

ウェアラブル電極インナー技術の応用展開

NTTは、着るだけで生体情報の継続測定を可能にする機能素材「hitoe」を開発しました。hitoeを介して検出された心拍変動や心電波形は、小型専用装置によってスマートフォンやタブレットへ無線伝送され、アプリケーションで手軽に確認できます。こうした技術によって、スポーツ支援、健康増進、安心・安全、医療サポート、エンタテインメントなどの分野における新サービス創出が期待されます。本稿では複数の応用展開の取り組み例を紹介します。

おがさわら たかゆき†1 お の かずよし†1 まつうら のぶあき†1

小笠原 隆行 /小野 一善 /松浦 伸昭

やまぐち ます み†2 わたなべ じゅんじ†3 つ か だ し ん ぞ†4

山口 真澄 /渡邊 淳司 /塚田 信吾

NTTデバイスイノベーションセンタ^{†1}

NTT先端技術総合研究所^{†2}

NTTコミュニケーション科学基礎研究所^{†3}

NTT物性科学基礎研究所^{†4}

機能素材「hitoe」を用いた生体信号測定

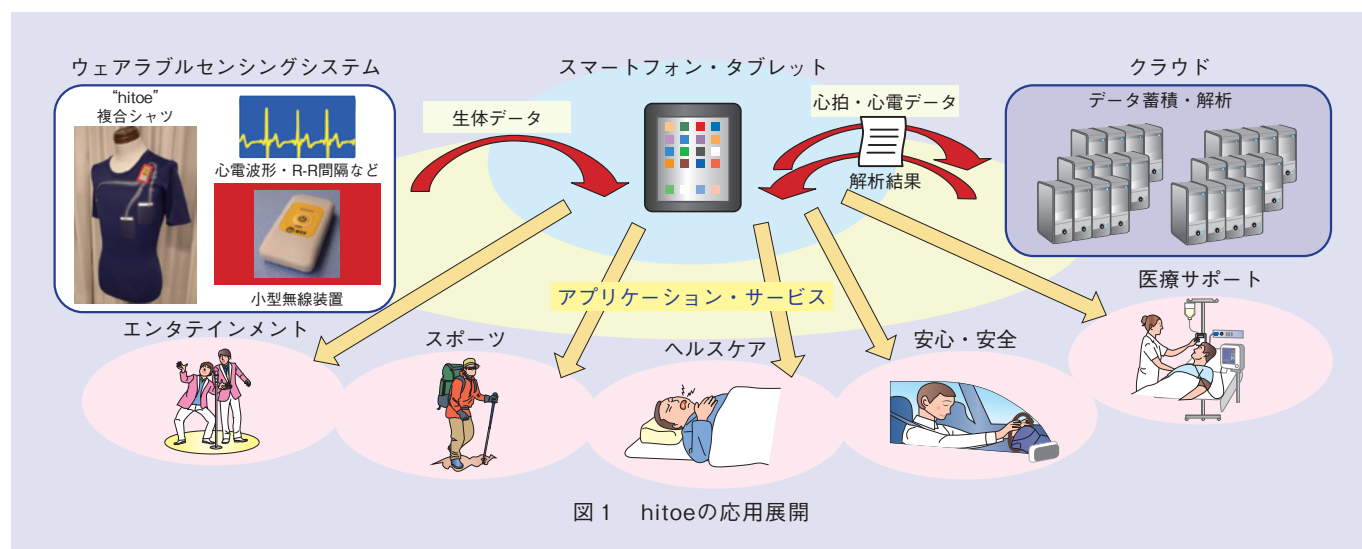
NTTは、着るだけで生体情報の継続測定を可能にする機能素材「hitoe」を東レ株式会社と共同開発しました⁽¹⁾。hitoeは導電性高分子（PEDOT-PSS）を繊維表面にコーティングすることで実現された布素材です⁽²⁾。柔軟性・親水性・強度に優れ、導電性を有します。これをインナーシャツと複合化することで、さまざまなシーンにおける心拍変動や心電波形の計測を長期間にわたり可能とします（図1）。hitoeを介して検出された心拍変動や心電波形は、

小型専用装置によってスマートフォンやタブレットへ無線伝送され、アプリケーションで手軽に確認できます。

心拍変動は、医療福祉ではもちろん、スポーツやダイエット活動の指標として着目されています⁽³⁾。hitoeにおいてもスポーツ時、例えばバドミントンといった激しい競技において安定した計測が行えることがこれまでに確認されています⁽⁴⁾。また、心拍変動は精神的ストレスによる交感神経緊張の亢進を反映するとされ、ストレスの指標ともなることが知られています⁽⁵⁾。こうした身体性と精神性の両面での展開を見据え、スマートフォンやタブレット

をハブにクラウドサービスと連携させ、適用性の高いシステムを実現することで、スポーツ支援、健康増進・睡眠管理、医療サポート、安心・安全、エンタテインメントなどの分野における新サービス創出が期待されています。

こうしたサービスの先駆けとして、NTTドコモによるトレーニング支援サービス「Runtastic for docomo」の2014年12月におけるサービス開始が発表されました⁽⁶⁾（図2（a））。本サービスでは、ランニングやサイクリングなどのトレーニング時に計測したデータを記録・管理し、お客さまのトレーニングに関する各種サポートをすること



ができます。hitoeを活用したウェア型の計測用デバイスと小型無線装置(図2(b))を身に付け、スマートフォンを用いてトレーニングすると、心電波形やGPS位置情報などを基に、心拍数、走行距離、ペースなどがリアルタイムで計測されます(図2(c))。計測された内容はクラウド上に蓄積され、専用のアプリケーションやWebページから手軽に確認でき、詳しい分析やコーチングの利用、友人との活動記録の共有が行えます(図2(d))。

Runtastic for docomoのほかにも、hitoeにはさまざまな応用が考えられ、

将来的にはトレーニングやフィットネスの枠にとどまらないさまざまな分野での展開が可能です。

本稿ではhitoeの応用展開として、エンタテインメント分野と安心・安全分野の中から3つの取り組みを紹介します。

エンタテインメント分野における応用

hitoeは2014年4月26～27日に幕張メッセで開催された「ニコニコ超会議3」に出展されました⁽⁷⁾。開催期間中、さまざまなゲストの方々に

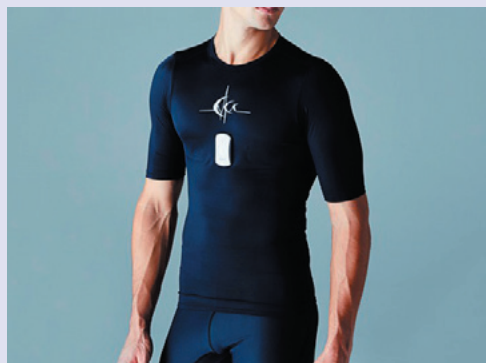
hitoeを着用していただき、トークショーやゲームなど5つのイベントを開催しました。イベントの中から「第一回“hitoe”杯 心拍将棋トーナメント」と「心拍大学 アナログゲーム編」について解説します。

■第一回“hitoe”杯 心拍将棋トーナメント

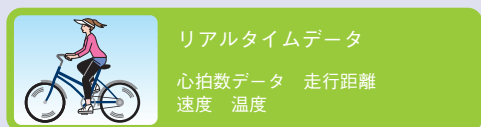
心拍将棋とは本イベントでの造語であり、対局者の心拍数をhitoeによって計測し、モニタを通じて来場者やネットの視聴者へ提示する将棋番組です。盤面上の攻防や対局者のしぐさに加えて、外見からはうかがい知れない

runtastic[®]
for **docomo**

(a) サービスロゴ

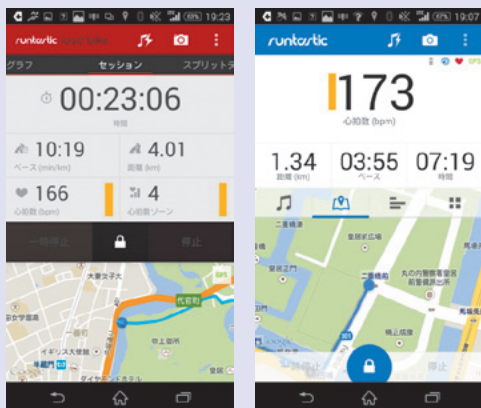


(b) hitoeを活用したウェア型の計測用デバイス



リアルタイムデータ

心拍数データ 走行距離
速度 温度



(c) リアルタイム計測画面



蓄積データ

運動データ分析 トレーニング内容分析
次回トレーニング選択



(d) 蓄積データ閲覧画面

図2 hitoeを活用したトレーニング支援サービス例

生体内の変化を楽しむ新しいかたちのエンタテインメントを探求しました。3名のプロ棋士を招き、真剣勝負のトーナメントを実施しました(図3)。対局中の棋士はインナーシャツとしてhitoeを着用しています。

一例として決勝時の心拍数を図3(b)に示します。縦軸は心拍数、横軸は将棋の手数です。伊藤真吾五段(図3(a)右)の心拍数は終始70~80 bpm台で推移しました。一方、石田直裕四段(図3(a)左)の心拍数は中盤から上昇傾向にあり、終盤では160 bpm台に達する場面もありました。このような情報が、生体計測技術とインターネット映像中継の融合によってリアルタイムに視聴者へ届けられました。

やや細かく心拍変動に着目すると、石田四段の中盤の7二飛車において心拍数のピークが見られます。これは伊藤五段の角を取得できる局面に持ち込んだ際に生じています。同じく石田四段は、終盤でも、伊藤五段の投了まで心拍数が上昇を続けています。これらは心拍変動と局面との対応をうかがわせ、より一層の緊迫感を視聴者へ届ける手法になり得るものと考えます。

トーナメントは石田四段が制し、第一回“hitoe”心拍将棋名人の称号が鵜浦博夫NTT代表取締役社長より授与されました。盤面から伝わってくる緊張感と合わせ、心拍変動から伝わるドキドキはまさに、鼓動高鳴る熱戦でした。心拍変動と心境の関係については、対局後の感想戦が参考になると思われます。石田四段は「終盤は自分でも鼓動を感じるくらいずっと緊張していた。(攻めていても)一歩間違えればダメだった」と振り返っており、到来したチャンスを活かそうとすることが自らへの緊張となったと推察されます。また、伊藤五段は「終盤はもうダメだと思ったので全然緊張しなかった」と述べました。伊藤五段の大局観が、対局を通じて心拍変動が安定している1つの理由かもしれません。

将棋では、局面によって勝負所や優劣を盤面に見ることができます。一方、指している棋士自身の盤面の評価や緊張は、通常は表情や仕草からしかうかがい知れません。対局中の心拍数は棋士の緊張や心境の変化を映し出す要素として、将棋というゲームと組み合わせる新たな面白みを生むものと期待しています。

ています。

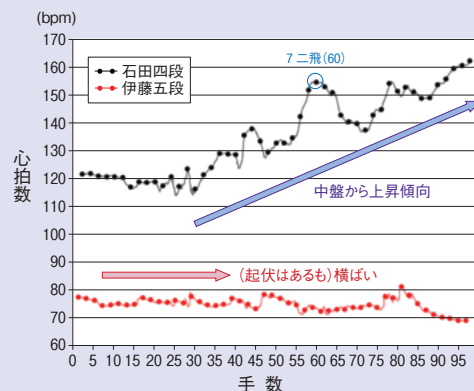
■心拍大学 アナログゲーム編

心拍大学とは、専門的な趣味を持つ方々を講師に招く教育番組です。第1回目の講師として、日本最大規模のアナログゲーム体験販売イベント「ゲームマーケット」の創設者であり、遊戯史学会理事である草場純さんを招き、アナログゲームの講義と演習を開催しました。演習時には草場さんの指導のもと、生徒役の参加者がアナログゲームをプレイします。生徒はhitoeを着用し、心拍数を計測しました(図4(a))。

演習では、「ディヴィナーレ」というカードゲームを用いました(図4(b))。赤、青、黄、緑の4色のカードが存在し、それぞれの色のカードが何枚あるか予想して当てるゲームです。前述の将棋に比べて、直感と運に左右される要素が高く、素人でも勝つチャンスがあるため、将棋とは異なった心拍変動が期待されます。カードの予想枚数が正解枚数と一致すれば3点、正解枚数と1つ違いの数だと1点、それ以外は-1点が生徒に与えられ、4ラウンドをプレイして合計点数を競います。生徒の心拍変動の一例を図4(c)



(a) 放映画面



(b) 対局中の心拍数推移

図3 心拍将棋



(a) 放映画面

(b) ディヴィナーレ



(c) 心拍数変化の一例

図4 心拍大学

に示します。各ラウンドの終盤近傍で心拍数の上昇が見られます。これは、ゲームが進展し、不明だった正解枚数が次第に明かされていくにつれ、自分の予想枚数と正解枚数との乖離が終盤で認識されたことが関与したと推測されます。ゲーム後の生徒へのアンケートによると、2ラウンド終了時には「調子が良かったので、このまま勝てるのではないか」、4ラウンド終了時は、「絶対に逃げ切って景品をもらおう」と考えていたとあります。こうした期待や興奮が心拍数に反映された可能性がうかがわれます。しかし、この生徒のように心拍数が変動する例ばかりではありません。他の生徒では、ゲーム中に展開とは関係なく、平時の心拍数より30 bpm程度高いまま終始推移する例もありました。生体信号計測を効果的にエンタテインメントに融合させるには、

多くの人間で再現性が認められ、かつ、生体信号の変動が視聴者に分かりやすいかたちでイベントに対応づけることが重要です。生体の機序を理解したうえでイベント創造という発想が不可欠であり、引き続き、さまざまな着眼で生体情報の活用方法を探索していきます。

安心・安全分野における応用

インターネットを介してさまざまな物品を売買できるようになった現在、物流や配送の需要は高く、自動車の運転手の体調管理やストレスの把握が重要となります。運転中のストレス評価として心拍変動や発汗への着目が有効であるとされています⁽⁸⁾。我々はhitoeを用いて、実環境条件下での運転試験を実施し、心拍変動の計測を行いました。図5(a)は運転時における心電波

形の一例です。乗り物乗車時においても心電波形の特徴であるR波が明瞭に視認できます。図5(b)、(c)は走行した山間部の峠道と見通しの良い郊外の道の写真です。峠道は写真のようなカーブが続く、幅員が狭く1車線道路です。一方、見通しの良い道は直線もしくは緩やかな路面が続く2車線道路です。

次に、心電波形から心拍変動を視覚化するため、ポアンカレプロットで表現したものを図5(d)、(e)に示します。ポアンカレプロットとは、計測開始からn番目のRR間隔（連続する2つのR波の間隔、図5(a)参照）を横軸にとり、次に引き続くn+1番目のRR間隔を縦軸にとってプロットしたものを指します。ストレス状態にある場合、心拍変動の揺らぎが小さくなり、プロットが凝集します⁽⁹⁾。逆にリラックスしてい

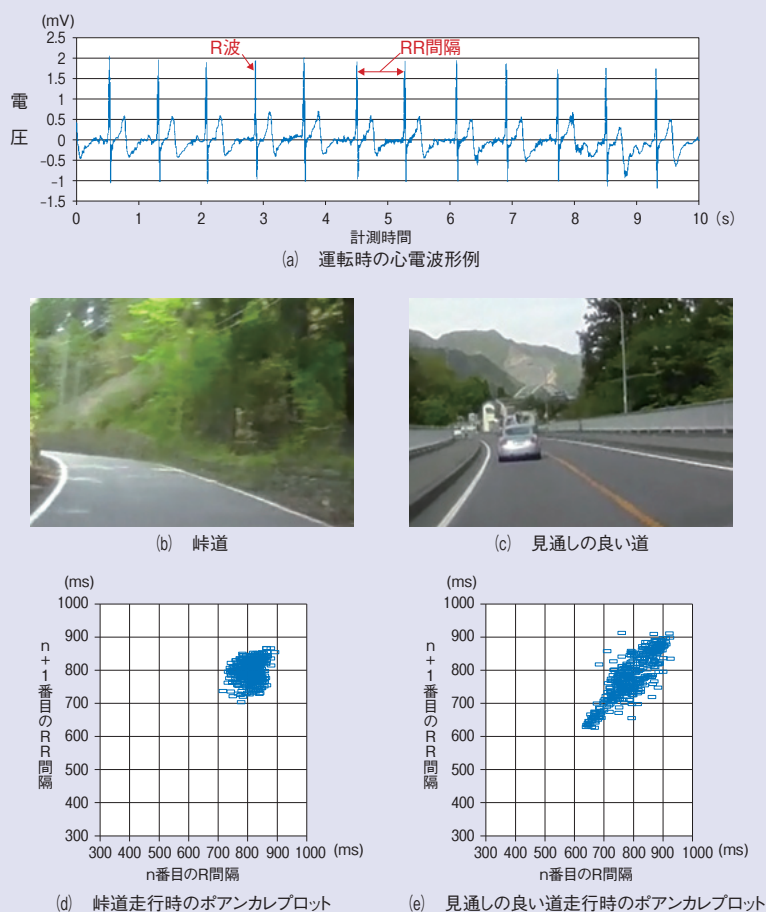


図5 運転中の心拍変動

る場合は、プロットが分散するとされています。図5 (d), (e)におけるプロットを比較すると、峠道では見通しの良い道よりもプロットが凝集しており、運転手のストレス状態が示唆されます。後の運転手へのアンケートでは峠道は「いつ死角から対向車が来るかわからないため慎重に運転していた」との回答があり、一定の緊張感を抱えていたことが確認されました。本評価はあくまで基礎的なものですが、将来的には運転手の疲労、体調不良、眠気を推定し、運転中の安心・安全や効果的な勤務管理支援に貢献します。

今後の展開

本稿では、hitoeの応用展開を紹介しました。用途によって扱われ方や他技術との組合せ方は異なりますが、いずれにおいても高いユーザビリティが重要となります。スマートフォンに不慣れなお客さまにも容易に使っていただける仕組みや、個別のニーズに対応した機能の充実が求められます。また今回取り上げた手法のほかにも、スマートフォンのGPS機能やさまざまなセンサ、SNS、デジタルゲームとの連携も見据え、パートナー企業と推進していきます。

参考文献

- (1) <http://www.ntt.co.jp/news2014/1401/140130a.html>
- (2) 塚田・河西・川野・高河原・藤井・住友：“着るだけで心電図を測るウェアラブルインナー,” NTT技術ジャーナル, Vol.26, No.2, pp.15-18, 2014.
- (3) 山と溪谷社：“いまから始める心拍トレーニングBOOK,” 2014.
- (4) 高河原・小野・小田・勅使川原：“業界の垣根を超えて結実したウェアラブルセンサ——hitoe技術,” NTT技術ジャーナル, Vol.26, No.5, pp.42-44, 2014.
- (5) 林：“心拍変動の臨床応用—生理的意義, 病態評価, 予後予測—,” 医学書院, pp.1-27, 1999.
- (6) https://www.nttdocomo.co.jp/info/news_release/2014/09/30_02.html
- (7) 薄井・玉井・木下：“ニコニコ超会議3「NTT超未来研究所」出展報告,” NTT技術ジャーナル, Vol.26, No.7, pp.59-62, 2014.
- (8) J. A. Healey and R. W. Picard: “Detecting stress during real-world driving tasks using physiological sensors,” IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, Vol.6, No.2, pp.156-166, 2005.
- (9) 松本・森・三田尻・江：“心拍揺らぎによる精神的ストレス評価法に関する研究,” ライフサポート, Vol.22, No.3, pp.19-25, 2010.



(左から) 渡邊 淳司/ 小笠原 隆行/
塚田 信吾/ 小野 一善/
松浦 伸昭/ 山口 真澄

hitoeは、本文で触れたエンタメや安心・安全に加え、医療福祉やスポーツなどさまざまな検討がなされています。利用者の生活を多面的に支援するツールとなることを目指して、研究開発を推進していきます。

◆問い合わせ先

NTTデバイスイノベーションセンタ
ライフアシストプロジェクト
ヘルスケア応用DP
TEL 046-240-2837
FAX 046-270-2323
E-mail ogasawara.takayuki@lab.ntt.co.jp