

スポーツ・ヘルスケアにおける生体データ活用の最前線

hitoe[®] X データサイエンス
基礎研究から医学・スポーツ・安全分野へ

NTT物性科学基礎研究所 バイオメディカル情報科学研究センター
大阪大学 WPI PRIME 塚田 信吾

臨床医（外科・整形外科）
研究医（脊髄損傷の遺伝子治療）

NTT研究所へ

医工学（ウェアラブル hitoe）
情報科学（医療ICT・AI）

筋・骨格・運動
心臓・血管

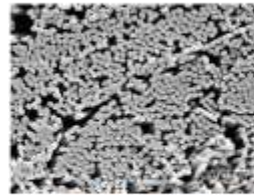
機械学習（数理モデル）
分子生物学（デジタルツイン）

基礎研究から社会実装
電子工作・手芸 → 製品
患者さん～トップアスリート

ウェアラブル生体計測 hitoe®

hitoeは寒冷・乾燥～高温・多湿・多汗等の様々な過酷な環境で負担なく迅速に高精度な生体計測が可能

Nano fiber

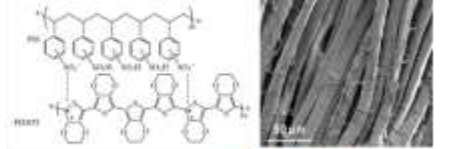


TORAY

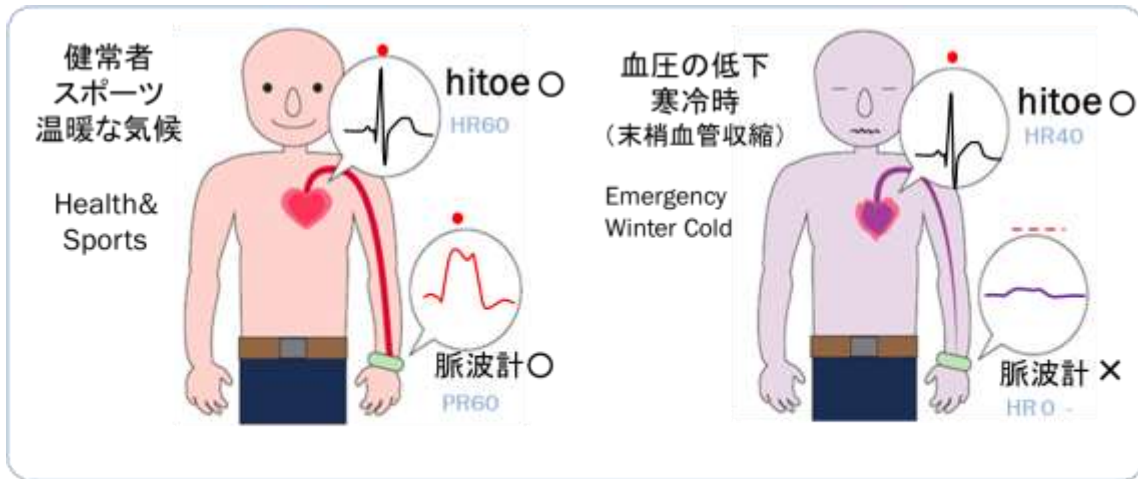
生体適合性繊維電極の技術を
ナノファイバと組み合わせ
皮膚表面電極に応用



Electro-conductive
Polymer bio-electrodes



NTT



hitoeは厳しい状況でも測定可能

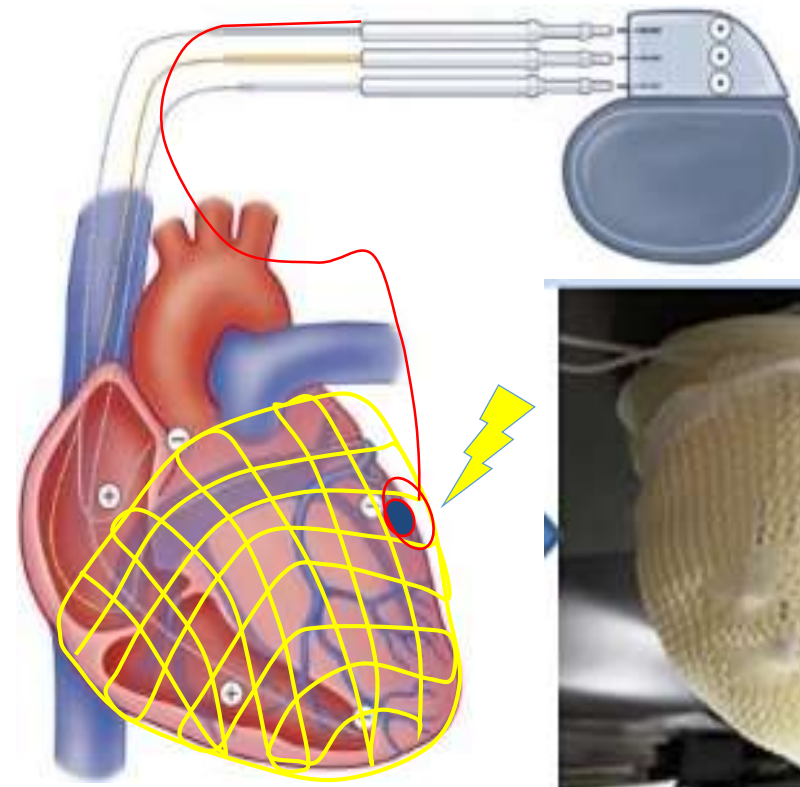


心臓病の検査・治療機器への応用

hitoe繊維電極は生体親和性が高く体に埋め込む心臓の治療に利用可能な新素材

心臓・神経・脳刺激用の電極として優れた特性

手術・検査・インプラント素材に必要な安全性を備える

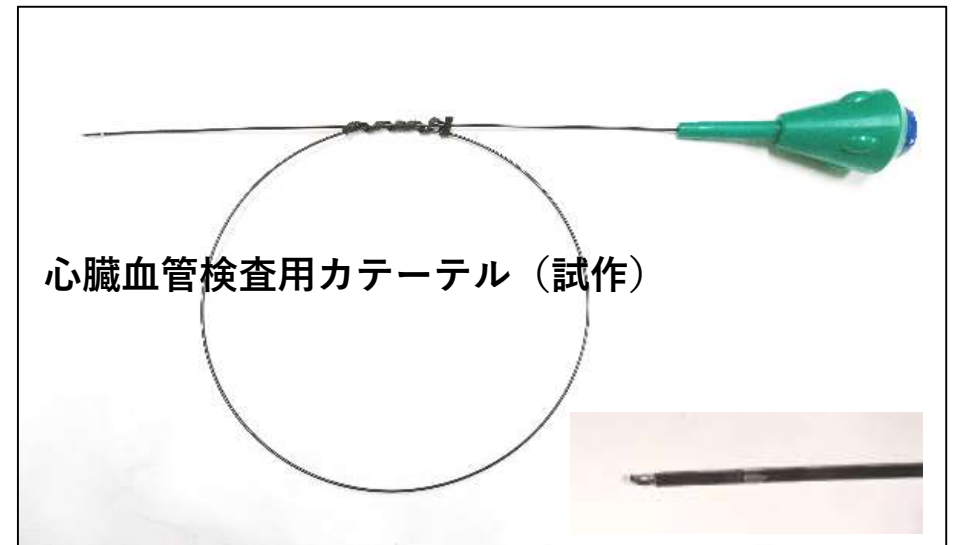


心臓ペースメーカー用電極（試作）

PEDOT-PSS + Nano Fiber + Pr Ir + Silicone



心臓血管検査用カテーテル（試作）



hitoe® アスリートのパフォーマンス解析・評価

高精度な心拍計測による
ハイパフォーマンストレーニング
インターネット・クラウドサービス

ウルトラマラソンランナー
競技自転車・トライアスロン

Internet Services and APP. for Runners



Adidas
Runtastic

Runtastic for NTT docomo



BLE Transmitter

NTT-TX

C3fit in-pulse



TORAY



hitoe®作業者安全管理用

暑さ対策・暑熱環境の作業者安全管理システム



TORAY NTT テクノクロス

ダッシュボード(Power BI)

- ・当日の情報表示に特化したデザイン
- ・データ更新速度の向上
- ・自動更新機能 (30分間隔)

hitoe TX02 生体センサ
Bluetoothトランスミッタ



生体信号
心電波形 心拍数
筋電図
体幹モーション・加速度
温湿度センサ



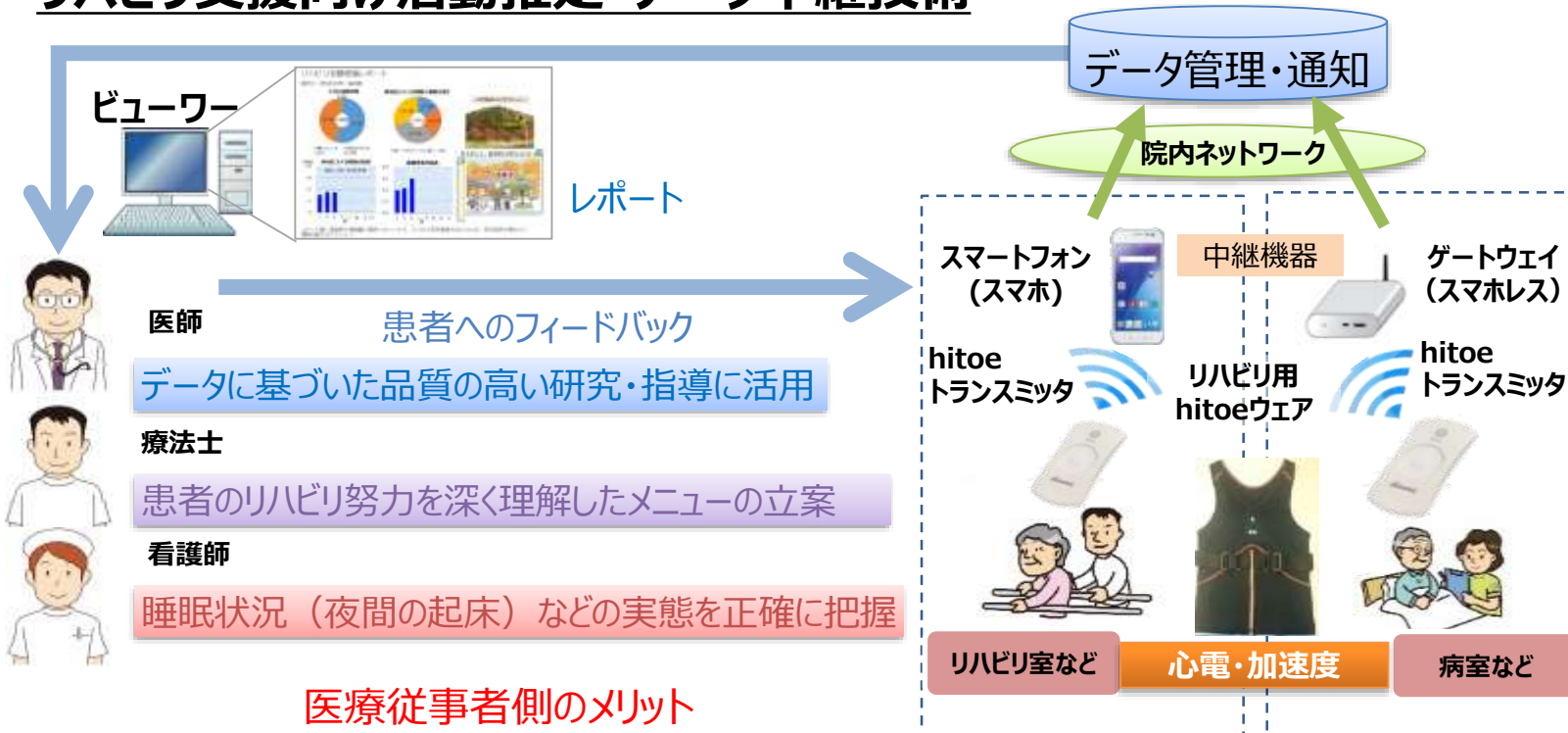
T字型ベルト
hitoe iT belt

hitoe®の生体信号情報を活用し入院患者のリハビリ・行動を可視化

活用事例

生体信号の特徴から体調を常時分析し、個別に健康的な生活習慣に誘導する技術の開拓
心臓発作等の危険徴候の検出と回避技術の実現 医科学と情報科学の統合による疾病管理予防技術の確立

リハビリ支援向け活動推定・データ中継技術



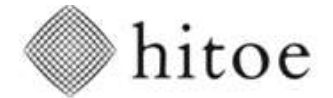
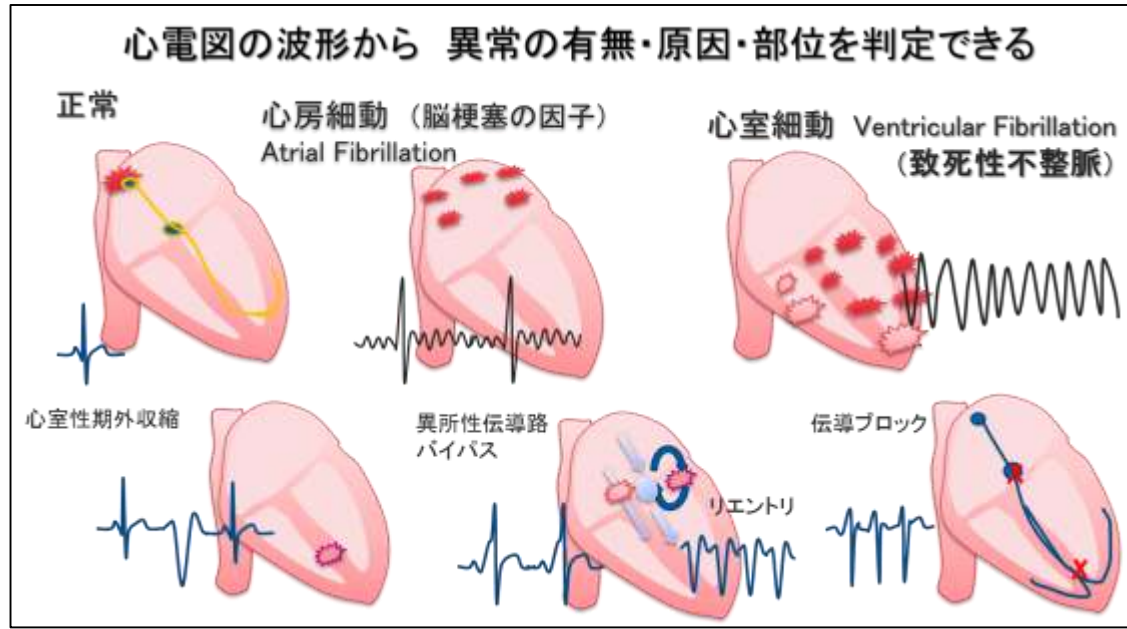
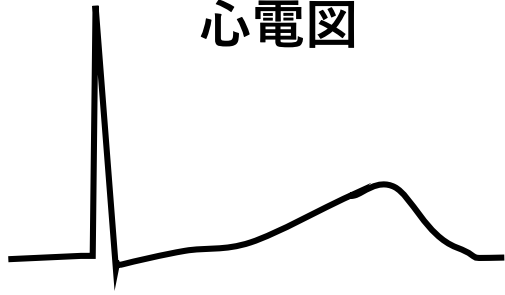
技術のポイント

高齢者やリハビリ患者は心拍計測ウォッチでは正確な活動履歴が取れないため hitoe®を使った高精度な生体計測・評価システムを構築

藤田医科大学 との共同実験

スマートフォンを使うシステム
スマホレス安全監視システム

心電図



hitoe® ウェアラブル心電計



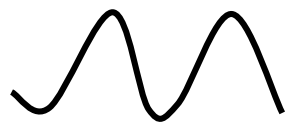
Health & Sports



Pulse



パルスセンサ 脈波
健康や睡眠の計測



Apple Watch
Takes ECG and Pulse for Healthcare

ECG
30sec

短時間心電図

30sec

医療機器 長期心電図

2 Weeks <



hitoe®ウェアラブル心電送信システム

テレメトリー式心電送信機
「心電送信装置 HMTX1」

- 小型 幅63mm×奥行10mm×高さ36mm
- 軽量 14g (充電電池込み)
- 人間工学デザイン
- 高速サンプリング



製造販売業者：株式会社パラマ・テック
クラス分類：クラスII
認証番号：305AIBZX00005000

単回使用心電用電極
「hitoe®メディカルベルト電極」

- 心電送信装置HMTX1を取り付け、胸部に着用
- 体型に合わせてサイズ調整



製造販売業者：東レ・メディカル株式会社
クラス分類：クラスI
届出番号：13B1X00015000039

ヘルスソフトウェア
「hitoe® ECG viewer」

- 心電送信装置HMTX1の出力信号をスマートフォンで受信・表示・保存



提供者：NTTテクノクロス株式会社
GHS登録番号：G2300012
※医療機器ではありません

“hitoe” Wearable Technology @ IndyCar

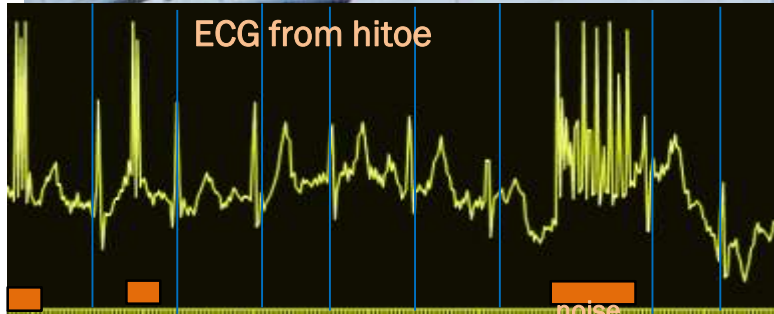
Chip Ganassi Racing & No.10 Tony Kanaan



[recruitment](#)

Driver monitoring over 300km/h

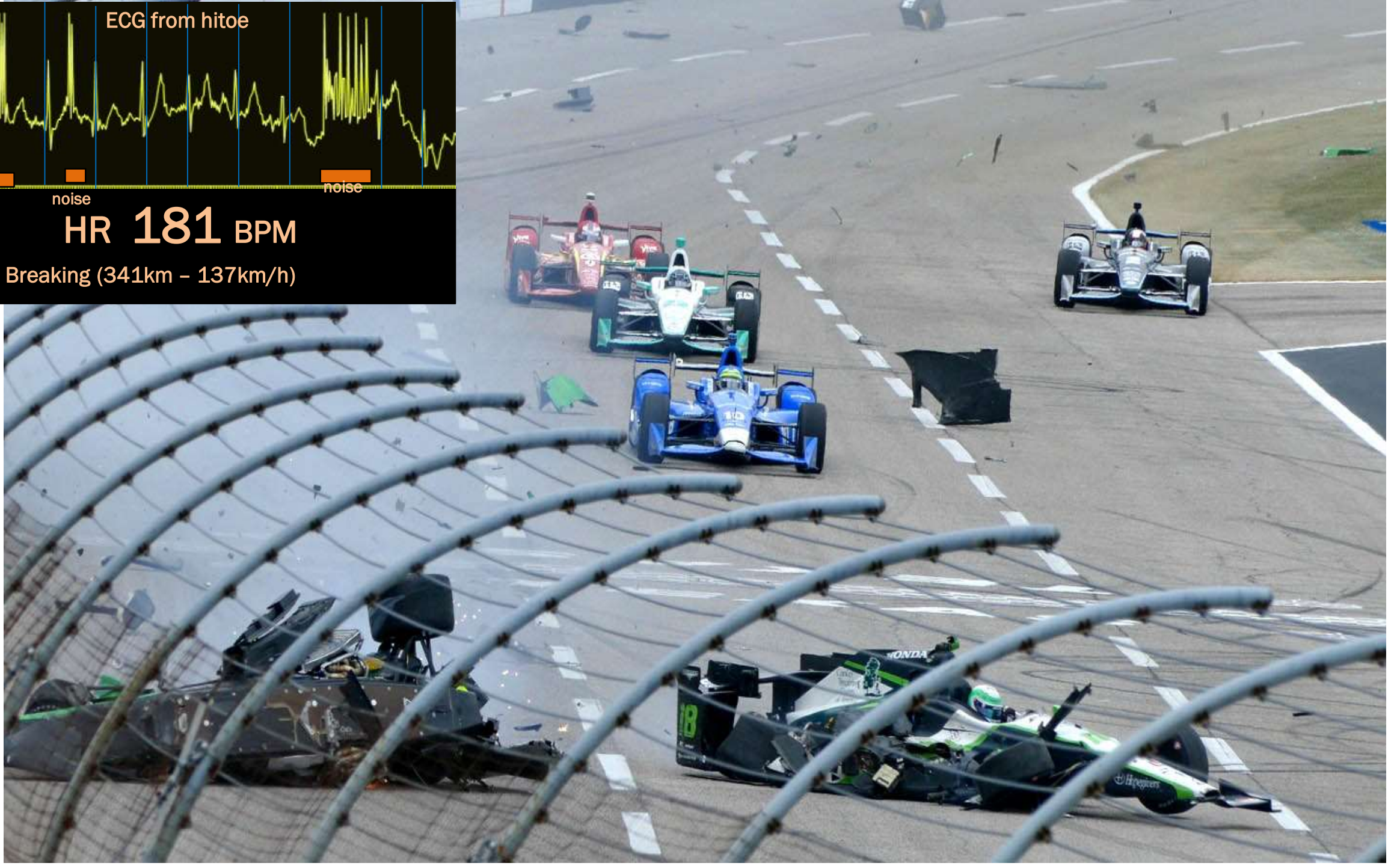
NTT BRL / NTT DATA / NTT DATA inc.



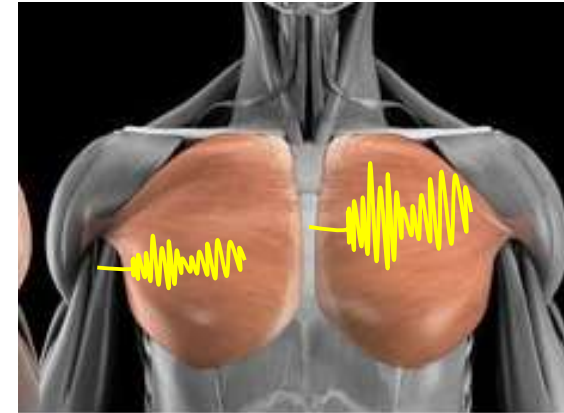
noise

HR 181 BPM

Breaking (341km - 137km/h)



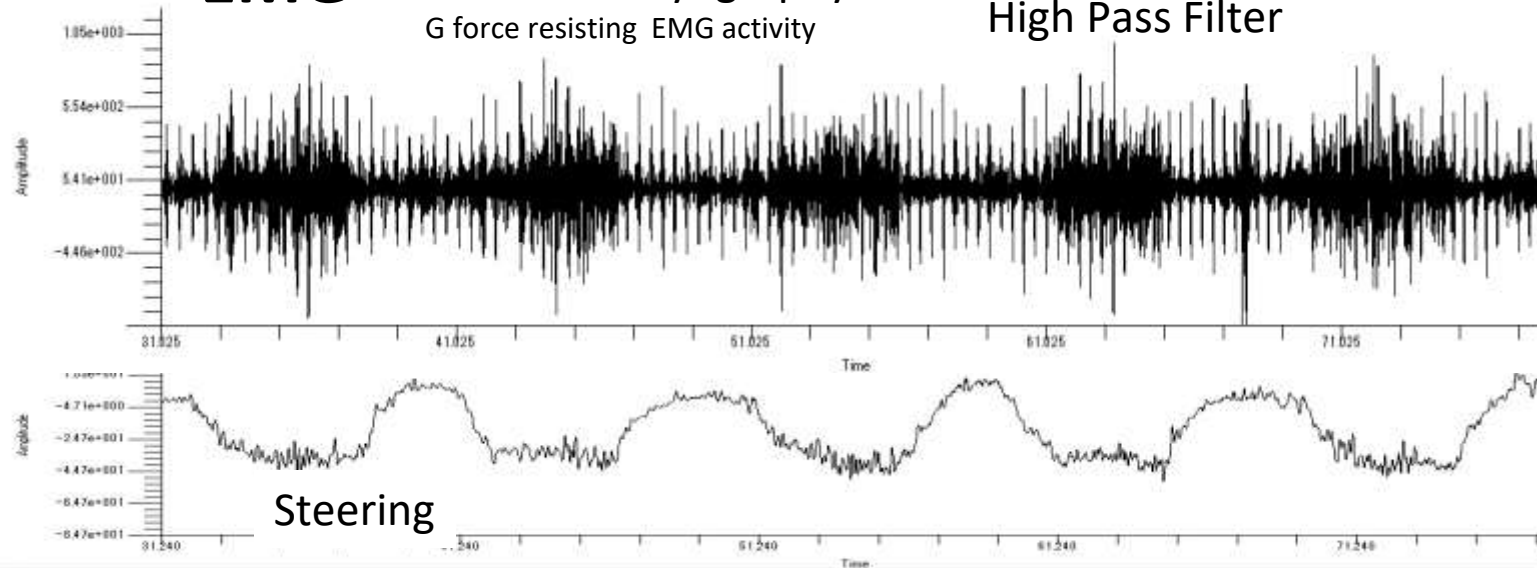
G Force Resisting EMG activity at bank cornering



G Force

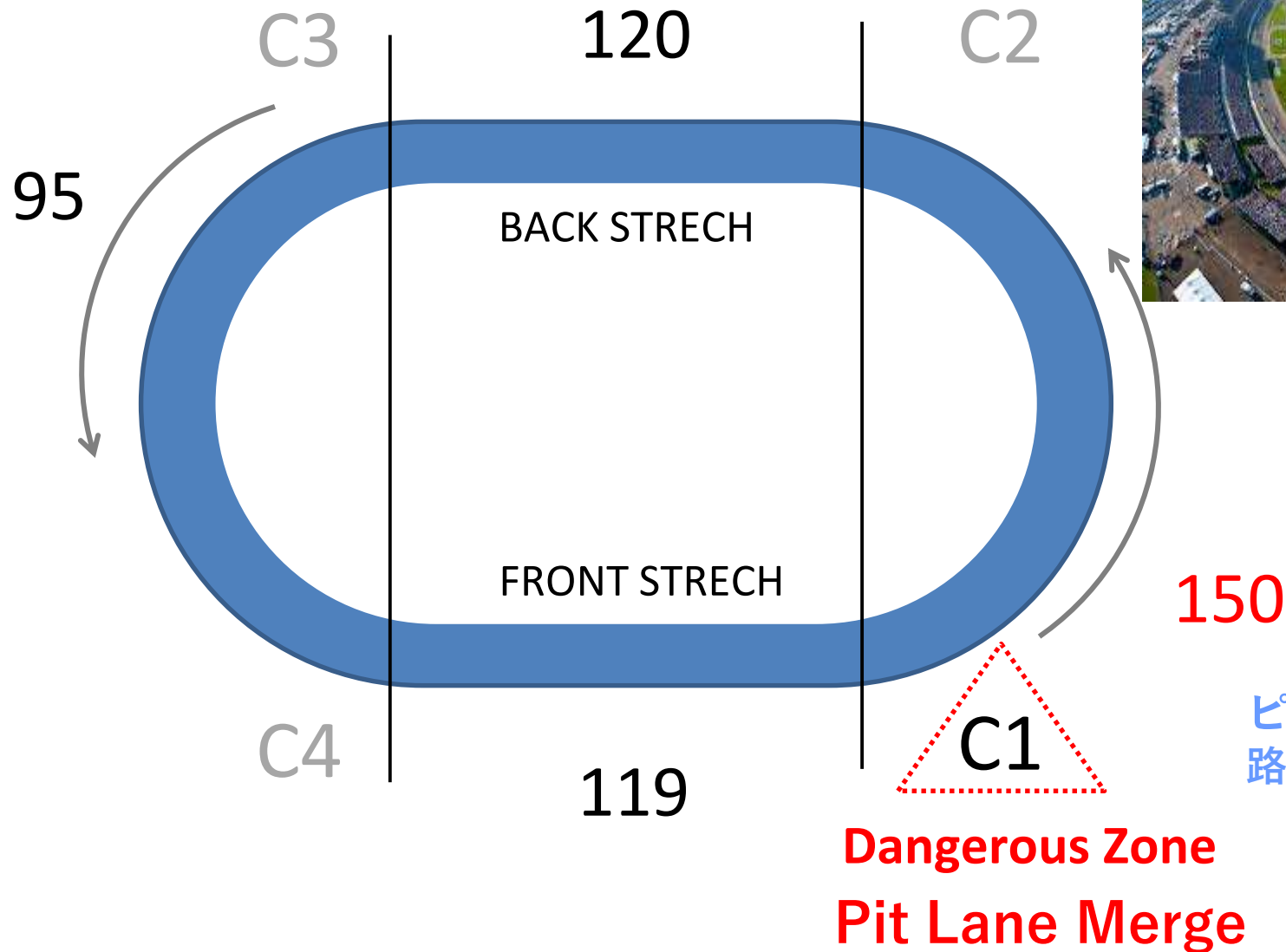
EMG EMG electromyography
G force resisting EMG activity

High Pass Filter



Stress Level can be visualized in extreme situation

Heart Rate (BPM : Beat Per Min.)



Iowa Motor speedway



ピットレーンとの合流地点
路面が荒くコントロール難しい

**Dangerous Zone
Pit Lane Merge**

hitoeスポーツ応用 共同研究 Bridgestone Cycle トップアスリート 筋電図の実戦データの解析とフィードバック



筋電図の可視化 パフォーマンス
リズム・パワー・効率・疲労度



Front inside



For Quadriceps Electrodes



Transmitter
Data Logger



Nishizono TT champion



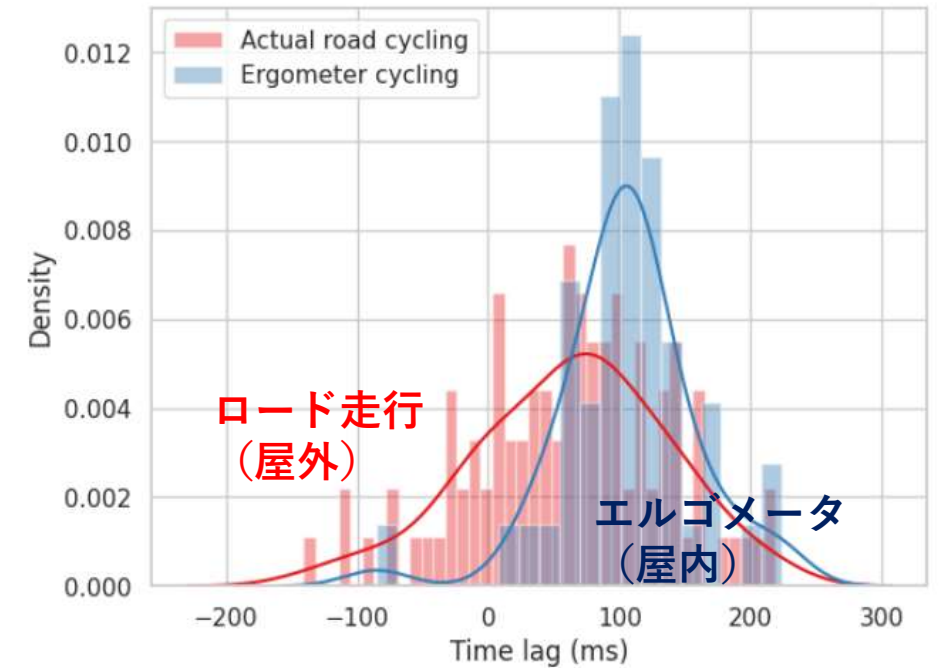
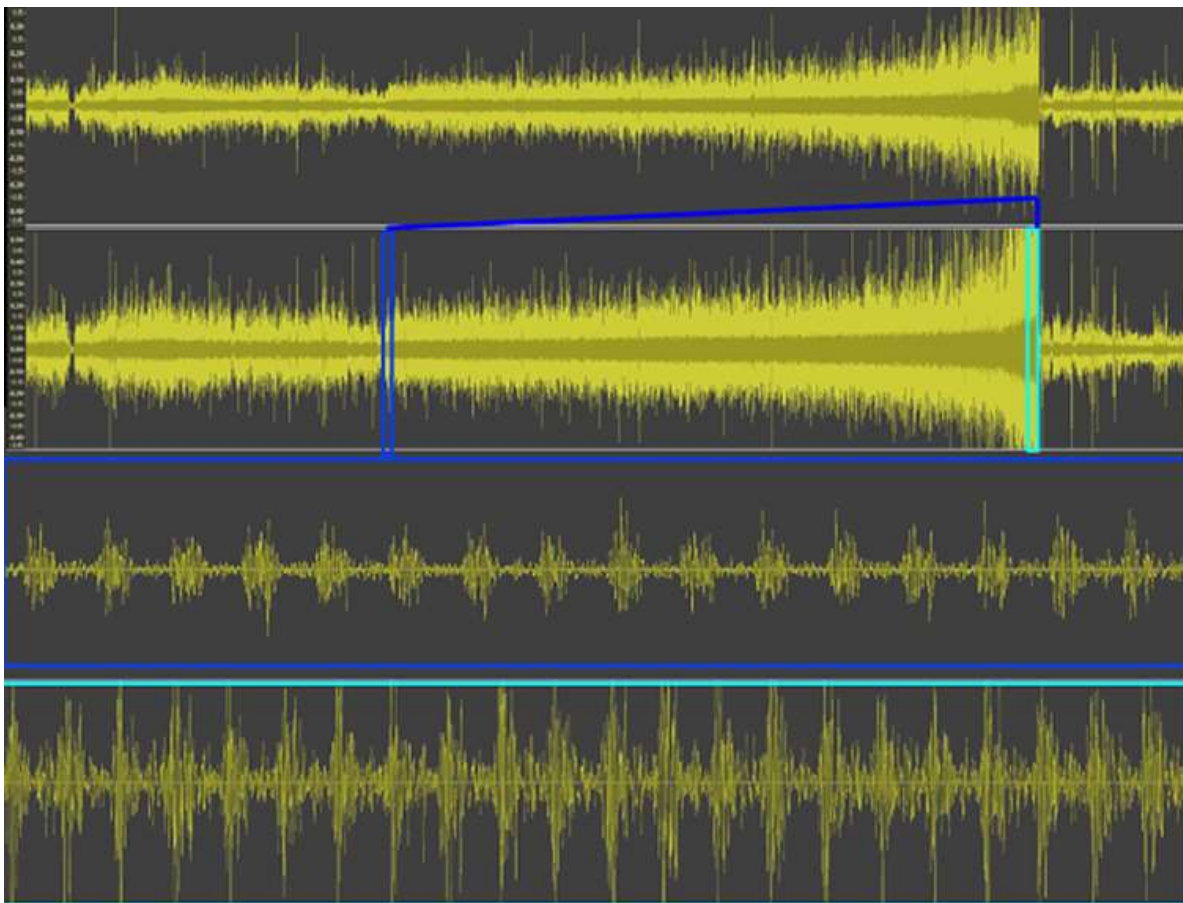
Hashimoto 2020 Olympian

Optimization to
each Athletic events
Physique

EMG signal Analysis @Field shows

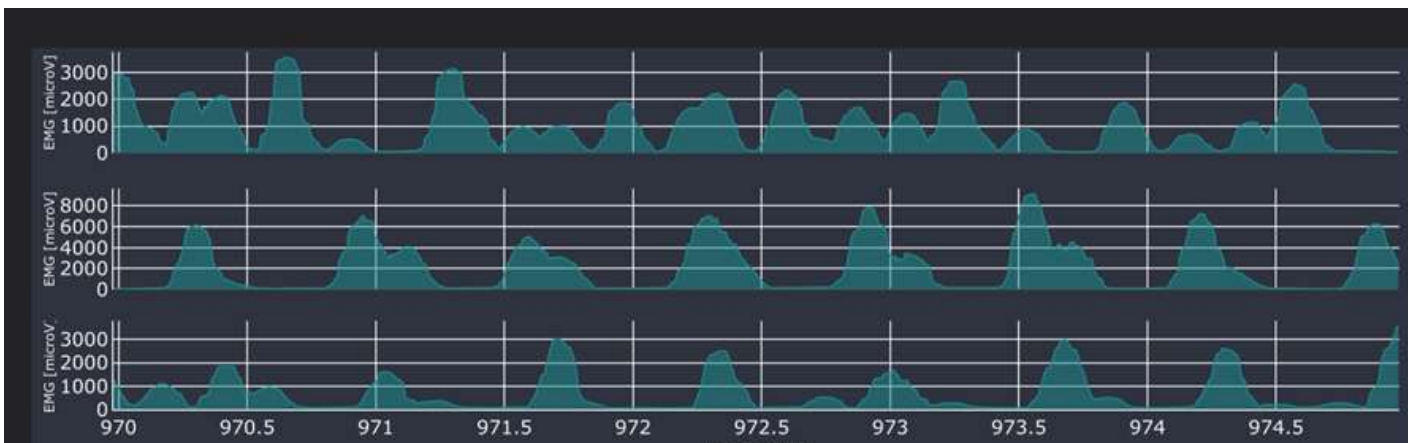
- Overall Skills
- Balance
- Strength
- Fatigue
- Efficacy

Lactate Threshold (LT)



屋内競技と屋外のペダリングの違い

太もも(外側広筋と大腿二頭筋)の活動タイミングの差
ペダリングの違いを可視化



システム化
社会実装

データの蓄積
統計処理
仮説検証

独自の解析
知見・仮説

ルーチン化
N増し

限られたデータを生かす
小規模の検証で完成度を上げる

経験と専門的知識に照らし、予測検証
仮説立案（限られた貴重なデータから解析）

個別性 → パターンの蓄積
普遍性のある現象やメカニズムを探索

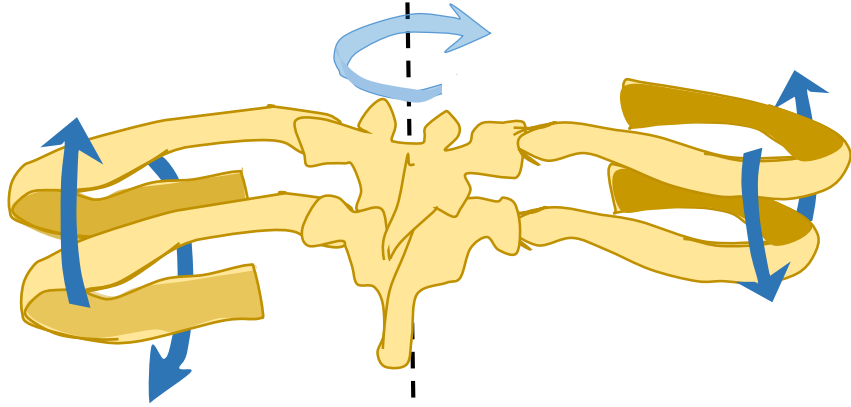
他にはないデータ
現場経験・知見

データがない・不足している

独自技術（生体センサ）により
現場（リアルフィールド）
本番（リアルマッチ）の状況を計測する

競泳バタフライ

脊柱・胸腰椎の本来の動きを取り戻す運動を指導
体軸を伸ばし、椎間のアラインメント、スペースを整える



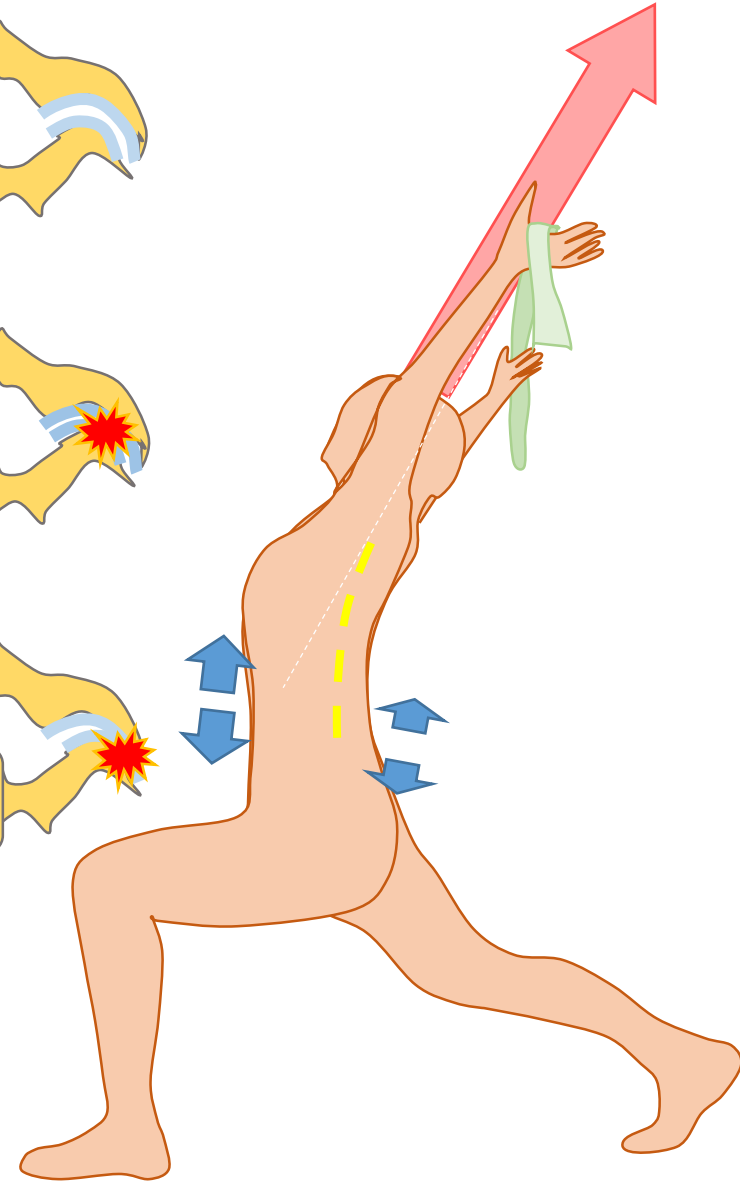
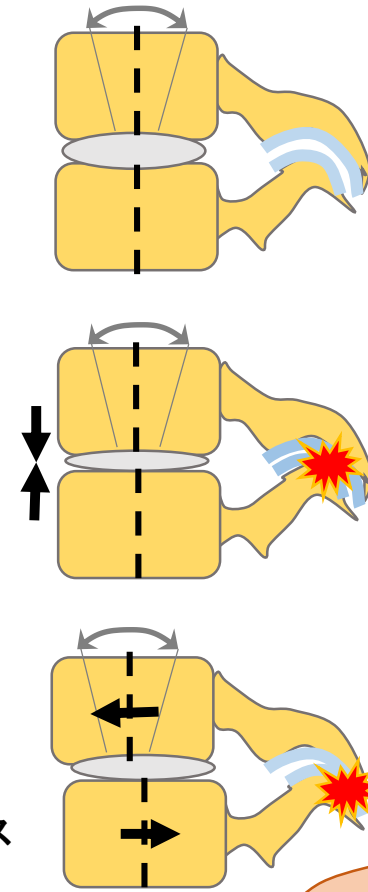
相馬あい選手 中京大学・ミキハウス

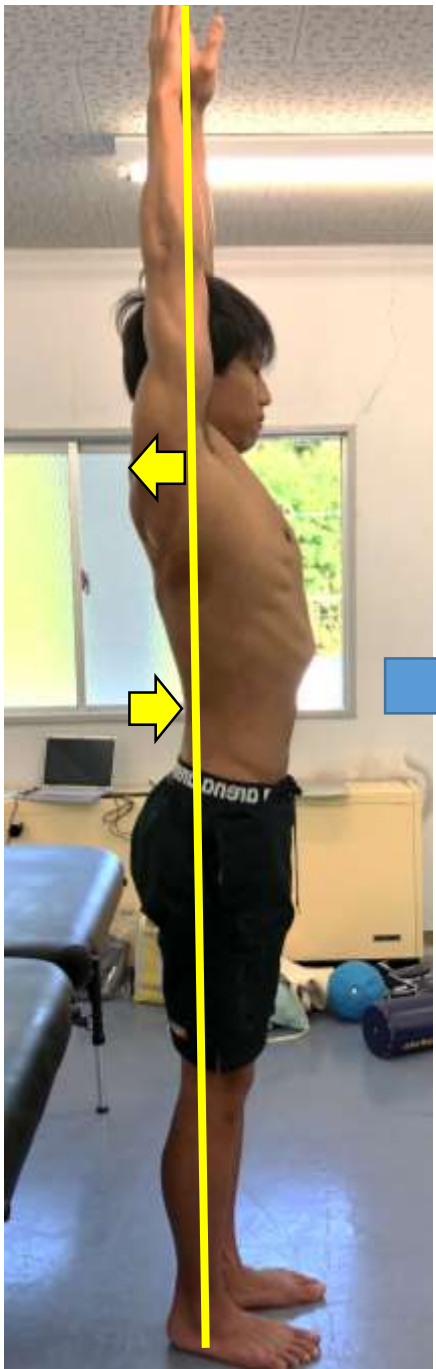
中京大学 佐々木監督

スプリントに適合する
高強度短時間トレーニング
東大八田秀夫先生との共同研究

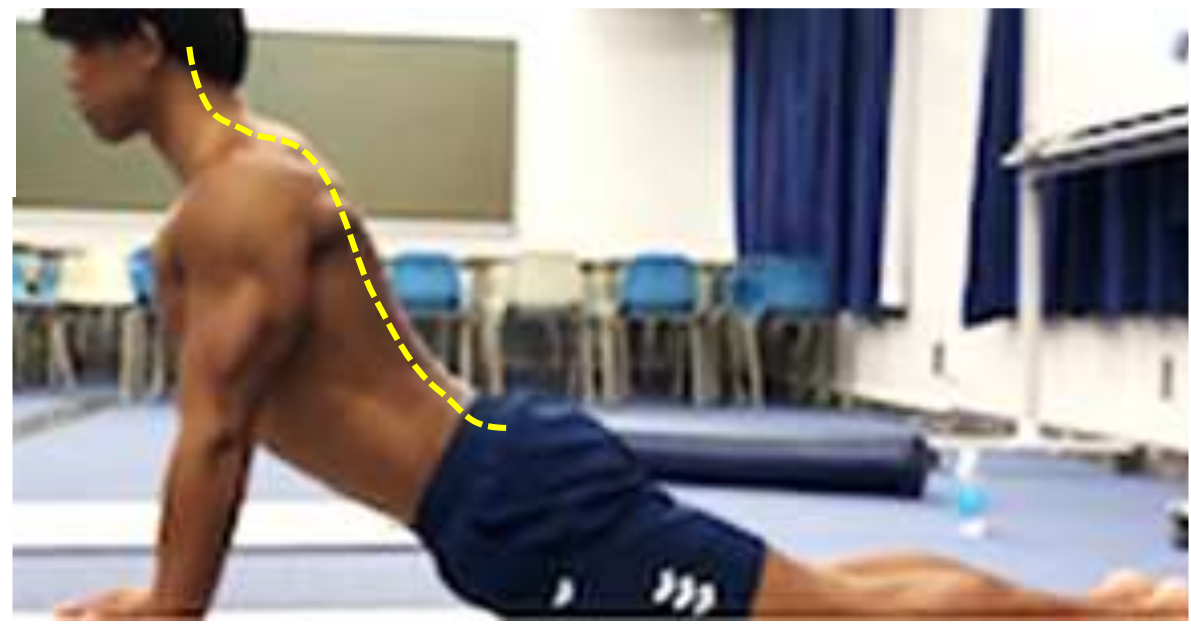
胸郭下肢体幹を自分で
調整できる

ピラティス
ジャイロトロニック
濱口由美子先生との共同研究





競泳バタフライ
中京大学・トヨタ自動車
川本武史選手



ヒトのデジタルツイン

病気の早期から治療する、病気を未然に防ぐ、
手術や薬の効果を予測するための高精度な予測
シミュレーション可能なバイオデジタルツイン

現状

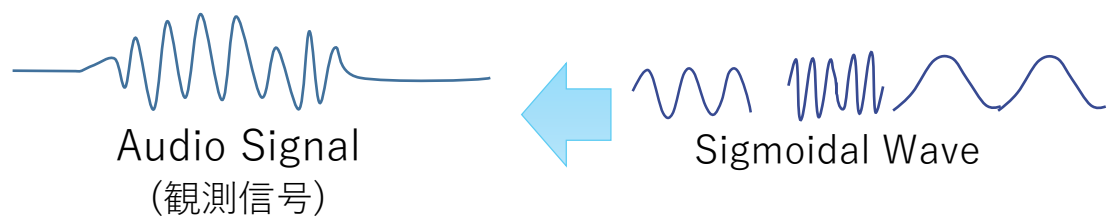
何年も潜伏した病気が顕在化してから治療を開始

目標

目の前の一人一人のからだの状態
(未病・潜在課程) を把握する
正確な将来予測・発作を未然に防ぐ

心電図波形を再現する良いモデル式がない 音響信号のサイン波やデルタ関数に相当するものがない

御利益 電位・位相・周期を明に解析 雑音除去・圧縮 ⇒ 情報理論



$$f_R(x) = f_{RP}(x) - f_{RN}(x) = \frac{1}{2} \left(1 + \operatorname{erf} \left(\frac{x - \mu_{RP}}{\sqrt{2}\sigma_{RP}} \right) \right) - \frac{1}{2} \left(1 + \operatorname{erf} \left(\frac{x - \mu_{RN}}{\sqrt{2}\sigma_{RN}} \right) \right)$$

$$f_T(x) = k_{TP} f'_{TP}(x) - k_{TN} f'_{TN}(x) = k_{TP} \left(f_{TP}(x) \right) - k_{TN} \left(1 - f_{TN}(x) \right)$$

$$= k_{TP} f_{TP}(x) - k_{TN} f_{TN}(x) + k_{TP} - k_{TN}$$

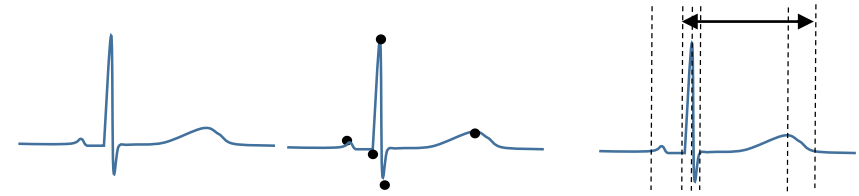
$$= k_{TP} \frac{1}{2} \left(1 + \operatorname{erf} \left(\frac{x - \mu_{TP}}{\sqrt{2}\sigma_{TP}} \right) \right) - k_{TN} \frac{1}{2} \left(1 + \operatorname{erf} \left(\frac{x - \mu_{TN}}{\sqrt{2}\sigma_{TN}} \right) \right) + k_{TP} - k_{TN}$$

心電図の解析の基本は約100年間変わっていない

従来指標による致死性心室不整脈の心電図診断には多くの制約があり限界が指摘されている。

Electrocardiogram analysis

- ✓ 12L-ECG : R wave amplitude PQ, QRS, QT interval
- ✓ RR interval (HRV), T wave analysis (TWA), Heart rate turbulence (HRT)

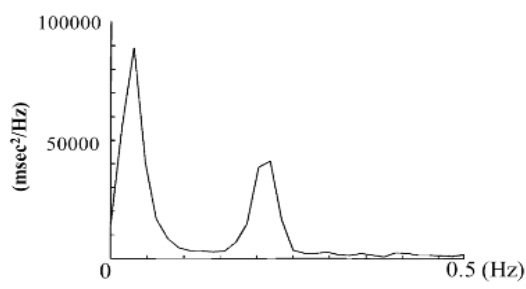


Circulation. 2007;115:1306-1324

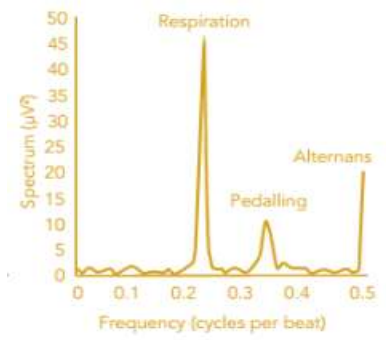
Grade	Observed	
0	No ventricular ectopic beats	
1	Occasional, isolated VPB	
2	Frequent VPB (> 1/min or 30/hr)	
3	Multiform VPB	
4	Repetitive VPB	
(a)	Couplets	Lown B, et al. Circulation 1971; 44: 130
(b)	Salvos	
5	Early VPB	



Lown分類



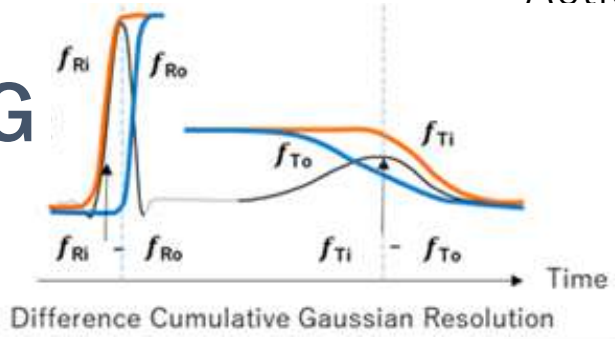
Heart rate variability



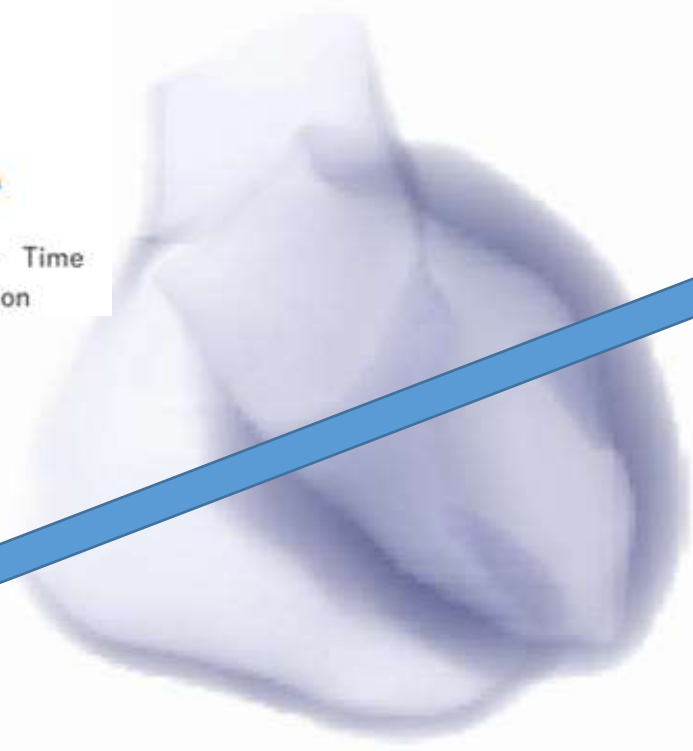
T wave alternance

ECG - Action Potential Bridge Tensor cardiography (TCG) analysis

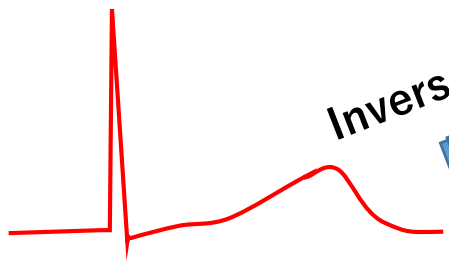
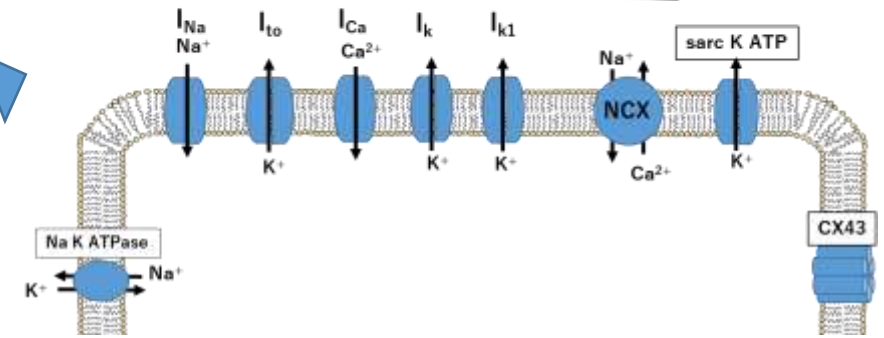
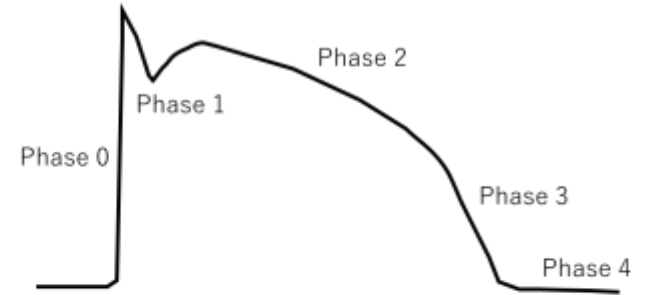
TCG



Action Potential of Heart Muscles



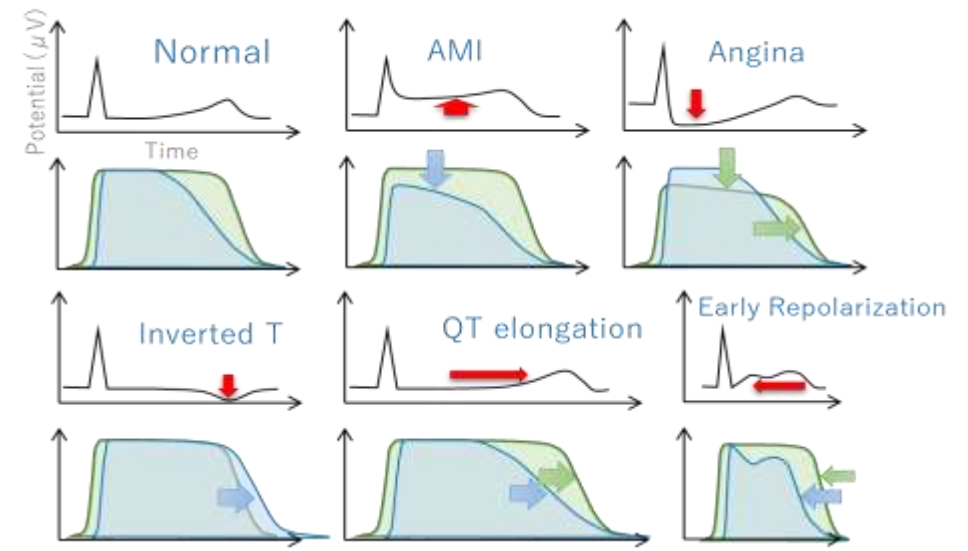
Myocardial Action Potential

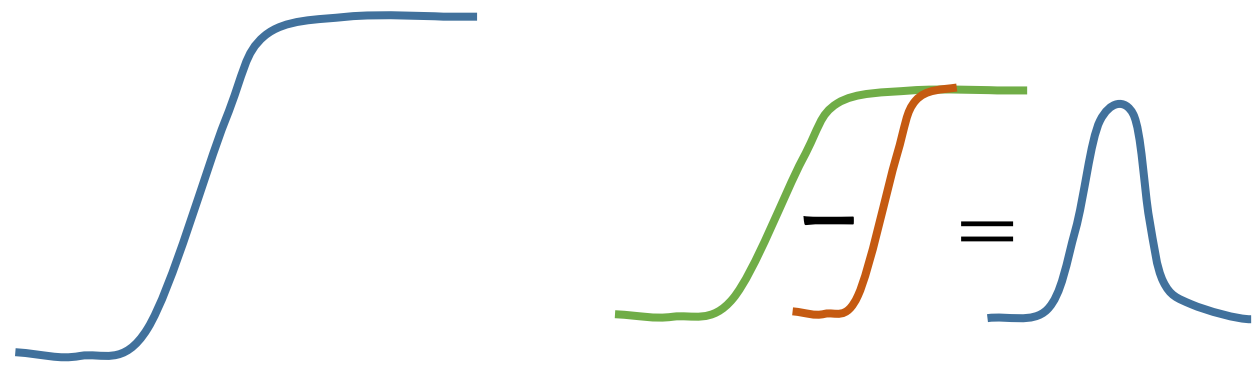
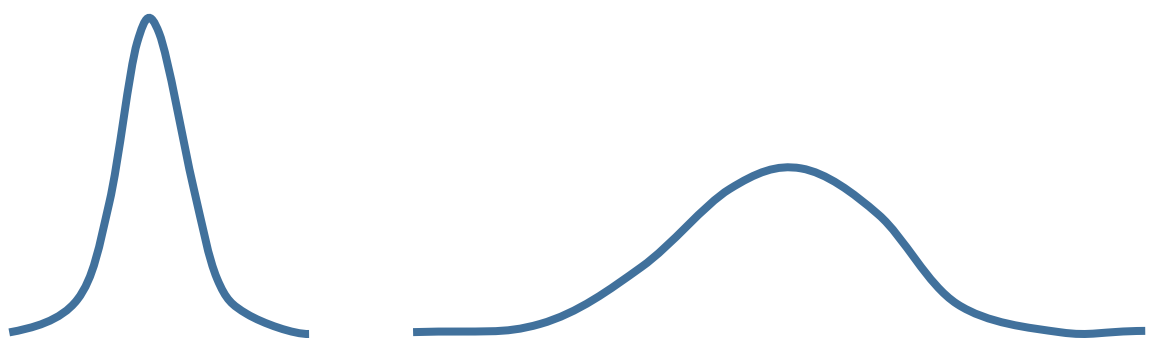
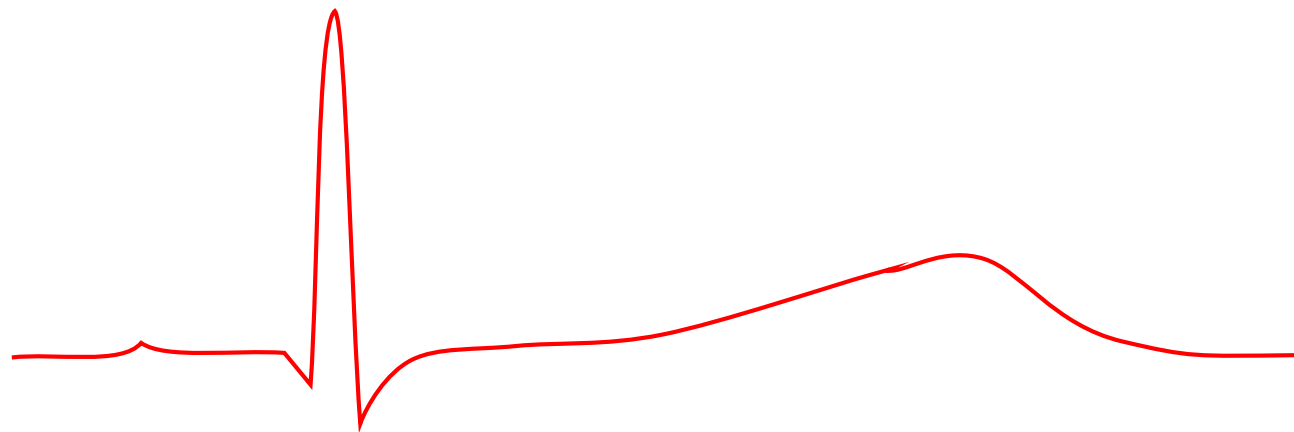


ECG

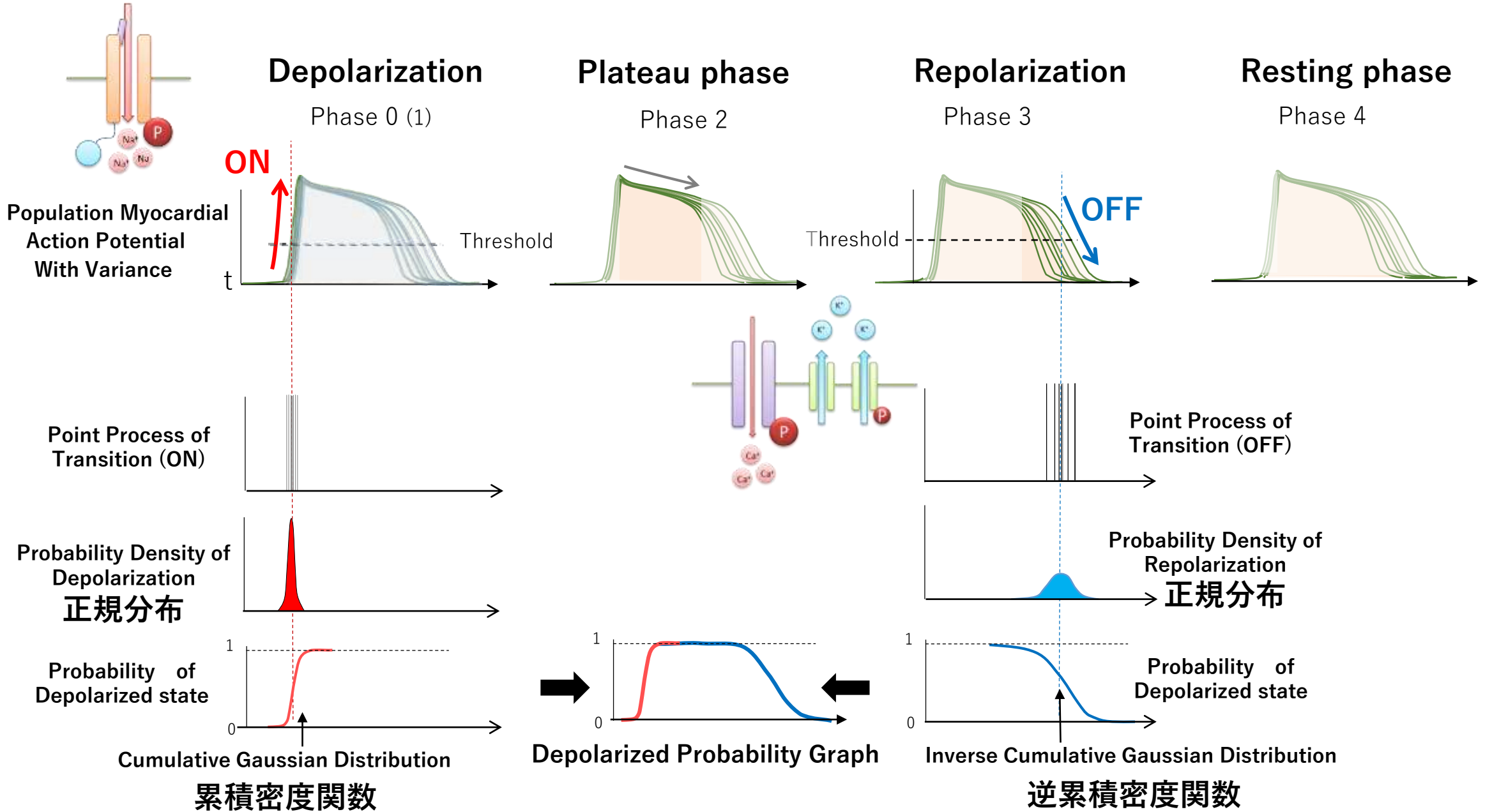
Inverse Problem

Simulation using super computer "Fugaku"

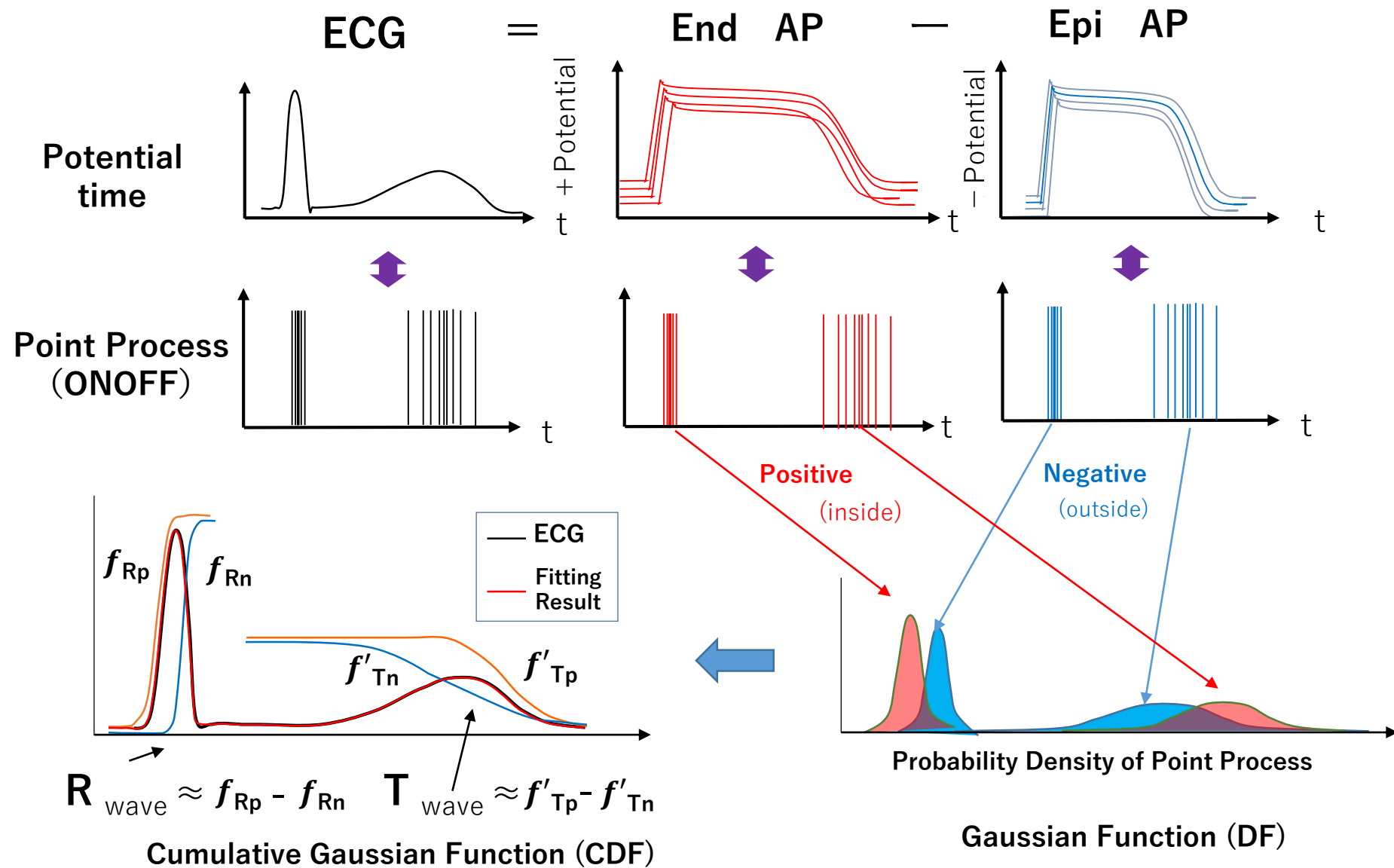




点過程 心筋の活動電位のONとOFFを 正規分布でモデル化

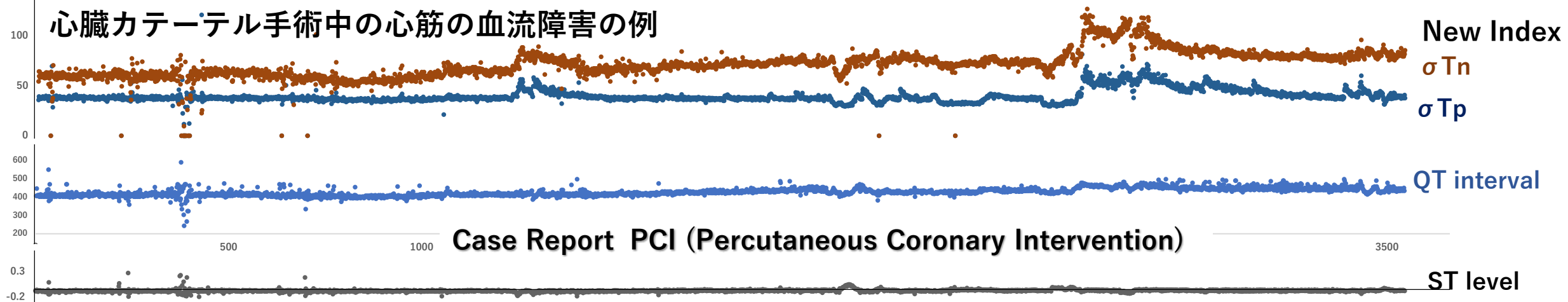


テンソル心電図解析 4つの正規分布の組み合わせで心電図をモデル化できる

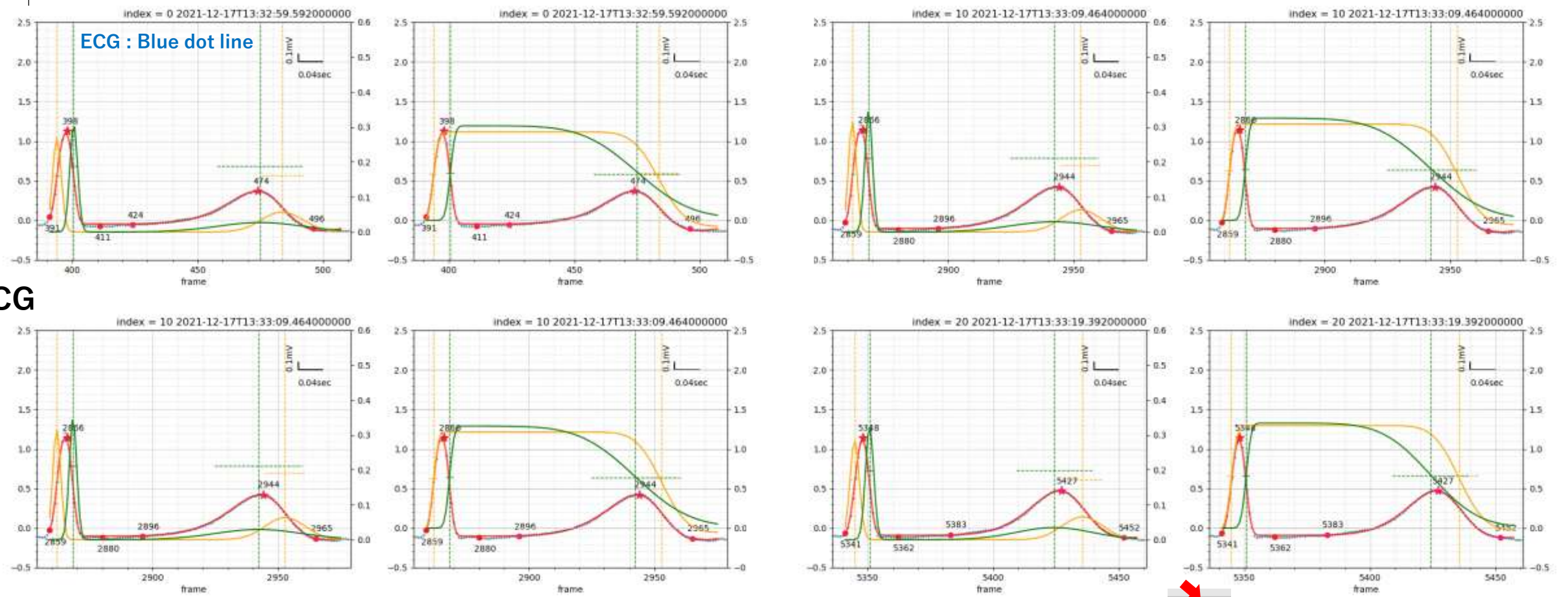


2 x 2 = 4 (CDF express ECG wave forms)

心臓カテーテル手術中の心筋の血流障害の例



Case Report PCI (Percutaneous Coronary Intervention)

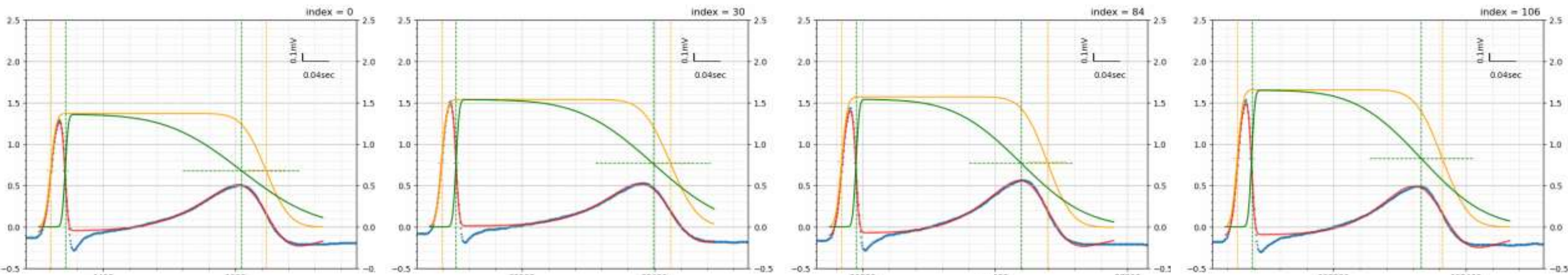
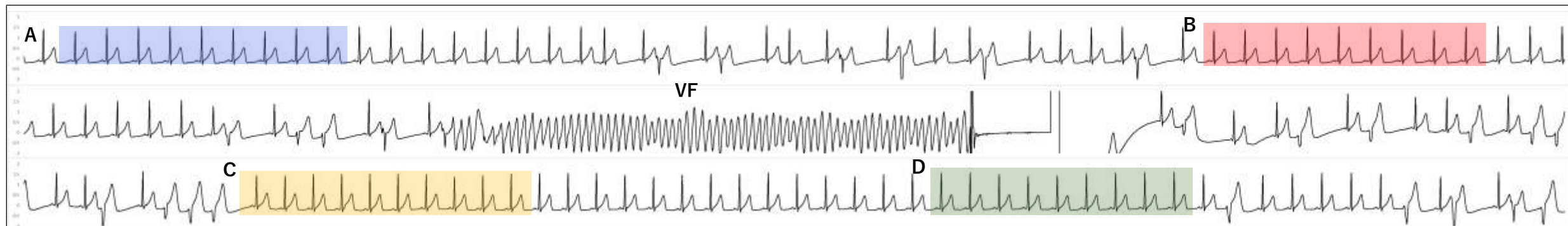


TCG

ECG

突然死を起こす危険な不整脈疾患の例

Case Report Early Repolarization Syndrome



TCG

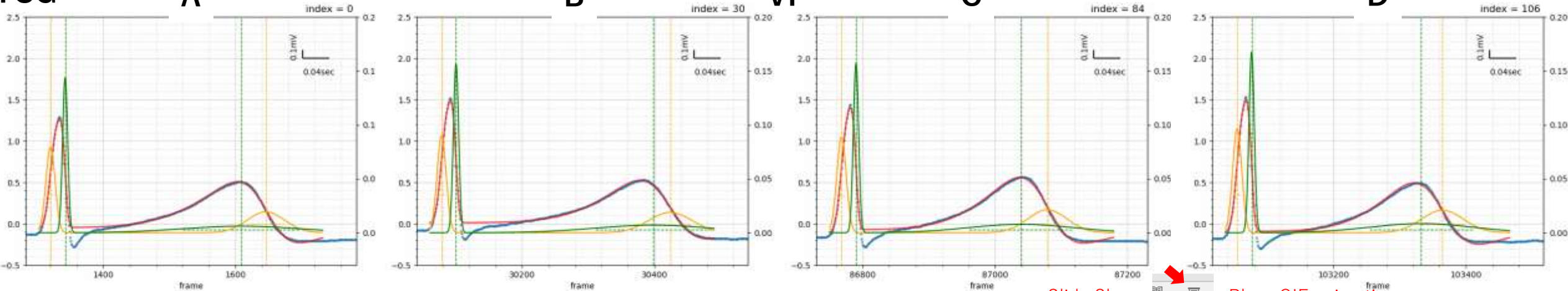
A

B

VF

C

D



Slide Show

Plays GIF animation

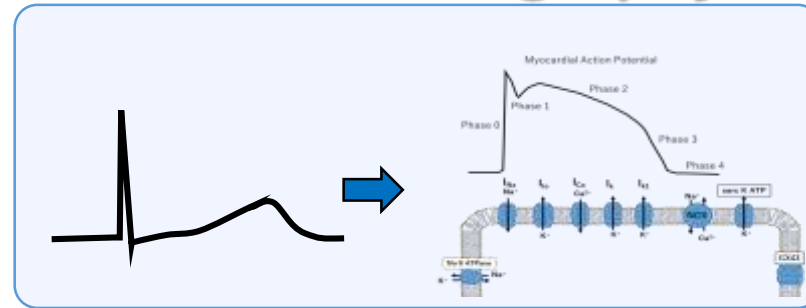
N増し自動化システム化

テンソル心電図 Tensor Cardiography

出口

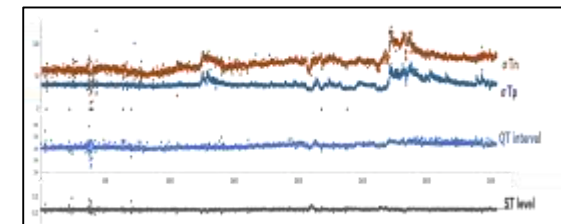
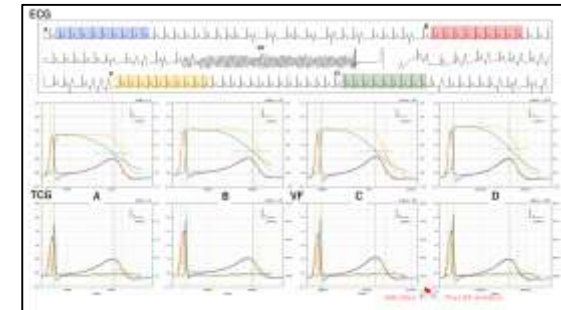
データの蓄積
統計処理 仮説検証
社会実装

心臓突然死の予防 潜在的な心臓病の発見



経験・専門知識 → 潜在メカニズム
 予測・検証 個別性・パターンの蓄積
 普遍性・メカニズム探索
 → 仮説立案・モデル化

独自の解析
知見・仮説



hitoe

入口

Long Term ECG 



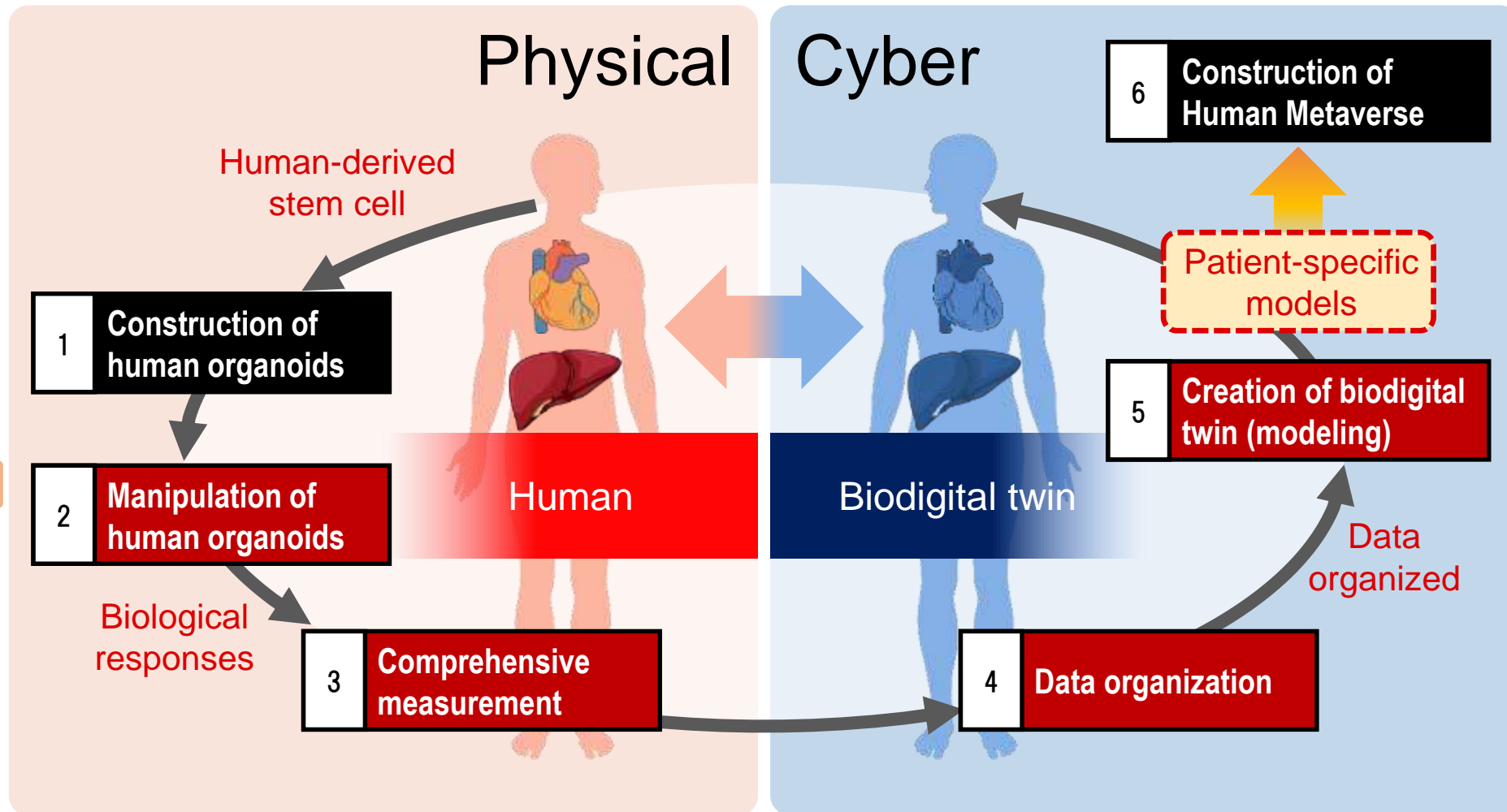
ECG Monitoring

Activities & Sports Medical

他にはないデータ
現場経験・知見

独自技術 現場 本番の計測

大阪大学 WPI PRIME iPSオルガノイドと数理工学によるヒューマンメタバーズ



Sensory

Nishida



Reproduction

Hayashi



Endocrine

Hwa



Hepatobiliary pancreas

Takebe



Bone/ cartilage

Tsumaki



Cardio-vascular

Miyagawa



ELSI

Kishimoto



Education

Kanai



Mammalian synthetic biology

Yachie



Quantum measurement

Negoro



Quantum sensing

Harada



Bioelectric Measurement

Tsukada



In silico visualization

Yokota



Molecular dynamics simulation

Shinobu



Mathematical Modeling

Domínguez Hüttinger



Mathematical Modeling

M. Okada



Data science

Kashino



XAI

Nagahara



Algorithm development

Nemoto



Bioinformatics

Y. Okada

Cybermedia Center

予測・実行

次を読み動く



メカニズム
潜在過程
行動様式

モデル化
数式化

機械学習
情報処理・システム

ヒトのネットワーク
異分野・専門家

経験智・ルーチン

専門知識と経験

手付かずだが
限られた手がかり

独創性

新規性

進歩性

研究開発の加速
国際競争の激化

実験室の研究
論文・特許
POC（現場）
社会実装

共同研究・開発

敬称略

hitoe[®] ウェアラブル電極

TORAY

機能製品事業部

テキスタイル・機能資材開発センター

TORAY MEDICAL

モータースポーツ

Indy Car

Chip Ganassi Racing

NTT DATA Inc.

NTT DATA

NTT DATA NJK

自転車競技

Bridgestone Cycle

Bridgestone

NTT DATA

NTT DATA MSI

競泳

中京大学

水泳部

佐々木祐一郎

スプリングスピラティス

濱口由美子

スポーツ生理学

東京大学

身体運動科学研究室

八田秀雄

テンソル心電図 ウェアラブル心電図

日本医科大学

循環器内科

岩崎雄樹

哲翁弥生

リハビリテーション

藤田医科大学

リハビリテーション科

才藤 栄一

向野雅彦

心臓のデジタルツイン ヒューマンメタバース

大阪大学

WPI PRIME

西田幸二

宮川 繁

医療用電極

INTER NOVA

名古屋大学

心臓血管外科

秋田利明

東京大学

UT Heart

久田俊明

生体情報通信

システム・デバイス

NTT docomo

NTT DATA

NTT テクノクロス

NTT DATA 数理システム

NTT物性科学基礎研究所

バイオメディカル情報科学研究センター

デバイス・イノベーションセンター