

2024年8月6日開催

高精度な心弾動図計測 および心拍間隔取得方法



Kumamoto University

熊本大学

大学院先端科学研究部 医工学部門

教授 伊賀崎 伴彦

背景

主な死因の構成割合*

1. 悪性新生物…24.3%
2. 心疾患…14.7%
3. 老衰…12.1%
4. 脳血管疾患…6.6%

⇒ 日常的に**心拍変動**を計測することで
早期発見・早期治療につながる

*厚生労働省「令和5年人口動態統計月報年計（概数）の概況」

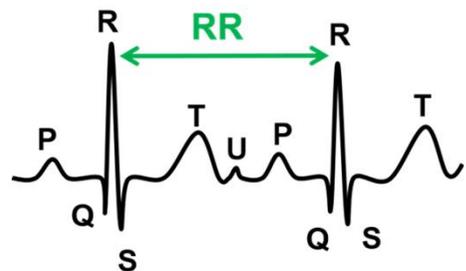
なぜ心拍変動？

心臓などの内臓は**自律神経系**（=**交感神経系**
+副交感神経系）に支配されている

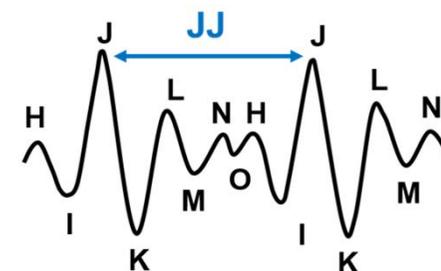
- **交感神経系**…心拍数や呼吸数を増し、骨格筋への血流量を増やす（心拍変動↓）
- **副交感神経系**…心拍数や呼吸数を減らしたり、血圧を下げたりする（心拍変動↑）

⇒ **自律神経系**の活動を評価できる

⇒ **自律神経系**に影響する疾患も推定できる



心拍を計測する方法



心電図

- 心拍測定の基本
- 心筋の活動電位
- 体動に影響されにくい
- 皮膚と直接接触が必要

心弾動図

- 椅子やベッドにセンサを仕込むことで容易に取得
- 心臓や血管の収縮による反力
- 皮膚との接触が不要
- 体動によるノイズが大きい

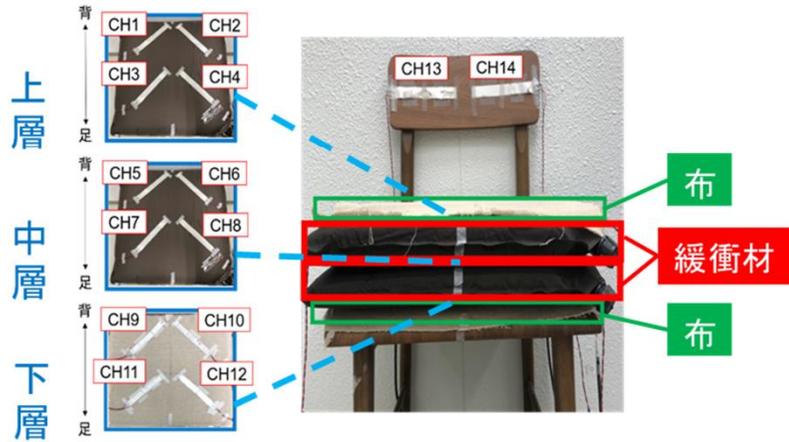
従来技術とその問題点

- 個人間の再現性に乏しいだけでなく個人内の再現性も乏しい
- 心電図（参照信号）に対する心拍数の一致不一致しか評価されていない（心拍間隔の一致不一致は評価されていない）
- 前項に関連し、結果の善し悪しの検討に心電図（参照信号）が必要

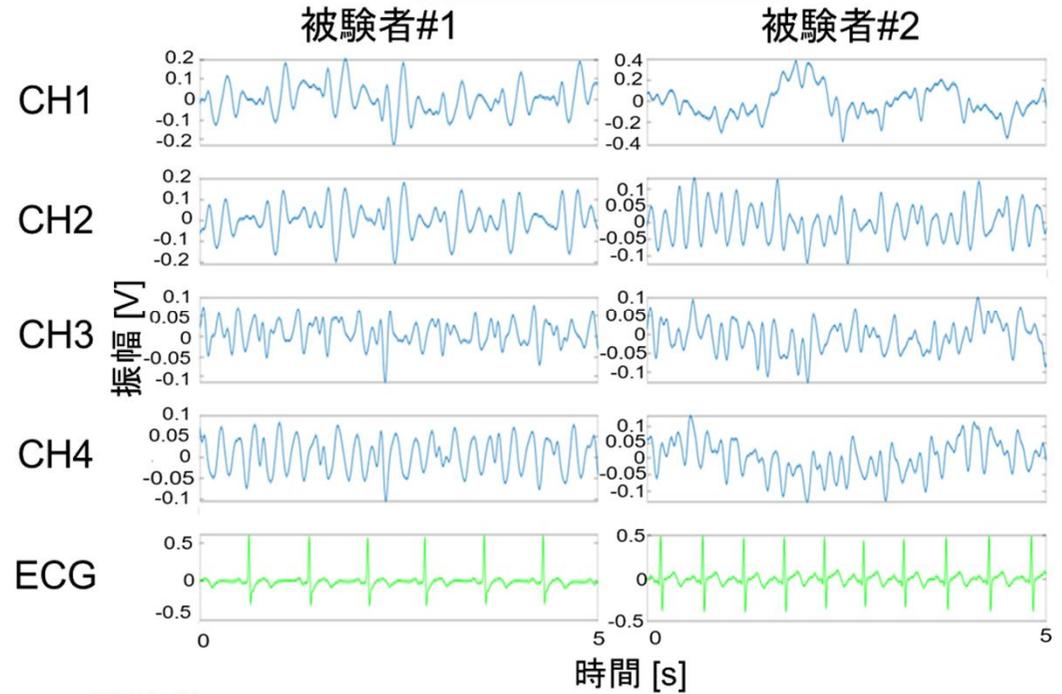
等の問題があり、実用化されるまでには至っていない。

われわれの先行研究

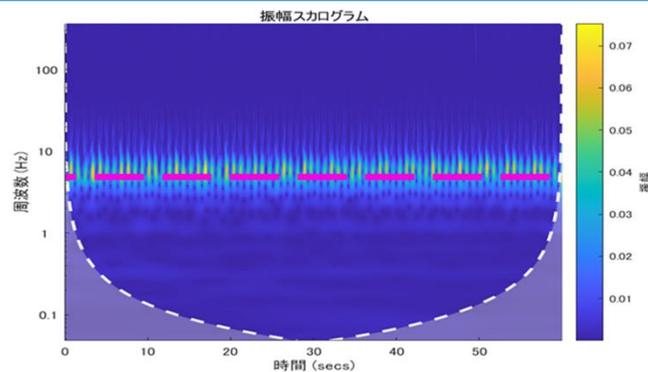
椅子型心拍計測装置の開発



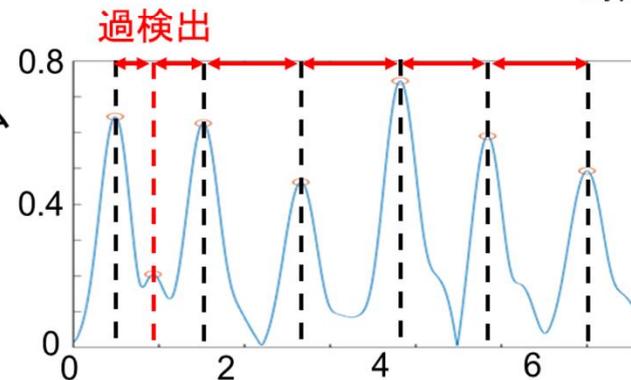
品質の再現性なし



連続ウェーブレット変換によるピーク検出



スカログラム
ピーク検出



心拍間隔誤差率

2.59 ± 8.12 [%]

安定した測定方法は
未確立

新技術の特徴・従来技術との比較 1/4

- 心弾動図計測方法（ハードウェア）と心拍間隔測定方法（ソフトウェア）のハイブリッド技術。

【従来技術】

- 発明の名称 生体振動情報モニタリング方法及び生体振動情報モニタリング装置
- 出願番号 特願2023-175892
- 出願人 熊本大学
- 発明者 伊賀崎伴彦、末山大勝

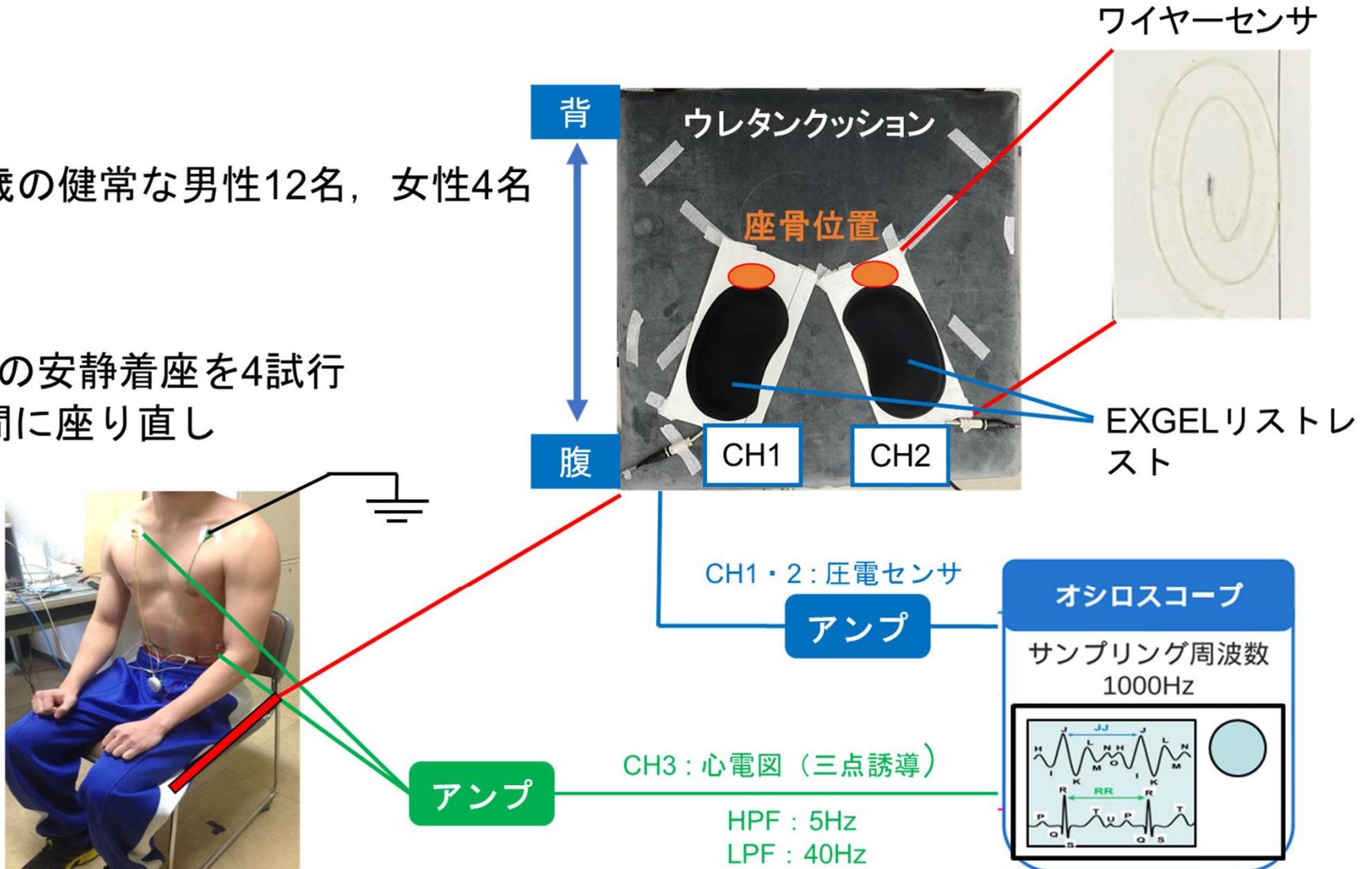
新技術の特徴・従来技術との比較 2/4

被験者

20~28歳の健常な男性12名，女性4名

実験

- 1分間の安静着座を4試行
- 試行間に座り直し



新技術の特徴・従来技術との比較 3/4

- 従来技術は個人間の再現性だけでなく個人内の再現性も乏しくかったが、本技術では心弾動図計測条件や心拍間隔測定アルゴリズムを確立したため、安定した心拍間隔取得が可能となった。
- 従来技術は心電図を参照信号とし、R波数（心電図に基づく心拍数）に対するJ波数（心弾動図に基づく心拍数）の同等性を評価していたが、本技術では心拍間隔の同等性（R-R間隔 対 J-J間隔）を評価しており、より厳格である。

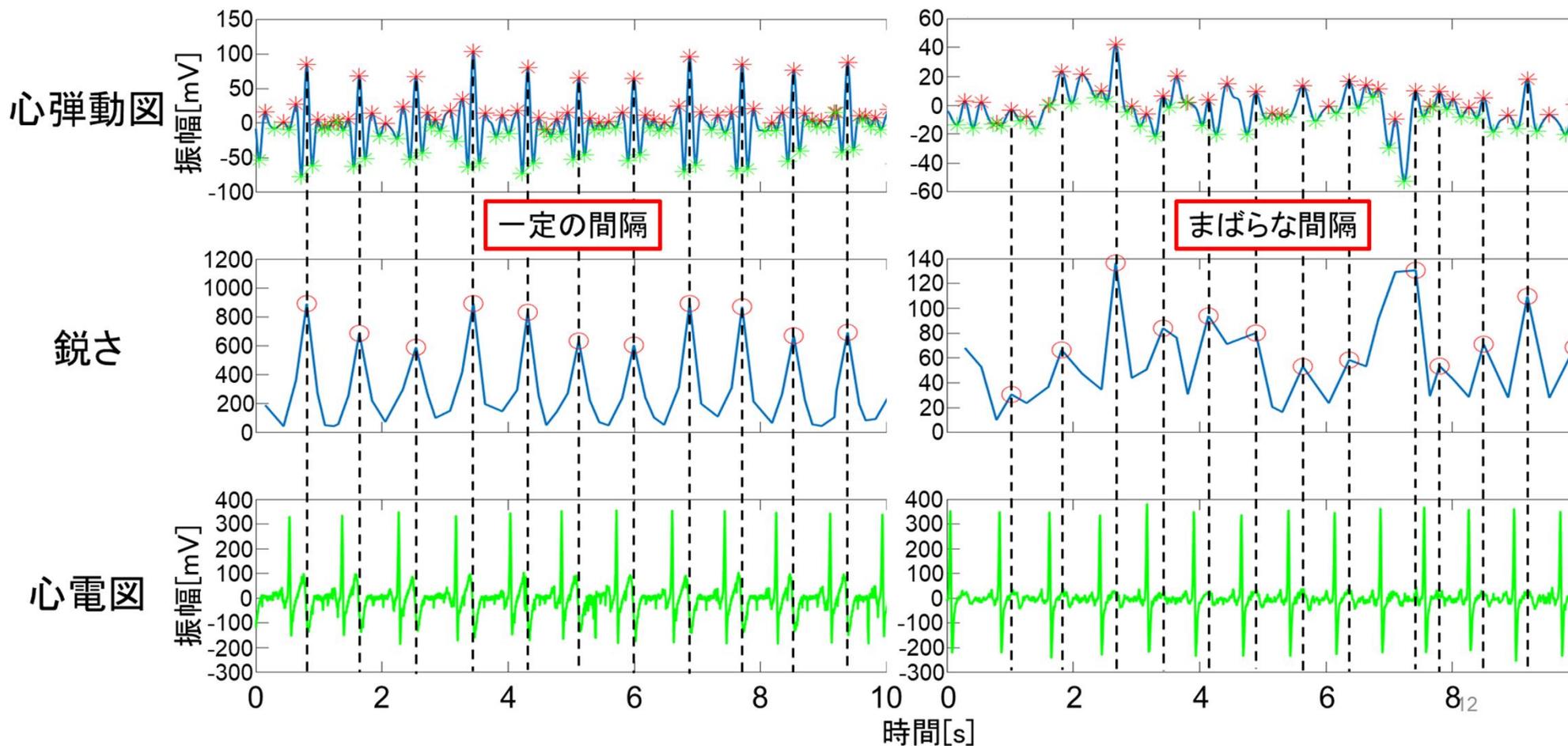
新技術の特徴・従来技術との比較 4/4

- 従来技術は参照信号として心電図を必要としたが、本技術では「プラトー比」を考案することにより、心弾動図だけで心拍間隔の同等性推定を可能とするだけでなく、従来技術にはない信号の品質評価も可能とした。
- 本技術の適用により、心電図計測に基づく心拍間隔測定と同等の測定ができるため、信頼性の高い自律神経系活動評価が期待される。

「プラトー比」による信号の品質評価 1/4

被験者#10 1試行目

被験者#15 1試行目

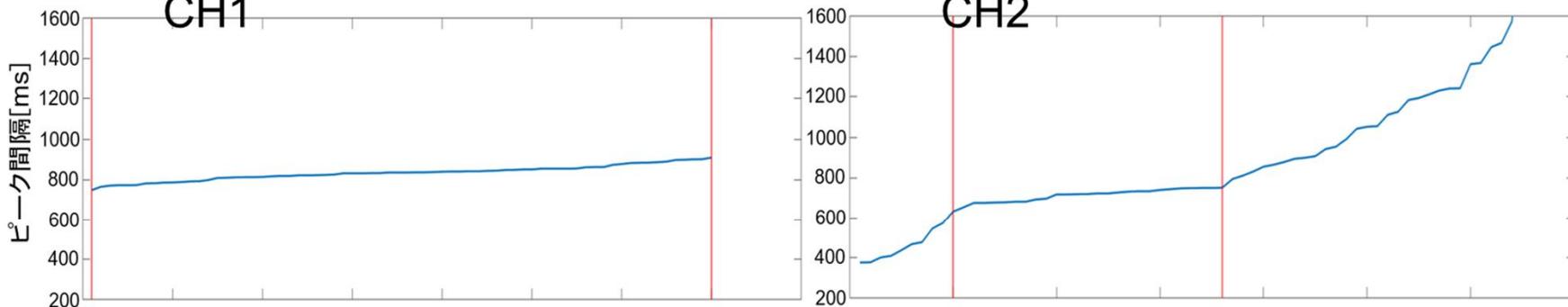


「プラトー比」による信号の品質評価 2/4

被験者#10 1試行目
CH1

被験者#15 1試行目
CH2

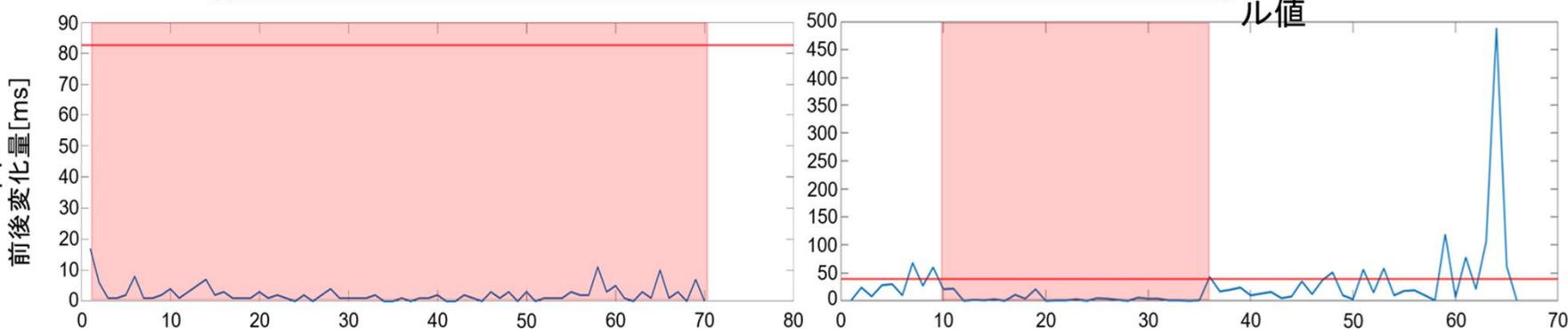
間隔ソート



$$\text{変化量閾値} = Q_3^2 \times \frac{1}{\text{median} \times \log_{10}\{\text{median} + 1\}} \times \frac{1}{\log_{10}(\text{mean})}$$

Q_3 : 75パーセンタイル値

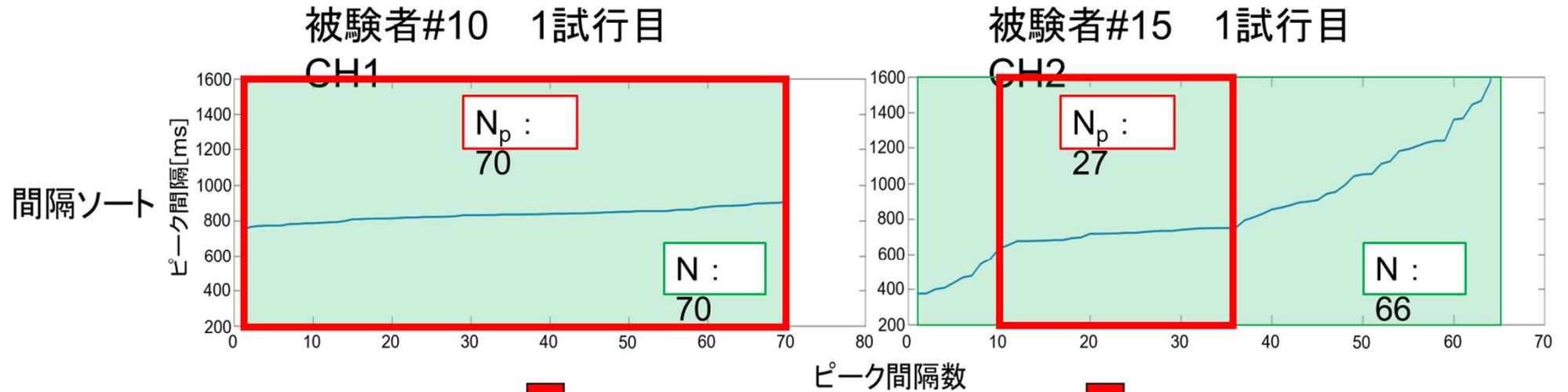
前後変化量



平坦範囲(プラトー範囲)

ピーク間隔数

「プラトー比」による信号の品質評価 3/4



信号品質評価指標

$$\text{plateau ratio} = \frac{N_p}{N}$$

plateau ratio = $\frac{70}{70} = 1.0$

plateau ratio = $\frac{27}{66} = 0.41$

平坦領域内の間隔数：
 N_p 間隔の総数：
 N

最大1.0で値が高いほど高品質

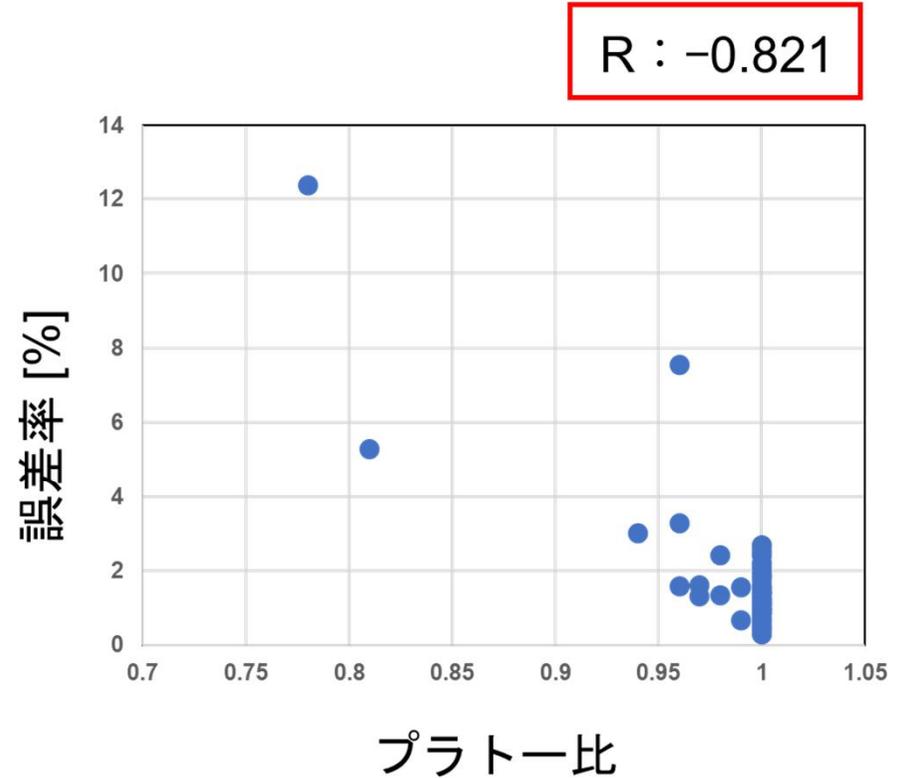
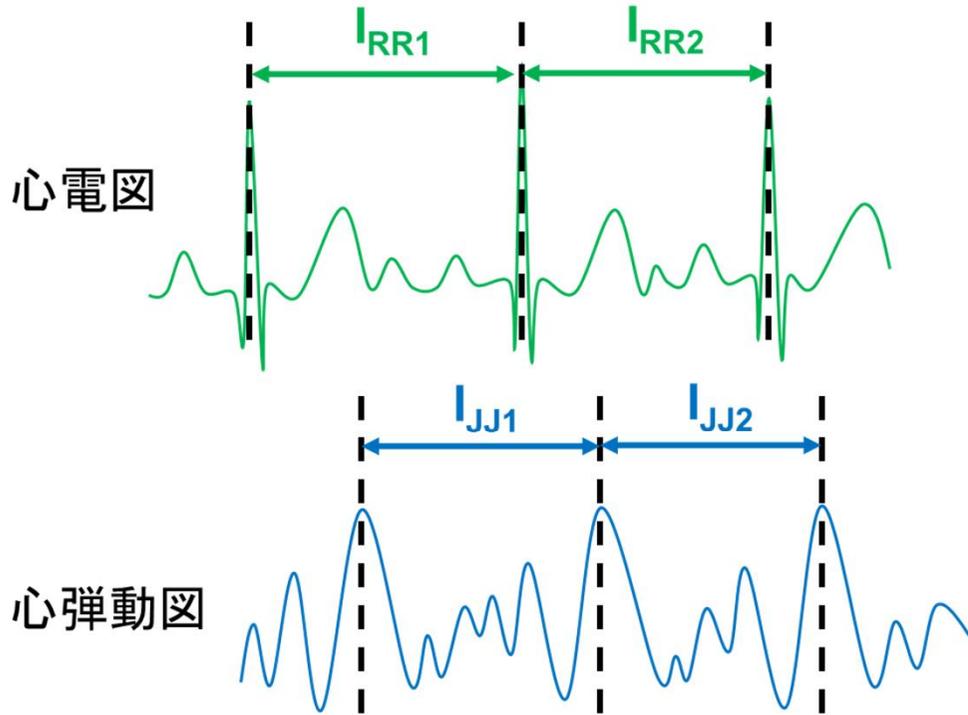
「プラトール比」による信号の品質評価 4/4

誤差率

$$\varepsilon = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| 1 - \frac{I_{RRi}}{I_{Jji}} \right| \times 100 [\%]$$

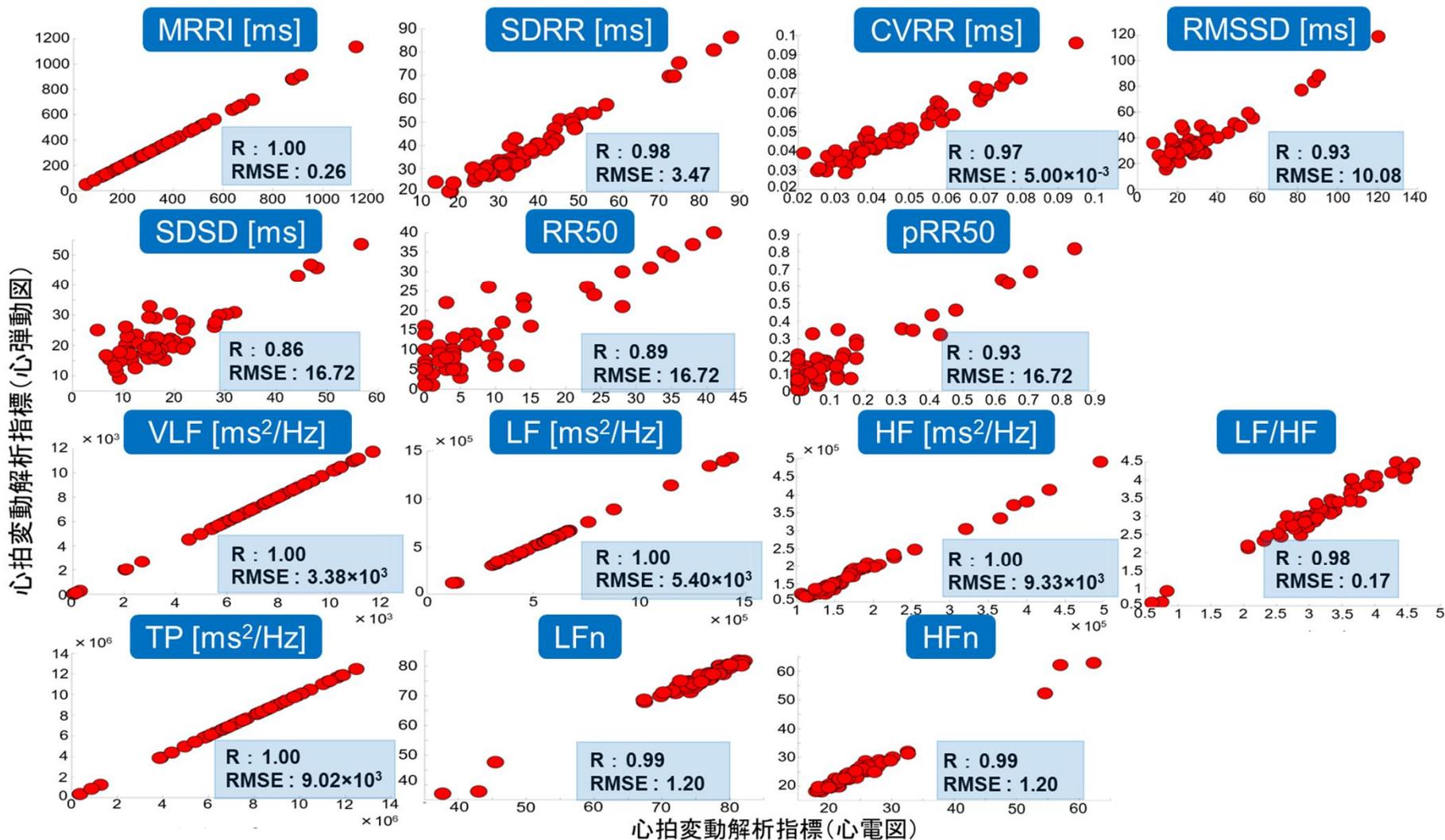
平均誤差率

64データ: 1.69 ± 1.71 [%]
59データ: 1.31 ± 0.57 [%]



心拍変動解析(心電図 対 心弾動図)

時間
周波数



想定される用途

- 本技術の特徴を生かすためには、**日常的に体調をチェックするような組織**に適用することで、体調起因の事故軽減のメリットが大きいと考えられる。
- 上記以外に、**血圧測定を日常とするような個人**に適用することも期待される。
- また、視床下部が自律神経系を支配していることから、**特定の感情（例えば快-不快）の評価に展開**することも可能と思われる。

実用化に向けた課題

- 現在、被測定者に座り方を指示した条件で安定した心拍間隔を取得可能なところまで開発済み。しかし、被測定者の座り方を任意とした条件は未検討である。
- 実用化に向けて、被測定者の座り方に依存せず安定した心拍間隔を取得できるよう技術を確立する必要がある。
- 実用化のその先に向けては、体動によるノイズや環境によるノイズの解決が必要。

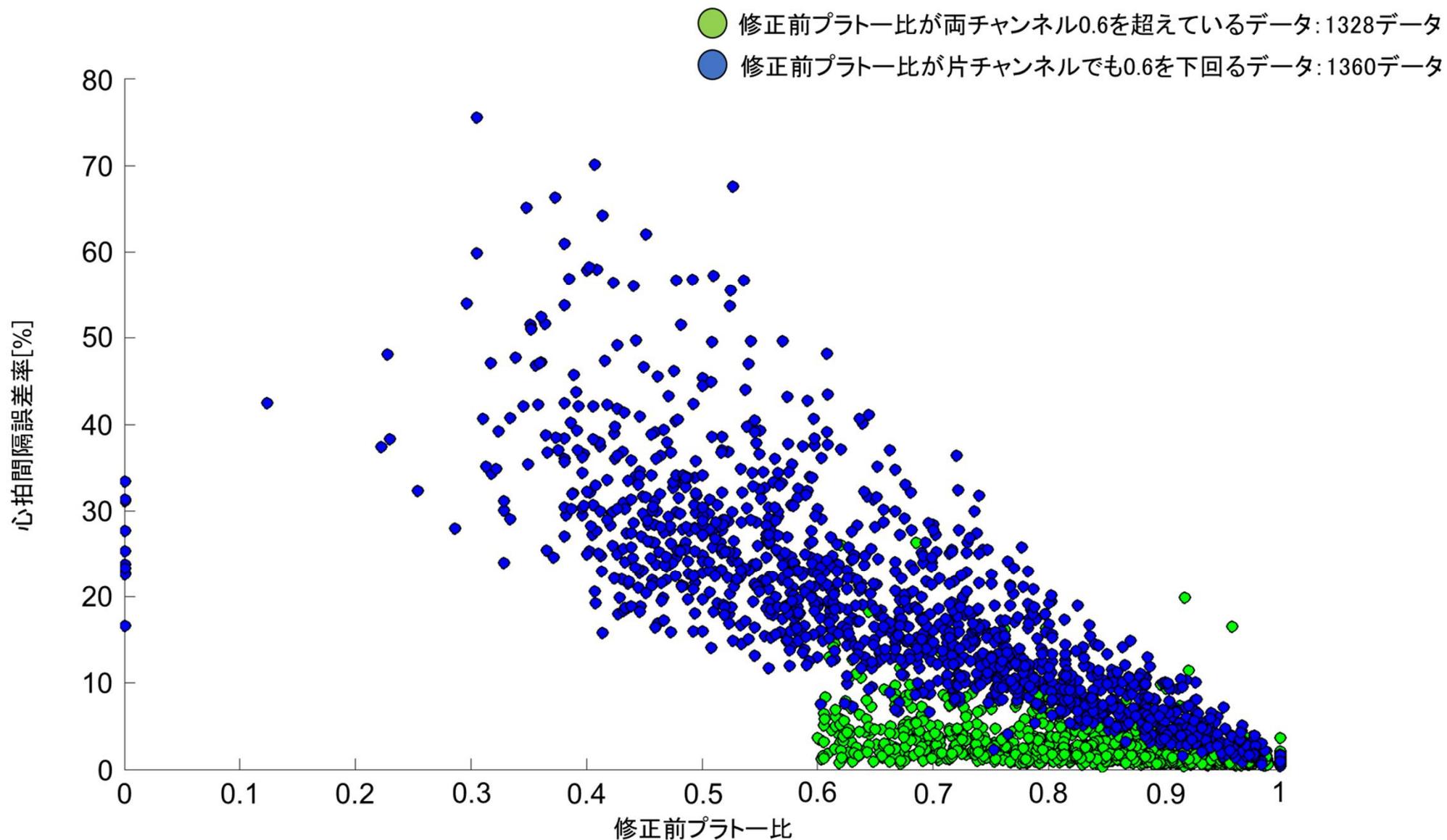
企業への期待

- 未解決の「被測定者の座り方」については、「座る」ことに造詣の深い企業との共同研究により克服できると考えている。
- また、座った状態（または寝た状態）における日常的な心拍（変動）計測技術を開発中の企業、それを医療、健康・福祉、感情コンピューティング分野へ展開しようと考えている企業には、本技術の導入が有効と思われる。

企業への貢献、PRポイント

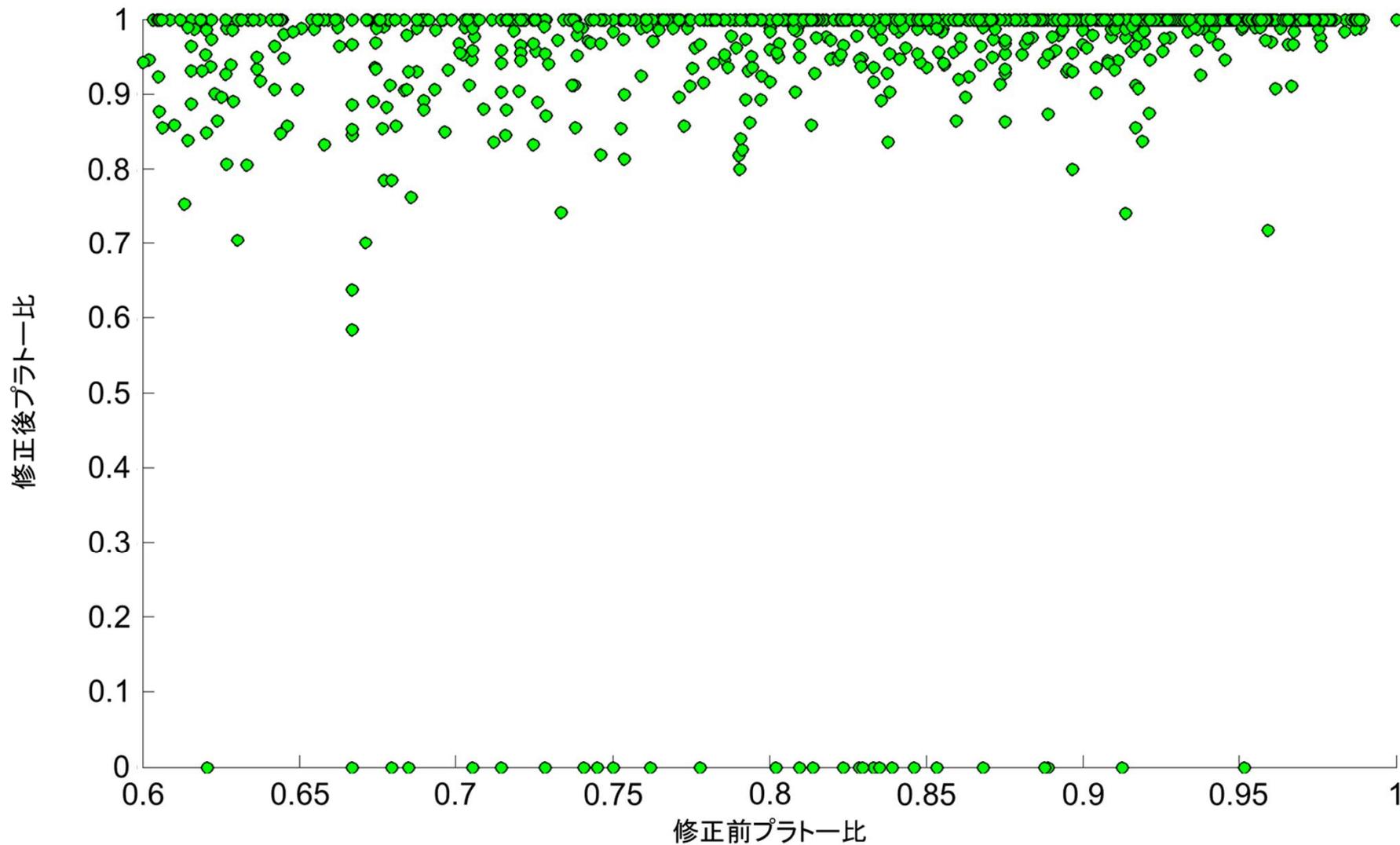
- 本技術は高品質な心拍計測と高精度な心拍間隔測定が可能のため、システム化することでより企業に貢献できると考えている。
- 本技術の導入にあたり必要な追加実験を行うことで科学的な裏付けを行うことが可能。
- 本格導入にあたっての技術指導等

追加実験 1/3



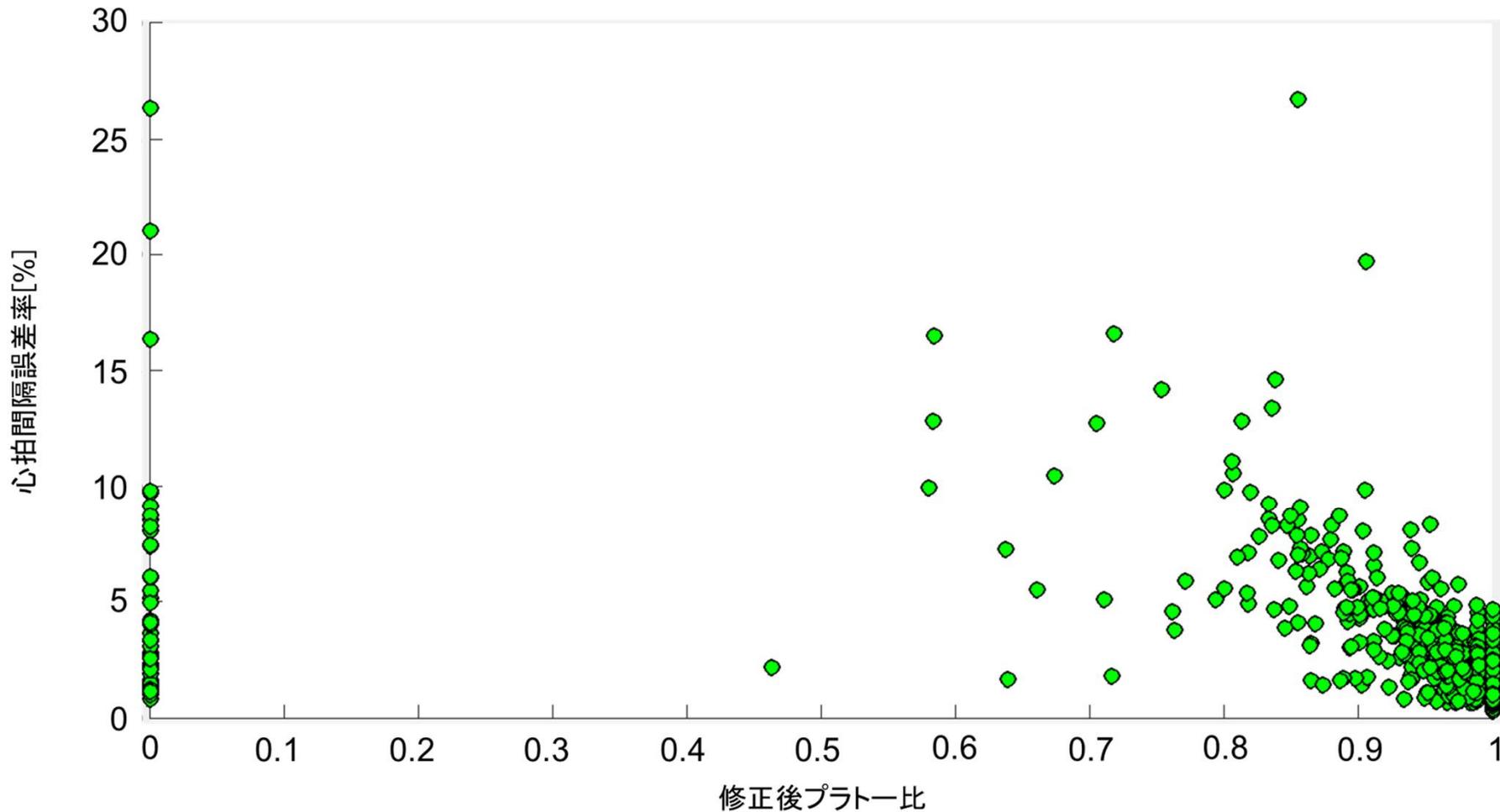
追加実験 2/3

● 修正前プラトー比が両チャンネル0.6を超えているデータ: 1328データ



追加実験 3/3

● 修正前プラトー比が両チャンネル0.6を超えているデータ: 1328データ



本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 拍動分析装置、拍動分析方法
及びプログラム
- 出願番号 特願2024-055721
- 出願人 熊本大学
- 発明者 伊賀崎伴彦、末山大勝

産学連携の経歴

2011年度～現在	「くまもと技術革新・融合研究会#」 企画委員（～2022年度） 幹事・企画委員長（2023年度～）
2016年度	P社と共同研究実施（完了）
2016～2018年度	J社と共同研究実施（完了）
2017年度～現在	K社と共同研究実施（継続中）

#熊本県の産学官が一体となり、産業技術の発展と地域産業の振興を目指す任意団体

お問い合わせ先

熊本大学

熊本創生推進機構 イノベーション推進部門

TEL 096-342-3145

e-mail liaison@jimu.kumamoto-u.ac.jp