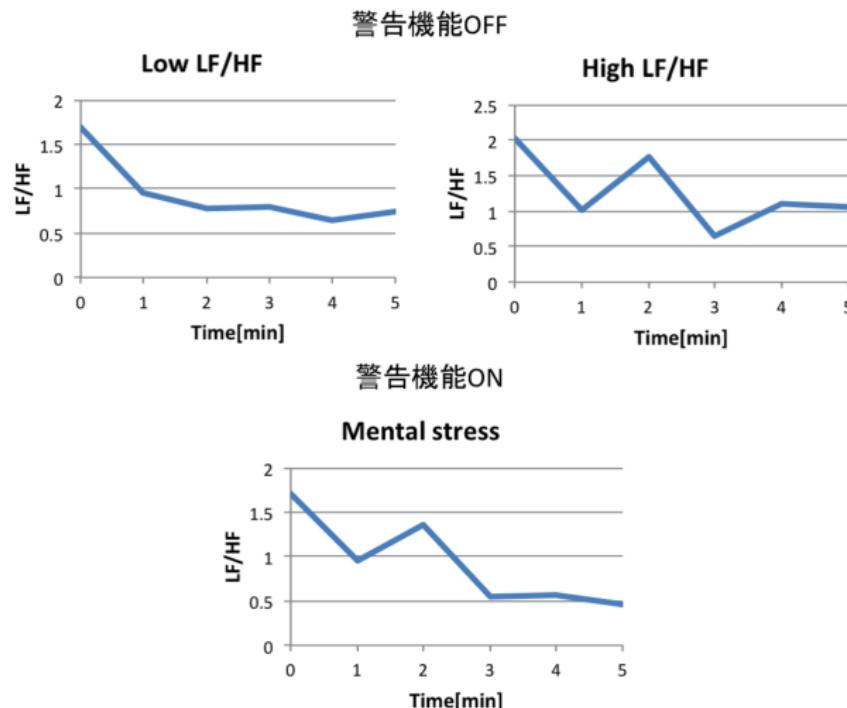


図 11: 被験者 A のストレッチ評価のための 5 分間の警告機能 OFF と警告機能 ON の LF/HF

# ストレッチによる緩和の評価(2)

16/19

はじめに  
心拍変動解析  
心拍解析に基づいたストレス緩和システム  
システムの実装  
評価実験  
考察  
おわりに

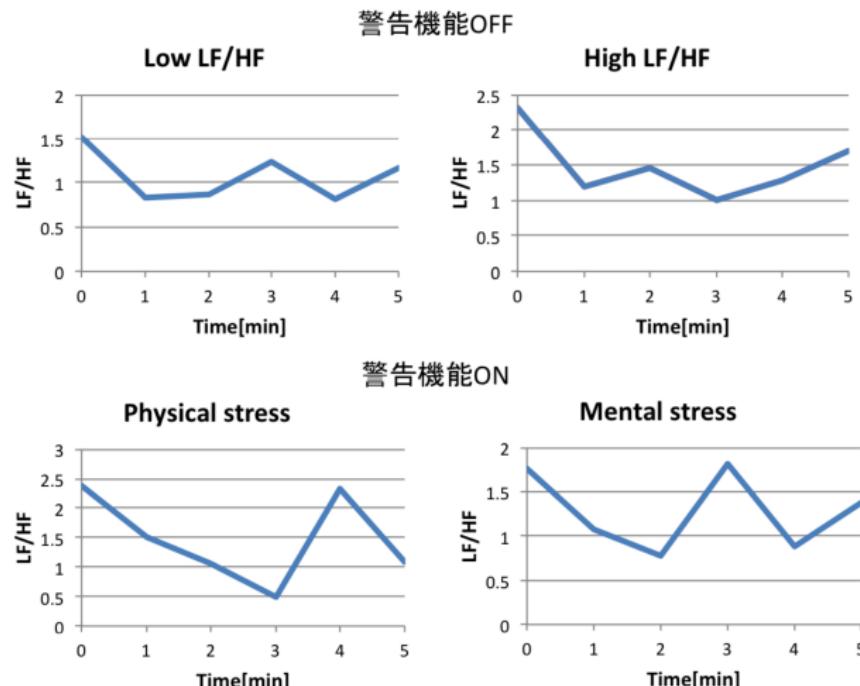


図 12: 被験者 B のストレッチ評価のための 5 分間の警告機能 OFF と警告機能 ON の LF/HF

# 実験結果 (3)

17/19

はじめに  
心拍変動解析  
心拍解析に基づいたストレス緩和システム  
システムの実装  
評価実験  
考察  
おわりに

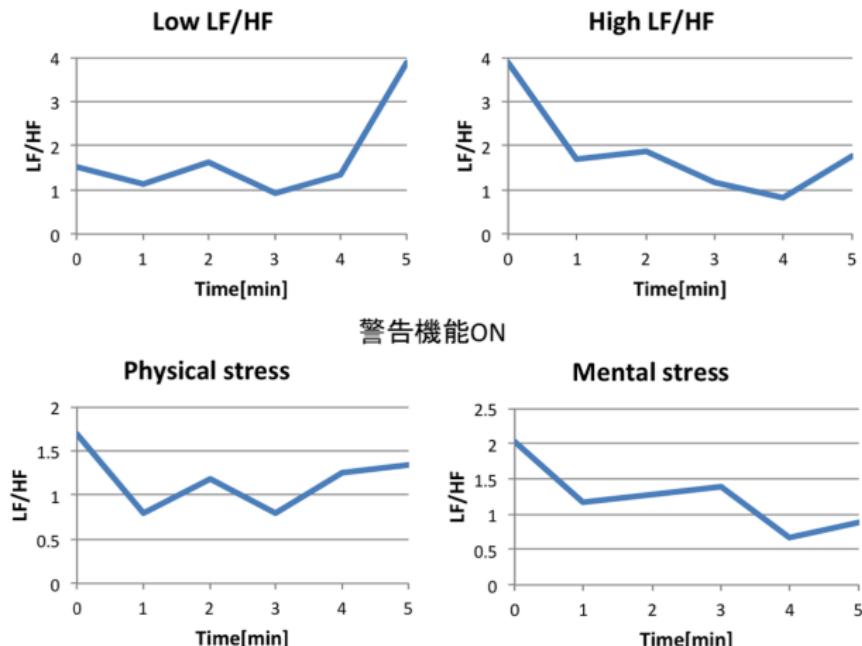


図 13: 被験者 C のストレッチ評価のための 5 分間の警告機能 OFF と警告機能 ON の LF/HF

## 実験から分かったこと

- 警告機能 ON のほうが警告機能 OFF と比べ,LF/HF が 1.5 を超える割合が減り,1.0 より低い割合が増えている。そのため、ストレスを提示することでストレスへ意識を持たせることに性があるといえる。
- また、ストレッチによるストレス緩和の評価では肉体的ストレスには LF/HF の減少傾向が見られ有効であるといえる。

はじめに

心拍変動解析

心拍解析に基づいたストレス緩和システム

システムの実装

評価実験

考察

おわりに

# まとめ

19/19

## まとめ

- 本論文では日常生活で増加している VDT 機器の操作環境に着目し、その際に生じるストレスを緩和するシステムを構築した。
- 結果、ストレスを可視化、提示しストレスへ意識を持たせることによるストレス緩和効果とストレッチによる肉体的ストレスの緩和効果が期待できることが分かった。

## 今後の課題

作業中であっても手軽にできる精神的なストレスに有効な方法の調査を行う。

はじめに

心拍変動解析

心拍解析に基づいたストレス緩和システム

システムの実装

評価実験

考察

おわりに