

# 「エビデンス取得のモデル手法整理・ 方法論確立」の方向性(案)

「森林サービス産業」検討委員会 エビデンス専門部会(第1回)  
駒澤 真人氏(WINフロンティア(株) 取締役CAO)資料の一部を抜粋

# 森林セラピーの基地認定の測定ツールとしてCOCOLOLOが使われています

特定非営利活動法人

森林セラピーソサエティ

森林セラピー中のリラックス効果をCOCOLOLOで測定



## 実験内容

主に以下のような内容の実験を行っています。(状況により項目の変更あり)

### 生理測定項目

1.心拍変動性 (HRV)

2.血圧・脈拍数

心拍の揺らぎを解析することにより、自律神経活動を①副交感神経活動（リラックス時に昂進）と、②交感神経活動（ストレス時に昂進）に分けて数値化し、③収縮期血圧、④拡張期血圧、⑤心拍数、⑥脈拍数を測定します。

血圧・脈拍数はストレスがかかると上昇します。

### 心理測定項目（主観評価）

1.気分プロフィール検査 (POMS)

2.SD法（森の印象を評価する）

3.ストレス度の評価

4.リラックス度の評価

4/15 森林セラピーの認定地が64箇所になりました！

埼玉県北本市 COCOLOLOでの認定第一号

森林セラピー基地審査により、新たに埼玉県北本市が認定となりました。

埼玉県北本市

埼玉県内では初の認定地となりました。北本市は都心から45キロ圏内の都市住宅でありながら、里山の風景の残る自然の多い町です。国の天然記念物で五代桜と呼ばれる石戸蒲ザクラやご当地グルメ「北本トマトカレー」が有名です。自然の姿を昔のまま残し、動植物が暮らしやすいように整えた北本自然観察公園の2ロードが認定されました。

WEBサイト：[埼玉県北本市公式ホームページ](#)

お問い合わせ先：北本市役所 地域経済推進課 商工労政・観光担当

TEL：048-594-5530

# 測定の手順

- ① Appstore、GooglePlayから「COCOLOLO」と検索して、**事前にアプリをダウンロード**していただきます。
- ② アプリを起動して、**スマホの規約に同意してインストール**します。
- ③ **初期設定として、年齢、性別、身長、体重等の属性をご登録**いただきます
- ④ アプリTOP画面の**「キモチを測る」ボタン**より、スマホカメラに指を当てて**自律神経活動を測定**します。※安静で座位姿勢にて
- ⑤ **森林セラピー前、森林セラピー最中、森林セラピー後に測定することで、リラックス効果が見える化**されます。



COCOLOLO測定 出発前 北本市自然学習センターにて

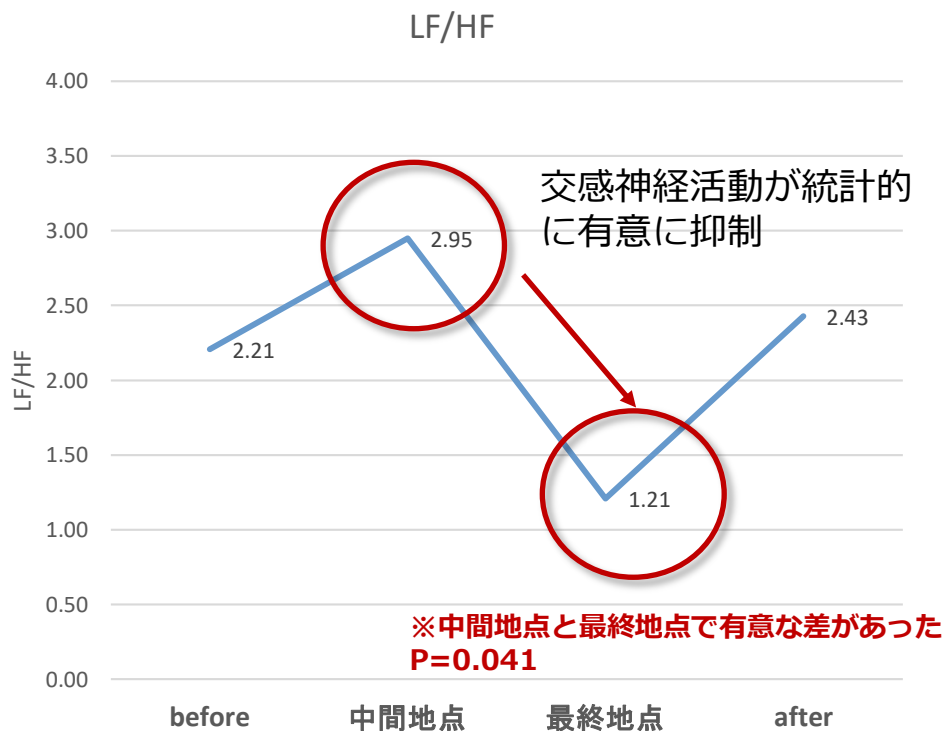


COCOLOLO測定 北本自然観察公園中間地点にて

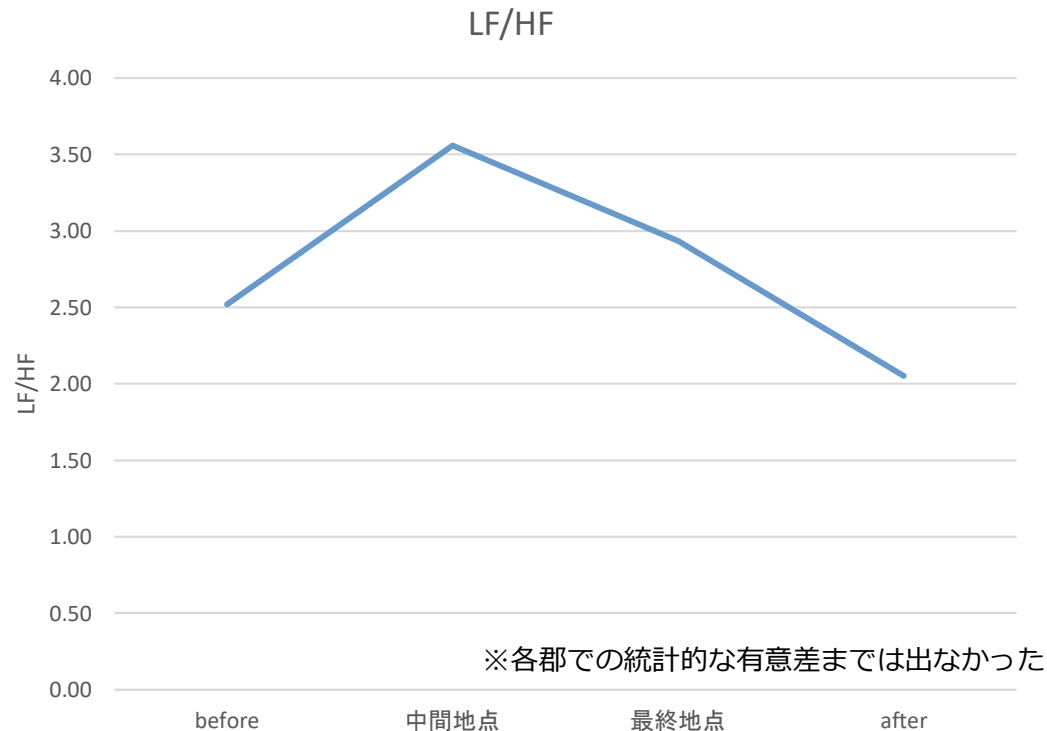
# 北本自然観察公園での測定結果事例

- 25名の被験者のうち、森林セラピー後のPOMSのtmd得点が40点未満（A群）と、40点以上（B群）の2群に分けて、自律神経の交感神経活動を比較した。（※全体の3名はPOMSを採取していないので除外）
- **POMSでリラックス効果がみられたA群では、中間地点と最終地点にて有意に交感神経活動が抑制され、リラックスする傾向がみられた。**

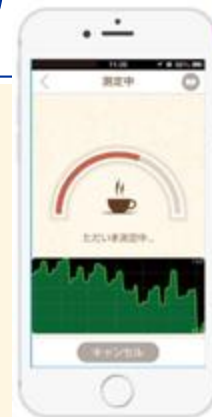
A群：森林セラピー後のPOMS：40点未満（N:13名）



B群：森林セラピー後のPOMS：40点以上（N:9名）



# スマホだけで、指先から簡単にココロのチェック



150万  
ダウンロード  
突破!

1  
App Store  
「ヘルスケア/フィットネス」  
第1位獲得!



1  
Google Play  
「健康/フィットネス」  
第1位獲得!



# CoCoLoLo

— カメラでストレスチェック & AIキモチ予報 —



# COCOLOLOの測定原理

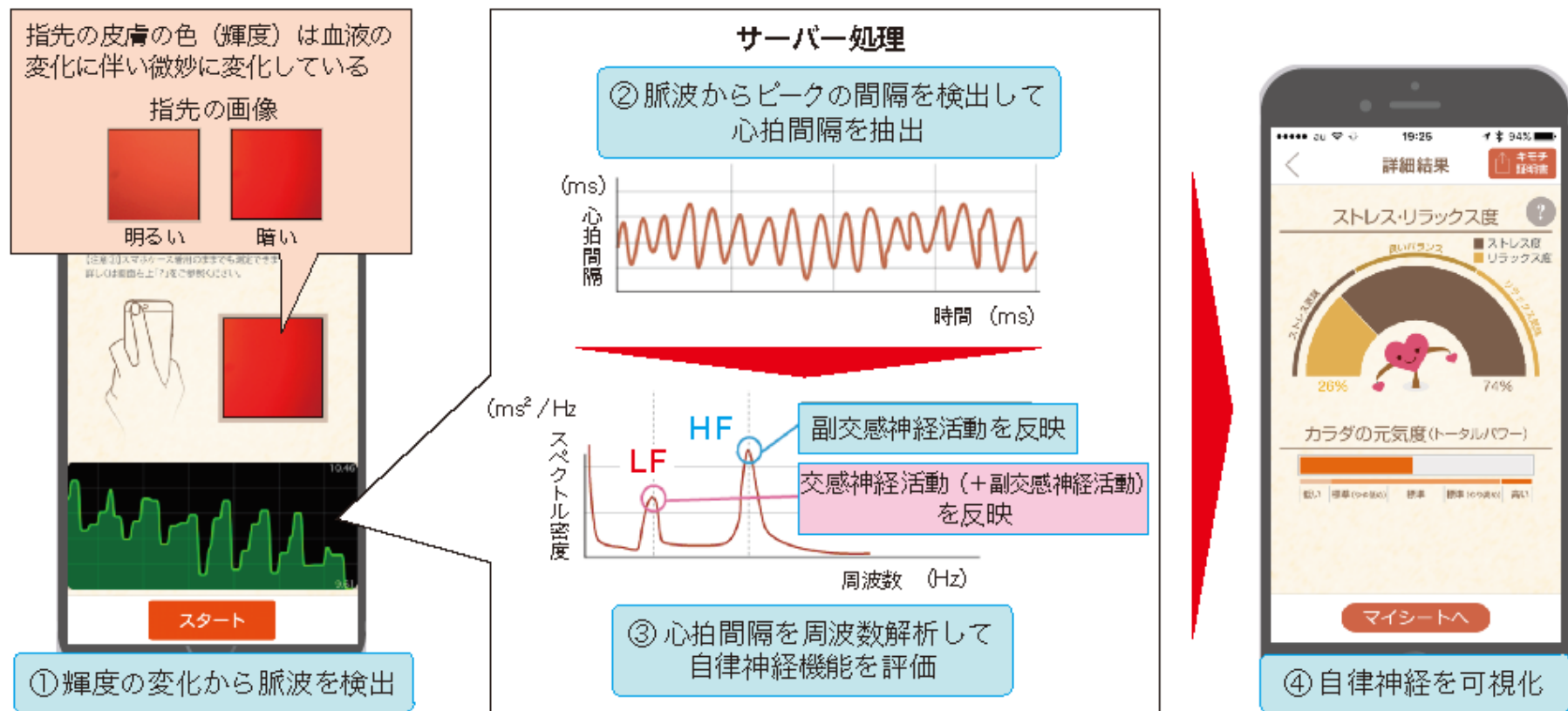
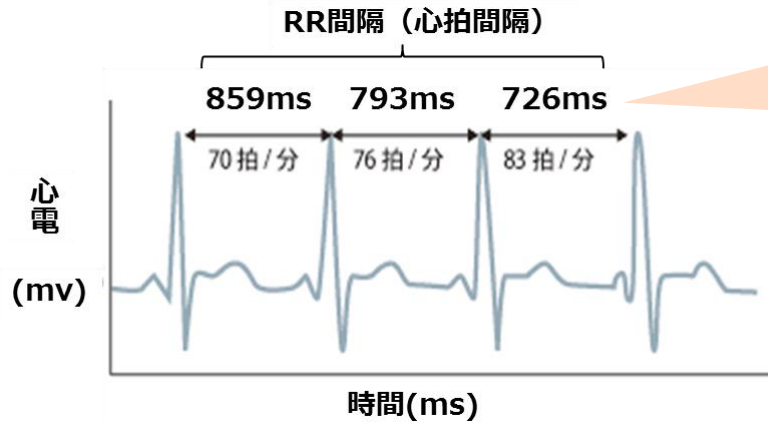


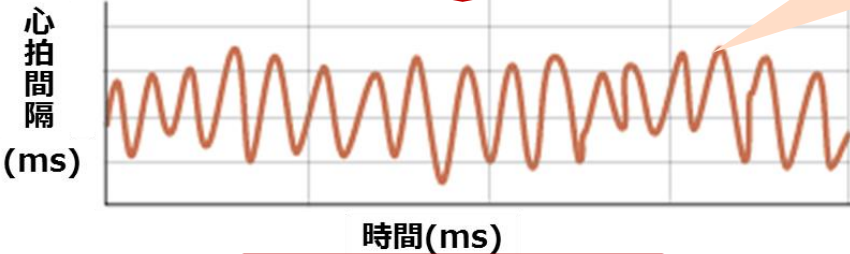
図 1 自律神経測定アプリケーション「COCOLOLO」の仕組み

# 心拍変動解析

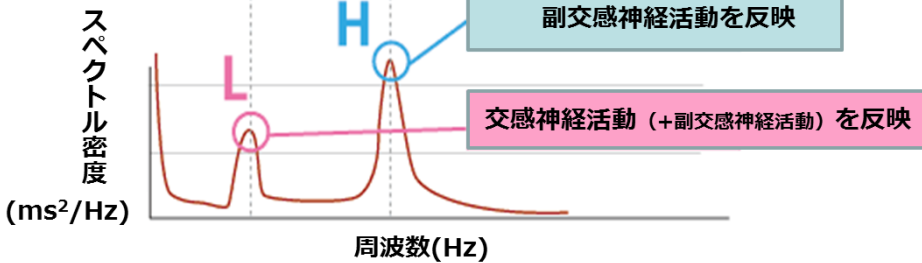


心拍波形のRR間隔 (心拍間隔) は、**毎拍、微妙にズれており**、これは**自律神経活動による「ゆらぎ」**のためである。「ゆらぎ」が大きいほど副交感神経機能が優位でリラックスしている状態を示す。左図のように毎拍毎にRR間隔を測定する。

横軸に時間(ms)、縦軸にRR間隔(ms)をプロットしてRR間隔波形を生成する。**RR間隔波形の振幅の大きさが自律神経活動のパワーと比例**し、またRR間隔波形がどのような周波数帯の波で構成されているかを周波数解析で分離する。



周波数解析 (FFTやMEM) をおこないRR間隔波形のスペクトル密度関数を生成する。横軸は周波数 (Hz)、縦軸はスペクトル密度 ( $ms^2$ ) となる。**低周波成分 (LF)** と **高周波成分 (HF)** に分解することができ、これが自律神経活動を表していると言われている (国際標準あり[1])。



**低周波成分 (LF) (0.04~0.15Hz)**  
→ 交感神経機能+副交感神経を反映  
**高周波成分 (HF) : (0.15~0.4Hz)**  
→ 副交感神経機能を反映

**自律神経のバランス (LF/HF) . . . 値が大きいほど交感神経機能が亢進している**  
**自律神経のトータルパワー (LF+HF)[ $ms^2$ ] . . . 値が小さいほど疲労がたまっている状態**

[1]Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. (1996). Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. Circulation, 93, 1043-1065.

# カレンダーで自分の傾向を掴める





# スマホカメラでの測定精度は80%以上

- スマホカメラでの「心拍のゆらぎ」の測定精度は、専用センサと比較して、**80%以上の相関**を実現しています。（心拍数であれば、**99%以上の相関**を実現）
- WINフロンティア(株)と神戸大学大学院情報システム学科、順天堂大学医学部の研究結果として、人間情報学会、及び、国際医学論文誌（査読付き）『Health』にて発表済み。（特許申請中）

## スマートフォンのカメラを用いた心拍変動解析システムの開発

駒澤直人<sup>1</sup> 坂生研一<sup>2</sup> 藤志隆<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 神戸大学大学院システム情報学研究科 〒657-0012 兵庫県神戸市灘区六甲台町1-1

<sup>2</sup> WINフロンティア株式会社 〒180-0006 東京都千代田区有明町1-12-1 有明駅前ビル247

### 概要

近年、自律神経を測定するセンサやソフトウェアが開発されてきているが、どれも専用の端末機器を使用する為、一般の人が使用するにはハードルが高いのが現状である。そこで本研究では、一般に市販されているスマートフォンを用い、端末のカメラに指先を約30秒強固することで、血流の輝度変化からRR間隔の変動を抽出して、自律神経指標を算出できるシステムを開発した。ノイズを除去する独自のフィルタリング手法を適用することで解析精度が向上し、専用の指実撮像センサを用いたシステムと比較したところ、約8割の相関があることが示された。

キーワード：心拍変動解析、自律神経、ストレス、フラクタル、スマートフォン、カメラ、精度

### 背景と目的

現代はストレス社会と言われて久しいが、過度のストレスを長期間にわたって受け続けると、自律神経系に支障をきたすことが明らかになっている<sup>[1]</sup>。そのため、自律神経の状態を日々把握することは自己管理をする上でも重要であるといえる。近年では、自律神経を測定できるセンサやソフトウェアが開発、販売されているが、どれも専用の端末機器が必要であり、高価な為、一般の人が使用するにはハードルが高いのが現状である。そこで本研究では、専用の端末機器を使用せず、一般に市販されているスマートフォンのカメラを用いて、簡便に自律神経の測定（心拍変動解析）ができるシステムを開発した。

### 測定原理

人間は呼吸をする毎に血中に含まれるヘモグロビンの量が変動するため、その影響で指先の皮膚の色（輝度）が微妙に変化している。そこで本システムでは、スマートフォンのカメラ部分に指先を当て、皮膚の輝度を連続的に取得することで、輝度の変化から脈波形状を抽出し、その脈波のゆらぎより、自律神経指標を解析している。図1に測定の原理のイメージを示す。

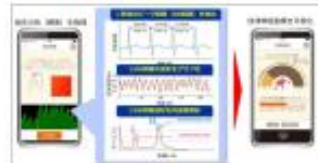


図1 測定の原理のイメージ

### 解析処理の流れ

本システムの解析処理の流れを図2に示す。本システムでは大きく、「1. 輝度波形解析エンジン」と「2. 自律神経解析エンジン」の2つの解析処理を設けている。まず、「1. 輝度波形解析エンジン」の「1-1 輝度データのノイズ除去フィルタ」では、スマートフォンのカメラで取得された輝度データには、高周波成分のノイズの影響が大きい為、波形のデータスムージングで用いられる「Savitzky-Golay 法」を適用し、データを平滑化している。データの平滑化には、2 次微分値を用いて、フィルタ窓の幅は、波形が最も安定する値をプログラムでシミュレーションして最適値を決定している。

また、「1-2 ピーク検出アルゴリズム」では、スムージングされた輝度波形からピークを符号反転で検出し、RR 間隔波形（ピーク間隔波形）を取得している。

次に、「2. 自律神経解析エンジン」の「2-1 RR 間隔の真実値除去ロジック」では、直近の RR 間隔の平均値からの差分が、ある閾値を超えている RR 間隔は真実値と推定して、値をフィルタリングしている。また、得られた RR 間隔波形にローパスフィルタを適用して「2-2 ローパスフィルタ」高周波のノイズを除去し、「2-3 周波数解析アルゴリズム」にて RR 間隔波形に対して周波数解析を施し、自律神経指標を算出している。自律神経指標の算出手法は、論文<sup>[2]</sup>の手順に則った、(本システムの一連の解析アルゴリズムは特許申請中)



図2 解析処理の流れ

### 周波数解析手法とその特性

自律神経指標は RR 間隔波形を周波数解析し、得られたパワースペクトルの 0.04Hz~0.15Hz の低周波成分(LF)の高周波値を交感神経指標、0.15Hz~0.4Hz の高周波成分(HF)の高周波値を副交感神経指標として定義して算出する<sup>[2]</sup>。周波数解析手法は、主に2つの手法が存在する。

- FFT (高速フーリエ変換)
- MEM (最大エントロピー法)

FFT は、波形を正弦波の組み合わせとして仮定し、時系列データに窓関数を適用することで、有限長のデータを無限長に拡張して計算をおこなう手法である。データが短いと、スペクトルが歪化して精度が落ちる欠点があるが、計算処理は高速な利点がある。一方 MEM は、波形を自己励振モデルとして仮定するため、時系列データに窓関数を施す必要がなく、元のデータをそのまま使える。また、計算にやや長時間はかかるが、短いデータ長からでも精度の高いスペクトルを算出する

ことができる利点がある<sup>[2]</sup>。本研究では、両手法での測定時間と精度を検証し、最も短い時間で精度良く算出できる手法を選択した(次項参照)。

### 測定時間と精度の関係

図3にFFTとMEMでの測定時間と精度との検証実験の流れを示す。一般的に、自律神経解析には5分間のRR 間隔データを用いて算出する必要があるといわれている<sup>[2]</sup>。そこで、短いデータの解析に利点のあるMEMを使用し、FFT5分とMEM5分での精度比較をおこなった①の検証。その結果、LF (低周波成分)は90%程度、HF (高周波成分)は80%程度と、高い相関があることが示された。次に、MEMの測定時間をどれくらいまで短縮できるかを検証した。MEM 2分とMEM 1分、MEM 45秒での精度の違いを検証したところ②、③の検証。LF成分、HF成分共に90%程度と非常に高い相関があることが分かった。また、MEM 2分とMEM 30秒での精度の違いを検証したところ、LF成分では90%程度の相関がある一方、HF成分で精度が70%程度と相関が落ちる傾向のみならず、上記の傾向から、MEMを使用すれば30秒~45秒程度まで測定時間を短縮できる可能性があることが示された。



図3 FFTとMEMの精度検証

### 測定精度の検証

本研究で開発したスマートフォンのカメラを用いた心拍変動解析システムの精度を検証するため、専用の指実撮像センサシステム(WINフロンティア株式会社製 Lifestyle Quick ココロとカラダのバランスチェックシステム)を用いて精度比較を行った。指実撮像センサ及びスマホカメラでの測定時間は30秒とした(周波数解析手法にMEMを使用)。表1に被験者の属性を以下に示す。男女11名の被験者を対象に、のべ281データを測定した。

表1 測定者の属性表

性別	年齢	身長	体重
男	21	170	65
男	22	175	70
男	23	178	75
男	24	180	80
男	25	182	85
男	26	185	90
男	27	188	95
男	28	190	100
男	29	192	105
男	30	195	110
男	31	198	115

### 測定精度の結果

指実撮像センサとスマートフォンカメラで同時測定を実施したときの、自律神経バランス(交感神経と副

交感神経の割合)の相関を図3に示す。相関係数は0.8であり、有意差検定を実施したところ有意な正の相関(p<0.05)が認められた。また、交感神経と副交感神経の総和である自律神経活動量(トータルパワー)の相関を図4に示す。相関係数は0.89であり、有意差検定を実施したところ有意な正の相関(p<0.05)が認められた。最後に、心拍数の相関を図5に示す。相関係数は0.99であり、有意差検定を実施したところ有意な正の相関(p<0.05)が認められた。

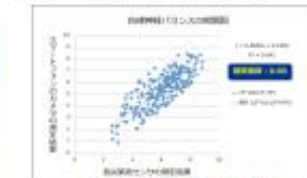


図3 自律神経バランスの相関図

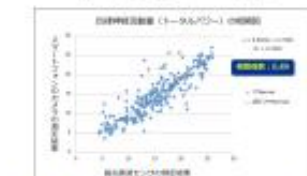


図4 自律神経活動量(トータルパワー)の相関図

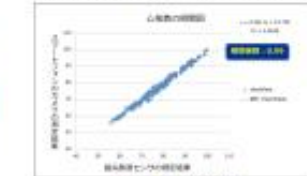


図5 心拍数の相関図

### 結論

本研究では、一般に市販されているスマートフォンを用い、端末のカメラに指先を約30秒強固することで、血流の輝度変化から心拍変動を抽出して、自律神経指標を算出するシステムを開発した。専用の指実撮像センサを用いた心拍変動解析システムと比較したところ、約8割の相関があることが示された。

### 参考文献

- [1] 坂生研一, ストレス反応とその制御機構. 日本医事学会誌 2009; 126(3): 176-177
- [2] Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology (1996). Heart rate variability: standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. *Circulation*, 93, 1043-1062.
- [3] 日本神経学会. ストレスと自律神経. 調査報告, 2001. 調査報告

# ビッグデータに基づく医学論文発表～自律神経編

## アプリCOCOLOLOで測定した1000万件以上のビッグデータを活用し、 3本の国際医学論文誌（査読付き）を発表

### 【論文①】

On Human Autonomic Nervous Activity Related to Behavior, Daily and Regional Changes Based on Big Data Measurement Via Smartphone

### スマートフォンで測定されたビッグデータに基づく自律神経機能と行動、曜日及び地域との関係

著者：駒澤真人（神戸大学システム情報学研究科/WINフロンティア㈱）、板生研一（WINフロンティア㈱/順天堂大学医学部）、小林弘幸（順天堂大学医学部）、羅志偉（神戸大学システム情報学研究科）

掲載情報：Health, Vol.8 No.9, 15 June 2016.

概要：

大量の自律神経の測定データに基づき、自律神経機能と外的要因との関係を検証した。その結果、**平日に比べ土曜日が最も副交感神経機能が高まりリラックスする傾向がみられた。また、首都圏に住んでいる人は地方に住んでいる人より、自律神経の活動量が低下する傾向がみられた。**

### 【論文②】

On Human Autonomic Nervous Activity Related to Weather Conditions Based on Big Data Measurement Via SmartPhone

### スマートフォンで測定されたビッグデータに基づく自律神経機能と気象条件との関係

著者：駒澤真人（神戸大学システム情報学研究科/WINフロンティア㈱）、板生研一（WINフロンティア㈱/順天堂大学医学部）、小林弘幸（順天堂大学医学部）、羅志偉（神戸大学システム情報学研究科）、

掲載情報：Health, Vol.8 No.9, 24 June 2016.

概要：

大量の自律神経の測定データに基づき、自律神経機能と気象条件との関係を検証した。その結果、**高気圧な日ほど交感神経機能が高まりストレス気味な傾向がみられた。**また、雨の日ほど副交感神経機能が高まりリラックス気味な傾向がみられた。

### 【論文③】

Measurement and Evaluation of the Autonomic Nervous Function in Daily Life

### 日常生活における自律神経機能の計測と評価

著者：駒澤真人（神戸大学システム情報学研究科/WINフロンティア㈱）、板生研一（WINフロンティア㈱/順天堂大学医学部）、小林弘幸（順天堂大学医学部）、羅志偉（神戸大学システム情報学研究科）、

掲載情報：Health, Vol.8 No.10, 15 July 2016.

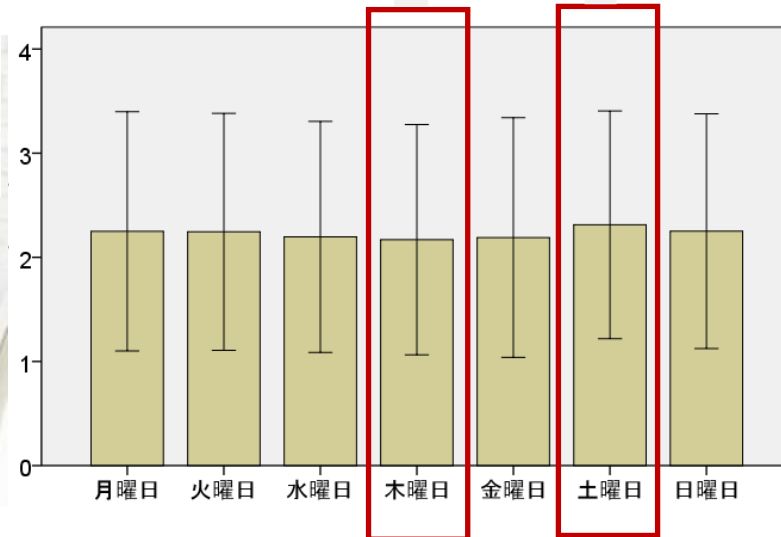
概要：

大量の自律神経の測定データに基づき、自律神経機能と内的要因との関係を検証した。その結果、**BMIが高く肥満体質な人ほど交感神経機能が高まりストレス気味な傾向がみられた。**また、加齢に伴って自律神経の活動量が低下する傾向がみられた。

# 自律神経機能と曜日との関係

- 自律神経機能と曜日との関係では、**木曜日が最も自律神経のトータルパワーが低下し、疲労でぐったり気味な傾向**がみられた。
- 一方、**土曜日はトータルパワーが増加し、活力がある元気な状態**である傾向がみられた。
- 本研究データより、例えば**ノー残業デーを、一般的な水曜日ではなく木曜日に変更することで、企業活動の生産性が上がる可能性**があるかもしれない。

トータルパワーが低く、**ぐったり気味（疲労気味）**



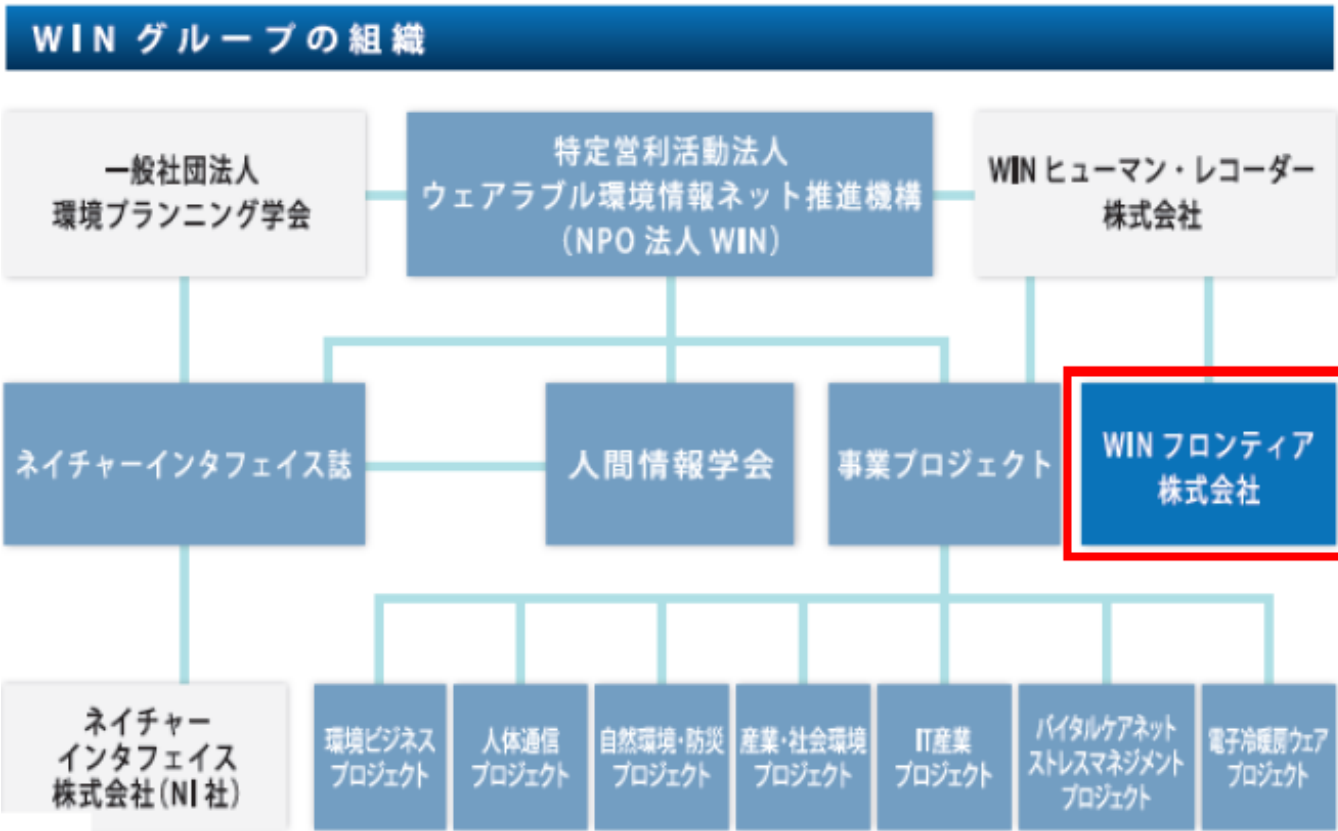
トータルパワーが高く、**活力がある状態（元気）**



自律神経のトータルパワー（TP）の傾向

# 会社紹介

当社は、2000年に東京大学教授・板生清（現東京大学名誉教授）が創設した、東京大学発のNPO法人ウェアラブル環境情報ネット推進機構（通称NPO法人WIN）を母体に、NPO、学会（人間情報学会）、株式会社が密接に連携したユニークな活動をしています。



ウェアラブルで『ココロの見える化』に挑戦している会社です。

# COCOLOLO ENGINE (SDK) のライセンス事業



CoCoLoLo  
ENGINE

あなたのサービスに“キモチ”を  
プラスして新たな価値を!

COCOLOLO エンジンとは？

スマホカメラや ウェアラブルセンサによって、心拍の「ゆらぎ」を解析し、ストレス・リラックスの状況やお疲れ度合い、集中度、自分と相手との共感性などを見える化するエンジンです。  
「バイタルサイン(生体情報)」から科学的に数値を算出することができます。



## 4つの特徴

スマホカメラや ウェアラブルセンサによってキモチ(ストレスやお疲れ度合い、集中度)を見える化できます!



既存アプリ・サービスに簡単に導入できます!



ニュース、動画、ゲームなどを見ながらスマホカメラに指をおくだけで自動で測定ができます!



WINフロンティア研究所の研究成果に基づいた高い信頼性を実現しています!



# COCOLOLO ENGINE (SDK) の活用事例

保険会社、大手メーカー、自治体や、健康・美容アプリ提供会社まで  
様々な会社にライセンスを実施しています。

## 活用事例

ココロとカラダの  
健康づくりを支援するサービス



三井住友海上火災保険株式会社様  
ココカラダイアリー

保険に加入しているお客様を対象に、ココロとカラダの健康づくりを支援するアプリです。法人のお客様向け専用Webサイトを用意しており、管理者は集計した従業員の健康データを閲覧できるため、健康経営の推進にも活用いただけます。

今のキモチを測定することで  
オススメの入浴方法を表示



ダイキン工業株式会社様  
入浴アプリ「ふろロク」

ダイキン工業株式会社様の給湯器「エコキュート」をご使用の方向けのアプリです。なりたい「キモチ」を選択し測定することで、おすすめの入浴方法を表示します。快適で楽しいバスタイプをお手伝いする機能が満載です。

鳥取県智頭町の森林セラピーの  
リラックス効果を測定し記録



鳥取県智頭町様  
森林セラピー®アプリ

鳥取県智頭町の森林セラピー®のリラックス効果を計測し記録することが可能なアプリです。COCOLOLOで測定した日常のストレス度と森林セラピー®でのリラックス度の差が、「もりりん指数」という値で表示されます。

その他、大手企業を中心に様々な事例があります。詳しくはホームページをご覧ください。

# 智頭町様向け森林セラピーアプリ

森林セラピー体感をもう一度

## 智頭町森林セラピー®アプリ



智頭町森林セラピーのスマートフォンアプリができました！日常生活のきもちと、セラピー参加時のリラックス度を計測し記録することができます。

日常生活とセラピーでのきもちの差分が、もりりん指数という値で表示されます。低くなったらリラックスを求めている合図。ぜひ智頭町へお越しください。

- ご利用イメージ -

森林でリラックス状態  
を計測・記録



智頭町森林セラピー



もりりん指数で  
リラックス度を見る



映像や音楽で  
森を回想・リラックス

COCOLOLOと  
智頭町森林セラピー連携

COCOLOLO (ココロ炉)

日常生活の  
きもちを計測

# 森林セラピー向けアプリのアイデア

## 1. トップ B



3-1. 森林セラピー基地ガイド



3-2. 森林セラピー基地ガイド／詳細



4-1. おすすめ癒しスポット



4-2. おすすめ癒しスポット／詳細



6. 測定イベント



5-1. コミュニティ／シェア

