

## 【講演 2】

# 日常生活での人々の心と体を見える化する無意識連続計測

## バイタル・サイン・センサとパーソナル・データ活用社会への展望

株式会社 ミルウス 代表取締役 南 重信

### 1. はじめに

いつでも、どこでも先端医療と繋がっている安全安心社会(図 1)を目指して技術革新が進んでいる。心電や脈波等のバイタルサインは、単に心拍や脈拍等の体の状態を可視化するだけでなく、身体をコントロールする自律神経等を測定することにより、ストレスや喜怒哀楽などの心の状態も可視化でき、幅広い活用が期待される。

特に、負担なく 24 時間連続で体と心を可視化できる無意識連続計測センサは、短時間の診察や特定日の検診等に比較して、今まで見えなかった日々の変化を捉えることができ、医療・健康・介護・見守り等の幅広い分野に革新的な発展をもたらすと期待できる。

一方、このような無意識連続計測センサを実現し普及させるためには未だ多くの課題があり、広く研究開発が行われているところであるが、本稿では特に、優先度の高い課題として、装着とプライバシーに焦点を絞り、その課題と解決案について議論する。

意識連続計測センサの代表的なものである。ほとんどの人はセンサを付けていることに気付かず、連続的に脈拍や体表面温度などを測定している。もう一つの代表例はセンシング・アンダーウェアであり、下着を着る感覚でセンサを装着している。実は、これら以外にも多様な装着品がセンサになりえることかでき、あらゆる装着品が実はセンサであったという時代が、すぐそこまで来ている(図 2)。

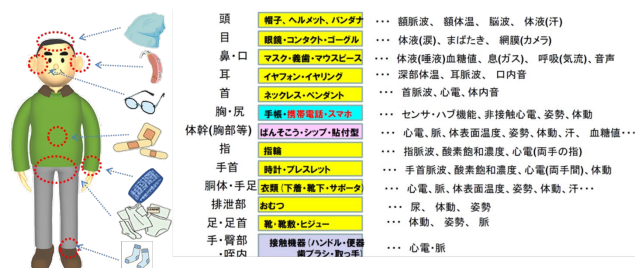


図 2 装着品を用いた無意識連続計測センサ<sup>[2]</sup>

一方、これら装着品を用いたセンサ)に共通の課題がある。それは密着性と装着感のバランスである。

### 【課題 1: 密着性と装着感の二律背反】

図 3 に示すように、心電や脳波は人体の微小な電気信号を電極でとらえて。脈波は多様な光を人体に照射して透過・反射した光を電気信号に変換してバイタルサインとする。当然ながら電極が人体に密着していないと、必要なバイタルサイン外のノイズが増加し、電時には、気信号そのものを取得できなくなる。また、光(レーザ光を含む)の場合も、十分な強度の光を照射し、かつ集光が不十分な場合、外乱光等によるノイズ成分が大きくなり、バイタルサインとして必要な精度が

■ 個人が、いつでも、どこでも先端医療とつながっている安心な社会。

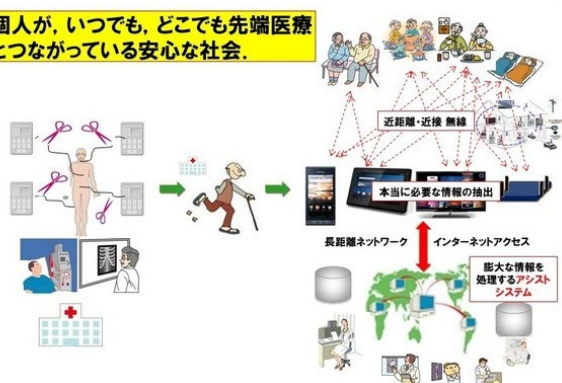


図 1 ミルウス社の目指す世界(同社 HP<sup>[1]</sup>より)

### 2. 無意識連続計測センサの概要と課題

最近普及が始まっている時計型センサは、無

得られなくなる。

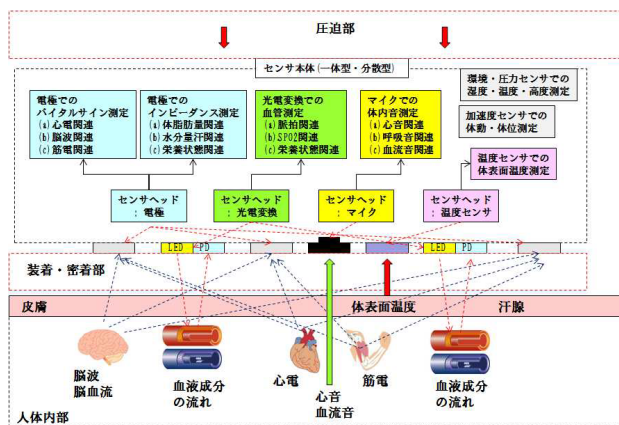


図 3 センサヘッドとバイタルサイン

この密着性に関する要求は、装着感と背反することが多く、ウェアラブルバイタルサイン開発は、密着性と装着感の戦いの歴史でもある。

確実に高い密着性を実現できるのは絆創膏型であり、筆者も開発に参画した”Silme Bar type”(図 4)等が開発実用化されている。これらは導電ゲル等を用いた貼り付け型であるが、センサ自体の荷重や大きさによる違和感、粘着による皮膚への影響などの課題がある。

- 多機能: 心電位・脈波・加速度・体表面温度を搭載
- 高信頼: 生体親和性・安全性・信頼性等医療機器に準じた品質
- ウェアラブル: 専用ゲルパッドで胸などに貼り付け 無意識測定
- バイタルサインセンサ: 自律神経・睡眠等ソフトウェア中心のセンサ

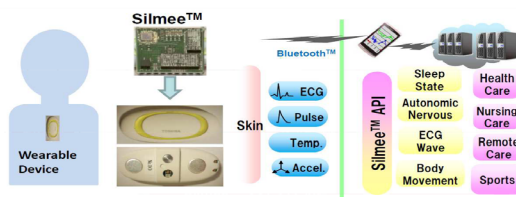


図 4 筆者が開発に参画した”Silme Bar Type”  
(当時、東芝で試作、現在は TDK より販売  
[twitter.com/tdk\\_product/status/1530141776220016640?lang=bn](https://twitter.com/tdk_product/status/1530141776220016640?lang=bn) を参照されたい)

一方、下着型(図 5)や胸ベルト型は圧着により導電素材を介して人体の電気信号をとらえるもので、密着さえしていれば確実に生体の微弱信号を捉えることができるため、過酷労働現場における従業員の健康監視等に実用化されているが、ある程度の締め付けが必要となるため、必要

性の高い応用はともかく、一般の下着に装着されるには違和感の低減とコスト低下、電池交換や洗濯などの維持・管理の容易化が求められる。



図 5 ミルウス社が試作した下着型センサ  
(センサヘッドは東洋紡の CoCoMi を用いた)

現在、最も普及している無意識センサはリストバンド型であり、iWatch に代表される高機能、Garmin 等のスポーツ用、さらには低価格でカジュアルな普及型(図 6)等の幅広いリストバンド型センサが販売されている。これらリストバンド型も下着型と同様に密着性と装着感の両立が課題であり、緩くバンドを締めると、ノイズが増大して正確な測定が困難になる。光源やセンサを多重化、集光や遮蔽で光の拡散を防ぐ、レーザー光を用いるなどの研究開発が活発化しており、今後、より使いやすいセンサの出現が期待される。



図 6 普及型リストバンドの例  
(ミルウス社の貯健箱®アプリと連動する HTL のリストバンド WITH-BAND 1)

## 【課題 2: プライバシーの確保】

無意識センサの技術革新は急速で、今後、様々な日用品センサが登場するとともに AI や高度信号処理との連携により、装着するだけで、バイタルサインだけでなく、ストレスや感情などの体の心の可視化も可能になる時代が来る。

一方、日常生活で心と体を可視化する無意識センサが普及すると、知らないうちに自分の健康や性格がネットにさらされ、ターゲット広告の標的にされる、就職や融資に不利な格付けがされるなどの弊害が危惧される。センサの技術革新という正の側面だけでなく、プライバシー侵害という負の側面の技術革新も重要である。

### 3. 個人と集団の体と心をプライバシーを尊重して可視化・活用する次世代仮想センサ MIRUWS-2.0

ミルウス社の社名は、**仮想センサ miruWs®** (Multi-function Integrated Reliable Unconscious Wearable (Virtual Vital) Sensor) から来ている。

このセンサは図 7 に示すように、インターネットなどのサイバー(Cyber)空間で定義されるセンサであり、リストバンドやウェアなどの物理空間(Physical)のセンサデバイスとは独立して定義し、多様なユースケースに対してインターネット上の API を介して高レベルのセンサ機能を提供する。

miruWs2.0 は、6 年目を迎えた(株)ミルウスが、過去 6 年間で蓄積してきたプライバシーを保護したパーソナルデータの保管活用プラットフォームであるセキュア分散パーソナルデータストア(PDS) ”miParu®(My Information Passbook and Archive for Reliable Utilization)PDS”と”miruWs®s 仮想センサ”の概念を融合し、そこに共同研究・開発を行ってきた各機関・企業との高度解析・AI 技術の成果を搭載したものであり、従来のウェアラブルバイタルサインセンサの概念を超えた、プライバシーを保護しながら、個人だけでなく集団のバイタルサインを可視化する。新しい概念のサイバー空間のセンサである。

#### [仮想センサ miruWs® 2.0]

miruWs®1.0 は、主に現在個人の健康状態を可視化する CPS(Cyber Physical System)であるが、現行の集中型サービス主体の Web2.0 で問題となっているプライバシー侵害の課題を解決し、さらにパーソナルデータの個人活用とビックデータ活用を可能にするものである(図 8)。

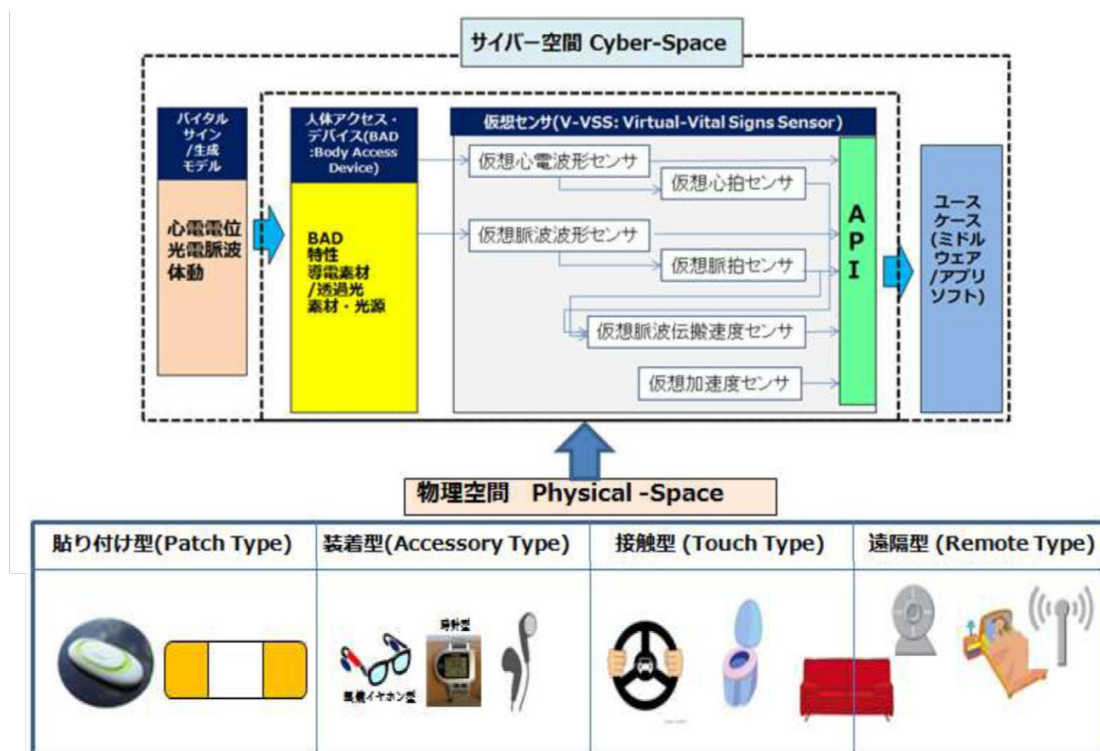


図7. 初代の仮想センサ miruWs® 1.0の概念



miruWs® 2.0 の特徴を以下にまとめる。

- (1) **利用シーン:**健康支援サービスやビックデータ収集活用を行う自治体・企業・研究機関等の要望(パーソナルデータの質・種類・収集目的・活用期間)を元に、サイバー空間上で個人と集団のパーソナルデータを安全・公正に提供。。
- (2) **要求仕様とセンサ性能:**サイバー空間処理からの要求仕様に基づき物理空間のセンサ(リストバンド・センシングウェア)への要求仕様を決定。  
物理センサは利用シーンにより制約があり、精度よりコストが要求される場合には、普及型の低コストリストバンドの性能限界を把握した上で、活用する必要があり、一方、診断でなくてもスクリーニング等で医療機器並の性能が要求される場合には、コストよりも精度を重視したセンサを選定する必要がある。このような選択を可能にするため仮想センサの実験手順や実験結果を公表する。さらに物理センサの PoC 試作や要求仕様を提供しオープン化を推進する。

- (3) **サービス都度本人同意:** パーソナル・データ活用の基本は本人同意である。ただし、本人が理解した上での本人同意であるべきであり、サービスを人質に読むのも面倒な同意文章を提示して意味も分からず得られる同意は必ずしも本来の本人同意とは言えない。高齢者等に限られたスマホ画面で納得性の高い本人同意を得るのは容易では無いが、miruWs® 2.0 では新たなサービスを開始する都度に、データ取得・蓄積を行う**貯健箱®2.0** スマホアプリが提供する 4Step 本人同意 で、サービスやビックデータ収集の目的・種類・閲覧/活ユーザー・匿名二次利用有無などを極力丁寧に説明して本人同意を得た上で、データ取得を行う。
- (4) **国際標準コンテナによるデータ流通:** サイバー空間に存在する仮想センサの出力は、**貯健箱®2.0** 内の PDS に保管されたデータからサービスに必要なデータを本人が選択し本人同意の下、提供する。

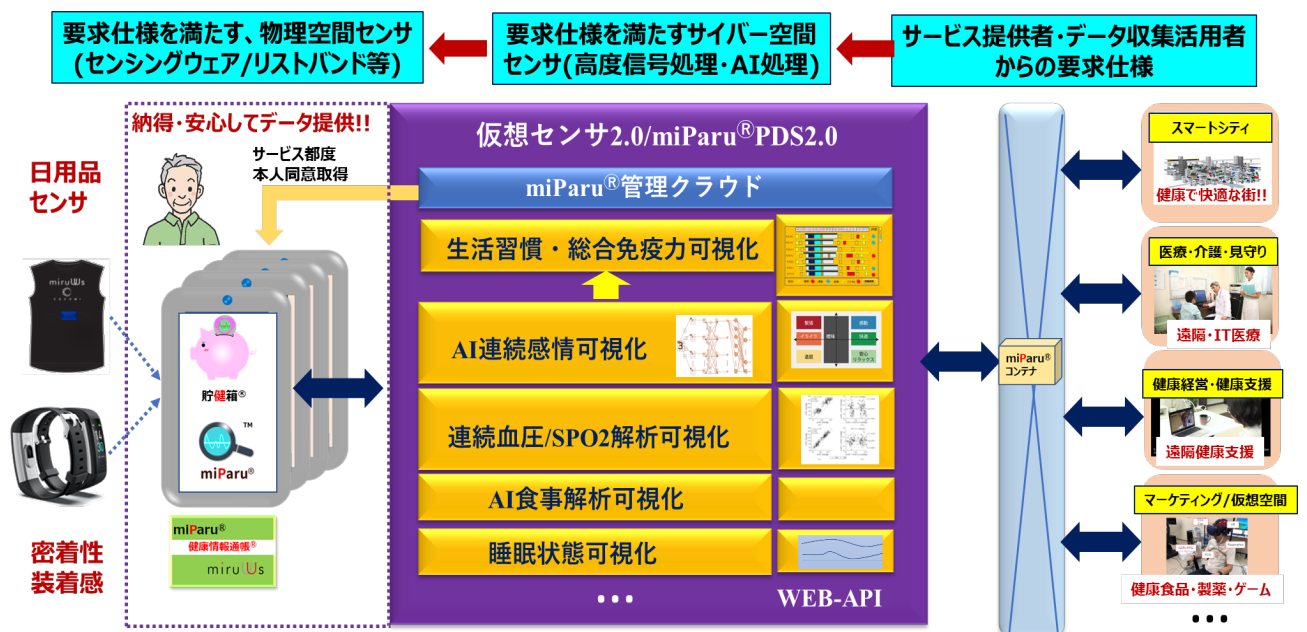


図8. プライバシーを尊重して個人と集団の体と心を可視化する仮想センサ miruWs® 2.0の全体像

提供するデータは、活用条件が付加されたミパルコンテナに収容されてデータ活用先に届けられる。このコンテナ構造は現在はミルウス社独自フォーマットであるが、現在、国際標準化が進んでい **IEC63430 規格**を採用する予定である。国際標準のコンテナを採用することにより、本人が同意すれば、途上国の患者のバイタルサインを先進国の医療機関で活用して診断・予防、健康支援等に活用可能となる。

4. AI・高度信号処理を用いて体と心の状態を可視化する MIRUWS-2.0

ミルウス社で現在開発中の AI 解析・高度信号処理の主要機能を紹介する。これらは、2022 年度下期より、まずはパイロットサービスとして順次搭載する。

(1) 生活習慣可視化:リストバンド(HTL 社 WITH-BAND)と同リストバンドのバンドル・アプリ**貯健箱®2.0** で得られる下記のパーソナルデータを元にした生活習慣を WEB-API を介して可視化可能とする。

種別ID	種別名
1	睡眠状態
2	歩数
3	心拍数
4	拡張期血圧参考値
5	収縮期血圧参考値
6	酸素飽和濃度参考値
7	体表面温度

表 1.

WITH-BAND の測定項目

(2) 感情可視化<sup>[3]</sup>:市販の心電センサとウェアや胸ベルト等で取得した心拍揺らぎ等を用いて喜怒哀楽の感情(図)を推定する。本感情推定の特徴は、**知識の蒸留手法**を用いることにより、脳波や発汗、心拍など多様な生体情報を用いて AI

の学習を行い、その結果を用いて心電のみの AI 判定を行うことにユリ、最初から心電波形のみで学習した場合に比べて 5-10%判定精度が上がる方式を採用したところにある。

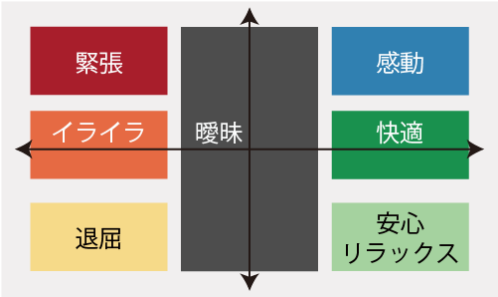


図 9 感情推定の判定結果

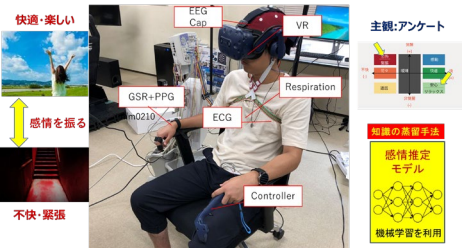


図 10 知識の蒸留における AI 学習

(3) 高精度連続計測血圧可視化<sup>[4]</sup>:

リストバンド等で取得した高精度の脈波波形を解析し、血流の流れや、血管の硬さを推定することにより、非侵襲・連続・校正レスでの血圧推定が可能となる。この方式は人為的に血圧を上げた実験の結果、健常人に対しては米国 AAMI 基準(5+-8mmHg)を満たす精度を得られることが確認されている。

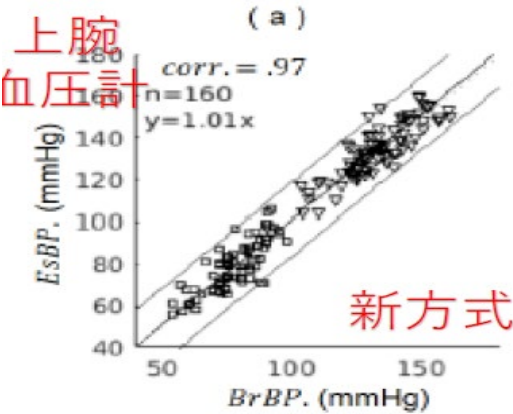


図 11 高精度血圧推定

## 5. パーソナルデータ活用社会に向けた展望:

集中の Web2.0 から分散の Web3.0 に向けたパラダイムシフトが始まっているとも言われている。miruWs<sup>®</sup>3.0/:miParu<sup>®</sup>PDS3.0 の普及を想定した 2030 年の未来像を描く。

(1)スマートシティ: 殆どの住民がなんらかの日用品無意識センサを装着し、本人納得同意の下、体調だけでなく快適・不快などのパーソナルデータが自身の健康管理だけでなく、行政にも活用されている。行政は住民の感情や体調をリアルタイムで把握し街づくりや施策に反映。重大な感染症発生時には**貯健箱<sup>®</sup>**に貯まっている最近の体調・行動記録を本人納得の上、提出し、保険行政に活用している。

(2)医療・健康:**貯健箱<sup>®</sup>**に保管された、日常の健康状態を AI を用いて監視、事前の本人同意の下、急病を予知して本人の知らないうちに要請、救急車が向かっている。重病で感情表現が困難な患者もバイタルサインで感情伝達が可能になっている。

(3)マーケティング・広告: 本人が希望すれば、アプリが**貯健箱<sup>®</sup>**に保管された、パーソナルデータを用いて最適な広告を選択・推奨してくれる。**貯健箱<sup>®</sup>**に貯まった、日常生活のパーソナルデータを本人が同意して匿名・実名で企業に提供してポイントを得たり、研究機関に寄付できる。映画や番組の評価も感情可視化により、より客観的になる。

(4)仮想空間: 仮想空間のアバターに本人の生体・感情情報を与えることにより、仮想空間上でのコミュニケーションの深化や医療・健康支援等が進む。

(5)パーソナルデータの資産化: パーソナルデータに署名を施すことにより、所有権と改竄を検出でき、資産的価値が高まる。

**健康情報通帳<sup>®</sup>**をブロックチェーンに保管共有する等、Web3.0 時代の miruWs<sup>®</sup>3.0/miParu<sup>®</sup> PDS 3.0 に向けて開発・事業化を加速する。

## [参考文献・リンク]

- [1] ミルウス社ホームページへのリンク  
<https://www.miruws.com/topics/>
- [2] NEDO クリーンデバイスプロジェクト報告“高信頼多機能ウェアラブルバイタルサインセンサ応用・設計ガイド草案”2017 年 7 月  
(非公開:必要な方はミルウス社迄問合わせ)
- [3] 日本機械学会主催のロボティクス・メカトロニクス講演会 2021(ROBOMECH2021)  
<https://robomech.org/2021/>
- [4] 電気学会論文誌 E  
(センサ・マイクロマシン部門)6 月号  
[https://www.jstage.jst.go.jp/article/ieejsmas/141/6/141\\_186/\\_article/-char/ja/](https://www.jstage.jst.go.jp/article/ieejsmas/141/6/141_186/_article/-char/ja/)



南 重信(みなみ しげのぶ)

連絡先・プロフィール・論文

[minami@miruws.com](mailto:minami@miruws.com)

<https://researchmap.jp>

[/SigeMINAMI](#)

## 略歴

1979年早稲田大学 電子情報通信学科修士課程修了、同年、株式会社東芝 総合研究所に入社。音声会議装置、国内向けデジタル携帯電話/WCDMA/3G携帯電話信号処理の研究開発。

1989年～1990年 米国カリフォルニア大学バークレイ校客員研究員。JPEGの研究。

2000年～2010年 MPEG4国際標準化、MPEG-4LSI企画・事業化。世界初の超低消費電力MPEG4LSIを半導体部門と協力して実現。

2010年北海道大学大学院情報科学研究科にて博士(情報科学)を取得。

2010 年～2015 年 高信頼多機能ウェアラブルバイタルサインセンサ Silmee 開発全社横断プロジェクトを企画・開発推進。

2013 年 横浜国立大学 未来情報通信医療社会基盤センタ客員教授兼務。

2015 年 2 月 東芝を退職。北大大学院情報科学研究科特任教授。2016 年 9 月末日に北大を退職。同年 11 月 1 日(株)ミルウス代表取締役(現職)。