

戦略的創造研究推進事業 CREST
研究領域「先進的統合センシング技術」
研究課題「生体・環境情報処理基盤の開発と
メタボリック症候群対策への応用」

研究終了報告書

研究期間 平成19年10月～平成25年3月

研究代表者：山田 一郎
(東京大学大学院新領域創成科学研究科、教授)

§ 1 研究実施の概要

(1) 実施概要

本研究課題では、日常生活における生体・環境情報を長期間に渡って常時モニタリングでき、個人が自らの生活習慣を振り返ることができる生体・環境情報処理基盤(人間の日常生活を科学するプラットフォーム)を開発することを目標とする。プラットフォームを開発するためには、日常生活をモニタリングするセンシングシステムの開発とセンサ情報を加工・処理する基盤ソフトウェアの開発が必要である。センシングシステムに対しては、ウェアラブル環境下での多様なセンサ情報を低消費電力かつロバストに取得・流通するソフト・ハード両面からの基盤技術の開発が必要である。また、基盤ソフトウェアに対しては、多量のデータから埋もれがちな有意な変化の検出、量的だけでなく質的な診断の支援、注目する情報や対象に合わせた表現手法、医学的に有効なデータへの昇華などが求められる。

これらの要求を満たす要素技術として、

- (1-1) ウェアラブル生体・環境センサ
- (1-2) ゼロ待機電力ウェイクアップ無線インタフェース
- (1-3) マルチセンサネットワーク構成技術
- (2-1) 質的診断を可能にする生体・環境情報の分析技術
- (2-2) 様々な粒度で変化をとらえる生体・環境情報の表現手法
- (2-3) 生体・環境情報のメタデータベース構築

の研究開発を進める。これらの要素技術を統合して、生体・環境情報処理基盤(プラットフォーム)を構築し、アプリケーションプログラムを開発して、

(3) メタボリック症候群の予防・治療に資するヘルスケアサービスの実証実験

を行い、プラットフォームの有効性を検証する。

(2) 顕著な成果

1. 連続血圧センシング手法

概要:運動時を含む日常生活下でも高精度で収縮期血圧算出を行うことができる非侵襲的連続血圧モニタリング方法を、脈波伝播速度法を元に開発した。

2. 無線型ウェアラブル血圧センサ

概要:本プロジェクトでは、脈波伝播速度法で用いる脈波伝播時間は、心電のR波と抹消部位である耳たぶから取得した脈波信号の立ち上がりの時間差から算出されるが、異なる二箇所から正確な時刻同期を行いつつ、スマートフォンで無線リアルタイムモニタリングを可能にするデバイスを開発した。

3. ストリームDBと医師・一般者向けUI

概要:従来の離散的データであるヘルスケアデータと異なり、本プロジェクトで扱う連続データ(ストリームデータ)は大量に取り貯めて見ることに第一の意義があり、これをメタデータ(行動のラベルや個人の診療履歴など)とともに医師・一般者がWebからアクセスして解析を行うことが可能なインタフェースを開発した。

§ 2. 研究構想

(1) 当初の研究構想

高齢化社会では、個人が自らの健康管理についての高い意識を持ち、病気を予防することが社会的な課題である。既に米国の企業では、持病を持つ従業員が自分で持病の管理ができるプログラムを実施することが広がっている。病院に全面依存しないで自分自身で病気を管理することが、

90年代から「疾病管理(Disease Management)」として企業への導入が進んでいる。従業員向けの疾病管理をしたい企業は、専門のサービス会社(Disease Management Company)と契約して導入を進めるのが普通である。

一方で、H16年の厚生労働省調べによれば、日本人の死亡原因のうち30%が心疾患・脳血管疾患に起因するという。心疾患・脳血管疾患の背景には高血圧、脂質代謝異常、肥満など複数の危険因子が重複して存在し、しかもこれらの危険因子は密接に関連していると考えられている。この複数の危険因子が重複して高頻度に生じる病態は「メタボリック症候群」と呼ばれ、運動不足、ストレス、不規則な食事、睡眠不足などの要因が複合的に絡み合っているとされている。これまでのメタボリック症候群対策は、H17年にその判断基準が制定されたにすぎず、日頃の運動や食生活の改善といったように、非常にあいまいで画一的な指標による対策しか行われていない。基本的には動脈硬化の発生・進行防止が治療目標となり、脂肪蓄積の防止・解消を目的に摂取カロリーを適正化する食事療法と、脂肪燃焼を促す目的での運動療法が中心となる。メタボリック症候群は個人の生活習慣に強く依存しており、多様化している現代人の生活習慣において、画一的な原因特定や治療では効果的な対策を行うことは難しい。このため、個人の生活習慣に合わせたきめの細かいケアが必要となる。しかしながら、慢性的な医療サービス従事者の不足の問題等に鑑みると、効率的かつ効果的にメタボリック症候群対策を支援できる技術開発が急務である。

これまでも、心拍数とストレスの関係といったように、生体センサからのデータと生体イベントの関係を計測・分析するシステムの研究開発は数多く行われ、今日では健康家電として一般家庭でも導入が進んでいる。しかしながら、メタボリック症候群のように、複数の生体イベントが個人の生活習慣に依存しながら複雑に絡み合っている発生する疾病は、単なる体重の推移や血糖値の変化だけではその対策にはつながらない。もっとも効果的な対策は、自らが不摂生な生活習慣を改めることにつきては、何が不摂生な生活習慣なのかを客観的にみられる指標がなく、能動的なアクションにつながらない。

本研究課題では、日常生活における生体・環境情報を長期間に渡って常時モニタリングでき、個人が自らの生活習慣を振り返ることができる生体・環境情報処理基盤(人間の日常生活を科学するプラットフォーム)を開発することを目標とする。このため、生体情報および環境情報を収集するウェアラブルセンサを用い、生体・環境情報を「取る」「貯める」「見る」ための基盤技術についての研究を進める。ここで、日常生活における生体・環境情報を大量に収集するとともに、公開することも重要と位置づけて研究を進める。

従来、機械系工学者と医療関係者の連携によるデジタルヒューマン技術として、人間機能をモデル化し計算機上に再現することを核とした技術体系が提案され、医療サービスの品質向上と、管理、科学的根拠に基づく医療、予防医療に関して様々な有益な成果が得られてきた。また、個人の健康志向の高まりにより、家電量販店には「健康家電」というコーナーが設けられ、体重を量るのと同じ手軽さで体脂肪率や血圧、心電図、そして尿中の糖分量まで家庭で測れるようになってきた。病院に行かずとも、家に居ながらにして自分の身体状況を詳しく測定できる基本的な環境が整いつつある。

本研究課題で開発するプラットフォームがこれらの既存技術と異なる点は、(1)複数の異種センサの情報を統合的に取り扱うネットワークサービスに関する技術開発であること、(2)専門家が高度な医療を行うための情報処理基盤ではなく、一般ユーザが手軽に自分の身体で何が起きているかを自覚するための情報処理基盤であることの2点である。

個人が自分の健康状態を把握するための動機には様々な事情が想定できるが、本研究課題では、メタボリック症候群の対策を具体例として想定する。そして、生体・環境情報とメタボリック症候群の科学的な因果関係を明確にすることをねらいとして、その予防・治療に資するヘルスケアサービスを開発することを次なる目標とする。

(2)新たに追加・修正など変更した研究構想

当初、最終成果目標としては、健常者の健康維持・管理サービス、東大病院における生活習慣病対策サービス、生活習慣病に関する情報共有サービスの実用化を検討していたが、中間評価

において、『時間的な制約を考えると、技術を統合化した上で、全ての検討された社会実装イメージを達成することは困難であると考えられるため、東大病院における生活習慣病対策サービスの開発に集中することが望ましい』との助言をいただいた。

また、『医療従事者と連携する際には、実証実験において何かあった場合には保証の問題も発生するため、引き続き医者、医療情報関係者との議論が必要である。これらのことを考慮すると、リソースを集中する等の現実的かつ具体的な成果を定義し、それに向けた研究体制を考える必要がある』との助言をいただいた。

これを受けてH23年度より、実証実験を、東大病院との連携によるヘルスケアサービスの実証実験に絞込み、さらに、ウェアラブル血圧センサを中心に、医学・健康に応用できるような道筋を立て、ヘルスケアサービスとして確実な成果を出すことに注力した。

また、統合センシング領域の各プロジェクトの成果を取りまとめるデータベースの開発がH23年度まで東京電機大学戸辺チームにて行われていたが、同年度で研究期間満了となったため、これを継承しデータベース構築の仕上げを行った。

§ 3 研究実施体制

(1) 山田グループ

① 研究参加者

氏名	所属	役職	参加時期
山田 一郎	東京大学大学院新領域創成科学研究科	教授	H19.10～H25.3
J.J. Delaunay	東京大学大学院工学系研究科	准教授	H19.10～H25.3
割澤 伸一	東京大学大学院新領域創成科学研究科	准教授	H19.10～H25.3
酒造 正樹	東京大学大学院新領域創成科学研究科/ 神奈川大学工学部	特任研究員/ 特任准教授	H19.10～H25.3
G. Lopez	東京大学大学院新領域創成科学研究科	特任助教	H21.3～H25.3
矢作 直樹	東京大学医学部附属病院	教授	H19.10～H25.3
今井 靖	同上	講師	H19.10～H25.3
柳元 伸太郎	同上	講師	H19.10～H25.3
森田 啓行	同上	准教授	H21.4～H25.3
稲島 司	同上	助教	H21.4～H25.3
飯島 勝矢	東京大学 高齢社会総合研究機構	准教授	H22.4～H25.3
横澤 一彦	東京大学大学院人文社会系研究科	教授	H19.10～H25.3
浅野 倫子	同上	特任研究員	H21.3～H22.3
井場 陽一	OLYMPUS 未来創造研究所	所長	H19.10～H25.3
小坂 明生	同上	上席研究員	H19.10～H22.3
龍田 成示	同上	上席研究員	H19.10～H22.3
中村 二郎	NTT 環境エネルギー研究所	企画部長	H23.4～H25.3
中村 雅之	同上	主任研究員	H23.4～H25.3
P. Maret	Université Jean Monnet, Laboratoire Hubert Curien, FRANCE	教授	H23.4～H25.3
F. Muhlenbach	同上	准教授	H23.4～H25.3
E. Fromont	同上	准教授	H23.4～H25.3
J. Subercaze	同上	助教	H23.4～H25.3
J. L. De Coi	同上	助教	H23.4～H25.3

② 研究項目

- ・ウェアラブル生体・環境センサの開発
- ・マルチセンサネットワーク構成技術の開発
- ・生体・環境情報分析技術の開発

- ・生体・環境情報表現手法の開発
- ・メタボリック症候群の予防・治療に資するヘルスケアサービスの実証実験
- ・ウェブコミュニティにおけるヘルスケアデータの共有仕組みに関する研究

(2) 森川グループ

① 研究参加者

氏名	所属	役職	参加時期
森川 博之	東京大学先端科学技術研究センター	教授	H19.10～H25.3
翁長 久	同上	特任准教授	H21.7～H24.6
南 正輝	同上	准教授	H20.8～H23.3
川原 圭博	東京大学大学院情報理工学系研究科	講師	H19.10～H25.3
川西 直	東京大学先端科学技術研究センター	特任研究員	H20.4～H20.9
L. Vasileio	同上	外国人協力研究員	H21.6～H21.7
今泉 英明	同上	特任准教授	H20.4～H24.9
猿渡 俊介	同上	助教	H19.10～H24.3
荒木 靖宏	東京大学大学院新領域創成科学研究科	D3	H19.10～H22.3
鈴木 誠	東京大学先端科学技術研究センター	助教	H19.10～H23.8
森戸 貴	東京大学大学院新領域創成科学研究科	D3	H19.10～H.22.3
戸辺 義人	青山学院大学理工学部情報テクノロジー学科	教授	H24.4～H25.3

② 研究項目

- ・ゼロ待機電力無線インタフェースの開発
- ・生体・環境情報のメタデータベース構築
- ・メタボリック症候群の予防・治療に資するヘルスケアサービスの実証実験
- ・統合センシングデータベースの開発

(3) 中村グループ

① 研究参加者

氏名	所属	役職	参加時期
中村 二郎	NTT 環境エネルギー研究所	グループリーダー	H21.4～H23.3
國岡 達也	同上	主幹研究員	H21.4～H23.3
中村 雅之	同上	主任研究員	H21.4～H23.3
山田 巧	同上	主任研究員	H21.4～H23.3

② 研究項目

- ・マルチセンサネットワーク構成技術の開発

§ 4 研究実施内容及び成果

(1) 研究実施内容及び成果

4. 1 ウェアラブル生体・環境センサの開発(1-1) (東京大学 山田グループ)

※ 本項目は、ハード・ソフト一体として開発を行うため、4. 4 生体・環境情報分析技術の開発(2-1)の項目とまとめて記す。

ウェアラブル生体・環境センサの開発に当たっては、市販のウェアラブルセンサや既開発のセンサノードを利用することによって、効率的な開発を行った。また、生体・環境情報分析技術の開発では、ウェアラブルセンサによって計測された一次情報から、人間の高次情報を抽出し、量的ではなく質的な診断を可能とするソフトウェアモジュールを開発した。

ウェアラブルな血圧センサ、食習慣センサ、ストレスセンサ、呼気ガスセンサと、これらを用いた分

析技術の開発を行った。血圧センサを中心に、日常生活および病院診療において利用できるウェアラブルセンサの開発を進めるとともに、分析技術の高精度化をめざした。また、ヘルスケアサービスの実証実験と連動して、ユーザである医師や患者の要求に合うように、操作性、装着性などをハード(ウェアラブルセンサ)とソフト(分析技術)の両面で改良した。

血圧センシングについては、安静時のみならず運動時にも適応可能な測定法とするため、脈波伝播速度法に基づき、血管の非線形弾性特性を考慮した新たな血圧算出式を導出した(図 1)。耳たぶでの脈波計測によって、運動時での体動によるノイズが減少し、より高精度で特徴量の検出が可能になった。本手法の有効性を確認するために、医師による聴診法との比較実験を行った結果、運動時でも測定誤差 10mmHg 以下の連続的な血圧測定が実現できる可能性を確認した。そこで、日常生活において使用できる有線型ウェアラブル血圧センサの試作機を開発した(図 2)。主な仕様は、①心電、脈波、3 軸加速度の 5 チャンネル同時計測、②1kHz サンプリングによる高速同期計測、③2 時間以上の長時間連続計測である。また、携帯端末で、リアルタイムに心電や脈波などの生波形を確認でき、自動的に血圧算出結果を表示できるソフトウェアも開発した。このウェアラブル血圧センサを用いて医療現場での血圧測定実験を繰り返し行い、総症例数は 200 を超えた。

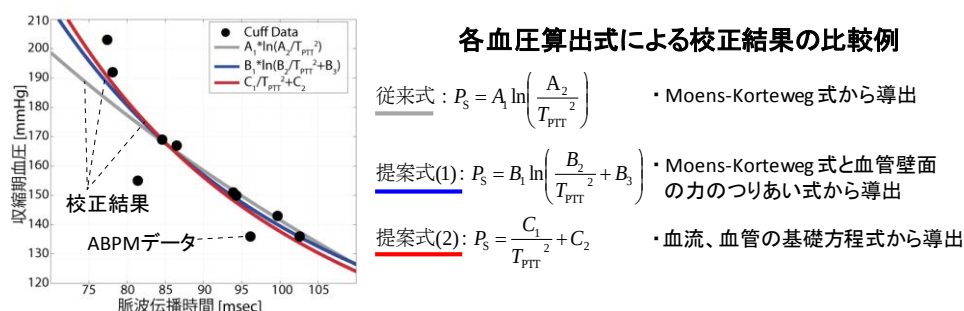


図 1 脈波伝播速度法による血圧算出精度の比較検討

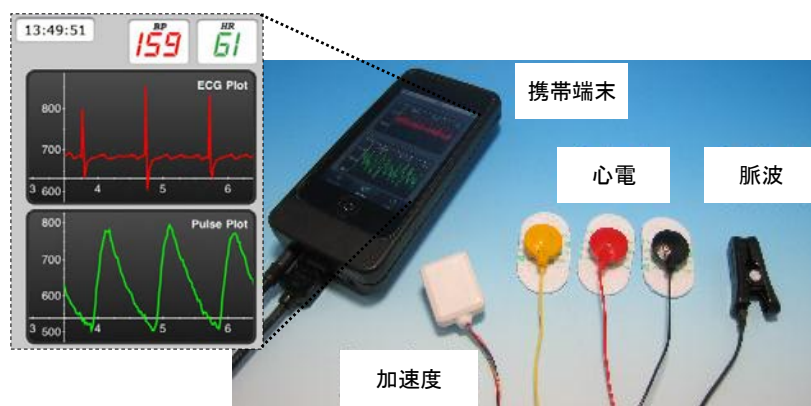


図 2 有線型ウェアラブル血圧センサ

次いで、ユーザビリティ調査において煩雑とされた心電、脈波の計測点から携帯端末までのケーブルを無線化した無線型ウェアラブル血圧センサの試作機を開発した(図 3)。併せて、連続ヘルスケアデータを取り扱うことを考慮し、独自の超低消費電力無線を用い、小型二次電池で 3 時間の連続計測を実現した。無線型ウェアラブル血圧センサを用い、臨床現場での利用が始まっている。また、臨床現場からの要求に合わせて、8 時間以上の長時間計測をめざして試作機の改造を行った。今後、医療機器メーカーと共同してウェアラブル血圧センサの実用化に向けた検討を進め、新たな医療機器開発に必要なデータ収集を継続していく。

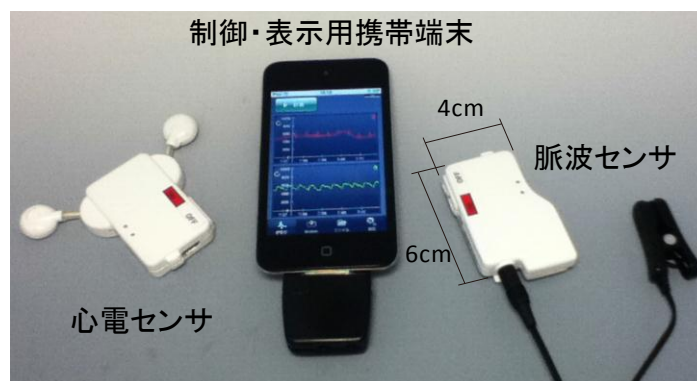
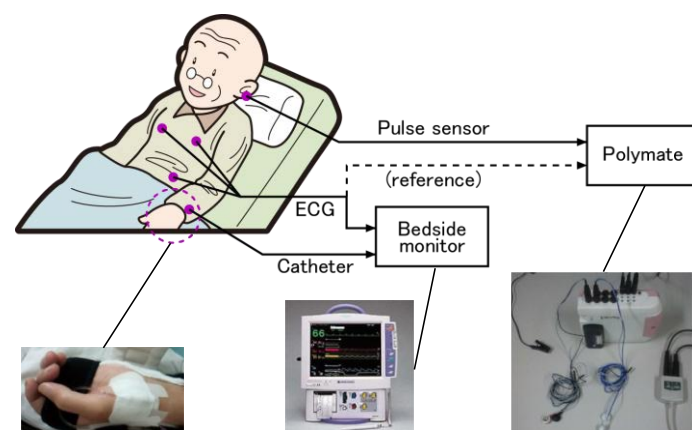


図 3 無線型ウェアラブル血圧センサ

血圧算出に関する本手法の有効性については、従来は聴診法で取得したカフ血圧との比較実験によって評価を行っていたが、聴診法自体に誤差が存在することや、何よりも頻回に血圧値を取得できないといった問題から、その評価は難しかった。そこで、東大病院における入院患者に対するカテーテル検査との比較実験を開始した。これによって、瞬時的な血圧値をどのくらいの精度で測定できるかを確認することができる。入院患者 20 数名からカテーテル検査によって血圧値を取得して解析を行った。医療機器メーカーのアドバイスによると、異なる手法による 2 つの測定結果の評価を行う場合に用いられるブランドアルトマン (BA) プロットを導入することにより、平均誤差 5mmHg 以下と、差分の標準偏差 (SD) が 8mmHg 以下であれば血圧測定装置として妥当である (自動血圧計の臨床評価基準規格 ISO 81060-2:2009)。まだ、国際基準規格に定められている計測者数に達していないが、BA プロットによる誤差解析の結果、差分の標準偏差として 5.4mmHg を得た (図 4)。



被験者数	収縮期血圧範囲 [mmHg]	差分の標準偏差 [mmHg]	RMSE [mmHg]
12人	85～205	5.4±1.4	4.1±1.2

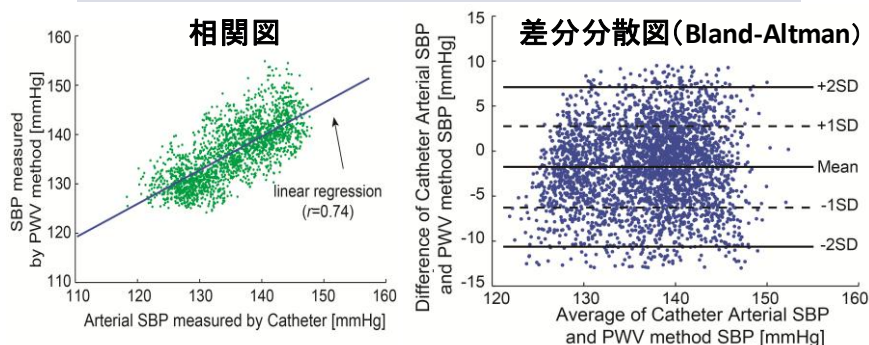


図 4 PWV 法による血圧センシングとカテーテルとの一拍毎の比較: 実験系 (上) と結果例 (下)

一方、食習慣センシングについては、医学的に意味のあるとされている①咀嚼回数、②食事のタイミング(規則性)、③食品の種類(フードテクスチャー)といった食習慣を検出することをめざして、骨振動マイクを用いたウェアラブル食習慣センサと分析手法の開発を行った。試作機の開発においては、フィージビリティ確認のため、実験室環境での音情報の取得に重点を置き、ICレコーダに記録した音情報をオフラインにてPCで解析する方法を取っていた。一方、実環境で使用することを想定して、マイクから携帯端末へ無線でデータ送信し、かつ携帯端末においてデータ処理・通信までを行える食習慣センシングシステムの開発を行った(図5)。

具体的に、咀嚼回数については、咀嚼時にサンプリングした体内音から90%の精度でカウント可能となった。食関連行動については、「食べる」、「飲む」、「話す」の各状態を90%以上の成功率で判別可能になった。さらに、食品の種類(フードテクスチャー)については、3つの指標(硬さ、弾性、シャキシャキ感)の7段階評価を90%程度の精度で判別可能となった(図6)。

現在、後期高齢者の健康診断において、食の虚弱を調査する咀嚼機能評価が重要な項目となっている。食事の組成・発話量・一口あたりの咀嚼回数などを調査しているが、現状の健康診断で唯一補えないのが咀嚼回数である。開発した食習慣センシング技術では、音情報から発話量と同時に咀嚼回数が計測できるので、臨床現場の医師からは大きな革新であると期待されている。今後、臨床現場からの要求に合わせて、食習慣センシングシステムの更なる機能改良を行っていく。

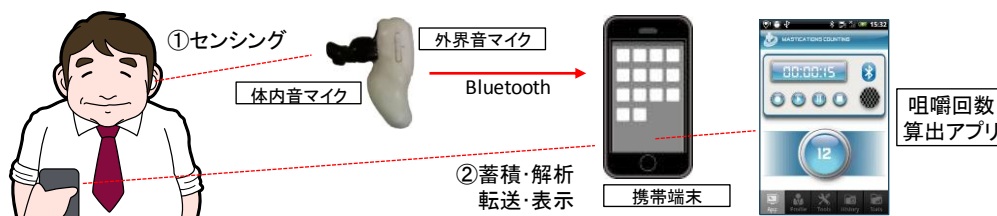


図5 ウェアラブル食習慣センシングシステム

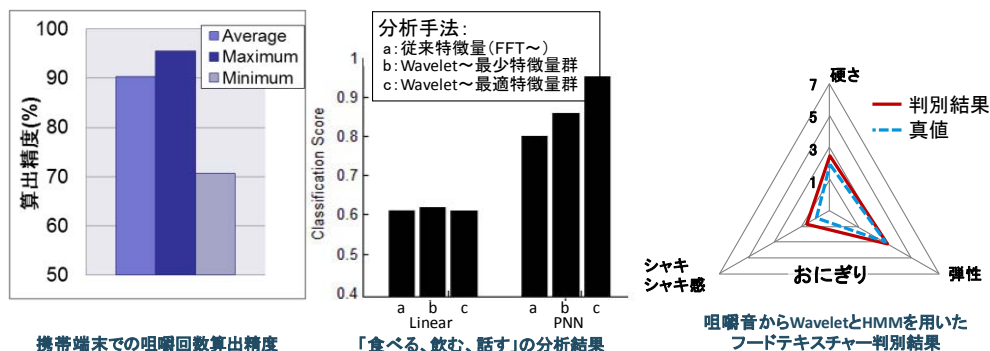


図6 音情報のみで分析した咀嚼状態、食関連行動、フードテクスチャーの結果

ストレスセンシングについては、まず、日常生活で起こりうるストレス負荷と生体情報の関連について基礎的データを大量に取得した。具体的には、複数種のストレス(計算ストレス、単調ストレス、緊張ストレス)を与え、被験者の主観評価と併せて、ウェアラブルセンサを用いた生体情報モニタリングによる客観評価を検討した。生体情報として、心電、脈波、呼吸、指部皮膚温度を計測し、9種類の特徴量(生理指標)を得た。個人差の少ないストレス推定手法として、推定処理をステップ分けし、各ステップにおいて個人によらない複数の生理指標を用いる手法を提案し、その有効性を確認した(図7)。

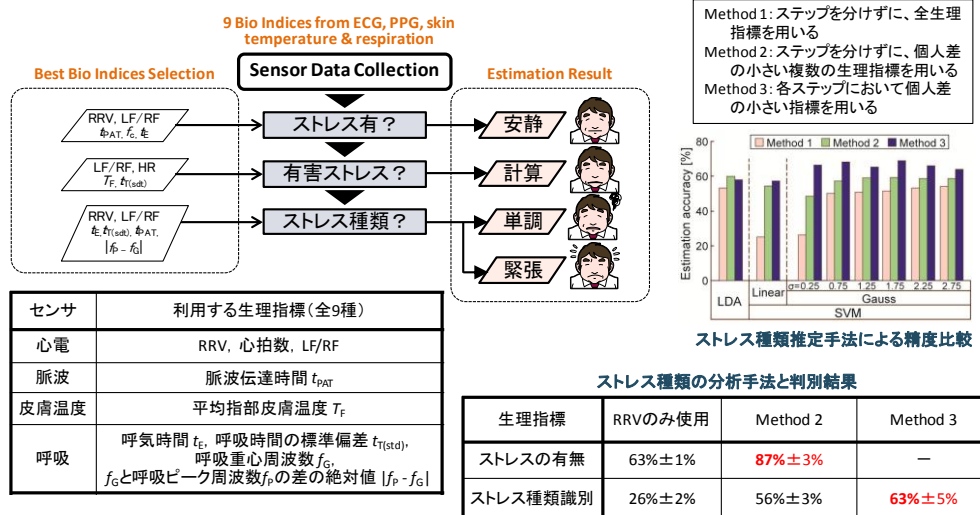


図 7 個人差が小さい生理指標群を特定し、様々なストレスを総合的に判別する手法およびその結果

呼吸ガスセンシングについては、医師による診断応用可能な呼吸センサシステムの開発をめざし、その基礎検討を行った。具体的には、ガスクロマトグラフィシステム(ガス分析装置)の小型化に関する研究を行った。小型化によるガス分離性能の低下を改善するために、三次元マイクロ構造を有する分離カラムを開発した。三次元マイクロ構造にガス分離機能をもつ固定相を均一に成膜することが困難であったが、材料と成膜手法を変えることで、マイクロカラムの試作に成功した。実験の結果、従来構造を有するマイクロカラムよりも高い分離性能を有することを明らかにした。

4. 2 ゼロ待機電力無線インタフェースの開発(1-2) (東京大学 森川グループ)

センサノード全体の消費電力の 30~50%を占める無線通信に要する消費電力を削減することで、高寿命化をめざした。具体的には、受信時の待機電力を必要とせずに無線通信デバイスをウェイクアップさせる機構を開発した。

ゼロ受信待機電力無線インタフェースを開発するにあたり、まずウェイクアップモジュールとデータ通信モジュールの 2 つの無線モジュールを組み合わせた無線インタフェースを検討し、通信方式と回路構成についてシミュレーションに基づく初期設計を行った。その結果、BAN(Body area network)における想定距離である約 1m の距離においてウェイクアップさせることができる見通しを得た。

次に、シミュレーションの結果に基づき、ディスクリートの電子部品を組み合わせ、ウェイクアップ無線インタフェースの性能を示すことに着手した。しかしながら、ウェイクアップ無線による電力削減効果を十分に示さない状況で、半導体チップ化に向けた具体的な回路設計を行うことは非常にリスクが高い。そこで、システムレベルでの開発を進める方が有利であると判断し、ウェイクアップ機能のアプリケーションにおいて重要となる省電力 ID マッチング機構を bloom filter を用いることで実現し、その効果をシミュレーションにて確認した(図 8 左)。

さらに、ウェイクアップモジュールの実用化に向け、半導体チップのチップレイアウト設計と、通信プロトコル MAC 層の検証を行った。試作したカスタムチップを図 8 右に示す。チップレイアウト設計は、プロセスルール 0.18 μm 、ポリシリコン 1 層、メタル配線 5 層、電源電圧 1.8V の CMOS LSI で行った。レイアウトレベルのシミュレーションによって、bloom filter 方式により、回路規模を小さくできると同時に、電池のリーク電流程度の電流で動作できることを明らかにした。MAC 層の検証では、ヘルスモニタリングへの応用を想定し、マルチパスが頻発するような電子機器が多数存在する環境において、通信特性の評価を行った。その結果、bloom filter を用いた場合では、bloom filter に偽陽性が発生するという特性により、通常の論理積による ID マッチングよりも再送回数が抑えられることが明らかになった。

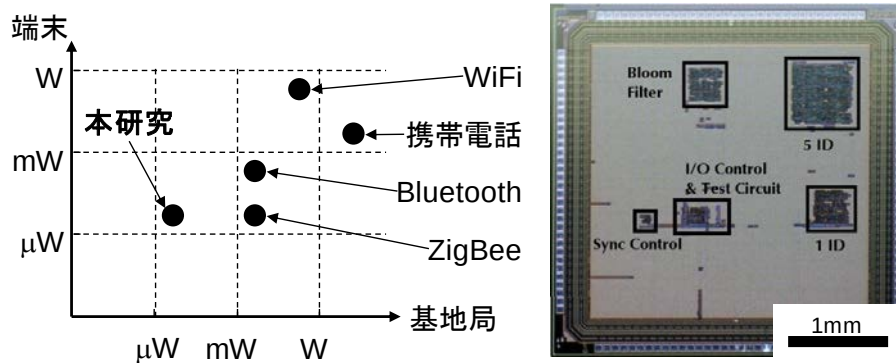


図 8 シミュレーションによる受信待機時の消費電力の比較(左)と試作したカスタムチップの写真(右)

モジュール単体での bloom filter 方式の優位性が示された一方で、bloom filter 方式では誤ウェイクアップの発生を本質的に回避できない。特に、ウェイクアップ受信モジュールに比べて、消費電力の大きいデータ通信モジュールと組み合わせて使用した場合、誤ウェイクアップの影響により、全体消費電力において優位性が保てない恐れがある。そこで、誤ウェイクアップを考慮した上で、bloom filter 方式が通常の論理積による ID マッチングよりも消費電力で優位となる範囲を求めた。

まず、ID 長に対する誤ウェイクアップ率を求めた。その後、求められた誤ウェイクアップ率を用い、ID 長に対する平均受信待機電力(ウェイクアップ受信モジュールとデータ通信モジュールの受信待機電力の和)を評価した。この結果、平均受信待機電力が最小となる ID 長が存在することがわかった。また、この ID 長はウェイクアップ要求信号の受信頻度(単位時間当たりの受信回数)により変化しないことがわかった。これによって、サービスで必要となる ID 数とデータ通信モジュールの消費電力が与えられた場合、平均受信待機電力が最小となる ID 長を決定することができる。

図 9 に平均受信待機電力が最小となる ID を用い、データ通信モジュールに SDM3100 (Abicom 社 IEEE802.11a/b/g モジュール、受信待機電力 610.5mW)を想定した場合の平均受信待機電力を示す。図より、登録されている ID 数が 6 以下であれば複数 ID 方式よりも平均受信待機電力が小さくなることわかる。これは、この範囲においては bloom filter 方式の ID 長が通常の論理積による ID マッチングよりも短くなるためである。また、データ通信モジュールの受信待機電力が小さくなると、bloom filter 方式が優位になる ID 数が増加する。このことから、Bluetooth などの比較的消費電力の低いデータ通信モジュールを使用し、生活習慣病として分類されている疾患のみをモニタリングする場合は、bloom filter 方式によって受信待機電力を削減できると考えられる。

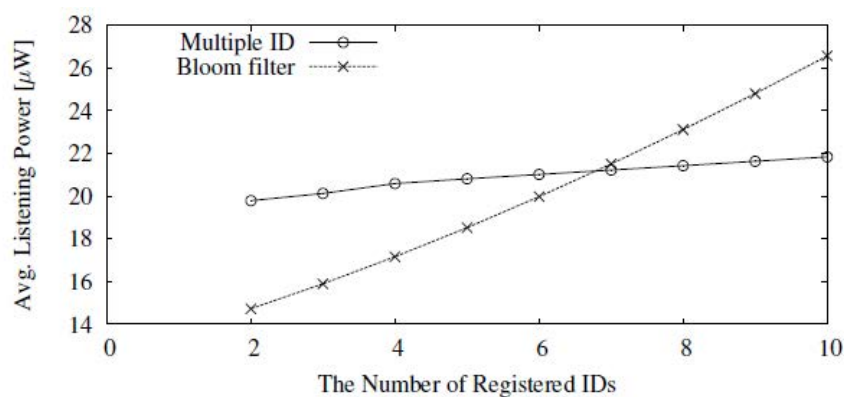


図 9 登録されている ID 数に対する平均受信待機電力

4. 3 マルチセンサネットワーク構成技術の開発(1-3) (東京大学 山田グループ, NTT 中村グループ)

ネットワークで取扱う情報が、超多量トランザクション処理であることに着目し、信号処理系の機能をBAN、集約装置、ネットワークサーバ間でどのように分担すべきか、系全体としてコストベネフィットのトレードオフ関係を明らかにし、最適な機能配置の検討を行った。また、複数のウェアラブルセンサノードによって構成されるBANについて検討し、具体的にはウェアラブル血圧センサを構成する無線センサネットワークの試作を行った。

まず、生体・環境情報処理基盤で実施するサービスの目標を絞り込み、機能配備案の作成と、必要な機能および技術の抽出を行った。生体・環境情報処理基盤が対象とする構成要素を、(1) 各ユーザが持ち歩くユーザ端末(センサ間のハブ)、(2) それに接続する10個程度のセンサ(またはアクチュエータ)、(3) ネットワーク内に配備するセンサ情報管理サーバ、(4) 研究者が同サーバにアクセスする端末の4つに想定して検討を開始した。そして、センシング情報を有効に活用する新たなサービスモデルとして以下の2つを想定した。①センシング情報を用いてユーザの状況を監視し、異常時に人が対応するストリーム処理型のサービスであり、ユーザとボランティアを含むサービス提供者間のリソースをネットワークがマッチングすることで、サービス追加や負荷分散を容易とするもの(医療サービス提供者仲介サービス)。②センシング情報等を蓄積して解析するサービスであり、複数の蓄積解析型サービスをネットワークが結びつけ、情報を多角的に解析することで単独のサービスでは得られない高度な相関分析や環境汚染発生時のトレースなどの機能を提供するもの(環境見守りサービス)。また、上記サービスを実現するために必要な機能の配置案を作成した。

次に、マルチセンサネットワークによるサービスモデルを想定し、複数のウェアラブルセンサノードによって構成されるBANについて検討した。ウェアラブルセンサとしては身体動作を測定する加速度センサの他、血圧を脈波伝播時間から測定するための心電センサと脈波センサをターゲットとした。これらの信号をセンシングするためには、①センサノード間の高精度な同期、②ミリ秒オーダーの高速サンプリング、③リアルタイム通信の3つの機能が要求される。①に関しては無線によるブロードキャスト同期を検討し、②に関しては無線受信割込みを禁止することにより正確なサンプリングが可能となり、③に関しては高速データ通信モジュールの利用を検討した。さらに、これまでに開発したウェアラブルセンサをBANに適用するテストベッドを構築するため、一例として、上記の3つの機能を実現するZigBeeによる同期機能とBluetoothによる高速リアルタイムデータ通信機能を持つウェアラブルセンサノードを試作し、加速度センサを使用して身体動作のセンシングを行った。さらに、心電センサと脈波センサを使用して、0.1ms以下の同期誤差で心電と脈波の同時センシングを実施し、ミリ秒オーダーで脈波伝播時間を測定できることを確認した。これらの研究成果をもとに、4.1 ウェアラブル生体・環境センサの開発(1-1)の項目で記述した無線型ウェアラブル血圧センサの開発を行った。

4. 4 生体・環境情報の分析技術の開発(2-1) (東京大学 山田グループ)

※ 本項目は、ハード・ソフト一体として開発を行うため、4.1ウェアラブル生体・環境センサの開発(1-1)の項目にまとめて記した。

4. 5 生体・環境情報の表現手法の開発(2-2) (東京大学 山田グループ)

注目する生体・環境情報およびその分析結果を効果的に表現するために、認知心理学に基づく情報加工・表示技術を開発した。

生体・環境情報の表現手法の開発について、①提供情報の選択と伝達法、②三日坊主の防止、③サポート環境の3つを柱として、認知心理学的手法により人間の認知特性を調べ、情報加工・表示技術の開発に際して考慮すべき課題の検討を行った。①については、人の気質によって望まれる情報提示方法が異なることを明らかにした(図10)。②については、健康維持行動の継続性を向上させる上で有効なギミック(ゲーム性を付加するなどの仕掛け)の性質について調べた。気質に合ったシステム構築を行い、適切なギミックを付加することにより、自己効力感の維持の支援を自

動化でき、ユーザ自身によるセルフケアを可能にできると考えられる。③については、健康維持行動に人同士の社会的なインタラクションが及ぼす影響について検討した。この知見は後述するウェブコミュニティにおけるヘルスケアデータの共有仕組みに統合した。

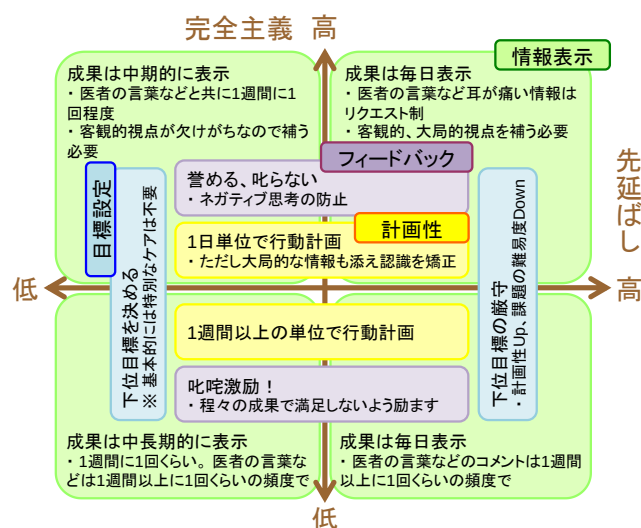


図 10 気質を考慮した健康管理支援のあり方

4. 6 生体・環境情報のメタデータベース構築(2-3) (東京大学 森川グループ)

ウェアラブル生体・環境センサから得られる大容量・多項目のデータを用いて解析を行う場合に必要となるメタデータベースの構築を行う。

まず、メタデータベース機構に対する要求条件を整理するとともに、それらを満たすデータベースの選定と初期実装を行った。データベース機構に対する要求条件は、(1)将来的なセンサの増加にスケラブルに対応できる拡張性を有していること、(2)タグ付けしたメタ情報に基づく柔軟な検索が可能であることの2点である。これらの要求条件を満たすものとして、本研究項目ではネイティブ XML データベースに着目した。ネイティブ XML データベースは整形形式の XML データであればスキーマを定義することなくデータを格納することができ、将来的にデータ構造が変化する場合にも容易に拡張することができる。加えて、XML データに対する問い合わせ言語 XQuery により、タグや属性情報に基づく柔軟な検索が可能である。上記の2点に加えて、生体環境情報処理基盤としての運用を想定すると、さらに(3)新しいアプリケーションを容易に構築できる簡易なインタフェースを備えていることが要求されると考えられる。このために、本研究項目では REST アーキテクチャスタイルに基づくリソース定義方式を採用する。REST に基づくデータの CRUD(Create(生成)、Read(読み取り)、Update(更新)、Delete(削除))に対応することにより、将来的に新たなアプリケーションを構築する場合でも容易に実装することが可能となる。

次に、生体センサ情報の利用シーンを詳細に検討し、メタデータベースの拡張と、生体センサ情報をデータベースに統合するためのデータ構造の解析を行った。具体的には、波形レベルや診断結果レベルなどの多様な興味に対応して、患者、家族、医療機関等にイベント通知が可能なデータベースシステムを NGN(Next Generation Network)/IMS(IP Multimedia Subsystem)上の XDMS(XML, Document Management Server)をベースに構築した(図 11)。このとき、標準の XDMS は XML 文書の作成、読出し、更新等の基本的な機能しか備えないため、XQuery による多様な検索(例えば、心電図データにおける異常の検索)と通知機能を実現できるように拡張し、その実装を行った。また、生体センサ情報を医療情報に統合化し、XDMS で取り扱えるように、医療情報の標準的フォーマットである HL7 のデータなどを参考にし、スキーマレスにデータを格納できるデータ構造を設計した。

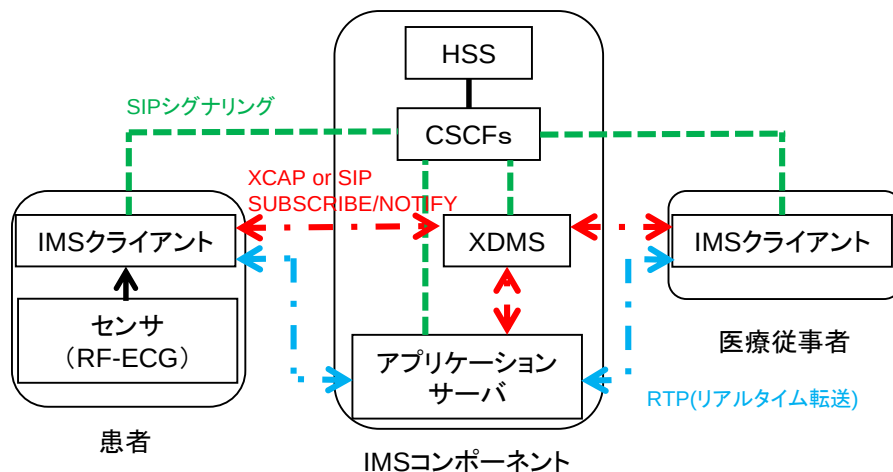


図 11 NGN/IMS を用いたデータベースシステムのブロック図

さらに、社会実装を進めるにあたり、Web インタフェース技術を利用したヘルスケア情報共有サービスの構築を行い、ウェアラブル生体センサとの接続実験を行った。ヘルスケア情報共有サービスは連続・時系列データである生体センサデータを格納したセンサデータベースと、時系列データ以外のセンサデータを格納するイベントデータベース、格納されたセンサデータのメタ情報を格納するメタデータベースの 3 つから構築される。また、センサデータベースでは膨大な量のデータの蓄積とデータへのアクセスがシステム性能を左右するとの観点から、事前登録された問い合わせ情報を利用してセグメント化・データ圧縮することで、問い合わせ処理の高速化とデータベースのサイズ削減をめざした。センサデータベースの評価では、問合せ数を変化させた場合の問い合わせ処理時間やデータベースの全体サイズについて検討を行った。その結果、提案手法が問い合わせ処理の高速化とデータベースのサイズ削減を同時に最適化するという結論を得た。

4. 7 メタボリック症候群の予防・治療に資するヘルスケアサービスの実証実験(3) (東京大学 山田グループ, 森川グループ)

社会的背景として、高まる医療費を抑えるため、健康管理・予防医療に対する本格的な取り組みが始まろうとしている。H20 年 4 月からは、メタボリック症候群対策として、特定健診・保健指導が開始された。生活習慣病の中でも、高血圧は特に日本人の有病者が多く、脳・心血管系疾患の最大の危険因子である。特に高齢者においては動脈硬化の進んだ症例も多く、血圧の日内変動のみならず、急激な血圧上昇・低下による相対的臓器(脳)虚血も誘発されやすい。このような社会のニーズと連動して、我々はこれまで、カフを必要とせず、連続的に血圧をモニタリングできるウェアラブル血圧センサを開発し、臨床への応用を進めてきた。また、医療現場での普及が進められている医療情報ネットワークとの連携を視野に入れ、情報処理基盤の開発を平行して実施し、この実証実験データを医療従事者・患者・研究者などにフィードバックするシステムを構築した。

「東大病院における生活習慣病診療サービス」においては、ウェアラブル血圧センシングデバイスの臨床応用の可能性を探るべく、老年病科の入院患者と、循環器内科の心臓リハビリテーション通院患者の二つの医療現場における血圧測定実験を繰り返してきた。開発したウェアラブル血圧センサを活用して、東大病院における実証実験を外来・入院患者における連続血圧モニタリングに集中し、臨床応用を次の 3 つの観点から検討した。

- ① 観血的動脈圧測定値と脈波伝播速度法で得られる推定値との対比(精度評価)。
- ② 高齢者において『超』短時間に起こりうるストレス反応性昇圧や相対的臓器虚血(起立性低血圧、食後低血圧、排尿後低血圧など)をいかに非侵襲的手法で確認できるかの検証。
- ③ 高齢者診療への応用をめざした、自由行動下ウェアラブル血圧センサにおける超短期血圧変動の可視化。

①については、ウェアラブル血圧センサなどを医療・健康器具として実用に供するため、我々の開発したデバイスを医療機器メーカーと共同して実用化していく予定であり、東大病院におけるヘルスケアサービスの実証実験においても、カテーテル検査による精度評価を、医療機器メーカーと協力して行った(1-1を参照)。

②については、開発中のウェアラブル血圧センサを血管壁硬化の進んでいる高齢者において臨床診療での実証実験を行ったところ、非侵襲的に鋭敏な『超』短期変動を捉えることができた。今回の対象症例は平均年齢 80 歳の高齢者だからこそ、様々な認知機能や下肢筋力のレベルを中心とした個人差が非常に大きく存在する中、メンタル負荷やフィジカル負荷などストレス反応性の昇圧に対しても、そして起立性低血圧に対する病態においても、カフ血圧値と比較して安定した収縮期血圧の推移を算出することができた(図 12、図 13)。

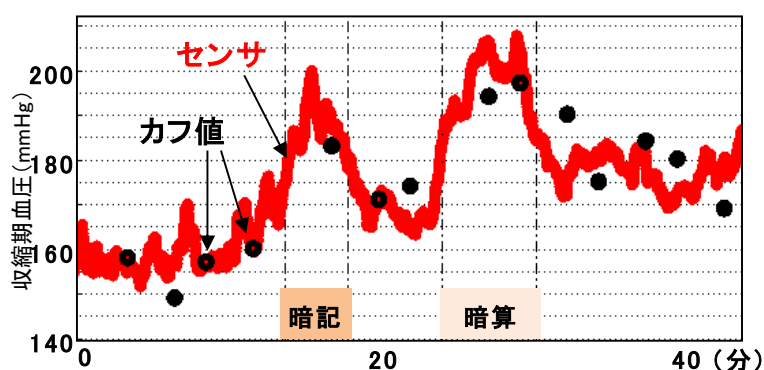


図 12 ストレス反応性昇圧の結果例

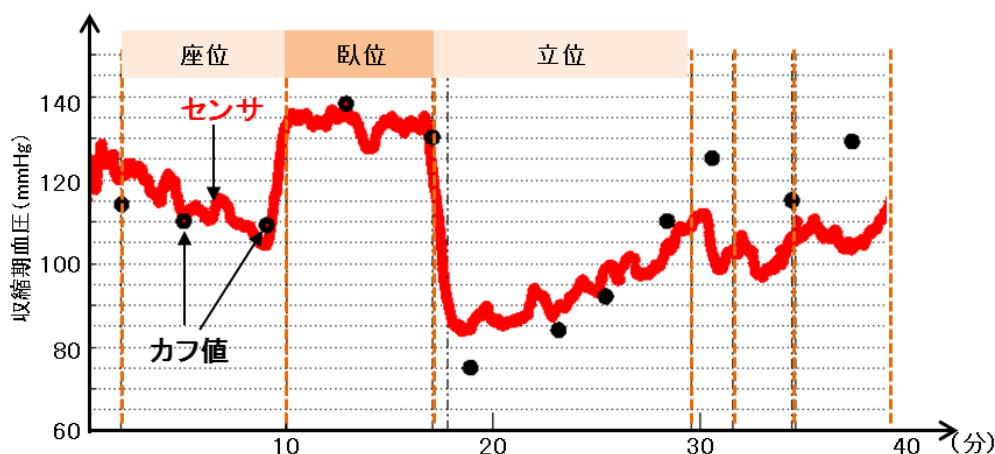


図 13 Schellong test による起立性低血圧の結果例

③については、高齢者では平地歩行や階段昇降レベルの低負荷の動作においても著明に血圧上昇していることが確認できた(図 14)。また、このウェアラブル血圧センサのもう一つの利点として、収縮期血圧と心拍数の値を乗ずることにより算出される「Double Product」(心負荷レベルを反映する指標)をリアルタイムに把握できる点である。階段昇降運動において、血圧も上昇しているが、同時に心拍数も著明に上昇しており、結果的に Double Product はかなり大きく上昇していることを複数の症例で感知することができた。このような超短期における血圧、心拍数、Double Product の急峻な上昇は、高齢者の歩行リハビリテーションなどを遂行するにあたり、過度な心負荷を避ける目的としても良い目安として期待できる(図 15)。

また、従来は収縮期血圧を外来ブースで 2 回ほど計測した値をベースに高血圧治療の質を評価していたが、ウェアラブル血圧計では外来ブースの前後において、様々な負荷下で連続的にモニターできるので、外来ブース外での血圧変動を意識することが可能になり、高血圧治療の質が向上する。具体的に薬剤投与の効果をより早く、より正確に把握することが可能になる(図 16)。

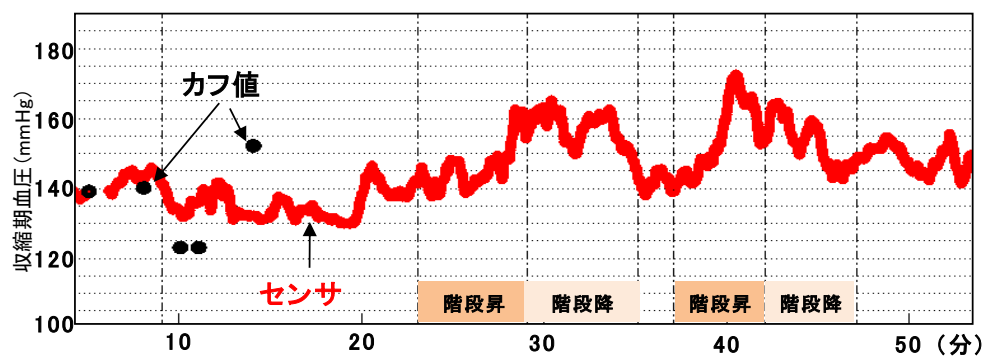


図 14 運動(歩行、階段昇降)時昇圧の結果例

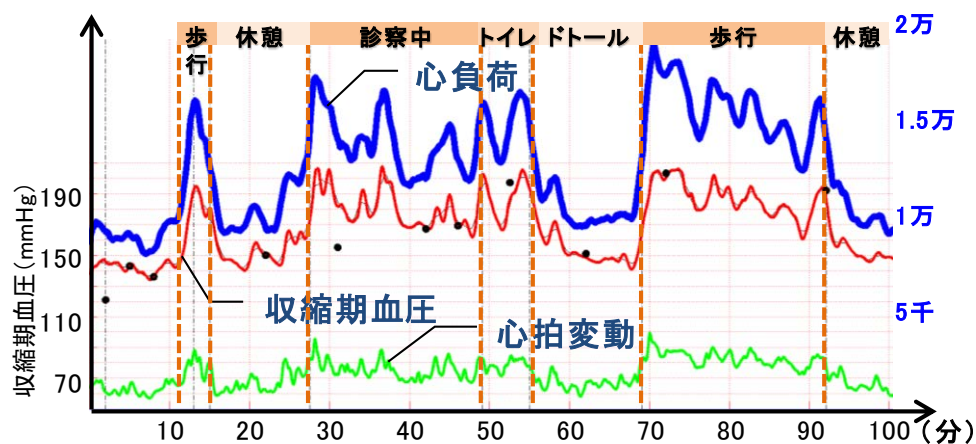


図 15 Double Product による心負荷の把握

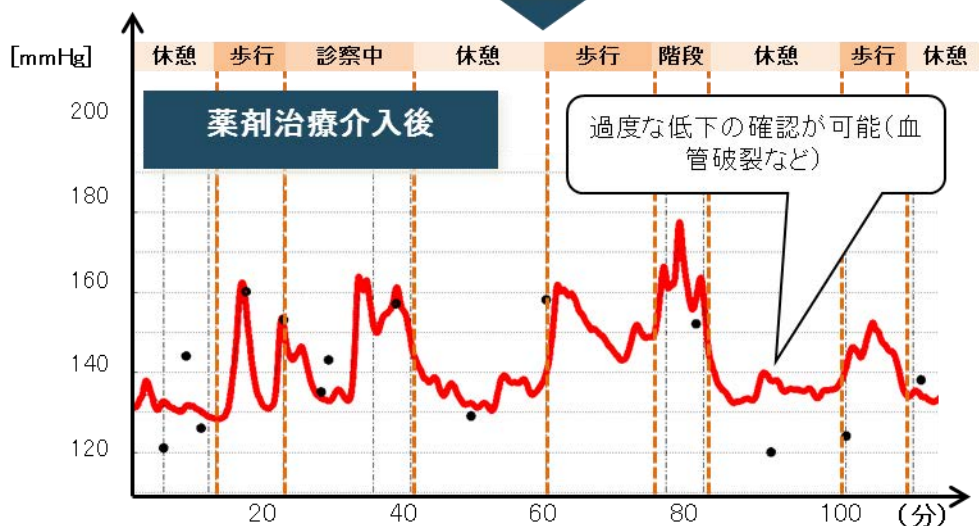
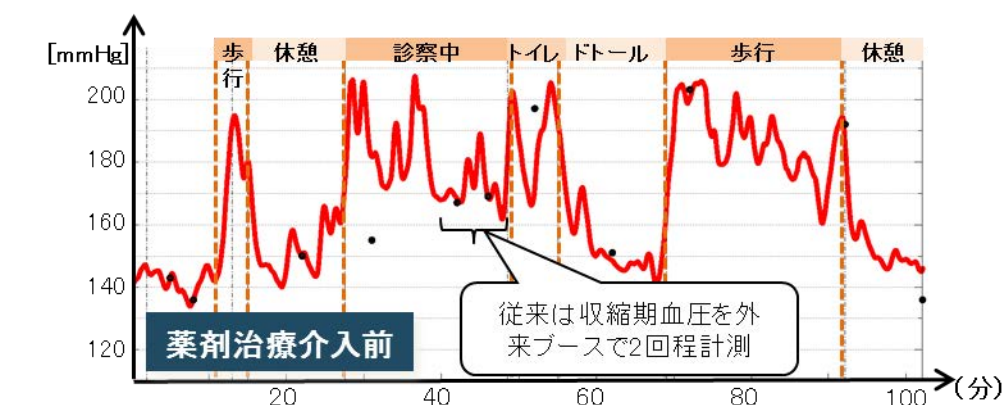


図 16 薬剤治療介入の効果確認例

今後、このウェアラブル血圧センサを臨床の場で活用することにより、従来のカフ圧迫による頻回な苦痛を与えることなく、様々な環境変化やストレス下における高齢者の血圧の『超』短期変動を捉えることができると考えられる。高齢者において、脳・心血管系疾患の発症予防にも「厳格な血圧変動管理」という視点において有用であるだけでなく、転倒既往や転倒リスクを持っている高齢者に対して「過度な血圧変動や過降圧による相対的脳虚血の可能性をチェック」する視点においても非常に有用である。このウェアラブル血圧センサから得られる情報を臨床診療に活用することにより、最終的には高齢者の日常生活活動度を維持させることにつながることを期待される。

なお、臨床の場での十分な活用までにはいくつかの問題を含んでいる。まず1つ目には、このウェアラブル血圧センサを用いる収縮期血圧値の算出にはこれまでの calibration 手法ではまだ不完全な部分が残されていることである。同一症例における再現性や baPWV(四肢(両上腕、両足首)に巻いた血圧測定カフの容積脈波から測定した脈波伝播速度:動脈硬化の指標)を代表とする動脈壁硬化度とウェアラブル血圧センサによるデータとの相関などの基礎的検討を行った。動脈壁硬化度などの血管特性値を用いることにより、従来よりも短時間で簡易に血圧算出式中のパラメータを決定する手法(calibration 手法)を提案し、血圧算出誤差の評価によって有効性を確認した。しかし、血管特性値を用いる calibration 手法を確立するためには、データ数の増加など、引き続き、詳細な検証を行う必要がある。また、幅広い臨床病態への応用として、認知機能レベルによるストレス昇圧の反応性の差異、易転倒性の症例における血圧低下の関与のレベル、さらには高齢者の様々なリハビリテーション時における血圧モニタリングに対するウェアラブル血圧センサの有用性を検討する必要がある。

2 つ目には、算出した血圧値をいかに見やすい形で表示するかも大きな課題である。そこでは、医療関係者だけでなく、患者側へのデータのフィードバックにも配慮を必要とする。過度な『超』短期変動を捉えた時に、その血圧変化の異常をより迅速に診療内容に応用でき、そして患者側にも分かりやすい形でデータ共有できるかをさらに検討する必要がある。

3 つ目には、装着した高齢者に聞き取りを行うと、基本的には耳たぶへのセンサの装着感には大きな問題を訴えてはいないが、歩行障害や手指の動作に支障をきたしている高齢者においては、いかに身軽な装着として感じることができるかが課題である。そして体動の影響をいかに少なくできるかも引き続き課題である。

一方、実証実験に用いるヘルスケア情報共有システムについては、データセット共有の仕組みの開発を、①データセット生成パスの構築、②公開用フォーマット検討(ヒアリング調査)、③データ収集計画立案、④公開用データ収集、⑤公開用サイト構築の手順で行った。ウェアラブル血圧センサを中心とするウェアラブルセンシング技術と統合し、「東大病院における生活習慣病診療サービス」の実証実験において評価、改良を進めた。ヘルスケア情報共有システムを医療従事者のユーザビリティの観点から評価を行い、使用感などの実用化に向けた課題の抽出を行った。その結果をヘルスケアデータベースの再構成に反映し、医療従事者を対象としたユーザインタフェースの改良を開始した。具体的には、重要項目として指摘された波形の閲覧性の向上、最大・最小・平均・分散・異常値などの特徴量の同時表示と、行動履歴とのリンクが簡易でスムーズにできるように実装を進めた(図 17)。

また、ブログや SNS(Social Network Service)などの個人がインターネット上でデータを管理、共有するサービスが爆発的に広まりつつあり、健康推進への活用が期待されているため(日本版 PHR を活用した新たな健康サービス研究会報告書、2008/03)、ウェブコミュニティにおけるヘルスケアデータの共有仕組みに関する国際共同研究を行った。具体的には、個人情報保護して安全を保証しつつ、関係するコミュニティ(担当医師、家族や親戚、友達など)においてヘルスケアデータを自動的に共有する情報共有フレームワークを提案し、試作を行った。Web を介したコミュニケーショングループ(SNS など)の形成・運用に関するデザインルールを作成し、情報共有“Policy Engine”の実装(図 18)により、どんな条件で、どんな粒度の情報にアクセスできるかを制御でき、共有している生体情報の適切な粒度の自動分析・表示ができる PC 用と携帯端末用のアプリケーションを試作した。その成果を反映することで、医療従事者だけでなく、患者やその家族へのフィードバックが可能なヘルスケア情報共有システムを構築した。



図 17 ヘルスケアデータベースと医療従事者向けアプリケーションのプロトタイプ

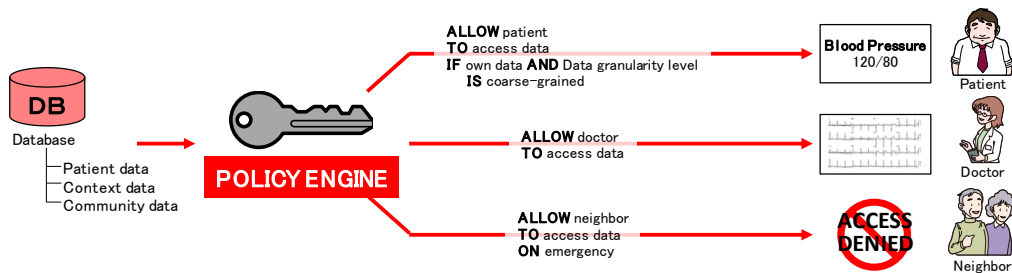


図 18 高度で柔軟なプライバシー制御を可能にするソフトウェアモジュールの基本機能

4. 8 統合センシングデータベースの開発（東京大学 森川グループ）

H21 年度から、安全安心のための先進的統合センシング技術の研究成果全体の可視化を狙ったデータベース「Sense-DB」の構築を進めた。H21 年度にプロトタイプを構築し、H22 年度に統合センシングデータベース研究者の協力を得てデータベース化を行った。研究者の協力の元、具体的なコンテンツを入力し、試行を重ねることにより、順次コンテンツを充実させ運用方法を改良し、公開システムとして稼働させた。Sense-DB は、テキストドキュメントだけでなく様々なメディアを活用し、時系列マップ等も組合せて、統合的な情報へのアクセスをユーザに提示する。本 Sense-DB のトップ画面を図 19 に示す。H23 年度までは東京電機大学で開発を行い、H24 年度に東京大学へ移行した。H24 年度には、個別技術の説明とビデオを連携する機能を強化した。

全体としてのコンテンツの量は 120 項以上となっている(H24 年 8 月現在)。各ページのコンテンツ内容としては、研究者情報、研究グループ情報、研究概要(テキスト)、研究論文、特許等のリスト、論文(PDF または HTML)、研究スライド、研究デモビデオ、研究用語集、アプリケーション一覧を登録できる。本 Sense-DB 開発に当たり、下記に留意した。

1. マルチメディアデータ連携
外部サイトにスライドとビデオをアップロードし、統合的に閲覧する機能を実現した。
2. 情報間の関連性を実現
各々の研究成果から関連性を抽出し、関連する研究情報のページを提示した。
3. 検索エンジン被検索可能性向上
最適な HTML 文書のタグを使うことで、被検索可能性を高めた。

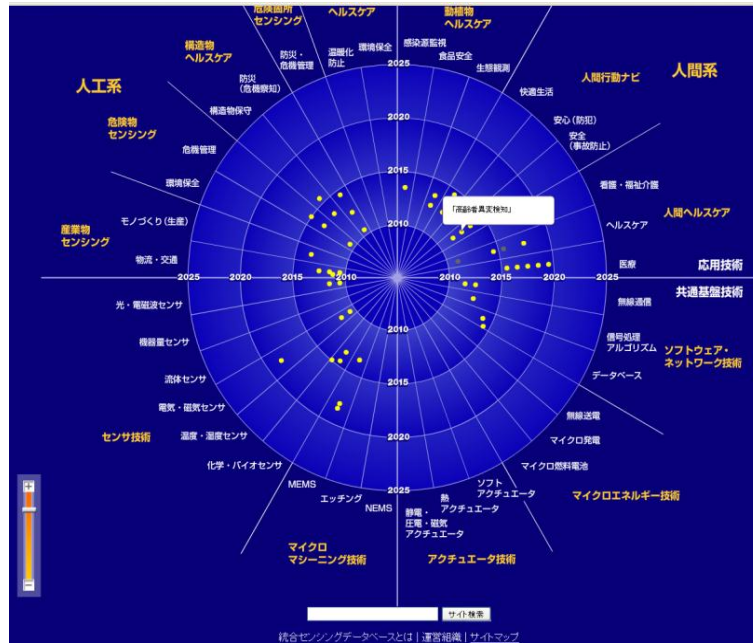


図 19 統合センシングデータベースの画面

(2)研究成果の今後期待される展開

ウェアラブル生体・環境センサの開発および生体・環境情報分析技術の開発に関しては、実用化の目処がたったウェアラブル血圧センシング技術を医療機器メーカーと共同展開(複数社からのコンタクトあり)し、健康増進器具としての普及および医療機器承認へ向けて進めている。ウェアラブル血圧センサによる高血圧の予防・治療(血圧の超短期変動、Double Product による新たな評価方法)を柱とした総合健康管理サービスが東大病院はじめ柏地区高齢社会総合研究会などでの臨床応用に貢献する見込みである。

また、食習慣センシングについては、柏地区で実施が始まる高齢者ケアのプロジェクトにおいて食の虚弱のモニタリングに応用が可能である。ストレスセンシングについては、薬効評価に使いたいとの相談も受けている。

ゼロ待機電力無線インタフェースの開発に関しては、ウェイクアップに用いる ID がアプリケーションに依存することが明らかになり、生体情報を測定するセンサノード以外への応用を検討している。

マルチセンサネットワーク構成技術の開発に関しては、開発した無線型ウェアラブル血圧センサの無線通信プロトコルについては、独自の超低消費電力無線を用いたが、並行して、医療・健康分野で用いられている標準の無線通信プロトコルの導入をめざした。具体的には、家庭用医療機器、フィットネス&スポーツおよびヘルスケア・アプリケーション向けの低消費電力 RF センサネットワーク・ソリューションである ANT リンクに着目している。幅広く普及させるために、コンシューマ向け製品で実現可能な方式を検討している。

生体・環境情報のメタデータベース構築に関しては、開発したデータベースの基盤技術が横方向に展開可能なことから、ヘルスケア・医療分野に限らない応用可能性を探っている。メタボリック症候群の予防・治療に資するヘルスケアサービスの実証実験に関しては、地道に実証実験を継続することで、医療関係者にとって幅広い活用の可能性を検証する予定である。一方、統合センシングデータベースの開発に関しては、現在インターネット上にコンテンツを公開しており、今後、森川研究室のドメインに移行して、公開を継続する予定である。

§ 5 成果発表等

(1) 原著論文発表 (国内(和文)誌 4 件、国際(欧文)誌 18 件)

〈国内(和文)誌〉

1. 石田繁巳, 瀧口貴啓, 猿渡俊介, 南正輝, 森川博之, “ブルームフィルタを用いたウェアイクアップ型通信システム”, 電子情報通信学会論文誌, vol. J94-B, no. 10, pp. 1397-1407, 2011.
2. 飯島勝矢, 亀山祐美, 秋下雅弘, 大内尉義, 柳元伸太郎, 今井靖, 矢作直樹, ロペズギョーム, 酒造正樹, 山田一郎, “高齢者におけるウェアラブル血圧センサーの臨床応用: ~認知機能およびストレス感受性からみた血圧短期変動評価への有用性の検討~, 人工知能学会論文誌, vol. 27, no. 2, pp. 40-45, 2012.
3. 猿渡俊介, 高木潤一郎, 川島英之, 倉田成人, 森川博之, “センサデータベースマネージャにおける問合せ処理とデータ圧縮の同時最適化”, 情報処理学会論文誌, vol. 53, no. 1, pp. 320-335, 2012.
4. 石田繁巳, 瀧口貴啓, 猿渡俊介, 森川博之, “ワイヤレスハーネスのための2進MDS-IDマッチング型ウェアイクアップ通信”, 電子情報通信学会論文誌, vol. J96-B, no. 6, Jun. 2013. (採録決定)

〈国際(欧文)誌〉

1. R. Tsuji, K. Endo, M. Shuzo, I. Yamada, J.-J. Delaunay, “Hydrogen Detection with Subwavelength Palladium Hole Arrays”, Journal of Micro/Nanolithography, MEMS, and MOEMS, vol. 8, no. 2, 021140, 2009.
2. T. Nakai, S. Nishiyama, M. Shuzo, J.-J. Delaunay, I. Yamada, “Micro-Fabricated Semi-Packed Column for Gaschromatography by Using Functionalized Parylene as a Stationary Phase”, Journal of Micromechanics and Microengineering, vol. 19, no. 6, 065032, 2009.
3. T. Nakai, J. Okawa, S. Takada, M. Shuzo, J. Shiomi, J.-J. Delaunay, S. Maruyama, I. Yamada, “Carbon Nanotube Stationary Phase in a Microfabricated Column for High-Performance Gas Chromatography”, AIP Conference Proceedings, vol. 1137, pp. 249-252, 2009.
4. G. Lopez, M. Shuzo, H. Ushida, K. Hidaka, S. Yanagimoto, Y. Imai, A. Kosaka, J.-J. Delaunay, I. Yamada, “Continuous Blood Pressure Monitoring in Daily Life”, Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing, vol. 4, no. 1, pp. 179-186, 2010.
5. M. Shuzo, S. Komori, T. Takashima, G. Lopez, S. Tatsuta, S. Yanagimoto, S. Warisawa, J.-J. Delaunay, I. Yamada, “Wearable Eating Habit Sensing System Using Internal Body Sound”, Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing, vol. 4, no. 1, pp. 158-166, 2010.
6. S. Takada, T. Nakai, T. Thurakitseree, J. Shiomi, S. Maruyama, H. Takagi, M. Shuzo, J.-J. Delaunay, I. Yamada, “Micro Gas Preconcentrator Made of a Film of Single-Walled Carbon Nanotubes”, IEEE Transactions on Sensors and Micromachines, vol. 130, no. 6, pp. 207-211, 2010.
7. T. Faudot, G. Lopez, I. Yamada, “Information System For Mapping Wearable Sensors Into Healthcare Services: Application to Dietary Habits Monitoring”, Proceedings of 2nd Workshop on Web Intelligence and Virtual Enterprise, in the 11th IFIP Working Conference on Virtual Enterprises, Saint-Etienne, France, October 11-13, 2010.
8. M. Labat, G. Lopez, M. Shuzo, I. Yamada, Y. Imai, S. Yanagimoto, “Wearable Blood Pressure Monitoring System: A Case Study of Multiplatform Applications for Medical Use”, Proceedings of International Conference on Health Informatics 2011, pp. 156-163, Rome, Italy, January 26-29, 2011.
9. H. Zhang, G. Lopez, M. Shuzo, J.J. Delaunay, I. Yamada, “Analysis of Eating

- Habits Using Sound Information from a Bone-Conduction Sensor”, Proceedings of e-Health 2011, Rome, Italy, July 20-22, 2011.
10. M. Nakamura, J. Nakamura, G. Lopez, M. Shuzo, I. Yamada, “Collaborative Processing of Wearable and Ambient Sensor System for Blood Pressure Monitoring”, *Sensors*, vol. 11, no. 7, pp. 6760-6770, 2011. (DOI:10.3390/s110706760)
 11. G. Lopez, M. Shuzo, I. Yamada, “New Healthcare Society Supported by Wearable Sensors and Information Mapping Based Services”, *International Journal of Networking Virtual Organizations*, vol. 9, no. 3, pp. 233-247, 2011. (DOI: 10.1504/IJNVO.2011.042481)
 12. H. Ide, G. Lopez, M. Shuzo, S. Mitsuyoshi, J.-J. Delaunay, I. Yamada, “Workplace Stress Estimation Method Based on Multivariate Analysis of Physiological Indices”, *Proceedings of the International Conference on Health Informatics (HEALTHINF 2012)*, pp. 53-60, Algarve, Portugal, February 1-4, 2012.
 13. H. Zhang, G. Lopez, R. Tao, M. Shuzo, J.-J. Delaunay, I. Yamada, “Food Texture Estimation from Chewing Sound Analysis”, *Proceedings of the International Conference on Health Informatics (HEALTHINF 2012)*, pp. 213-218, Algarve, Portugal, February 1-4, 2012.
 14. Y. Rong, H. Zhang, G. Lopez, I. Yamada, “Accurate Fingers Motion Detection Using a Single sEMG Electrode for Human Activities Recognition”, *Proceedings of 2012 ASME-ISPS/JSME-IIP Joint Conference on Micromechatronics for Information and Precision Equipment (MIPE 2012)*, pp. 410-412, Santa Clara, California, USA, June 18-20, 2012.
 15. W. Yan, G. Lopez, M. Shuzo, I. Yamada, “Development of a Wearable Acoustic Respiration Sensor Using Piezoelectric Film”, *Proceedings of 2012 ASME-ISPS/JSME-IIP Joint Conference on Micromechatronics for Information and Precision Equipment (MIPE 2012)*, pp. 413-415, Santa Clara, California, USA, June 18-20, 2012.
 16. G. Lopez, S. Matsuura, I. Yamada, “Study on Continuous Blood Pressure Estimation by Pulse Transit Time”, *Proceedings of 2012 ASME-ISPS/JSME-IIP Joint Conference on Micromechatronics for Information and Precision Equipment (MIPE 2012)*, pp. 1-3, Santa Clara, California, USA, June 18-20, 2012.
 17. J. L. De Coi, G. Delaunay, A. Martins Albino, F. Muhlenbach, P. Maret, G. Lopez, I. Yamada, “The Comprehensive Health Information System: a Platform for Privacy-Aware and Social Health Monitoring”, *Proceedings of e-Health 2012*, Lisbon, Portugal, July 17-19, 2012.
 18. T. Inajima, Y. Imai, H. Morita, R. Nagai, K. Iijima, S. Yanagimoto, N. Yahagi, G. Lopez, M. Shuzo, I. Yamada, “The Relation between the Blood Pressure Estimated by Pulse Wave Velocity and the Directly Measured Arterial Pressure in Humans”, *Journal of Robotics and Mechatronics*, vol. 24, no. 5, pp. 811-819, 2012.

(2)その他の著作物(総説、書籍など)

1. [紹介記事] 山田一郎, “匂いセンサの研究最前線”, *ネイチャーインタフェイス*, p. 9, vol. 8, no. 3, 2008.
2. 山田一郎, “パン品質評価のためのにおいセンサ”, *感覚・感情とロボット*(社団法人 日本機械学会編), pp. 145-152, 2008.
3. 山田一郎, “雰囲気コミュニケーション”, *感覚・感情とロボット*(社団法人 日本機械学会編), pp. 173-181, 2008.
4. 中井隆志, 高田修司, 大川潤, 酒造正樹, 塩見淳一郎, ジャンジャック ドロネー, 丸山

- 茂夫, 山田一郎, “単層カーボンナノチューブを固定相に用いたマイクロガスクロマトグラフィカラム”, ナノ学会会報, vol. 8, no. 1, pp. 39-43, 2009.
5. M. Shuzo, I. Yamada, “SHOJI: A Communication Terminal for Sending and Receiving Ambient Information”, *Emotional Engineering*, Springer, pp. 21-38, 2010.
 6. 猿渡俊介, 森川博之, “ユビキタスセンサネットワーク”, *日本ロボット学会誌*, vol. 28, no. 3, pp. 284-287, 2010.
 7. 荒木靖宏, 森川博之, “サービス創出基盤としての NGN”, *通信ソサイエティマガジン* [夏号], no. 13, pp. 22-32, 2010.
 8. 猿渡俊介, 森川博之, “社会創造に資するセンシングプラットフォーム”, *情報処理学会誌*, vol. 51, no. 9, pp. 7-14, 2010.
 9. 森川博之, “ユビキタスセンサネットワークが切り開く新たな世界”, *応用物理*, vol. 80, no. 3, pp. 189-194, 2011.
 10. ロペズ ギヨーム, “日常健康モニタリングのための連続血圧センシング技術”, *クラウド時代のヘルスケアモニタリングシステム構築と応用* (シーエムシー出版), pp. 57-68, 2012.

(3)国際学会発表及び主要な国内学会発表

① 招待講演 (国内会議 3 件、国際会議 6 件)

〈国内会議〉

1. 山田一郎, “ウェアラブル生体・環境情報処理基盤の開発”, LSI とシステムのワークショップ 2010, 北九州国際会議場, 北九州市, May 17-19, 2010.
2. 森川博之, “ワイヤレスで未来を創る”, ワイヤレス・テクノロジー・パーク 2011, パシフィコ横浜, 横浜市, July 5-6, 2011.
3. 森川博之, “M2M が切り拓くアンビエント社会基盤”, JEITA ナノエレクトロニクス研究会, 東京, July 28, 2011.

〈国際会議〉

1. H. Morikawa, “Future Networked Society is Driven by Stream Data”, *OECD Technology Foresight Forum 2010, Smart ICTs and Green Growth*, Paris, France, September 29, 2010.
2. H. Morikawa, “Ubiquitous Sensor Networks: A Glimpse of Where We are Going”, 2010 International Conference on Advanced Intelligence and Awareness Internet, Beijing, China, October 23-26, 2010.
3. H. Morikawa, “Real World Internet: A Glimpse of Where We are Going”, 13th German-Japanese Symposium, Osaka, Japan, September 13-14, 2010.
4. H. Morikawa, “Smart Social Infrastructure”, *Symposium on Interaction with Smart Artifacts*, Tokyo, Japan, March 7-9, 2011.
5. K. Iijima, “Clinical Features and Molecular Mechanisms of Vascular Aging: Impact of Vascular Calcification”, *The 19th Annual Meeting of the Japanese Vascular Biology and Medicine Organization, Japanese Society of Anti-Aging Medicine Joint Symposium: Aging as a Cause of Vascular Injury*, Tokyo, Japan, December 9-10, 2011.
6. I. Yamada, G. Lopez, “Wearable Sensing Systems for Healthcare Monitoring”, *2012 Symposium on VLSI Technology*, Hawaii, USA, June 12-14, 2012.

② 口頭発表 (国内会議 59 件、国際会議 15 件)

〈国内会議〉

1. 石田繁巳, 鈴木誠, 森戸貴, 森川博之, “低受信待機電力無線通信のための多段ウェイクアップ機構”, *電子情報通信学会研究報告, 情報ネットワーク研究会*, 万国津梁館, 名護市, March 6-7, 2008.
2. 石田繁巳, 鈴木誠, 森戸貴, 森川博之, “低受信待機電力無線通信のための階層型ウ

- ェイクアップ機構”，電子情報通信学会総合大会，北九州学術研究都市三大学(九州工業大学・北九州市立大学・早稲田大学)，北九州市，March 18-20, 2008.
3. 川原圭博, T. Adamczewski, 王亮, 浅見徹, “センサネットワークのための環境電磁界からの電力再生に関する検討”，電子情報通信学会総合大会，北九州学術研究都市三大学(九州工業大学・北九州市立大学・早稲田大学)，北九州市，March 18-20, 2008.
 4. 中井隆志, 西山翔, 酒造正樹, ジャンジャック ドロネー, 山田一郎, “官能基を有するパリレンを固定相に用いたマイクロガスクロマトグラフィカラム”，平成 20 年度センサ・マイクロマシン部門総合研究会，仙台市戦災復興記念館，仙台市，June 12-13, 2008.
 5. 小森慎太郎, 龍田成示, 酒造正樹, 割澤伸一, ドロネー ジャンジャック, 山田一郎, “骨伝導音を用いた食事・会話行動の認識手法に関する検討”，日本機械学会 2008 年度年次大会，横浜国立大学，横浜市，August 3-7, 2008.
 6. 安川展之, 酒造正樹, ドロネー ジャンジャック, 山田一郎, “三軸加速度情報を用いた人間の行動判別に基づく文脈推定手法に関する研究”，日本機械学会 2008 年度年次大会，横浜国立大学，横浜市，August 3-7, 2008.
 7. 日高圭太, 百谷将佑, 酒造正樹, ドロネー ジャンジャック, 山田一郎, “三軸加速度と心電情報を用いた行動判別手法の改善”，日本機械学会 2008 年度年次大会，横浜国立大学，横浜市，August 3-7, 2008.
 8. 荒木靖宏, 森川博之, “XQuery 可能な XDMS の設計と実装”，電子情報通信学会 情報ネットワーク研究会，東北大学，仙台市，September 11-12, 2008.
 9. 力武紘一郎, 荒木靖宏, 川原圭博, 南正輝, 森川博之, “NGN/IMS を用いたユビキタスヘルスマニタリングシステム”，電子情報通信学会 2008 年ソサイエティ大会，明治大学，川崎市，September 16-19, 2008.
 10. 荒木靖宏, 森川博之, “XQuery 可能な XDMS の設計と実装”，電子情報通信学会 2008 年ソサイエティ大会，明治大学，川崎市，September 16-19, 2008.
 11. 遠藤弘一, 辻亮輔, 酒造正樹, ドロネー ジャンジャック, 山田一郎, “パラジウムホールアレイを用いた水素ガスセンサ”，第 25 回「センサ・マイクロマシンと応用システム」シンポジウム，沖縄コンベンションセンター，宜野湾市，October 22-24, 2008.
 12. 西山翔, 中井隆志, 酒造正樹, ドロネー ジャンジャック, 山田一郎, “マイクロガスクロマトグラフィのためのパリレン固定相カラム”，第 25 回「センサ・マイクロマシンと応用システム」シンポジウム，沖縄コンベンションセンター，宜野湾市，October 22-24, 2008.
 13. 小川猛志, 酒造正樹, 平野美貴, 山田一郎, “生体・環境センシング情報を利用する医療サービスの基盤を目指すマルチセンサネットワーク構成技術の一検討”，ユビキタス・センサネットワーク研究会(USN) 第 8 回研究会，名古屋工業大学，名古屋市，January 22-23, 2009.
 14. 力武紘一郎, 荒木靖宏, 川原圭博, 南正輝, 森川博之, “NGN/IMS を用いたユビキタスヘルスマニタリングシステムの設計と実装”，電子情報通信学会研究報告，情報ネットワーク研究会，沖縄残波岬ロイヤルホテル，沖縄県中頭郡，March 3-4, 2009.
 15. 酒造正樹, 山田一郎, “ウェアラブル生体・環境情報処理基盤の開発”，平成 21 年電気学会全国大会，北海道大学 高等教育機能開発総合センター，札幌市，March 17-19, 2009.
 16. 瀧口貴啓, 森戸貴, 猿渡俊介, 南正輝, 森川博之, “Bloom Filter を用いたウェイクアップ型無線通信の消費電力評価”，電子情報通信学会 2009 年総合大会，愛媛大学，松山市，March 17-20, 2009.
 17. 力武紘一郎, 荒木靖宏, 川原圭博, 南正輝, 森川博之, “NGN/IMS を用いたユビキタスヘルスマニタリングシステムにおけるイベント/データ管理手法”，電子情報通信学会 2009 年総合大会，愛媛大学，松山市，March 17-20, 2009.
 18. 牛田浩之, 日高圭太, 酒造正樹, 小坂明生, 今井靖, 柳元伸太郎, ドロネー ジャンジャック, 山田一郎, “脈波伝播速度法を用いた運動時の血圧測定の高精度化の検討”，日本機械学会 2009 年度年次大会，岩手大学，盛岡市，September 13-16, 2009.

19. 井出裕人, 長田将彦, ロペズ ギョーム, 酒造正樹, ドロネー ジャン=ジャック, 山田一郎, “生体情報の多変量解析に基づくストレス推定法の検討”, 日本機械学会 2009 年度年次大会, 岩手大学, 盛岡市, September 13-16, 2009.
20. 横山智優, 牛田浩之, 酒造正樹, ドロネー ジャン=ジャック, 山田一郎, “腕の動き計測を用いる行動判別手法の高精度化”, 日本機械学会 2009 年度年次大会, 岩手大学, 盛岡市, September 13-16, 2009.
21. J. Jung, 川原圭博, 横澤一彦, 浅見徹, “デスクトップウィジェットが作業に与える影響”, 電子情報通信学会 ソサイエティ大会, 新潟大学, 新潟市, September 15-18, 2009.
22. 酒造正樹, 川原圭博, “生体情報取得・蓄積プラットフォーム”, 第 1 回人間行動センシングシンポジウム(HASC01), 名古屋大学ベンチャービジネスラボラトリ, 名古屋市, October 7, 2009.
23. 今井靖, 柳元伸太郎, 酒造正樹, ロペズ ギョーム, ドロネー ジャン=ジャック, 山田一郎, 矢作直樹, “脈波伝播速度法を応用した持続収縮期血圧モニタリング法の開発”, 第 32 回日本高血圧学会総会, 大津プリンスホテル, 大津市, October 1-3, 2009.
24. 高田修司, 中井隆志, トウラキットセーリー ティーラポン, 塩見淳一郎, 丸山茂夫, 高木秀樹, 酒造正樹, ドロネー ジャン=ジャック, 山田一郎, “単層カーボンナノチューブ膜を用いたマイクロガス濃縮器”, 第 26 回「センサ・マイクロマシンと応用システム」シンポジウム, タワーホール船堀, 江戸川区, October 15-16, 2009.
25. 高島智子, 柳元伸太郎, G. Lopez, J.-J. Delaunay, 酒造正樹, 割澤伸一, 山田一郎, “食習慣分析のためのウェアラブルセンサを用いた音情報蓄積システム”, 第 29 回医療情報学連合大会 (第 10 回日本医療情報学会学術大会) (29th JCMS), 広島国際会議場, 広島市, November 22-25, 2009.
26. 酒造正樹, 山田一郎, “障子: 雰囲気情報を伝達するコミュニケーション端末”, 日本知能情報ファジィ学会関東支部第 64 回学術講演会 (ファジィフロント), 文化女子大学・新都心キャンパス, 新宿区, December 19, 2009.
27. 井出裕人, ロペズ ギョーム, 酒造正樹, ドロネー ジャン=ジャック, 山田一郎, 浅野倫子, 横澤一彦, “生理指標の多変量解析に基づく個人に依らないストレス推定手法の研究”, 情報処理学会創立 50 周年記念全国大会 (第 72 回全国大会), 東京大学 本郷キャンパス, 文京区, March 9-11, 2010.
28. 中村雅之, 中村二郎, 酒造正樹, 割澤伸一, 山田一郎, “ウェアラブル・環境センサの協調動作に関する検討”, 情報処理学会創立 50 周年記念全国大会 (第 72 回全国大会), 東京大学 本郷キャンパス, 文京区, March 9-11, 2010.
29. J. Jung, 川原圭博, 横澤一彦, 浅見徹, “ユーザの情報認知特性を考慮したデスクトップウィジェット”, 情報処理学会創立 50 周年記念全国大会 (第 72 回全国大会), 東京大学 本郷キャンパス, 文京区, March 9-11, 2010.
30. 浅野倫子, 横澤一彦, 酒造正樹, 山田一郎, “気質分類に基づく適切な情報提示法の心理学的検討”, ヒューマン情報処理研究会 (HIP), 鹿児島大学大学院理工学研究科, 鹿児島市, March 15-16, 2010.
31. 高田修司, 中井隆志, 藤田航, トウラキットセーリー ティーラポン, 塩見淳一郎, 丸山茂夫, 高木秀樹, 酒造正樹, ドロネー ジャン=ジャック, 山田一郎, “ガス濃縮への応用に向けた単層カーボンナノチューブの吸着能力の評価”, 2010 年春季 第 57 回 応用物理学関係連合講演会, 東海大学, 平塚市, March 17-20, 2010.
32. 柳元伸太郎, 今井靖, 酒造正樹, ロペズ ギョーム, 亀山祐美, 飯島勝矢, 秋下雅弘, 大内尉義, 矢作直樹, 山田一郎, “ウェアラブルな血圧モニタリングシステムの医療現場での応用”, IT ヘルスケア学会 第 4 回年次学術大会, 東京医科歯科大学, 文京区, May 23, 2010.
33. 張皓, ロペズ ギョーム, 酒造正樹, ドロネー ジャン=ジャック, 山田一郎, “ニューラルネットワークを用いた食事音の分析”, 日本機械学会 2010 年度年次大会, 名古屋工業大学, 名古屋市, September 5-8, 2010.

34. 松浦成太郎, ロペズ ギョーム, 酒造正樹, 山田一郎, “自由行動下血圧測定のためのウェアラブル行動判別手法の研究”, 日本機械学会 2010 年度年次大会, 名古屋工業大学, 名古屋市, September 5-8, 2010.
35. 石田繁巳, 瀧口貴啓, 猿渡俊介, 南正輝, 森川博之, “ウェイクアップ型無線通信のためのグループ指定可能 ID マッチング機構の実装”, 電子情報通信学会ソサイエティ大会, 新潟大学, 新潟市, September 15-18, 2010.
36. 今井靖, 森田啓行, 安東治郎, 藤田英雄, 柳元伸太郎, 亀山祐美, 飯島勝矢, 秋下雅弘, 矢作直樹, 酒造正樹, ロペズ ギョーム, 山田一郎, “脈波伝播速度法を応用した持続収縮期血圧モニタリング法の有用性”, 第 58 回日本心臓病学会学術集会, 東京国際フォーラム, 千代田区, September 17-19, 2010.
37. 瀧口貴啓, 石田繁巳, 岸孝彦, 丹羽栄二, 見並一明, 猿渡俊介, 森川博之, “ウェイクアップ型無線通信におけるビット不一致許容 ID マッチング”, 電子情報通信学会技術研究報告情報ネットワーク研究会, 沖縄コンベンションセンター, 宜野湾市, March 3-4, 2011.
38. 高木潤一郎, 川島英之, 猿渡俊介, 森川博之, “センサデータベースのための高効率データ管理手法の実装と評価”, 電子情報通信学会技術研究報告情報ネットワーク研究会, 沖縄コンベンションセンター, 宜野湾市, March 3-4, 2011.
39. 瀧口貴啓, 石田繁巳, 猿渡俊介, 森川博之, “車両内ウェイクアップ型無線通信における数個のビット不一致許容 ID マッチング”, 電子情報通信学会総合大会, 東京都市大学, 世田谷区, March 14-17, 2011.
40. 石田繁巳, 瀧口貴啓, 猿渡俊介, 森川博之, “ブルームフィルタを用いたウェイクアップ型無線通信システムにおける ID 長の影響”, 電子情報通信学会総合大会, 東京都市大学, 世田谷区, March 14-17, 2011.
41. 高木潤一郎, 川島英之, 猿渡俊介, 森川博之, “センサデータベースにおける問合せ処理とデータサイズの効率化に関する検討”, 電子情報通信学会総合大会, 東京都市大学, 世田谷区, March 14-17, 2011.
42. 今井靖, 柳元伸太郎, 酒造正樹, ロペズ ギョーム, 稲島司, 亀山裕美, 飯島勝矢, 矢作直樹, 山田一郎, “脈波伝播速度法を応用した非侵襲的収縮期血圧モニタリング”, 第 50 回日本生体医工学会大会, 東京電機大学 神田キャンパス, 千代田区, April 29-May 1, 2011.
43. 飯島勝矢, 亀山祐美, G. Lopez, 酒造正樹, 山田一郎, 柳元伸太郎, 今井靖, 矢作直樹, 秋下雅弘, 大内尉義, “高齢者の「超」短期血圧変動に対するカフを用いないウェアラブル血圧センサーによる有用性: 高齢者血圧管理のピットフォール”, 第 11 回日本抗加齢医学会総会, 国立京都国際会館, 京都市, May 27-29, 2011.
44. 飯島勝矢, “『老化・老年病の分子機構 細胞から疾患まで』～加齢による動脈硬化の分子機序～”, 第 53 回日本老年医学会学術集会, 京王プラザホテル, 新宿区, June 15-17, 2011.
45. 飯島勝矢, 亀山裕美, 秋下雅弘, 大内尉義, 柳元伸太郎, 今井靖, 矢作直樹, ロペズ ギョーム, 酒造正樹, 山田一郎, “高齢者におけるウェアラブル血圧センサーの臨床応用: ～認知機能およびストレス感受性からみた血圧短期変動評価への有用性の検討～”, 2011 年度人工知能学会全国大会 (第 25 回) JSAI2011, アイーナ いわて県民情報交流センター, 盛岡市, June 1-3, 2011. (人工知能学会の速報論文特集へ推薦を受ける)
46. 石田繁巳, 鈴木誠, 森川博之, “サブスレッショルド特性を利用するウェイクアップ受信機用ミキサの初期的検討”, 電子情報通信学会ソサイエティ大会, 北海道大学 札幌キャンパス, 札幌市, September 13-16, 2011.
47. 飯島勝矢, 亀山祐美, G. Lopez, 酒造正樹, 山田一郎, 柳元伸太郎, 今井靖, 矢作直樹, 秋下雅弘, 大内尉義, “高齢者高血圧に対するカフを用いないウェアラブル血圧センシングの有用性: いかに高齢者の「超」短期血圧変動を捕まえるか”, 第 34 回日本高血圧学会, 栃木県総合文化センター/宇都宮東武ホテルグランデ, 宇都宮市, October

- 20-22, 2011.
48. 飯島勝矢, 秋下雅弘, 大内尉義, “血圧変動を意識した高齢者高血圧マネジメント: 血管老化・血管壁硬化から見る基礎的・臨床的アプローチ”, 第 34 回日本高血圧学会, 栃木県総合文化センター/宇都宮東武ホテルグランデ, 宇都宮市, October 20-22, 2011.
 49. 酒造正樹, ロペズ ギョーム, 今井靖, 柳元伸太郎, 飯島勝矢, 山田一郎, “ウェアラブル血圧センサの開発”, 日本機械学会スポーツ・アンド・ヒューマン・ダイナミクスシンポジウム 2011, 京都大学 吉田キャンパス 百周年時計台記念館, 京都市, October 31-November 2, 2011.
 50. K. Iijima, Y. Kameyama, G. Lopez, M. Shuzo, S. Yanagimoto, Y. Imai, N. Yahagi, I. Yamada, M. Akishita, Y. Ouchi, “Advantageous Clinical Approach of Continuous ‘Cuff-less Wearable Blood Pressure Sensing’ in the Elderly: A Close Association between Short-term BP Variability and Geriatric Syndrome”, 第 76 回日本循環器学会学術集会, 福岡国際会議場・福岡サンパレス・マリンメッセ福岡・福岡国際センター, 福岡市, March 16-18, 2012.
 51. ギョーム ブロジ, 鈴木誠, 今泉英明, 鈴木亮平, 永田智大, 森川博之, “Low Power Heartbeat を利用した Hadoop の電力管理手法”, 電子情報通信学会総合大会, 岡山大学 津島キャンパス, 岡山市, March 20-23, 2012.
 52. 飯島勝矢, G. Lopez, 酒造正樹, 山田一郎, 秋下雅弘, 大内尉義, “カフ・レスのウェアラブル血圧センサーによる『超短期変動』を意識した高齢者高血圧マネジメント: ~その有用性と今後いかに従来の高血圧治療に反映させるのか~”, 第 1 回臨床高血圧フォーラム, 千里ライフサイエンスセンター, 豊中市, May 12-13, 2012.
 53. 今井靖, 稲島司, 森田啓行, 西村敬史, 矢作直樹, 永井良三, 酒造正樹, ロペズ ギョーム, 山田一郎, 柳元伸太郎, 飯島勝矢, “心電図・脈波情報による持続的収縮期血圧推定デバイスの臨床的有用性に関する検討”, 第 32 回ホルター・ノンインバーシブ心電学研究会, 朱鷺メッセ 新潟コンベンションセンター, 新潟市, June 9, 2012.
 54. 石田繁巳, 猿渡俊介, 森川博之, “ワイヤレスハーネスのための 2 進 MDS-ID マッチング型ウェアイクアップ通信の評価”, 第 49 回高度交通システム研究発表会(ITS49-3), 首都大学東京 秋葉原サテライトキャンパス, 千代田区, June 15, 2012.
 55. 高橋樹生, 代婷婷, 松浦成太朗, ロペズ ギョーム, 山田一郎, “脈波伝播速度を用いた連続血圧測定におけるパラメータ同定手法”, 日本機械学会 2012 年度年次大会, 金沢大学角間キャンパス, 金沢市, September 9-12, 2012.
 56. 加世田敏宏, 松浦成太朗, 酒造正樹, ロペズ ギョーム, 山田一郎, “体動の影響除去による脈波伝播時間検出の高精度化”, 日本機械学会 2012 年度年次大会, 金沢大学角間キャンパス, 金沢市, September 9-12, 2012.
 57. 森戸貴, 鈴木誠, 李斗煥, 森川博之, “生体情報の蓄積・分析に向けた時系列データベースシステム”, 電子情報通信学会ソサイエティ大会, 富山大学, 富山市, September 11-14, 2012.
 58. 稲島司, 今井靖, 酒造正樹, G. Lopez, 柳元伸太郎, 飯島勝矢, 森田啓行, 永井良三, 矢作直樹, 山田一郎, “脈波伝播速度法による持続的収縮期血圧推定デバイスの臨床的有用性”, 第 60 回日本心臓病学会学術集会, 石川県立音楽堂, 金沢市, September 14-16, 2012.
 59. K. Iijima, G. Lopez, M. Shuzo, I. Yamada, S. Yanagimoto, Y. Imai, T. Inajima, N. Yahagi, M. Akishita, Y. Ouchi, “Advantageous Approach of ‘Wearable Blood Pressure Sensing’ in Elderly: To Achieve Delicate BP Control with Consideration for Very Short-Term Variability”, 第 77 回日本循環器学会学術集会, パシフィコ横浜, 横浜市, March 15-17, 2013.

〈国際会議〉

1. M. Shuzo, M. Shimura, Y. Motohashi, J.-J. Delaunay, I. Yamada, "A Communication Terminal for Sending and Receiving Ambient Information", Korea-Japan Design Engineering Workshop 2008 (DEWS 2008), Seoul, Korea, July 9-10, 2008.
2. I. Yamada, M. Shuzo, "Novel Ambient Information Communication Terminal", 2008 ASME International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference, New York, USA, August 3-6, 2008.
3. K. Rikitake, Y. Araki, Y. Kawahara, M. Minami, H. Morikawa, "NGN/IMS-based Ubiquitous Health Monitoring System", 6th Annual IEEE Consumer Communications & Networking Conference (CCNC 2009), Las Vegas, Nevada, USA, January 10-13, 2009.
4. J.-J. Delaunay, K. Endo, S. Mikuriya, M. Shuzo, I. Yamada, "Hydrogen Detection with Subwavelength Palladium Hole Arrays", SPIE Photonic West, San Francisco, USA, January 24-29, 2009.
5. T. Nakai, J. Okawa, S. Takada, M. Shuzo, J. Shiomi, J.-J. Delaunay, S. Maruyama, I. Yamada, "Carbon Nanotube Stationary Phase in a Microfabricated Column for High-Performance Gas Chromatography", International Symposium on Olfaction & Electronic Nose (ISOEN 2009), Brescia, Italy, April 15-17, 2009.
6. M. Shuzo, S. Komori, T. Takashima, G. Lopez, S. Tatsuta, S. Yanagimoto, S. Warisawa, J.-J. Delaunay, I. Yamada, "Wearable Eating Habit Sensing Using Sound Information", 2009 JSME-IIP/ASME-ISPS Joint Conference on Micromechatronics for Information and Precision Equipment (MIPE 2009), Tsukuba, Japan, June 17-20, 2009.
7. G. Lopez, M. Shuzo, H. Ushida, K. Hidaka, S. Yanagimoto, Y. Imai, A. Kosaka, J.-J. Delaunay, I. Yamada, "Continuous Blood Pressure Monitoring in Daily Life", 2009 JSME-IIP/ASME-ISPS Joint Conference on Micromechatronics for Information and Precision Equipment (MIPE 2009), Tsukuba, Japan, June 17-20, 2009.
8. T. Takiguchi, S. Saruwatari, T. Morito, S. Ishida, M. Minami, H. Morikawa, "A Novel Wireless Wake-up Mechanism for Energy-efficient Ubiquitous Networks", 1st International Workshop on Green Communications (GreenComm'09), Dresden, Germany, June 18, 2009.
9. M. Shuzo, M. Shimura, J.-J. Delaunay, I. Yamada, "SHOJI: A Communication Terminal for Sending and Receiving Ambient Information", 2009 ASME International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference, San Diego, USA, August 30-September 2, 2009.
10. G. Lopez, I. Yamada, "New Healthcare Society Supported by Wearable Sensors and Information Mapping based Services", 10th IFIP Working Conference on Virtual Enterprises, Thessaloniki, Greece, October 7-9, 2009.
11. S. Nishiyama, T. Nakai, M. Shuzo, J.-J. Delaunay, I. Yamada, "Effect of Micropillars of Semi-Packed Micro Gas Chromatography Columns on Separation Efficiency", IEEE SENSORS 2009 Conference, Christchurch, New Zealand, October 25-28, 2009.
12. M. Shuzo, G. Lopez, T. Takashima, S. Komori, S. Yanagimoto, S. Tatsuta, J.-J. Delaunay, I. Yamada, "Discrimination of Eating Habits with a Wearable Bone Conduction Sound Recorder System", IEEE SENSORS 2009 Conference, Christchurch, New Zealand, October 25-28, 2009.
13. G. Lopez, K. Hidaka, H. Ushida, M. Shuzo, Y. Imai, J.-J. Delaunay, I. Yamada, "Continuous Blood Pressure Measurement in Daily Activities", IEEE SENSORS 2009 Conference, Christchurch, New Zealand, October 25-28, 2009.

14. S. Takada, T. Nakai, W. Fujita, T. Thurakitseree, J. Shiomi, S. Maruyama, H. Takagi, M. Shuzo, J.-J. Delaunay, I. Yamada, "Evaluation of Adsorption Capacity of Single-walled Carbon Nanotubes for Application to Micro Gas Preconcentrators", IEEE SENSORS 2010 Conference, Waikoloa, USA, November 1-4, 2010.
15. M. Nakamura, J. Nakamura, M. Shuzo, S. Warisawa, I. Yamada, "Collaborative Processing of Wearable and Ambient Sensors System for Health Monitoring Application", 3rd International Symposium on Applied Sciences in Biomedical and Communication Technologies, Rome, Italy, November 7-10, 2010.

③ ポスター発表 (国内会議 9 件、国際会議 7 件)

〈国内会議〉

1. 日高圭太, 小坂明生, 柳元伸太郎, 今井靖, 酒造正樹, ドロネー ジャンジャック, 山田一郎, "脈波伝播速度法を用いた連続血圧測定", 第 25 回「センサ・マイクロマシンと応用システム」シンポジウム, 沖縄コンベンションセンター, 宜野湾市, October 22-24, 2008.
2. 高田修司, 中井隆志, 酒造正樹, 塩見淳一郎, ドロネー ジャン=ジャック, 丸山茂夫, 山田一郎, "カーボンナノチューブを固定相に用いたマイクロガスクロマトグラフィカラム", ナノ学会第7回大会, 東京大学 武田先端知ビル, 文京区, May 9-11, 2009.
3. 福田めぐみ, 酒造正樹, 横澤一彦, "視覚パターン分類における特徴次元数と配置の影響", 日本認知科学会 第 26 回大会, 慶應義塾大学 湘南藤沢キャンパス, 藤沢市, September 10-12, 2009.
4. 今井靖, 柳元伸太郎, 酒造正樹, ロペズ ギヨーム, ドロネー ジャン=ジャック, 山田一郎, 矢作直樹, "脈波伝播速度法を応用した持続収縮期血圧モニタリング法の開発", 第 32 回日本高血圧学会総会, 大津プリンスホテル, 大津市, October 1-3, 2009.
5. 柳元伸太郎, 今井靖, 酒造正樹, ロペズ ギヨーム, 亀山祐美, 飯島勝矢, 秋下雅弘, 大内尉義, 矢作直樹, 山田一郎, "ウェアラブルな血圧モニタリングシステムの開発と応用", 第10回東京大学生命科学シンポジウム, 東京大学本郷キャンパス, 文京区, May 1, 2010.
6. 柳元伸太郎, 今井靖, 酒造正樹, ロペズ ギヨーム, ラバ マキシム, 亀山祐美, 飯島勝矢, 秋下雅弘, 大内尉義, 矢作直樹, 山田一郎, "ウェアラブル血圧計の臨床応用", 生体医工学シンポジウム 2010, 北海道大学大学院情報科学研究科 情報科学研究科棟, 札幌市, September 10-11, 2010.
7. G. Lopez, M. Shuzo, I. Yamada, J. L. De Coi, P. Maret, J. Subercaze "A Community-based Framework for Healthcare Data Sharing", 人間情報学会第 6 回講演会, 東京大学山上会館, 文京区, March 9, 2011.
8. 森戸貴, ロペズ ギヨーム, 鈴木誠, 李斗煥, 森川博之, "ヘルスケアサービスのための時系列データベースシステムと生体情報ビューアの実装", 人間情報学会第 12 回講演会, 東京大学山上会館, 文京区, September 11, 2012.
9. 飯島勝矢, G. Lopez, 酒造正樹, 山田一郎, 柳元伸太郎, 今井靖, 稲島司, 矢作直樹, 秋下雅弘, 大内尉義, "カフレス・ウェアラブル血圧センシングを用いた自由行動下での高齢者高血圧管理の試み", 第 35 回日本高血圧学会総会, 名古屋市, September 20-22, 2012.

〈国際会議〉

1. T. Nakai, S. Nishiyama, M. Shuzo, J.-J. Delaunay, I. Yamada, "Microfabricated Semi-packed Gas Chromatography Column with Functionalized Parylene as the Stationary Phase", 12th International Conference on Miniaturized Systems for Chemistry and Life Sciences (μTAS 2008), San Diego, USA, October 12-16,

- 2008.
2. J. Takagi, K. Rikitake, Y. Araki, Y. Kawahara, M. Minami, H. Morikawa, “NGN/IMS-based Ubiquitous Health Monitoring System -Data Format Design-”, Sixth International Conference on Networked Sensing Systems (INSS 2009), Pittsburgh, USA, June 17-19, 2009.
 3. T. Nakai, S. Takada, S. Nishiyama, M. Shuzo, J.-J. Delaunay, I. Yamada, “Amorphous Parylene Stationary Phase for Microfabricated Gas Chromatography Column”, The 13th International Conference on Miniaturized Systems for Chemistry and Life Sciences (μ TAS 2009), Jeju, Korea, November 1-5, 2009.
 4. M. Asano, K. Yokosawa, “Sentence Context Representation Activated by Transposed Phrases”, The 50th Annual Meeting of the Psychonomic Society, Boston, USA, November 19-22, 2009.
 5. G. Brogi, P. Grandjer, T. Morito, M. Suzuki, H. Morikawa, “Using Sensor Networks for Medical Applications”, 2011 International Symposium on Computational Models for Life Sciences (CMLS-11), Toyama, Japan, October 11-13, 2011.
 6. H. Zhang, G. Lopez, M. Shuzo, J.-J. Delaunay, I. Yamada, “Mastication Counting Method Robust to Food Type and Individual”, The International Conference on Health Informatics (HEALTHINF 2012), Algarve, Portugal, February 1-4, 2012.
 7. G. Brogi, M. Suzuki, H. Imaizumi, R. Suzuki, T. Nagata, H. Morikawa, “Reducing Idle Power Consumption in MapReduce using Low-Power Heartbeats”, Architectural Support for Programming Languages and Operating Systems (ASPLOS 2012), London, UK, March 3-7, 2012.

(4)知財出願

- ①国内出願 (2 件)
- ②海外出願 (0 件)
- ③その他の知的財産権
なし

(5) 受賞・報道等

①受賞

1. [若手優秀発表賞] 高田修司, 中井隆志, 酒造正樹, 塩見淳一郎, ドロネー ジャン=ジャック, 丸山茂夫, 山田一郎, “カーボンナノチューブを固定相に用いたマイクロガスクロマトグラフィカラム”, ナノ学会第7回大会, 東京大学武田先端知ビル, 文京区, May 9-11, 2009.
2. [学生奨励賞] 井出裕人, ロペズ ギョーム, 酒造正樹, ドロネー ジャンジャック, 山田一郎, 浅野倫子, 横澤一彦, “生理指標の多変量解析に基づく個人に依らないストレス推定手法の研究”, 情報処理学会創立 50 周年記念全国大会(第 72 回全国大会), 東京大学 本郷キャンパス, 文京区, March 9-11, 2010.
3. [電子情報通信学会論文賞] 鈴木誠, 猿渡俊介, 南正輝, 森川博之, 電子情報通信学会, May 22, 2010.
4. [志田林三郎賞] 森川博之, 情報通信月間推進協議, June 1, 2010.

②マスコミ(新聞・TV等)報道

1. “運動中でも血圧正確に 耳たぶにセンサ装着 東大”, 日経産業新聞 6 面, May 4, 2009.
2. “技術ウォッチ 健康管理、センサーを活用”, 日経新聞 朝刊 11 面, May 15, 2009.

③その他

1. “Blood Pressure Testing without Squeeze”, The Japan Journal, vol. 6, no. 11, pp. 28-29, 2010.
2. “第 34 回日本高血圧学会総会の速報 高齢者高血圧におけるカフを用いないウェアラブル血圧センシングの有用性:いかに高齢者の「超」短期血圧変動を捉まえるか”, メディカルトリビューン (<http://site2.mtpro.jp/jpnsh/34/contents/co16-91/>), October 25, 2011.

(6)成果展開事例

①実用化に向けての展開

- ・ 実用化の目処がたったウェアラブル血圧センシング技術を医療機器メーカーと共同展開(複数社からのコンタクトあり)し、健康増進器具としての普及化および医療機器承認へ向けて進めている。
- ・ ストリームデータベースを拡張し、離散的データを扱う PHR(どこでも my 病院)と連携を検討している。
- ・ 他の研究グループ(人間行動センシング、食ログプロジェクトなど)と情報共有し、蓄積済みデータの再利用、分析精度向上、研究者層の拡大促進を検討している。

②社会還元的な展開活動

- ・ ウェアラブル血圧センサによる高血圧の予防・治療(血圧の超短期変動、Double Product による新たな評価方法)を柱とした総合健康管理サービス(東大病院、柏地区高齢社会総合研究会など)への貢献
- ・ ウェアラブル生体センシング技術に、ヘルスケア DB 技術(蓄積・共有技術)などを垂直統合した情報処理基盤が将来のストリームデータベースを用いた PHR のプロトタイプへ貢献

③シーズ段階案件

- ・ 実施内容で説明の通り、食習慣センシングやストレスセンシングに関して有用な技術ではあるが、東大病院におけるウェアラブル血圧センシングの実証実験にリソースを集中させるため、基礎技術の研究にとどまったものがある。食習慣センシングにおいては、柏地区で実施が始まる高齢者ケアのプロジェクトにおいて食の虚弱のモニタリングに応用が可能であるし、ストレスセンシングにおいては某製薬メーカーから薬の効用の評価に使いたいとの相談も受けている。本プロジェクトの成果をうまく活かし、今後の応用展開に結び付けたい。

§ 6 研究期間中の活動

年月日	名称	場所	参加人数	概要
2011.10.20	健康管理のためのウェアラブル情報システムに関する国際シンポジウム(東大フォーラムの中で開催)(公開)	リヨン大学、フランス	50	・国際共同研究先での成果報告 ・招待講演 3 件

§ 7 結び

本プロジェクトは、日常生活の中でデータを「取り」、「貯まった」データをユーザに「見せ」、行動変容を促す生体・環境情報処理基盤(人間の日常生活を科学するプラットフォーム)の構築をめざしたものである。東大病院における実証実験で示したのは、その 1 つの実施例であり、実際の医療現場でその有効性を検証できたことは非常に大きな成果である。プロジェクト開始当時は、取り貯めた膨大なデータをどのように解釈すれば良いのか、十分に予測できないこともあった。しかし、幸いなことに医師と工学者が良いチーム連携を保てたこともあり、走りながら考えるというグランドチャレンジの精神で、課題の設定と見直しの繰り返しを経て、1 つの実証実験をクリアすることができた。

残された課題はまだ山積みであるが、我々の開発したヘルスケアデータの情報処理基盤は多くのユーザに使われてこそ意味を持つ。ストリーミングデータとして血圧データを題材として議論

を展開してきたが、従来型のヘルスケアデータにある離散データもちろん収容可能である。新たな実験データを投入する際には、日本でも導入されようとしているパーソナルヘルスレコード (PHR) との接続も視野に入れ、様々な研究グループや事業体との連携を進めていきたい。

また、最近では、人間の行動データ(加速度情報)のように、センサから得られるストリーミングデータを他の専門家と共有していこうという動きがある。これは上流のセンシング技術の規格統一や、下流の分析ソフトの精度向上を期待したものである。これまで我々が取り貯めたデータは、情報公開を前提に被験者から同意書を頂いたものである。5年間のプロジェクトとしては一区切りがついたが、今後は他の研究グループとデータの交流を行うなど、さらなる活性化を図っていきたい。