

革新的研究開発推進プログラム（ImPACT）

終了時評価報告書（平成30年度）

「社会リスクを低減する超ビッグデータプラットフォーム」

平成31年1月25日

P M 名：原田 博司

P M補佐名：加藤 誠

：正木 弘子

1. 研究開発プログラムの全体計画

(1) 研究開発プログラムの構想

① 解決すべき社会的課題

- ✓ 個人や企業ひいては社会全体がこれまで以上に豊かな生産活動を持続的に達成するためには、世の中に溢れる無数の情報を効率的に取得し、知能的統合的に判断して最適な選択を行う必要がある。
- ✓ 2013 年時点で全世界に存在するネットワークに接続可能なセンサーデバイス 1,870 億個のうち、実際に接続されデータを創出可能なデバイスは高々7%。また、このネットワークに接続可能なデバイスから集まる数百億のデータを数分単位で処理可能な基盤もない。
- ✓ 現状の想定スケールを超越した「超ビッグデータ」を生み出す変化点となる従来接続不可能な莫大な数のセンサーデバイスをネットワークに接続可能とするビッグデータ収集処理基盤（プラットフォーム）の構築が急務である。
- ✓ プラットフォームが整備され、国民生活や社会・経済活動を個のレベルで精緻且つ連続的に捉える超観測が可能となった場合、それを利活用したアプリケーションが国家レベルで検討されていない。

② 上記の社会的課題を解決し、産業や社会のあり方に大きな変革をもたらす PM の構想

- ✓ 従来個別に検討されてきた広域から多種・大量のデータを収集するための「無線通信ネットワーク」技術と収集したデータを高速に解析する「ビッグデータ処理」技術を統合した基盤「**超ビッグデータプラットフォーム**」を開発することにより数 km から数 10km 以内に存在する 1000 から数万のモニター・センサーから生成される 1 日数百万から数億、総数百億以上の非連続的な量のビッグデータを数分～数 10 分程度以内で処理可能にする。
- ✓ 世界最強の「**超ビッグデータプラットフォーム**」により、これまで未活用だった数百億以上のビッグデータ情報の高速取得、高速解析を行うことで、新たな次元の知的社会インフラ・アプリを創出する。
- ✓ 特に膨大なデータに基づき、個別で動的な高齢者の状況に応じた疾病・介護・社会的リスクを予見先手予見し先手を打つことにより医療費削減等に資することができる**ヘルスセキュリティ**、ネットワーク化された工場へのサイバー攻撃、故障の早期検知を行うために、「つながる工場」の健全性をリアルタイムに分析し、サイバー攻撃を一網打尽に捉える**ファクトリセキュリティ**に関するアプリケーションを構築する。

③ 出口目標及び出口に至る将来的なシナリオ

【超ビッグデータプラットフォーム】

数 10km の範囲に存在するセンサーからデータを余す事無く取得し、「超ビッグデータ」を創出する**超ビッグデータ創出ドライバ**と 1000 億を超えるデータに対しても高いレスポンス性を維持しつつ超高速動的スケーラブルデータ処理を実現する**超ビッグデータ処理エンジン**を開発する。

- ✓ ImPACT 前半年度（平成 29 年度末迄）：医療用、工場用に利用可能な 100～1000 ノード対応可能な Wi-SUN システムならびに数 10km 以上の広域性を備えた Wi-RAN システムからなる「超ビッグデータ創出ドライバ」、及び、非順序型実行原理を基としてクラウド資源を活用可能な高いエラスティシティ（伸縮可能性）を備えた高速動的スケーラブルデータ処理技術を核とする「超ビッグデータプラットフォーム」の実現に挑戦する。特に、「超ビッグデータ創出ドライバ」においては国際標準化を行うことができる部分は標準化を行う。
- ✓ ImPACT 後半年度（平成 30 年度末迄）：伝送距離を強化した「超ビッグデータ創出ドライバ」とエラスティシティを更に強化した「超ビッグデータプラットフォーム」を統合した「超ビッグデータプラットフォーム」の実現にチャレンジする。信号処理方式の高度化に加えて、新たに高度無線通信リピータ・リレー方式を融合することにより、20km 程度の無線通信が実現し、高速動的スケーラブルデータ処理技術の高度化により、著しく高いエラスティシティを達成することを目指す。そして、数 km から数 10km 以内に存在する 1000 から数万のモニター・センサーから生成される 1 日数百万から数億、総数億以上の非連続的な量のビッグデータを数分～数 10 分程度以内ですべて処理可能にするとともに、ヘルスセキュリティ、ファクトリセキュリティの各種アプリケーションを動作させて、新たな次元の知的社会インフラ・アプリを創出する。

【ヘルスセキュリティ】

「超ビッグデータプラットフォーム」の適用により、個別で動的な高齢者の状況に応じた疾病・介護・社会的リスクの高精度予測アルゴリズムを構築し、それに基づく予見先手サービスを可能とするスキームを市場提示する。これは従来の「早期発見・早期治療」や「未然の対策」（0 + 1 次予防）と異なり、医療費や社会保障費用が高額にならぬよう、病気や事態の重症化や再発を予見しタイムリーな回避措置を施すことにより、医療費適正化と QOL 向上を目指すものである。

- ✓ ImPACT 前半年度（平成 28 年度末迄）：入手可能な政府統計・医療・社会ビッグデータを統合し、医療・介護・貧困など社会リスクの予測を行う医療介護社会リスクシミュレータを開発し、地域の特性に応じた医療・介護福祉・社会保障政策のマクロ的な制御手法を確立する。同時に個人レベルのミクロな医療計測超リアルタイムビッグデータを取得できる機器の製造・基本試験を、循環器疾患患者を対象に行う。以上のマクロの視点とミクロの視点で超ビッグデータを収集および処理を行う。

- ✓ ImPACT 後半年度（平成 30 年度末迄）：リアルタイムの身体情報や死亡統計など膨大な臨床・地域データを地域と個人のレベルで統合したマイクロデータとともに、前半で開発されたシミュレータによるマクロ的なデータ処理結果との融合を図り、心臓病に関しては心臓病リスクシミュレータを開発し、医療・介護・経済のリスクを体系化・可視化するサービス基盤を構築し、特定の実地域においてマクロ、マイクロ統合実証研究を行う。

【ファクトリセキュリティ】

ネットワーク化された工場へのサイバー攻撃、故障の早期検知を行うために、工場機器の設計・診断ビッグデータに基づき、「つながる工場」の健全性をリアルタイムに分析し、サイバー攻撃を一網打尽に捉える全く新しいシステムの開発を行う。

- ✓ ImPACT 前半年度（平成 28 年度末迄）：生産計画を Input すると、シーケンサ(PLC)の組立/加工機(ロボット)へのコマンドの流れが Output され、サイバー攻撃、故障に帯するインシデントに対しての挙動が模擬可能な「つながる工場シミュレータ」を製造工場のオペレーションとインシデントに関するビッグデータより開発する。また、シミュレータで生成する正常時のコマンドの流れと攻撃発生時のコマンドの流れを相関分析する攻撃早期検知アルゴリズムを開発し、攻撃の兆候をリアルタイム検出する。
- ✓ ImPACT 後半年度（平成 30 年度末迄）：「つながる工場」が実際に稼働すると想定され、徐々に当該工場から得られるサイバー攻撃、故障環境ビッグデータを用いることにより、模擬環境で開発した攻撃検知機能に加え、故障検知アルゴリズムを強化すると共に、実際の工場現場を対象として有効性を実証する。

④ 解決のための発想・アイデア及びブレークスルーのポイント

【超ビッグデータプラットフォーム：超ビッグデータ創出ドライバ】

(a) 狭域系通信システム

- ✓ 従来、数 km のローカルな範囲内に存在する 100～1000 ノードのセンサー、メータ、モニターから情報収集可能なシステム、機器がなかった。LPWA と呼ばれる広域に情報収集するシステムがあるが、市街地、家庭内等では不感地帯が多く、信頼性の必要なシステムに使えなかった。また Wi-Fi を用いて情報収集も考えられるが、ブロードバンドではあるが、通信距離が数 10m 程度のため、広域に情報を集めることができない。その不感地帯をサポートするために、機器間が多段中継（マルチホップ）を行うことが望ましいが、国際標準化された多段中継を行うことができ、商用化できるシステムが無かった。また、Bluetooth 等既存の通信システムとブリッジ可能な小型、安価な商用可能な IoT ゲートウェイもなく、超ビッグデータ創出のための足かせになっていた。
- ✓ 本プロジェクトでは従来まで開発を行ってきた 920 MHz 帯国際標準規格 IEEE 802.15.4g をベースに、数段から数十段の多段中継機能を持ち、IPv6、認証等も具

備された Wi-SUN システムを開発し、国際標準規格制定機関 Wi-SUN アライアンスで国際標準化をする。

- ✓ この多段中継機能を持つ Wi-SUN 規格を Wi-Fi、Bluetooth 等の他システムとのブリッジ可能な商用化可能な、小型 IoT ゲートウェイを開発し、Bluetooth 搭載の医療機器、ライフログからの情報を収集し、パブリッククラウド上でその情報を可視化できる必要性がある。

成功のカギは、多段中継時のネットワーク形成法、再構築法、Bluetooth 等の 1 台の機器でしかペアリングができないものが移動した場合のペアリング維持法、小型機器に搭載する場合の通信ソフトウェアの低消費電力化、小型容量等の実現、および標準化機関での標準化である。

(b) 広域系通信システム

- ✓ 従来、数 km のローカルな範囲内に存在する 100～1000 ノードからの情報を更に数 km から 10km 以上の単位で多段中継をして伝送可能な広域系通信システム、特に標準化されている広域系通信システムがなかった。
- ✓ 携帯電話システムで代用する方法もあるが、携帯電話システムは料金を支払う必要性があり、また、運用するためには基地局以外にコアネットワークと呼ばれる比較的大規模なネットワークを準備する必要性がある。加えて、多段中継する機能は持っていないため、エリア拡張のためには基地局をたくさん設置する必要性がある。上記を解決する料金を支払う必要性がない、自営系の通信システムの構築が必要となるがそのようなシステムがない。
- ✓ 通常長距離伝送をするシステムはパラボラアンテナ等で位置合わせを行う必要性があり、位置合わせを行うこともなく簡単に長距離多段中継するシステムが無かった
- ✓ 本プロジェクトでは、位置合わせの必要性があまりなく、数 km から 10km 以上の単位で多段中継ができ、簡単に遠隔地からだけでなく、中継地点からの情報も収集可能な国際標準化された無線システムを開発する必要性がある。
- ✓ 成功のカギは、中継する無線機の探索法、遠隔地、中継点における伝送すべきビッグデータの容量に合わせて自由にルートを決定可能なルート構築法、1 台の無線機で中継機能を行う、無線アクセス法である。無線機に搭載可能であり、1 段の距離を最大 10km、多段中継により数 10km 以上の標準化された通信システムを開発することは大変困難である。

【超ビッグデータプラットフォーム：超ビッグデータ処理エンジン】

- ✓ 従来、超ビッグデータを処理するための高速エンジンは、サーバ側（計算機側）を強化する例が多く、ストレージ側（データ側）に新規の工夫がないものも多く、順序系で処理されていたため、ビッグデータの高速処理には速度限界があった。（通常のハードディスクは 100 回/秒程度のアクセス）

- ✓そこで内閣府 First プログラムにおいて、ストレージ側に着目し、データを非順序に処理を行うことができる非順序型データベースエンジンの開発を行い。10 万回/秒のストレージアクセスを行うことができた。しかし、百億単位のビッグデータを数分程度で処理するために、数 100 万回/秒程度の処理を行う必要性が出てきた。
- ✓この処理のためには、非順序型処理のクラウド化を進め、オンプレミス（ハードウェアを自分で構築するエンタープライズ型）ではなく Amazon 社 AWS に代表される、パブリッククラウド等への展開をし、利用可能なクラウド資源に応じて、エラスティックに非順序型処理を実行する必要性がある。
- ✓本プロジェクトでは、この非順序処理のエラスティック実行のために、動的資源調整、動的フォールトトレランス、高多重非同期入出力、通信効率化、非均質性吸収機構を新たに搭載する必要性がある。
- ✓以上の新規搭載技術により、“パブリッククラウド”上でも 1000 万回/秒の処理を行うことができる超ビッグデータ処理を行う機構を搭載し、実際に 400 万回/秒以上の処理を行うことができるシステムを実際に“パブリッククラウド”上に構築し、高速信号処理を実証する。（従来比 40 倍、最大 100 倍、クラウド利用予算に依存）
- ✓成功のカギは、単純にクラウド上にインスタンス拡張を行っても、各インスタンス間の連携がうまくいかない場合、処理速度は低減化する。またパブリッククラウドは自身が構築したクラウドではないので、利用者に見えない癖があり、その癖が処理速度を低減させる可能性がある。

【ヘルスセキュリティ】

(a) マクロ系

- ✓従来、全国レセプトデータ、自治体国保レセプトデータ、自治体介護保険データ等の国、自治体所有の公的医療ビッグデータは、超ビッグデータエンジンで処理できるクリーニング、時系列化が十分行われている状態ではない。また、マクロレベル医療データの統合・解析による各種リスクシミュレータの開発が行われているとは言えず、国もしくは地方自治体が医療費、医療資源の現状、推計を行うことができなかった。また、マクロレベル医療データの統合・解析ができれば、経年的患者実態把握と保健医療支出シミュレータ、医療需要推計シミュレータ、医療介護と社会リスク対応・安心社会シミュレータ等の開発も容易となるが、その開発も行われていない。
- ✓本プロジェクトでは全国レセプトデータ、熊本県、三重県等からの自治体国保レセプトデータ、自治体介護保険データを実際に利用し、まず超ビッグデータエンジンで処理できるデータクリーニングを行い、患者の時系列データの作成と、地域ごとの医療需要と供給の実態と課題の可視化を行い、次にこれらのデータ項目を多次元的に組み合わせて、各種リスクシミュレータ、医療需要推計シミュレータ、保健医療支出シミュレータ等の開発を行う。

- ✓ 成功のカギは、各種医療データは、国、自治体からの許可が必要となり、匿名化等を行いつつ、ビッグデータというレベルまで情報収集を行うことができるかが鍵になる。また患者の時系列化を行う場合各種情報の年ごとの連結が必要となるが、連結可能な人の数量が重要となる。

(b) ミクロ系

- ✓ 従来、家庭内等において各種医療機器及びウェアラブル機器で情報を自由行動化で取得し、クラウド等に簡単に伝送できるシステムの構築ができていなかった。また、血圧に代表される、家庭で比較的容易に取得可能な検査データを温度、湿度、照度等の各種環境データと連動させ時系列化し、個人レベル循環器のイベントリスクをシミュレーションするシステムの構築もできていなかった。また病院内においても各施設において測定された検査データ、電子カルテ等の検査データが統合化および時系列化ができていなかった。
- ✓ 本プロジェクトでは、個人が容易に取得できる可能性の高い血圧に着目し、小型で、血圧値のみならず、血圧測定時のカフ容積を利用した血圧波形と身体活動、睡眠状態、環境温度などを同時に自由行動可で取得できる血圧計を開発し、行動記録も可能なウェアラブル機器と連動して、すべての情報を超ビッグデータ創出ドライバで開発した通信システムでクラウドに簡単に伝送できるシステムを開発し、血圧値、波形の時系列データから循環器のイベントリスクを高速で予見できるシステムを構築する必要がある。
- ✓ 複数の大学病院等の施設において測定された検査データを電子カルテの情報を統合して、時系列化できる統合データベースの開発が必要である。
- ✓ 成功のカギは、血圧は数値のみであるが、血圧測定時のカフ容積を利用した血圧波形は波形データをそのまま伝送するためデータ容量が多くなり、データを高信頼で伝送する必要がある。また、統合化においては各種機関のインターフェースが異なるため、共通インターフェースを定義する必要がある。

【ファクトリセキュリティ】

- ✓ 従来、工場内における故障や攻撃は、長年の工場内機器の動作のデータを格納し、その格納されたデータを元に、実際の機器の動作を見て工場の健全性の判断を行ってきた。しかし昨今では、少量多品種で製品を作る工場が出てきており、この工場の場合、過去のデータが十分取得できず、健全性の予測の判断が難しい部分があった。
- ✓ 本プロジェクトでは、少量多品種工場（マスカスタム工場）で利用可能な、過去データの利用が困難な環境での故障、攻撃の検知を行う。特に、過去データの利用が難しいため、機器の動き・通信を精密にシミュレートする工場シミュレータによる健全な稼働を示すデータと、実工場のリアルタイム稼働データのビッグデータ照合により故障・攻撃早期検知を実現する。

- ✓工場への攻撃は特定の機器を狙うあからさまな攻撃だけでなく、複数の危機に対するコマンドを改ざんし、攻撃を仕掛けるものがある、そこで、機器に対するコマンドベースで故障、攻撃の検知を行う必要性がある。また、機器のコマンドは 10ms 以内のスピードで伝送されているため、高速に多くのビッグデータが蓄積され、そのデータから高速に故障、攻撃を検知する必要性がある。

(2) 研究開発プログラムの達成目標

「超ビッグデータプラットフォーム」を実現すると共に、医療・介護・社会リスク管理アルゴリズムによる地域医療提供システムの効率化や予見先手的医療サービスのスキーム提供、「つながる工場」の強靱化を目指す。

- ✓「超ビッグデータプラットフォーム」を用いて構築する医療・介護・社会リスクシミュレータを用いて、各患者の時系列データベースを構築し、医療提供体制の現状と課題を可視化し、背景にある病態連鎖モデルを作成し、予後と医療費の予測モデルを作成し、受療行動を分析し、地域医療計画を作成する。さらに心臓リスクシミュレータを融合させることにより重篤な発作予防、再発予防等の医療管理を行うとともに実地域で統合実証試験を行い、その地域における医療費を削減させる。
- ✓100～1000 台規模のロボットを 10ms～100ms 毎で監視・制御する工場を想定したつながる工場シミュレータを開発する。また、このシミュレータと連動して動作する故障・攻撃早期検知アルゴリズムを用い数 10ms 毎で生成される制御コマンドにおいても、機器のネットワーク化が行われた場合の攻撃、故障を検知させる。
- ✓数 1000 台/数 km エリアの端末を収容可能で 10 ミリ秒毎の情報伝送に対応し、低消費電力、通信の挙動を制御可能な狭域 Wi-SUN システムおよびこのシステムで構築された各エリアをホップ/リレー機能で数 10km のエリアを接続可能な広域 Wi-RAN システムを融合した超ビッグデータ創出ドライバを開発する。
- ✓非順序型データベースをクラウドスケールで拡張し、1000 万回/秒のストレージアクセスを実現し、数百億件のビッグデータを数分～数 10 分程度で処理可能とし、10ms 間隔で到来する 1 台あたり数百万データ/日の高速制御データにも対応可能な超ビッグデータ処理エンジンを開発する。

(3) 研究開発プログラムの全体構成図



(4) 具体的な取組

① 超ビッグデータ創出ドライバプロジェクト (BDD)

i) 研究開発の概要

数 10km の範囲に存在するセンサーからデータを余す事無く取得し、「超ビッグデータ」を創出する。

ii) 成果目標

工場用高レスポンス、医療用高信頼性を備えた 250～1000 ノード対応可能な Wi-SUN システムならびに数 10km 以上の広域性を備えた Wi-RAN システムを開発する。信号処理方式の高度化に加えて、新たに高度無線通信リピータ・リレー方式を Wi-RAN に適用することにより、数 km から数 10km 以内に存在する 1000 から数万のモニター・センサーから生成されたモニター・センサー情報を超ビッグデータ処理エンジンに伝送する。また、処理エンジンの結果に応じて、モニター・センサーの制御を行う。



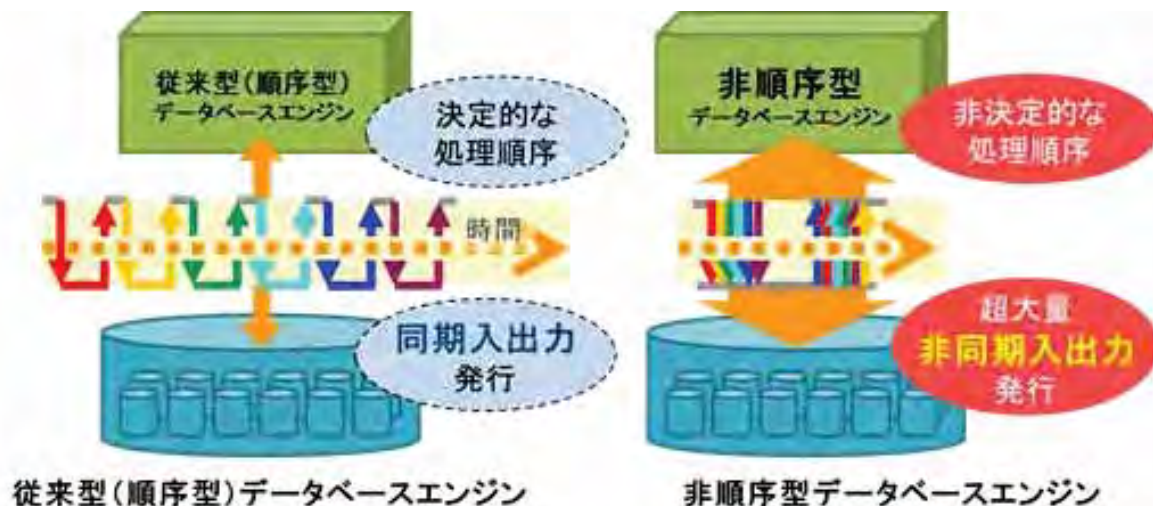
② 超ビッグデータ処理エンジンプロジェクト (BDE)

i) 研究開発の概要

1000 億を超えるデータに対しても高いレスポンス性を維持しつつ超高速動的スケーラブルデータ処理を実現する。

ii) 成果目標

数 km から数 10km 以内に存在する 1000 から数万のモニター・センサーから生成され、超ビッグデータ創出ドライバで収集された 1 日数百万から数億、総数百億以上の非連続的な量のビッグデータおよび国および地方自治体所有の医療系の社会ビッグデータ等を数分～数 10 分程度以内ですべて処理可能にするとともに、ヘルスセキュリティ、ファクトリセキュリティの各種アプリケーションを動作させて、新たな次元の知的社会インフラ・アプリを創出する。



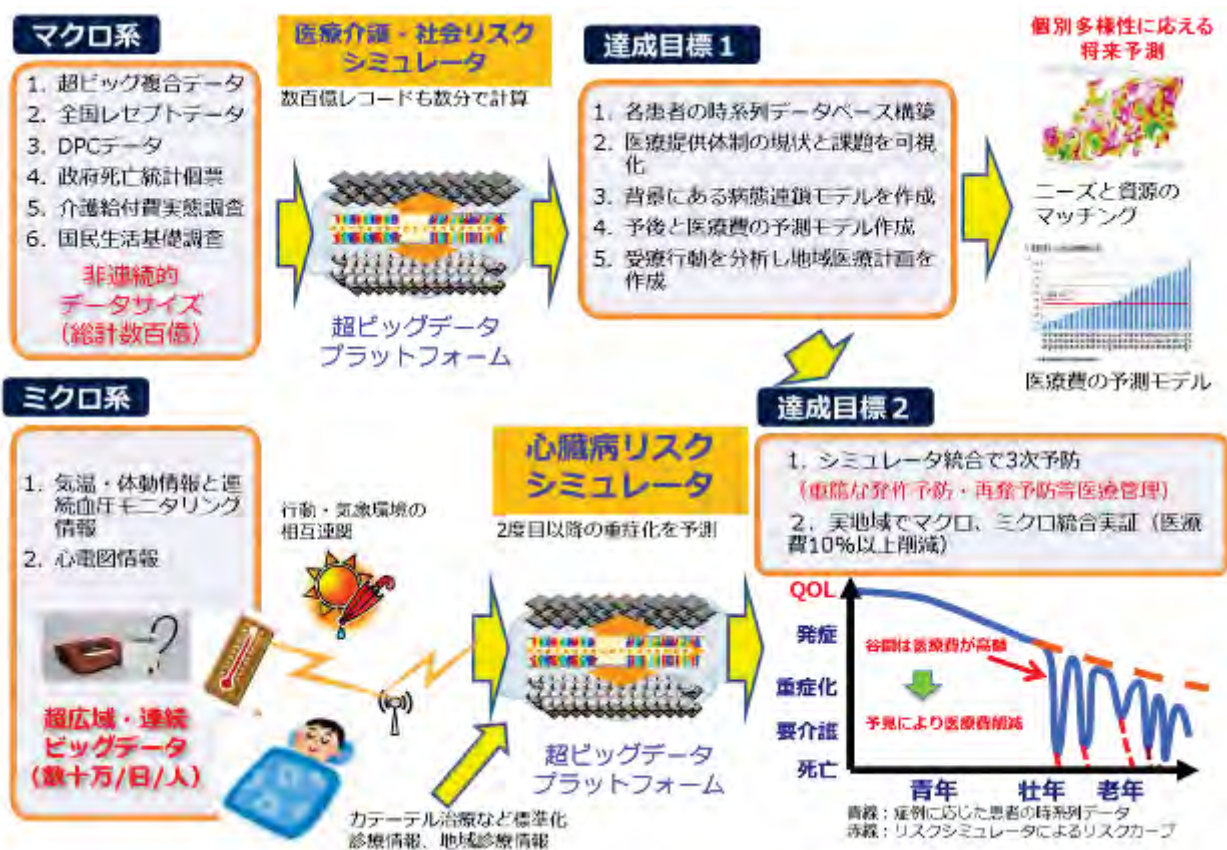
③ ヘルスセキュリティプロジェクト（HS）

i) 研究開発の概要

「超ビッグデータプラットフォーム」の適用により、個別で動的な高齢者の状況に応じた疾病・介護・社会的リスクの高精度予測アルゴリズムを構築し、それに基づく予見先手サービスを可能とするスキームを市場提示する。これは従来の「早期発見・早期治療」や「未然の対策」（0 + 1 次予防）と異なり、医療費や社会保障費用が高額にならぬよう、病気や事態の重症化や再発を予見しタイムリーな回避措置を施すことにより、医療費適正化と QOL 向上を目指すものである。

ii) 成果目標

入手可能な政府統計・医療・社会ビッグデータを統合し、時系列化することにより医療・介護・貧困など社会リスクおよびマクロな観点から個人のリスク予測を行う医療介護社会リスクシミュレータを開発し、地域の特性に応じた医療・介護福祉・社会保障政策のマクロ的な制御手法を確立する。同時に個人レベルのミクロな医療計測超リアルタイムビッグデータ（最大数百万件/人）を取得できる機器の製造（血圧計、ウェアラブル心拍計）を、基本試験について循環器疾患患者を対象に行う。さらにこれらリアルタイムの身体情報や死亡統計など膨大な臨床・地域データを地域と個人のレベルで統合したミクロデータと、前半で開発されたシミュレータによるマクロ的なデータ処理結果との融合を図った、統合したシミュレータを心臓病に関して心臓病リスクシミュレータとして開発し、医療・介護・経済のリスクを体系化・可視化するサービス基盤を構築し、特定の実地域においてマクロ、ミクロ統合実証研究を行う。また、前半で開発されたマクロシミュレータは自治体等での医療、介護政策立案のために用いることができるよう解析サービス提供用のセキュアシステムの構築を行い、実証試験を行う。



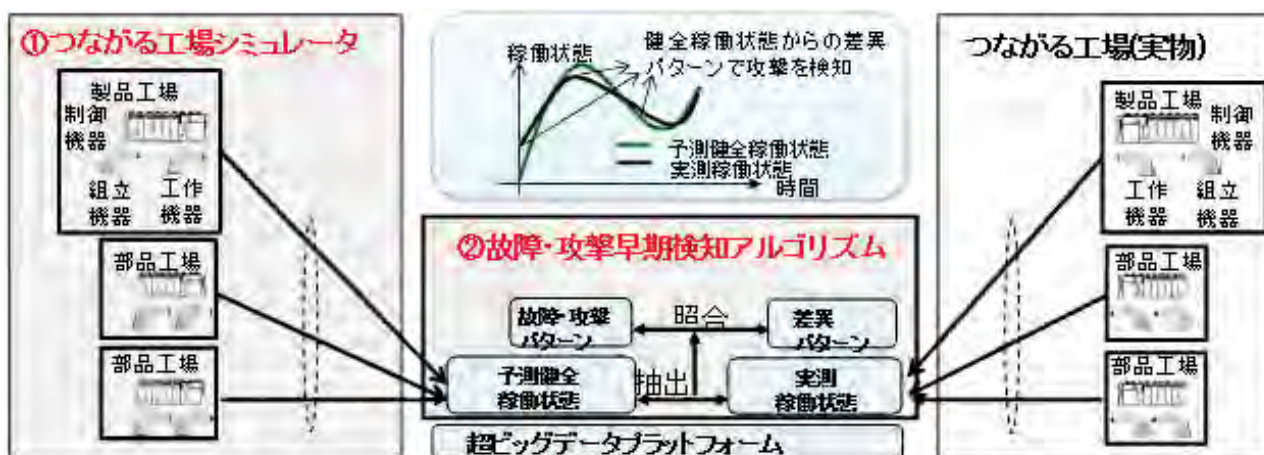
④ ファクトリセキュリティプロジェクト (FS)

i) 研究開発の概要

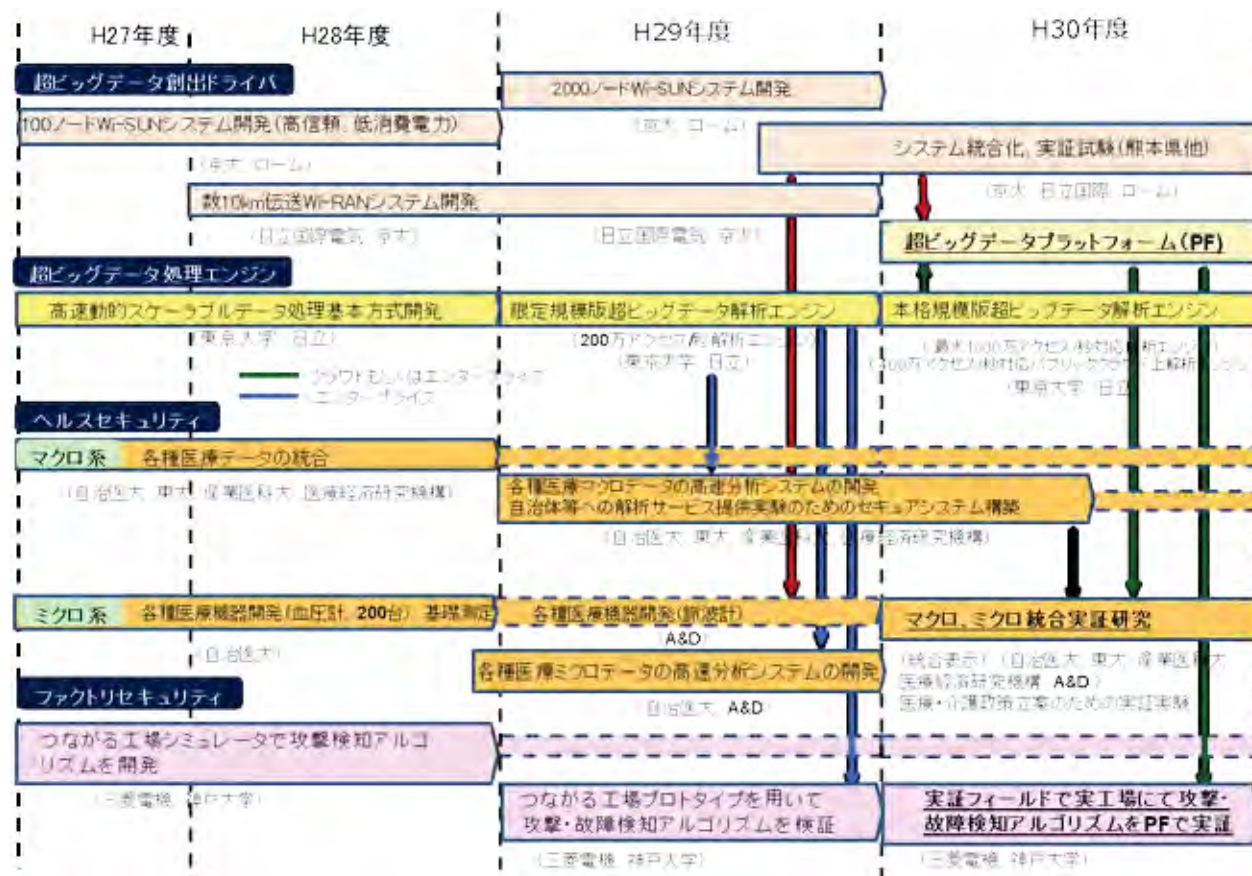
ネットワーク化された工場へのサイバー攻撃、故障の早期検知を行うために、工場機器の設計・診断ビッグデータに基づき、「つながる工場」の健全性をリアルタイムに分析し、サイバー攻撃を一網打尽に捉える全く新しいシステムの開発を行う。

ii) 成果目標

生産計画を Input すると、シーケンサ(PLC)の組立/加工機(ロボット) へのコマンドの流れが Output され、サイバー攻撃、故障に帯するインシデントに対しての挙動が模擬可能な「つながる工場シミュレータ」を製造工場のオペレーションとインシデントに関するビッグデータ（非連続的な速度（10ms～100ms）でリアルタイムに非連続的な量（数百万件/台/日）を収集）より開発する。また、シミュレータで生成する正常時のコマンドの流れと攻撃発生時のコマンドの流れを相関分析する攻撃早期検知アルゴリズムを開発し、攻撃の兆候をリアルタイム検出する。「つながる工場」が実際に稼働すると想定され、徐々に当該工場から得られるサイバー攻撃、故障環境ビッグデータを用いることにより、模擬環境で開発した攻撃検知機能に加え、故障検知アルゴリズムを強化すると共に、実際の工場現場を対象として有効性を実証する。



(5) 研究開発プログラムの全体ロードマップ



(6) 研究開発プログラムのマイルストーン

① 超ビッグデータ創出ドライバプロジェクト (BDD)

① Wi-SUN システムの開発

- ✓ 100 ノードシステム開発 (高信頼、低消費電力) ~平成 28 年度末
- ✓ 2000 ノードシステム開発 ~平成 29 年度末
- ✓ 統合化、実装試験 ~平成 30 年末

② Wi-RAN システムの開発

- ✓ 数 10km 伝送システム開発 ~平成 29 年度末
- ✓ 統合化 ~平成 30 年末

② 超ビッグデータ処理エンジンプロジェクト (BDE)

① 超高速動的スケーラブルデータ処理基盤技術の先駆的な開発

- ✓ 高速動的スケーラブルデータ処理基本方式開発
~平成 28 年度末
- ✓ 限定規模版超ビッグデータ解析エンジン (200 万アクセス/秒解析)
~平成 29 年度末

② 超高速動的スケーラブルデータ処理基盤の実用化のための実装技術の開発

- ✓ 本格規模版ビッグデータ解析エンジン (1000 ノード/秒対応解析エンジン、
300 万アクセス/秒対応パブリッククラウド上解析エンジン)
~平成 30 年末

③ ヘルスセキュリティプロジェクト (HS)

① 医療介護・社会リスクシミュレータ開発

- ✓ 各種医療データの統合 ~平成 28 年度末
- ✓ 各種医療マクロデータ的高速分析システム ~平成 30 年度前期
- ✓ マクロ、ミクロ統合実証研究 ~平成 30 年末

② 心臓関連疾患リスクシミュレータ開発サブプロジェクト

- ✓ 各種医療機器開発、基礎測定 ~平成 28 年度末
- ✓ 各種医療ミクロデータ的高速分析システム ~平成 30 年度前期
- ✓ マクロ、ミクロ統合実証研究 ~平成 30 年末

④ ファクトリセキュリティプロジェクト (FS)

① Wi-SUN システムの開「つながる工場」シミュレータの開発

- ✓ つながる工場シミュレータで攻撃検知アルゴリズムを開発

～平成 28 年度末

- ✓ つながる工場プロトタイプを用いて攻撃・故障検知アルゴリズムを検証

～平成 29 年度末

② 故障・攻撃検知アルゴリズムの開発

- ✓ 実証フィールドで実工場にて攻撃・故障検知アルゴリズムを実証

～平成 30 年末

- ✓ ファクトリセキュリティビッグデータ処理と連携

～平成 30 年末

(7) 研究開発プログラム実施期間

平成 28 年 2 月から平成 31 年 3 月まで (3 年 2 ヶ月間)

2. 研究開発プロジェクト毎の実施状況及び成果

(1) 超ビッグデータ創出ドライバプロジェクト (BDD)

① プロジェクトの計画

1. 超ビッグデータ創出ドライバ用システム統合技術の研究開発 (分担：京都大学)
2. 超ビッグデータ創出ドライバ用狭域系および広域系システム用メッシュ通信方式の研究開発 (分担：京都大学、日立国際電気)
3. 超ビッグデータ創出ドライバ用狭域系無線機の研究開発 (分担：ローム)
4. 超ビッグデータ創出ドライバ用広域系無線機の研究開発 (分担：日立国際電気)
5. 超ビッグデータ創出ドライバの研究開発に掛かるプロジェクト全体の統括と総合的推進 (分担：京都大学)

1. 超ビッグデータ創出ドライバのシステム統合技術の研究開発 (平成 28 年 4 月～平成 30 年 12 月)

狭域系システムと広域系システムの統合による超ビッグデータ創出ドライバの構築に関して、両システムの物理層、MAC 層、上位層のそれぞれ統合可能な実装仕様に関する研究開発を行う。さらに、超ビッグデータ処理エンジンと統合し、超ビッグデータプラットフォームを構築するとともに、当該プラットフォーム上でヒューマンセキュリティ、ファクトリセキュリティのアプリケーションを動作させ、社会リスク撤廃のための実証試験を行う。

京都大学に於いては自身が開発した狭域系 Wi-SUN システム用通信方式を用い、拠点あたりの無線端末の妥当な配置形態 (設置数、設置密度)、ビッグデータ収集方式を定め、さらに、自身および日立国際電気と共同で開発した広域系通信システムと統合したときに構成できる統合型ビッグデータ収集方式を定め、実運用時に即した動作モデルの構築を行う。

狭域系 Wi-SUN システムおよび、広域系 Wi-RAN システムを統合し、パブリッククラウドに対して情報蓄積を行うことができる超ビッグデータプラットフォームを用いて、ヘルスセキュリティ (ミクロ系) における時系列のリアルタイム環境・生体・同時相超ビッグデータの取得を行う。ビッグデータ取得は、実環境で行い、取得したデータを自治医大が開発する統合循環器リスク予見シミュレータで解析し、循環器に関するリスク予見を行う。

日立国際電気に於いては、京都大学が開発する統合技術を用い、自身が開発した超ビッグデータ創出ドライバ用広域系 Wi-RAN 無線機とロームが開発する狭域系 Wi-SUN 無線機との接続を行い、医療系および工場系のビッグデータを超ビッグデータ処理エンジンまで伝送する超ビッグデータプラットフォーム開発に貢献する。

ロームに於いては、京都大学が開発する統合技術を用い、自身が開発した超ビッグデータ創出ドライバ用狭域系 Wi-SUN 無線機と他社が開発した広域系 Wi-RAN 無線機との接続を行い、医療系および工場系のビッグデータを超ビッグデータ処理エンジンまで伝送する超ビッグデータプラットフォーム開発に貢献する。

2. 超ビッグデータ創出ドライバ用狭域系および広域系システム用メッシュ通信方式の研究開発（平成 28 年 4 月～平成 30 年 12 月）

狭域系システムとして、国際標準システム Wi-SUN をベースにし、医療系および工場系のデータ収集に必要とされる高信頼性・高レスポンス性（数 10 ms）を保ちつつ自らネットワーク構築して収集することができる狭域系 Wi-SUN システム、および、無線機 1 台で 10km 程度伝送可能な広域系 Wi-RAN システムをメッシュ通信方式により通信エリアを拡大する方式に関する研究開発を行う。

京都大学に於いては物理層、MAC 層、ルーティング方式の検討を行う。物理層、MAC 層には IEEE802.15.4g および IEEE802.15.4e を、ルーティング方式は国際標準方式 IEEE 802.15.10 および IETF RPL の利用を志向し、当該標準化を利用する上で必要となる長距離伝送方式、端末機会均等通信方式、省電力動作方式、低遅延動作方式、および自律分散的ネットワーク構築方式、MAC 層とのインターフェース等の検討を行う。広域系 Wi-RAN システムに関しても同様に ARIB STD-T103 規格の物理層、MAC 層をベースに時分割蓄積型のメッシュ通信方式（物理層、MAC 層、ルーティング方式）を、日立国際電気と連携のもとに開発を行う。

さらに、超ビッグデータ創出ドライバ用狭域系 Wi-SUN 搭載小型 IoT ゲートウェイを機能拡張し、複数の環境センサー、医療機器等（接続センサーシステム 18 種類）を接続できるようにする。また、数 10km 以上の広域性を備えた多段接続性を有する Wi-RAN システムの管理システムと、パブリッククラウド上に整備された超ビッグデータプラットフォームとを融合させ、データ収集、通信を統合して管理できるようにする。

日立国際電気には、京都大学と連携のもと開発された広域系 Wi-RAN 用 MAC 層、ルーティング方式を実装の観点から検証し、産学官連携で広域系システム用メッシュ通信方式を搭載した無線機を開発する。

ロームに於いては、京都大学により開発された狭域系 Wi-SUN 用 MAC 層、ルーティング方式を実装の観点から検証し、産学官連携で狭域系システム用メッシュ通信方式を搭載した無線機を開発する。

3. 超ビッグデータ創出ドライバ用狭域系無線機の研究開発（平成 28 年 4 月～平成 30 年 3 月）

2 で開発した狭域系 Wi-SUN システム用メッシュ通信方式（物理層、MAC 層、ルーティング方式）を用いて、医療機器および工場機器からのビッグデータを広域 Wi-RAN を介して超ビッグデータエンジンに接続することができる狭域小型無線機およびセンサーとの小型統合機器を開発する。具体的には、Wi-SUN-BLE ルータ、Wi-SUN-3G/LTE ルータ、Wi-SUN 小型ライフログである。

京都大学に於いては、自身が開発した物理層伝送方式および MAC 層、ルーティング方式をロームが開発する無線機に搭載して、評価を行う。

ロームに於いては、京都大学の開発したメッシュ通信方式（物理層、MAC 層、ルーティング方式）を搭載した小型無線機を開発し、評価を行う。

日立国際電気に於いては、ロームと京都大学と連携のもと開発された狭域系 Wi-SUN 用無線機と、自身が開発する広域系無線機とのシームレスなインターフェースを検討する。

4. 超ビッグデータ創出ドライバ用広域系無線機の研究開発（平成 30 年 4 月～平成 30 年 12 月）

2 で開発した広域系 Wi-RAN システム用メッシュ通信方式（物理層、MAC 層、ルーティング方式）を用いて、3 で開発する狭域系 Wi-SUN システムを介して伝送された医療機器および工場機器からのビッグデータを超ビッグデータ処理エンジンに接続する無線機を開発する

京都大学に於いては、自身が開発した物理層及び MAC 層伝送方式、および日立国際電気と連携のもと開発したルーティング方式を日立国際電気が開発する無線機に搭載して、評価を行う。

日立国際電気に於いては、京都大学と連携のもと開発したメッシュ通信方式（物理層、MAC 層、ルーティング方式）を搭載した小型無線機を開発し、評価を行う。

ロームに於いては、日立国際電気と京都大学と連携のもと開発された広域系 Wi-RAN 用無線機と、自身が開発する狭域系無線機とのシームレスなインターフェースを検討する。

5. 超ビッグデータ創出ドライバの研究開発に掛かるプロジェクト全体の統括と総合的推進（平成 28 年 4 月～平成 30 年 12 月）

超ビッグデータ創出ドライバの研究開発に掛かる狭域 Wi-SUN および広域 Wi-RAN プロジェクト全体の連携を密にし、円滑に運営を行う。また、ImPACT 研究開発プログラム傘下の他のプロジェクト等との連携により、先進的なビッグデータの利活用を可能とするためのデータ収集プラットフォームの構築を目指す。

京都大学に於いては、技術検討会を通じ参画各機関の連携と調整にあたる。特に、プロジェクト全体の進捗状況を確認しつつ計画の合理化を検討し、必要に応じて国内

外に研究者・技術者等を派遣して調査を行い、プロジェクト全体のサポートと総合的な推進を行う。

各機関で開発した装置を統合し、ヘルスセキュリティに関する実証試験（200 世帯に対応する Wi-SUN 無線子機 2000 ノードが接続されていても情報伝送、地域医療システムを想定）を行うとともに、社会実装に必要となる技術仕様の標準化、機能追加等を行う。

② プロジェクトの体制

原田博司（京都大学・教授）の統括の下、京都大学、日立国際電気、および、ロームの産学連携体制により推進した。

③ プロジェクトの進捗状況、獲得成果及び目標達成への貢献度

【進捗状況】

(a) 狭域系 Wi-SUN システム

京都大学において、狭域系 Wi-SUN システムの物理層には IEEE802.15.4g および MAC 層には IEEE802.15.4/4e (CSMA、RIT) を、ルーティング方式は IP をベースにしたもの、IP を用いないものをベースに、狭域系 Wi-SUN システムの検討を行った。IP をベースにしたものは IETF RPL を利用し、システムを構築した IP を用いないものは、メッシュ構造構築可能なプロトコルとして IEEE 802.15.10 に提案し、国際標準化を完全終了させた。本貢献に関しては IEEE 標準化委員会より標準化議長表彰を受けている。

以上の研究をもとに国際標準化団体 Wi-SUN アライアンスにおいて3つのプロファイルを標準化した。一つ目は、IEEE 802.15.4g、IEEE 802.15.4e (CSMA)、IEEE 802.15.10 を利用した多段中継可能な Home Area Network が実現できる Wi-SUN enhanced HAN である。二つ目は、IEEE 802.15.4g、IEEE 802.15.4e (CSMA)、IETF RPL を利用した多段中継可能な Field Area Network が実現できる Wi-SUN FAN である。三つ目は、IEEE 802.15.4g、IEEE 802.15.4e (RIT) を用いた Wi-SUN JUTA である。

Wi-SUN FAN に関しては、この規格化した無線システムを実現する通信ミドルウェアを開発し、ローム社製 Wi-SUN USB ドングルに搭載し、無線多段中継伝送の実証を行った。その結果は 2016 年 11 月に報道発表を行った（図 1）。また、Next Drive 社の Wi-Fi、Bluetooth、Wi-SUN を搭載した IoT ゲートウェイである Cube にこの通信ミドルウェアを搭載し、Bluetooth 搭載のセンサーからの情報を Wi-SUN FAN に変換し、さらに変換後の信号を Wi-SUN FAN により多段中継し、遠隔で情報収集可能なシステムを構築した。その結果は 2017 年 5 月に報道発表を行った（図 2）。

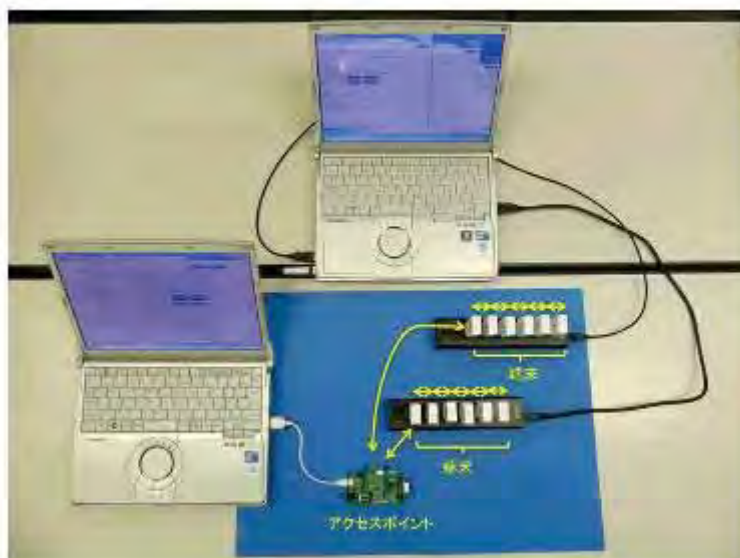


図1 開発した Wi-SUN FAN 無線機を用いた多段中継実験



図2 Wi-SUN FAN、Bluetooth、Wi-SUN FAN を搭載した IoT ゲートウェイ Cube による多段実証実験
 (Bluetooth 搭載の温度センサーからの情報を受けた Cube が Wi-SUN FAN に変換し、多段中継によりデータ収集を行う Cube に伝送、利用者は Wi-Fi により収集したデータを可視化)

また、この Wi-SUN FAN 通信ミドルウェアは、コアスタッフ社の IoT ゲートウェイ Armadillo-640 に搭載され、京都大学が開発した Wi-SUN FAN 評価用ソフトウェアとともに商用販売された。この商用販売されたシステムは各方面で採用され、例えば横須賀リサーチパーク (YRP) で開発中のさまざまな IoT システムのワイヤレスセンサーネットワークへの活用を検証する LPWA テストベッドに採用され、実運用に向けた準備が進められている。また、京都大学においても、この IoT ゲートウェイを使った建物内センサーネットワークシステムを構築し、建物内において 10 台程度任意に設置した無線機が自動的に多段中継ネットワークを構築できることを実証した (図 3)。また、Wi-SUN FAN 通信ミドルウェア単体としても商用販売がされている。

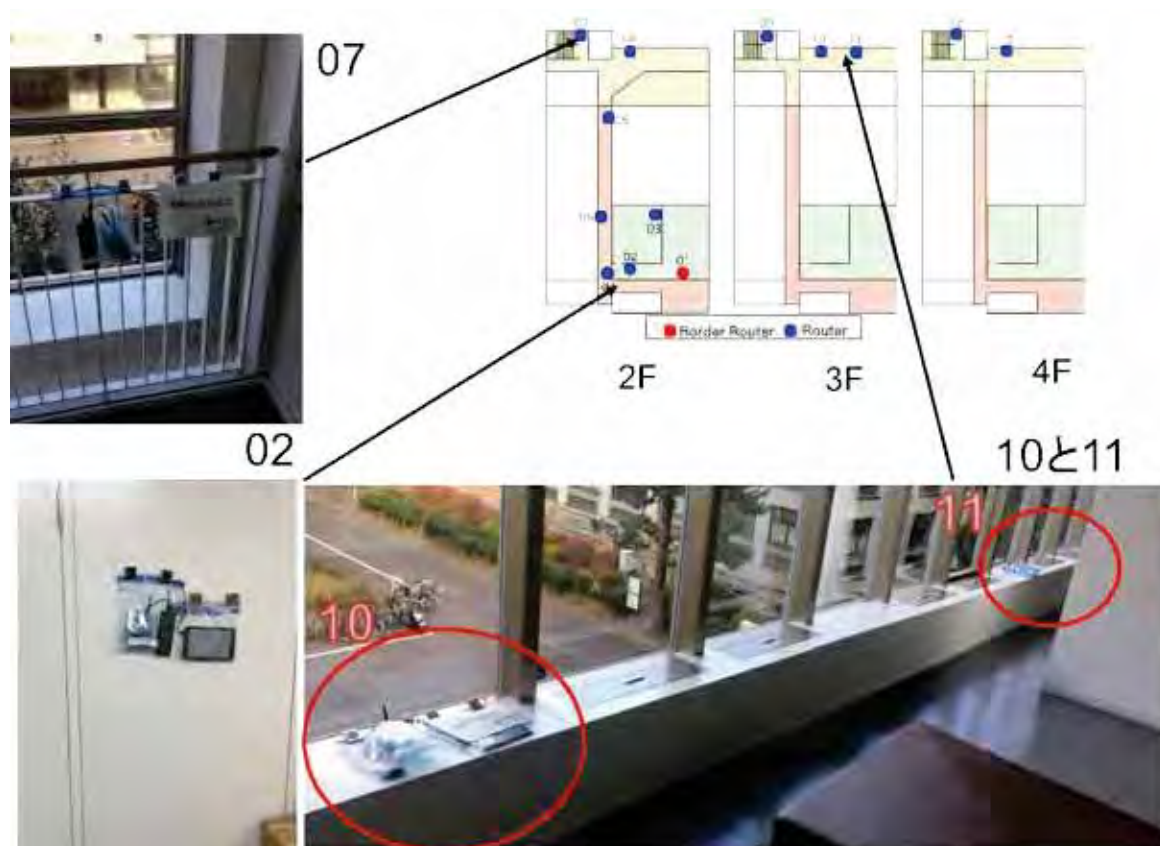


図 3 開発した Wi-SUN FAN 無線機を用いた構内における多段中継実験

Wi-SUN enhanced HAN に関しては、この規格化した無線システムを実現する通信ミドルウェアを開発した。この Wi-SUN enhanced HAN においては、1 段の中継ができるが、さらに多段の中継 (最大 10 段程度) を行うことができる IEEE 802.15.10 の通信ミドルウェアを開発した。この Wi-SUN enhanced HAN 通信ミドルウェアは、Wi-SUN アライアンスの認証を取得し、商用展開した。また、IoT ゲートウェイにこの通信ミドルウェアを搭載し、Bluetooth 搭載のセンサーからの情報を Wi-SUN enhanced HAN に変換し、遠隔で情報収集可能なシステムを構築し、2017 年 10 月に報道発表を行った。

また、追加開発した IEEE 802.15.10 通信ミドルウェアの伝送特性を調べるために、ローム社製 Wi-SUN USB ドングルに搭載し、IP を用いることなしに無線多段中継伝

送を行う実証を 24 台の無線機を用いて行い、その成果を 2017 年 3 月に報道発表を行った(図 4)。そして、この通信機器を実際の建物複数階に設置し、各種センサー、メータからの情報を伝送するために必要なスループット、伝送成功率が実現できることが確認できた。この伝送特性の結果は、電子情報通信学会論文誌に採録された。また、通信ミドルウェアは商用化され、現在販売中である。

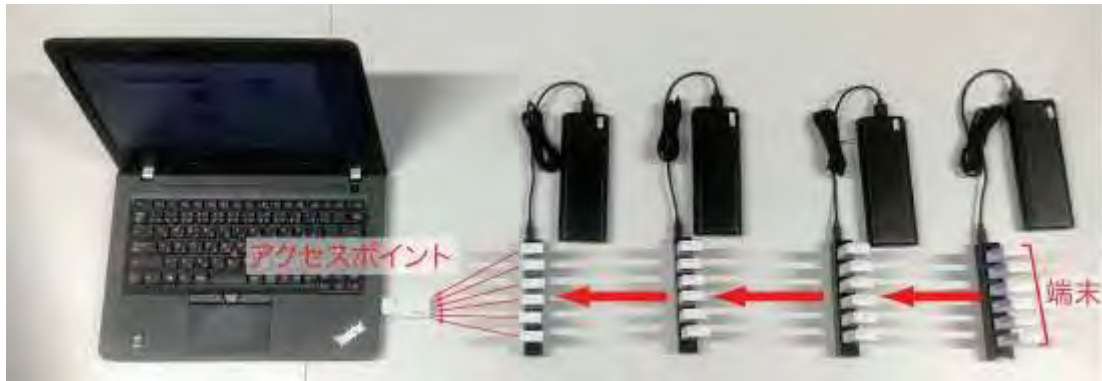


図 4 開発した IEEE 802.15.10 を用いた多段中継実験

Wi-SUN JUTA に関しては、低消費 MAC 層方式である F-RIT 方式を提案し、この理論的伝送特性および計算機シミュレーションにより取得し、その結果を電気学会論文誌に 2 件採録された。この F-RIT 方式は、Wi-SUN アライアンスにおいてガス等の電源確保が難しいメータ用の通信規格 Wi-SUN JUTA として採択された。そして、この Wi-SUN アライアンスで規格化した無線システムを実現する通信ミドルウェアを開発し、ローム社製 Wi-SUN USB ドングルに搭載し、無線伝送の実証を行った(図 5)。その成果は電子情報通信学会の論文誌に採録された。この Wi-SUN JUTA 方式は東京ガス株式会社の次世代ガス・スマートメータ用通信規格として採択された。また、開発した通信ミドルウェアは商用化されて、現在販売中である。



図 5 開発した Wi-SUN JUTA を用いた無線伝送実験

(b) 広域系 Wi-RAN システム

広域系 Wi-RAN システムのメッシュ通信方式（物理層、MAC 層、ルーティング方式）に関して、京都大学において、VHF 帯、UHF 帯を用いて広域の通信を行う、ARIB STD-T103、IEEE 802.22 をベースにした自律分散メッシュ通信方式、高速無線通信方式、MAC 層通信方式の検討を行った。この ARIB STD-T103 方式は京都大学原田らが中心になり標準化したものである。特に中継方式としては、新たに無線機一台で中継接続が可能であり、中継段数が原理的に無制限である蓄積型時分割方式を開発した。この蓄積型時分割方式を用いた中継方式は国内無線通信標準化団体である ARIB において京都大学、日立国際電気を中心に ARIB STD-T119 として標準化された。また、京都大学ではこの標準化方式を実現する通信ミドルウェアを開発した。

日立国際電気においては、この通信ミドルウェアを搭載した小型無線機開発、多段中継機能の検討、開発及び実装を行った。この Wi-RAN システム用無線機器開発において、従来型無線機に比べ大幅な低消費電力・小型化に成功した（図 6、表 1）。



図 6 開発した IEEE 802.15.10 を用いた多段中継実験

表 1 仕様比較

仕様項目	従来型無線機	小型無線機
送信出力	1W	1W
消費電力	80VA 以下	70VA 以下
外形寸法	W:228×H:335×D:122(mm)	W:210×H:90×D:200(mm)
質量	6kg 以下	3kg 以下
容積	約 10L	約 4L
中継使用時	従来型多段中継無線機	小型多段中継無線機
中継利用時の消費電力	160VA※	70VA 以下
中継利用時の所要スペース	約 20L※	約 4L
中継利用時の質量	12kg 以下※	3kg 以下
多段中継機能	2 ホップ	36 ホップ（原理的には無制限）
想定する中継距離	約 15km	原理的には無制限に延伸可能

※中継利用時、従来型中継方式では無線機が 2 台必要となる

この無線機を用い、屋内実験において 30 台の Wi-RAN 無線機を用いて多段中継を構築することを確認した。実際のフィールド（京都市内－京都大学－京都市役所）において、見通し外環境下で最大合計中継距離 8.4km（単区間中継距離最大 6.4km）の 1 ホップ中継での基礎映像伝送試験に成功した。中継接続した各ノードの無線通信の状態及び各無線機の GPS 情報を基地局に収集することで、基地局において視覚的に各無線機の状態（位置、RSSI、CINR、スループット）を表示する回線監視サーバの開発を行い（図 7）、上述のフィールド試験において実証を行った（図 8）。この回線監視サーバは、各無線局の位置、無線局間の距離、伝送速度を地図データ上に表示することが可能である。



図 7 開発した回線監視サーバ画面

この無線システムは、中継伝送時にブラウンアンテナ、ホイップアンテナ等の簡易なアンテナを用いるだけで中継ができるため、容易に長距離多段中継が可能となる。また、この無線機を森林地帯で用いた場合の木々の遮蔽が伝送特性に与える影響について調べるため、高知県須崎市において山中への映像伝送試験を行った。図 9 に試験場所、図 10 に無線設備、図 11 に映像伝送の結果を示す。人に山中で無線機を背負っていただき、現場をウェアラブルカメラで写した映像を山の麓に伝送した。結果、山中においても良好な映像伝送特性が得られることが実証された。この成果は 2018 年 7 月に報道発表を行った。



図 8 京都市内における中継映像伝送実験



図9 山中への映像伝送実験：試験場所



図10 山中への映像伝送実験：無線設備

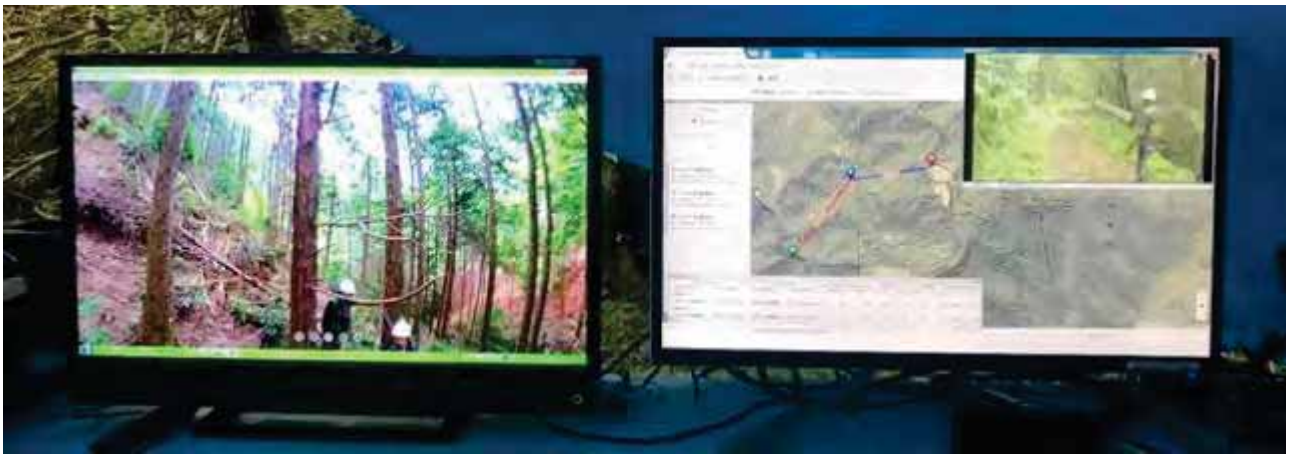


図 11 山中への映像伝送実験：映像伝送試験

さらにこの実証実験ののち、2018 年 7 月に西日本豪雨が発生して、京都府福知山市においても豪雨により川が増水し、その増水による天然ダムが引き起こす二次災害を監視するための通信システムとしての支援依頼が国土交通省近畿地方整備局からあり、支援活動を行った。天然ダム発生現場を監視カメラと無線機を設置することにより監視し(図 12)、800m 程度離れた公民館で基地局を設置して映像を受信し(図 13)、衛星回線により国土交通省近畿地方整備局まで伝送して、水位のリアルタイム映像をインターネット上に公開した。山中であるものの設置までに 2 時間程度と迅速に設置ができ、猛暑のなか一度もとまることがなく、安定な映像伝送を行うことができた。



図 12 西日本豪雨支援（京都府福知山市大江町天然ダム監視）

すでにこの無線機は商用化され、国土交通省、東京消防庁、海上保安庁に導入されることが決定している。すなわち標準、実証、実用すべてに成功したといえる。



図 13 西日本豪雨支援（端末局：無線機、アンテナ設置の様子）



図 14 西日本豪雨支援（基地局：無線機、アンテナ設置の様子）

(c) 統合実証システム

開発した狭域系システム Wi-SUN、広域系システム Wi-RAN を統合した超ビッグデータ創出ドライバの開発を行った。また、これらと連動して動作する超ビッグデータ収集、制御クラウドの開発を行った。開発した超ビッグデータ創出ドライバを実証するために、情報収集の拠点として京都大学に基地局を設置し、比叡山、京都府および滋賀県をまたぐ琵琶湖周辺に5台の中継局からなる無線エリアを構成した。図15に各無線局の設置場所、構築されたネットワークの構成を示す。



図15 超ビッグデータ創出ドライバの実証試験

京都大学に基地局をおき、車載した中継局を琵琶湖の周り5カ所に移動設置、同時に電源をいれて自立的に総距離75kmのネットワークを構築

同図において、5 台の無線局はお互いの場所を知らないが、自動的に多段中継を行い、ネットワークを構築する。そして、中継段数 3、分岐有の構成で、総中継距離 75.0km、単区間最大距離 27.8km からなる広域エリアにおける 5 拠点同時中継データ伝送に成功した。ネットワークに構築要する時間は 3 分以内である。この中継局が事情により別の場所に移動しても自律的にネットワークを再構築することも確認した。またこの中継局に IoT ゲートウェイを接続し、Wi-SUN を用いたネットワークを構成し、ImPACT プロジェクトで開発した血圧計とウェアラブル端末からの生体計測データを Bluetooth→Wi-SUN→Wi-RAN を経由して基地局まで伝送することに成功した。またこれらのデータは超ビッグデータ収集・制御クラウドまで伝送された。このクラウドは図 16 に示すようにパブリッククラウド（AWS）上に構築され、データを収集する IoT ゲートウェイに対して、認証、電子証明発行等を行い、IoT ゲートウェイへの外部からの攻撃をさける機能が入っている。また、データを一定のフォーマットで格納しているため、利用者は、このクラウドへの API を利用することにより、様々なアプリケーションにデータを利用することが容易に可能である。また、見える化、一定の閾値を超えたデータが発生した場合、管理者にメールを出す機能等も具備されている。この見える化の機能を用いて、血圧計のデータを表示させたものを図 16 に示す。この成果は 2017 年 10 月に報道発表を行った。



図 16 超ビッグデータ収集、制御クラウド

(d) ヘルスセキュリティ用実証システム

本プログラム・ヘルスセキュリティプロジェクトの血圧・血圧変動リスクシミュレータ開発のために必要になる生活・環境情報および血圧関連情報をリアルタイムに同時に収集するため、Wi-SUN を搭載したゲートウェイを用いた自営回線および携帯電話（LTE）公衆回線を用いた環境・生体情報同時収集システムを構築した。同システムのコンセプトを図 17 に示す。またこのシステムを実証するために図 18 に示すように家庭内に図 19 に示す IoT ゲートウェイを設置し実証を行った。被験者に取り付けられた血圧計とウェアラブル端末からの生体計測データは、Bluetooth を用いて IoT ゲートウェイに収集される。IoT ゲートウェイは Wi-SUN により接続され、すべての IoT ゲートウェイで収集された生体計測データは一つの IoT ゲートウェイまで伝送される。この IoT ゲートウェイには、図 18 に示すように LTE ドングルが設置され、LTE 回線により、すべての収集データはクラウドまで伝送される。このとき、IoT ゲートウェイ間は生体計測データのみならず、Bluetooth のペアリング情報も Wi-SUN で共有されるため、被験者が移動しても、IoT ゲートウェイは Bluetooth の再接続なしに情報収集が可能になる。この成果は 2017 年 10 月に報道発表を行った。また、設置場所によっては、よりよい伝送特性を得るために無線の機能を遠隔に変更する必要がある。このシステムは無線により外部から IoT ゲートウェイの機能を変更する機能も搭載されている。



図 17 ヘルスセキュリティ向け情報収集システムの概要



図 18 Wi-SUN 搭載ゲートウェイを利用した生体情報、環境同時モニタリングシステム

	仕様
搭載無線システム	Wi-SUN HAN Wi-Fi b/g/n/ac Bluetooth 4.0
その他搭載システム	USB 2.0
メモリー	1GB
フラッシュメモリー	16GB
大きさ	48 x 48 x 43 mm
重量	80 g

図 19 実証試験に用いた IoT ゲートウェイ

<研究開発の進展状況>

プロジェクト開始時の T R L	プロジェクト終了時の T R L
3	9 (Wi-SUN、Wi-RAN とともに)

④ 競合する技術・アプローチに対するベンチマーク

開発した狭域系 Wi-SUN システムと競合する技術としては、LPWA と呼ばれるシステムが挙げられる。ヘルスセキュリティ、ファクトリセキュリティに用いる場合、データ速度は高速ではないが、高信頼性のある通信回線が必要になる。ベンチマークとしては、電波の不感地をなくすための機能が具備されていること、認証等のセキュリティが担保されていること、国際標準化されていること、無線によるソフトウェアアップデートするために最低限必要な伝送レートを有していること、が挙げられる。現存する LPWA は、そのほとんどが国際標準化されておらず、不感地をサポートする多段中継機能がなく、無線によるソフトウェアアップデート機能（OTA）がない。しかし、今回開発した Wi-SUN システムはこれらのベンチマークはすべて達成している。

また開発した広域系 Wi-RAN システムと競合する技術としては、長距離 Wi-Fi 系システムが挙げられる。地域における通信システムに用いるためのベンチマークとして、無指向性アンテナでもネットワークが簡単に構築できること、通信距離を延伸するために、多段再生機能をもつこと、数千台の IoT デバイスからの情報を取得できる伝送速度が必要であること、が挙げられる。長距離 Wi-Fi 系システムは、位置合わせのために指向性アンテナを搭載する必要がある、その最大伝送距離も 1km 程度で、また、多段再生中継を行うことがベンチマークとなる。しかし、今回開発したもののみがこれらのベンチマークを超えており、特に伝送距離は最大 26km と 26 倍の伝送距離の延伸が実現されている。

<獲得成果の革新性>

狭域 Wi-SUN システムに関しては、1 段数 100m、さらに 10 段以上の多段中継が可能であり、無線でのソフトウェアアップデートも可能で、既存の Bluetooth、Wi-Fi とも親和性の高い、国際標準化した IoT 通信システムを開発したことは極めて適用領域が多く、独創性が高い。

また、広域系 Wi-RAN システムに関しては、基地局—移動局間で最大 26km 程度さらに、多段中継が 30 段程度（直列接続）まで行うことができ（約 600km の無線のみの通信ネットワークを実現することができる。）、さらにこの多段中継が自律的に構築できる通信システムは世界初であり、極めて適用領域が多く、独創性が高い。

<獲得成果の独創性>

超ビッグデータ創出ドライバに類する通信方式、多段中継方式の変革による数 10km を超える飛躍的な通信エリアの広域化の試みは、他に一切見られず、極めて独創的と言え、また、すべての基本通信機能を日本企業で開発しており、本研究開発の推進により、圧倒的な国際的優位性を確保できるものと確信している。

(2) 超ビッグデータ処理エンジンプロジェクト (BDE)

① プロジェクトの計画

1. 超高速動的スケーラブルデータベースエンジンの基盤技術の研究開発

1.1. 限定版エンジンの基盤技術の研究開発 (平成 28 年 4 月～平成 30 年 3 月)

非順序型実行原理を基として、複数ノードへのエラスティシティ (伸縮可能性) を備えた超高速動的スケーラブルデータ処理技術を確立することにより、毎秒 100 万回程度 (ただし、東京大学に於いては、研究開発を強化することにより、毎秒 200 万回程度とする) のストレージアクセス性能を備えた「限定版超高速動的スケーラブルデータベースエンジン」の実現を目指す。

東京大学に於いては、日立製作所との産学連携の下、当該データベースエンジンの基礎設計 (基本方式検討、基礎実験)、機能設計ならびに評価を実施する。

日立製作所に於いては、東京大学との産学連携の下、当該データベースエンジンの基礎設計 (実用システムへの適用を意識した実現方式検討)、実装方式設計ならびに実装を実施する。

1.2. 本格版エンジンの基盤技術の研究開発 (平成 30 年 4 月～平成 30 年 12 月)

前年度迄の研究開発成果に基づき、更に超高速動的スケーラブルデータ処理技術を高度化することにより、毎秒 1,000 万回程度のストレージアクセス性能を備えた「本格版超高速動的スケーラブルデータベースエンジン」の実現を目指す。東京大学に於いては、日立製作所との産学連携の下、当該データベースエンジンの機能設計ならびに評価を実施する。

東京大学に於いては、研究開発を更に強化することにより、パブリッククラウド環境への適用を行い、クラウド管理機構との高次融合による問合せ最適化技術を確立すると共に、毎秒 600 万回程度のストレージアクセスを実証する。

日立製作所に於いては、東京大学との産学連携の下、当該データベースエンジンの実装方式設計ならびに実装を実施する。

2. 超高速動的スケーラブルデータベースエンジンを核としたビッグデータ解析プラットフォームの構築のための研究開発

2.1. 部分構築のための研究開発 (平成 28 年 4 月～平成 30 年 3 月)

超高速動的スケーラブルデータベースエンジンを核として、ImPACT 研究開発プログラム傘下の他のプロジェクト等との連携により、先進的なビッグデータの利活用を可能とするための解析プラットフォームの設計と部分構築を目指す。

東京大学に於いては、ImPACT 研究開発プログラム傘下の他のプロジェクトの参画機関等との連携ならびに日立製作所との産学連携の下、基礎設計の検討を進め、有

力な先進的ビッグデータ応用を取り上げて、基礎実験、機能設計ならびに部分実装を実施する。

日立製作所に於いては、ImPACT 研究開発プログラム傘下の他のプロジェクトの参画機関等との連携ならびに東京大学との産学連携の下、実用化のための基礎設計の検討を進め、有力な先進的ビッグデータ応用を取り上げて、実用化のための機能設計を実施する。

2.2. 全体構築のための研究開発（平成 30 年 4 月～平成 30 年 12 月）

前年度迄の研究開発成果に基づき、超高速動的スケーラブルデータベースエンジンを核として、ImPACT 研究開発プログラム傘下の他のプロジェクト等との連携により、先進的なビッグデータの利活用を可能とするための解析プラットフォームの構築を目指す。東京大学に於いては、ImPACT 研究開発プログラム傘下の他のプロジェクトの参画機関等との連携ならびに日立製作所との産学連携の下、有力な先進的ビッグデータ応用を取り上げて、機能設計の高度化ならびに全体実装を実施する。

東京大学に於いては、更に研究開発を強化することにより、医療経済研究機構との連携の下、自治体等への解析サービス提供実験のためのセキュアシステムを構築し、医療・介護政策立案等に向けた実証実験を実施すると共に、当該システムを他県へ拡張する。加えて、大学院医学系研究科との連携により、医療介護ニーズ予測のためのマクロシミュレーション基盤の整備を行う。また、日立製作所との産学連携の下、超高速匿名加工処理技術の機能設計を行い、その有効性を実証する。

日立製作所に於いては、ImPACT 研究開発プログラム傘下の他のプロジェクトの参画機関等との連携ならびに東京大学との産学連携の下、有力な先進的ビッグデータ応用を取り上げて、実用化のための機能設計の高度化を実施する。また、東京大学との産学連携の下、超高速匿名加工処理技術の機能設計を行い、その有効性を実証する。

3. 超高速動的スケーラブルデータベースエンジンの研究開発に掛かるプロジェクト全体の統括と総合的推進（平成 28 年 4 月～平成 30 年 12 月）

超高速動的スケーラブルデータベースエンジンの研究開発に掛かるプロジェクト全体の連携を密とし円滑に運営していくために、東京大学に於いて、ステアリング委員会や技術検討会の開催等により参画各機関の連携と調整にあたる。特に、プロジェクト全体の進捗状況を確認しつつ計画の合理化を検討し、必要に応じて国内外に研究者・技術者等を派遣して調査を行い或いは外部有識者を招聘して意見を聞く等により、プロジェクト全体の統括と総合的な推進を行う。

② プロジェクトの体制

喜連川優（東京大学・教授）の統括の下、東京大学と日立製作所の産学連携体制により推進した。

③ プロジェクトの進捗状況、目標達成の見通し及び今後の課題

【進捗状況】

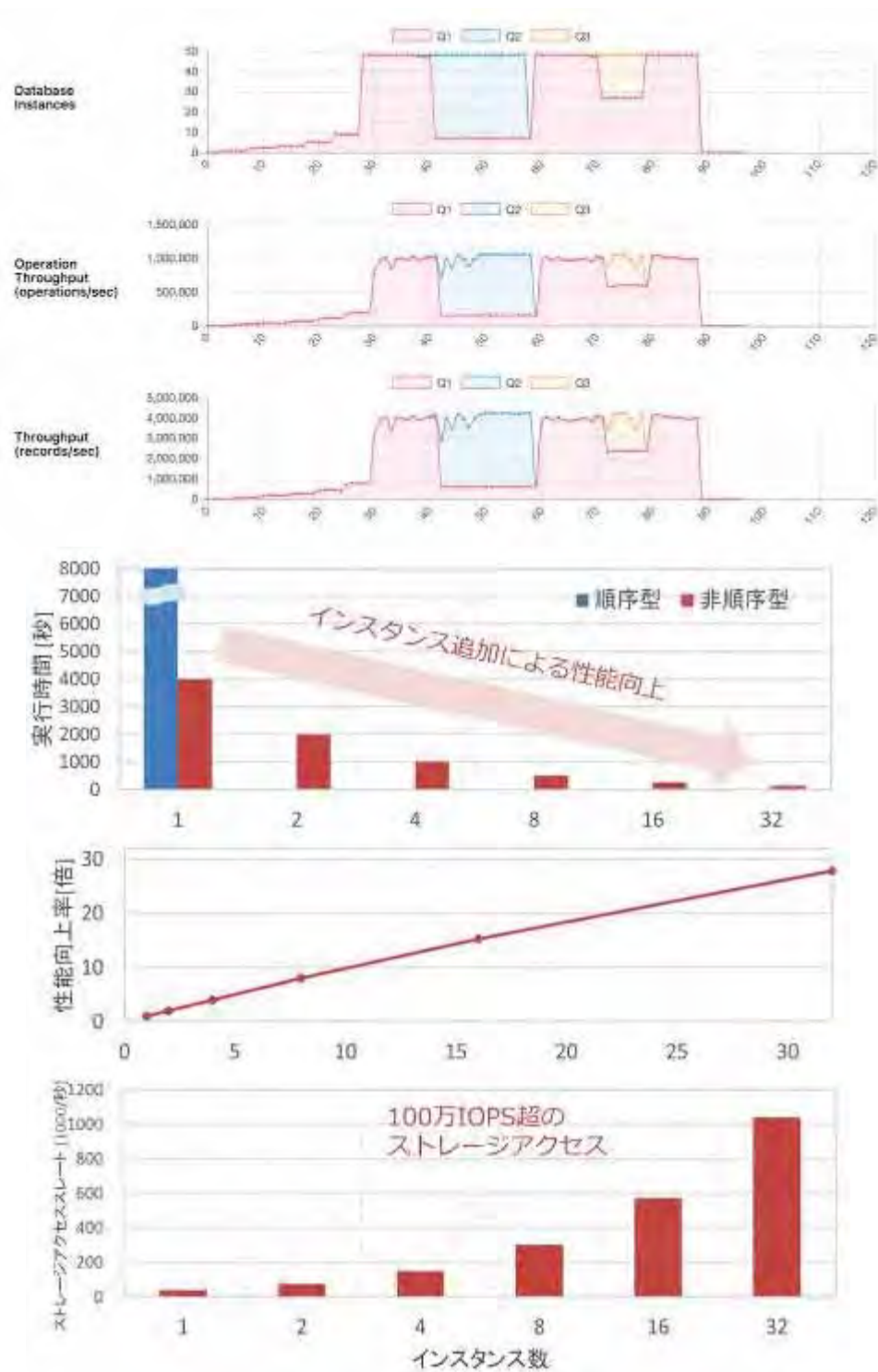
平成 28～29 年度は、非順序型実行原理を基として、複数ノードへのエラスティシティ（伸縮可能性）を備えた超高速動的スケーラブルデータ処理技術を確立することにより、毎秒 200 万回程度のストレージアクセス性能を備えた「限定版超高速動的スケーラブルデータベースエンジン」の実現を目指し、基礎設計（基本方式検討、基礎実験）、機能設計ならびに評価を実施した。平成 30 年度は、超高速動的スケーラブルデータ処理技術を高度化することにより、毎秒 1,000 万回程度のストレージアクセス性能を備えた「本格版超高速動的スケーラブルデータベースエンジン」の実現を目指し、機能設計ならびに評価を実施した。更に、パブリッククラウド環境への適用を行い、クラウド管理機構との高次融合による問合せ最適化技術を確立すると共に、毎秒 600 万回程度のストレージアクセスを実証した。

また、平成 28～29 年度は、ImPACT 研究開発プログラム傘下の他のプロジェクト等との連携により、先進的なビッグデータの利活用を可能とするための解析プラットフォームの設計と部分構築を目指し、基礎設計の検討を進め、有力な先進的ビッグデータ応用を取り上げて、基礎実験、機能設計ならびに部分実装を実施した。平成 30 年度は、前述した解析プラットフォームの構築を目指し、有力な先進的ビッグデータ応用を取り上げて、機能設計の高度化ならびに全体実装を実施した。

【獲得成果】

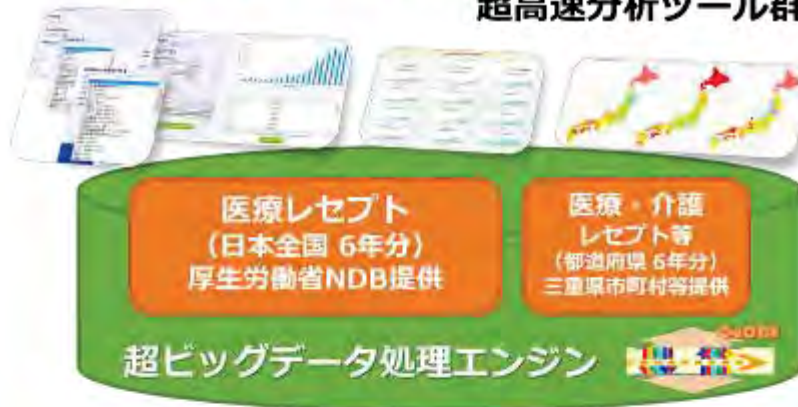
「本格版超高速動的スケーラブルデータベースエンジン」を実現したほか、パブリッククラウド環境に於ける実証実験により毎秒 600 万回程度のストレージアクセスの性能を達成することに成功した。また、医療経済研究機構との連携の下、自治体等への解析サービス提供実験のためのセキュアシステムを構築し、医療・介護政策立案等に向けた実証実験を実施すると共に、当該システムを他県へ拡張した。加えて、大学院医学系研究科との連携により、医療介護ニーズ予測のためのマクロシミュレーション基盤の整備をした。また、超高速匿名加工処理技術の機能設計を行い、その有効性を実証した。

■ パブリッククラウド環境に於ける実行性能試験 データベース処理の動的なエラスティシティを実現



■ ヘルスセキュリティへの適用事例
(医療経済研究機構 満武上席研究員とのコラボレーション)

2,000億レコード規模の超ビッグデータの
超高速分析ツール群



分析事例：通院動態の地域差

疾患Xの外来動態（三重県国保被保険者）



分析事例：疾患の時系列的推移

糖尿病非患者群（三重県後期高齢者）

人口	H25.04~	H25.10~	H26.04~	H26.10~	H27.04~	H27.10~	H28.04~
三重県計	142,761	123,832	115,812	110,039	103,311	98,280	94,596
津市		14,769	17,726	18,946	20,539	21,443	20,206
津市以外		244	475	543	900	957	1,018
津市以外 （市町村別）		16	23	30	46	61	65
津市・四日市 （市町村別）		2	2	2	4	4	4

【目標達成への貢献度】

パブリッククラウドに於ける更なる実証規模の拡大により研究開発の優位性を一層強化する機会が得られたほか、研究開発成果の市場展開を想定し多様なビッグデータ応用への適用性を拡大するための応用ソフトウェアとの融合技術の創出に向けて機動的に研究開発を強化したことが、国際競争上極めて効果的であった。

＜研究開発の進展状況＞

プロジェクト開始時のTRL	プロジェクト終了時のTRL
2	5

④ 競合する技術・アプローチに対するベンチマーク

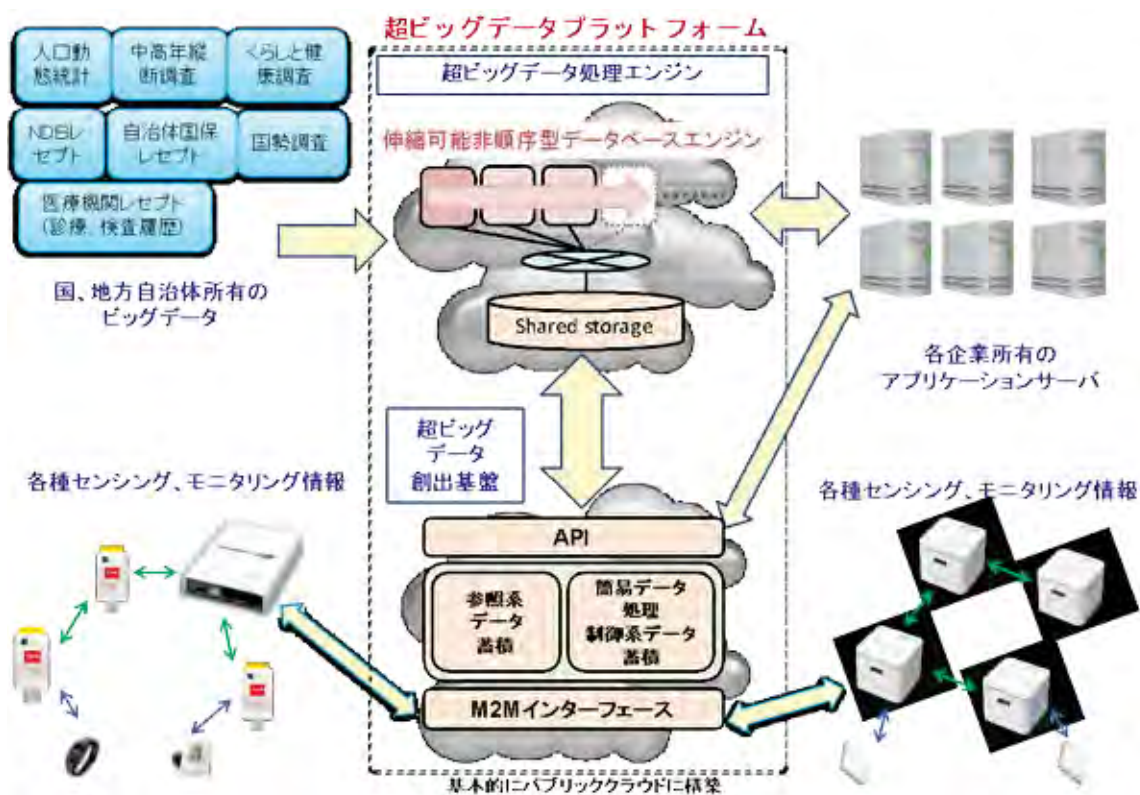
＜獲得成果の革新性＞

インメモリ技術は、主記憶に収まる規模のデータを対象とする技術であり、本研究開発が想定する超ビッグデータには適用できない。フラッシュメモリ／ストレージクラスメモリ技術は、ストレージシステムの応答性能を向上するハードウェア技術であり、非順序型実行原理はフラッシュメモリに於いて極めて有効性を実証済みであり、ストレージクラスメモリに於いても同様に高い有効性が期待されるため、技術的には直交している。Hadoop／NoSQL 技術は、1980 年代の並列データベースシステム技術を基に、ソフトウェアの再実装を行っているものに過ぎず、技術的な先進性は乏しい。同様に非順序型実行原理は、これらのソフトウェアに於いても高い有効性を発揮することを実証しており、技術的には直交している。このように幅広いハードウェア、幅広いソフトウェアに高い有効性を発揮できる技術は、極めて革新的と言える。

＜獲得成果の独創性＞

超ビッグデータ処理エンジンに類するソフトウェア実行原理の変革による飛躍的な高速化の試みは、他に一切見られず、極めて独創的と言え、本研究開発の推進により、圧倒的な国際的優位性を確保できるものと確信している。

以上超ビッグデータ処理エンジン、超ビッグデータ創出基盤を統合することにより、下図の超ビッグデータプラットフォームがパブリッククラウド上に構築することができた。



(2) ヘルスセキュリティプロジェクト (HS)

1. マクロレベル医療データの統合・解析による予測モデルの構築とリスクシミュレータの開発

1.1. 地域医療リスクシミュレータの開発（分担：自治医大・康永、小谷）

1) 地域医療データベースを用いた地域リスクシミュレータの開発（平成 28 年 2 月～平成 30 年 12 月）

① プロジェクトの計画

平成 24～28 年度の国民健康保険及び後期高齢者医療制度の大規模なレセプト情報のデータベース化を行い、5 年間時系列で統合したデータとして利用可能となった。このデータベースを用いて熊本地震の健康への影響、熊本県における抗菌薬の処方実態等を明らかにした。平成 30 年度は、介護保険請求レセプト、介護認定情報、被保険者台帳（国民健康保険及び介護保険）、消防本部救急搬送データ、特定健診等の健康情報、医薬品情報を統合して利用する。また、医療以外の情報として、各時点および各地点での気象情報、地図情報、集計結果としての国勢調査の情報も統合し、データベースを構築する。

それにより、手術や治療を受けた人の予後調査、気象の変化に伴う心臓病や感染症の患者発生状況調査、薬剤の重複処方の実態解明、特定健診結果による疾患の予測モデルの開発、救急搬送にかかる時間と予後の関連調査、死亡に至る直前の要介護度の推移の解明等を行う。

② プロジェクトの体制

永井 良三（自治医科大学・学長）の統括の下、自治医科大学、医療経済研究機構、産業医科大学、および、東京大学の連携体制により推進した。

③ プロジェクトの進捗状況、目標達成の見通し及び今後の課題

医療データの収集：

熊本県全市町村・後期高齢者医療広域連合よりデータ使用の許諾を得たため、平成 29 年 6 月、熊本県国民健康保険団体連合会において患者情報を個人レベルで縦断的に紐付けた後に匿名化処理を行い、匿名化済みデータの提供を受けた。提供を受けたデータは平成 24～28 年度の熊本県全市町村の国民健康保険及び後期高齢者医療制度における医科・DPC・調剤・歯科レセプトである。提供を受けたデータを自治医科大学データサイエンスセンターに設置されたサーバ内にデータベース化し格納した。また、各研究者がデータベースからリサーチクエスションに応じてデータの抽出ができるように時系列化テーブルを作成した。現在各研究者は研究目的に応じて研究者自身で必要なデータの抽出を行うことが可能となった。

熊本県全市町村より医療レセプトデータに加えて、国民健康保険、後期高齢者医療制度の加入者台帳データ、介護レセプト及び加入者台帳データ、特定健診データの提供をお願いしており、最終調整中である。さらに、栃木県についても各種医療レセプトデータ、介護保険レセプトデータ、加入者台帳データ、特定健診データの提供をお願いしており、前向きに協議が進んでいる。

解析成果：

取得済みのデータを用いて熊本大震災の健康への影響、抗菌薬の使用実態等についての解析が終了し、学会発表、論文発表を行った。また、深層学習を用いて熊本県住民の心筋梗塞、脳梗塞発症予測モデルの作成、深層学習を用いて DPC データから肺炎による入院患者の死亡を予測した既存研究から得られた予測モデルを熊本県の肺炎による入院患者のデータへ適用などを行った。

1) 抗菌薬の使用実態の把握と、薬剤耐性対策に向けた介入点の探索

熊本県のレセプト情報(単年度)から、約 68 万件の抗菌薬処方解析を行った。広域抗菌薬(第 3 世代セフェム・フルオロキノロン)が 60%、マクロライドが 30%を占め、狭域抗菌薬(ペニシリン系・第 1、2 世代セフェム)は 6%に過ぎなかった。また、抗菌薬の 13%(特に第 3 世代セフェムの 17%)が 10 歳未満の小児に使用されていた。全抗菌薬の 70%が(抗菌薬が不要なことの多い)急性気道感染症と急性下痢症に対し処方されていた。抗菌薬過剰処方、小規模病院・クリニックでの処方や 10 歳代・若年成人に対する処方において、特に多くみられた。

続いて、熊本県で得られた結果の一般化を図り、また抗菌薬処方動向のさらなる解析および他国との比較を行うため、超ビッグデータ処理エンジンを用いてレセプト情報・特定健診等情報データベース(NDB)に格納されている平成 24~26 年度のレセプト情報を解析した。熊本県の解析結果と同様、広域抗菌薬(第 3 世代セフェム・フルオロキノロン・マクロライド)が大部分を占め、また全抗菌薬の多くが急性気道感染症・急性下痢症に対する処方であった。日本の抗菌薬処方率は英国・米国より高く、特に小児・成人女性・西日本での抗菌薬処方率が高い傾向がみられた。

これらの結果は、薬剤耐性(AMR)対策に向けた抗菌薬適正使用の施策に資するものと考えられる。

2) 熊本地震後の医療へのアクセスを評価

熊本県のレセプト情報(2012-2016年度)から地震直前・直後 1 ヶ月の医療へのアクセスを地震前 3 年間の同時期と比較した。医療へのアクセスは適切な外来診療により入院を避けることのできる状態である Ambulatory care sensitive condition(ACSC)によって評価した。熊本地震直後、ACSC による入院は増加していたが、その影響は約 1 週間で認められなくなった。

3) 東京大学生産技術研究所との協同

熊本県住民の脳梗塞、心筋梗塞発症予測モデルを深層学習によって作成した。深層学習を行うにあたり、東京大学生産技術研究所と協同で行った。熊本県全市町村の医療レセプト情報を用いて1年間のレセプト情報からその後3年以内の心筋梗塞、脳梗塞の発症を予測した。結果は心筋梗塞 AUC0.76、脳梗塞発症 AUC0.68 であった。

4) 肺炎入院患者の死亡予測

DPC データベースを用いて深層学習による入院患者の死亡予測を行った既存研究から得られた死亡予測モデルを熊本県の DPC レセプトデータへ適用し、入院患者の院内死亡を予測した。その結果、AUC0.91 と非常に高い精度で予測できることが明らかとなった。レセプトデータを用いた臨床疫学研究では臨床情報が含まれないため、重症度の補正ができないことが大きな問題となる。この予測モデルを用いることによって重症度の補正が可能となり、レセプトデータを利用した研究の妥当性が上がることが期待される。

5) レセプトデータツールの作成

レセプトデータの集計を行うアプリケーションの開発を行った。レセプトデータを一定の条件に従ってデータベースに格納することで、データ取扱の知識がなくともこのアプリケーションによって容易に集計することが可能となる。

<研究開発の進展状況>

プロジェクト開始時の T R L	プロジェクト終了時の T R L
1～3	5～6

④ 競合する技術・アプローチに対するベンチマーク

臨床疫学研究、特にコホート研究においては個人を追跡することが必須である。レセプトデータは様々な研究において広く用いられているものの、月ごと、施設ごと、レセプト種別ごとに個別に発生しており、個人を時系列で追跡している研究はほとんどない。本プロジェクトで行ったレセプトデータの完全な時系列化は、これまで誰も為しえなかった、我々研究班の独自成果である。さらに、今後介護レセプト情報、健診情報と個人を紐づけて時系列で追跡可能なデータベースにすることでこれまでに分析することのできなかった様々な課題に関しても解決の糸口となる分析を行うことが可能となる。

＜獲得成果の革新性＞

レセプトデータを用いて深層学習による予後予測モデルの作成を行ったことはこれまでにない革新的な成果である。

＜獲得成果の独創性＞

レセプトデータの完全な時系列化は、これまで誰も為しえなかった、我々研究班の独自成果である

1.2. 経年的患者実態把握と保健医療支出シミュレータの開発（分担：医療経済研究機構・満武）

① プロジェクトの計画

1) 患者の時系列データの作成と地域ごとの医療需要と供給の実態と課題の可視化（平成 29 年 4 月～平成 30 年 12 月）

これまでに、保険者から独自に収集した医療保険データ等を用いて、各患者の時系列データを作成し、医療需要と供給のエビデンスを蓄積し、可視化を実現した。

本年度は、個人情報が特定されない範囲で、疾患（罹病率）を拡大し、医療費の傾向などの情報を都道府県・二次医療圏別に分析する。また、医薬品・処置といったデータ項目を多次元的に組合せて、日本国全体での疾患別の有病率・他疾患併存の状況・疾患の重症度の状況と医療費の関係を明らかにする。また、医学会（日本動脈硬化学会、日本高血圧学会等）の協力を得て、レセプト情報の基にした発症群・合併症群・重症群の定義体（Phenotyping）を確立させる。

2) 医療費および介護費の予測モデルの作成（平成 29 年 4 月～平成 30 年 12 月） 上記 1) の多次元分析結果の情報を活用することで、外来および入院医療費に影響を及ぼす因子（年齢・性別・併存疾患数等）で調整したモデルを構築する。さらに介護情報を加えた予測モデルを作成する。また、医療供給体制などの外部のセカンダリーデータを活用して地域毎の医療費の予測モデルを構築し、対象県および市町村へのデータ提供を行う。

(1) 推計単位として個人に焦点を当てたマイクロ・モデル

(2) 医療費や個人を階層化して推計を行う構成要素基礎モデル

(3) 総医療費等を基に予測を行うマクロ水準モデルを適用する。

これらのモデルは、日本版リスク構造調整方式の確立と財源調整施策の導入を目的に構築する。現在の市町村国保間の財源調整は、前期高齢者では「前期高齢者」

と「それ以外」の区分の加入率のみに基づく調整であり、後期高齢者では医療費が発生した後の事後的な調整に過ぎない。したがって、保険者単位のリスク構造を基に各保険者が実態を把握し医療費適正化に取り組む誘因をもった、財政調整措置等の問題を検討する。保険集団レベルでの検討に当たっては、各リスク構造モデルにおける保険集団レベルでの利潤（リスク調整交付金－医療費）分布と保険規模との関係を定量的に評価することにより、想定される保険者規模（市区町村・二次医療圏・都道府県など）と必要とされるリスク構造モデルの精度の関係を明らかにする。あわせて、期待損失額が負となるリスク因子（腎不全などの慢性疾患患者など）を個人レベルで明らかにすることにより、各リスク構造モデルの実現可能性についての検討を行う。本検討内容は、最終年度に県・自治体と共有し、地域医療政策に導入することを最終目的とする。

② プロジェクトの体制

永井 良三（自治医科大学・学長）の統括の下、自治医科大学、医療経済研究機構、産業医科大学、および、東京大学の連携体制により推進した。

③ プロジェクトの進捗状況、獲得成果及び目標達成への貢献度

全国レセプトデータおよび保険者から独自に収集する特定健診、医療レセプト、介護レセプト等を用いることで、増え続ける日本の医療費を適正化するための施策としての都道府県および市町村ごとに医療支出目標の設定を検討する。さらに、平成30年より市町村国保の財政運営の責任主体が都道府県になることに伴うエビデンスの集積が求められていることから、具体的にはスク構造調整システムの導入の検討を各ステークスホルダ（市町村）と検討し、各種リスクのベンチマーク分析を行ってきた。

これまでに、データ提供元（保険者）との合意を得て、同時にステークスホルダとして地域医師会への説明も行い、協力関係を構築してデータを得た。予防・医療・介護の連携の実態把握は、三重県の国保と後期高齢者をフィールドに医療および介護レセプト情報を連結の確認を行った。各保険者のリスク構造について、各種のベンチマーク分析を行った。具体的には、医療費データを用いて疾病発生、診療パターン、医療費受給状況等について地域比較を行い、各地域の特性を検討した。

3年半にわたる開発事業の結果、経年的患者実態把握と保健医療支出シミュレータの開発の目標達成ができた。特に、医療費適正化を前提に、以下の目標を達成した。

- 1) 患者の時系列データを作成と地域ごとの医療需要と供給の実態と課題の可視化、
- 2) 医療費および介護費の予測モデルの作成、

特に、喜連川研究室との共同によって世界最先端のデータベース技術を駆使した「高速レセプト情報等解析プラットフォーム」を構築し、各機能を実装した。

成果の一つとして、厚生労働省の第2回医療・介護データ等の解析基盤に関する有識者会議（平成30年5月30日）にて参考人招致され公表を行った。

満武巨裕、「超高齢社会における特定健診・医療・介護データを連結した研究と次世代NDB」

<https://www.mhlw.go.jp/file/05-Shingikai-12401000-Hokenkyoku-Soumuka/0000209439.pdf>

例えば、各地域の特性を分析するために、三重県の患者数および性別・年齢階層別積み上げマップ（図1）、外来患者の季節変動（図2）、地域別有病率（図3）、各疾患の関連（図4）、生活習慣病患者の経時的推移（図5及び図6）などを作成して、各地域への情報提供と協議を行った。



図1. 三重県の患者数および性別・年齢階層別積み上げマップ

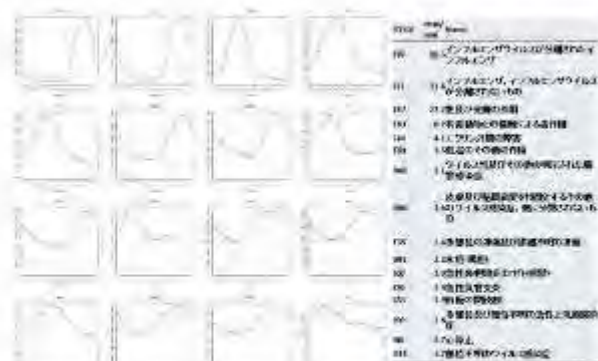


図2. 外来患者の季節変動

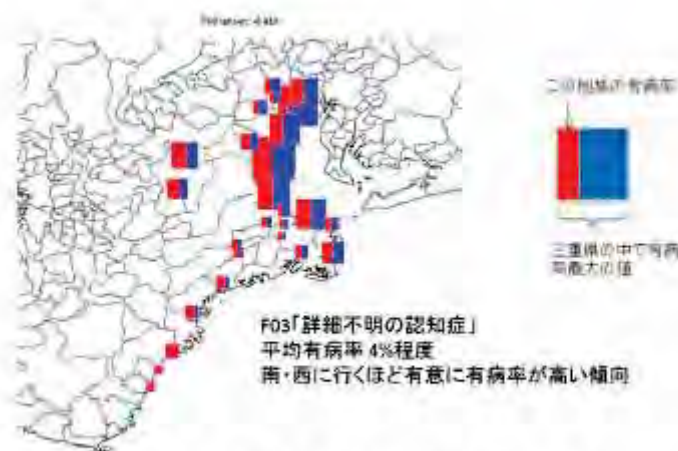
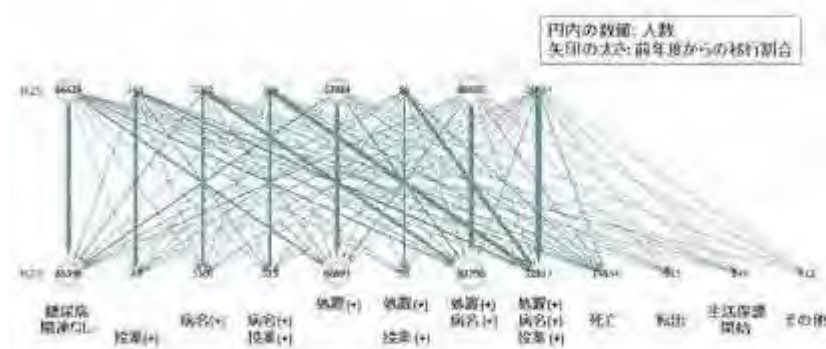
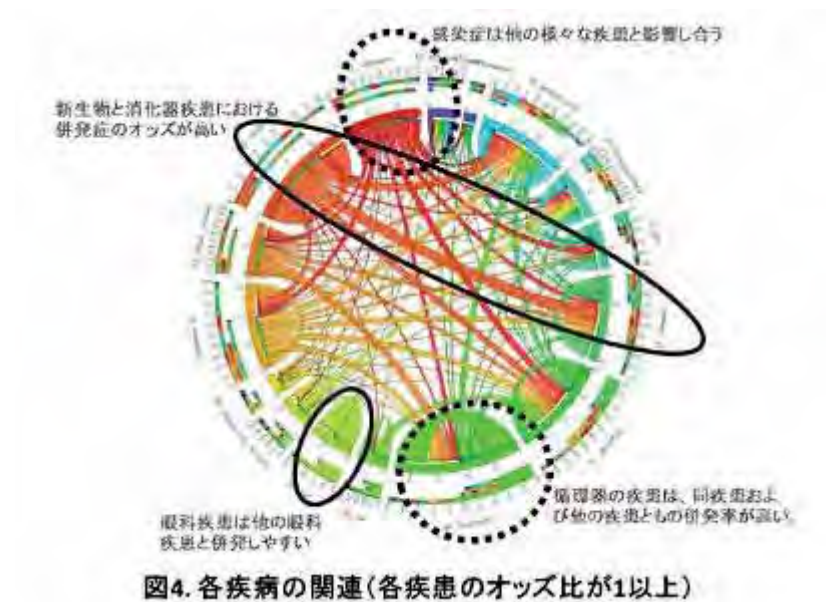


図3. 地域別の有病率(後期高齢医療制度)



＜研究開発の進展状況＞

プロジェクト開始時のTRL	プロジェクト終了時のTRL
1～3	5～6

④ 競合する技術・アプローチに対するベンチマーク

＜獲得成果の革新性＞

三重地域の全ての自治体から医療・介護レセプトの提供を受け、地域の医療経済・政策に関する分析や支援を行ってきた実績があり、自治体からの信頼は厚く、新たに地域包括ケアや公費助成記録に関するヘルスケアビッグデータの提供については既に確約を得ている。都道府県単位で、医療、介護、公費助成に跨るヘルスケアビッグデータの解析は前例がなく、革新性のある成果が得られている。

＜獲得成果の独創性＞

経済協力開発機構（OECD）等の国際機関に対して我が国を代表してヘルスケアに関する統計調査等を実施してきた実績を誇り、我が国で群を抜いたネットワークを駆使して米国 CMS（Center for Medicare and Medicaid Services）、韓国の審査支払機関である HIRA（The Health Insurance Review and Assessment Service）と国民健康保険公団（保険者）、台湾の国家衛生研究院 NHRI（National Health Research Institute）をはじめとする海外動向はタイムリーに把握していることから、国際的に見ても秀でた成果が得られたと考えられる。

1.2. 医療需要推計シミュレータの開発（分担：産業医科大学・松田）

① プロジェクトの計画

- 1) データの取得とデータベース構築（平成 28 年 1 月～平成 28 年 8 月）
 - ・シミュレータ作成に必要な各種データ（自治体データ、厚生労働省データ、総務省データ、経済産業省データ）を取得する。
 - ・上記データのデータベース化。サーバは産業医科大学公衆衛生学教室内に既設のものを使用する。
- 2) 小規模シミュレーションモデルの開発（平成 28 年 8 月～平成 29 年 3 月）
 - ・数学モデル作成支援プログラム（neural network 及び MATLAB）を用いて医療介護・社会リスクシミュレータの小規模モデルを産業医科大学公衆衛生学教室の保有するコンピュータで作成する。作成した小規模モデルを基に、使用するデータ範囲を全国レベルに拡大する場合のコンピュータの必要要件について検討を行う。
 - ・SES については Arc GIS を用いて、先行研究をもとに上記収集データから作成する。

- ・モンテカルロ法等を用いて、このシミュレータの妥当性を検証し、最終的なモデル構築を行う。

3) 医療需要推計シミュレータの開発（平成 29 年 4 月～平成 30 年 12 月）

- ・前年度の研究結果を踏まえてシミュレータの開発を行う。

② プロジェクトの体制

永井 良三（自治医科大学・学長）の統括の下、自治医科大学、医療経済研究機構、産業医科大学、および、東京大学の連携体制により推進した。

③ プロジェクトの進捗状況、獲得成果及び目標達成への貢献度

本プロジェクトでは医療介護関連データ（福岡県、広島県の自治体のレセプトデータ及び厚生労働省が収集している各種データ）を用いて、将来の機能別病床数や主要傷病の患者数、医療費および介護給付費の予測シミュレータの小規模モデルを産業医科大学公衆衛生学教室の保有するコンピュータで作成し、このモデルを基に、使用するデータ範囲を全国レベルに拡大する場合の情報及びコンピュータの必要要件について検討を行った。

3 年半にわたる開発事業の結果、当初予定通り、

- ①機能別病床数の推計ツール（平均在院日数、病床稼働率、地域間の患者移動をパラメータ化）、
- ②医療費および介護給付費予測ツール（受療率、利用率をパラメータ化）、
- ③ ①をベースにした医療職の必要数推計ツール、

については開発が終わり（いずれも Excel のマクロで作成）、産業医科大学公衆衛生学教室のホームページ、<https://sites.google.com/site/pmchuoeh/>で公開予定である。公開するものは、厚生労働省の患者調査、国民医療費推計をもとに作成したテーブル（都道府県別・年齢階級別・病床種別・入院外来別受療率、都道府県別・性年齢階級別・傷病別・入院外来別医療費）用いているが、このテーブルを保険者の保有するレセプトデータから作成することでより精緻な保険者レベルでの医療費推計を行うモデルも別途作成した。このツールについては、協力自治体には配布するが、非公開とする。ただし、①、②、③の基本テーブルを置き換えることで対応が可能であるため、テーブルの作成ロジック (SQL) を公開することで、一般化をめざす。

一方、当初予定した予防の効果を加味したシミュレータについては、現在傷病間の因果モデル構築を試行錯誤している状況である。自治体のレセプトデータをもとにアソシエーション分析を行って傷病間の関連を検討し、その結果を踏まえて例えば脳梗塞発症に対する傷病ごとの寄与危険割合を計算するという作業を現在行っている。年度末までに脳梗塞、急性心筋梗塞についてモデルを完成させ、検証作業を行った後、産業医科大学公衆衛生学教室のホームページ、

<https://sites.google.com/site/pmchuoeh/>

で公開したいと考えている。

なお、自治体のレセプトを用いた推計ツールについては、当初保険者レベルではなく、自治体レベルでのツール開発を目指していたが、職域のレセプトデータと生活保護の医療給付データを入手することができず、その開発ができなかった。

<研究開発の進展状況>

プロジェクト開始時のTRL	プロジェクト終了時のTRL
1～3	5～6

④ 競合する技術・アプローチに対するベンチマーク

これまで国内で行われていた将来推計は、現在の有病率が将来においても定常的であることを想定し、将来推計人口に掛け合わせた静的・定常性仮定に基づいていた。例えば、地域医療構想における機能別病床数の推計もそのロジックで行っている。本研究では、受療率や有病率をパラメータ化することで、動的モデルの開発を行ったが、パラメータの値については、エビデンスの蓄積が不足しており、この点が今後の検討課題である。

<獲得成果の革新性>

既存のデータ（患者調査、レセプト）を用いて、自治体レベルで病床数や患者数、必要医療職数、医療費・介護給付費を推計する簡易ツールを開発した。基本テーブルの作成を支援することで、各自治体の関係者が Excel で推計することが可能になっており、それぞれの自治体における科学的公衆衛生行政の検討に資するツールを開発できたと考えている。

<獲得成果の独創性>

わが国は、諸外国に比較して網羅性、悉皆性に富むレセプト情報を持っているが、これまでこの情報が十分に活用されてこなかった。今回開発したテーブル作成ロジック（SQL）及び可視化ツールを用いることで、この貴重なレセプト情報を自治体レベルで簡便に活用できる仕組みを構築した。この点が本研究の独創的な点であるとする。

1.4. 医療介護と社会リスク対応・安心社会シミュレータの開発 (分担：東京大学・橋本)

① プロジェクトの計画

1) 医療介護将来モデルの構築ならびに複合死因・疾病・機能障害の移行モジュールの完成（平成 28 年 3 月～平成 30 年 7 月）

厚生労働省中高齢者縦断調査と人口動態統計死亡票、国民生活基礎調査、患者調査、さらに経済産業研究所所管の「くらしと健康調査（J-STAR）」個票（2007、2009、2011 年実施分）を用いて、50 歳以上年齢層別について、心臓病・悪性新生物・脳卒中・その他の 4 大疾病についてり患状態の移行確率モジュールと死亡移行確率モジュールの作成を試み、日本全国の 2005～2012 までの実際の疾病分布・死亡状況をほぼ正確に反映するシミュレーションモデルがいったん完成したが、75 歳以上について複合疾病・死因の多重確率推計に技術的問題が平成 28 年 12 月に指摘された。29 年 2 月より改良モデルの構築テストを実施し、平成 29 年 9 月に多重確率分布に頼らず直接法を用いたモデルを完成し、平成 30 年 2 月段階で 14 疾患の複合状態を含めた複合疾病・死因の推計モデルを完成した（論文投稿中）。

本モデルをベースに機能状態（ADL ならびに IADL などの高次機能の障害と、認知機能）・疾病の罹患状況を反映した罹患状態の移行モジュールが完成したことを受けて、これまで内閣府などで示されている医療供給量から推計した医療介護必要資源量の将来推計とは全く異なる、需要側ベースのニーズ推計が可能となり、初めて需要と供給のバランスを考慮した精緻な医療介護将来モデルが予定通り完成した。一方、医療費の推計に必要な厚生労働省全国レセプトデータの整備状況が予定より大幅に遅れたことを受けて、医療費・介護費推計モジュールについてはその早期モデルが平成 30 年 2 月現在構築されたばかりとなっていることから、平成 30 年 7 月にかけて医療介護費を含む将来推計モジュールを完成させる。

人員配置を一部強化し、モデル構築の完成を当初予定とほぼ見合うように加速化するとともに社会パネル調査の 2018 年度追跡調査を実施しそのデータも利用して複合死因・疾病―機能障害移行データの更新を図り、モジュールを更新・完成する。

2) 家計動向ミクロデータの医療介護ニーズモジュールへの結合と経済効果の検討 (平成 28 年 10 月～平成 30 年 9 月)

医療介護ニーズモジュールの完成を受けて、就労・引退・失業と労働・年金所得、医療介護による消費など家計の動向を全国消費実態調査個票ならびに社会パネル調査（JSTAR, JSHINE など既存パネル調査）のミクロデータを利用し、医療介護ニーズモジュールと結合する。医療介護モジュール開発で生じた遅れを取り戻すべく、一部人員配置を強化し、医療介護リスクの軽減と就労促進などによる経済効果を検討する素地を構築する。

3) 医療介護と社会リスク対応・安心社会シミュレータの開発（平成 29 年 1 月～平成 30 年 12 月）

医療介護ニーズのシミュレーションモジュールと、就労・家計のシミュレーションモジュールを結合した、医療介護と社会リスク対応・安心社会シミュレータを完成させる。

社会リスクシミュレータとの結合により、高齢者の多様性を考慮した医療保険・生命保険・年金制度設計が可能となる。民間保険の商品設計をより精緻化することで、保険会社にとってはよりリスクヘッジが可能な、また消費者にとってはより value-cost の高い商品の開発につながり、公的保険制度を補う、新たな民間市場の拡大に向けてアピールを行う。そのために疾病・死亡発生の状況などの将来推計を可視化するデモンストレーションシステムを作成・公開する。保険商品の開発は当該期間内に到達することは難しいが、研究期間終了後 3 年を目途に、民間保険会社などとの合同開発事業につなげるための懇話会設立を目指す。

4) 医療需要推計シミュレータとの統合による需要供給バランスシミュレータの開発（平成 29 年 6 月～平成 30 年 12 月）

医療介護リスクシミュレータは、医療・介護のニーズを高齢者の属性別（年齢・性・地域・経済状況・機能状態・既往など）によって詳細かつ精緻な推計を行うことができる。これによって 2016 年より本格的となる都道府県などにおける地域医療構想に際し、供給ベースの病床必要推計（医療需要推計シミュレータ）と医療介護リスクシミュレータによるニーズ量の推計の双方を照合することで、地域のニーズと供給のマッチングを図るための計画策定が初めて可能となる。いくつかのモデル自治体ならびに経済産業省における将来ヘルスケアマーケットをめぐる議論の場においてこのモジュールの実用化を図り、地域医療構想やヘルスケアマーケットの設計を支援するツールとしてプロモートし、採用自治体・行政部局の枠を拡大する。最終年度はこのため、開発・分析した将来疾病有病率・医療介護費・必要病床数などの成果を、可視化アプリケーションを用いた、ユーザーフレンドリーなデモンストレーションシステム上で展開し、これをパスワードなどによる管理のもと、外部アクセスさせる環境を整備し、地方自治体・中央官庁などの政策立案サポートシステムとして発信する。

② プロジェクトの体制

永井 良三（自治医科大学・学長）の統括の下、自治医科大学、医療経済研究機構、産業医科大学、および、東京大学の連携体制により推進した。

③ プロジェクトの進捗状況、獲得成果及び目標達成への貢献度

本プロジェクトでは国内で入手可能な政府統計・医療・社会ビッグデータである、全国レセプトデータ、政府死亡統計個票、介護給付費実態調査、国民生活基礎調査

等の公的大規模統計や大規模パネル社会調査等の個票データを統合・解析することにより、医療・介護などの社会保障リスクを予測し、医療介護資源量や医療介護・社会保障ニーズ量を推計するモデルを構築し、さらに医療・介護などの資源量を地域別に将来予測するモデルを並行開発することを目指した。また、これら予測モデルを元に医療地域資源配置シミュレータ、医療介護・社会保障の需要供給バランスシミュレータ等、医療介護・貧困など社会リスクの予測を行う医療介護社会リスクシミュレータを開発し、地域の特性に応じた医療・介護福祉・社会保障政策のマクロレベルの制御手法を確立することを究極の目標として掲げた。

3年半にわたる開発事業の結果、当初予定通り、心臓病・脳卒中をはじめとする14の疾患・障害の組み合わせについて併存症・機能障害、ならびに死亡移行の確率を推計し、マルコフ過程を想定した疾病・障害など医療介護ニーズの将来推計シミュレータの開発に成功した。また全国レセプトデータ・全国介護給付実態調査個票から病態別医療・介護費を推計し、これと疾病・障害シミュレータの推計結果を合わせることで2046年にかけての将来医療費・介護費を推計した。さらに開発したシミュレータを用いて仮想的な政策シミュレーション実験を実施し、予防医療や予防介護が疾病罹患率や医療介護費に与える予算影響を推計した。以上の成果は経済産業省平成29年度「我が国におけるデータ駆動型社会における基盤整備（生涯現役社会実現に向けた社会的コストに関する調査）」報告書

(http://www.meti.go.jp/meti_lib/report/H29FY/000233.pdf ならびに http://www.data.go.jp/data/dataset/meti_20180907_0281) に収載され、さらに2018年4月13日開催の内閣未来投資会議において厚生労働省・経済産業省合同提出資料にもIMPACTの成果として引用された（第5回会合 資料7 スライド5；<https://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/miraitoshikaigi/suishinkaigo2018/health/dai5/siryou7.pdf>）。

これらの成果をより広く社会発信するため、ウェブサイト Visionary Future Health@U.Tokyo を開設し、2018年末に公開する見込みである。本サイトを通じて、開発されたシミュレータの性能と応用方策を社会発信し、地域医療・介護計画を立案する自治体、地域における医療介護市場の規模や商品開発のニッチェなどを求める民間企業からの解析要望に応えるための窓口を提示している。

一方、当初予定した地域別（都道府県・市区町村）の将来シミュレータについては、熊本県を用いた実験にとどまった。その理由として当初有病確率の分布を得るための基本情報として国民生活基礎調査の都道府県別情報を用いた場合、N数が少ないことから推計を安定させるためにベイズ統計による手法を応用したが、その結果をvalidationするために熊本県の国民健康保険データ個票を用いたところ、保険病名の処理が問題となり、比較検討ができなかったことに由来する。今後保険病名のクリーニングについてdeep learningなどの手法も取り入れた検討が必要である。

また就労・税収・家計へのインパクト推計モジュールの開発には至らなかったが、健康状態・就労移行確率を求める基礎となるデータの収集について「暮らしと健康調査（J-STAR）」の既存パネルフレームを用いて完了することができたことから、health capacity to work model（Cutler ら）の既存分析フレームに従い、追加開発することで、比較的近い将来、当初予定していた就労・社会保障モジュールの追加も完成する見込みが立った。

<研究開発の進展状況>

プロジェクト開始時のTRL	プロジェクト終了時のTRL
1～3	5～6

④ 競合する技術・アプローチに対するベンチマーク

これまで国内で行われていた将来推計は、今日の有病率や障害保有率が将来においても定常的であることを想定し、将来推計人口に掛け合わせた静的・定常性仮定に基づいていた。しかし近年高齢者の健康状態・死亡率などが変化してきているトレンドを取り込み、最新の疾病発生率・死亡確率を反映させる必要があった。

<獲得成果の革新性>

独自に開発した多相性移行モジュール分析により、既存の大規模公的データからいわばバーチャルな疫学解析を実施することで、疾病の発生率・死亡移行確率を推計することに成功した。これらのデータは、既存の疫学調査に基づくデータと比較してそんな結果が得られていることが確認され、開発手法が新たな疫学研究の手法として今後学術的な展開可能性を持つことが示された。さらに推計された移行確率を用いた将来推計では、近年死亡率・有病率が低下しつつある心臓病・脳卒中などの有病数が、人口高齢化が進む2035年段階において、むしろ現在の有病者数よりも減少する可能性があること、これまでにない新たな知見を生み出すことにつながった。

高齢社会将来シミュレータとしては経済開発協力機構などにおいても、米国 University of South California で開発された Future Elderly Model をベースとしたシミュレータ開発が進んでいる。2018年4月に Paris の OECD Headquarter で欧州モデルをはじめとする各国の将来シミュレータ開発者の合同会議でそれぞれの開発モデルのパフォーマンスが披露された。

<獲得成果の独創性>

米国・欧州モデルは十分なサンプル数を有するパネルデータを必須としていることから、そうしたパネル調査データベースを保有しない多くの国では応用が難しい。またこれらのミクロシミュレータは、移行確率を計算しているが、最終的には計算された有病率を将来推計人口にかけて将来有病数の推計を行っている。これに対して我々の開発モデルでは、比較的入手しやすい全国代表的繰り返し横断データを用いた偽パネルデータを用いていることから、より多くの国での採用が期待される点で優位である。さらにベースラインの有病確率分布を再現した仮想人口を設定し、大規模計算プラットフォーム上で個人ベースのシミュレーションを行う点でユニークであり、多様性に富む高齢者の健康・機能状態に応じてセグメントごとの解析やインパクト推計ができる点においても優位となっている。

2. ミクロレベル医療データの統合・解析による予測モデルの構築とリスクシミュレータの開発

2.1. 心疾患（狭心症、心筋梗塞）リスクシミュレータの開発（分担：自治医大・興裕）

① プロジェクトの計画

1) 既存試料を用いた心疾患データの収集・分析

平成 27 年度～平成 28 年度にかけて参加各施設からデータを収集し、その後のより精緻なデータ収集・分析に備えた予備的解析を行う。また、データ収集の際には手入力による負担軽減および原データとの対応の正確性を担保するために電子カルテデータベースから SS-MIX2 形式で出力されたデータを利用する。

2) 前向き的心疾患データの収集・分析

平成 28 年度～平成 30 年度にかけて、被験者より個別同意を得た上で追跡照査を行い、各施設でデータを収集し、匿名化した上で一カ所に集約して解析を行う。年次毎にデータを整理し、その時点におけるリスク因子とアウトカムの関係について分析を行う。電子カルテから収集できるデータについては SS-MIX2 形式で出力されたデータを利用する。追跡調査においては永井らが FIRST プロジェクト、厚労科研で開発した MCDRS レジストリシステムを用いる。MCDRS には一括データ収集・出力機能が実装されていないため、平成 29 年度にシステム改修を行い、一括データ収集機能（SS-MIX2 agent）を実装した。

3) 心疾患データと DPC、レセプトデータの比較・敷衍

1)、2)で収集されたデータと各施設における DPC データ、レセプトデータを比較することにより、すでに超ビッグデータ処理エンジン上に実装された松田班の DPC データ、満武班のレセプトデータにアウトカムデータを外挿する。この際に膨大なデータを高速に分析する必要があるため、超ビッグデータ処理エンジンを利用する。

4) 疾病・介護・社会的リスクシミュレータの開発

平成 28 年度以降、データ収集と並行して開発を進め、十分なデータが揃った平成 30 年度に完成させる。

② プロジェクトの体制

永井 良三（自治医科大学・学長）の統括の下、自治医科大学、医療経済研究機構、産業医科大学、および、東京大学の連携体制により推進した。

③ プロジェクトの進捗状況、獲得成果及び目標達成への貢献度

平成 28 年度には収集したデータを分析することにより心疾患リスクモデルを構築し、さらにビッグデータ解析基盤上に載せられるよう、データのクリーニング、フォーマットの統一化を図り、すでにビッグデータ解析基盤上に搭載されている DPC データ、レセプトデータと比較・統合することにより心疾患リスクシミュレータの予備構築を行う予定であったが、データ収集を行う過程で、MCDRS 上で逐一データ収集はできるものの、一括データ収集システムが困難であることが判明したため、一括データ収集システムの導入を行い、現在はシステムを用いて一括データ収集を行うための設定作業を行っているところである。設定作業が終われば一気にデータ収集を行うことができるようになり、心疾患リスクシミュレータ構築のためのデータ基盤が構築される予定である。

＜研究開発の進展状況＞

プロジェクト開始時の T R L	プロジェクト終了時の T R L
TRL4	TRL7

④ 競合する技術・アプローチに対するベンチマーク

＜獲得成果の革新性＞

詳細な臨床データを、異なる電子カルテを用いる多施設から時系列で収集するシステムとその解析基盤の構築に成功した。データには、血液検査、心臓カテーテル検査、心電図、心エコー、心血管イベント（心筋梗塞や脳卒中、突然死など）、処方、DPC などのデータが含まれる。これにより、様々な前提条件のもとで、ハイリスク患者が重篤なイベントを生ずる確率を計算することができ、リスクシミュレータを作ることが可能である。これまでにリアルワールドデータからこうしたシステムを開発した事例なく、革新性が極めて高い。今回は虚血心疾患分野で構築できたが、同様の手法を応用することで他分野においてもシステムティックに詳細臨床情報を収集し、解析する基盤を構築できる。

すでに本研究の成果を受けて、厚生労働省は異なる電子カルテのデータ互換を促す予算を措置したことから、政策的にも大きな貢献を果たした。

<獲得成果の独創性>

多くの臨床研究で、詳細な臨床データを収集し、解析することは行われているが、いずれも莫大な人手および費用をかけて行っている。一方で特に中規模以上の病院では電子カルテ情報が大量に蓄積されているが、異なる病院でデータを結合することはこれまで極めて困難だった。異なる電子カルテから、心臓病の複雑な報告書、処方データ、心電図、心エコー、心臓イベントなどの詳細情報を系統的に収集し、データから虚血性心疾患患者のリスクを予測するシステムを構築することに成功したことは、世界的にも画期的である。

2.2. 血圧・血圧変動リスクシミュレータの開発（分担：自治医大・荊尾）

① プロジェクトの計画

1) 新規血圧計を用いた新規リスク指標解析プログラム開発（平成 28 年 2 月～平成 30 年 12 月）

新規血圧計では、1 台で多様な情報収集が可能となる。血圧波形データと身体活動、睡眠状態、環境温度などを併せて解析することで、血圧波形の構成に強く関連するリスク要因を探索する。

2) 循環器イベントリスクシミュレータの開発（平成 28 年 10 月～平成 30 年 12 月）

1)で探索したリスク要因について、収集した 500 名の血圧波形のビッグデータ解析により血圧波形解析アルゴリズムを算出し、循環器リスクシミュレータ開発を進める。

また、下記のデータ収集は研究期間中を通して実施し、個々のモニターを継続する。循環器リスクシミュレータ完成後は、継続収集しているデータでその有効性を検証し、シミュレータの精度を向上させる。

3) 環境センサーを用いた情報収集（平成 29 年 5 月～平成 30 年 12 月）

超ビッグデータ創出ドライバプロジェクトが開発する環境情報収集センサーおよび Wi-SUN・BLE 機器搭載 IoT ゲートウェイを用いて、1)の被験者の生活環境情報を、血圧情報と同時相で収集する。居間、寝室、トイレ、脱衣所、屋外にゲートウェイを設置し、各ポイントにおける温度、湿度、照度の情報を収集する。これらの環境情報が血圧値および血圧変動リスクに与える影響を検討する。

4) 新規ウェアラブル心拍計を用いた情報収集（平成 29 年 4 月～平成 30 年 12 月）

株式会社エー・アンド・デイと共同で脈波センサーの開発を行う。侵襲なく継続的に脈波情報を収集できる新規ウェアラブル心拍計を用いて、1)の被験者より脈波情報を収集する。脈波情報の解析で得られたリスク指標を 2)の循環器イベントリスクシミュレータへ搭載する。

新規血圧計	
自由行動下(24時間)血圧測定 Activity センサー内蔵 (2回/年)	血圧日内変動 身体活動、体位
家庭血圧測定 (毎日)	血圧日間変動、季節変動
温度計 (毎日)	測定時環境温度

- ・ライフレコーダー（毎日）：身体活動・睡眠状態・脈波形
- ・生活環境情報（温度、湿度、照度）
- ・新規ウェアラブル心拍数モニター（毎日）
- ・血液・尿検査（2回/年）：臓器障害
- ・その他データ（1回/年収集）
 - 12 誘導心電図：自律神経機能、不整脈
 - CAVI、PWV：血管状態

血圧値のみならず、**血圧波形**も記録
血圧波形を詳細分析することで、血圧値のみでは見つけられない個々のリスクが検出できる

個々のリスクを**予見**できる指標を同定する

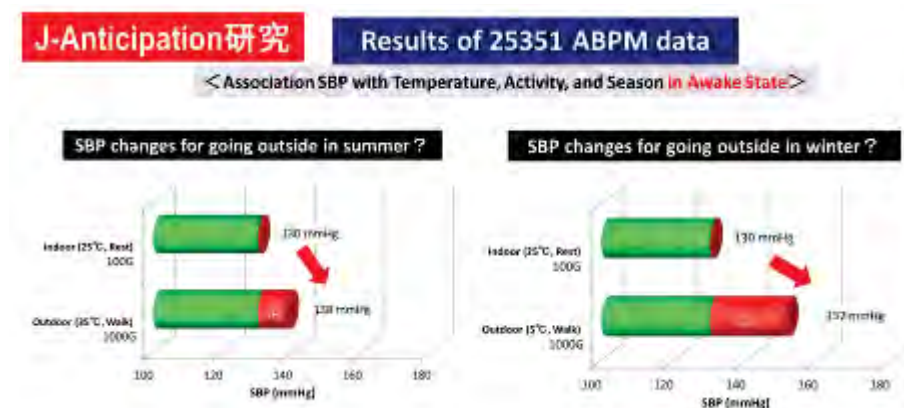
② プロジェクトの体制

永井 良三（自治医科大学・学長）の統括の下、自治医科大学、および、株式会社エー・アンド・デイの産学連携体制により推進した。

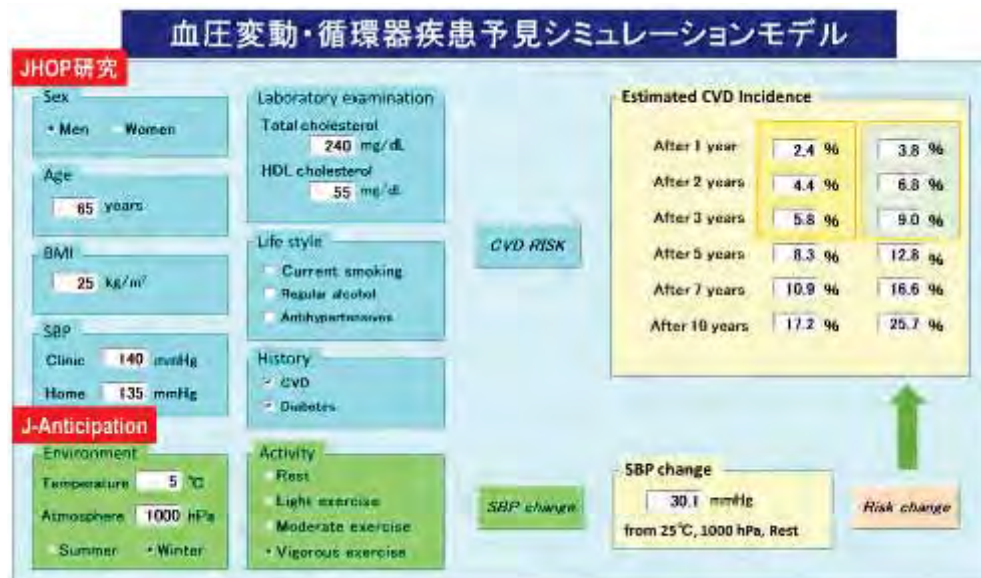
③ プロジェクトの進捗状況、獲得成果及び目標達成への貢献度

2018年12月末時点において、4地域（宮城、栃木、群馬、熊本）より合計550名を研究登録し、24時間自由行動下血圧および家庭血圧の測定を行った。このうち464名に関しては、異なる時期・季節の繰り返し測定データが得られ、変動予測解析に使用した。繰り返し経時測定血圧関連指標に加え、心機能、血管状態、臓器障害指標等のデータについて解析を進め（図1）、「血圧変動・循環器疾患予見シミュレーションモデル」（図2）を作成した。

（図1）



(図2)



「血圧変動・循環器疾患予見シミュレーションモデル」開発と並行して

- 1) ウェアラブル脈拍計の開発、
- 2) リアルタイム血圧・環境モニタリング、
- 3) 血圧カフ容積脈圧波形解析

を行っており、これらにより得られたデータおよびエビデンスをモデルに組み込むことで予測シミュレーションがより高精度で個人に特化したものとなる。

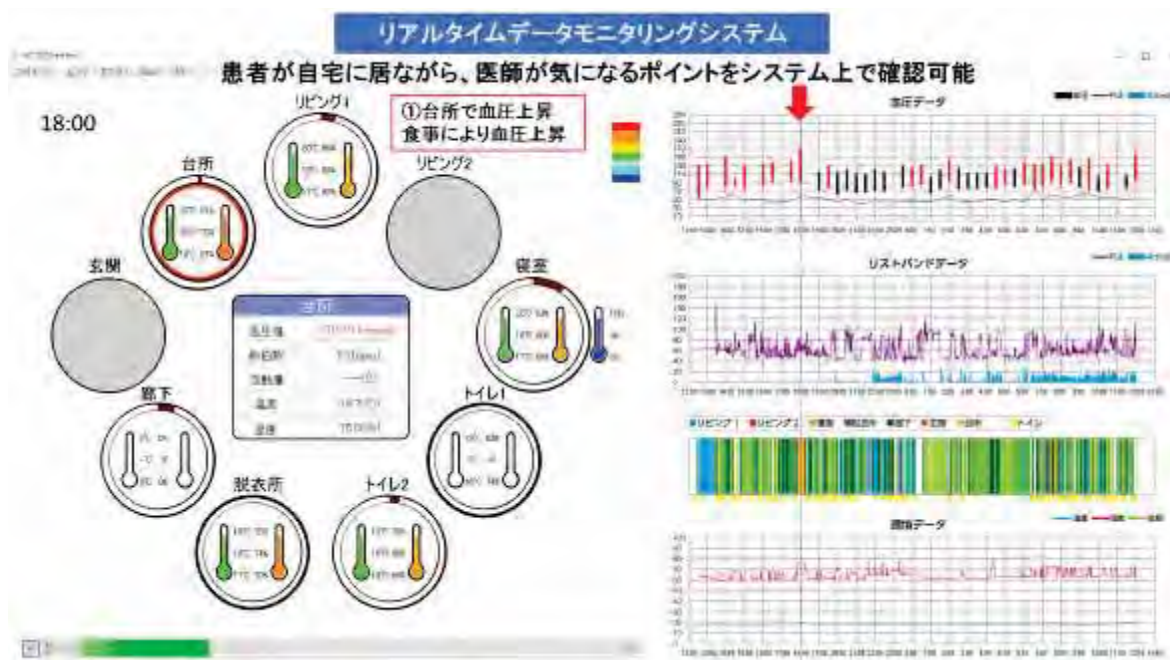
1) 現在、数多くのウェアラブル機器が市販されているが、臨床使用可能なレベルの機器がないため、本プロジェクトにおいて株式会社エー・アンド・デイと共同で新規ウェアラブル脈拍計を開発した。本脈拍計と心電図を同時モニターする比較試験において、本機器で得られる脈波形から同定した1心拍間隔は心電図RR間隔と極めて良い相関を示し、心房細動を精度よく同定できることが分かった。本研究の成果は現在 The Journal of Clinical Hypertension に投稿中である。

2) 超ビッグデータ創出ドライバプロジェクトの京都大学とローム株式会社が開発するWi-SUN通信を用いた狭域情報収集システムおよび、本プロジェクトにおいて株式会社エー・アンド・デイが開発する医療データ収集システムとデータ解析プラットフォームを用いて、生活・環境情報および血圧関連情報をリアルタイムに同時に収集し、解析するシステム(図3)を構築した。血圧情報および生活・環境情報は通信機器を通じて自動的に研究データを蓄積するCloudに保存されるため、設置後は操作不要で、医師もリアルタイムに患者データを確認することが可能(図4)になる。さらに、患者の実生活環境におけるリスクを同定することができる究極の個別医療が実現する。

(図3)



(図4)



3) 本研究で使用している株式会社エー・アンド・デイ社製の血圧計（2017年4月17日プレス発表）は血圧カフ容積脈圧波形を記録する。この波形より血圧値のみでは分からない心房細動等の異常を検出することができる（図3・右上）。

この波形にはさらに個人の血管特性が反映されていると考え、波形のパターン解析を行い、疾患や病態予測が可能か検討を進めている。2019年3月末までに解析結果をまとめる。

④ 競合する技術・アプローチに対するベンチマーク

<獲得成果の革新性>

本プロジェクトにおいて、新規血圧計と新規ウェアラブル脈拍計を使用している。新規血圧計は、1台で24時間自由行動下血圧と家庭血圧が同一機種で測定できる上、温湿度計およびアクチグラフィーを内蔵しているため、血圧測定時の身体活動と周辺環境情報を同時相で取得できる世界初の All-in-One 血圧計である（2017年4月17日プレス発表）。この血圧計で取得したデータにより、荻尾らは「身体活動感受性」「気温感受性」という冬場に増加する循環器疾患の季節変動を説明する新たなリスク指標を発表し（Prog Cardiovasc Dis 2017）、その季節変動と再現性、臨床的意義を検討している。新規ウェアラブル脈拍計は、臨床使用可能なデバイスとして株式会社エー・アンド・デイと共同で開発を進めており、本プロジェクトにおいて、安静下での精度検証は実施済みで、心房細動の同定に有用であることを確認している。

<獲得成果の独創性>

高精度の医療機器、新たな通信システム、解析プラットフォームを組み合わせることで、これまで誰も成しえなかった、個人の日常生活下の生体情報を活動周辺環境暴露情報と同時相で取得し、同時転送することに成功した。これまで血圧と環境に関する研究は多数報告されているが、ある時刻とある場所の1定点観測の環境情報と血圧の集団レベルでの評価である。しかし、個人の実生活の行動様式と行動範囲は様々で、温度や湿度、照度など周辺環境は時刻や場所により大きく異なる。これまで、自由行動下で刻々変化する生体情報に、どの程度、個人の周辺時空間環境が影響を与えるのかは検討されていない。本研究では、プロジェクト間で共同研究を行うことで、世界初の生体情報と同時相の周辺時空間環境暴露情報の解析を実施できるプラットフォームを確立し、データ解析を行った。

2.3. 医療・環境計測データセンサー無線収集システムとデータ解析プラットフォームの開発（分担：株式会社エー・アンド・デイ）

① プロジェクトの計画

本研究開発プログラムは、ミクロレベルの医療計測超ビッグデータを取得・解析するための、研究に必要とするバイタルセンサー機器から取得される血圧波形を中心とする情報の無線データ収集システムの開発とデータ解析を行うために必要とされるプラットフォームの構築ならびに研究に必要とされるデータ収集が行えるウェアラブル型新センサーノードの開発を行う。

(1) ミクロレベル医療データの解析に必要とされるデータ解析プラットフォームの構築

1) プラットフォームの構築

- ・バイタルセンサー機器から得られる測定情報とデータファイルのデータベースへの蓄積

バイタルセンサー機器（家庭血圧、24 時間型血圧）の測定結果及びその生データのファイルをクラウド側に収集できるシステムの構築を行う（平成 29 年 3 月～平成 29 年 6 月）。

- ・ウェアラブル型新センサーノード（(2)-1）-②で開発する）から得られるセンサー情報のデータベースへの蓄積

本研究のために新規開発されるウェアラブル型新センサーから取得されるセンサー情報を血圧情報と合わせ蓄積できる機能を追加する（平成 29 年 4 月～平成 29 年 9 月）。

- ・サーバーインターフェースの開発

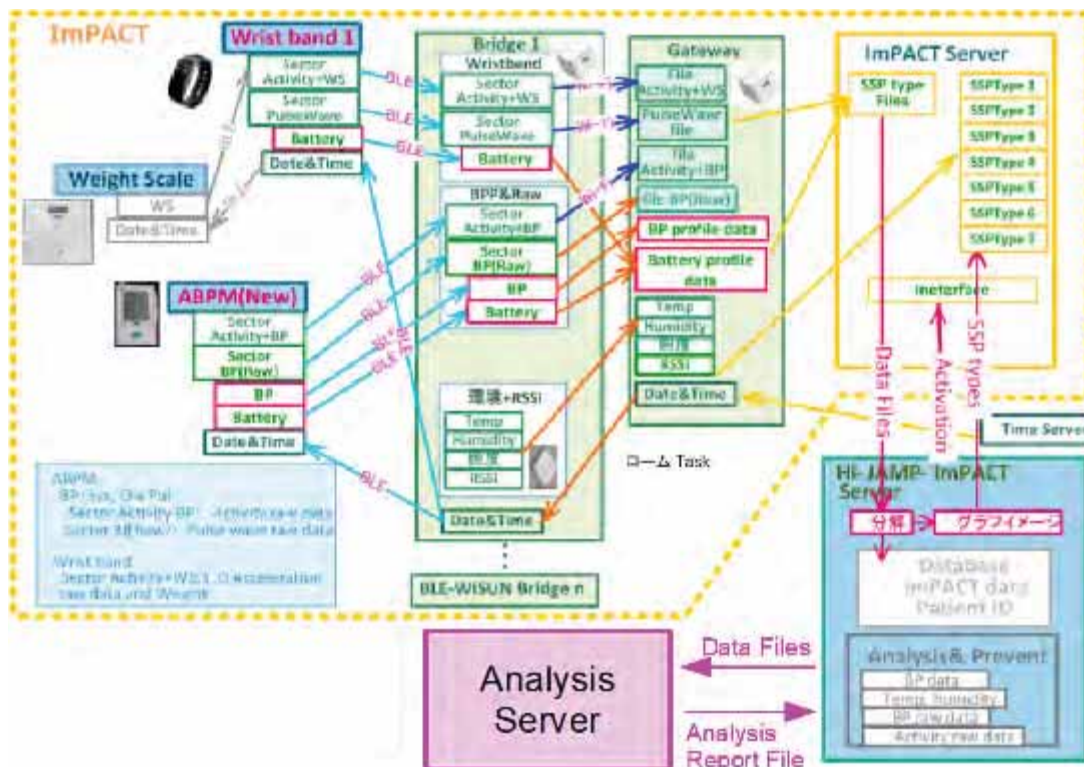
本研究開発で使用するサーバのインターフェースで定義される測定データ項目、機器操作等のインターフェースの仕様検討及び現在使用している外部サーバと ImPACT サーバ間のインターフェース設計を行う（平成 29 年 4 月～平成 29 年 12 月）。

2) データ解析と可視化設計（平成 29 年 4 月～平成 29 年 12 月）

ウェアラブル型新センサーノードと新規血圧計から得られるデータの解析と可視化による、予防のための自動解析アルゴリズム検討。

3) アルゴリズムの実装と動作検証（平成 30 年 4 月～平成 29 年 12 月）

アルゴリズムをサーバに実装し、蓄積された各種データの自動解析を行う仕組みの構築、動作検証の実施。データ処理と解析結果の効率化からアルゴリズムサーバーの構築を行う。



(2) 血圧波形・身体活動情報無線データ収集システムの開発

1) 血圧に影響を与える患者情報を取得するセンサーノードの開発

血圧値は患者の生活形態による影響があり、それを推定できる身体活動情報の取得を目的としたセンサーノードの開発を行う（平成 29 年 3 月）。

センサーノードの開発は、以下の 2 項目とする。

- ①超ビッグデータ収集システムに対応したデータを通信する仕様の追加設計
- ②ウェアラブル新型センサーノードへ脈拍測定機能を追加開発。

2) 新規血圧計の追加開発

1 台で 24 時間自由行動下血圧および家庭血圧測定でき、さらに身体活動度および気圧計・温度計を内蔵した新規血圧計に、超ビッグデータ収集システムに対応したデータ通信を可能とする仕様の追加設計を行う（平成 29 年 4 月～平成 30 年 3 月）。

新規血圧計	
自由行動下(24 時間)血圧測定 Activity センサー内臓 (2回/年)	血圧日内変動 身体活動、体位
家庭血圧測定 毎日)	血圧日間変動、季節変動
温度計 毎日)	測定時環境温度
センサー ノード	
ライフレコーダー	身体活動 睡眠など
脈拍センサー	精度の高い脈拍測定

血圧計は、血圧値のみならず、血圧波形も記録。
ImPACT 対応のインターフェースを実装。

(3) 新規血圧計を用いた新規リスク指標解析アルゴリズム開発及びプログラム実装
自治医科大学で実施する研究開発「2.2 血圧・血圧変動リスクシミュレータの開発（分担：自治医大・荻尾）」の新規血圧計を用いた各地域での実証研究で得られたデータを、自治医科大学と共に解析検討し、リスク指標を同定する。また、それをベースに解析アルゴリズム開発及びプログラムの実装を行い、実証実験を実施する（平成 30 年 4 月～平成 30 年 12 月）。

(4) 循環器イベントリスクシミュレータの開発
自治医科大学とともに、血圧波形データ、心機能、血管状態、臓器障害指標等のデータを統合し、ビッグデータ解析を行うことで、循環器イベントの発症をシミュレーションするアルゴリズムを開発し、循環器イベント発症をリアルタイムで正確に予見するシステムを構築する（平成 30 年 4 月～平成 30 年 12 月）。

② プロジェクトの体制

永井 良三（自治医科大学・学長）の統括の下、自治医科大学、および、株式会社エー・アンド・デイ、そして BDD プロジェクトの産学連携体制により推進した。

研究開発責任者を始めとして研究課題参参加人員は 15 名体制で臨む。研究課題をデータ解析、データベース構築、センサーノード開発の 3 つのプロジェクト体制として各プロジェクトへプロジェクトリーダーを設置し個別の進捗管理を行う体制とした。個々のプロジェクト進捗は定例会議にて総合的な進捗、課題について確認できる体制を設けた。

③ プロジェクトの進捗状況、獲得成果

前記血圧・血圧変動リスクシミュレータの開発、達成の為、3 つのテーマ別グループで研究を進めた。各テーマの進捗状況・獲得成果について報告する。

i) センサーノード開発：新規ウェアラブル脈拍計

循環器疾患予見シミュレーションパラメータとして連続的な脈拍は有用であるという観点から装着者ストレスの少ない Wristband デバイスの脈拍計を開発した。特徴とする点は以前の Wristband デバイス（同社比較）より薄型・軽量化を図り装着ストレスの低減を満足した(図 5)。脈拍計精度評価を心電計基準で検証を行い医療デバイスとしての信頼性が得られた。脈間隔記録についても連続するビート毎の間隔を計測記録し、体動や生理的なアーチファクトに対しても検出除外可能とする新アルゴリズムを開発し、計測データの信頼性を確保した(図 6)。行動時信頼性評価検証の為、社会実装対象者を想定し臨床を自治医科大学で進めている。



図5. 左の当社従来製品と右は、本プロジェクトで開発されたデバイス厚み 1 / 2 を実現した。

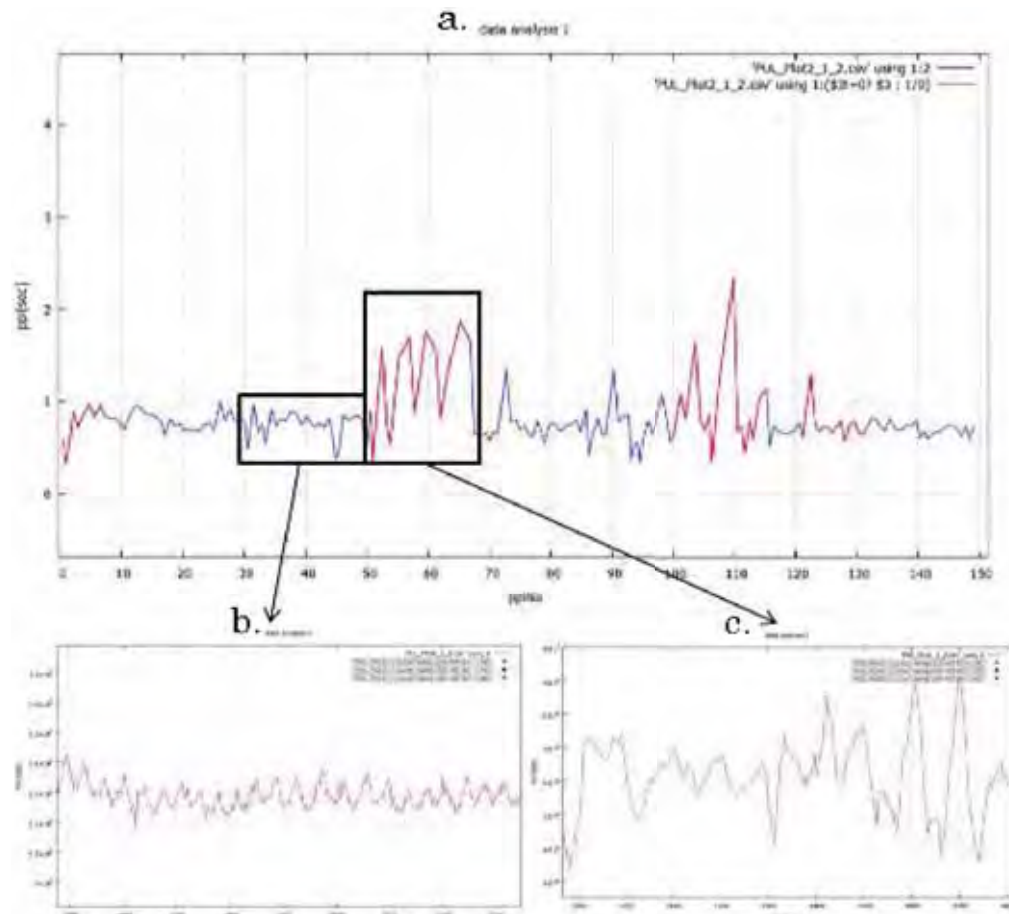


図 6. グラフ a は、脈間隔を縦軸に脈順にグラフ化したものである。赤色の部分はアーチファクトとして判定された領域を示す。グラフ b は正常脈、グラフ c は、異常脈と判定しグラフ a に反映した。

ii) クラウド構築：超ビックデータ創出ドライバプロジェクト開発の Wi-SUN 通信を用いた狭域情報収集システムで蓄積されたデータを、“ 血圧変動・循環器疾患予見シミュレーションモデル” 構築の為に利活用可能なクラウドサーバを開発した。Web アプリケーション開発は、被験者情報の新規登録・編集、蓄積データと登録被験者とのリンク、更には被験者選択により各蓄積データのリアルタイム表示また、循環器疾患予見シミュレータ実現の為に自動解析システムの連携を構築した。

- ・被験者情報登録仕様は、自治医科大学での研究仕様に準じ設計(図 7)
- ・サーバ蓄積データと被験者情報との紐づけは、BDD1 データ蓄積サーバと本クラウドサーバが連携し生成される。その構成図を示す(図 8)。
- ・生成されたデータは、閲覧可能な形で観察できる様に設計した(図 9)。

被験者測定値は、可能な限りリアルタイム性を追求し観察者(医師)の日常診療に有効活用できる様に開発した。また自動解析システムにおいても、信頼性の高い SAS システムと連携し指定データに対して瞬時にレポート生成可能とした(図 8)。

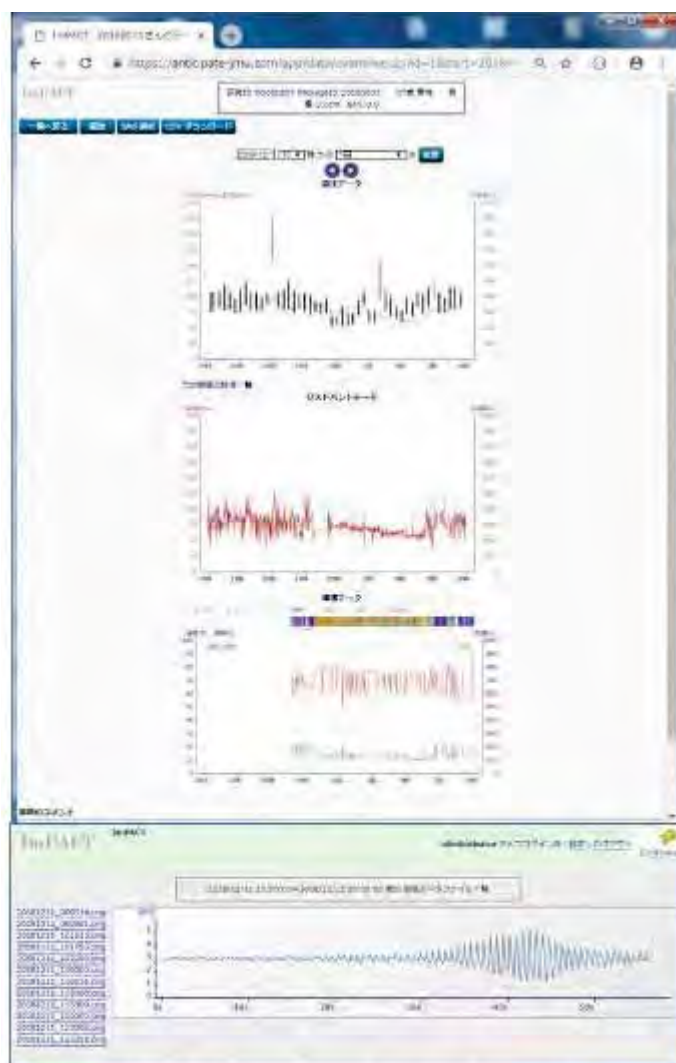


図9.被験者データのグラフ化

iii) 解析：センサーノード開発で得られた、新規ウェアラブル脈拍計において得られたデータより、血圧変動・循環器疾患予見シミュレーションモデルに最適なパラメータを自治医科大学と共に検討し、デバイスにフィードバックし改善。また新規血圧計で得られたデータを自治医科大学と共にその利活用検討をし、クラウド構築仕様に反映した。血圧容積脈波解析においては、血圧値信頼性検討・不整脈検出アルゴリズム検討・血管伸展性パラメータ創出検討を自治医科大学と共に行い。社会実装に向けたセンサーノードのアルゴリズム開発、或は予見シミュレーションシステムに応用する。
 ※進捗・成果については、プロジェクト使用デバイス（ABPM・Wristband）などファーム改善及びクラウドアプリ仕様に反映。自治医科大学共同作業の為、報告は重複する。

<研究開発の進展状況>

プロジェクト開始時のTRL	プロジェクト終了時のTRL
開発段階（TRL5 レベル）	試験実施から実証試験の検討(TRL7-8 レベル)

以下、④については、前項目の「2.2. 血圧・血圧変動リスクシミュレータの開発（分担：自治医大・荻尾）」に記載の通り。

2.4. 心疾患リスクシミュレータおよび血圧・血圧変動リスクシミュレータの統合実証実験（分担：自治医大・荻尾・興梠）

① プロジェクトの計画

2.2-1)で収集する自治医科大学の症例のうち、20 症例を PCI 実施直後の患者とする。本患者のフォローアップデータおよび「血圧・血圧変動リスクシミュレータ」と 2.1.で開発した「心疾患（狭心症、心筋梗塞）リスクシミュレータ」を合わせることで、複合シミュレーションの二次予防への有効性を検証する。

② プロジェクトの体制

永井 良三（自治医科大学・学長）の統括の下、自治医科大学、医療経済研究機構、産業医科大学、東京大学、および、株式会社エー・アンド・デイの産学連携体制により推進した。

③ プロジェクトの進捗状況、目標達成の見通し及び今後の課題

冠動脈のカテーテル治療を受けた直後の患者では、新規デバイスを用いた血圧変動モニタリングの同意が得られなかったことから、循環器疾患 38 例（内訳：狭心症 12 例；心筋梗塞 5 例；大動脈解離 2 例；末梢動脈疾患：17 例（狭心症も発症した症例 1 例を含む）；心不全 4 例（心筋梗塞も発症した症例 1 例を含む））を含むデータベースを作り、「血圧・血圧変動リスクシミュレータ」を開発した。さらに、自治医大循環器内科が主催する全国追跡 JHOP 研究データを用いて、脳卒中、心筋梗塞など循環器イベントを予測する「自治医大 JHOP 予後シミュレータ」と組み合わせることによる複合シミュレータの新規開発につなげた。

④ 競合する技術・アプローチに対するベンチマーク

現在のところ、競合する技術・アプローチは国内外にはなく、本研究開発は独自のものである。

3. 「超ビッグデータプラットフォーム」の適用による高速分析システムの開発とサービ斯基盤の構築

① プロジェクトの計画

本研究ではマクロシミュレータ、ミクロシミュレータを最終的に統合し、全国規模の大規模データを高速に分析したり、地域・患者特性別の複雑多様な分析条件に対応したり、政策実験をするためのパラメータ操作を繰り返したりすることが求められる。この過程では NDB などのビッグデータを用いたパラメータ推計の高速処理を繰り返すことが求められる。要求される政策的分析に迅速に対応するためには超ビッグデー

タプラットフォームの活用が不可欠であり、それと連動したシステムとして構築を行う。

平成 28～29 年を通じてシミュレータの開発・統合を進め、29 年後半から 30 年にかけてシミュレータに必要なデータベースを超ビッグデータプラットフォームに段階的に搭載し、解析プログラム・シミュレータの開発・準備的運用を 30 年度の研究期間終了までに展開する。

② プロジェクトの体制

永井 良三（自治医科大学・学長）の統括の下、自治医科大学、医療経済研究機構、産業医科大学、東京大学、および、株式会社エー・アンド・デイの産学連携体制により推進。

③ プロジェクトの進捗状況、目標達成の見通し及び今後の課題

虚血性疾患や高血圧疾患をもつ個々の患者のデータ集積、および熊本県全県レベルの行政データの集積を進めてきたが、前者については異なる電子カルテデータを結合する技術的問題、後者については個人情報保護の規制のために困難に遭遇し、本プロジェクト終盤になって可能となった。しかしマクロとミクロのレベルのデータ統合には、より広範なデータ集積が必要であり、両者を結合するシミュレータ開発までには到らなかった。

④ 競合する技術・アプローチに対するベンチマーク

現在のところ、競合する技術・アプローチは国内外にはなく、本研究開発は独自のものである。

(3) ファクトリセキュリティプロジェクト (FS)

① プロジェクトの計画

製造業の生産革命の鍵となる「つながる工場」では、一つの工場における故障・攻撃による停止・誤動作がネットワークで接続された工場全体に波及し、甚大な被害となるリスクがある。そこで、工場における故障や攻撃を早期に検知し、影響の拡散を防止することが課題となる。本プロジェクトでは、機器の動き・通信を精密にシミュレートする工場シミュレータによる健全な稼働を示すデータと、実工場のリアルタイム稼働データのビッグデータ照合により故障・攻撃早期検知を実現する。具体的に次の研究項目を開発する。

(1) つながる工場シミュレータ開発

工場シミュレータ（仮想生産システム）の先端のノウハウと、世界トップクラスの機器のノウハウを組合せることで、生産計画からシーケンサ(PLC)の組立/加工機(ロボット)のコマンドの流れを生成する「つながる工場シミュレータ」を開発する。達成目標は、100～1000 台規模のロボットを 10ms～100ms 毎で監視・制御する工場を想定した「つながる工場シミュレータ」を開発することとする。開発は、神戸大学と三菱電機で分担し、連携して実施する。

三菱電機は、実機器・実ネットワークの挙動を模擬するシミュレータを開発する。神戸大学は、三菱電機が開発するシミュレータを活用し、生産管理から機器のコマンドの流れを生成するシミュレータを開発する。

三菱電機は、レーザ加工機（国際シェア 75%）、数値制御装置（同 23%）、制御シーケンサ（同 19%）など加工機器市場にて世界トップシェアを誇る。本実績の中で築いた組立/加工機(ロボット)、FA ネットワークのノウハウを活用し、実機器・実ネットワークの挙動を模擬するシミュレータを開発する。

神戸大学は、シミュレータと実機を統合的に用いる実仮想融合型生産スケジューリングを世界に先駆けて 2010 年に提唱した実績を保有している。本実績を活用し、機器・ネットワークのシミュレータを統合するシミュレータを開発する。

(2) 故障・攻撃検知アルゴリズム開発

シミュレーションと実工場のリアルタイムデータで、コマンドの流れを相関分析する故障・攻撃早期検知アルゴリズムを開発する。達成目標は、数 10ms 毎で生成される制御コマンドにおいても、機器のネットワーク化が行われた場合の攻撃、故障を検知することを達成目標とする。本開発は、三菱電機が担当する。

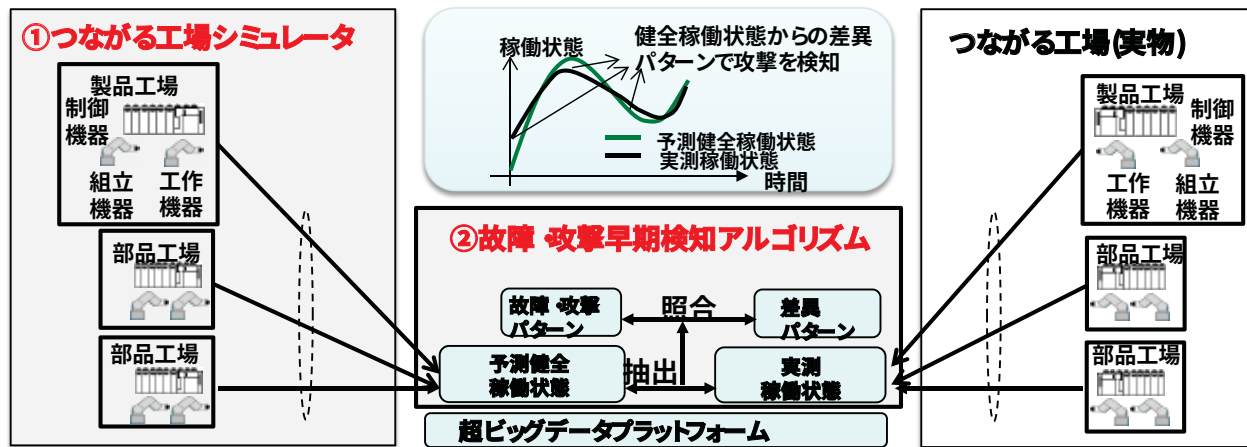


図 1. ファクトリセキュリティのイメージと開発項目

【進め方】

本開発では、つながる工場シミュレータのみを用いた攻撃検知アルゴリズムの開発を先行し、その後、つながる工場プロトタイプ（実機）による検証を実施する（表 1）。

表 1 ファクトリセキュリティプロジェクト開発計画

	H27	H28	H29	H30
つながる工場シミュレータで攻撃検知アルゴリズムを開発	- つながる工場シミュレータをセル生産ロボットを想定して開発 1000台規模、1台あたり40工程程度を想定 - 複数機器が接続されることを想定して、攻撃のメカニズムの調査、正常コマンドログを調査し攻撃検知アルゴリズムを開発 - シミュレータの生成する正常コマンドログにエミュレータで生成した攻撃ログを混ぜ、アルゴリズムの検知力を検証		- 故障のメカニズムの調査及び故障検知アルゴリズムの追加 - 攻撃の検知力の改善、台数増加	攻撃／故障の検知力の改善
つながる工場プロトタイプを用いて攻撃・故障検知アルゴリズムを検証			4台のロボット、一台あたり40の工程のセル生産ロボットを題材に検討 - 攻撃アルゴリズムを主体的に検証	- ロボット台数の増量 - 攻撃/故障量アルゴリズムを検証

【平成 28 年度末迄】

サイバー攻撃に対するインシデントに対しての挙動が模擬可能な「つながる工場シミュレータ」を製造工場のオペレーションとインシデントに関するビッグデータより開発する。また、シミュレータで生成する正常時のコマンドの流れと攻撃発生時のコマンドの流れを相関分析する攻撃早期検知アルゴリズムを開発し、攻撃の兆候をリアルタイムに検出する。

(1) つながる工場シミュレータによる攻撃検知アルゴリズムの開発

つながる工場シミュレータを、セル生産ロボットを想定して開発する。規模の想定は、ロボット 1000 台規模、1 台あたり 40 工程程度とする。複数機器が接続されることを想定して、攻撃のメカニズムを調査し、攻撃検知アルゴリズムを開発する。

シミュレータで生成する正常コマンドログにエミュレータで生成した攻撃ログを混ぜ、アルゴリズムの検知力を検証する。また、故障と攻撃の境界を明確にするという観点から、攻撃とは何かを定義し明確にする。

つながる工場シミュレータの機器・ネットワーク部分は三菱電機が開発を担当し、それらをシステムとして連携させる部分の開発を神戸大学が担当する。エミュレータの開発、エミュレータからの攻撃ログの生成、攻撃検知アルゴリズムの開発は、三菱電機が担当する。

【平成 29 年度末迄】

故障検知アルゴリズムを、前年度に得た攻撃に対する知見を活用して開発する。また、つながる工場シミュレータで生成する正常時のコマンドの流れとつながる工場プロトタイプで生成するコマンドの流れを用いて、攻撃早期検知アルゴリズムの検証を実施する。

(1) つながる工場シミュレータによる攻撃検知アルゴリズムの開発

過去の機器の故障事例から、故障がネットワーク上のコマンドの流れに対する影響を机上検討する。そのため、ネットワーク上のコマンドの流れがどのようなものかを把握する。全ての故障がネットワーク上のコマンドの流れだけで検出できるわけではないことを考慮し、故障検知用の新規センサーの機器取り付け等が必要か否かを、過去の故障事例を元に調査する。故障の優先度を深刻度の観点から整理し、対処すべき故障を明らかにする。

また、攻撃検知アルゴリズムについては、対応規模の拡大（ロボット台数の増加）と攻撃検知力の改善に取り組む。本開発は三菱電機が担当する。

(2) つながる工場プロトタイプを用いた攻撃検知アルゴリズムの検証

つながる工場シミュレータは、正常時のコマンドの流れの生成する機能を実現し、故障や攻撃等異常時のコマンドの流れを生成する機能はない。したがって、実工場で攻撃や故障の発生した場合のコマンドの流れを、検証用に生成するため、つながる工場プロトタイプが必要となる。つながる工場プロトタイプとして、4 台のロボット、1 台あたり 40 の工程からなるセル生産ロボットの構築を実施する。本プロ

トタイプを用いて、攻撃アルゴリズムの検証を実施する。本開発は三菱電機が担当する。

上記開発活動においては、超ビッグデータプラットフォームの特性を活かした検知アルゴリズムを開発するため、超ビッグデータプラットフォームに対する要件について、本研究開発の他プロジェクトと連携して検討する。

【平成 30 年度末迄】

三菱電機の開発にて、「つながる工場」が実際に稼働することを想定し、故障検知アルゴリズムを強化すると共に、実際の工場現場を対象として有効性を実証する。神戸大学の開発では、本アルゴリズム強化、有効性検証に追従し、「つながる工場シミュレータ」の機能追加・性能向上を実施する。また、故障攻撃検知アルゴリズムを、超ビッグデータプラットフォーム上で動作させる事を目指す。

(1) つながる工場シミュレータによる攻撃検知アルゴリズムの開発

攻撃と故障の検知力のさらなる改善に取り組む。本開発において、つながる工場シミュレータの対応規模拡大・改良は、神戸大学と三菱電機が共同で取り組む。故障攻撃検知アルゴリズムの開発は三菱電機が担当する。

(2) つながる工場プロトタイプを用いた攻撃・故障検知アルゴリズムの検証

攻撃に加え故障も含めた検知アルゴリズムの検証を実施する。本開発は三菱電機が担当する。

② プロジェクトの体制

米田 健（三菱電機株式会社）の統括の下、三菱電機株式会社と神戸大学の産学連携体制により推進した。

③ プロジェクトの進捗状況、獲得成果及び目標達成への貢献度

第4次産業革命時代におけるマスカスタム生産工場の健全性維持と生産性向上を実現するために、ネットワーク化された工場へのサイバー攻撃、故障の早期検知を行い、サイバー攻撃を一網打尽に捉える全く新しいシステムの開発をめざした。以下の成果を獲得した。

(1) つながる工場シミュレータ開発

マスカスタム生産の具体例を今後の高齢化社会でニーズの高まるオーダメイドケア食生産とした。そして、生産量の変動するオーダメイド生産に柔軟に対応する工場として、ジョブショップ（屋台）型の工場が適切であることを特定した。そしてジョブショップ型の工場内の設備構成と、オーダメイド製品を信頼性高く製造す

オーダメイドケア食弁当生産においては、顧客による嗜好のバリエーションが多様であり、それに対応して製造する種類やその製造にかかる時間が多様であることから、フレキシブルジョブショップ型の工場が適切であるとの結論に達した。また、同工場においては、多種多様な弁当が、有限の製造装置をスケジュールに従って共有しながら同時に複数生産される。そのため時間ベースで定められたスケジュールに基づいた製造装置制御では、ある工程の失敗・遅延の影響が他の弁当の製造工程に伝播してしまい、最悪の場合には弁当生産のスケジュールが破たんしてしまう恐れがある。そこで、そのような失敗や遅延の影響が他の弁当製造に伝播することを最小限とするため、スケジューラから渡された時間ベースのスケジュールをイベントドリブンベースのスケジュールに変換、装置が空き状態になった時点で次の製造コマンドを与える通信方式を得た(図1)。

時間ベーススケジュール(スケジューラ作成)

AGVコントローラ	
AGV1	
シヨブ シヨブ シヨブ	積込/積降 ロボット(弁当詰込) ごはん製造装置
シヨブ シヨブ シヨブ	積込/積降 ロボット(弁当詰込) おかず製造装置

製造装置コントローラ

MES

各装置への指示をイベント
ドリブンに変換

イベントドリブンスケジュール

AGV1	
移動E1	移動E2
E1積込/積降	降弁△ 積弁△
J1ロボット	ごはん→ 弁△
J1ごはん製造装置	ごはん製造 洗浄 ごはん製造
キュー	...
	J5ジョブジョブ

キューに格納された
順序で指示

74

（２）故障・攻撃検知アルゴリズム開発

工場内のネットワークを流れるコマンドは、工程遅延等によりシミュレータの出力結果とずれが発生し得るという知見を得、そのようなずれに対し耐性をもつ事を特徴とする検知アルゴリズムを開発した（特許出願）。

シミュレータの予測した制御コマンド列を、宛先となる製造装置毎に分類し、各製造装置に対して発生するコマンドが、予測した通りの順序に従っているかを確認することによる検知方式（図２）。

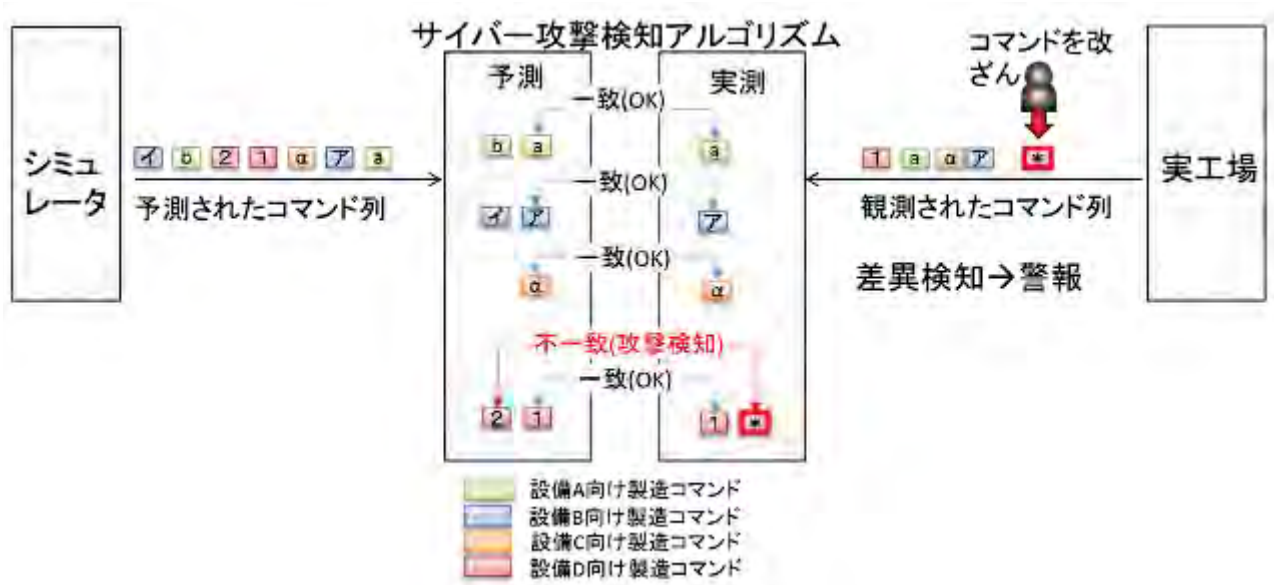


図２ サイバー攻撃検知アルゴリズム

また、最終目標である 1000 ロボット規模の工場においてどの程度のトラフィックが発生するかを試算した結果、検知アルゴリズムが処理すべき通信量が 500MB/sec に上る事が判明、具体的な性能目標指標を得た。

未来からのバックキャストでマスカスタム生産工場を設計後、工場に対する攻撃を想定して “サイバーフィジカル型攻撃検知” という全く新しい攻撃検知方式を開発した。本方式は、今後のドイツの Industrie4.0, 中国の製造 2025, アメリカの Industrial Internet Consortium 等第 4 次産業革命の取組に対して日本から提案できるオンリーワンのサイバー攻撃検知方式となり、未来の工場のセキュリティのセキュリティ要件・対策の標準化への貢献、その貢献を通じた日本の存在感向上に大きく寄与する。

Securing Global Industrial Value Networks

Integrating international approaches

Programme Day 2 – 15 May

A deep dive into security aspects of global industrial value chains – Challenges and Approaches

from 08:00	Registration
08:15 – 09:15	Networking Breakfast // Speed-Dating Best Practice Poster Session on key question regarding Security 4.0
09:15 – 09:30	Introduction: Challenges of security aspects of global industrial value chains Michael Jochem, Robert Bosch // Plattform Industrie 4.0
09:30 – 10:30	Session 1: A secure ecosystem for smart manufacturing Dr. Wolfgang Klasen, Siemens // Plattform Industrie 4.0 Sebastian Plecha, Huawei
10:30 – 11:00	Coffee Break
11:00 – 12:00	Session 2: How can we guarantee a secure communication? Dr. Lutz Janicke, PHOENIX CONTACT // Plattform Industrie 4.0 Takeshi Yoneda, Mitsubishi Electric // Robot Revolution Initiative
13:00 – 14:00	Panel: What to take away from the sessions and where to go Dr. Wolfgang Klasen, Siemens // Plattform Industrie 4.0 Dr. Detlef Houdeau, Infineon Technologies // Plattform Industrie 4.0 Robert Martin, The MITRE Corporation // Industrial Internet Consortium Takeshi Yoneda, Mitsubishi Electric // Robot Revolution Initiative
14:00	End of the conference



ドイツ経産省主催：Secure Global Industrial Value Networks(下記 URL)より引用
<https://www.bmwi-registrierung.de/Securing-Global-Industrial-Value-Networks/pdf/Programme.pdf>

https://www.plattform-i40.de/I40/Redaktion/EN/Downloads/Publikation/2018-conference-report-securing-global-industrial-value-networks.pdf?_blob=publicationFile&v=5

<研究開発の進展状況>

プロジェクト開始時のTRL	プロジェクト終了時のTRL
2(技術的な概念モデルが提案されている)	7(システムとして実証モデルが、実際の使用環境に近い条件のもとで試験されている。)

④ 競合する技術・アプローチに対するベンチマーク

従業員の操作によりランダムで複雑な通信パターンを持つ情報システムでは、攻撃通信パターン（ブラックリスト）を登録し、ブラックリストに一致した通信を攻撃とみなすブラックリスト方式が用いられる。攻撃の種類は増える一方なので、ブラックリストは、数万から数億のオーダとなりリアルタイムの処理は困難となる。

一方、装置が同じ製品を自動で製造するプラントでは、正常通信パターン（ホワイトリスト）が少ないルールで定義できるので、ホワイトリストからずれた通信を攻撃としてリアルタイムに検知するホワイトリスト型攻撃検知が用いられる。

しかし、マスカスタム生産時代の工場では、ユーザの嗜好を反映し1品一葉の製品を製造するため、製造コマンドの通信にリアルタイム性が要求されつつ正常通信パターンが定義できない。そこで、ブラックリスト型攻撃検知も、ホワイトリスト型攻撃検知もマスカスタム生産時代の工場に対する攻撃検知には有効ではない。

今回開発したサイバーフィジカル型攻撃検知方式は、マスカスタム生産の工場に対する攻撃をリアルタイムに検知することができる。



<獲得成果の革新性>

将来のマスカスタム生産時代の工場では、ユーザの嗜好を反映し1品一葉製品を製造するため、製造コマンドの通信にリアルタイム性が要求されつつ正常通信パターンが定義できない。この将来の深刻な課題を未来からのバックキャストで明らかにしたこと。また、未来のマスカスタム生産工場のシステム構成を明らかにすることにより「不良品を紛れ込ませ出荷後にリコールに追い込む」製造コマンド改ざん攻撃が対応すべき深刻な攻撃となることを明らかにしたこと。

<獲得成果の独創性>

マスカスタム生産では、製造する製品の生産スケジュールが事前（通常前日）には定まっているという特徴を生かして、工場シミュレータが生産スケジュールから生成する製造コマンド列と、実際の工場が生産スケジュールから生成する製造コマンド列を比較し、その差異により攻撃を検知という全く新しいサイバーフィジカル型攻撃検知方式を創出し（特許成立）、実際のロボットを用いたプロトタイプシステムにより効果の有効性を示したこと。

攻撃検知方式

1. 生産計画が
-工場シミュレータ
-実工場
にインプット
2. 工場シミュレータは、
生産計画を実現する 製造コマンド
を予測・生成
3. 実工場は、生産計画を実現
する製造コマンドにより製造を実行
4. 攻撃検知システムでは、
予測製造コマンドと、
実製造コマンド
を比較して攻撃を検知



正常な場合



コマンド改ざん攻撃を受けた場合

3. 研究開発プログラムの全体成果

(1) 目標達成の状況（目標達成できた場合の要因分析、目標達成が困難となった場合の原因分析も記載）

① 【超ビッグデータ創出ドライバ：BDD】

100 ノード対応可能な Wi-SUN システムの開発に関しては、国際標準化団体 IEEE 802.15.10 で多段中継可能な通信方式の標準化及び国際標準化団体 Wi-SUN アライアンスにおいて3つのプロファイルを標準化した。Wi-SUN enhanced HAN、Wi-SUN FAN、Wi-SUN JUTA である。これらのシステムの通信ミドルウェアを開発し、802.15.10 準拠の Wi-SUN enhanced HAN、Wi-SUN FAN に関しては、目標となる 100 ノード対応の多段中継機能付き Wi-SUN システムの開発に成功し、屋内実験、屋外実験においてその多段中継機能を実証することができた。

また、Wi-SUN enhanced HAN、Wi-SUN FAN に関しては、47×47×38mm の筐体の IoT ゲートウェイにこの通信ミドルウェアを搭載し、商用可能でかつ多段中継可能でさらに BLE、Wi-Fi とのブリッジも可能な小型 IoT ゲートウェイの開発に成功した。この IoT ゲートウェイには、環境情報、生体情報（3 種類の温度センサー、3 種類の湿度センサー、3 種類の加速度計、照度、UV Index、気圧、騒音、不快指数、熱中症警戒度、血圧計、光電脈波、体重計）からの情報を収集し、超ビッグデータ収集、制御クラウドまで伝送可能である。以上 Wi-SUN システムとしての成果目標はすべて達成した。さらにそれ以上に Wi-SUN enhanced HAN、Wi-SUN FAN の通信ミドルウェアは、商用化され、また、当該ソフトウェアが搭載された Wi-SUN 無線機器は、すでに販売も開始された。つまり最終年度までに、研究開発、標準、実証試験、実用化にすべて成功し、目標以上の成果が出たと考えられる。

数 10km 伝送 Wi-RAN システムの開発に関しては、ARIB STD-T103 をベースにした 1 段あたり最大 26.5 km 伝送可能であり、30 段程度多段中継可能でかつ基地局—複数端末局収容可能なシステムを構築した。特に、研究開発した多段中継方式は、ARIB STD-T119 として標準化をした。そして総距離 70km に渡る超巨大な IoT データ収集用ネットワークの自律構築実証試験に世界で初めて成功した。この実証試験で用いられた Wi-RAN 無線機は日立国際電気により商用化され、省庁の公共用ブロードバンドネットワークシステムとして販売されている。この案件も最終年度までに、研究開発、標準、実証試験、実用化にすべて成功し、目標以上の成果が出たと考えられる。

また、狭域系 Wi-SUN システムおよび、広域系 Wi-RAN システムを統合し、パブリッククラウドに対して情報蓄積を行うことができる超ビッグデータプラットフォームを構築し、ヘルスセキュリティにおける時系列のリアルタイム環境・生体・同時相超ビッグデータの取得を行うことに成功した。データ取得のために超ビッグデータ収集、制御クラウドを構築し、このクラウドで取得したデータは自治医大が開発

する統合循環器リスク予見シミュレータで解析し、循環器に関するリスク予見を行うことが可能である。これも目的を達成した。

さらに、ImPACT のヘルスセキュリティプロジェクトの血圧・血圧変動リスクシミュレータ開発のために必要になる生活・環境情報および血圧関連情報をリアルタイムに同時に収集するため、Wi-SUN を搭載したゲートウェイを用いた自営回線および携帯電話（LTE）公衆回線を用いた環境・生体情報同時収集システムを構築し、自治医大の循環器内科の患者宅に設置し、環境・生体情報の時系列同時収集に成功した。これも目的を達成した。このシステムは、研究者の手を借りず設置業者の手により設置可能なように開発され、商用化をすぐに行うことが可能である。

以上、本プロジェクト開始時に設定された目標を大きくこえる成果を達成した。

② 【超ビッグデータ処理エンジン：BDE】

平成 30 年度には、毎秒 1,000 万回程度のストレージアクセス性能（ただし、予算制約から検証は毎秒 600 万回程度の水準を目指す）を達成した。この際、追加予算の措置をお認め頂いたことにより、パブリッククラウド環境への適用を行い、目標を上回る成果が得られた。

また、ヘルスセキュリティビッグデータに基づく複数の解析応用を開発し、当該応用から、高齢者に於ける疾患の重症化過程等、ヘルスセキュリティ分野に於いて従前は未知であった事象の解明に糸口を得た。この際、追加予算の措置をお認め頂いたことにより、医療経済研究機構との連携の下、自治体等への解析サービス提供実験のためのセキュアシステムを構築し、医療・介護政策立案等に向けた実証実験を実施すると共に、当該システムを他県へ拡張した。加えて、大学院医学系研究科との連携により、医療介護ニーズ予測のためのマクロシミュレーション基盤の整備を行った。更に、超高速匿名加工処理技術の機能設計を行い、その有効性を実証するなど、目標を上回る成果が得られた。

③ 【ヘルスセキュリティ：HS】

1. マクロレベル医療データの統合・解析による予測モデルの構築とリスクシミュレータの開発

「1.1. 地域医療リスクシミュレータの開発（分担：自治医大・康永、小谷）」において、レセプトデータの時系列化、およびこれを用いた深層学習による予後予測モデルの作成という目標を達成した。熊本県との良好な関係を築いたことによってデータの取得が可能となったこと、高性能サーバ購入によりデータの格納及び取り扱いが可能となったこと、我々が臨床疫学とレセプトデータの知識を併せ持つ研究者であったため、臨床的疑問を解決するための形にデータを整形することが可能であり、臨床家とのコラボレーションによって様々な課題の解決へ向けた臨床疫学研究が実行可能であったこと等が今回の目標達成の大きな要因であったと考えられる。

「1.2. 経年的患者実態把握と保健医療支出シミュレータの開発（分担：医療経済研究機構・満武）」において、経年的患者実態把握と保健医療支出シミュレータの開発の目標達成ができた。特に、医療費適正化を前提に、以下の3点の目標を達成した。

- 1) 患者の時系列データを作成と地域ごとの医療需要と供給の実態と課題の可視化、
- 2) 医療費および介護費の予測モデルの作成、
- 3) 以上を超ビッグデータ処理エンジン上で実施する

目標達成の要因分析としては、喜連川研究室との共同によって世界最先端のデータベース技術を駆使した「高速レセプト情報等解析プラットフォーム」を構築し、当該プラットフォームを介して医療経済・政策に関する新たな知見の獲得や現象の解明を行ったことが目標達成に至った最も重要な成功要因であった。

「1.3. 医療需要推計シミュレータの開発（分担：産業医科大学・松田）」において、上述の通り、推計ツールについてはほぼ予定通り完成できたと考えられる。我々の教室では過去15年以上にわたってレセプトの分析を行っており、その過程で蓄積したプログラミング技術が本研究の成功要因であると考え。しかしながら、より精緻な推計ツール開発のために必要な数学的モデリングについては、人的資源の不足もあり、予定していたレベルに達することができなかった。

「1.4. 医療介護と社会リスク対応・安心社会シミュレータの開発（分担：東京大学・橋本）」において、上述の通り、疾病・障害将来推計と医療介護費将来推計についてはほぼ当初の目標を達成することができた。偽パネルデータを用いて疾病罹患率・死亡移行確率を推計するための新たな手法（多相性状態移行モジュール分析）に成功したこと、それらを推計するための十分なデータ材料（過去10数年にわたる1000万件以上の死亡個票情報、延べ500万人の疾病罹患に関する全国代表的サンプル情報、さらに全国レセプトデータベース個票）へのアクセスが比較的スムーズに進んだこと、さらに後述のとおり、それらのデータから抽出された10万以上の移行確率パラメータを搭載した将来推計モデルを実行できる巨大データプラットフォームが喜連川研究室との共同により提供されたことが目標達成に至った最も重要な成功要因であった。

2. ミクロレベル医療データの統合・解析による予測モデルの構築とリスクシミュレータの開発

「2.1. 心疾患（狭心症、心筋梗塞）リスクシミュレータの開発（分担：自治医大・興格）」において、当初目標の中で特定分野において多施設から詳細な臨床情報を収集し、解析基盤を構築する部分についてはほぼ目標通りに達成できた。しかし、より大規模な DPC・レセプトデータ(NDB データ)にその解析結果を当てはめ、より敷衍した形で解析する基盤の構築を行う部分については不十分な結果となった。その原因の一部としては、研究開発者が考えるほどに DPC・NDB データの利用が容易でなかったことがある。しかし、今後は本プロジェクトで構築した仕組みをより多施設に広げることで克服できる課題と考えられる。

「2.2. 血圧・血圧変動リスクシミュレータの開発（分担：自治医大・荻尾）」において、4 地域（宮城、栃木、群馬、熊本）にて合計 550 名の協力を得てデータ取得を開始し、464 名の異なる時期・季節の繰り返し測定データを収集した。これらのデータを用いて「血圧変動・循環器疾患予見シミュレーションモデル」を作成した。

血圧・環境モニタリングについては、データ収集システム及び解析プラットフォームは完成し、冬場の気温変動が大きい栃木の研究フィールドに導入した。現在も引き続きモニターを続けており、さらなる改良を加えながら、実用化や新たな活用方法の検討を続ける。

④ 【ファクトリセキュリティ：FS】

平成 27 年度、平成 28 年度は、今後普及が見込まれるマスカスタム生産工場のシステム構成を明らかにすることで、従来の攻撃方式では防ぐことができない製造コマンド改ざん攻撃の存在を明らかにし、その対策としてサイバーフィジカル型攻撃検知方式を開発した。平成 29 年度には実ロボットを用いて方式が攻撃を有効に防御することを検証した。平成 30 年度には、つながる工場のシステム構成を明らかにし、感染拡大と生産維持の両立がにつながる工場特有の深刻な課題となることを特定し、その解決方式を開発した。平成 27 年度から平成 30 年度までに開発した成果を実ロボットも含むデモシステムに実装し有効性を確認することができた。

未来のつながる工場のバックキャストにより特定した課題の解決に果敢にチャレンジし、セキュリティやファクトリ等の異なる専門を有する部門が密に連携したことが、論文採録・特許成立を実現し世界からも着目される日本固有技術の開発につながった。

(2) 参考指標

① 民間企業等とのマッチング及び橋渡しの状況

✓ 下記の表に記入する他、マッチングの方針や特筆すべき状況があれば本欄に記載。

	目標値	26年度	27年度	28年度	29年度	30年度
企業の研究者数	65		0	54	70	70
協力企業数 ※	9		0	7	9	9

注：() は見込み数

※ 研究開発に参画する企業だけでなく、研究成果の展開に意欲を示し、ImPACT で得た機密情報を開示する秘密保持契約等を具体的に結んだ企業の数

※【BDD】狭域系 Wi-SUN システムに関しては、本プロジェクトで開発した Wi-SUN enhanced HAN 通信ミドルウェア、Wi-SUN FAN 通信ミドルウェア、Wi-SUN JUTA 通信ミドルウェアは、株式会社アイ・エス・ビー、日新システムズ株式会社より商用化された。このミドルウェアを用い、Next Drive 社は、同社の IoT ゲートウェイ「Cube-J」に搭載し、商用化される予定である。また、Wi-SUN FAN 通信ミドルウェアは、コアスタッフ株式会社の IoT ゲートウェイ Armadillo-640 に搭載され、商用化された。さらに Wi-SUN JUTA 通信ミドルウェアは東京ガス株式会社の家庭内通信システムに採用された。また、広域系 Wi-RAN システムに関しては、日立国際電気株式会社が商用化を行い、既に国土交通省をはじめとする複数の省庁に納品されている。

※【BDE】研究開発の参画機関である日立製作所は、研究開発成果に基づき自身が事業化を推進することを計画している。日立製作所は、エンタープライズストレージシステム市場で世界2位のシェアを誇る等、ビッグデータの基盤システム分野に於いて国際的なリーダーシップを有しており、同社の顧客ベースは本研究開発成果の適用の潜在性を有している。ここでは、このうち特に同社が密接な会話をを行っている企業数を主に報告している。企業対企業で事業化を前提として会話をを行っていることから、相手方で従事している研究者の数を報告することはできない。

※【HS】「1.2. 経年的患者実態把握と保健医療支出シミュレータの開発（分担：医療経済研究機構・満武）」において、三重県名張市と契約を締結し、シミュレータの導入実験、他職種で構成する検討員会を設置した。地域包括ケア、在宅医療推進など策定のためのシステム（シミュレーター）に必要な助言、データの提供等が契約に含まれる。

「1.4. 医療介護と社会リスク対応・安心社会シミュレータの開発（分担：東京大学・橋本）」において、企業としては主に保険関連商品を扱う民間企業と、地域医療計画など策定のために開発システムの利用を有料ないしデータ利用との互換条件で検討する地方自治体を含む。

また従来のマクロシミュレータと異なり、本事業を通じて開発してきたシステムは、個別性を担保したシミュレータを大規模プラットフォーム上で展開した、いわば「ミクロを積み重ねたマクロ推計」、まったく新しい発想によるものである。単に将来推計のみならず、さまざまな実験的シナリオに基づき、政策や新規技術によるり患率・死亡率へのインパクトが及ぼすマクロ影響の推計が可能となることから、今後製薬・医療機器開発企業などにおける費用対効果分析においてもその力を発揮することが期待される。

② 論文

	目標値	26年度	27年度	28年度	29年度	30年度
全 体 数	約 60 報		0	7	9	21
うち IP 774-10 以上	なし		0	0	0	0

※【BDE】情報学分野に於いては、学術論文誌は主要な競争の場ではなく、インパクトファクタが研究成果の優位性を測る指標とは見做されていない。

③ 学会発表

	目標値	26年度	27年度	28年度	29年度	30年度
全 体 数	100		0	32	53	23
学会賞等の受賞数			0	2	5	7

④ 国際学会における招待講演

	目標値	26年度	27年度	28年度	29年度	30年度
全 体 数			0	7	6	11

⑤ 特許出願件数

	目標値	26年度	27年度	28年度	29年度	30年度
国内			0	0	3	4
海外			0	1	0	3
合 計	10		0	1	3	7

⑥ 知財・標準化等の取組状況

	目標値	26年度	27年度	28年度	29年度	30年度
全 体 数	約 10		25	41	2	(>1)

注：（ ）は見込み数

※【BDD】狭域系 Wi-SUN の IP を用いないルーティング方式は、IEEE 802.15.10 で標準化を行った。また、Wi-SUN HAN ワーキンググループにおいて、IEEE 802.15.10 搭載の Wi-SUN enhanced HAN の標準化を行った。この標準化ワーキンググループの議長は

京都大学の原田が行った。また、Wi-SUN JUTA ワーキンググループにおいて、開発した F-RIT 方式をベースにしたガス・スマートメータ用通信規格の標準化を行った。また、広域 Wi-RAN の多段中継技術に関して、総務省電気通信審議会にて制度化を行い、無線に関する国内標準化を行う電波産業会において国内標準化が行われ、ARIB STD-T119 として標準化された。標準化の主旨は京都大学の原田が行った。T119 標準化に対して、2017 年 12 月「公共ブロードバンド移動通信システム作業班」詳細検討会（第 3 回）において、資料 PBB 検-3-2「(案) 200MHz 帯広帯域無線中継通信用無線設備（可搬型）標準規格」、2018 年 3 月「公共ブロードバンド移動通信システム作業班」第 20 回において資料 PBB 作-20-1：「(案)200MHz 帯 広帯域移動無線中継通信用無線設備(可搬型)」に寄与した。上記活動の結果、2018 年 4 月に ARIB STD-T119 として標準化を完了している。

※【BDE】データベースエンジンは、SQL なる標準に従って応用ソフトウェアと接続して動作するのが一般的であり、本研究開発で開発する超ビッグデータ処理エンジンも同様であり、日立製作所は、当該標準を司る国際委員会 ISO/IEC JTC1/SC32 の主要メンバーである。超ビッグデータ処理エンジンの特徴はその圧倒的な処理性能にあり、データベース管理システムが適用されるビジネス現場に於いては標準化が競争力を左右することは多くはないため、潜在的企業ユーザ等との個別の PoC 活動等を優先させている。当該活動を進める過程に於いて、応用ソフトウェアとの新たな融合技術を創出できる目途を得つつあり、当該委員会に於ける標準化の有用性を丁寧に検討しているところである。

⑦ アウトリーチ等の状況

	目標値	26年度	27年度	28年度	29年度	30年度
アウトリーチ回数	115		0	37	29	37
新聞、TV等の報道数			0	30	49	35

※【全体】 報道発表 BDD：5 件、HS：1 件、それによる新聞等での報道が多数。28 年度、29 年度：公開シンポジウム

⑧ その他特筆すべき取り組み

※【BDD】広域系 Wi-RAN システムに関して、2018 年 7 月に西日本豪雨が発生し、京都府福知山市においても豪雨により川が増水し、その増水による天然ダムが引き起こす二次災害を監視するためのブロードバンド通信システムとしての支援依頼が国土交通省近畿地方整備局からあり、京都大学、日立国際電気が無線機複数を用いてネットワークを組み支援活動を行った。具体的には天然ダム発生現場を監視カメラと無線機を設置することにより監視し、800m 程度離れた公民館で基地局を設置し、映

像を受信し、衛星回線により国土交通省近畿地方整備局まで伝送して、水位のリアルタイム映像をインターネット上に公開した。本件の成果は内閣府および国土交通省近畿地方整備局からも報道発表がされている。

- ※【BDE】パブリッククラウドの性能試験については、その規模が現状のパブリッククラウドに於いて一般的に管理可能な規模を超えていることから、米国クラウドベンダの要請により、NDAを締結した下、技術者・研究者間のホットラインを設け、特別な管理体制の下で実施を行っている。本研究開発が、国際的にトップレベルのものであることが見て取れる。
- ※【HS】「1.4. 医療介護と社会リスク対応・安心社会シミュレータの開発（分担：東京大学・橋本）」において、認知症の将来推計についても、すでに英国データでシステムを発表した University College London の疫学チームとの共同研究を模索中である。

4. 研究開発プログラム予算の推移

(1) 超ビッグデータ創出ドライバプロジェクト (BDD)

(百万円)

研究開発課題	平成 27年度 (2ヶ月)	平成 28年度	平成 29年度	平成 30年度 (9ヶ月)	合計
1. Wi-SUNシステムの開発	0	84	137	180	401
2. Wi-RANシステムの開発	0	173	95	47	315
合計	0	257	232	227	716

(2) 超ビッグデータ処理エンジンプロジェクト (BDE)

(百万円)

研究開発課題	平成 27年度 (2ヶ月)	平成 28年度	平成 29年度	平成 30年度 (9ヶ月)	合計
1. 超高速動的スケーラブルデータ処理基盤技術の先駆的な開発	0	103	230	356	689
2. 超高速動的スケーラブルデータ処理基盤の実用化のための実装技術の開発	0	30	35	58	123
合計	0	133	265	414	812

(3) ヘルスセキュリティプロジェクト (HS)

(百万円)

研究開発課題	平成 27年度 (2ヶ月)	平成 28年度	平成 29年度	平成 30年度 (9ヶ月)	合計
1. 医療介護・社会リスクシミュレータ開発	10	86	91	115	302
2. 心臓関連疾患リスクシミュレータ開発サブプロジェクト	15	40	79	58	192
合計	25	126	170	173	494

(4) ファクトリセキュリティプロジェクト (FS)

(百万円)

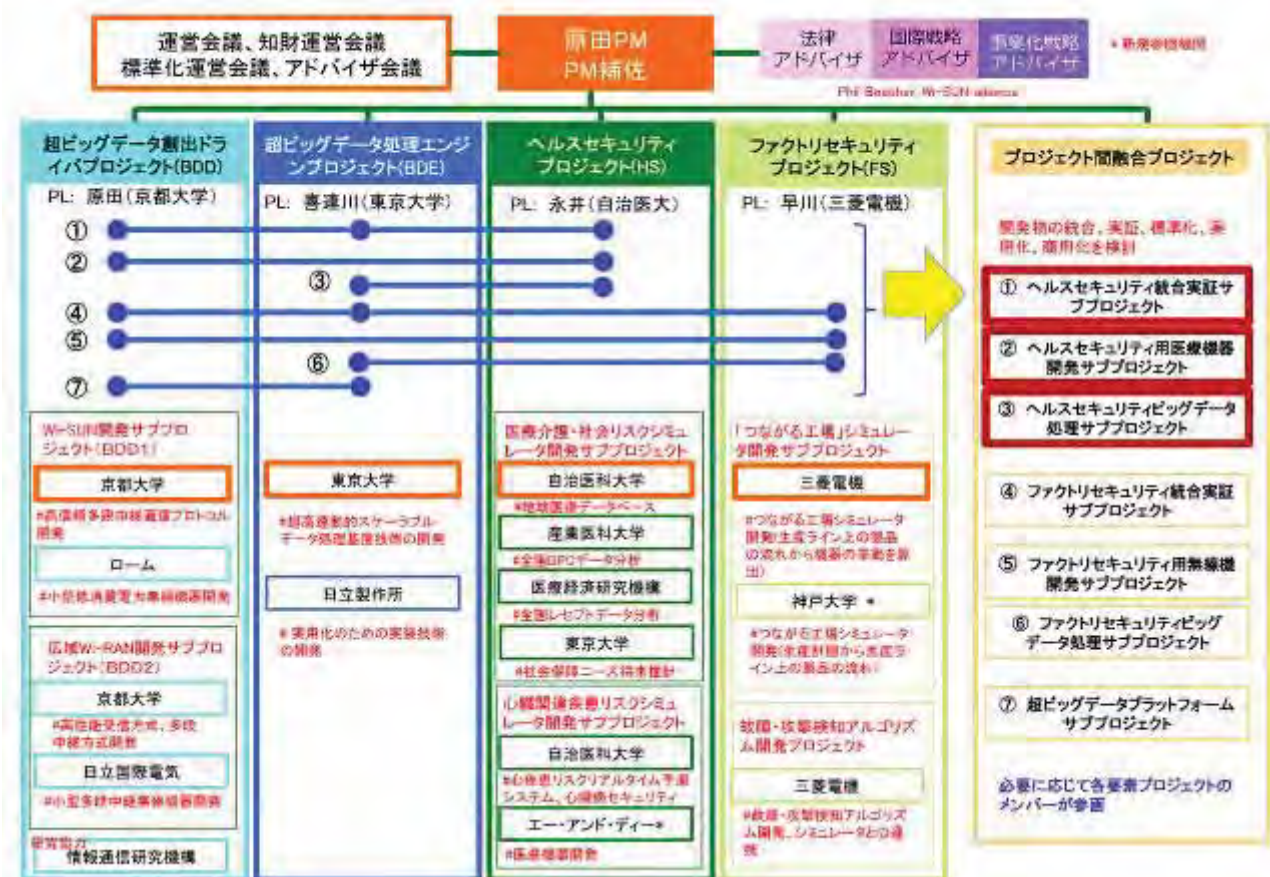
研究開発課題	平成 27年度 (2ヶ月)	平成 28年度	平成 29年度	平成 30年度 (9ヶ月)	合計
1. 「つながる工場」シミュレータの開発	0	80	73	85	238
2. 故障・攻撃検知アルゴリズムの開発	0	13	22	22	57
合計	0	93	95	107	295

(5) プロジェクト全体

(百万円)

プロジェクト	平成 27年度 (2ヶ月)	平成 28年度	平成 29年度	平成 30年度 (9ヶ月)	合計
1. 超ビッグデータ創出ドライバ	0	257	232	227	716
2. 超ビッグデータ処理エンジン	0	133	265	414	812
3. ヘルスセキュリティ	25	126	170	173	494
4. ファクトリセキュリティ	0	93	95	107	295
合計	25	609	762	921	2317

5. 研究開発プログラムの推進体制



※ファクトリセキュリティプロジェクトのPLは平成29年度から染谷（三菱電機）に交代

6. 研究開発プログラムの実施管理状況

(1) 研究開発プログラムのガバナンス

① 進捗状況の把握及び指導・管理状況

PL (プロジェクト名)	各PLとの調整状況、今後の方針
運営会議（全体 会合）	全 PL、運営側関係者参加の運営会議を原則月に1回行っている。各プロジェクトの進捗状況確認、問題点（運営、知財等）の共有。運営側との意識合わせ、広報活動（アウトリーチ）に関する方向性等の検討を行っている。
ビッグデータ 創出ドライバ (BDD)	狭域Wi-SUN、広域Wi-RAN共に月に1回以上プロジェクト内の全体会合を開き、進捗の管理を行っている。また、月に1回HSとの合同会議を行い、HSで必要となる通信システムの所要条件、完成した機器の調整等を行っている。
ビッグデータ 処理エンジン (BDE)	BDE プロジェクトメンバーからの進捗を、運営会議において月に1回、技術の詳細進捗についての会議を2ヶ月に1回行っている。
ヘルス セキュリティ (HS)	HS プロジェクトメンバーからの進捗報告会を、月に1回以上行い、進捗、問題点解決、他のプロジェクトとの融合、プロジェクトの方向性の検討、報道、広報について報告、議論、検討を行っている。
ファクトリ セキュリティ (FS)	FS プロジェクトメンバーからの進捗報告会を、月に1回以上行い、進捗、問題点解決、他のプロジェクトとの融合、プロジェクトの方向性の検討、報道、広報について報告、議論、検討を行っている。

	26年度	27年度	28年度	29年度	30年度
運営会議等の開催数		6	10	9	9
研究開発機関等の訪問回数		14	17	18	18

② 新たな発想・アイデアの採用（若手・女性人材の育成を含む。）に関する取り組み

【BDD】超ビッグデータ創出ドライバの開発においては、まず狭域系Wi-SUNについては、ヘルスセキュリティに商用導入するために臨床医師とのディスカッションを月1回以上行い、個人情報保護しつつ、生体、環境情報を取得するために必要となる技術課題をまとめ、その課題を解決する方式を導入している。また、開発した生体・環境情報同時収集システムは、個人情報保護法の観点から、研究者は、患者の個人情報を知ることができないため、医療機関が指定する設置業者が設置できるよう、複雑な機能を簡便化したシステムの構築を行った。また、設置後通

信の不具合があっても対処できるように、通信機器の遠隔アップデート機能（有線、無線）を実装した。広域系 Wi-RAN についても同様に、地方自治体の IoT 関係者とディスカッションを行いつつ、遠隔医療、安全安心用途、防災減災用途に導入した場合の追加機能、導入時に簡便に導入するための運用機能、通信機器の遠隔アップデート機能を搭載した。研究者は、基本 40 代未満の研究者がほぼ 8 割をしめ、通信の研究開発者の未来を考え若手登用を推進した。

【BDE】超ビッグデータ処理エンジンの研究開発を進めるにあたっては、パブリッククラウド環境に於ける大規模性能試験を実施しているが、パブリッククラウドに於ける性能試験そのものが未開拓領域と言える。即ち、パブリッククラウドは共用リソースを仮想化してユーザに提供するものであり、資源価格が動的に変化するために、従来実験室のオンプレミス環境での実験管理手法はそのまま適用できない。パブリッククラウドでの大規模性能試験を円滑に進めるために、資源融通市場から動的にクラウド資源を調達する等の従来にはない実験管理技法を実践し、研究予算の効率的執行に努めた。

また、ヘルスセキュリティとは密な連携を行っており、ヘルスセキュリティの研究者が頻繁に（多い週では毎日）東京大学に来訪し、情報系研究者と議論や試行錯誤を行いながらヘルスセキュリティビッグデータの解析を進めた。地域医療動向の可視化等、医療系と情報系との密な議論の結果により、ヘルスセキュリティ分野での新たな知見が得られたケースが多々あり、異分野融合の効果は著しい。

【HS】「1.4. 医療介護と社会リスク対応・安心社会シミュレータの開発（分担：東京大学・橋本）」において、従来のマクロシミュレータと異なり、本事業を通じて開発してきたシステムは、個別性を担保したシミュレータを大規模プラットフォーム上で展開した、いわば「ミクロを積み重ねたマクロ推計」という新しいアプローチを取っている。単に将来推計のみならず、さまざまな実験的シナリオに基づき、政策や新規技術によるり患率・死亡率へのインパクトが及ぼすマクロ影響の推計が可能となることから、今後製薬・医療機器開発企業などにおける費用対効果分析においてもその力を発揮することが期待される。

【HS】「1.1. 地域医療リスクシミュレータの開発（分担：自治医大・康永、小谷）」において、研究アイデアがあるもののデータベースの取り扱いに不慣れな臨床家へ向けて、データベースハンドリングや統計解析のために SQL、SPSS、R といったソフトウェアを用いてデータベース研究を行うための教育プログラムを提供している。現在自治医科大学の大学院学生 5 名、他大学からの若手研究者（女性 2 名を含む）に対して教育プログラムの提供を行い、すでに研究に参画している。

【HS】「1.2. 経年的患者実態把握と保健医療支出シミュレータの開発（分担：医療経済研究機構・満武）」において、関連する学会発表に女性研究者人材（学会での共同演者）を育成した。

【HS】「1.4. 医療介護と社会リスク対応・安心社会シミュレータの開発（分担：東京大学・橋本）」において、若手・女性研究者人材（現在論文博士の申請中）を育成した。

【FS】ファクトリセキュリティの技術開発のために、下記異なる5つの技術領域の専門部隊との連携を実現した。

- (1)セキュリティ技術（三菱電機 情報技術総合研究所 情報セキュリティ技術部）
- (2)データ分析技術（三菱電機 情報技術総合研究所 システム構築部）
- (3)Industrie4.0のサプライチェーン技術（三菱電機 情報技術総合研究所 組み込みネットワークシステム技術部）
- (4)工場の装置技術・装置間通信技術（三菱電機 先端技術総合研究所 システム部 FA 機器・システムの研究部門）
- (5)生産管理システム技術（神戸大学貝原研究室）

③ 研究開発機関等の評価及び追加変更の状況

	26年度	27年度	28年度	29年度	30年度
参画研究機関数		4	12	12	12
参画研究者数		34	101	130	162
うち中止（解任）		0	0	0	0
追加（新任）		0	8	0	0

④ 「選択と集中」に向けた取り組み

本研究プログラムにおいては、もともと参画研究機関数が少ないため、選択と集中のための参画機関削減は行っていない。しかし、各参画機関内でのプロジェクトは見直しをかけており、平成28年度にHSプロジェクトにおいて1プロジェクト、期間内での実現可能性が少ないことが理由で削減を行った。

【BDE】超ビッグデータ処理エンジンに関しては、先進的なビッグデータの利活用を可能とするための解析プラットフォームの構築を進めるにあたり、とりわけヘルスセキュリティを対象とした超高速匿名加工処理技術の確立が急務であることを鑑み、予算の追加措置をいただき、当該技術の研究開発に注力した。

【FS】セキュリティ（サイバー攻撃対策）に注力するために、マスカスタム生産のお弁当工場を題材に選び検討を具体化させつつ、お弁当工場のリアリティを追及するよりは、マスカスタム生産工場一般に適用できる方式開発に注力した。

(2) 研究成果の展開に向けた取り組み

① これまでの取り組み

【BDD】超ビッグデータ創出ドライバを構築する狭域系 Wi-SUN においては、既に開発した狭域 Wi-SUN の3種類（FAN、Enhanced HAN、JUTA）の通信ミドルウェアの技術移転、商用化を行っている。また、ローム社の開発した通信モジュールに搭載し、Wi-SUN 通信モジュールとしての販売も計画している。Wi-SUN FAN 通信モジュールはコアスタッフ社の IoT ゲートウェイ Armadillo に搭載され、販売された。また、Next Drive 社と共同で同社が販売している小型 IoT ゲートウェイ Cube-J に Wi-SUN FAN、Wi-SUN Enhanced HAN の搭載したものを大手量販店で販売することを計画している。また、Wi-SUN JUTA 通信ミドルウェアは、ローム社の通信モジュールに搭載され、東京ガス社が構築中のガス・スマートメータを利用した家庭内通信システムに採用された。この通信モジュールも商用化が開始されつつある。

広域 Wi-RAN で開発した無線機の商用化は既に行われている。今回この商用化したものに多段中継できる機能のものを追加し、販売を開始している。既に、国土交通省をはじめとした各省庁に採用されており、災害現場の長距離伝送システム及び遠隔機器制御等の分野への展開も進めている。

また、BDD を用いたシステムからの情報をクラウド上で格納するデータ収集基盤、超ビッグデータ収集・制御クラウドは、それ自身が販売開始されている。

【BDE】超ビッグデータ処理エンジンに関しては、日立製作所は既にエンタープライズ市場をターゲットとした超高速データベース管理システムを製品化しており、金融、社会基盤、健康医療等の多様な企業ユーザに提供している。

【HS】「1.1. 地域医療リスクシミュレータの開発（分担：自治医大・康永、小谷）」において、これまで平成 24 年度–平成 28 年度の熊本県全市町村の国民健康保険及び後期高齢者医療制度における医科・DPC・調剤・歯科レセプトの匿名化処理およびレセプトデータの時系列化を行った。また、データの取扱を用意するためのプログラムを開発し、各研究者によってリサーチクエスションに応じたデータの抽出を行うことが可能となった。取得済みのデータを用いて熊本大震災の健康への影響、抗菌薬の使用実態等について解析を行い、学会発表、論文化を行った。

【HS】「1.2. 経年的患者実態把握と保健医療支出シミュレータの開発（分担：医療経済研究機構・満武）」において、三重県の全ての市町村から医療・介護レセプト（診療報酬明細）情報等の提供を受け、世界最先端のデータベース技術を駆使した「高速レセプト情報等解析プラットフォーム」を構築し、当該プラットフォームを介して医療経済・政策に関する新たな知見の獲得や現象の解明を行い、また、地方自治体や医療関係者に対する解析サービスを提供し、政策立案等を支援してきた。その結果、本研究は、「国民の健康確保のためのビックデータ活用促進に関するデータヘルス改革推進計画・工程表（厚生労働省 第二回データヘルス改革推進本部 資料）」に基づく 2020 年度から健康・医療・介護 ICT 本格稼働を想定したプ

ロトタイプとして紹介もされている。その証左に、本研究の成果を厚生労働省・保険局が開催している第2回医療・介護データ等の解析基盤に関する有識者会議にて研究成果を発表した。

「超高齢社会における特定健診・医療・介護データを連結した研究と次世代 NDB」、
(平成30年5月30日)

また、三重県ホテルグリーンパーク津(三重県津市羽所町700)において、「ビッグデータの利活用による地域包括ケアの実践にむけて」としてシンポジウム・パネルディスカッション開催した(平成30年10月30日)

演者およびパネリストは下記の通り

- 医療経済研究機構 副所長 辻 哲夫
- 東京大学生産技術研究所 教授 喜連川 優
- 東京大学生産技術研究所 准教授 合田 和生
- 厚生労働省 大臣官房 審議官(医療介護連携担当)(医政局、老健局併任)
山本麻里
- 医療経済研究機構 研究部副部長 満武 巨裕

【HS】「1.3. 医療需要推計シミュレータの開発(分担:産業医科大学・松田)」において、開発したツールを協力自治体の関係者にβ版の段階から使用してもらい、推計項目やツールの動作性について要望を収集し、実用的なツール開発を試みた。

【HS】「1.4. 医療介護と社会リスク対応・安心社会シミュレータの開発(分担:東京大学・橋本)」において、経済産業省・厚生労働省において2018年12月開始となった研究会(厚生労働省;健康寿命の延伸の効果にかかわる検討会、経済産業省;2050年を見据えたマクロ経済モデルの分析調査会)において、開発された将来推計モデルが資料採用された。またより広く民間企業・地域自治体にアピールするべく、Visionary Future Health @ U.Tokyoとしてウェブサイトを開設、モデルの概要と、将来推計結果のサンプルをインタラクティブに提示するとともに、個別分析に対する相談窓口を設置した。

【HS】「2.1. 心疾患(狭心症、心筋梗塞)リスクシミュレータの開発(分担:自治医大・興梠)」において、本プロジェクトで構築したシステムを用いることにより、製薬会社や医療機器メーカーが今後の製品開発を行う上で必要な詳細な臨床情報を素早く収集することができるため、薬剤・医療機器の使用実態調査を共同で行うことを検討してきた。また本システムをCLIDAS (CLinical Deep Data Accumulation System)と命名し、本システムを展開する上で認知度を向上させることとした。

【HS】「2.2. 血圧・血圧変動リスクシミュレータの開発(分担:自治医大・荻尾)」において、4地域(宮城、栃木、群馬、熊本)から収集した異なる時期・季節の繰り返し測定データを用いて「血圧変動・循環器疾患予見シミュレーションモデル」を作成した。さらに「身体活動感受性」「気温感受性」という新たなリスク指標を

発表し、その季節変動と再現性、臨床的意義を検討した。また、これらの指標が日常診療で有効に活用できるよう、自動解析レポートシステムを作成した。

血圧・環境モニタリングについては、個人の日常生活下の生体情報を活動周辺環境暴露情報と同時相で取得し、伝送できるデータ収集システム及び解析プラットフォームを構築し、研究フィールドに導入した。

新規ウェアラブル脈拍計は、臨床使用可能なデバイスとして株式会社エー・アンド・デイと共同で開発を進めており、本プロジェクトにおいて、安静下での精度検証を実施し、心房細動の同定に有用であることを確認した。行動時信頼性評価検証の為、社会実装対象者を想定した臨床試験を進めている。

【FS】ドイツ(Indstrie4.0)に対して、未来からのバックキャストによる新セキュリティ方式考案のアプローチを提案。またその結果として特定されたサイバーフィジカル型攻撃検知技術を提案している。

② 今後の方針と具体的な取り組み計画

【BDD】京都大学は、狭域系 Wi-SUN 通信ミドルウェア 3 種 (Wi-SUN FAN、Wi-SUN enhanced HAN、Wi-SUN JUTA) の技術移転を進める。具体的にはローム社が販売している Wi-SUN 用通信モジュールに搭載し、モジュール単位で販売する。

特に Wi-SUN FAN 通信モジュールはコアスタッフ社の IoT ゲートウェイ Armadillo に搭載し、販売が継続される。また、Next Drive 社の IoT ゲートウェイにも搭載が予定されている。さらに、この通信モジュールは台湾・台南市が行うスマートシティプロジェクトで用いられている各種センサー、モニターを行うために必要となる通信回線として利用すべく現在検討を行っている。また Wi-SUN FAN システムは、日本のみならず全世界において電力会社が構築する 2020 年以降の次世代電力・スマートメータネットワーク (A ルート) で検討されている。現在、米国、インド、韓国、台湾等で用いられることが検討されている。引き続き導入に向けた情報提供、各国の仕様にあった通信ミドルウェア、モジュールの開発を行う予定である。

Wi-SUN enhanced HAN 搭載通信モジュールは、Next Drive 社を含め、複数の IoT ゲートウェアベンダーが採用を予定している。今後はこの IoT ゲートウェイを利用した、家庭内、病院内 IoT ネットワークが構築される予定である。

広域系 Wi-RAN システムは、引き続き各省庁に導入されるよう各利用者のニーズに合わせて改良を行う計画である。特に防災、減災、安全、安心用途に利用されることが決定されている。さらに現状は、1 段あたりの最大伝送距離が約 26km であるがこれを 100 km まで延伸する通信システムの開発を行うことを検討している。また、今回京都市福知山市で豪雨災害支援したときと同様に、災害時においてはすぐに貸し出しができるよう京都大学において、手続き整備、機器整備、簡便な設置方式の確立を行う予定である。

【BDE】日立製作所は、本研究開発の成果に基づき、更に当該製品を強化する計画を表明している（株式公開企業である日立製作所の活動計画の発表は、市場のルールによって厳しく制約されており、一般への表明は製品化の直前とならざるを得ない点にご理解を頂戴したい）。また、東京大学に於いては、日立製作所のリーチ可能な市場以外の市場に対しても広く研究開発成果を展開できるように、知的財産権とソフトウェアとのパッケージにしたライセンス体制を構築することを計画している。これらの重層的な戦略的活動によって、広く研究開発成果を社会に還元できるものと考えている。

【HS】「1.1. 地域医療リスクシミュレータの開発（分担：自治医大・康永、小谷）」において、今後、熊本県のレセプトデータに加えて、介護保険レセプト・健診情報・台帳情報を、個人を追跡できる形で時系列化する。また、熊本県から提供を受けた情報の時系列化プログラムを他の地方自治体へ適応していく。現在、栃木県全市町からの国民健康保険・後期高齢者医療制度における医療レセプト、介護保険レセプト、各台帳情報、検診情報の取得へ向け協議中である。また、本研究で構築した予測モデルを全国レセプト（NDB）へ適用していく予定である。

【HS】「1.2. 経年的患者実態把握と保健医療支出シミュレータの開発（分担：医療経済研究機構・満武）」において、新たに三重県の地域保険者が保有する公費助成情報等の提供を受け、医療、介護、公費を含む分析を実現し、政策分析を実践する。また、新しく東海北陸地域の複数市町村の自治体からヘルスケアビッグデータの提供を受け、僻地や人口急減地域を対象とする医療サービスの需要・供給の地理的分布分析を実践し、政策分析のツールを拡張していく計画である。

【HS】「1.3. 医療需要推計シミュレータの開発（分担：産業医科大学・松田）」において、開発した機能別病床数の推計ツール、医療費および介護給付費予測ツール、医療職の必要数推計ツール、傷病別患者数推計ツールについて、協力自治体およびその他の自治体関係者を対象とした説明会を開催し、その普及をはかる。また、レセプトベースでの精緻なシミュレーションツールを希望する自治体については、レセプト等の提供に関する契約を締結し、今回の開発研究で作成したロジックをもとに、個別に対応し、開発したツールの普及を図りたいと考えている。

【HS】「1.4. 医療介護と社会リスク対応・安心社会シミュレータの開発（分担：東京大学・橋本）」において、今後、当初予定されていた高齢者の就労推計モジュールを追加開発し、健康寿命延伸が及ぼす、医療介護などの社会保障費へのインパクトに加えて、労働力参加による税収・生産性の推計を行い、高齢社会における健康介入が社会保障と税収に及ぼすネットの効果の推計、ならびに各種政策のインパクト（GDPインパクト含む）の推計などを展開する。もって未来投資会議などにおける政策議論を進めるエビデンスを発信し、社会的インパクトをさらに強力に展開する。さらに上記開設ウェブサイトを通じて、より広い顧客層に、将来推計シミュレータの応用利用を勧誘し、高齢社会における市場・地域社会における価値創造を進める活動を支援する。

- 【HS】「2.1. 心疾患（狭心症、心筋梗塞）リスクシミュレータの開発（分担：自治医大・興梠）」において、現在、製薬会社一社と薬剤の使用実態調査を行う計画を具体的にとりまとめており、さらに数社と交渉し、実施する予定である。
- 【HS】「2.2. 血圧・血圧変動リスクシミュレータの開発（分担：自治医大・荻尾）」において、開発した新規デバイス、自動解析レポートシステム、血圧情報と環境情報を同時相で取得し伝送するデータ収集システム及び解析プラットフォームは、今後様々な臨床研究でも利用可能な汎用性のあるものを作成している。得られたエビデンスを論文や学会発表等で引き続き積極的に国内外に発信し、改良を加えながらシステムの実用化、事業化、新たな活用方法を検討する。
- 【FS】ドイツ(Indstrie4.0)のみならず,アメリカ(IIC(Industrial Internet Consortium)),中国製造 2025 に提案を実施する(2019 年)。本開発の知見を活かし、経産省の「サイバーフィジカルセキュリティ対策フレーム」の作成、および国際ハーモナイゼーションの加速に貢献する。これらのインプットによりマスカスタム生産のサイバー攻撃には、サイバーフィジカル型攻撃検知技術を有用な解決策としてインプットして、国際的な需要を喚起し、マスカスタム生産工場セキュリティソリューション市場創出に貢献する。三菱電機は、工場 Sler（システムインテグレータ）と連携してマスカスタム生産工場セキュリティソリューションの事業化に取り組む。

7. PMの自己評価

(1) PMが実施管理を行った研究開発プログラム（研究成果）に関する評価

- ① 産業や社会のあり方の変革（漸進的でなく、非連続的なイノベーション）をもたらす見通しは得られたか。以下の視点を踏まえて記載すること。
- ・将来の産業や社会のあり方の変革をもたらすような革新性を有する研究成果が獲得されたか。
 - ・産業や社会のあり方変革に向けた戦略が具体的かつ明確となったか。
 - ・戦略の実現に向けた課題が整理・明確化されたか。
 - ・技術的課題を克服するためのアイデア・着眼点の斬新さ、技術的なサプライズは存在したか。
 - ・戦略の実現に向けた道行き（ロードマップ）が適切に描けたか。
 - ・戦略の実現に向けた産業界との連携・橋渡し等が行われたか。
 - ・知財・標準化戦略は明確かつ適正か。

超ビッグデータ創出ドライバ、超ビッグデータ処理エンジン、ヘルスセキュリティ、ファクトリセキュリティのすべてに関して非連続的なイノベーションを3年間（実質2年9ヶ月）という研究期間内で最大限もたらしたと考えている。

超ビッグデータ創出ドライバにおいては、1ホップあたり26km程度、総距離最大600km（最大段数30段を実現時、携帯電話（約2km）の300倍に相当）に渡ってIoTデータを自営で作ることができるシステムを開発し、70kmを超える通信エリアが確保できることを実証した。

超ビッグデータ処理エンジンに関しては、通常のハードディスクの10万倍、内閣府Firstプロジェクトに比べても100倍高速動作可能で、しかもパブリッククラウドで動作する毎秒1,000万回程度のストレージアクセス性能を有する処理エンジンを開発し、そのうち600万回程度の検証は行うことができた。

ヘルスセキュリティに関しては、この開発した超ビッグデータ処理エンジンを用いて、レセプト情報を中心に数億から最大数千億のデータを用いた各種医療データの時系列化、および、この時系列化を用いて、個人のみならず地域医療におけるリスクシミュレータの開発に成功した。地域医療におけるリスクシミュレータにおいては、自治体の施策で利用可能なレベルの地域ごとの医療需要と供給の実態と課題の可視化、医療費および介護費の予測、深層学習による予後予測が行うことができ、これらをさらに統合した、国レベルでの医療介護と社会リスク対応・安心社会シミュレータの開発に成功し、疾病・障害将来推計と医療介護費将来推計を高速で行うことが可能になった。また、超ビッグデータ創出ドライバを用いた商用可能な生体・環境データ収集

システムも構築でき、実際に患者に対してリアルタイムデータを取得し、心疾患リスクを提供するシステムも構築でき、これは現在までになかったシステムである。

また、ファクトリセキュリティに関しては、今後普及が見込まれるマスカスタム生産工場、とくにネットワーク化された工場を実現するときのシステム構成を、セキュリティの観点から構築し、攻撃検知方式を導入した実ロボットを利用した工場で実証することができた。通常は制御データのみで議論されるシステム構成議論に、新たにセキュリティの観点からみた次世代の工場システム構成を提案し、真の意味での使える工場システム構成を達成、実証できたことは特筆できる。

以上のプロジェクトの革新的な成果により、広域、高速でデータ収集可能な超ビッグデータプラットフォームが実証でき、この収集エリア、処理速度をベースにした新たなアプリケーション開発を創出できる可能性を広げた点は、将来の産業や社会のあり方の変革をもたらすことに具体性を付与することができたと考えられる。

既存ビッグデータとリアルタイムデータの取得、時系列化、処理が行うことができる基盤の研究開発は、最初から医療、工場関係の一流の研究機関、研究者が一同に介し、既存ビッグデータとリアルタイムデータの取得、時系列化、処理の観点のみで社会実装、商用化、省庁等の国の統計等に利用することを、最初から念頭に研究開発マネジメントを行ったため、目標実現に向けた課題の整理、明確化を早期に行うことができた。また、この実現に向けたロードマップが非常にクリアに描くことができ、大きく変更することなくとも、逆に追加することにより、より重厚な成果をだすことができた。

また、現状の数 100 倍のエリア、数 100 倍の速度で超ビッグデータを具現化した際には、新たなエリア拡張方式、クラウドレベルで伸縮自在に処理リソースを変更できるストレージアクセス方式等という技術的なオリジナリティのあるアイデア、着眼点で開発を行ったため、過去例を見ない超ビッグデータプラットフォームが構築できたと確信している。

さらに、最初から社会実装、商用化することを念頭にパートナーと連携しながら研究開発を行ったため、超ビッグデータ創出エンジン（狭域系 Wi-SUN、広域系 Wi-RAN）、に関してはすべて商用化した。また、超ビッグデータ処理エンジンに関しても匿名化処理部分等が早期商用化を行うことが確定している。またヘルスケアシステムに関しても、大学病院、国立病院間の心疾患（狭心症、心筋梗塞）関連の検査データをすべて統合化してビッグデータ化する心疾患リスクシミュレータは、実運用され始めた。地方自治体において施策利用に用いることができる地域医療におけるリスクシミュレータは、実際に自治体に導入される。国レベルでの医療介護と社会リスク対応・安心社会シミュレータの結果は、経済産業省における将来推計に関する報告書でも利用された。このように、社会実装は円滑に行われ、成果は十分出ていると考えられる。

超ビッグデータ創出ドライバ、超ビッグデータ処理エンジン、ファクトリセキュリティに関しては基本技術の知財（特許）を出すことができ、ファクトリセキュリティに関しては基本技術の特許も取得でき、適正に行われている。また、最初から導入前

提で知財戦略を立てているため、明確である。また超ビッグデータ創出ドライバに関しては、狭域系 Wi-SUN および広域系 Wi-RAN とともに国内、国際（狭域系 Wi-SUN）の標準化を期間内で終了させ、標準化戦略、実行とも完璧に近い形で実行できた。

- ② 上記①以外の派生的な効果（派生的に生み出された成果、新たな学術的知見の創出、失敗から得られた知見等）として、どのようなものが得られたか。

派生的な効果としては、超ビッグデータ創出ドライバの開発において、広域 Wi-RAN システムが山間地帯でも有効な映像伝送特性が得られるため、山間地帯における地籍調査に利用できることが実証された。高知県須崎市森林組合の協力で、森林組合の方に広域 Wi-RAN システムとカメラを背負っていただき、現場の映像を麓において映像モニタリングし、高齢者で登山ができない地権者の方に見ていただき、地籍を調査するものである。この実証は成功し、実運用に向けた調整に入っている。また、西日本豪雨災害のときに、京都府福知山市においても豪雨により川が増水したが、その増水による天然ダムが引き起こす二次災害を監視するためのブロードバンド通信システムとして国土交通省近畿地方整備局の支援に用いられ、当該システムが、防災、減災に十分利用可能であることが実証された。

超ビッグデータ処理エンジンの開発において、1000 万回/秒の処理を行うことができる超ビッグデータ処理を行う機構を有効利用するアプリケーションとして、自治体等が有する個人情報が含まれた医療データを超高速で匿名加工処理することが必要になり、この処理に特化した機器を開発した。この機器はポータビリティがあるため、自治体から個人情報が含まれた医療データをいただく場合、自治体内で高速に匿名加工することが可能になる。

（２） PM自身の活動（プログラム・マネージメント）に関する評価

- ① <目標設定> 産業や社会のあり方変革を目指した研究開発プログラムとして、目標設定の水準は妥当であったか。

3 年間という短い時間のなか、今までの数 100 倍広域、数 100 倍の超高速処理を実現する超ビッグデータプラットフォームを開発し、必要な要素技術は標準化し、社会実装ができるレベルにまで押し上げ、研究成果のみならず、臨床、各省庁、自治体の施策に利用できるレベルにまで開発水準を持たせる研究開発は、産業や社会のあり方の変革を目指した研究開発プログラムの目標設定としては極めて高いと考えられる。

- ② <作り込み> トップ研究者の採用や異分野研究者との融合、外部専門家からの助言聴取など、国内外から斬新なアイデアや最先端の知見等を結集して研究開発を推進できたか。また、研究開発の実施体制は適切であったか。

本プログラムにおいては、超ビッグデータ創出ドライバとしては、研究開発として京都大学以外に、実際に通信モジュール・通信機を開発・商用化しているメーカー（ローム、日立国際電気）を最初からメンバーとして採用しているため、商用化を見据えた議論を行うことができ、早急な社会実装を行うことができた。また、通信関係の標準化においては、米国 IEEE 802.15 議長 Bob Heili 氏、Wi-SUN アライアンス会長 Phil Beecher 氏と常に連携をとり、すべての技術開発項目を国際標準化することができた。また、国内標準に関しても無線に関する国内標準を行う電波産業会（ARIB）と共同でいち早く、今回の広域 Wi-RAN の機能を標準化することができた。また超ビッグデータ処理エンジンも、東京大学の成果を商用化している日立製作所と常に商用化を踏まえて研究開発をしていたため、実証試験も安定してすすめることができた。

ヘルスセキュリティに関しても、国の医療情報データベース NDB にアクセス可能なメンバー（東京大学、産業医科大学）を中心に、また本システムをもっとも必要とする先進的な地域医療を実施する自治医科大学と共同で行い、さらに、地方自治体とすでに医療情報の利用の契約を行っていた医療経済研究機構をメンバーに研究開発を進めていたため、プロジェクトは短い期間内に目標値を超える成果を上げることができた。

また、ファクトリセキュリティに関しても、国内でもっとも多くの数の工場をもつ三菱電機の研究所が工場製品をつくる事業部と共同で研究開発を進め、すでに工場管理システムに大きな成果をあげている神戸大学を追加参加することにより、社会実装が前提のシステムを構築することができた。さらに三菱電機はドイツ (Indstrie4.0) のみならず、アメリカ (IIC (Industrial Internet Consortium))、中国製造 2025 に提案をするため緊密な連絡をとり、IIC のシンポジウムで三菱電機が本プロジェクトの成果を紹介しており、国際的な連携基盤の上で実現する真のつながる工場の基盤作りを進めている。以上、本プログラムのすべてのプロジェクトに関して研究開発の実施体制は適切であったといえる。

- ③ <進捗管理> 研究開発の進捗状況や国内外における研究開発動向（ベンチマーク）等に応じ、各プロジェクトの加速、減速、中止、方向転換等を果敢に行うことができたか。

超ビッグデータ創出ドライバ、処理エンジンに関しては、基本円滑にプロジェクトが進んだため、平成 29 年度、平成 30 年度に予算を増額し、目標以上の成果および社会実装および標準化が終了するようにマネジメントした。ファクトリセキュ

リティも本来の予定通りの成果がでた。しかし、ヘルスセキュリティに関しては、開始当初、リアルタイムの医療情報を収集するプロジェクトが2種類あったが、ステージゲートを用い、通信環境の標準化への認識不足と研究開発に遅れのあったプロジェクトの一部を中止した。

- ④ <関係者の巻き込み> 研究開発に関連する産業界を巻き込み、それら関係者の自発的な研究開発投資を誘導することはできたか。

超ビッグデータ創出ドライバにおける、狭域系 Wi-SUN、広域系 Wi-RAN に関しては、それぞれローム社、日立国際電気は、京都大学が開発した通信方式を搭載する費用、実証試験に必要な費用は基本プロジェクトの予算で開発をしたが、商用化に際して必要な品質保証等はすべて自身が開発資金を出し、開発し、商用化した。また超ビッグデータ処理エンジンも同様に東京大学が開発した基本機能を日立製作所が搭載する費用は基本プロジェクトの予算で開発をしたが、商用化、自治体等での実運用できる品質にする部分は自身が開発資金を出している。

- ⑤ <成果の展開> 得られた研究成果の産業界への橋渡しや将来的な実用化・事業化に向けた戦略（知財及び標準化を含む。）及び体制が構築できたか。

超ビッグデータ創出ドライバに関しては、知財、標準化、商用化すべて完全に行ったため、十分な戦略、体制を整えたと考えられる。また超ビッグデータ処理エンジンに関しても、知財、実用化に対する戦略通りの成果が出ており、プロジェクト終了後早い時期に、研究開発した成果が商用化される予定である。

- ⑥ <PM 支援機能の活用> PM 補佐や JST、外部支援の活用など PM 支援機能を有効に活用できたか。

PM 自身は医療系の専門家ではないので、医学博士の PM 補佐を雇用。さらにヘルスセキュリティの PL の補佐を東大、自治医大出身者で複数名雇用をしていただき医療体制プロジェクトの成果の安定化を図ることができた。また、PM 補佐として、Amazon クラウドに対するプログラミング、保守管理ができる PM 補佐（女性）を雇用し、ImPACT 参画機関の研究機関の進捗を書面だけでなく技術面でも研究プログラム管理者側がレビューできるようにした。その結果、各研究機関で研究開発漏れがあっても、運営側に分かり、プロジェクトの進捗を円滑に進めることができた。

- ⑦ <アウトリーチ> アウトリーチ活動等が積極的に行われ、研究開発の意義・重要性等に関し、関連する産業界や一般の理解が深まったか。

超ビッグデータ創出プロジェクトに関しては、IEEE 802.15 標準化委員会委員等との2〜3ヶ月に1回の会合による最新標準情報の入手を行うとともに、狭域系 Wi-SUN システムに関しては、米国 Wi-SUN アライアンス、広域系 Wi-RAN システムに関しては WhiteSpace アライアンス会長との会合を定期的にもち、当該技術のアウトリーチ、研究開発の世界の中での位置づけ、ビジネス展開可能性を確認していた。

ヘルスセキュリティに関しては、健康、医療関係の各種アライアンスの会合で積極的に成果を公開し、当該プロジェクトの位置づけを確認していた。また、ファクトリセキュリティに関しても、米国、ドイツ、中国の国際的研究期間と交流を持ち、プロジェクトの位置づけを常に確認していた。

その他プロジェクトの研究成果の報告シンポジウムを毎年開催していた。この報告シンポジウムにおいては、日経 BP 社の協力を得て、毎回、日経エレクトロニクス/日経ものづくり編集長、日経デジタルヘルス編集長にご登壇いただくパネルディスカッションを開催し、最新の研究開発動向の報告、本プロジェクトの成果の国内外での位置づけを確認するメディアと常に対峙するプロジェクト管理体制を整えた。

- ⑧ <人材育成> 若手や女性を含め研究人材の育成にどの程度貢献できたか。また、基礎研究からイノベーションを生み出す取り組みに関する参画研究者の意識改革がどのように進んだか。

研究者の多くは45歳未満の研究者である。若手登用はPMが若いためその分多く行った。さらにPM補佐を始め女性の技術者、研究者の登用を行った。さらに、ヘルスセキュリティと他の研究グループといった、プロジェクト間横断を積極的に進め、同一業界で長くとどまらないように各種交流の機会を多く持った。

- ⑨ <全体> 更なる研究開発の発展や、我が国の産業競争力の強化、困難な社会課題の解決に向け、どれほどの貢献ができたか。

本プロジェクトは、現状の数100倍のエリアから収集した超ビッグデータを、内閣府 First プログラムより100倍程度高速な処理エンジンで処理することが実現できることを明確化した、それも基本技術を国内企業のみで開発し、基本特許を出し、標準化も終了させたことは、我が国の今後の産業協力の強化を行うことができたことと確信している。この超ビッグデータプラットフォームの実現により、データ収集範囲、データ処理速度の上限値が上がり、新しいアプリケーション等、現在以上の価値創造ができるものであると確信している。

また、ヘルスセキュリティに関しても、今までの低速な処理エンジンであった場合では時間がかかりすぎ社会実装が難しかった、医療データの時系列化、時系列データを処理することによる新しい価値創造、医療データの各医療機関の統合化を現

実のものとして行うことができ、医療系の超ビッグデータ処理が、このプログラムの成果が起点になり今後ますます発展していくと確信している。

さらに、ファクトリセキュリティに関しては、名前ばかり先行していたネットワーク化された工場の実現方法、基本フレームワークとして、初めてセキュリティの観点からみたアプローチを行い、本プログラムの成果により、本当の意味での、つながる工場時代の次世代工場に関する基盤開発が加速すると確信している。

- ⑩ <全体> 目標通りの成果が得られなかった事例等の原因分析や解析が適切に行われ、そこから得られた知見や教訓を次の挑戦に活かすことができるか。失敗を通して次の挑戦につながる道筋は描けたか。

プロジェクト自身の技術的な部分において目標通りの成果が得られなかった部分は皆無であるが、医療情報を自治体等からいただく場合は、その手続きだけで半年、場合によっては年単位の辛抱強い交渉が必要になり、手続きの簡略化、標準化等は求められる部分ではある。また、個人情報保護の観点から、医療関係の実証試験の場合は、医療機関と契約のない研究者が各種機器を直接設置することはできず、実証試験開始、加速時に遅延の原因になった。今回のプロジェクトでは、契約が既にできている自治体のデータのみを利用し、医療関係の実証試験を行うために、医療機関が採用可能な設置業者を準備し、その設置業者でも容易に設置できるマニュアル、コールセンター等を準備した。また、仮に設置後問題が出た場合でも遠隔でソフトウェアを変更できる FOTA (Firmware Over The Air update) 機能を新規開発し、プロジェクトを期限内に終了させることができた。

(3) その他、ImPACT プログラム全体に対する所感・提言（自由記載）

ImPACT プログラムは、プログラマナーに予算、人事権を与え、柔軟なプログラマナー管理を行うことができる素晴らしいプログラムである。今後もこのような大きな裁量権のあるプログラムは、今後も継続すべきであるとする。

ただ、研究プログラムには、例えば細胞系、医療系のようにすぐに成果を出すことが難しいものや、IT 系のように標準化、実用化、知財化、報道発表について、柔軟に戦略を練り行う必要がある比較的短期集中型のものがある。今回のプログラムでは前者のプログラムが多かったが、我々のような迅速性を求めるプログラムが少なく社会実装等を迅速に行うことを目標にする場合は、プログラマナーの支援体制にもそれなりの経験を持った方が中心になって構成されるべきである。海外で長年標準化に携わり、数々の実用化を手がけてきた人間からするとそのスピード感は物足りず、本当にプロジェクト期間内に研究開発、標準化、実用化を行いたい場合、上記の点は今後改善すべき大きな課題であると考えられる。