「先進的統合センシング技術」
平成19年度採択研究代表者

H22 年度
実績報告

山田一郎

東京大学大学院工学系研究科・教授

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

§1. 研究実施の概要

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のできる生体・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。さらに、ウェブコミュニティー技術とデータマイニング技術をヘルスケアサービスに活用するため、フランスとの国際連携によって、

(4) ウェブコミュニティーにおけるヘルスケアデータの共有仕組み

に関する研究を進める。

H22 年度は、ウェアラブル生体・環境センシングの要素技術（1-1、2-1）として、血圧、食習慣、ストレスのセンシングをめざしたウェアラブルセンサおよび分析技術の開発を継続するとともに、医療現場における試作品の利用性検証を行った。また、無線インタフェースの要素技術（1-2）として、ウェイクアップモジュールのチップ試作に着手した。マルチセンサネットワークの要素技術（1-3）として、異種のセンサ情報を高速でリアルタイムに伝送する手法の研究とともに、自然な動作でセキュアにセンサデータの収集を可能にする通信技術の検討を行った。生体・環境情報の表現手法に関する要素技術（2-2）として、気質に基づく分類を行い、それに応じた最適な情報提示方法の提案を行った。メタデータベースの要素技術（2-3）として、生体情報を効率よく蓄積・共有できるシステムを構築し、動作検証及びウェアラブルセンサとの接続を行った。さらに、ヘルスケアサービスの実証実験（3）として、医師、医療情報関係者との議論を基に、「東大病院における生活習慣病診療サービス」の実証実験を開始した。ヘルスケアデータの共有仕組み(4)に関して、「生活習慣病に関する情報共有サービス」を目指したフレームワークの設計を行い、実装を開始した。

§2. 研究実施体制

（1）山田グループ

①研究分担グループ長：山田　一郎　（東京大学大学院工学系研究科、教授）

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・環境情報の分析技術

・生体・環境情報の表現手法

・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ーにおけるヘルスケアデータの共有仕組み

（2）森川グループ

①研究分担グループ長：森川　博之　（東京大学先端科学技術研究センター、教授）

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

（3）中村グループ

①研究分担グループ長：中村　二朗　（NTT 環境エネルギー研究所、グループリーダ）

②研究項目

・マルチセンサネットワーク構成技術の開発

・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

§3. 研究実施内容

H22 年度は、H21 年度に引き続き、医工連携のもとウェアラブルに基礎データを収集・分析する各要素技術の開発を引き続き行った。また、サービスとして展開することを前提にした生体情報データベースの構築をめざした。その際、近年、医療現場での普及が進められている、遠隔医療や電子カルテなどの医療情報ネットワークとの連携を視野に入れ、病院のカルテや薬局の投薬記録なども含めた情報処理基盤の開発をめざしている。以下、要素技術ごとに報告する。

(1-1) ウェアラブル生体・環境センサの開発

※ 本項目は、ハード・ソフト一体として開発を行うため、(2-1) 生体・環境情報分析技術の開発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、効率的な開発を行う。生体・環境情報の種類および実現容易性を考慮して、胸部貼付型、腕時計型を優先的に開発する。また、ウェアラブル生体・環境センサによって計測された信号から、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する。

H21 年度までに、ウェアラブルな血圧センサ、ストレスセンサ、食習慣センサ、小型運動センサ、呼気ガスセンサの開発と、これらを用いた分析手法の研究を行った。H22 年度は、引き続き、ウェアラブルセンサの開発と分析技術の性能向上を進めるとともに、医療現場における試作センサの利用性検証に取り組んだ。

血圧センシングについては、日常生活中で、長時間、多くのサンプルを採取できるウェアラブル連続血圧モニタリングデバイスを開発した。主な仕様としては、①心電、脈波、3 軸加速度の 5 チャンネルを同時計測、②各チャンネルは 1kHz サンプリングで同期計測、③2 時間以上の連続計測、④携帯端末上で、心電や脈波などの生波形表示、⑤リアルタイムに血圧を算出し、結果を提示。このデバイスを評価した結果、医学的要求からさらに検討を加える必要があるものの、実用レベルの精度（誤差 10mmHg 以下）で測定可能であることが分かった。現在における一般的な高血圧の診断・治療は、診察室で測定された血圧値、あるいは家庭で一日に 1、2 回測定された血圧値に基づいてなされているが、このリアルタイムで長時間測定が可能なウェアラブル血圧センサが実用となり、従来方法では計測し得ないような頻度で日常生活中の血圧測定が可能となれば、職場や自宅、あるいはなんらかのストレス要因がかかった状況下において、血圧が高くなっているにもかかわらず見逃されていた“仮面高血圧”などの発見および、より高品質の血圧管理につながる可能性がある。

今後は、本手法の有効性の検証のため、東大病院における検査外来において、カテーテル検査から得られる血圧値との比較実験を実施する。また、新たに開発した無線型ウェアラブル連続血圧モニタリングデバイスを医療現場で評価し、引き続き、ユーザビリティの改良を含むプロトタイプの改良を行うとともに、ウェアラブル血圧センサの実用性について検証し、開発に反映

させたいと考えている。

ストレスセンシングについては、日常生活中の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取得した。具体的には、実験室環境下で、計算タスクに関連した複数種（基準、緊張、単調の3種）のストレスを与え、被験者の主観評価とあわせてウェアラブルセンサによる生体情報のモニタリングを行うことで評価した。ウェアラブルセンサからは心電、脈波、呼吸、指部皮膚温度を計測し、9 種の特徴量（生理指標）を得た。複数種のストレス推定手法を実現するにあたって、推定処理をステップ分けし、各ステップにおいて個人差が小さ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。ステップ分けにおいては推定すべき種類に応じ 3 段階とし、ストレス推定手法の最適化を行い、実環境下でのストレス推定が可能であることを確認した。今後は、引き続き、分析精度の向上をめざすとともに、ウェアラブルなストレスセンシングシステムの開発を行い、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反映させる。

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食品の種類（テクスチャー）、③食事時間・回数（食事の規則性）などの食習慣のセンシングを目標に、骨伝導マイクを用いたウェアラブルな食習慣センサのプロトタイプの開発を行ってきた。プロトタイプの開発については、H20 年度までは IC レコーダに記録した音情報をオフラインにて PC で解析する方法であったが、現在は、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・通信までを行うことを念頭にシステム開発を行っている。

音情報分析を用いた咀嚼回数抽出と食事関連行動識別に関して、新たな特徴量および分析アルゴリズムを考案することで、個人および食べ物の種類により依らない分析技術を開発した。また、音情報分析に基づく食習慣モニタリング手法の実現には、個人差のない分析アルゴリズムを見出すため、多くの被験者から収集した大量のデータを蓄積できる音情報共有データベースシステムの構築が有用と考えられる。音情報共有データベースシステムに関しては、専用端末やアプリケーションを使って、自己の情報に適宜アクセスして健康チェックができる仕組みや、医師や栄養士が必要な情報を抽出して適切な健康指導を行える仕組みを提供することを目的として、膨大な情報を蓄積でき、必要な情報を素早く取り出せることを考えて構造設計を行った。今後は、食習慣を血圧データに対応させ、医師・患者・研究者間でデータ共有ができるように、メタデータベース技術と統合していく。また、骨伝導マイクの音情報を用いて、呼吸、心音などの生体情報の抽出を検討し、ストレスセンシングシステムに統合していく予定である。

呼気ガスセンシングついては、医師による診断への応用が可能な呼気センサシステム開発をめざし、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）の小型化などを行った。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、コンフォーマルにパリレン材料を塗布したマイクロカラムを試作した。実験の結果、従来構造を有するマイクロカラムよりも、本研究で開発したマイクロカラムは高い分離性能を有することを明らかにした。

(1-2) ゼロ待機電力無線インタフェースの開発

無線通信は、センサノード全体の電力消費の 30%から 50%を占めるため、センサの高寿命化には無線通信プロトコルの良し悪しが大きな影響を与える。本研究では、受信した電磁波エネルギーからでもマイクロコントローラを駆動できることに着目し、待受け電力を必要とせずにデバイスをウェイクアップさせる機構を開発する。

H19 年度までに、ゼロ受信待機電力無線システムについて、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について、シミュレーションによる基本的な設計を行い、PAN における想定距離である約 1m 離れた距離においてウェイクアップできる見通しを得た。H20 年度は、ディスクリートのパーツを組合せ、システムレベルの設計・評価を行った。H21 年度は、半導体で構築するチップレイアウトの設計と通信プロトコルの MAC 層の検証を行った。その結果、再送なども含めた消費電力を考えると 2 つの問題が発生することが明らかになった。1 つ目は、無線のチャネル状況が悪い場合、ID マッチングエラーによって不必要なウェイクアップが発生したり、ウェイクアップできないことによる再送が頻発したりすることである。2 つ目は、ID マッチング回路に Bloom Filter を用いた場合、ID 長を長くしすぎるとウェイクアップモジュールの受信待機電力が増加し、ID 長を短くしすぎると誤ウェイクアップが頻発し、システム全体の消費電力が悪化することである。

H22 年度は H21 年度までの成果を踏まえ、まず、無線チャネルが劣悪な環境で ID マッチングの精度を高めるための研究開発を行った。最大距離分離符号と数個のビット不一致を許容する ID マッチングを組み合わせることで、通信エラーに強い ID マッチング回路を小規模な回路で実現した。また、ID マッチング回路に Bloom Filter を用いた場合には、Bloom Filter への登録 ID 数、データ通信モジュールの特性の 2 つを考慮して ID 長を決定する必要があることを明らかにした。特に Bloom Filter への登録 ID 数が想定される ID 数を超えると消費電力が著しく悪化することを明らかにした。さらに、H21 年度に設計したウェイクアップモジュールのデジタル回路部分である ID マッチング回路を LSI として実装した。

(1-3) マルチセンサネットワーク構成技術の開発

ネットワークで取り扱う情報が、短パケット・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検討を行う。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、最適な機能配置を決定する。

H22 年度はウェアラブルセンサノードのセンサ情報を収集するために、人体を信号伝送経路

として利用する電界通信について検討を行った。電界通信は人体近傍に誘起される微弱な交流電界を利用する極短距離通信技術で、人体の接触により信号伝送経路が形成される。したがって、電界通信により日常生活においてユーザが自然な動作でセキュアにウェアラブルセンサデータを収集することが可能になる。具体的には、家庭・病院などでのセキュア生体センサデータ収集システムを想定し、①人-モノ通信および②人-人通信機能を検証した。①は日常生活においてドアノブを握る、あるいは椅子に座るなどのモノに接触するユーザ動作に伴う情報伝送を、②は医師による診察など人に接触するユーザ動作に伴う情報伝送を想定している。電界通信のキャリア周波数 6.75MHz、通信速度 400kbps で、センサ、電界通信送受信機、アンテナ電極からなる実験系を構成し、ユーザ動作に伴う ID およびセンサ情報の伝送を行い、①、②の機能を確認した。

上記のように電界通信による生体情報伝送の基本的な機能を確認したが、H23 年度の実証実験で想定する利用シーンと適合しないため、実証実験での検証は行わない予定である。

(2-1) 生体・環境情報の分析技術の開発

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

(2-2) 生体・環境情報の表現手法の開発

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・表示技術を開発する。

H21 年度は、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開始した。①については、約 700 人の健常者からのアンケートを分析し、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。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、約 120 人のアンケートにより調べた。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、精査すべき点の整理を行った。

H22 年度は、①については、東大病院循環器内科の外来患者 20 人を対象に追加アンケートを行った。被験者の多くは、高齢者であり、完全主義傾向は高く、先延ばし傾向が低い方が多い結果となっている。将来、気質把握による治療への貢献が予想される。③については、ウェアラブルセンサによって得られた生体・環境情報を健康管理に活かすためには、利用者がそれらを継続的に(飽きることなく)利用できることや、必要な情報を負荷なく効率的に理解できることが肝心である。また、家族や医師を含む周囲のサポートがあることで、健康問題解決に対する成

功率の向上が予想される。ここまでの知見を継承し、今後は(2-3)生体・環境情報のメタデータベース構築におけるユーザインターフェイス開発に反映していく予定である。

(2-3) 生体・環境情報のメタデータベース構築

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、全体のデータから解析の対象を迅速かつ容易に検索することが必要となる。本研究では、生体・環境情報を統一した形式で表現し、それらに対するスケーラブルなアノテーション手法と、付加されたメタ情報に基づく検索を可能とするメタデータベース機構の検討を行う。加えて、蓄積したデータを様々なアプリケーションで相互に利用するための流通基盤についても検討する。

H19 年度は、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。これを受け、H20 年度は生体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設計を行い、NGN/IMS 上に XDMS として実装を行った。H20 年度の設計を受け、H21 年度は社会実装に向け、生体情報を蓄積したメタデータベースから生体データを取得してサービス構築する場合のインタフェースに関する検証を行った。

H22 年度は、次の 2 点を考慮して社会実装の準備を進めた。1 点目は、NGN/IMS を利用可能な環境が整備されていないことである。現時点では回線認証などの一部の機能を一般家庭で利用できるようになりつつあるものの、NGN/IMS 上でデータベースを動作させたり、大学から NGN/IMS の QoS の機能を利用したりする環境はまだ整っていない。2 点目は、被験者の生体情報を遠隔地で健康状態をモニタリングするというサービスは RESTful インタフェースのみで実現可能であることである。

社会実装を進めるにあたり以上の 2 点を踏まえ、H22 年度では RESTful 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・環境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生体・環境センサデータを格納したセンサデータベースと、格納されたセンサデータのメタ情報を表すメタデータベースと、医療従事者がアクセスするデータ解析サービスの 3 つから構築される。追加されたセンサデータを解析してユーザのコンテキストなどのアノテーションを自動付与する仕組みも備えている。また、センサデータベースでは膨大な量のセンサデータの蓄積とアクセスがシステムのボトルネックになるとの観点から、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高速な問い合わせ処理とデータサイズの削減を実現した。

(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

社会的背景として、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。H21 年度は、まず、このような世の中の動きと連動して、利用者のニーズにあったサービス開発を進めるため、いくつかのワーキンググループを設置し、実施するサービスの検討

を行った。

第一に、ウェアラブルセンサの開発を担当している工学チームの研究者と東大病院の医師を中心に、医工連携会議を開催した。本プロジェクトのメンバー以外にも、メタボリック症候群と関連のある栄養士や、糖尿病専門医などの協力を得て、開発中のウェアラブルセンサの医学現場におけるニーズに関する意見交換とともに診療サービスへの応用検討を行った。その成果、開発中のウェアラブル血圧センサを用いた「東大病院におけるメタボ診療サービス」の実証試験をH22 年度から開始した。

①心臓リハビリテーションは、心筋梗塞、心臓手術後などの急性期から慢性期に至るまで、その背景となるメタボリック症候群のマネージメントを含めた包括的疾病・健康管理を行うもので、しかも週 1～3 回程度の通院で定期的にフォローが可能であることから、実証実験のよいモデルケースと考えられた。リハビリテーション症例について延べ 60 例に上述のウェアラブル血圧センサを取り付け、エルゴメーターや筋肉トレーニングなどのリハビリプログラムを実施した。リハビリ中の血行動態の管理に有用で、かつ心臓への負担の程度をダイレクトに把握しながら運動負荷が行える点で、医療現場における有用性が示唆された。

②血圧測定におけるひとつのゴールデンスタンダードは侵襲的に計測した血圧値であるが、本手法における血圧測定法と対比することで測定精度についての検討を実施した。循環器疾患診療で実施される心臓カテーテル検査・電気生理学的検査といった侵襲的検査の折に、観血的血圧測定と本手法による測定を同時に持続して行い、その間に相関があることを確認した。

③高齢者においては動脈壁硬化の進んだ症例も多く、血圧の短期変動（日内変動）を起こしやすく、急激な血圧低下による相対的臓器虚血も誘発されやすい。急激な血圧の上昇・下降は心臓・脳血管障害のリスクとなるとともにめまい、ふらつきなどの原因ともなる。今回は、東京大学附属病院・老年病科に物忘れを主訴の一つとして入院された高齢者の症例について、延べ 50 例に上述のウェアラブル血圧センサを取り付け、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（復唱負荷、暗算負荷など）や短時間での血圧低下（起立後、排尿後、など）をいかに非侵襲的手法で確認できるかを検討した。一般臨床で使用される自動血圧計または手動血圧計による測定を行いつつ、本手法を併用して実施することで、従来の 15～30 分に一回の血圧測定では捉えられない超短期的な血圧変動を捉えうることが示された。症例を重ねていく毎に、安定した血圧測定が確認できるようになり、またメンタルストレス反応性の昇圧を確認することができた。また、実際に医療現場で使用して頂いた高齢者においては、明らかな付け心地の悪さや負担の大きさなどの訴えは無かった。

第二に、工学メンバー主体でサービス検討チームを結成し、複数のヘルスケアサービスを提案した。これに基づいて、H22 年度から、「生活習慣病に関する情報共有サービス」の実証試験を開始することとし、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データ公開用サイト構築・公開の手順で行った。

また、新たな試みとして、当 CREST チームの国際連携への展開を開始した。具体的には、H22 年度から、ジャン・モネー大学（フランス）のマレー教授と、ウェブコミュニティーにおけるヘルスケアデータの共有仕組みに関する共同研究を開始した。開発を進めている生体環境情報処理基盤を通じて、個人が自らの健康状態を正確に知ることで、健康増進や生活習慣病予防をめざして、積極的な健康管理が促進される。そのため、個人のヘルスケア情報を共有するためのサービスとして、担当医師との共有だけではなく、家族・親戚や友人、さらには医療機関や事業者等の間でデータを容易に共有できるようにする必要がある。これを実現するには、SNS、e-Learning を実施例としているウェブコミュニティー技術をヘルスケアサービスに活用することが有効だと考えられる。具体的には、個人情報を保護して安全を保証しつつ、個人のヘルスケアデータを関係するコミュニティー（担当医師、家族・親戚、友人など）との間で、自動的に共有する情報共有フレームワークを提案し、試作を開始するとともに、モニタリングルールの実装におけるデータマイニング技術の導入を検討している。個人情報の保護に関して、個人における柔軟なルール設定を可能にする新しいポリシー言語とエンジンの構想を提案し、実装を始めた。また、ポリシーに基づくウェブコミュニティーベース情報共有フレームワークのプロトタイプを試作した。引き続き、情報共有フレームワークにおける個人情報の保護のためのポリシーエンジンを実装し、生体環境情報のメタデータベースとの統合を目指す。

上記 2 つのサービス検討結果を踏まえて、今後、薬剤治療の介入による血圧変化に関して検討を行うとともに、より多くの疾病・臨床背景の症例でデータ収集を行う。また東大病院において実証実験を行い、そのデータを患者・医療従事者・研究者の 3 者が互いに共有し、生活習慣病のマネージメントの品質向上に寄与するような実地応用のモデルケースとしたい。

§4. 成果発表等

（4－1） 原著論文発表

●論文詳細情報

1. Shuji Takada, Takashi Nakai, Theerapol Thurakitseree, Junichiro Shiomi, Shigeo Maruyama, Hideki Takagi, Masaki Shuzo, Jean-Jacques Delaunay, Ichiro Yamada, “Micro Gas Preconcentrator Made of a Film of Single-Walled Carbon Nanotubes,” 電気学会論文誌E, vol. 130, no. 6, pp. 207-211, 2010. (DOI:10.1541/ieejsmas.130.207)
2. Timothe Faudot, Guillaume Lopez, Ichiro Yamada, “Information System For Mapping Wearable Sensors Into Healthcare Services: Application to Dietary Habits Monitoring,” 2nd Workshop on Web Intelligence and Virtual Enterprise, in the 11th IFIP Working Conference on Virtual Enterprises, Saint-Etienne, France, October 11-13, 2010

3. Maxime Labat, Guillaume Lopez, Masaki Shuzo, Ichiro Yamada, Yasushi Imai, Shintaro Yanagimoto, “Wearable Blood Pressure Monitoring System: A Case Study of Multiplatform Applications for Medical Use,” Proceedings of The International Conference on Health Informatics 2011, pp. 156-163, 2011.
4. Guillaume Lopez, Masaki Shuzo, Ichiro Yamada, “New Healthcare Society Supported by Wearable Sensors and Information Mapping Based Services,” International Journal of Networking Virtual Organizations (IJNVO), Special Issue on Web Intelligence and Virtual Enterprise, vol. 9, no. 3, Autumn 2011. (in press)

（4－2） 知財出願

①平成21年度特許出願内訳（国内　0 件）

②CREST 研究期間累積件数（国内　0 件）