



TOHOKU
UNIVERSITY

「魔法の鏡」でスマートエイジング ～身体映像からの生体情報抽出～

吉澤 誠	(東北大学 サイバーサイエンスセンター)
杉田典大	(東北大学 大学院工学研究科)
阿部 誠	(信州大学 工学部)
山家智之	(東北大学 加齢医学研究所)
田中 明	(福島大学 共生システム理工学類)

サイバーサイエンスセンター 先端情報技術研究部

医工学研究科(協力講座)
生体システム制御医工学 講座
サイバー医療システム 分野

工学研究科(協力講座)
情報エネルギーシステム工学講座
先端情報技術 分野

サイバー医療 Cyber-Medicine

制御・情報・通信技術を駆使した先端的医療システムの開発
サイバー医療で健康社会を作る！

- モバイル・ネットワークによる健康モニタリング
- サイバー空間を利用したリハビリテーション
- ビッグデータ解析によるクラウド型医療情報処理技術開発
- 被災地・災害現場・僻地・離島・救急車などにおける医療のIT化
- 高精度放射線治療システム



Artificial Heart



Radiotherapy



Computer-Aided
Diagnosis



Virtual Reality



Telemedicine
System



3D Vision
Biopsychology



Super ICD

少子高齢化と医療問題

少子化＋超高齢化

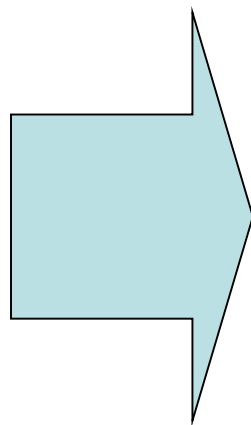
初婚年齢上昇＋生涯独身

経済不況

過疎化＋経済格差

過酷な医療労働環境

医師の偏在



医療費・介護費の増大

健康保険制度の破綻

医療環境格差の拡大

地域医療の崩壊

医療難民の発生

問題の解決法



ICT(情報通信技術)の活用!!!



ホーム

3つのモデル

- 予防的な健康管理
- 慢性疾患管理
- 高齢者生活サポート

ガイドラインの策定

プロモーター企業

プロモーター企業 (39社)

コンティニウアヘルスアライアンスはグローバルな取り組みとして世界各国のヘルスケア関連企業が参画しています。



医療情報通信システム開発へ

ウィルコムは25日、東北大学、ソニーやフクダ電子などととも、PHS無線通信による医療情報通信システムの開発に取り組むコンソーシアムを設立したと発表した。高画質映像の生体情報などを簡便に伝送できるシステムを開発し、訪問診療や救急などさまざまな医療現場での利用を促す普及

ウィルコム

東北大、ソニーなどと
コンソーシアム設立

活動も行う見通し。

設立した「モバイル環境における医療情報通信システム開発コンソーシアム」は、企業ではソニー、フクダ電子のほかにオムロンヘルスケア、本多電子、ネットワークシステムズ、スリーリンクスが参画した。低電磁波で電気機器への影響が少ないPHSの特性を生かした医療情報通信システムの共同開発に取り組む。



モバイル活用し遠隔医療

東北大とソニーなど 11年度製品化目指す

インターネット環境がソニー(東京)など企業と東北大とソニーなど7社は31日までに、「モバイル環境における医療情報通信システム開発コンソーシアム」を設立し、2011年度までに画像情報を遠隔地の病院に送信できるシステムの製品化を目指す。コンソーシアムは製品

化に向け①診断用の高画質映像をモバイル機器で送信する技術②患者のプライバシーを守るための暗号化通信方式③端末となる専用の心電計や血圧計などの開発に取り組む、東北大関連の医療施設で実証実験を行う。災害現場のほかネットに接続していない高齢者世帯の往診、救急車内での活用も目指す。

情報通信技術を生かした医療システムの開発や産業創出を図る仙台市などの「仙台地域知的クラスター(産業集積)創成事業」の協力も得た。コンソーシアムの総括を担当する東北大サイバースペースセンター先端情報技術研究部の吉沢誠教授(生体制御工学)は「高画質の通信技術で、いつでもどこでも利用できる遠隔医療を実現させたい」と話している。

ソニー以外の参加企業は、通信システム開発のウィルコム(東京)、ネットワークシステムズ(同)、血圧計など測定装置開発のフクダ電子(同)、本多電子(愛知県豊橋市)、オムロンヘルスケア(京都)、コンサルティングのスリーリンクス(仙台)。

電子診療鞆



外形寸法 : 475 × 355 × 185m (持ち運び時)
本体質量 : 約8kg

※共に超音波装置を含まず



笠神ハートクリニックでの実証実験 (2009年8月6日)



無線通信技術を利用した脈波モニタリング装置
(日立製作所との共同研究)2008年
知的クラスター創成事業第II期 試作品

見守り用小型無線式心電計

独立行政法人科学技術振興機構 復興促進プログラム(マッチング促進)H24仙Ⅱ-0218

「在宅終末期見守り用小型無線式省電力心電計の開発」

株式会社リアルデザイン, 株式会社イメージワン, 東北大学サイバーサイエンスセンター

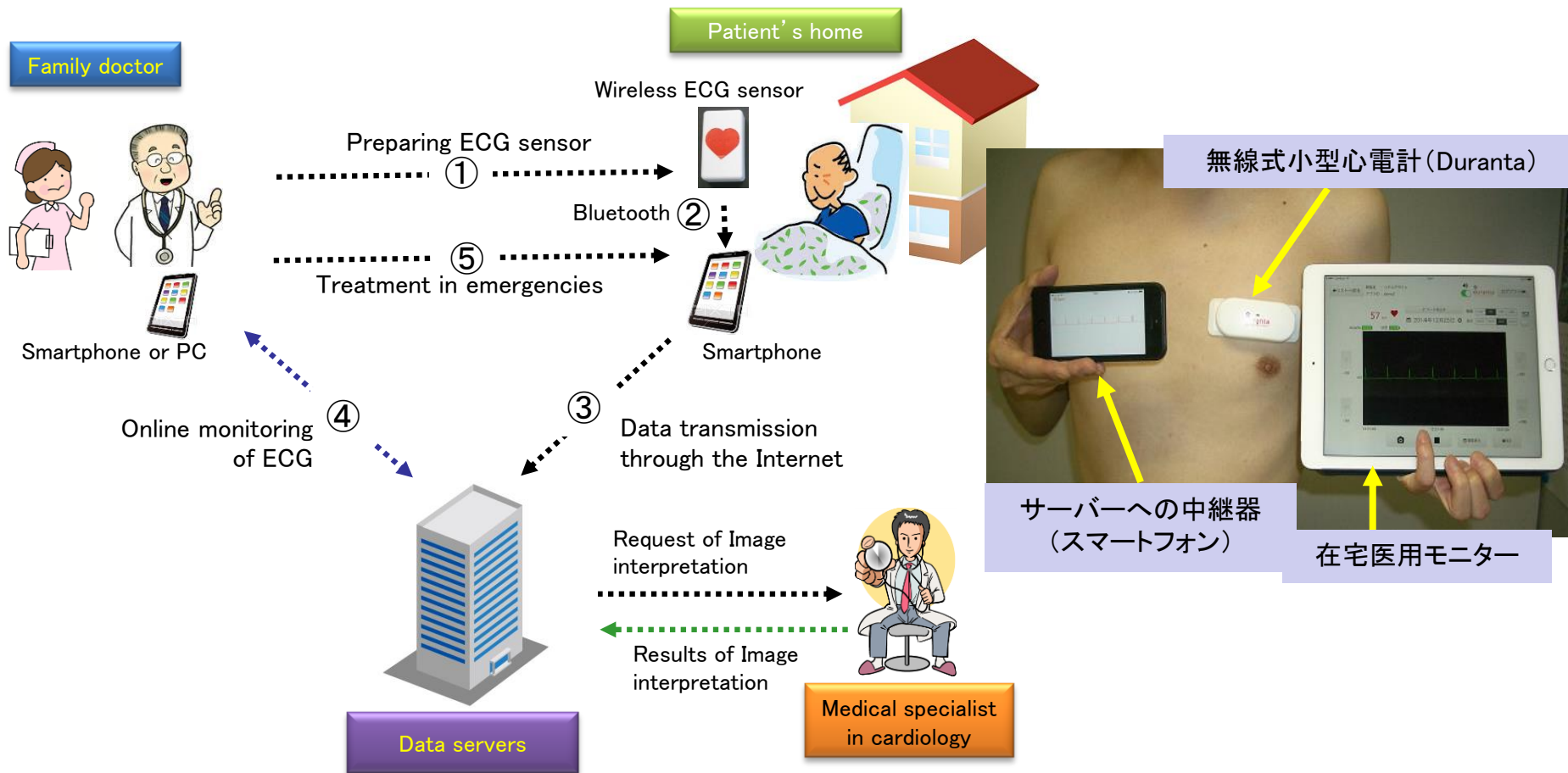


Fig.1 Remote ECG monitoring system using wireless sensors and smartphones

サービスイメージ

- ①在宅訪問医師が終末期患者に心電計を装着
- ②心電計からベッドサイドのスマートフォンまで無線(Bluetooth)でデータ送信
- ③スマートフォンからデータサーバまでインターネット経由でデータ送信。
- ④在宅医はデータサーバの心電波形データをスマートフォンで閲覧。
- ⑤急変時は往診などの対応を行う。

a)



b)



c)



循環器系のリハビリテーション



<http://www.nhk.or.jp/kenko/kenkotoday/archive/2010/0630/index.html>

フィードバックする指標がほしい

血管の硬さを測るものはある



循環系の機能を測るものは？

メタボが改善するときの指標は？



<http://www.kenkou.ne.jp/artett/index.html>

目的

自律神経機能をモニタリングするための方法のひとつ



圧反射系の特性:
Mayer波帯域(0.05~0.15Hz前後)の
心拍数変動と血圧変動の間の相互相関係数
を求める方法



連続血圧の計測が必要

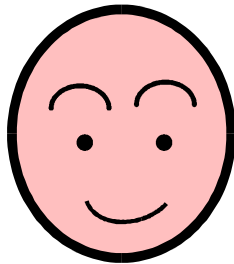


日常環境で無拘束かつ長時間の計測が困難

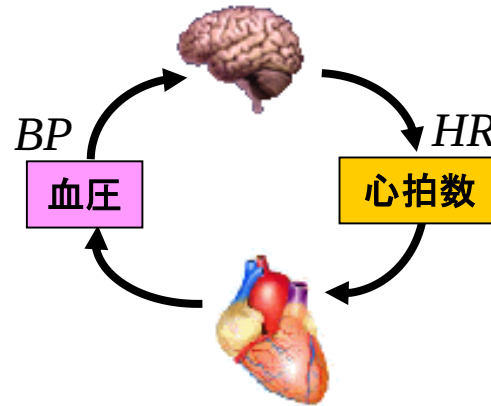


連続血圧の代わりに血圧情報を反映する脈波伝播時間を利用

循環系の2変数の相関解析

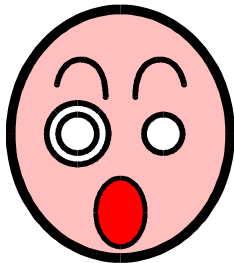


安 静

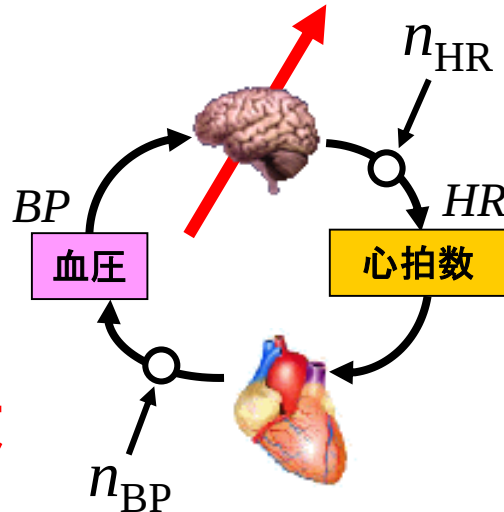


安 静:

- 圧反射機能が正常に働く.
- 血圧 (BP)と心拍数(HR)の相互相関が高い.
- $\rho_{\max}$ あるいはコヒーレンシが高い.



映像刺激



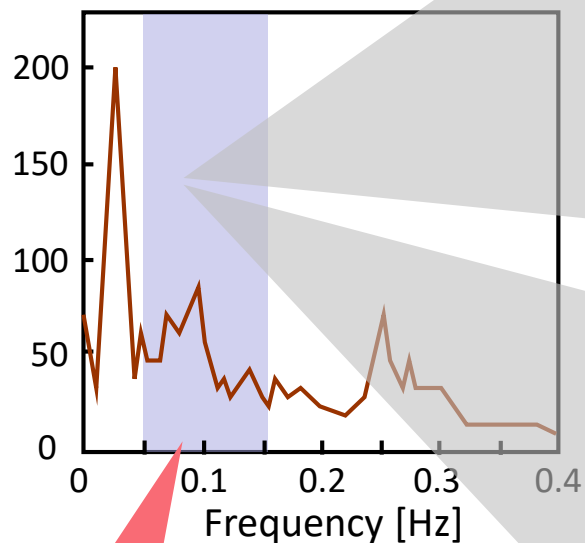
映像刺激:

- HRがBPに無関係に変化する.
- BPがHRに無関係に変化する.
- ループ・ゲインが変化する.
- BPとHRの相互相関が低下.
- $\rho_{\max}$ あるいはコヒーレンシが低下.

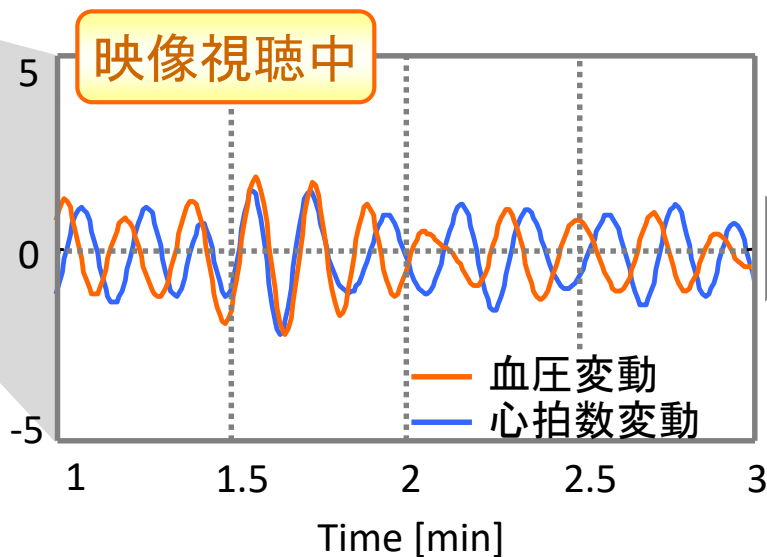
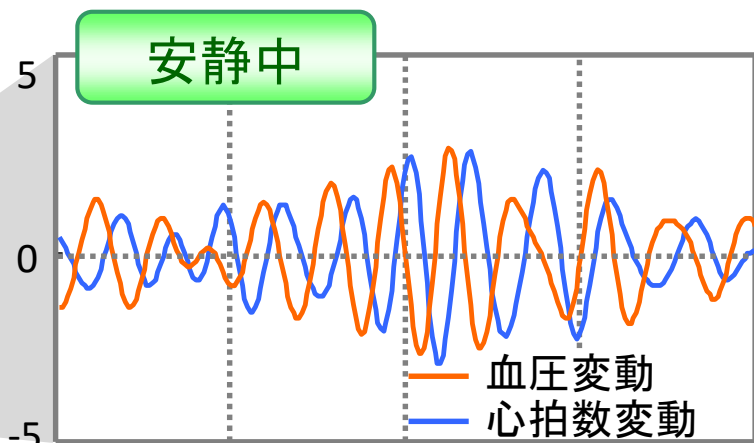
$\rho_{\max}$: Mayer波帯域の血圧-心拍数間の相互相関係数の最大値.

コヒーレンシ: 入出力のパワーで規格化されたクロススペクトルの絶対値の2乗.
いずれの指標も, 入出力間の線形相関性が強ければ1, 弱ければ0となる.

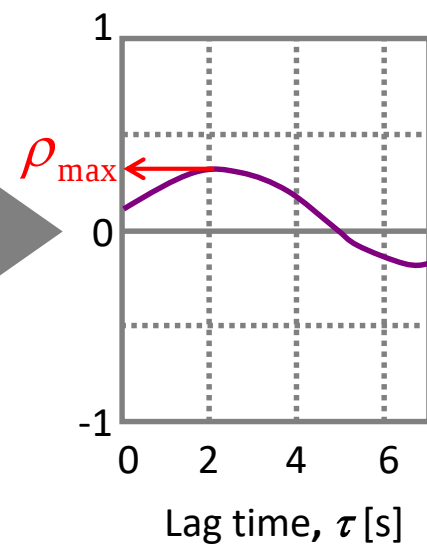
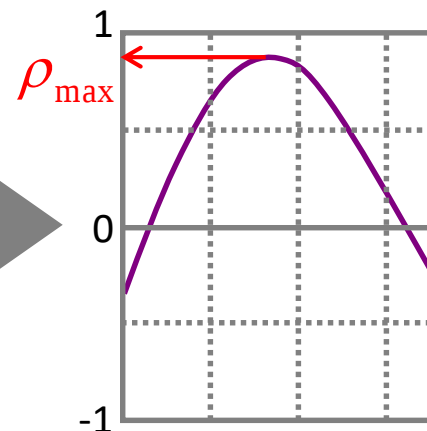
心拍数 or 血圧変動 パワースペクトル



Mayer波
成分



血圧-心拍数間 最大相互相関係数



映像刺激:

**ジェットコースター搭載
カメラからの3次元映像**



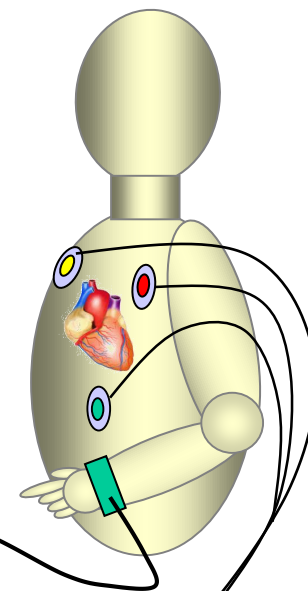
トノメトリ式
連続血圧センサ

(大型・高価,
準備に時間か
かる)



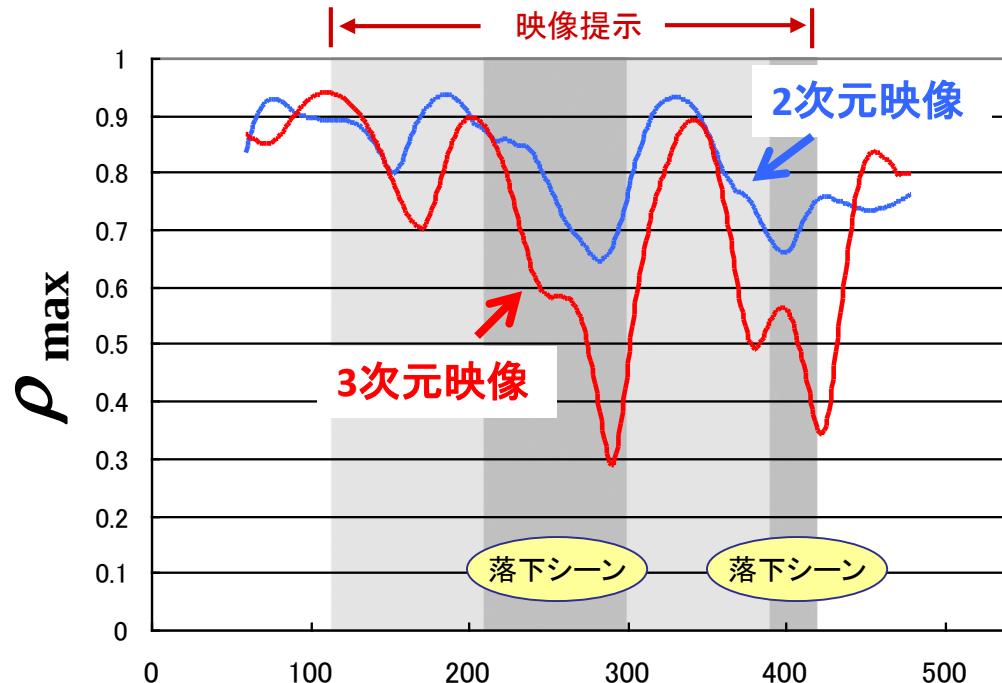
心電計

データ収集装置

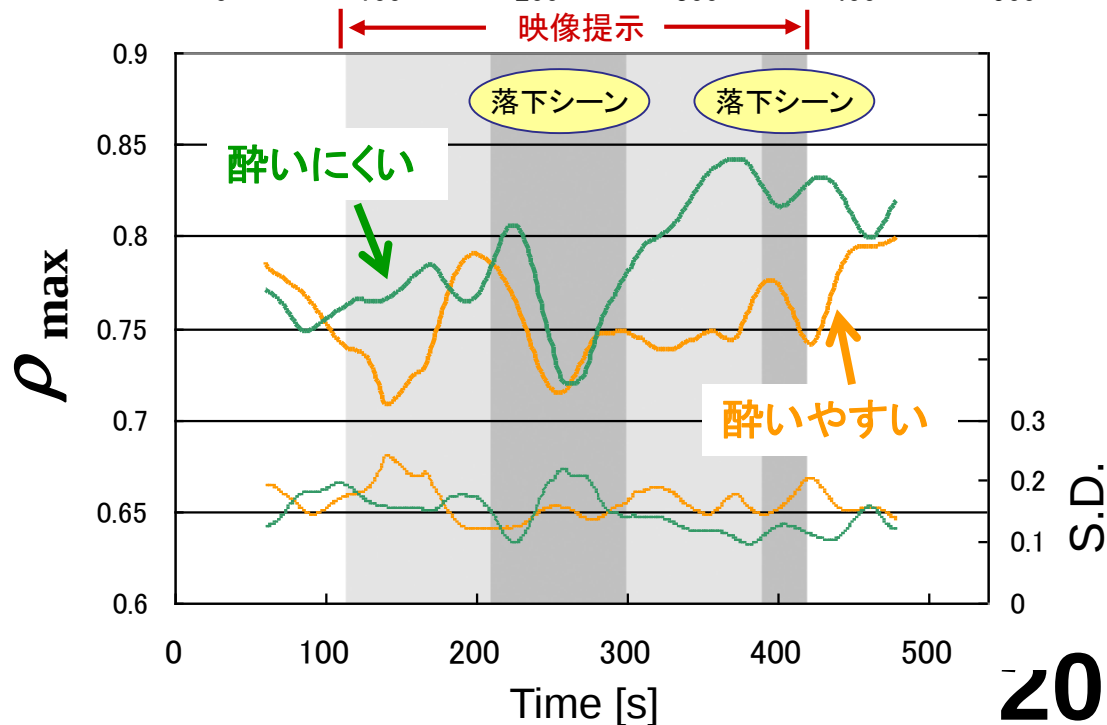


3次元映像 ジェットコースター映像 視聴時における $\rho_{\max}$

同じ映像を2次元で視聴した場合
と3次元で視聴した場合との比較



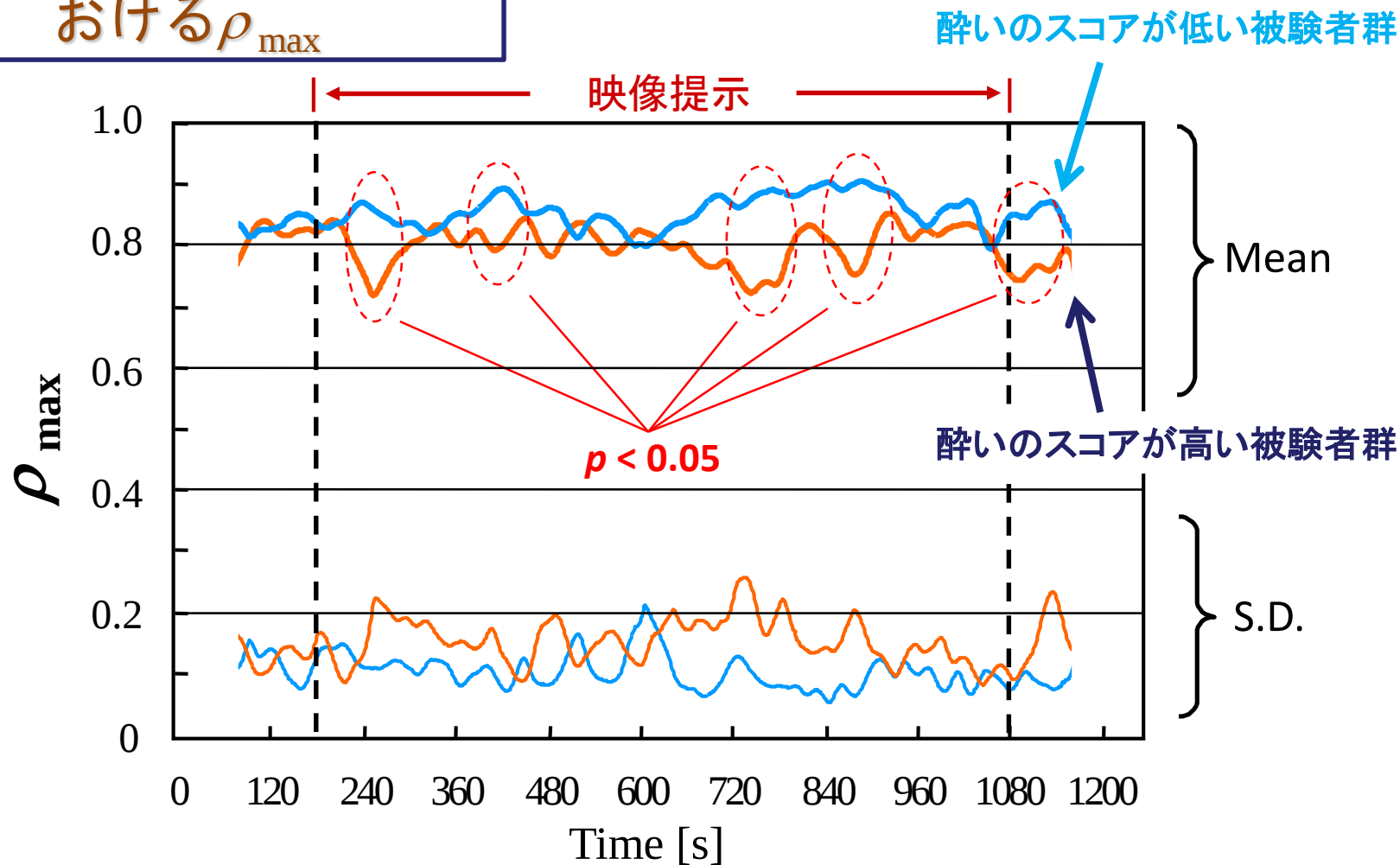
動揺病を起こしやすい被験者
18名と起こしにくい被験者15名
の平均を比較





ブレアウィッチプロジェクト(1999年, 米国Blair Witch Film)

映像酔いを引き起こす
手ぶれ映像視聴時に
おける $\rho_{\max}$

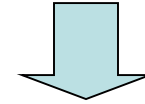


酔いに関する主観評価スコアが特に高い被験者群 ($n = 15$)
と低い被験者群($n = 15$) を比較

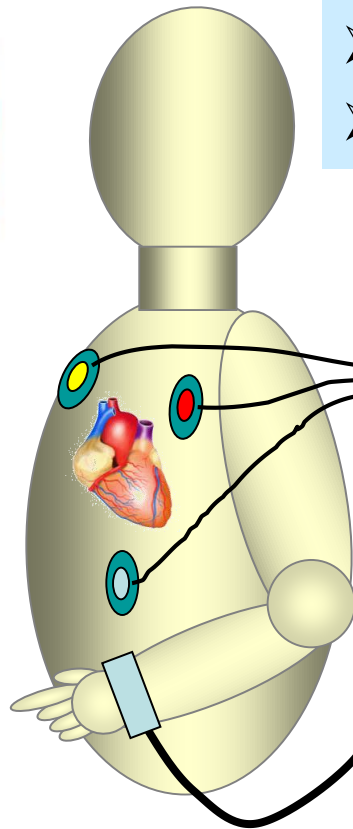
$\rho_{\max}$ を求めるための従来の実験装置

連続血圧計測装置:

高価, 大型で, 更正や装着準備に手間と時間



- 一度に1人の被験者しか実験できない.
- 統計的に有意な結果を得るのに時間がかかる.

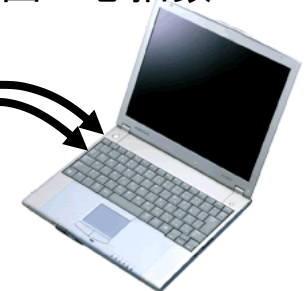


心電計 (安価で小型のものがある)



心電図 → 心拍数

血圧



データ収集
解析装置

連続血圧計測装置

(高価, 大型で, 更正や装着準備に手間と時間)

血圧の代用: 脈波伝播時間 Pulse transit time (PTT)

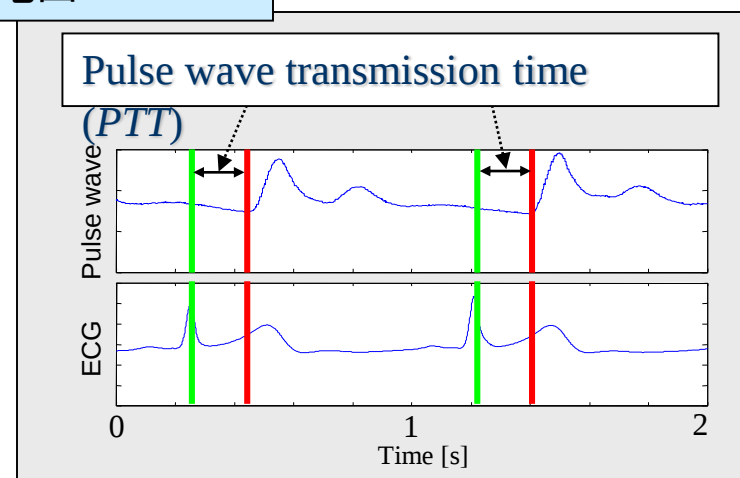
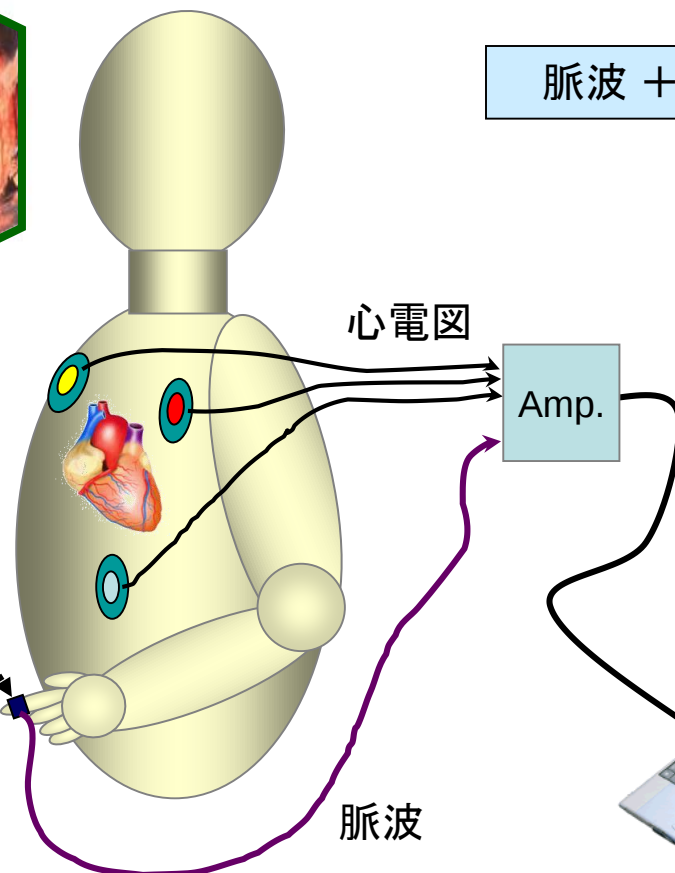
血圧 $\propto$ 脈波伝播時間(PTT)の逆数

Brian Gribbin *et al.* (1976)

脈波 + 心電図 $\rightarrow$ PTT

光電センサ

安価・小型で
装着が簡単



心電図計測が必要

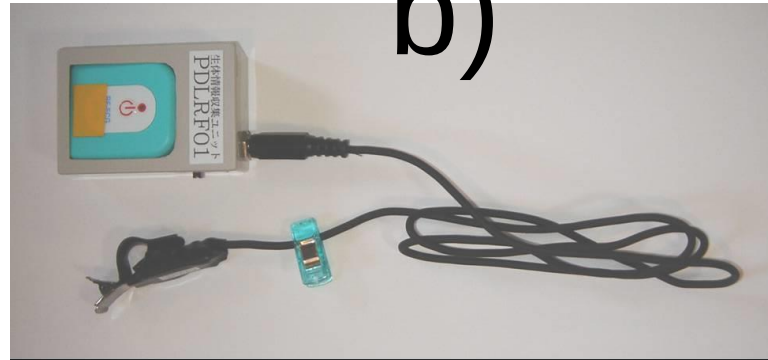
データ収集装置

開発した計測装置

a)



b)



a)(株)医療電子科学研究所製のRF-ECG

超小型(40mm×35mm×7.4mm)で軽量(電池を含めて 11.8g)

無拘束性が高く, 加速度・温度も同時に計測可能

b)RF-ECGの心電図入力端子に, 振幅調整した光電脈波信号を入力するセンサー

a)とb) (耳朶脈波)を同時に使用

脈波と心電図の両方を無線通信方式によりサンプリング周波数204Hzで計測可能

超小型・軽量・無拘束

実験 I

被験者

運動群:

健康で1週間に1日以上1回15分間以上習慣的に運動をしている高齢者

8名(52歳～73歳; 平均 65.6 ± 7.7 歳; 男4名・女4名)

非運動群

日常的にほとんど運動をしていない高齢者

8名(55歳～75歳; 平均 67.6 ± 6.5 歳; 男3名・女5名)

プロトコル

①仰臥位(5分) → ②立位(2分) → ③仰臥位(3分) → ④立位(2分) → ⑤仰臥位(3分)



仰臥位

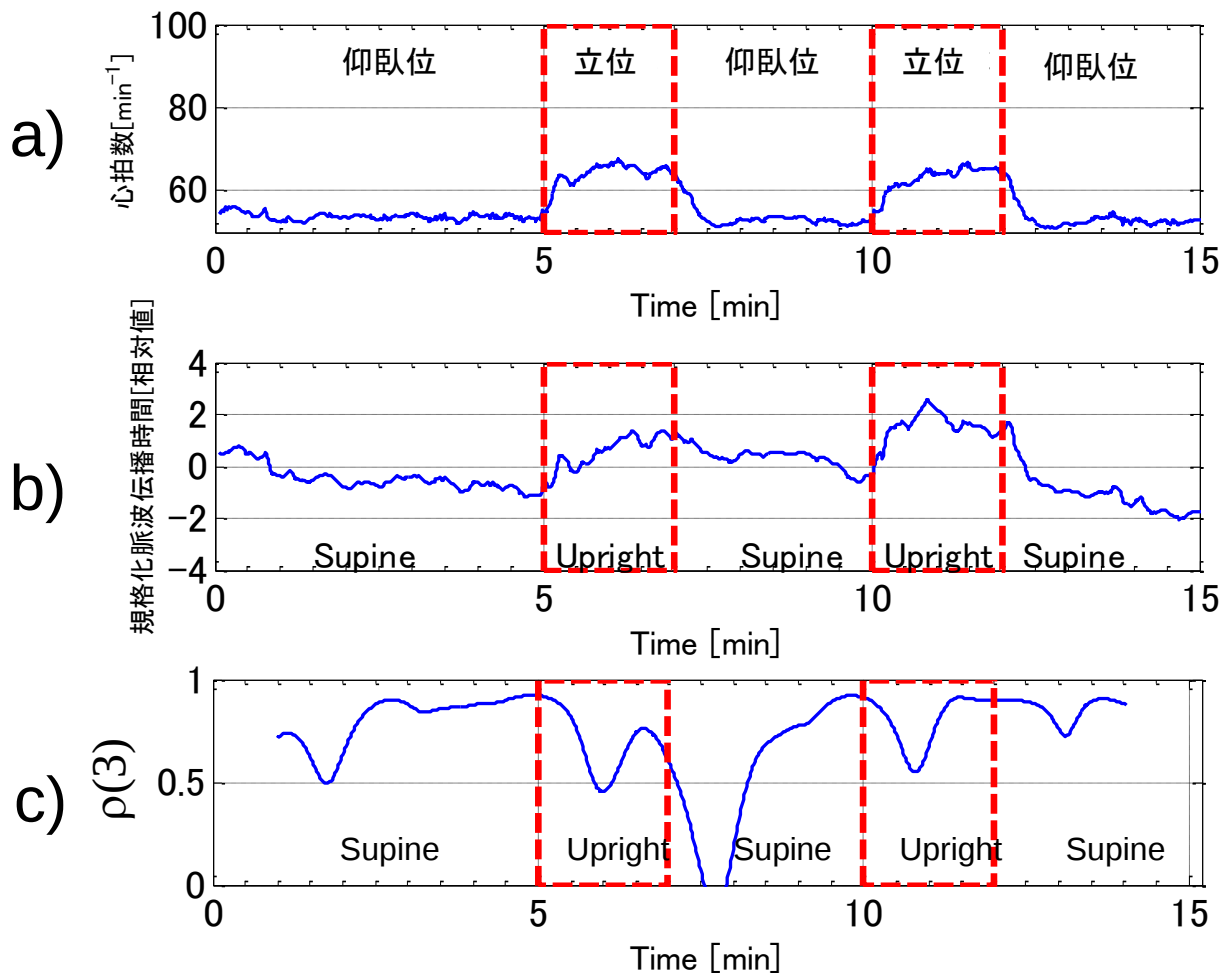


立位

運動群

女性70歳

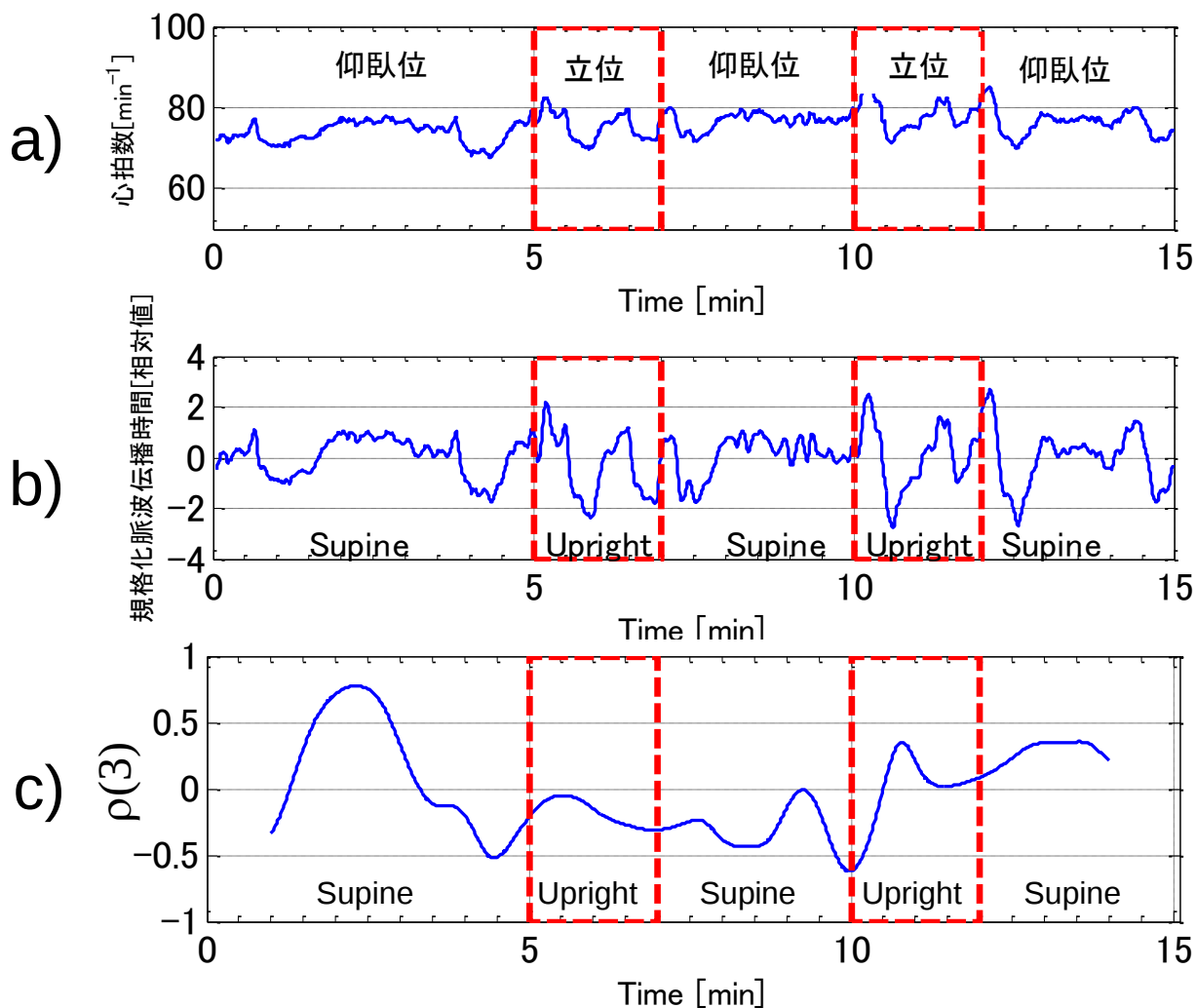
最高／最低血圧＝136mmHg／84mmHg



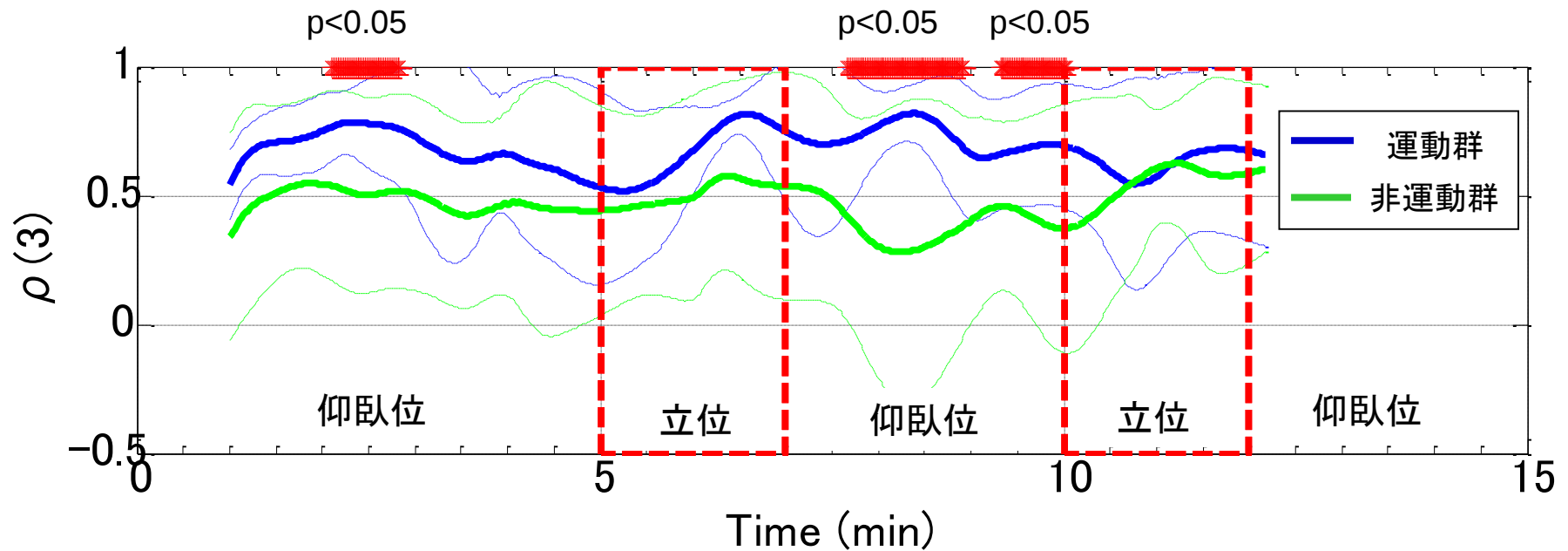
非運動群

女性72歳

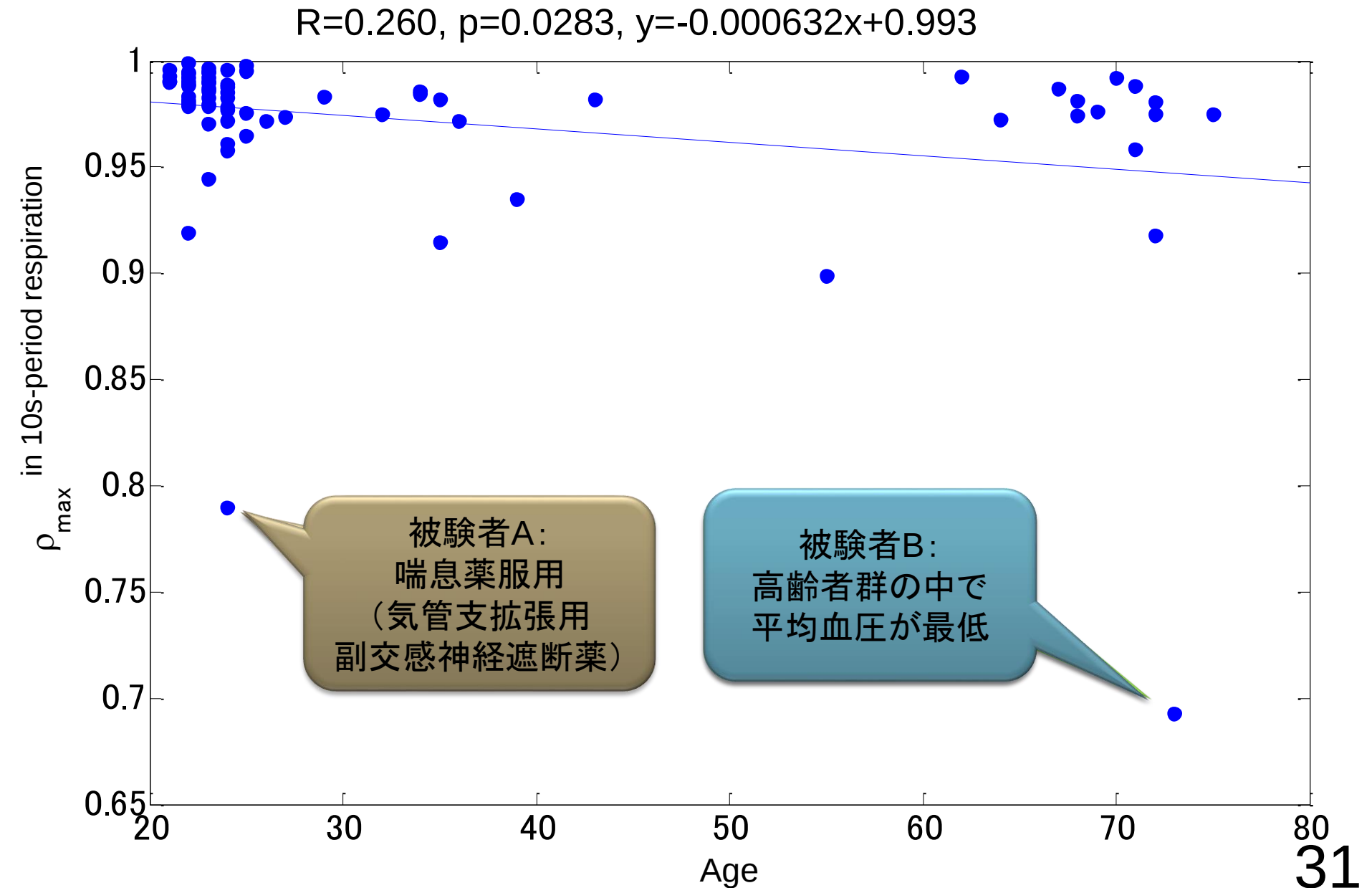
最高／最低血圧＝155mmHg／102mmHg



運動群(n=8) と 非運動群(n=8) の $\rho(3)$ の平均値



10秒周期呼吸時の $\rho_{\max}$ の年齢に対する変化

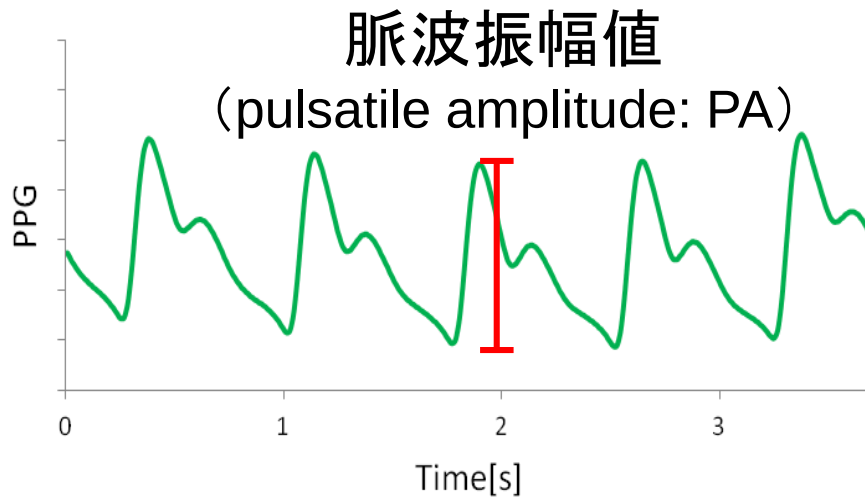


心電図を使わず，脈波だけ計測したい！

光電容積脈波

光電容積脈波 … 光の吸収を利用して血流量変化を計測

(photoplethysmogram: PPG)



PA : 動脈の血流量を反映

血流量変化から自律神経機能を評価できる可能性がある

年齢による脈波振幅値PAの違い

血流量を反映する脈波振幅値PAの低周波成分
(LF成分)も自律神経機能を反映する
可能性がある

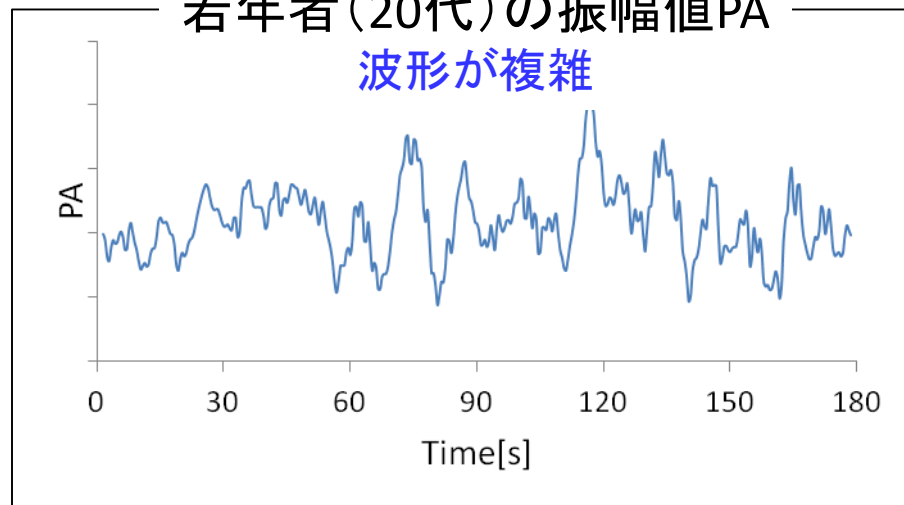
脈波振幅値PAの
低周波成分(LF成分)の大きさ

||

血管系の交感神経の機能

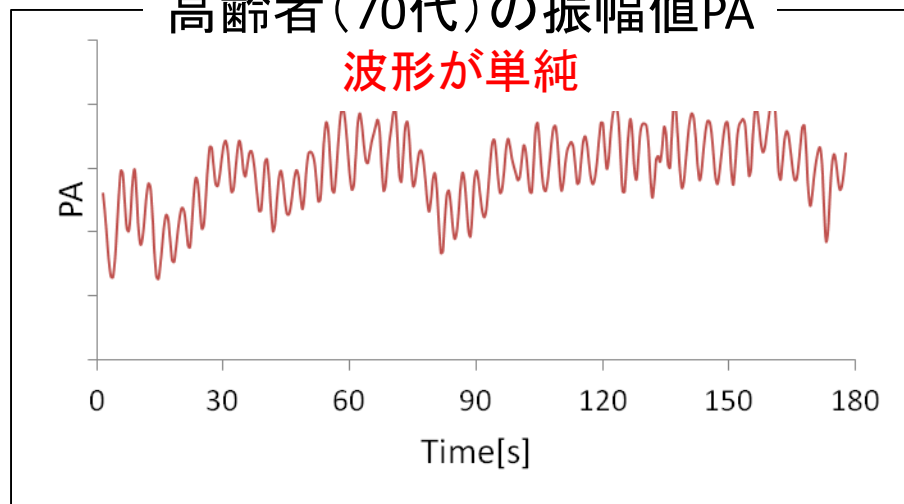
若年者(20代)の振幅値PA

波形が複雑



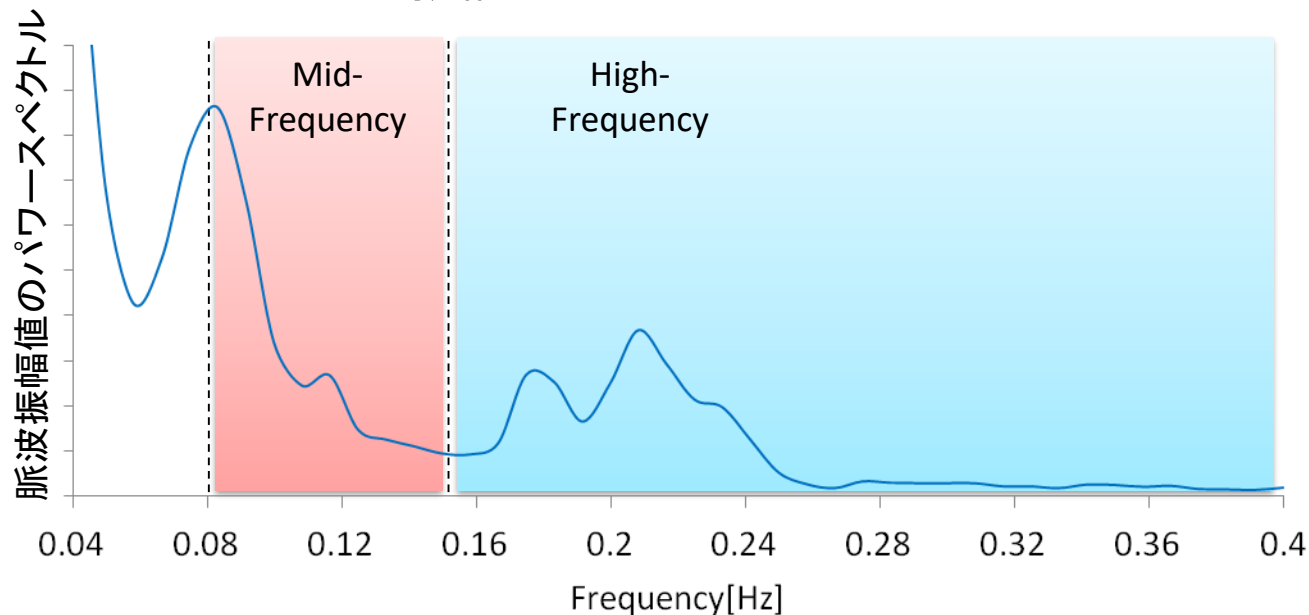
高齢者(70代)の振幅値PA

波形が単純



提案指標 μ_{PA}

脈波振幅値のパワースペクトル



$$\mu_{PA} = \ln \left(\frac{MF_{PA}}{HF_{PA}} \right)$$

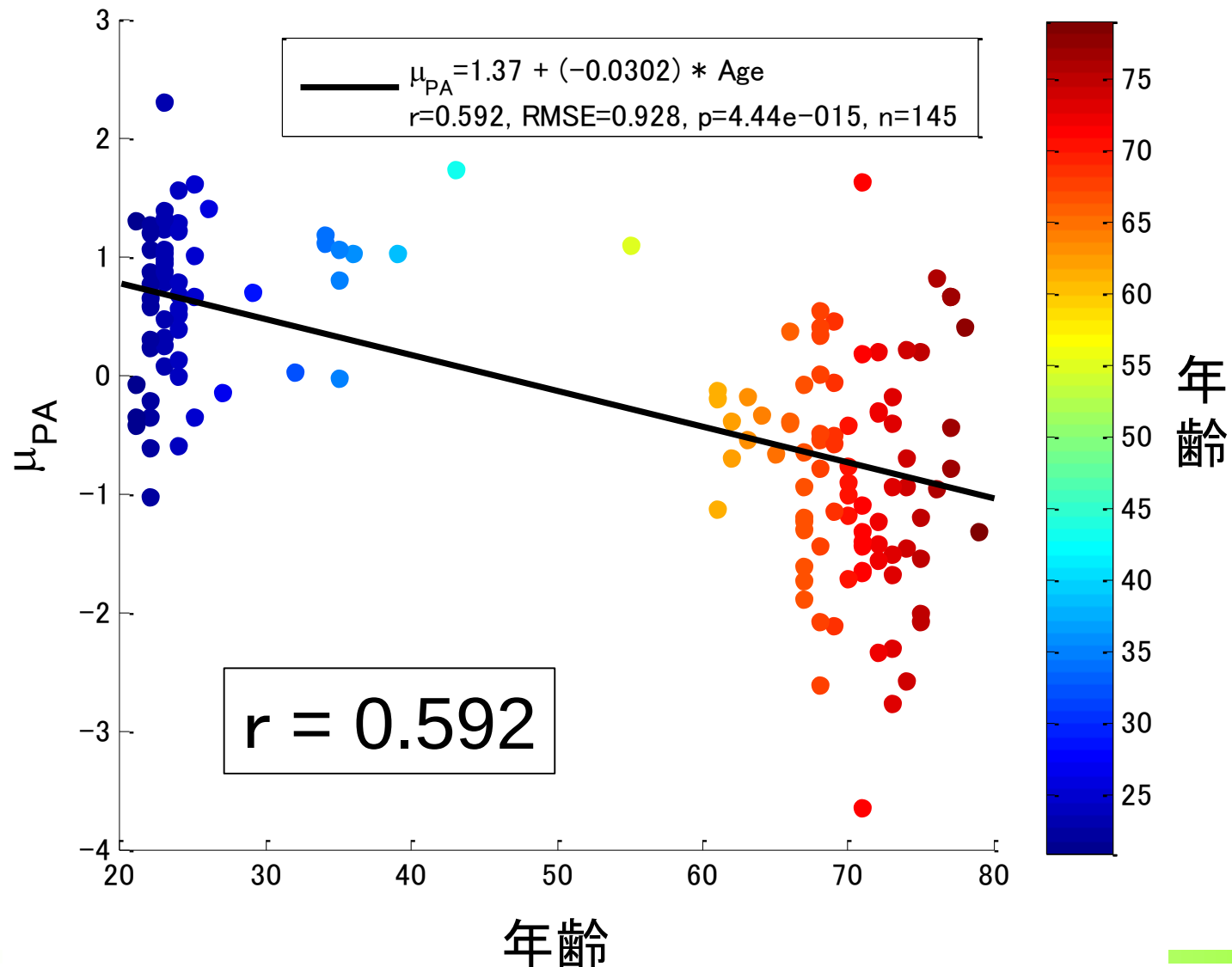
LF_{PA} : 0.04-0.15Hz

MF_{PA} : 0.08-0.15Hz

HF_{PA} : 0.15-0.40Hz

圧受容器反射に起因する変動^[1]

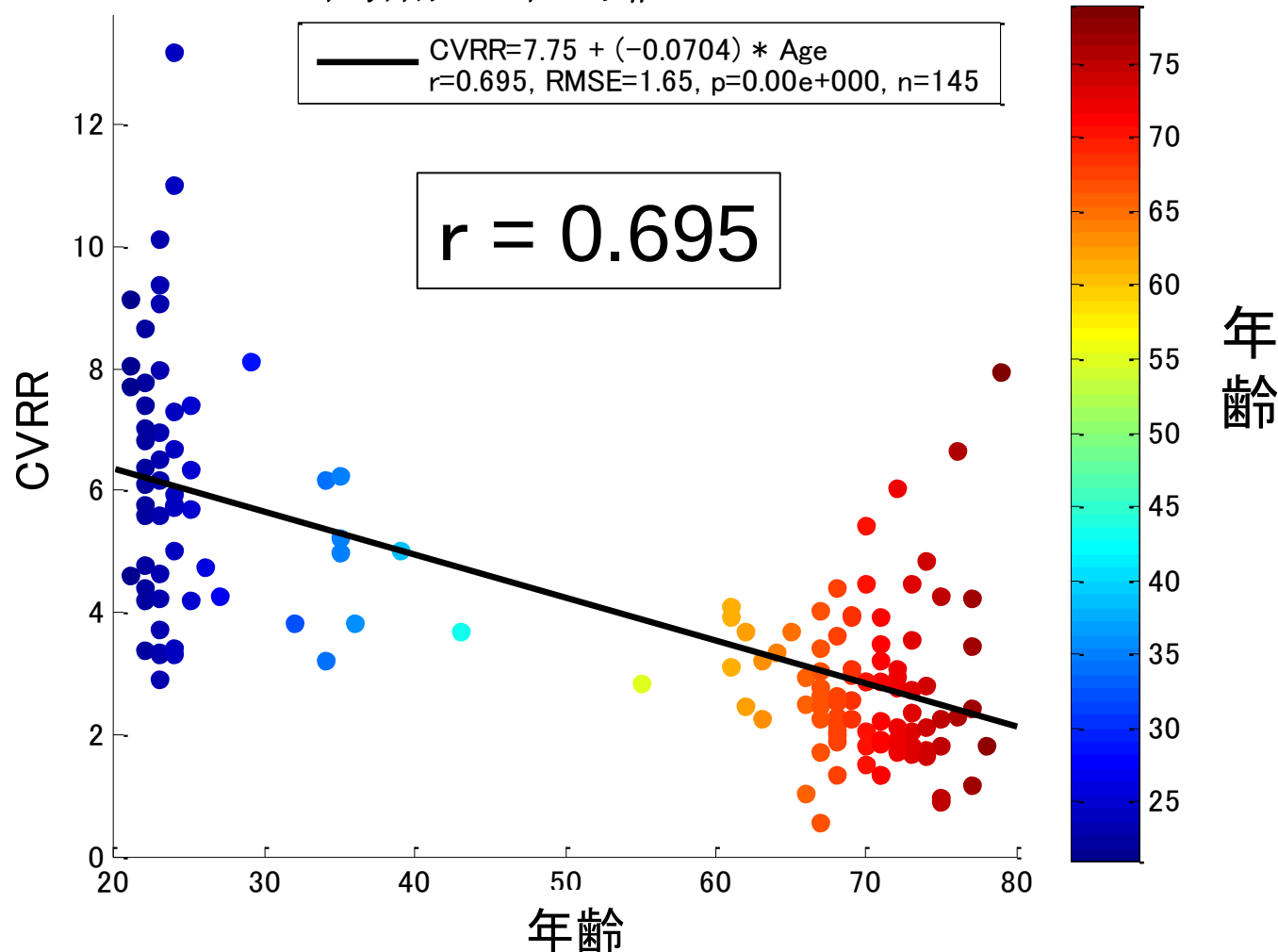
提案指標 μ_{PA} の年齢に対する変化



自律神経指標CVRRの年齢に対する変化

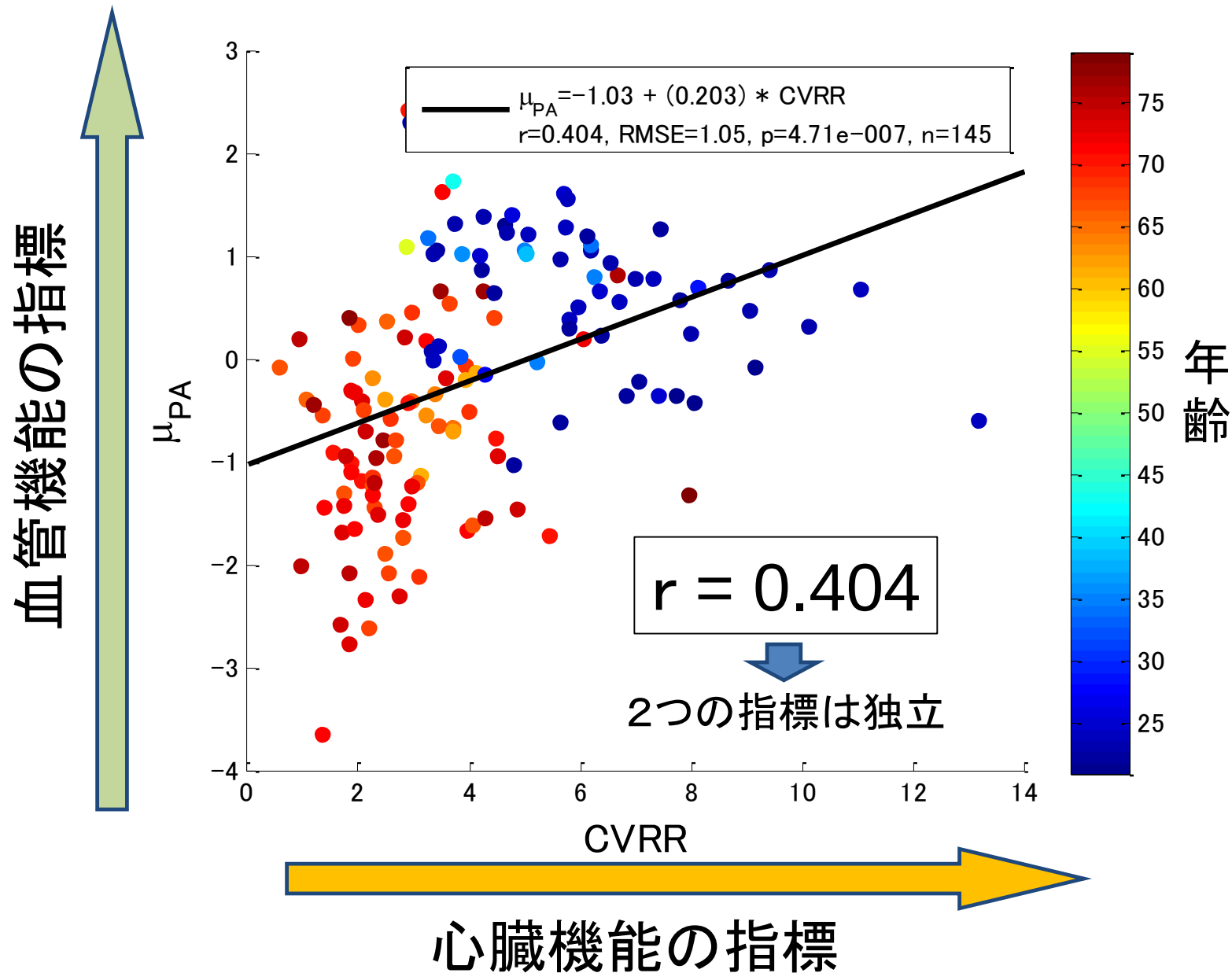
$$CVRR = \frac{RR\text{間隔の標準偏差}}{RR\text{間隔の平均値}}$$

RR間隔: 心拍間隔

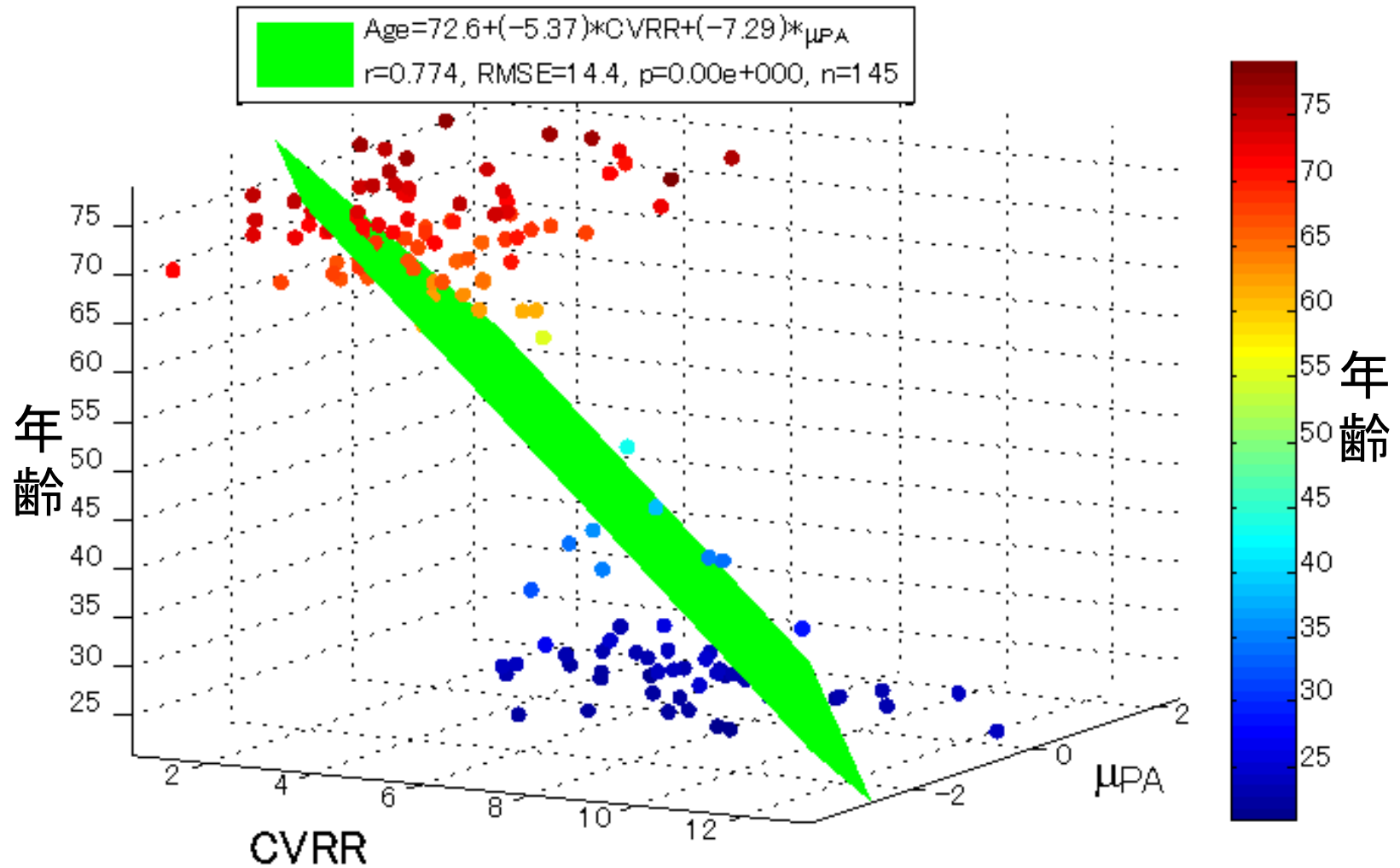


歳をとると心拍間隔のばらつきが少なくなる

自律神経指標CVRRと提案指標 μ_{PA} の相関

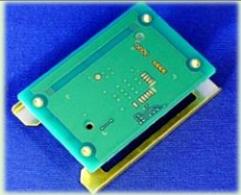


CVRRと μ_{PA} から年齢を推定する回帰平面

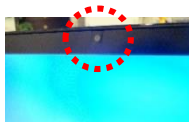


$$Age = 72.6 - 5.37 \cdot CVRR - 7.29 \cdot \mu_{PA}$$

非接触に脈波を計測したい！

光電容積脈波計 (PPG)		○ 心電図と高い相関を持つ × 接触が不快感をもたらす
赤外線カメラ		○ 非接触である × 機器が高価である
RFモーション センサ		○ 非接触である × 胸に電磁波を当てる × 周囲の物体による電磁波の反射
圧力センサ		× 常に接触している必要あり × 大きな体動に弱い

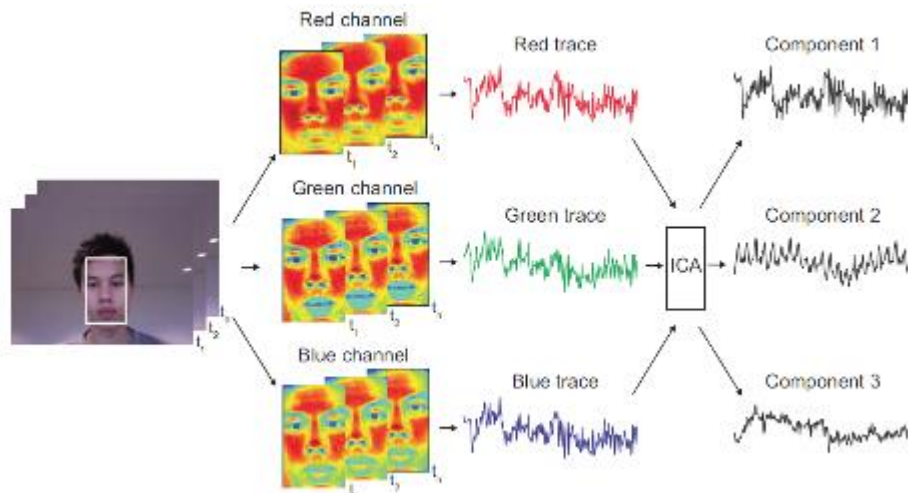
ビデオカメラによる心拍数計測



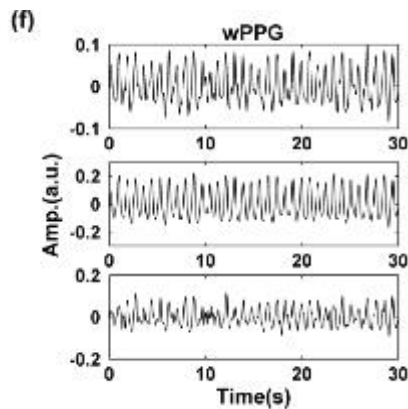
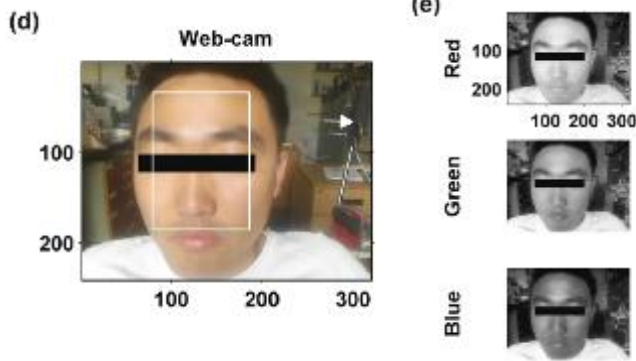
ビデオカメラ

- スマホなどで一般的に使用されている
- 簡単・安価

- 普通のビデオカメラの緑信号から脈波信号が計測可能



Non-contact, automated cardiac pulse measurements using video imaging and blind source separation.
(Ming-Zher Poh, et al., Opt. Express 18(10), 2010)



Use of ambient light remote photoplethysmographic systems: Comparison between a high-performance camera and a low-cost webcam
(Yu Sun, et al., Journal of Biomedical Optics 17(3), 2012)

心拍数ではなく、**血圧**を測定したい！

健康管理ディスプレイ

魔法の鏡

プロジェクト

吉澤 誠 (東北大学 サイバーサイエンスセンター)
杉田典大 (東北大学 工学研究科)
阿部 誠 (信州大学 工学部)
本間経康 (東北大学 医学系研究科)
山家智之 (東北大学 加齢医学研究所)
田中 明 (福島大学 共生システム理工学類)

背景

(その1)

少子高齢化に伴う医療費・介護費の増大への対処



病気に至る前の未病対策が重要



家庭や職場において常時健康状態のチェックが可能であることが理想的



ウェアラブルセンサなどで常時身体の状態を記録する装置が市販されつつある

<http://thedianerehmsshow.org/shows/2014-06-26/boom-high-tech-health-apps-and-wireless-devices>

<http://iotchina.net/wearable-devices/>



背景

(その2)

- **ウェアラブルセンサ**: 接触式センサによって心拍数や活動度などの指標を得る.
- 特別なセンサを常時身に付けることは煩わしい.
- 毎日意識して機器を操作する必要があるような健康管理法は習慣化しにくい.
- 風呂に入るときはセンサも外したい.
- 不特定多数を対象にはできない.
- 血行状態が把握ができにくい.
- 連続的な血圧情報が得られない.



<http://www.itmedia.co.jp/pcuser/articles/1504/17/news078.html>



<http://www.avio.co.jp/products/infrared/pandemic-solution/>

従来の**血圧計**(**接触式**):

- オシロメトリック式血圧計 → 数拍の血圧の平均値を測定
- 容積補償型連続血圧計 → 1心拍ごとの血圧値の測定
- 大型・高価・拘束感・長時間装着困難 → **日常生活に不向き**

背景

(その3)

- 洗面所の鏡:

多くの人々がほぼ毎日利用
自分の顔を入念にチェック



<http://www.pictcan.com/item/0041.html>

- 風呂場などの脱衣所の鏡:

全身チェックが可能



<http://illust-imt.jp/archives/003935/>

- 体調を客観的かつ簡単に知ることは容易ではない

- 自律神経に関する症状: 不定愁訴

冷え性・肩こり・血行不良・むくみ・だるさ・食欲不振など



<http://home-fcc.com/headache/>

- 自覚することはできても、客観的に把握することは困難

- 自律神経系の乱れ → 様々な疾患と関係

緑内障 ・ 過敏性大腸炎等

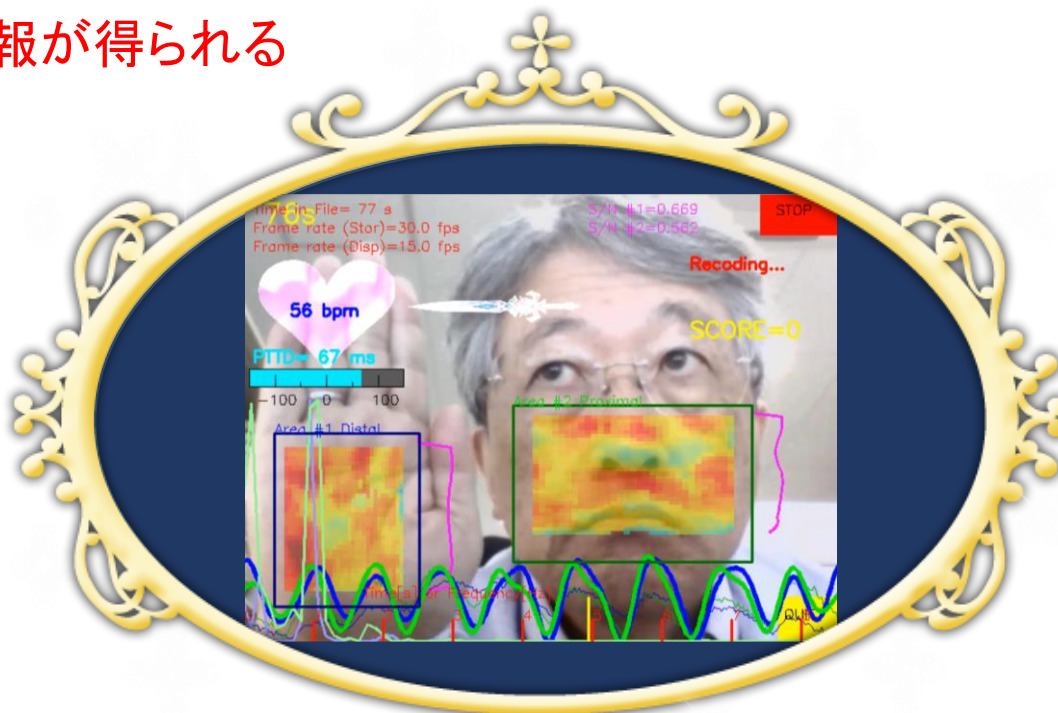


鏡型ディスプレイの前に立つだけで、自律神経指標に基づいたその日の健康予報を、使用者に直感的で分かりやすく表示するツール「魔法の鏡」を実現する。

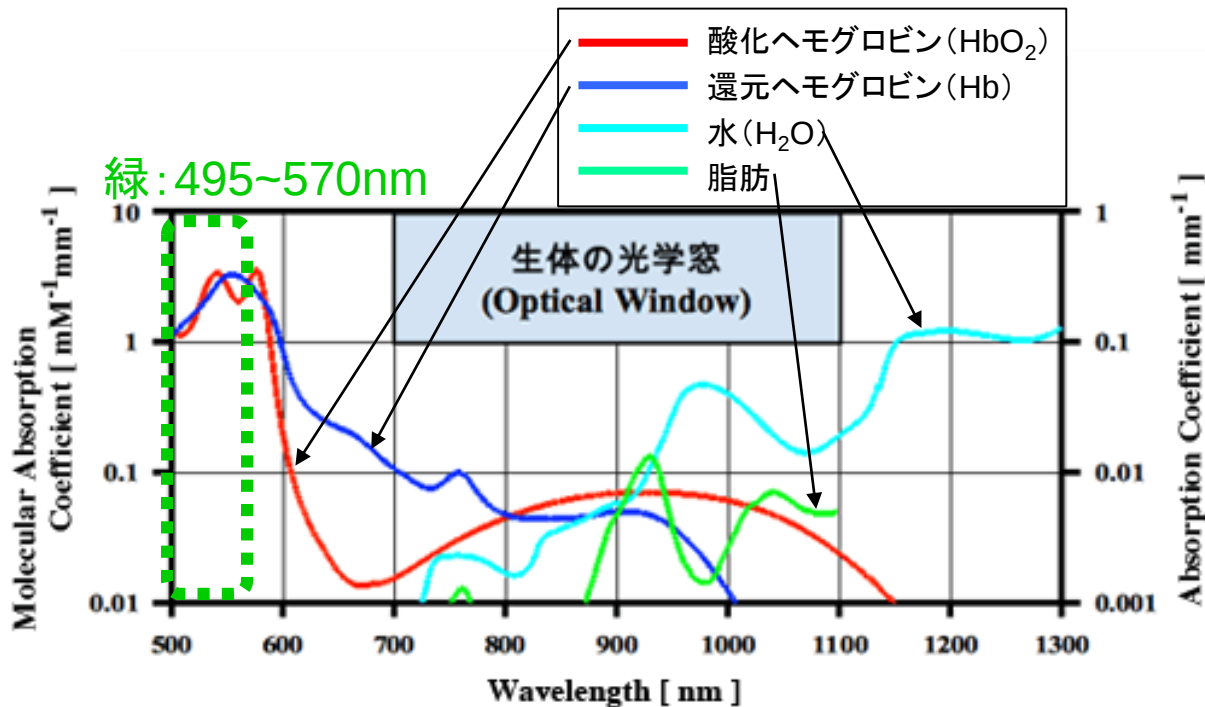
非接触式センサ・ディスプレイ:

ビデオカメラ映像から自律神経情報や血圧情報を抽出

- 脈波に関連する自律神経指標が得られる
- 血行状態の直観的な表示が可能
- 血圧変動情報が得られる



血中ヘモグロビンの吸光特性



可視光 ← → 近赤外光

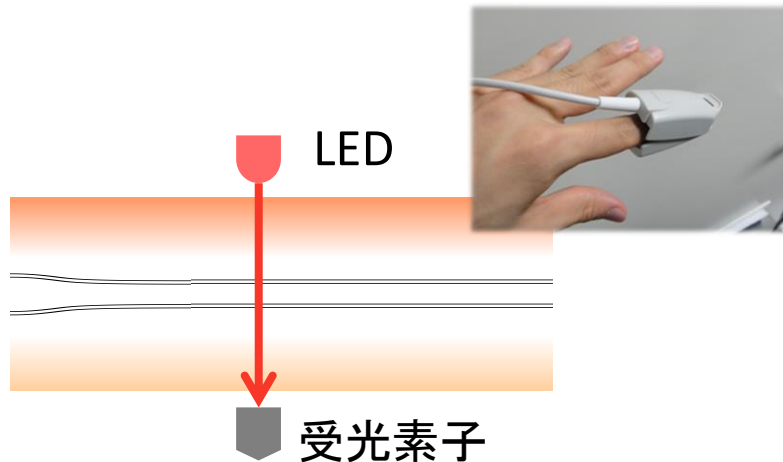
ヘモグロビンが
吸収

光が生体組織に
深く侵入

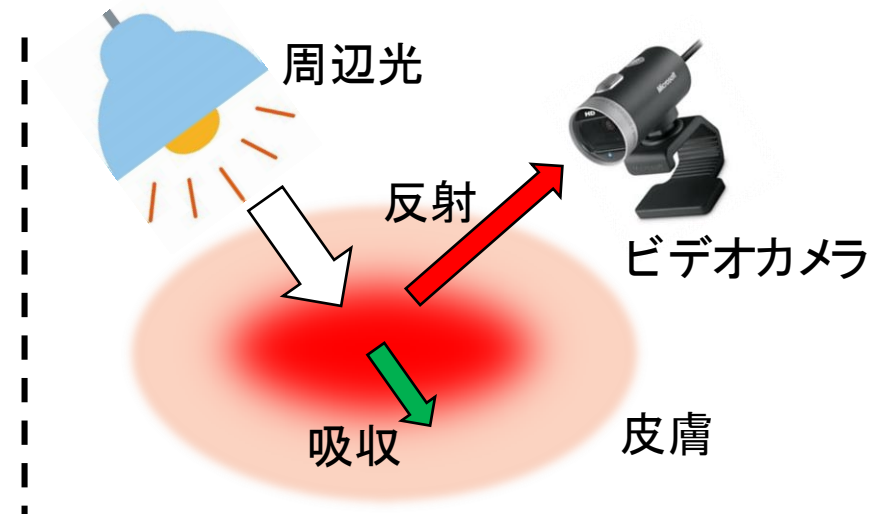
水が吸収



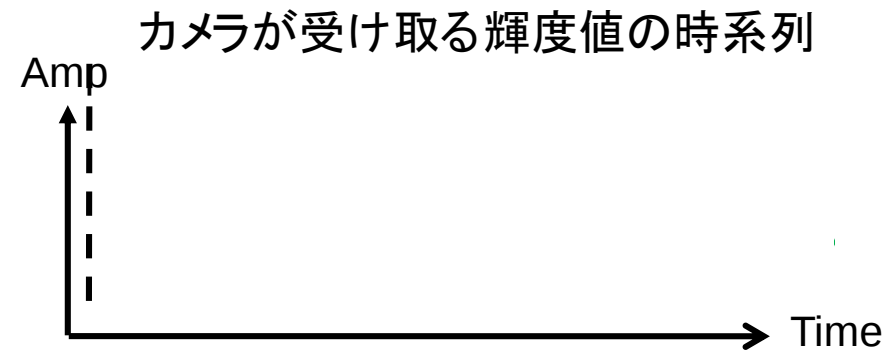
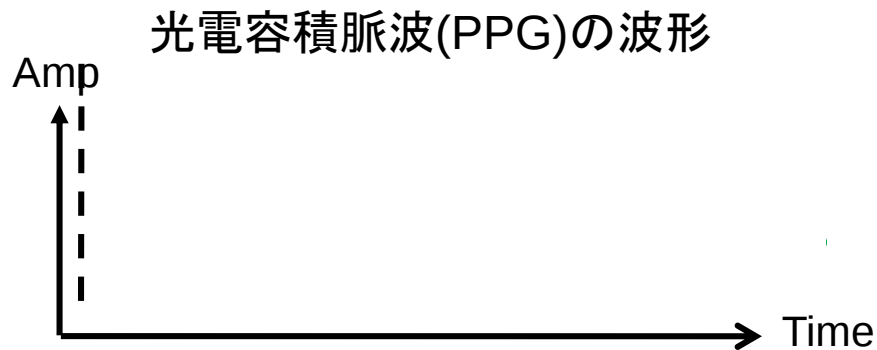
映像脈波の原理



a) 光電脈波の計測

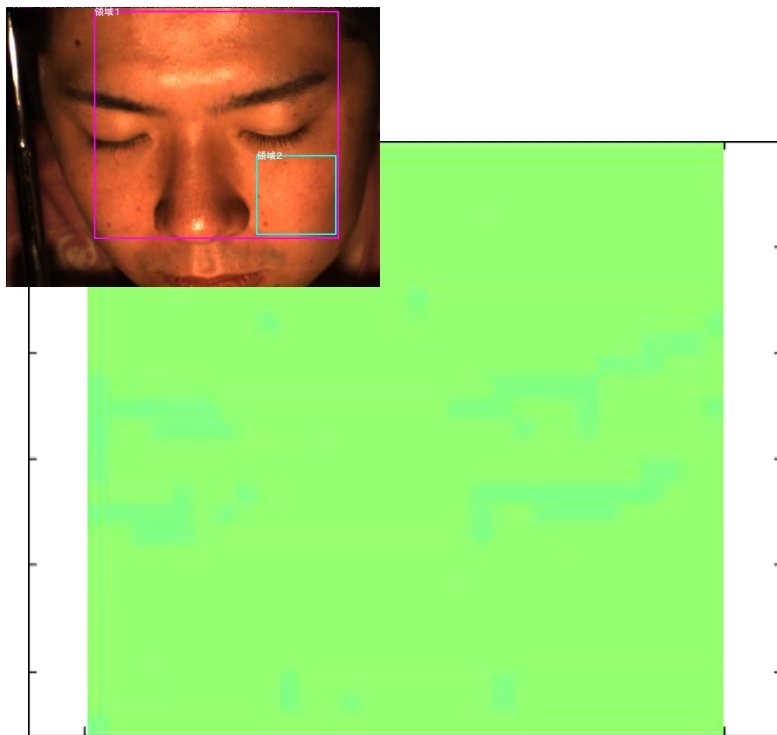


b) ビデオカメラによる映像脈波計測



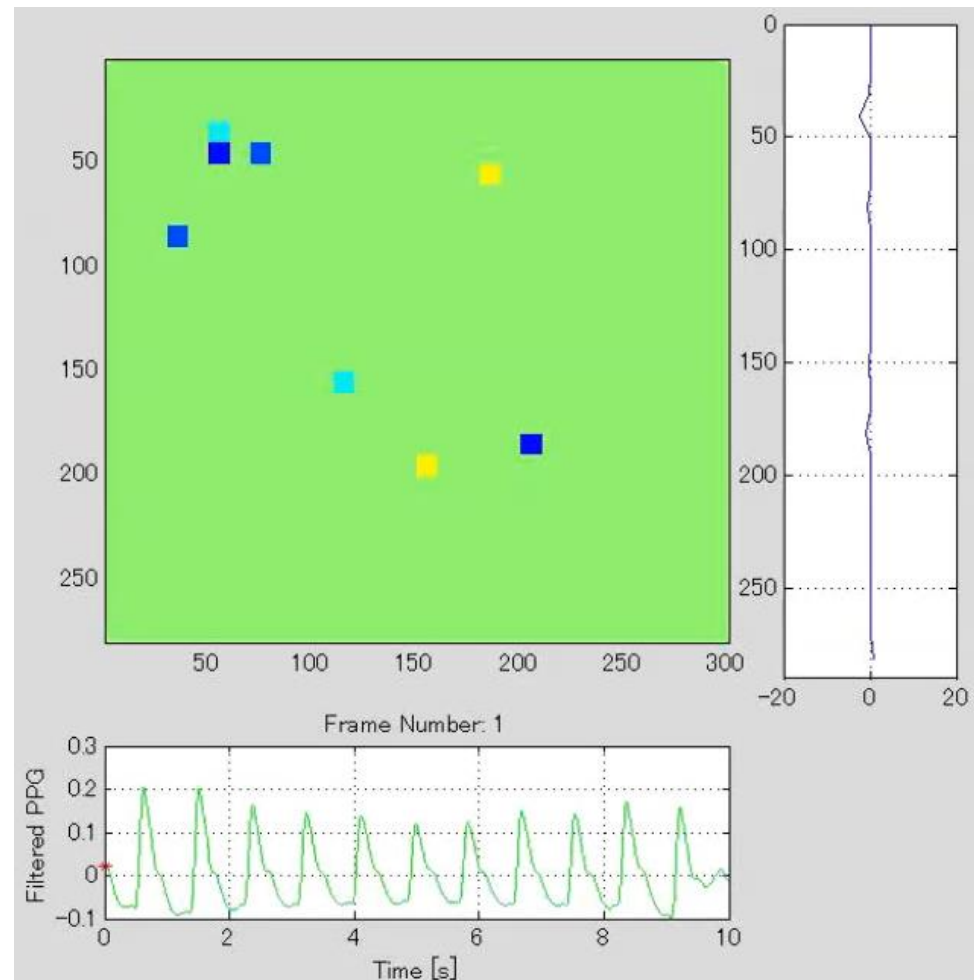
血行状態表示

セグメント毎の緑色平均
輝度信号の表示

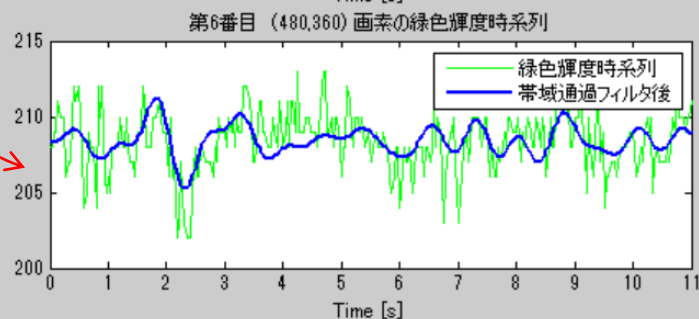
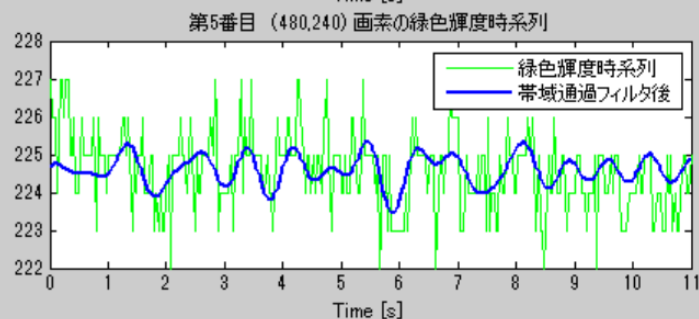
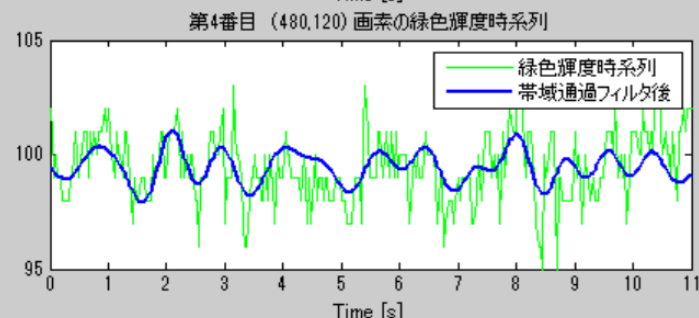
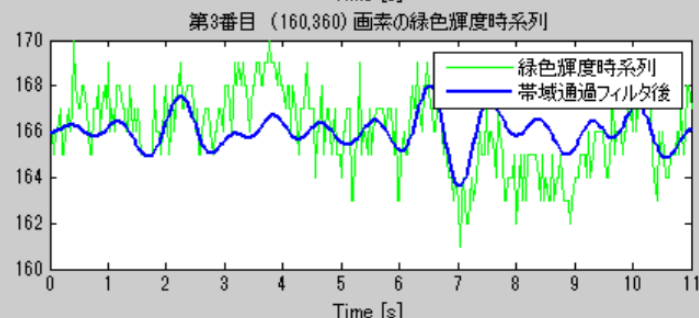
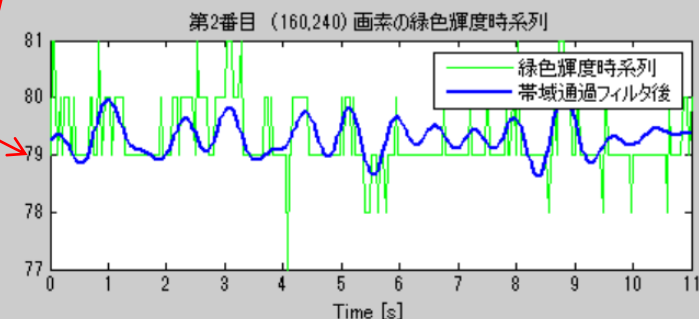
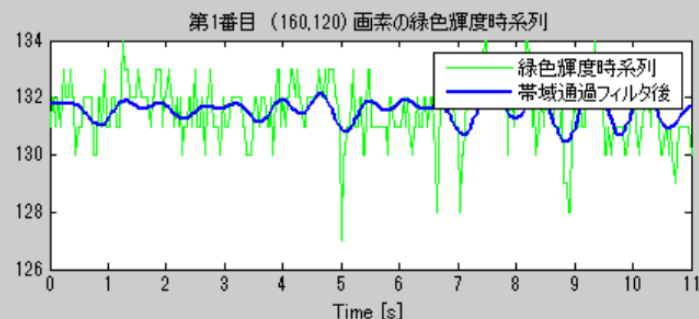
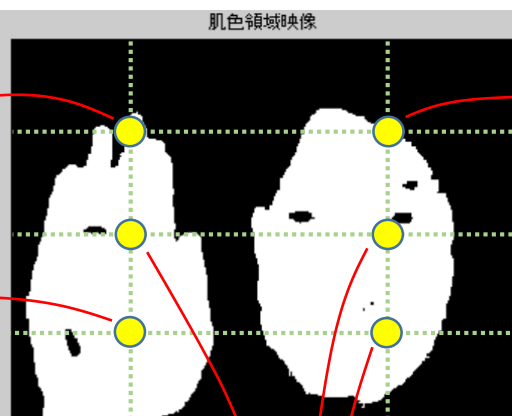


輝度値小 輝度値大

高い輝度と低い輝度のみ表示

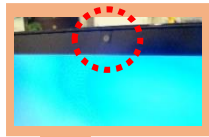


各画素の心拍成分は少ない

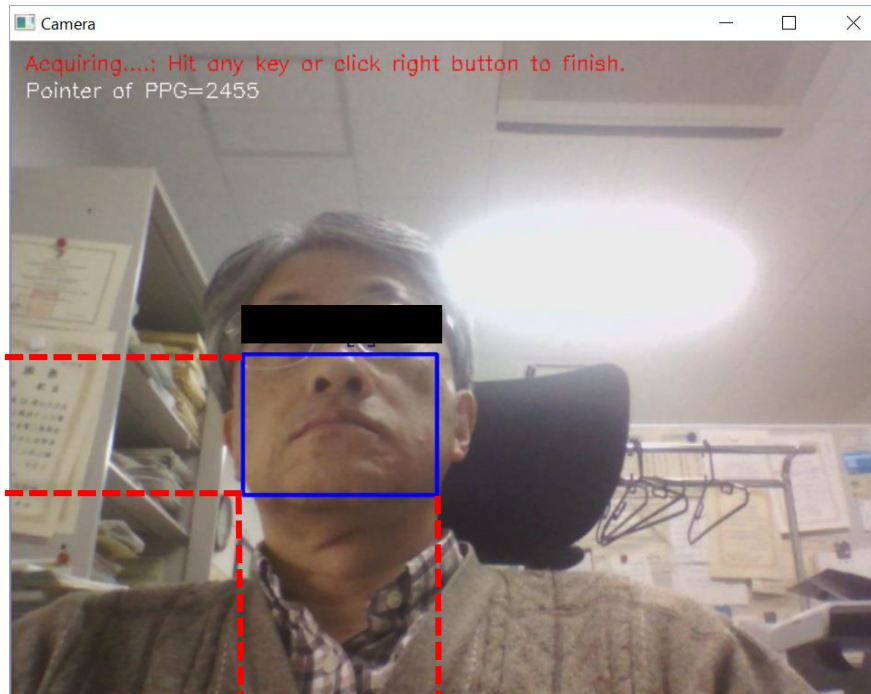


映像脈波と光電脈波の比較

ビデオカメラ: SONY VAIO Pro 11内臓フロントカメラ ExmorR for PC
(CMOSセンサー搭載HDウェブカメラ; 92 万画素, 30fps)



103 pixels



関心領域の
総画素数:
14,626

142 pixels

640 pixels

480 pixels



光電脈波計:
東京デバイスズ製IWS920
サンプリング周波数
409Hz

光源:

- 660nm(深い赤色)
- 900nm(近赤外線)

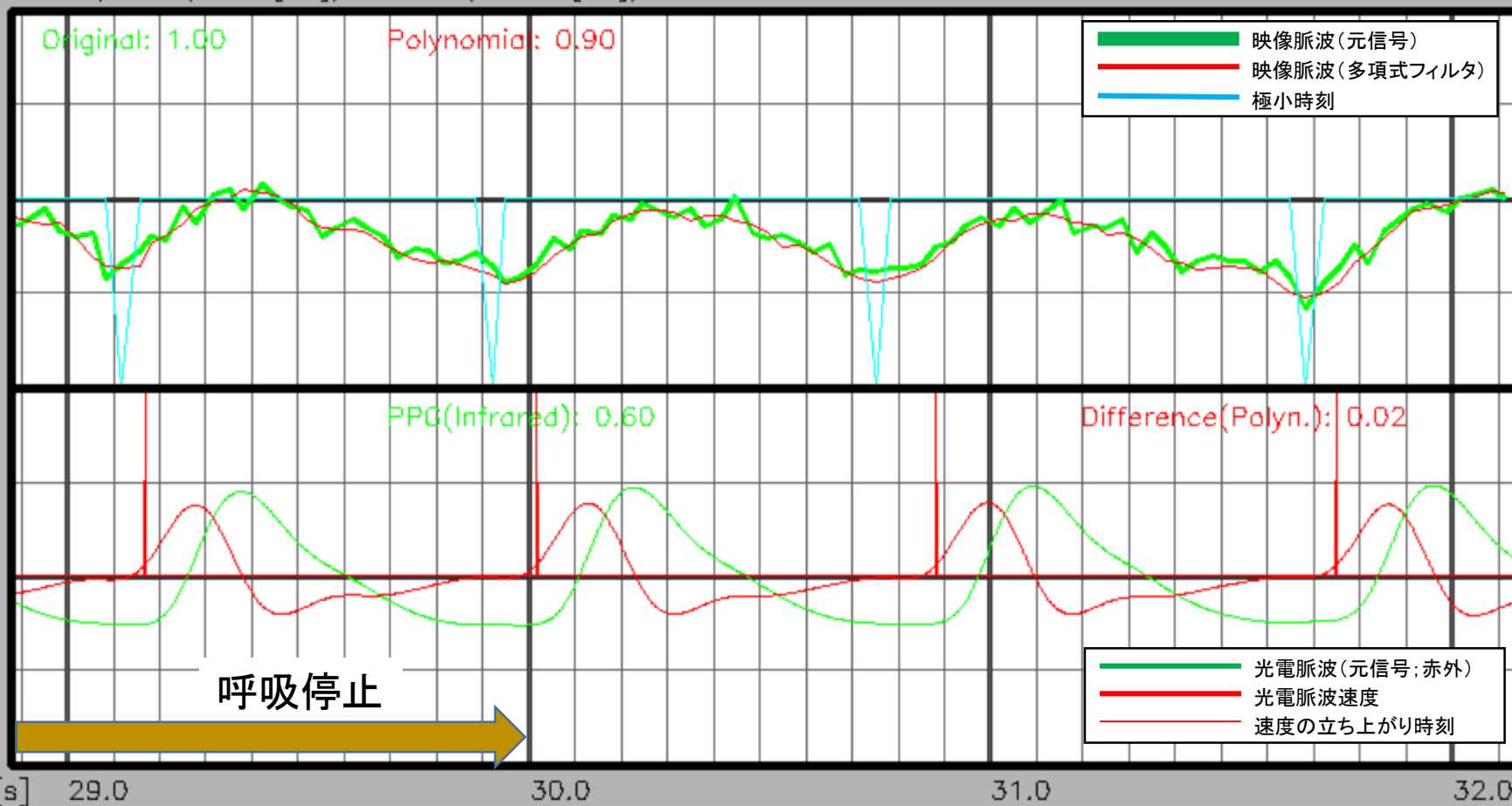
呼吸停止(30秒間)時の脈波信号(呼吸停止解除前後3拍)

Results

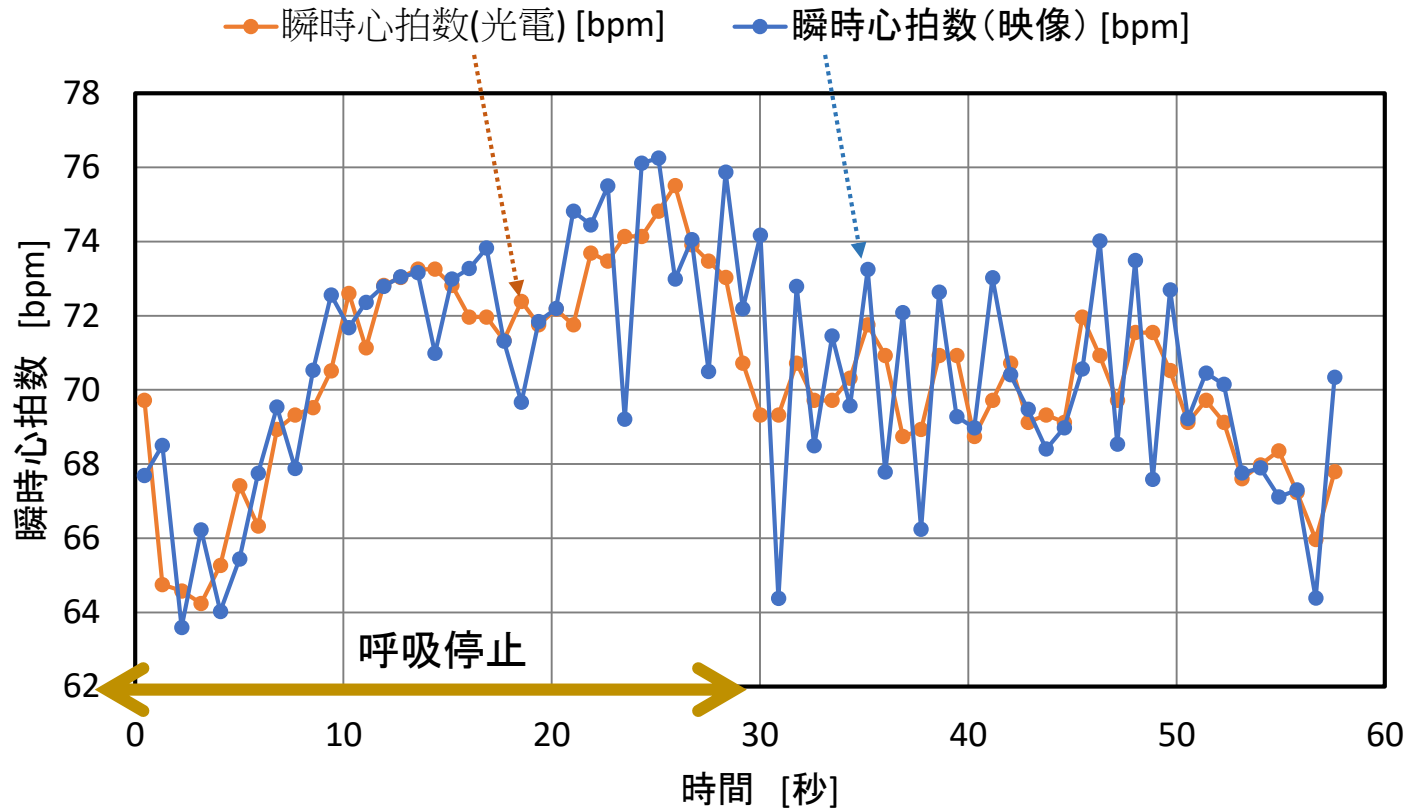
Video pulse (30.01[Hz]) & PPG (409.02[Hz])

映像脈波

光電脈波



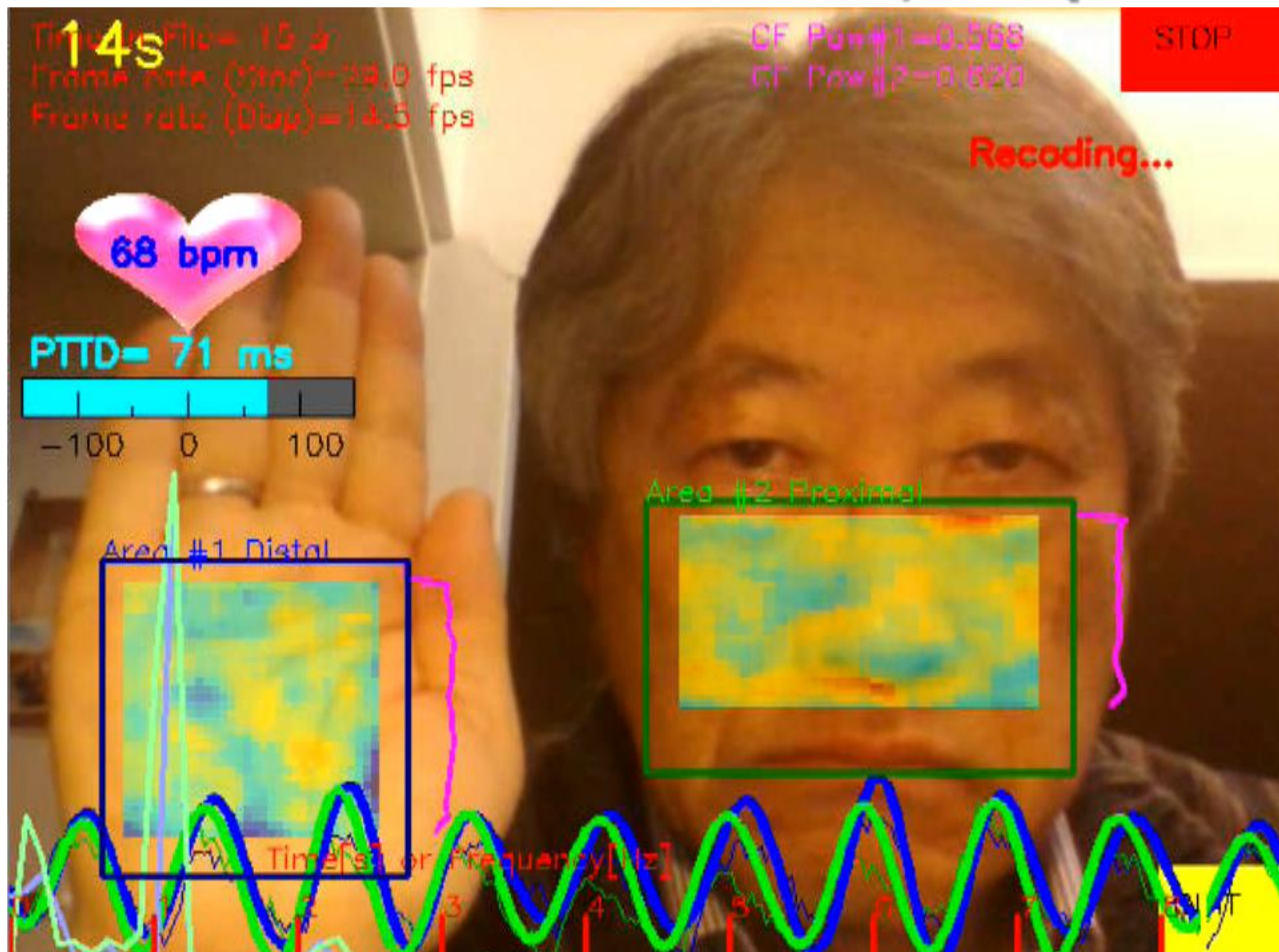
瞬時心拍数の推移



1分間(68 拍)の光電と映像の誤差

心拍間隔の誤差の平均値	19.53 [ms]
心拍間隔の相対誤差の平均値	2.29 [%]
心拍数の誤差の平均値	1.61 [bpm]
心拍数の相対誤差の平均値	2.29 [%]

表示例 (PCフロントカメラ, 30fps)



報道等

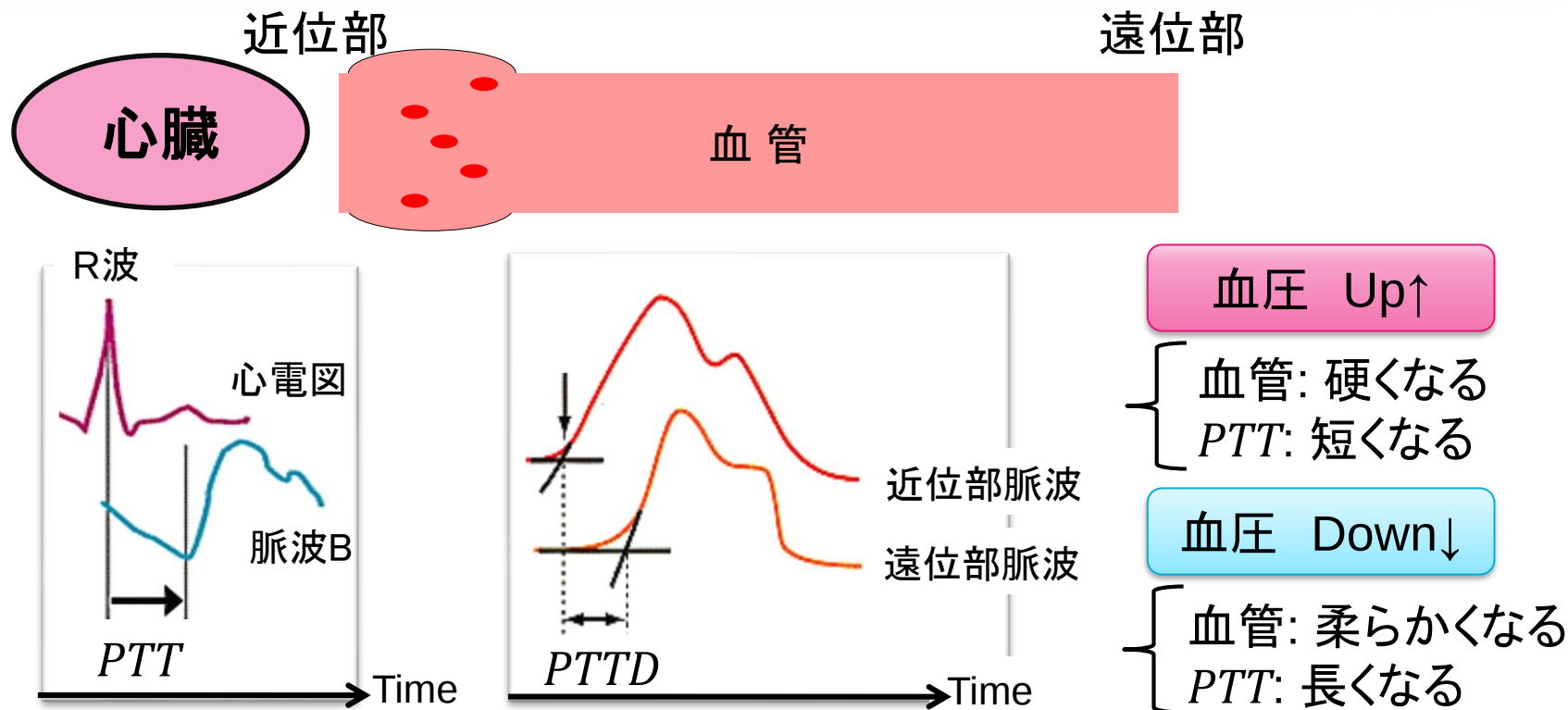
“前に立つだけで血行状態が映る「魔法の鏡」カメラ映像から可視化,” 日経デジタルヘルス, (Sep. 29, 2016)

“鏡の前に立つだけで血行状態を表示 東北大が装置開発,” 日刊工業新聞, (Oct. 4, 2016)

“血行状態モニタリング装置(魔法の鏡),” フジテレビ FNNみんなのニュース, (Nov. 5, 2016)

脈波伝播時間差による血圧情報抽出

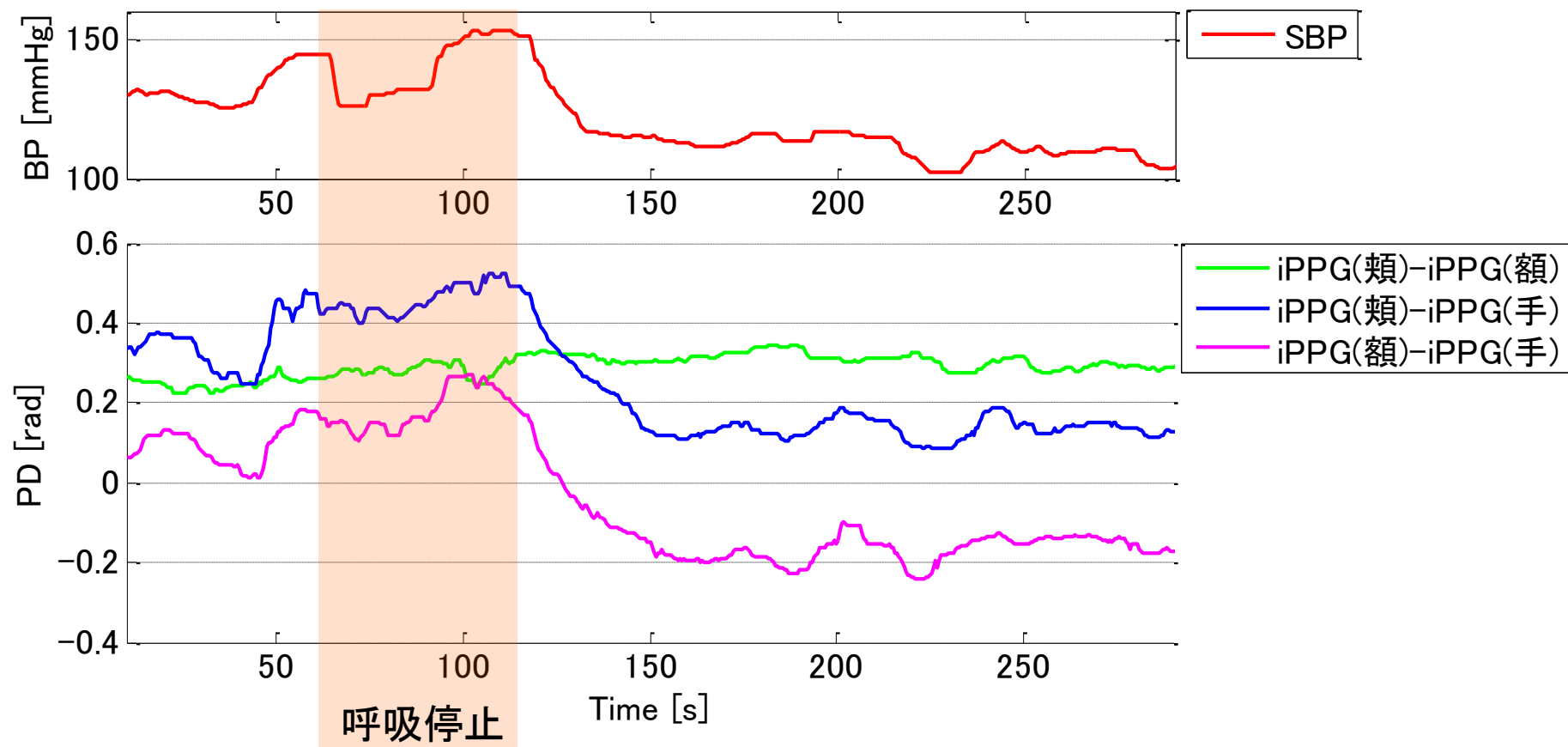
原理



- 脈波伝播時間: PTT (pulse transit time)
 - 脈波伝播時間差: $PTTD$ (pulse transit time difference)
- $PTT, PTTD$ と血圧 は負の相関

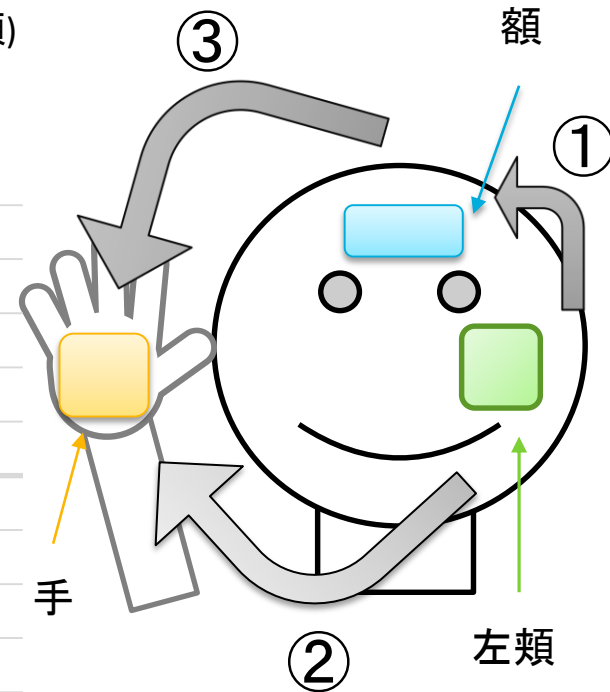
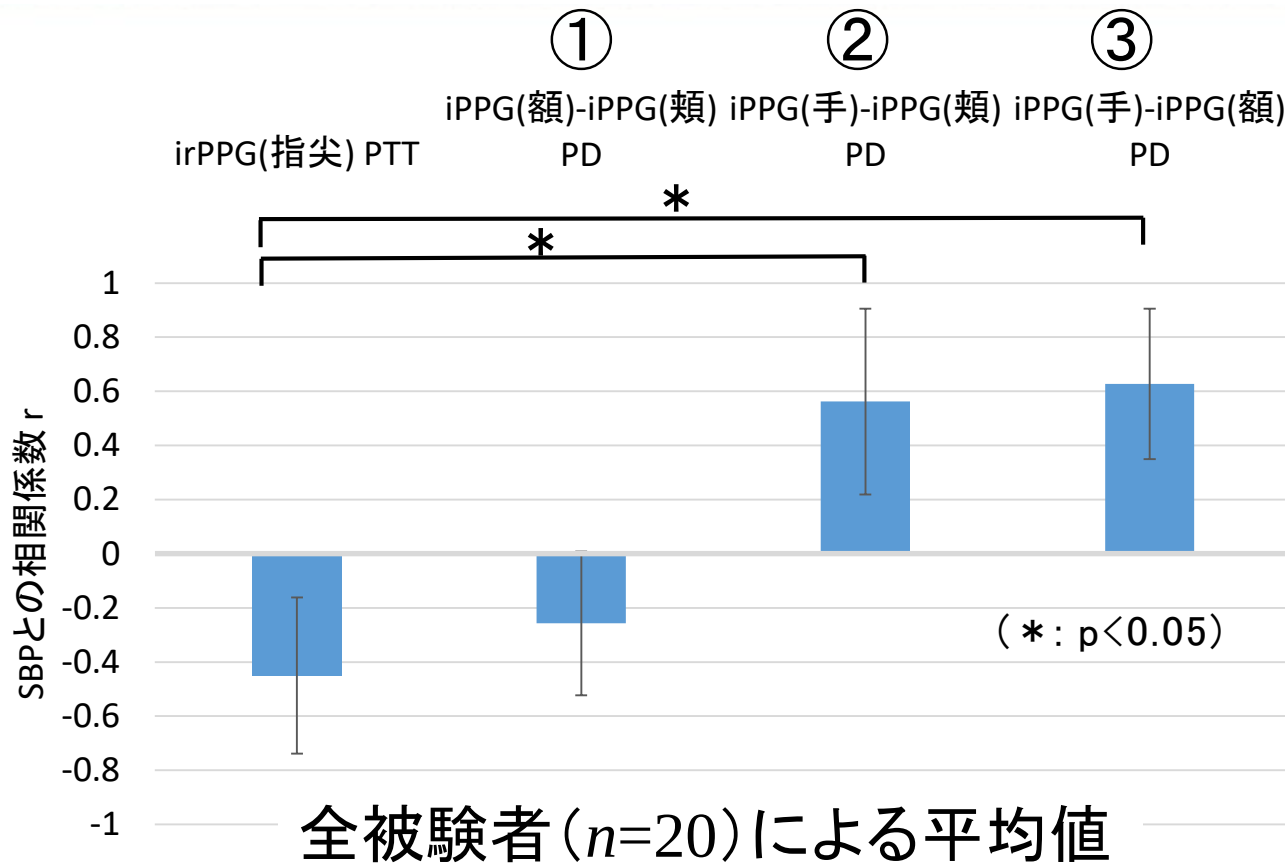
(波が管を伝播する速度 $\Rightarrow$ 硬い管ほど速く伝わる)

収縮期血圧SBPと脈波伝搬時間差PDの相関



- iPPG(手)が関連するPDがSBPに合わせた変動を示す
← 脈波伝播時間の原理からするとPDはSBPと反対の増減をするはず...

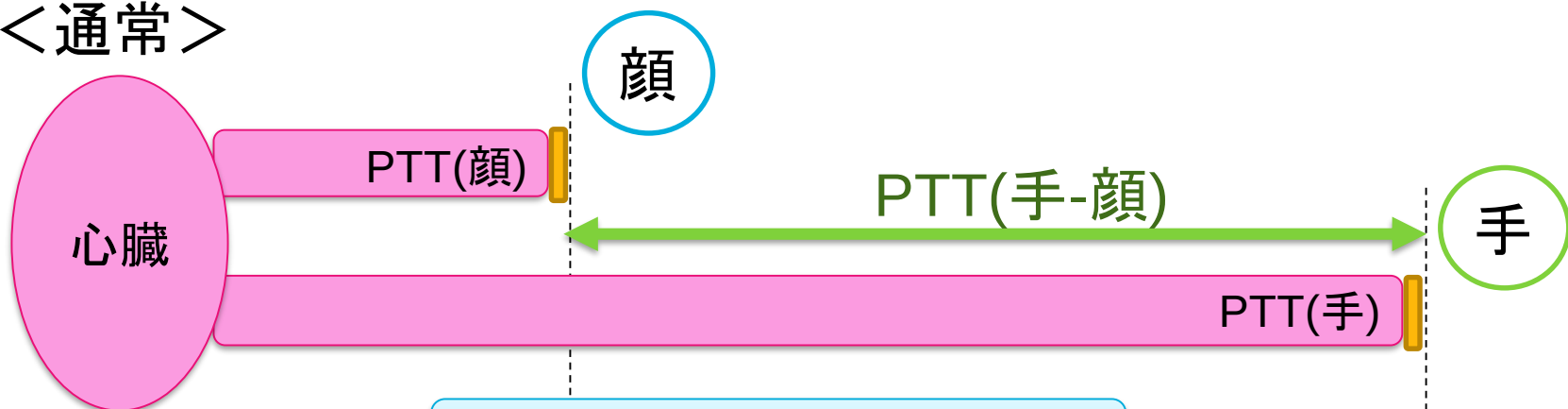
脈波伝搬時間と血圧の相関性の検証



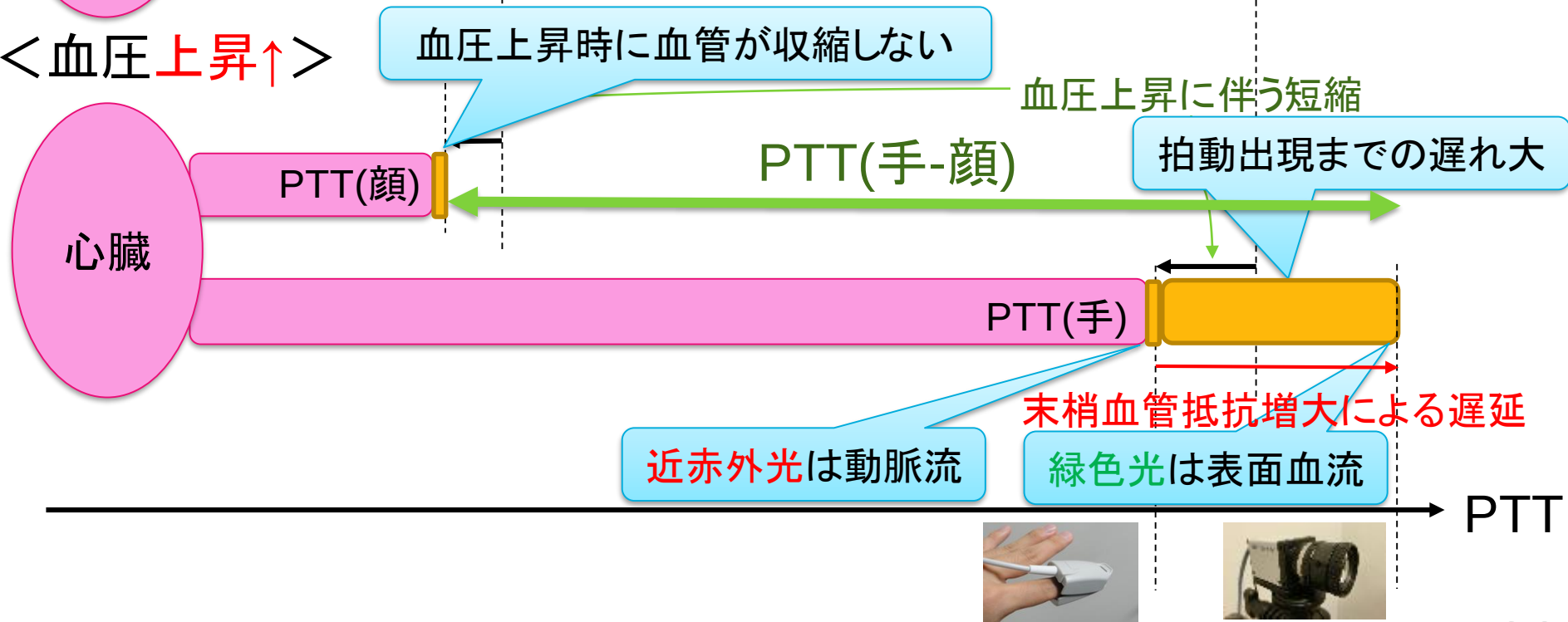
②手と頬の間, あるいは, ③手と額の間の脈波伝搬時間差は, 血圧変動と**正の相関**(相関係数0.6程度)をした. → **特許出願済み**

血圧上昇時に手のPTTが増加した要因の仮説

<通常>



<血圧上昇↑>



重回帰モデル

平均血圧

$$\hat{y}(k) = \mathbf{b}^T \mathbf{x}(k) = \begin{bmatrix} b_1 & b_2 & b_3 & b_4 & b_5 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 1 & PTTD(k) & HR(k) & PA_{\text{Distal}}(k) & PA_{\text{Proximal}}(k) \end{bmatrix}^T$$

平均値 (n=17) 被験者: 健常学生17名

相関係数=0.654 (±0.173)

推定誤差=5.03[%] (±1.52)

係数ベクトル $\mathbf{b}$:

b_1 : Bias [mmHg] = 126 (±66.1)

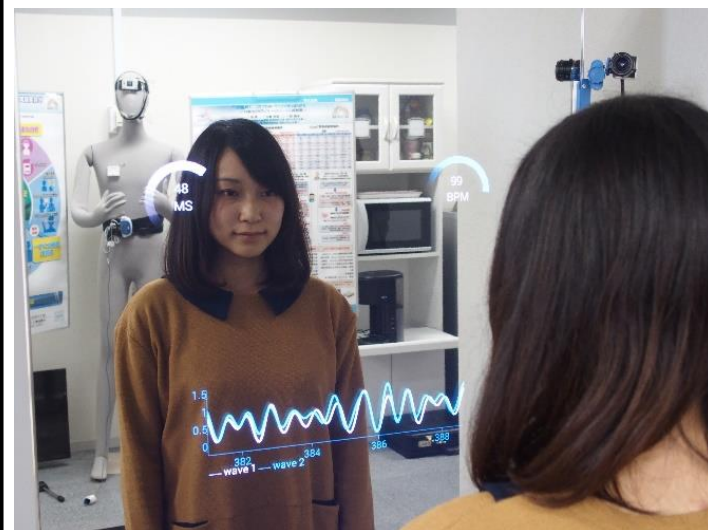
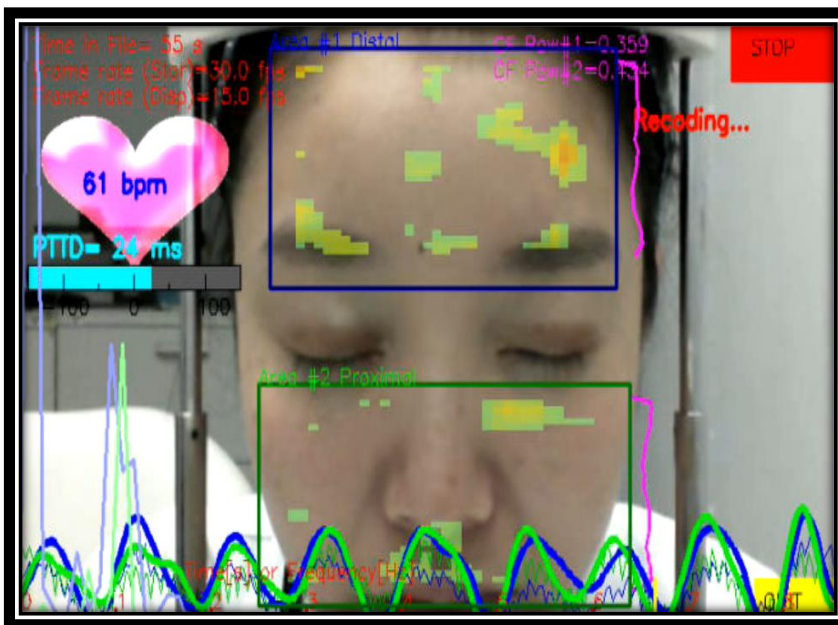
b_2 : 脈波伝搬時間差 PTTD [mmHg/ms] = 0.156 (±0.412)

b_3 : 心拍数 HR [mmHg/bpm] = -0.338 (±0.641)

b_4 : 脈波振幅 Pulse Amp.(Distal) [mmHg/a.u.] = -0.121 (±0.139)

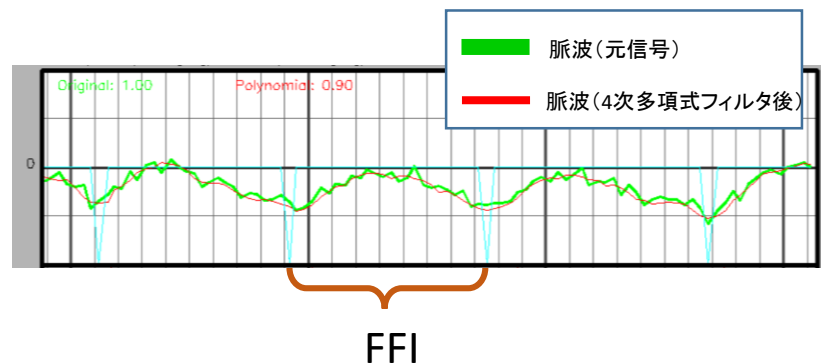
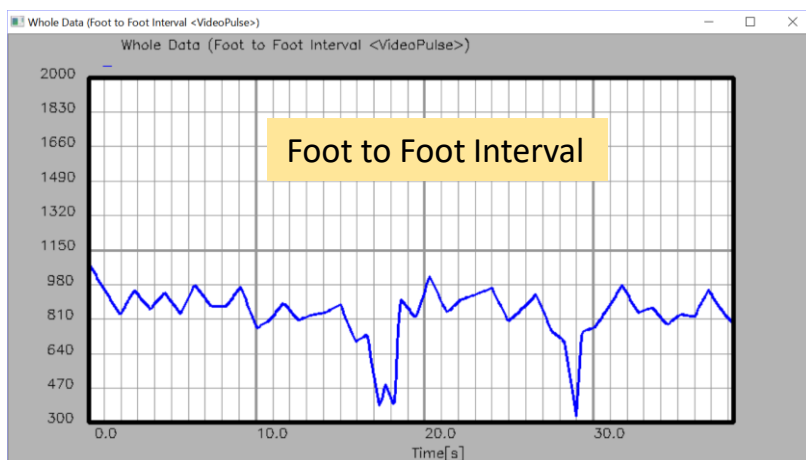
b_5 : 脈波振幅 Pulse Amp.(Proximal) [mmHg/a.u.] = -0.0659 (±0.145)

表示例

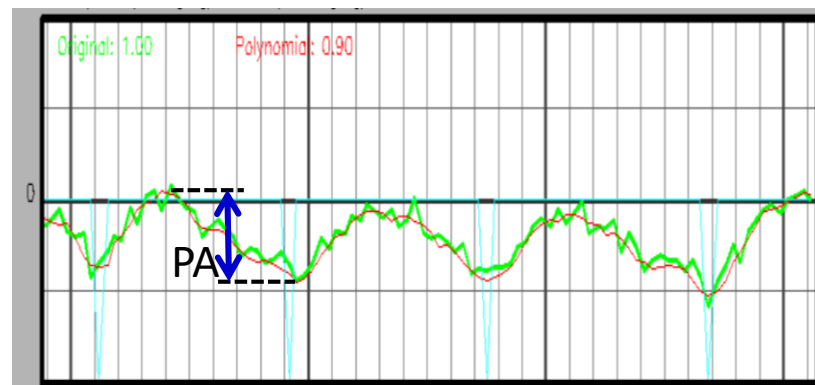
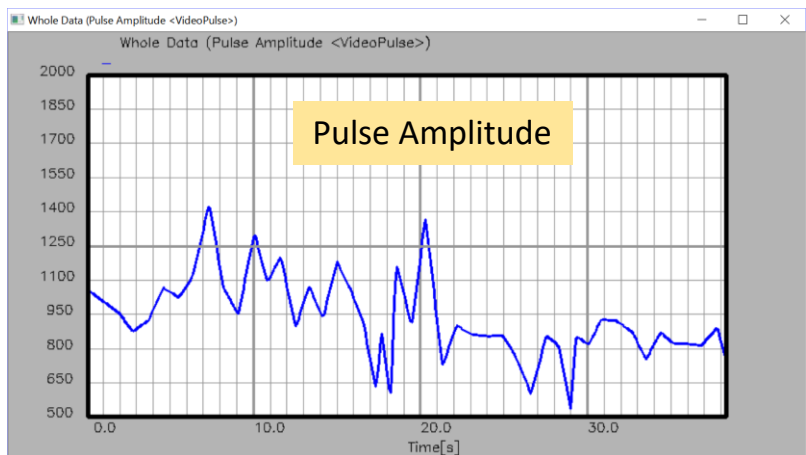


解析例

脈波から得られる拍毎の時系列情報

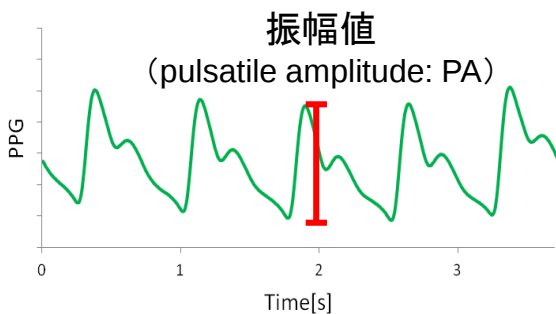


脈波のFoot to Foot Interval (FFI; 足から足の間隔), すなわち, 心拍間隔の時系列. 単位は[ms]

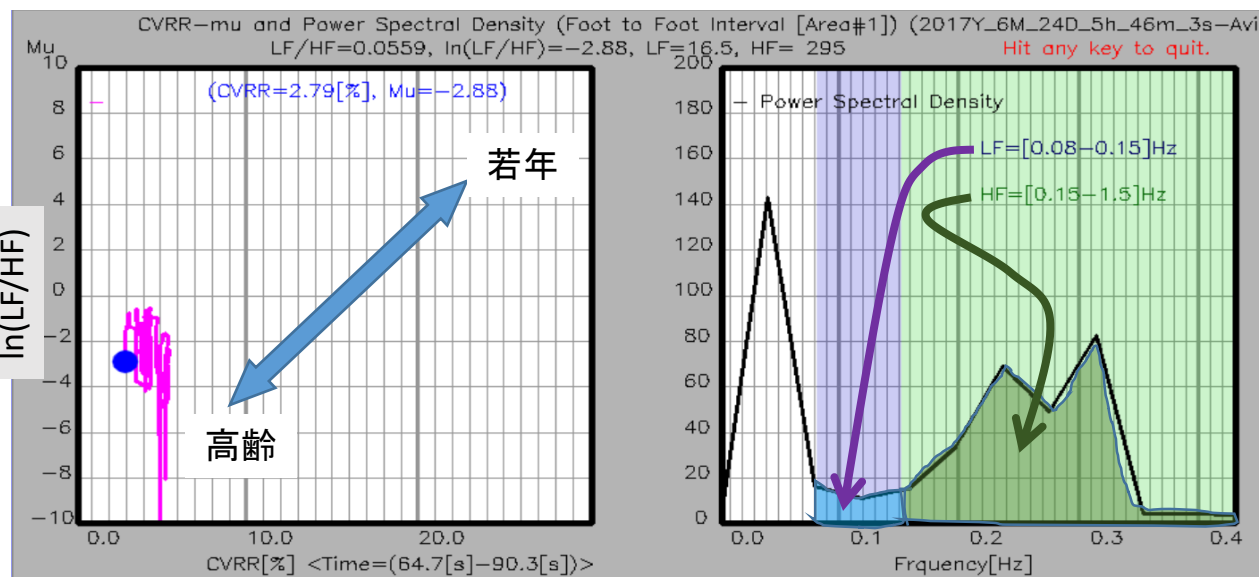
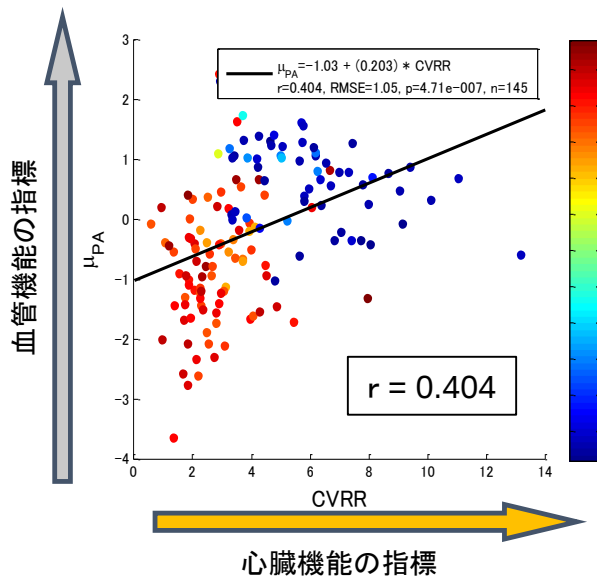
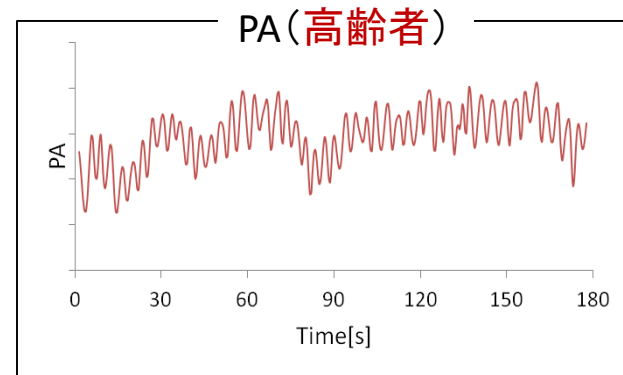
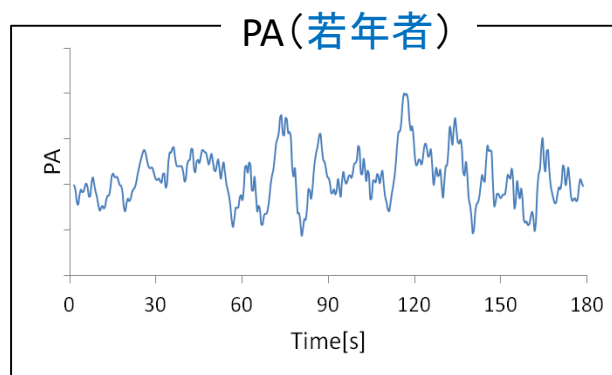


脈波のpulse amplitude (PA; 極大値と極小値の差)の時系列. 単位は任意(輝度最大値を255とする数値を1000倍したもの)

自律神経情報の抽出

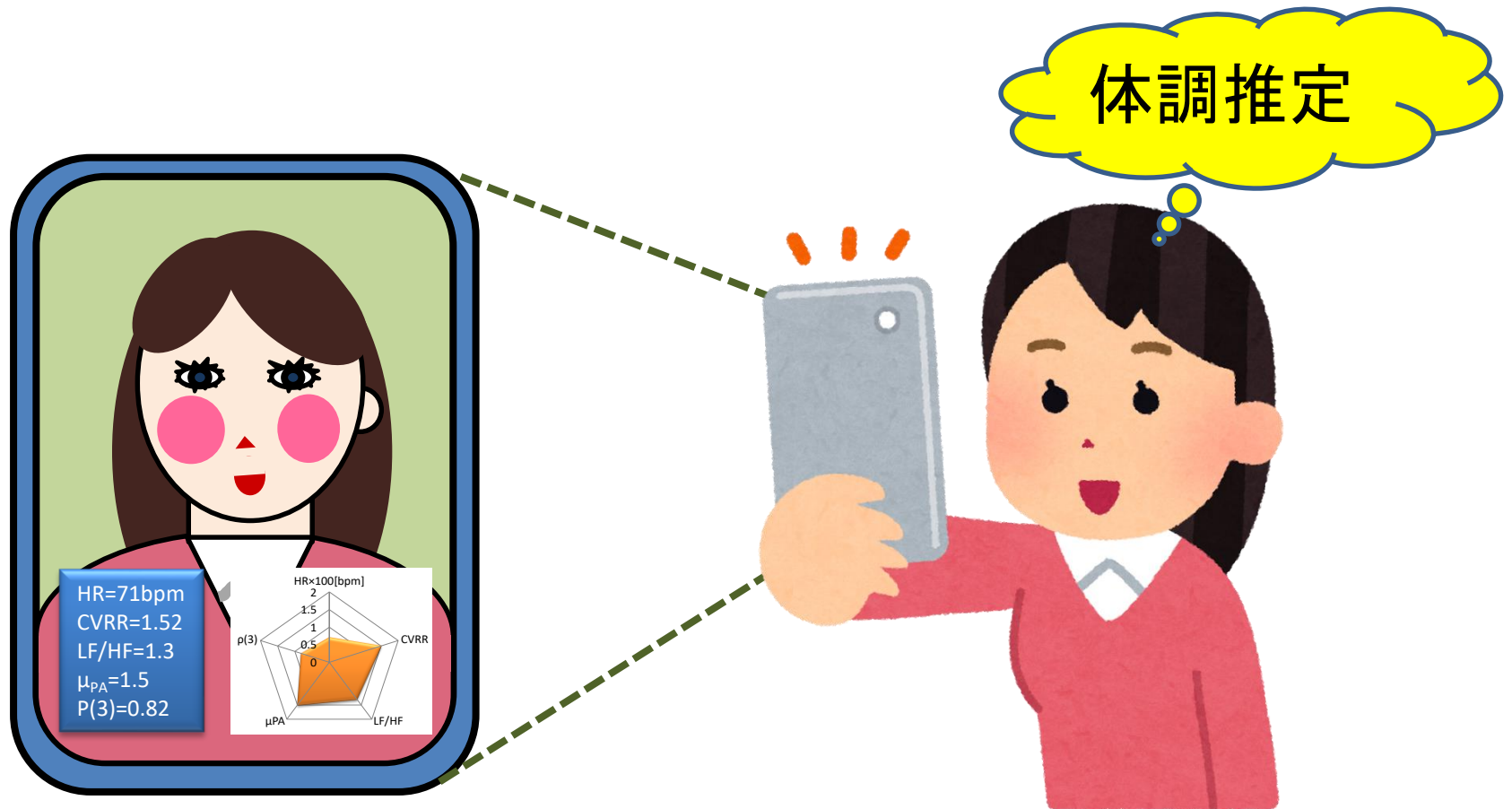


PA : 動脈の血流量を反映



$$CVRR = \frac{x(t) \text{の標準偏差}}{x(t) \text{の平均値}} \times 100 [\%]$$

スマートフォンへの展開



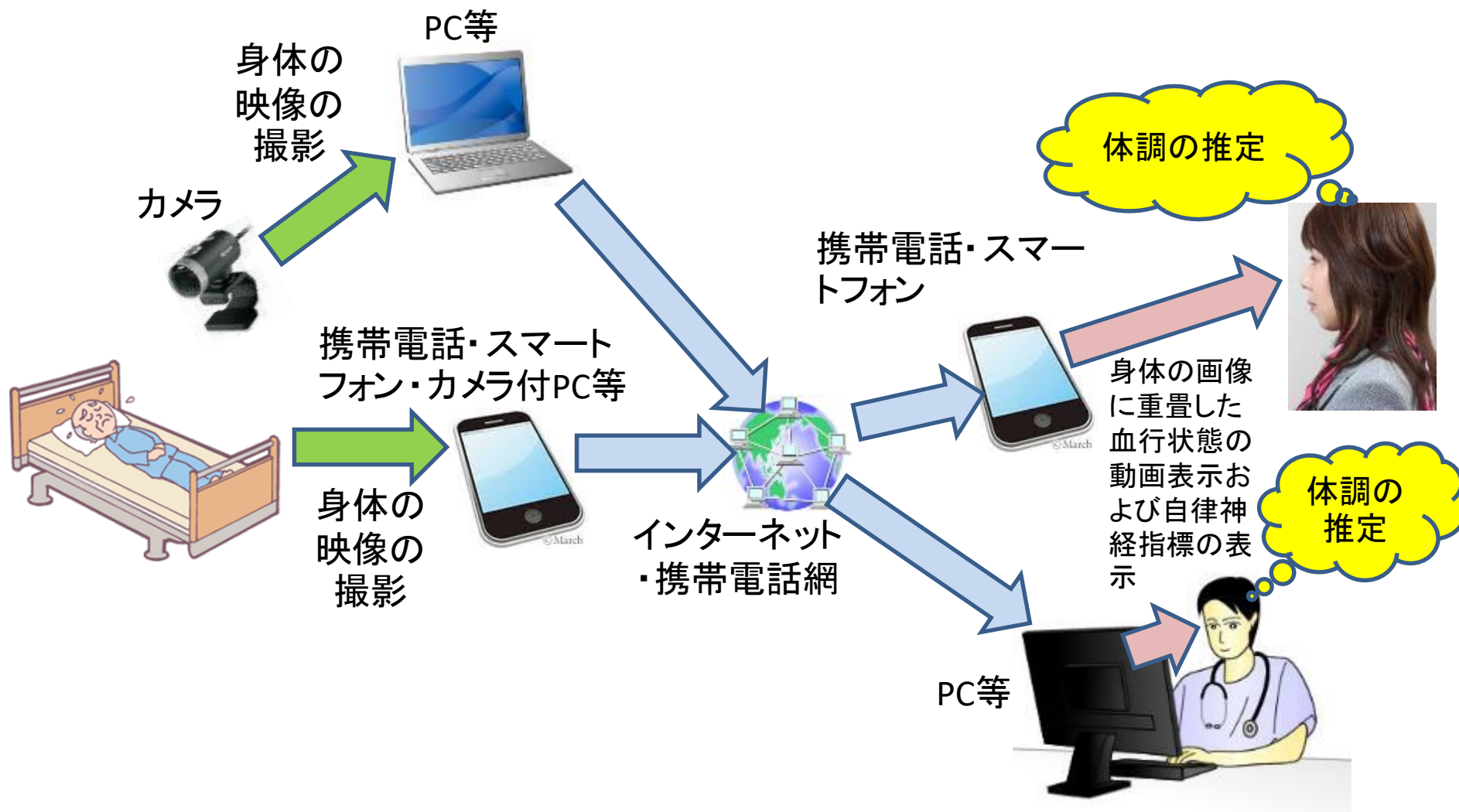
基本的な使用イメージ

血圧変動の推定 → 入浴後低血圧症の検出

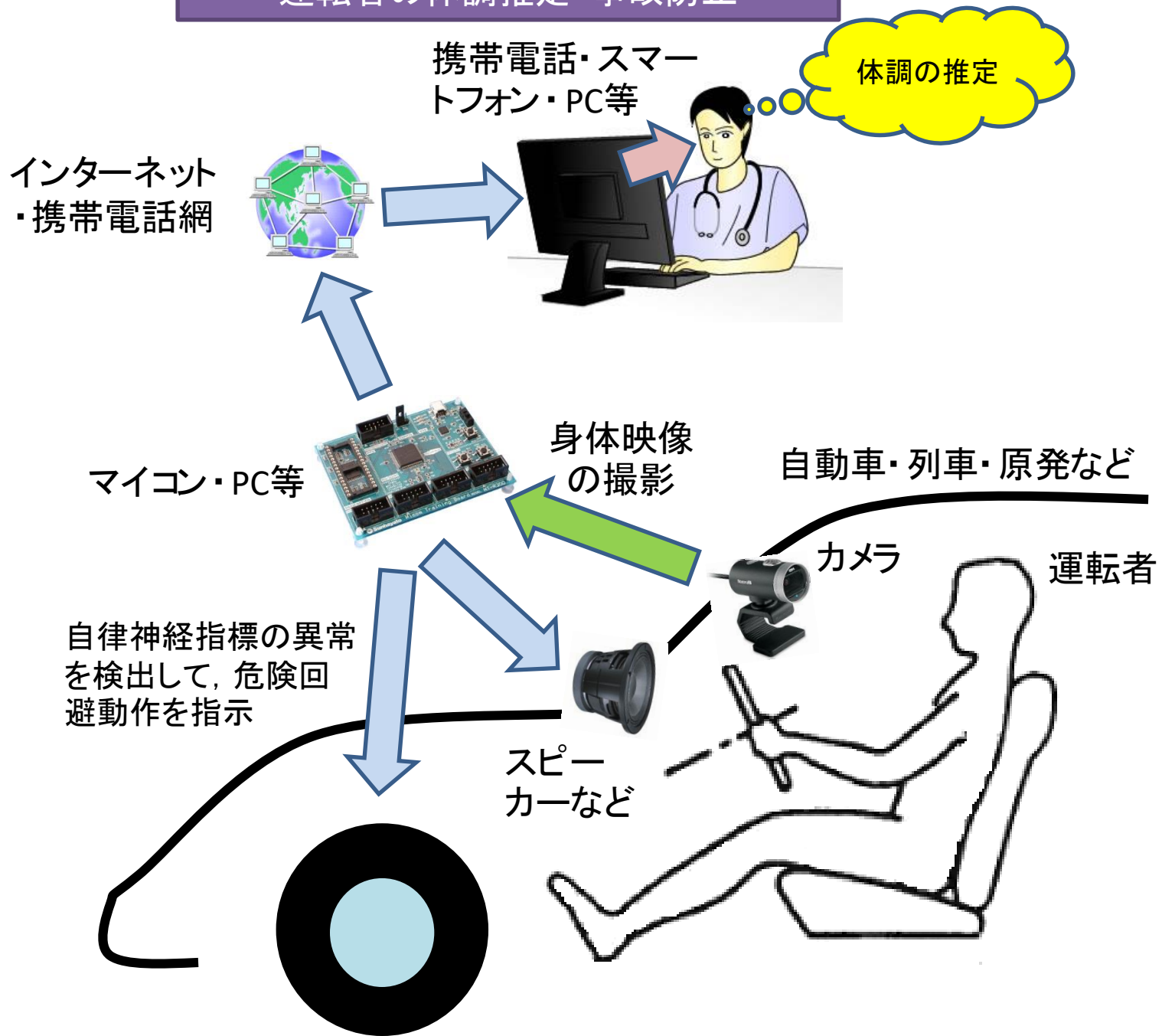


体調の推定

遠隔体調推定(遠隔健康管理・見守り)



運転者の体調推定・事故防止

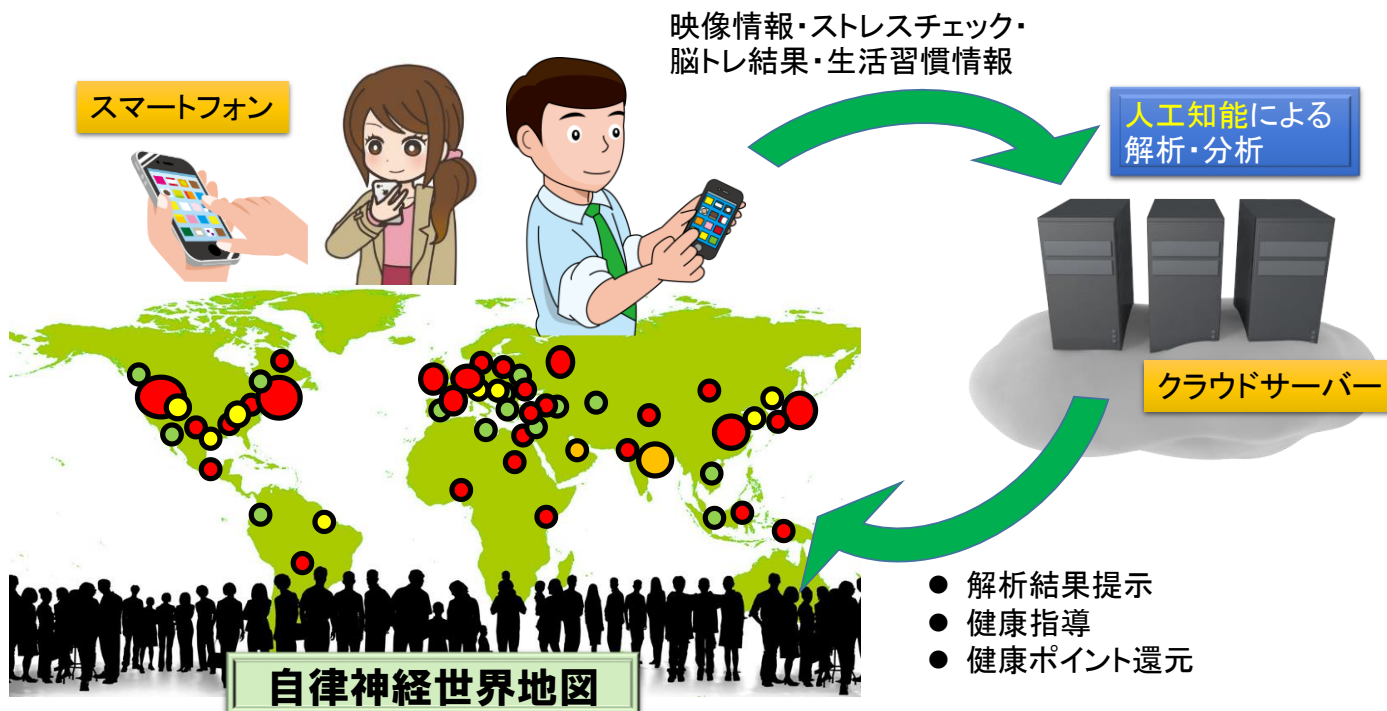


多様な応用システムの開発

- スマホでの実現
- データのサーバーへの伝送
- 遠隔からの体調管理
- 自動車内体調監視
- ロボットによる感情把握
- テレビ視聴者の感情分析
- アスリートの体調推定

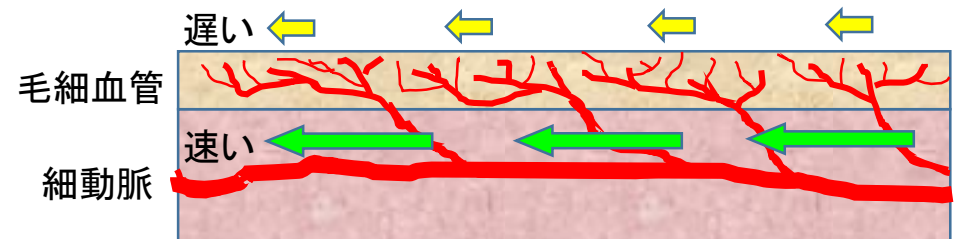
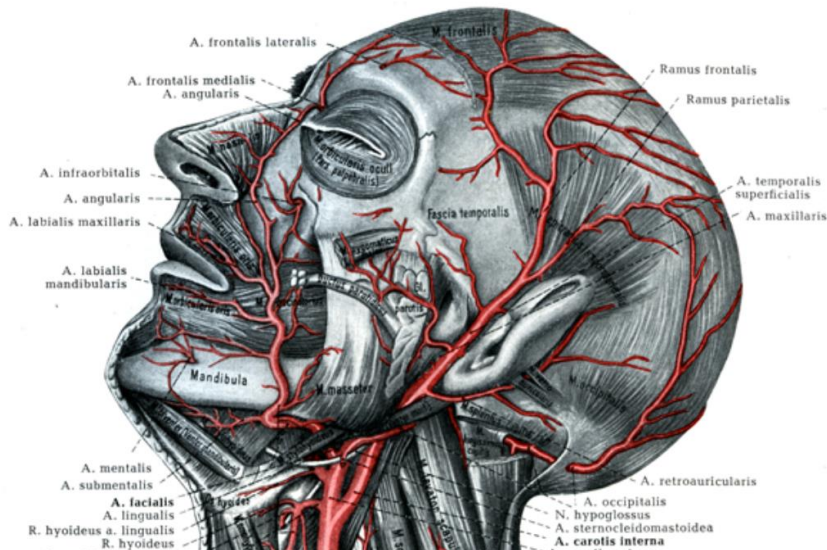
疾患との関連性の追求

- 自律神経系疾患
- 糖尿病性神経障害
- 不整脈などの心臓疾患
- 治療後の心臓リハビリ
- ビッグデータとしてのゲノム情報との関連



課題

- 体動および照度変化のキャンセル.
- 皮下血流と大血管血流の相違の解明.
- 血圧推定方法の高精度化.
- 自律神経に関係する症状との対応関係の明確化.
- 赤外線領域への拡張.
- 湯気対策



END

脈波関連知財

取得済特許:

1. 発明者: 山家智之, 丸山満也, 川田浩, 吉澤誠, 田中明, 杉田典大, 金野敏, 仁田新一, 西條芳文, 宗像正徳, 発明名称: 「血圧反射機能測定装置」(特許第4789203号), 登録日: 平成23年7月29日登録
2. 発明者: 古田律克, 吉澤誠, 山家智之, 杉田典大, 発明名称: 「情報処理プログラム, 情報処理装置, 情報処理システム, および情報処理方法」(特許第4936479号), 登録日: 平成24年3月2日登録
3. 発明者: ニツ山幸樹, 難波晋治, 中川剛, 吉澤誠, 杉田典大, 中村信志, 発明名称: 「空調装置」(特許第4968023号), 登録日: 平成24年4月13日登録
4. 発明者: 吉澤誠, 阿部誠, 杉田典大, ケンジ・バウ, 山中篤, 発明名称: 生体状況評価装置および生体評価信号算出方法(特許第5161671号), 登録日: 平成24年12月21日
5. 発明者: 吉澤 誠, 杉田典大, 狩野佑介, 山家智之, 発明名称: 自律神経機能測定装置(特許第5408751号), 登録日: 平成25年11月15日
6. 発明者: 古田律克, 阿部悟郎, 吉澤 誠, 杉田典大, 山家智之, 発明名称: 呼吸指示プログラムを記録した記録媒体、呼吸指示装置、呼吸指示システム、および呼吸指示処理方法, 特願2010-133425, (特許5578518), 登録日: 2014年7月18日
7. 発明者: 古田律克, 阿部悟郎, 吉澤 誠, 杉田典大, 山家智之, 発明名称: ゲームプログラム、ゲーム装置、ゲームシステム、およびゲーム処理方法, 特願2010-027970, (特許5656160), 登録日: 2014年12月5日
8. 発明者: 古田律克, 阿部悟郎, 吉澤 誠, 杉田典大, 山家智之, 発明名称: ゲームプログラム、ゲーム装置、制御方法、およびゲームシステム, 特願2010-012500, (特許5721067), 登録日: 2015年4月3日
9. 発明者: 高森哲弥, 吉澤 誠, 本間経康, 杉田典大, 阿部 誠, 田中 明, 発明名称: 脈波伝搬速度の測定方法およびシステム並びに撮像装置, (特許 6072893, 特願 2015-504122, 登録日: 2017年1月13日
<http://www.google.com/patents/WO2014136310A1?cl=ja>)

出願中特許:

1. 発明者: 吉澤 誠, 杉田典大, 阿部誠, 山家智之, 本間経康, 小原一誠, 発明名称: 生体情報計測装置及び生体情報計測方法, 出願番号: 日本出願: 特願2016-032467, 国際出願: PCT/JP2016/059253
(<http://www.google.com/patents/WO2016158624A1?cl=ja&hl=ja>)

脈波関連発表論文

1. Evaluation of autonomic nervous function for elderly people using electrocardiogram and plethysmogram. Proc. of SICE Annual Conference 2012, pp.1665-1668 (2012). Yoshizawa M, Sugita N, Abe M, *et al.*
2. A Great Impact of Green Video Signals on Tele-Healthcare in Daily Life, Especially for Rural or Disaster Areas, 35th Annual International Conference of the IEEE EMBS. Osaka, Japan, 3-7 July, 2013, Makoto Yoshizawa, Akira Tanaka, Norihiro Sugita, *et al.*
3. Discrimination ability and reproducibility of a new index reflecting autonomic nervous function based on pulsatile amplitude of photoplethysmography. 36th Annual Conference of IEEE Engineering in Medicine Biology Society 2014, 2014:1794-800, (August 2014), Y. Kano, M. Yoshizawa, N. Sugita, *et al.*
4. Evaluation of Baroreflex Function Using Green Light Photoplethysmogram in Consideration of Resistance to Artifacts. Advanced Biomedical Engineering, accepted, (2015). Makoto Abe, Makoto Yoshizawa, Kazuma Obara, *et al.*
5. Easy Extraction of Blood Pressure Variability from Body Video Images Using Simulink. Proc. of 37th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC 2015), (2015). Makoto Yoshizawa, Norihiro Sugita, Makoto Abe, *et al.*

脈波関連発表論文

6. Techniques for Estimating Blood Pressure Variation using Video Images. Proc. of 37th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC 2015), (2015). Norihiro Sugita, Kazuma Obara, Makoto Yoshizawa, *et al.*
7. Blood Perfusion Display Based on Video Pulse Wave. Proc. of 38th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC 2016), (2016). Makoto Yoshizawa, Norihiro Sugita, Makoto Abe, *et al.*
8. Non-Contact Blood Pressure Estimation Using Video Pulse Waves for Ubiquitous Health Monitoring, 2017 IEEE 6th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE 2017), (Osaka, Oct. 24-27, 2017), Makoto Yoshizawa, Norihiro Sugita, *et al.*
9. 血行状態ディスプレイ「魔法の鏡」を使ったゲームの可能性, エンタテインメントコンピューティングシンポジウム (EC2017), (仙台, 2017年9月16日-18日), 吉澤 誠, 杉田典大, 他
10. Contactless Technique for Measuring Blood-Pressure Variability from One Region in Video Plethysmography, Journal of Medical and Biological Engineering, (In press, 2018), Norihiro Sugita, Makoto Yoshizawa, Makoto Abe, Akira Tanaka, Noriyasu Homma, and Tomoyuki Yambe, 【一か所だけで血圧変動推定】