

IoT時代の高度データ処理を達成する先端ハードウェア向け組込みシステム基盤

① 計画の概要

IoT (Internet of Things)の時代になり、社会に存在する様々なモノが電子化し、データ送受信のみならず、動作まで行うようになってきている。特に自動車のように動作が社会に及ぼす影響が大きく、即時的で、かつ限られたエネルギー供給での動作が必須の場合、高度なデータ処理を省エネルギーで実現する必要がある。

この省エネルギー性、高速性は、ハードウェア能力によるところが大きい。ところが半導体微細化限界が近づき、従来のような動作周波数による性能向上が困難になり、マルチ・メニーコア、動的再構成、不揮発メモリといった高機能ハードウェア技術が登場してきたが、その能力実現には高度ソフトウェア技術が必須である。そのため、将来の国際競争力を担保するためには、先端ハードウェア開発だけではなく、その性能を引き出すソフトウェアを研究開発し搭載したシステム基盤を構築することが必要不可欠であり、その上で応用研究開発を行う必要がある(図1)。しかしながらハードウェア開発に数十億円規模の投資が必要である上、その能力を実現するソフトウェア開発も難易度が高く、同程度の投資が必要である(図2)。組込みシステム分野は、関連産業全体の規模は大きいものの小規模で多種多様な業種の複合体でもあり、個々の業種において先端ハードウェアの製品化リスクを負うことは困難である。業界全体の死活問題であり、共同利用可能な環境整備が重要だが、新規技術のため研究要素も多く産業界主導では困難であり、産官学での基盤整備が必須である。欧州のARTEMISプロジェクトなど、欧米では国家レベルの大規模プロジェクトが既に動き始めている。

そこで本研究では、以下に記述するように、先端ハードウェア技術を多種多様な業種において世界に先駆けて製品投入できるようにするためのシステム基盤整備を進める。

② 目的と実施内容

本研究では、上述したシステム基盤を整備する目的のため、先端ハードウェア開発とその設計検証環境、ソフトウェアの実行環境・設計検証、応用分野向け差異化ソフトウェアを技術開発し、これら技術の教育体制についても整備する。おおよその所要経費および年次計画は⑥、⑦に示す通りである。

運営としては、ハードウェア関係、ソフトウェア関係、応用関係、教育関係に関し、それぞれサブグループとして実施することを想定している。全体委員会において、全体ビジョンおよび目標を設定するとともに、各サブグループの目標と進捗管理、問題共有を行い、各サブグループではそれをもとに実施する。試作されるハードウェア実機ボード関係以外は、ソフトウェアであるため、データ共有環境(名古屋大学を想定)を構築することにより容易に実現可能であると考えている。

③ 学術的な意義

本研究の学術的意義は、電力・性能面では有望である一方、より高度なソフトウェア技術が必要とされる先端ハードウェア技術に対し、それらを有効に活かすための研究、設計・開発および教育のための基盤を同時に整備する点にある。

例えば、次世代プロセッサとして有望なマルチ・メニーコアに対してはソフトウェア並列化、柔軟なハードウェアとして期待されている動的再構成ハードウェアに対してはハードウェア向きソフトウェアが必要となる。問題解決の方法すなわちアルゴリズムから立ち返る必要があるものもある。これらは、スーパーコンピュータ利用の科学技術計算など、ごく一部の分野向けに研究されてきてはいるが、国内産業を支える組込みシステム分野では、科学技術計算とは全く異なる特徴のソフトウェアを実行させるため、実験環境もなければ教育体制も未整備であり、実用化には程遠い状況にある。

一方で、ハードウェア(LSI)開発に数十億円必要となる時代となり、LSI 試作後に短期間で製品適用できるわけではなく、システム、ソフトウェア関連にも大きな研究投資が必要な先端ハードウェアに対しては開発投資が敬遠される傾向にあり、実験環境や研究・教育体制の整備は進んでいない。

本研究計画では、ハードウェアおよびソフトウェア研究開発、教育を同時に整備することを目指しており、先端ハードウェアを実用化するためのハードウェア、ソフトウェア両面における研究成果、利用技術の育成が期待でき、学術的意義は大きい。

さらに将来必須となる IoT 関係アプリケーションにおいて、先端ハードウェア能力を差異化技術とするための新アルゴリズムなどへの技術開発が進むことについても意義が大きい。アイデアを容易に試行できる基盤整備により研究加速が期待される。

システム基盤=先端ハードウェアの上に、ハードウェア能力を活かすソフトウェアを搭載したもの。その上の応用開発、利用技術教育も必須



図1. 先端ハードウェア向け組込みシステム基盤

半導体微細化限界が近づき、ハードウェア開発コストが増大、単純な動作周波数向上ではないため、ソフトウェア開発コストも大きい。ハードウェア能力を使いこなす応用開発、利用技術教育も必須

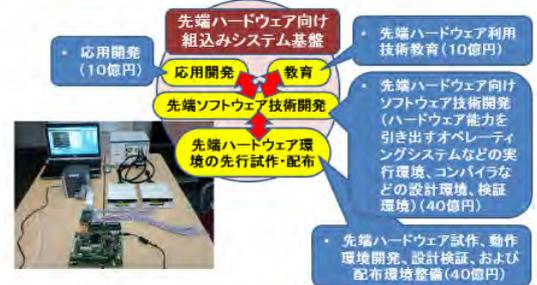


図2. 先端ハードウェア向け組込みシステム基盤には100億円規模の投資が必要

④ 国内外の動向と当該研究計画の位置づけ

国内外を問わず、先端ハードウェア向け研究開発には様々な取り組みがなされている。国内でもメニーコア、ノーマリーオフ・コンピューティングなどに対して研究開発投資されている。欧州では組込みシステム向けの ARTEMIS プロジェクトが実行中である。

これらの活動は個別技術開発として大きな成果をあげているものの、成果が広く国内の研究機関に利用され、研究が加速されているとは言えない。これは個別技術開発のみが支援され、投資先事業者のその後の活動が製品化に直結する技術開発に限定されてしまうためである。ところが、近年の先端ハードウェア技術の場合、個別技術開発後のシステム、ソフトウェア研究開発が重要である。応用分野事業者としては、実績のない新規技術適用のリスクは大きく、先端ハードウェアに向けたシステム、ソフトウェア研究開発の投資リスクを負うことは失敗時に競争力の低下を招きかねない。

本研究の目的は、個別技術開発を補完し、先端ハードウェア技術を有効に活かすための研究開発を加速し、国内の技術力の底上げ、早期かつ低リスクの製品適用を目指すため、組込みシステム基盤を構築することにある。

⑤ 実施機関と実施体制

実施機関としては、名古屋大学情報科学研究科および附属組込みシステム研究センター、他組込みシステム関連の大学、研究機関および JEITA マイクロプロセッサ専門委員会に属する半導体ベンダ、ツールベンダをはじめとした組込みシステム関連企業などを想定している。

本計画は中心メンバーおよび想定メンバーによる企画段階であるが、これまでの研究プロジェクトの発展として考えている。本計画の策定は、情報処理学会組込みシステム研究会、電子情報技術産業協会(JEITA)マイクロプロセッサ専門委員会等での議論をふまえたものである。上記研究会においては組込みシステム技術に関する様々な基礎研究、実証実験を進めてきた。また JEITA 委員会においては、これまで「NEDO グリーン IT プロジェクト 低消費電力メニーコア用アーキテクチャとコンパイラ技術」をはじめ、様々な先端ハードウェアに関する調査を推進し、その上で NEDO 戦略的省エネルギー技術革新プログラム「多様なマルチ・メニーコアの高度な活用を可能にする標準プラットフォーム開発とエコシステム構築による省エネルギー技術の実用化」として助成事業を実施した。

これらのプロジェクトにおける参加機関が中心となり、上述したように、ハードウェア関係、ソフトウェア関係、応用関係、教育関係に関し、それぞれサブグループとして実施することを想定しており、十分に責任を果たせる体制と考えている。

⑥ 所要経費

総額100億円

(内訳)

- ・ハードウェア・アーキテクチャ、ハードウェア設計技術、ハードウェア開発、動作環境開発および配布環境整備 (40億円)
- ・基本ソフトウェア、実行環境整備 (20億円)
- ・ソフトウェア設計開発、検証環境整備 (20億円)
- ・組込みシステム応用開発向けアルゴリズム研究開発および実証 (10億円)
- ・次世代プロセッサ、先端ハードウェア向けソフトウェア教育 (10億円)

⑦ 年次計画

平成28年度：ハードウェア・ソフトウェアに関するアーキテクチャ設計を行い、FPGA を用いた評価環境および、OS・コンパイラに関する総合的な環境を開発する。

平成29～30年度：第一次のハードウェア試作を行う。並行して前年度開発した評価ボードを用い、基本ソフトウェア、ソフトウェア開発環境整備を進める。これらの環境を配布するためのサポート体制、これらの環境を用いた先端ハードウェア、ソフトウェアを教育するための環境を整える。

平成31～32年度：第二次のハードウェア試作を行う。並行して基本ソフトウェア、ソフトウェア開発環境の開発を継続する。第一次ハードウェアおよび基本ソフトウェア、ソフトウェア開発環境を教育機関、研究機関に配布し、教育および応用開発を推進する。

⑧ 社会的価値

平成27年度版情報通信白書によれば、世界の IoT 市場規模は2020年に1.7兆ドルになると予測されている。また同じ資料によると、Cisco 社は、IoT の次のコンセプトである「IoE: Internet of Everything」(ヒト・モノ・データ・プロセスを結び付け、これまで以上に密接で価値あるつながりを生み出すもの)を提唱し、2013年から2022年にかけて全世界の企業において14.4兆ドルの経済価値を生み出すと予測しているとのことである。

IoT、IoE いずれにしても、社会に存在する様々なモノが電子化し、データ送受信のみならず、動作まで行うようになることは確実であり、そのことが社会の安心、安全や新たな付加価値を生み出す。その源泉となるものは、モノのデータ化および処理能力であり、今回の提案の知的価値、経済的・産業的価値となっている。

⑨ 本計画に関する連絡先

枝廣 正人 (名古屋大学大学院情報科学研究科)

一攻撃やインフラの停止による損失ははかりしれない。このような状況において、柔軟に機能を動的に変更することが可能な情報通信基盤の構築は重要な情報社会基盤となり得る極めて重要な研究開発となる。また、ICT 研究分野では、サーバ仮想化・仮想マシン技術、ネットワーク仮想化技術、SDN・NFV 技術、広域分散システム技術、広域ディペンダブルシステム、スマートフォン端末技術・IoT 技術・センサーM2M 技術、クラウドコンピューティング、サイバー攻撃防御技術・セキュリティ技術、大規模災害シミュレーションシステム、環境センシング・モニタリング技術等の成熟しつつある科学分野が多くあるが、これら ICT 分野の叡智を結集することによって「進化型プログラマブル情報通信基盤」が実現可能であり、本研究のゴールを実現すると同時に上記の重要 ICT 分野がそれぞれ「繋がり」を持って発展するという極めて重要な科学的な意義があると考えられる。

④ 国内外の動向と当該研究計画の位置づけ

米国では 2002 年頃から、PlanetLab と呼ばれる、インターネット環境におけるオーバーレイネットワークのテストベッドが構築されている。また、Emulab と呼ばれる PC サーバクラスター上の仮想化技術を用いたエミュレーションベースでのテストベッドや、2008 年から GENI プロジェクトにて ProtoGENI, InstaGENI などのテストベッドも構築されている。我が国では 2007 年に、総務省・NICT が進める新世代ネットワーク研究開発において推進された仮想化ノードプロジェクトや 2011 年から始まった東大の FLARE テストベッドプロジェクト、2013 年から SDN における我が国発のオープンソース開発を推進する 03 プロジェクトなどの研究開発が進められている。

データセンター内においては、LXC, Docker などのリソースコンテナ技術、Google の Jupiter のような Data Center Network などの技術が進展してきていて、それらの管理運用技術が蓄積されてきている。

これらのプロジェクトはいずれもネットワーク内にプログラム性を持たせてテストベッドとして多数の研究者を独立収容することを目的としている。それに対して本計画は、単なるテストベッドに留まらず、一般ユーザが情報通信基盤として利用しながらも、サイバー攻撃防衛、大規模災害対策に対して柔軟にプログラム可能で進化可能な、真の将来の情報通信インフラを実現することを目的とする。

⑤ 実施機関と実施体制

東京大学、筑波大学、情報通信研究機構、産業技術総合研究所、情報学研究所、北海道大学、東北大学、名古屋大学、京都大学、大阪大学、九州大学、東京工業大学、慶應義塾大学、早稲田大学、NTT 研究所、KDDI 研究所、NEC、富士通、日立、などを拠点とする。広く大学に接続するために SINET をアクセスネットワークとして活用する。

東京大学・筑波大学・情報通信研究機構・情報学研究所を中心として全体を統括するセンターを置き、JGN-X や SINET をフルに活用するテストベッド上に実運用可能な情報通信基盤を構築する。

⑥ 所要経費

100 億円 (回線費用 20 億、インフラ開発：30 億円、ネットワーク機能開発 30 億円、実証運用 20 億円)

⑦ 年次計画

- ・ 2017 年度：サブプロジェクト要件整理と全体アーキテクチャ設計 (拠点合同)。インフラ開発 (ネットワークノード、クラスター、端末、センサー開発)。
- ・ 2018 年度：各拠点におけるサブプロジェクト開発 (ネットワークノード、クラスター、仮想ネットワーク、仮想マシン統合、端末開発、センサーノード、セキュリティ攻撃・防御技術、DPI (Deep Packet Inspection)、認証・認可・管理技術、ハードニング技術、ハニーポット・ハニーファーム技術・大規模災害シミュレーション、モニタリング・分析技術)
- ・ 2019 年度：サブプロジェクト開発・統合、アルファ版運用、アカデミック公開
- ・ 2020 年度：サブプロジェクト開発・統合、ベータ版運用一般公開
- ・ 2021 年度：実証運用一般公開

⑧ 社会的価値

今日、情報通信基盤は、国民生活のクリティカル・インフラとなっている。東日本大震災の際の通信障害、スマートフォンの普及によるバックホールネットワークの輻輳障害、海外からのサイバー攻撃等の際のマスコミ報道の様子から、このことが国民の共通認識として広く浸透していることが強く窺われる。しかし、我が国における、クリティカルなインフラとしての情報通信基盤技術を発展させるための研究プラットフォーム作りは十分ではない。我が国が今後、情報通信基盤に関する強い国際競争力と安全保障力を保持していく上で、本研究開発は重要な役割を果たすと期待できる。

また、情報通信の障害による国家の経済社会活動の損害の実害と予想値は幾度となくレポートされており、近年ではセキュリティ攻撃に起因する通信障害により企業 1 社あたり年間数十億円の損害が生じる統計がある (Infonetics 2007, businesscomputingworld.co.uk 2010 など)。本提案は、経済社会活動の改善に直結する実践的研究提案であり、経済的・産業的価値も非常に高いものであると言える。

⑨ 本計画に関する連絡先

丸山 宏 (日本ソフトウェア科学会)

トリリオンセンサー社会を支える自己進化・適応型ネットワーク研究拠点

① 計画の概要

インターネットやIoT（Internet of Things）関連技術の急速な発展に伴い、十数年後には一兆個のセンサーを活用する「トリリオンセンサー社会」が到来すると予想されている。トリリオンセンサー社会では、超巨大且つ超低消費電力なセンサーネットワークを活用することで、大災害が発生した場合でも災害情報の迅速な伝達や集約が可能なネットワークや自動運転を支援するセンサーネットワーク、大都市のスマート化や電力制御を支援するスマート・グリッド網などの実現が期待されている。

一方、既存のインターネットはサイバー攻撃などのセキュリティ問題が頻発し、トリリオンデバイスが繋がったネットワークでは、もはやファイアウォールや既存の攻撃パターンに基づく防御は不可能になりつつある。また、災害や故障で利用可能帯域・リンクが大幅に減少した場合に知的にフローを取捨選択して必要な情報を迅速に伝搬させるような柔軟な調整の仕組みも備わっていない。一兆オーダーのセンサーネットワークを社会インフラとして活用するには様々な技術課題がある。

これらの課題を解決するには、攻撃されない（するのが難しい）ネットワーク・プロトコルを新たに開発すると共に、高度な機械学習の仕組みなどを開発して、生物の持つ免疫機構のようにシステム的环境や攻撃の変化に動的かつ進化的に対応し、新たな攻撃手法に自動的に追従しながら防御し、自己修復する自己進化・適応型のネットワークシステムやソフトウェアの構築手法を創出する必要がある。

本研究計画では、トリリオンセンサー社会の実現に資する自己進化・適応型のネットワーク技術の研究推進のための研究拠点を形成し、社会インフラとして活用可能な新たなネットワーク技術の創出を目指す。

② 目的と実施内容

提案研究では、自己進化・適応型トリリオンセンサーネットワークの構築技術を開発することを目的とする。このようなネットワークを社会インフラとして活用するには、既存のインターネットのような脆弱性を排したセキュアなネットワーク・プロトコルや運用技術が必要である。そのためのネットワーク仮想化技術やSDN（Software Defined Network）技術など、柔軟に進化・適応できる新たなネットワーク構築技術の基盤が整いつつある。本研究ではさらに、ネットワークやシステムが状況に応じて進化・適応していくためのアーキテクチャ研究を行い、一部の機器が故障してもシステム全体の運用に支障をきたさないロバスト性保証技術や自動的なリカバリー機構の研究を行う。また、トリリオンセンサーを自律分散的に運用管理する技術や性能評価技術、大規模シミュレーション技術を開発する。

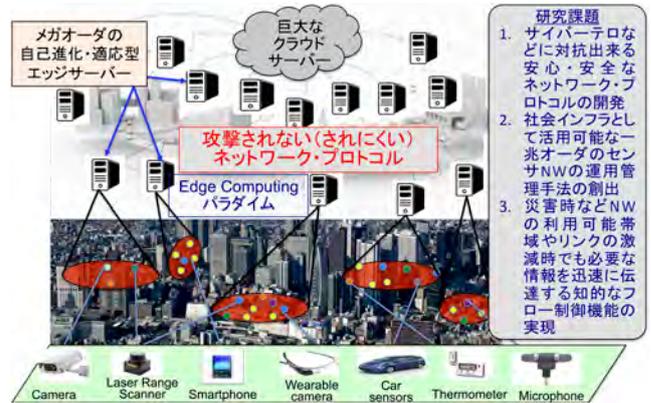
一般に、大規模な都市街区での自動運転や人・モノの行動把握、都市のスマート化を行うには、大量のセンサーから時空間的に湧出するデータをリアルタイムに収集・分析・処理する必要がある。それらを遠隔のクラウドサーバーで一元管理するのはストレージのコスト的にも通信時間的にも非現実的になる。このため、センサーの近くに多数のエッジサーバーを設置し、それらが自律的にクラウドサーバーと連携しながらアプリケーションを実行するエッジコンピューティング（Edge Computing）の概念が普及していくと予想される。提案研究では、これらがさらに大規模化していくことをにらみ、自己進化・適応型のシステム構築に必要なプログラミング技術や時空間データの運用・可視化技術、プライバシー保護技術の開発なども行う。

③ 学術的な意義

セキュアでロバストかつ自己進化・適応型の超大規模センサーネットワークの構築技術の創出は、最近のネットワーク分野で最もホットな研究課題の一つである。経済性や運用の容易性などの利点から既存のインターネットをベースとした様々なセンサーネットワークが構築されているが、セキュリティ面での脆弱性や規模の増大に伴う通信オーバーヘッドなど、社会インフラとして実現するには多くの課題が存在する。脆弱性を排した新たなセンサーネットワーク向けのセキュア・プロトコルの開発は、モノとモノとの通信のみならず、モノと人、あるいは人と人との情報共有にも応用でき、クラウド技術やP2P通信技術と連携させることで、セキュアなメールシステム、セキュアなウェブブラウザシステム、セキュアな社内（学内）情報共有システムの構築などに繋がる可能性が高い。また、人々の生活環境の改善に資する様々なサービスが実現できる可能性が高く、提案研究は学術的にも社会的にもホットでチャレンジングな研究テーマである。

④ 国内外の動向と当該研究計画の位置づけ

米国では、大統領科学技術諮問委員会（PCAST）報告書で「ビッグデータ」や「IoT（Internet of Things）」、「サイバー・フィジカル・システム」、「周波数の有効利用のためのスペクトラム」など、大規模センサーネットワークを構築するための研究の推進が謳われ、NSFでも数百億円規模で関連研究プロジェクトを推進している。欧州委員会でもFP8（Horizon 2020）において、センサーネットワークを活用した医療、エネルギー、環境、交通分野における社会的課題への取り組みに関連する研究プロジェクトが多数推進されている。国内では、第5期科学技術基本計画で「超スマート社会」の形成を世界に先駆けて目指す



ことが謳われており、提案研究はその中核をなすネットワーク技術の開発を目指すものである。

⑤ 実施機関と実施体制

大阪大学、東京大学、国立情報学研究所、九州工業大学の何れかの機関に研究拠点を形成し、残りの機関が中核拠点として研究推進とコーディネーションを行う。協力機関として、東北大学、東京工業大学、電気通信大学、慶応義塾大学、京都大学、京都工芸繊維大学、奈良先端科学技術大学院大学、九州大学などが参画する。また、NTT、KDDIなどの通信キャリア、トヨタ自動車、本田技研工業などの自動車メーカー、日立、東芝、三菱、NECなどの電機メーカー、セキュリティ関連企業、都市開発関連企業などと連携し、有機的な研究ネットワークを構築する。形成した研究拠点には、ネットワーク・プロトコル研究部門、大規模ネットワーク研究部門、エッジコンピューティング研究部門、拠点間連携支援部門を設置する。

ネットワーク・プロトコル研究部門では、プロトコルの専門家を核に、セキュアで高効率なネットワーク・プロトコルやネットワーク運用技術の開発を行う。また、高度なネットワーク仮想化技術やSDN技術の研究を行う。大規模ネットワーク研究部門では、機械学習などを用いたトリリオンセンサーネットワークの設計手法や性能解析、大規模シミュレーションなどの研究を行う。エッジコンピューティング研究部門では、都市街区での自動運転や人・モノの行動把握、都市のスマート化などの運用を念頭に、それらのシステム構築に必要なプログラミング技術や時空間データの運用・可視化技術、プライバシー保護技術の研究を行う。拠点間連携支援部門では、国立情報学研究所が運用する学術情報ネットワーク(SINET)をベースに、研究拠点と中核拠点、協力機関を結ぶネットワークを構築し、それをベースに大規模テストベッドをSINET上の仮想ネットワークに構築し、創出した技術の実証実験や性能解析・評価などを行う。

⑥ 所要経費

総予算 90 億円 (初期投資 : 30 億円、運営費等 : 毎年度 6 億円 * 10 年間で 60 億円)

初期投資は、研究推進のための研究拠点の形成、ならびに、超大規模ネットワークシミュレーション・システムや、都市空間からのセンシング情報の収集・表示に活用するための大規模 3D 都市シミュレーション機構などを開発し、参画機関などの共同利用施設として利用可能な環境を整備する。また、様々なセンシング機器やセンシング・データの購入・整備、SINETと連携したテストベッドの構築などを行う。運営費は研究拠点の運営経費・研究者雇用のための人件費、研究者の研究経費などに用いるほか、協力機関との連携、システム・ソフトウェアの開発、開発システムの運用・管理、実証実験のために用いる。研究者雇用は各年 25 名程度を想定し、研究期間を 10 年間としている。そのうち 1/3 程度の研究者は、米国、欧州、アジアなどのネットワークやセキュリティの専門家を雇用する予定であり、国際的な連携を深めることで、考案したネットワーク・プロトコルの国際標準化やデファクトスタンダード化を目指した研究を実施する。

⑦ 年次計画

平成 29~38 年度 (具体的な計画)

平成 29~30 年度 : 研究推進のための研究拠点を設立し、研究体制を整える。また、超大規模ネットワークシミュレーション・システムの開発や SINET と連携したテストベッドの構築を開始する。さらに、ネットワーク・プロトコル研究部門、大規模ネットワーク研究部門、エッジコンピューティング研究部門、拠点間連携支援部門毎に 6~7 名、合計で 25 名程度 (1/3 程度は欧米、アジアからの研究者) を雇用し、国際連携や国際標準化を見据えた人材の登用を行う。

平成 29~31 年度 : 既存のインターネットのような脆弱性を排した新たなセンサーネットワーク向けのセキュア・プロトコルの開発やギガオーダーのセンサー配置や性能評価、自律分散的な運用管理、大規模ネットワーク・シミュレーション技術など、スケーラブルなセンサーネットワークの構築技術の研究を行う。さらに、3D 都市シミュレーション機構の構築や SINET と連携した簡易社会システムのテストベッド構築を行うことで、トリリオンセンサーネットワーク構築のための基盤技術を創出する。

平成 32~34 年度 : 都市街区での自動運転や人・モノの行動把握、都市のスマート化など実用的な問題を調査・分析し、それらのシステム構築に必要なプログラミング技術や時空間データの運用・可視化技術、プライバシー保護技術の研究を行う。災害支援、都市のスマート化、自動運転などの ITS 応用、医療や健康・高齢者支援などの応用研究も推進し、テーマ毎に国際シンポジウムの開催を行い、国際連携や国際標準化を推進する。

平成 35~38 年度 : 大規模テストベッドを SINET 上に構築し、実証実験や性能解析・評価を行う。また、通信キャリア、自動車メーカー、電機メーカー、ゼネコン企業などとも連携し、実社会で運用される社会システムへの研究成果の還元を図る。

⑧ 社会的価値

都市空間上に大規模なセンサーネットワーク環境を構築することで、人々が安心して情報伝達や情報共有を行えるような通信基盤を構築できるようになる。消費電力がきわめて小さく電池のみで数年以上周辺環境をセンシングし続けるセンサーネットワークを都市街区に密に設置・運用すれば、大規模災害の際にも災害関連情報の伝達や収集が容易に行える。日本は世界に冠たる自動車産業を擁し、自動運転や安全な交通環境の実現に資する技術の創出は社会的にもタイムリーでインパクトが高い。過疎化の進む地方都市における高齢者の見守りや都市街区の犯罪や事故の低減、健康な社会生活の維持など、センシング情報を活用して社会の安全や人々の生活環境の改善などに資する様々なサービスが実現できる可能性が高い。また、ライフサイエンス分野やスマート・グリッドなどのエネルギー分野、CO2削減などの環境分野などにも関連する研究課題もある。

⑨ 本計画に関する連絡先

東野 輝夫 (大阪大学・大学院情報科学研究科)

汎用的データ収集・利活用による分野横断学術研究基盤

① 計画の概要

多様なネットワーク、デバイスが混在する M2M/IoT 環境では、IP だけでなく非 IP ネットワークを統合する汎用的なプロトコル、多様なデバイスを統一的に記述するメタデータフレームワークが存在せず、分野ごとの標準化が乱立し、膨大なデータを収集、利活用する汎用的プラットフォームが存在しないため、それらを活用した分野を横断した学術研究は困難であった。そこで、本計画では、以下の3点を目標に掲げ、分野横断学術研究基盤を確立することを目的とする。第一は、PUCG 仕様リリース 3 を実装した汎用的かつスケーラブルなミドルウェアプラットフォームの開発である。第二は、上記プラットフォームを活用して収集された膨大なセンサデータなどのビッグデータを分野横断的に利活用するための統合的サーバ環境の開発である。第三は、上記で開発した分野横断学術研究基盤を利活用した実証実験である。具体的な実証実験としては、自治体等と連携したエネルギー管理を含むスマートシティプロジェクトなどを実施する。

本計画の学術的意義は、分野横断学術研究基盤をオープンソースとして提供することにより、多様な学術分野、例えば、エネルギー・資源工学、農学、環境学、医学、薬学、生態学などの分野での研究基盤として提供である点である。

更に、今回開発した分野横断学術研究基盤の海外展開を図ることにより、国際的なデファクト化を進めることが可能となる。

② 目的と実施内容

本計画では、IP と非 IP ネットワークを統合する汎用的なオーバレイプロトコルと、分野横断的な汎用デバイスメタデータフレームワークを規定した、PUCG 仕様リリース 3 (図1) を活用し、以下の3点を目標に掲げ、分野横断学術研究基盤を確立することを目的とする(図2)。第一は、PUCG 仕様リリース 3 を実装した汎用的かつスケーラブルなミドルウェアプラットフォームの開発である。第二は、上記プラットフォームを活用して収集された膨大なセンサデータなどのビッグデータを分野横断的に利活用するための統合的サーバ環境の開発である。第三は、上記で開発した分野横断学術研究基盤の有用性を検証するための実証実験である。本実証実験は、大学等の研究機関だけでなく、地方自治体、企業を含む産官学の連携体制として実施する。具体的な実証実験の例としては、モバイル・クラウド・センシングなどを活用したエネルギー管理を含むスマートシティプロジェクト、環境モニタリングによる防災プロジェクト及びスマート農業プロジェクトなどを実施する。上記の分野横断学術研究基盤は、オープンソースとして提供し、分野を横断して多種多様なデバイス群を活用する新たな学術研究基盤を創出する。

③ 学術的な意義

本研究の学術的な意義は、(a) オーバレイ・ネットワークによって既存のネットワークやプロトコルを活用したまま上位層に新たなネットワークを構築することにより、シームレスに汎用ネットワークを構築できる点、(b) デバイスのメタデータとして、静的データ・状態変数・サービス定義・行動条件の規則を与えることにより、応用のロジックを一切記述することなくサービスを定義できる点、(a) 及び(b) を実装した分野横断学術研究基盤をオープンソースとして提供することにより、多様な学術分野、例えば、エネルギー・資源工学、農学、環境学、医学、薬学、生態学などの分野での研究基盤として提供である点である。更に、今回開発した分野横断学術研究基盤の海外展開を図ることにより、国際的なデファクトプラットフォーム化を進めることが可能となる。この成果により、学術研究のみならず国やメーカーを超えてデバイスを連携させた新たなサービスやアプリケーションの創出が可能となる。また、本研究の成果を、2004 年から産官学が連携して推進し国際的な先進性の高い PUCG を通じてデファクト標準化に貢献する。

④ 国内外の動向と当該研究計画の位置づけ

本研究の主要な適用分野であるスマートシティに関しては、EU では、2014 年から新しい研究助成計画「ホライズン 2020」の下で、10 のパイロットプロジェクトが選定され、約 50 の都市が参加している。これは総合的な技術サービスを活用し、交通、エネルギー管理などの公共インフラ分野に適用することによりスマートな社会の実現を目指している。また、IEEE では、2014 年に Smart City Initiative を設立し、日本を除く 10 都市を選定し、スマートシティの実現を支援している。

これらは応用志向であり、本研究の目的である共通ミドルウェアプラットフォームの構築を狙いとしていない。M2M/IoT の標準

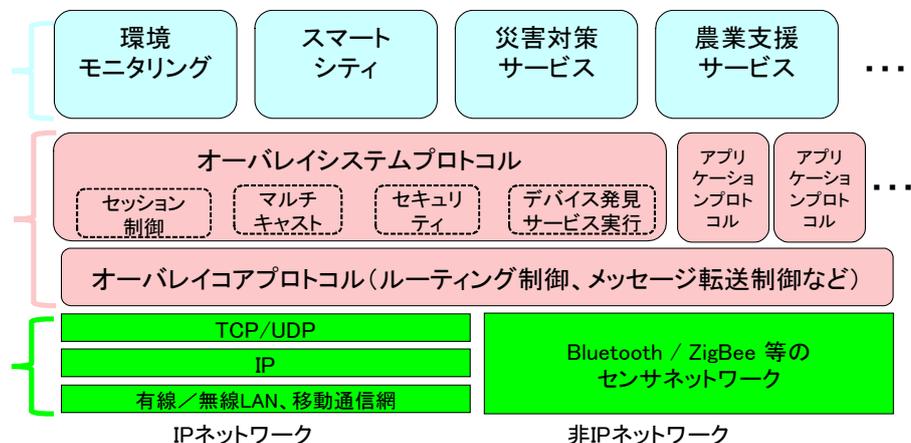


図1: PUCG仕様リリース3のプロトコル構成

化動向としては、oneM2M、IEEE 2413 などの標準化団体があるが、多数の団体が乱立し、まだ方向性が定まっていない段階である。

⑤ 実施機関と実施体制

京都大学、東北大学、早稲田大学、静岡大学、慶應義塾大学、神奈川工科大学、駒澤大学、PUCG を中心となる実施機関とし、東京大学、大阪大学、長崎大学、岩手県立大学、立命館大学、同志社大学、千葉工業大学、愛知工業大学、国際医学情報センター、京都高度技術研究所、日立、富士通、三菱電気、東芝、NTT ドコモ、KDDI などが参加して研究を実施する。

主な実施組織の役割は以下の通りである。

京都大学及び神奈川工科大学は、本研究の主要な実証実験であるエネルギー管理を含むスマートシティプロジェクトの中心的組織となる。東北大学及び早稲田大学は、防災プロジェクトの実証実験の中心的組織となる。静岡大学は、東海地域で他大学、関連企業などとも協力し、エネルギー・資源工学、農学、環境学などの他の学術分野と協力した実証実験の中心的組織となる。慶應義塾大学は、研究成果の国際的な普及を目指して、W3C、IETF などにおける国際標準化に関して中心的な役割を果たす。駒澤大学は、センサ・デバイスのメタデータ設計、本研究プロジェクトの実実施計画の立案、プロジェクト実施の進捗管理を行う。PUCG 及び駒澤大学は、PUCG 仕様リリース 3 に基づいたミドルウェアプラットフォーム及び統合的サーバ環境の開発と、他学術分野と連携した実証実験における大規模な実験環境の構築と運用に関して中心的な役割を果たす。

他の研究機関は、ヘルスケア、エネルギー管理、環境モニタリングなどの個別分野での研究開発を担当するとともに、それぞれの地域で、地方自治体などと連携した実証実験を行う。また、研究成果の社会及び日本経済への貢献に向けて、官公庁、自治体、企業などと連携して、速やかな研究成果の提供、社会への普及に向けた活動も実施する。

⑥ 所要経費

所要経費は、年間 8 億円、研究期間は 5 年であるので、研究費総額は 40 億円である。内訳は、研究費として年間 4 億円（実証実験の要員を含む研究員人件費、設備及びネットワーク費用、旅費、施設賃貸料、その他）、設備・備品費として年間 3 億円（外注費、実証実験に必要な設備を含む設備費、試作費）、管理費として年間 1 億円である。

⑦ 年次計画

具体的には 1～2 年目の計画として次の A、B を行い、1～5 年目の計画として C を、4～5 年目の計画として D を進める。
 A PUCG 仕様リリース 3 を実装した汎用的かつスケラブルなミドルウェアプラットフォームを、PC、サーバだけでなく、家電、スマートデバイス、ホームゲートウェイ（HGW）のなどの様々なデバイス上で開発する。
 B 上記のミドルウェアプラットフォームを活用して収集された膨大なセンサデータなどのビッグデータを分野横断的に活用するための統合的サーバ環境を開発する。
 C 1～2 年目の活動として、スマートシティプロジェクト、防災プロジェクト及びスマート農業プロジェクトなどの実施計画を立案するとともに、その要求条件を A、B のシステム開発にフィードバックする。3～5 年目の計画として、立案した実証実験を実施する。
 D 4～5 年目の活動として、国際標準化提案、海外での実証実験計画の立案を行い、グローバル展開を図る。

⑧ 社会的価値

本計画は、ネットワークの乱立する規格の直接的な影響を受けている国民に直接的な利益をもたらす。共通のセンサ機器からデータを収集する基盤が欠けているため、アドホックに相互接続を行うため、現状では相互接続できない個別基盤構築に多くの費用が費やされている。現在の開発済みの基盤を、本計画に沿って相互接続すると同時に、新規に開発される情報収集、分析、解析基盤に本計画を用いる事で、資金を本来の研究に集中的に投下することが可能になる。

また、本計画の成果は、オープンソースソフトウェアと一般に公開することにより、この分野での世界的な主導的な立場を築くと同時に知的価値の向上をはかる事が可能となる。

また公開されるオープンソフトウェアを利用する事で、多数の新しい産業が起こると考えられる。

⑨ 本計画に関する連絡先

石川 憲洋（駒澤大学グローバル・メディア・スタディーズ学部）

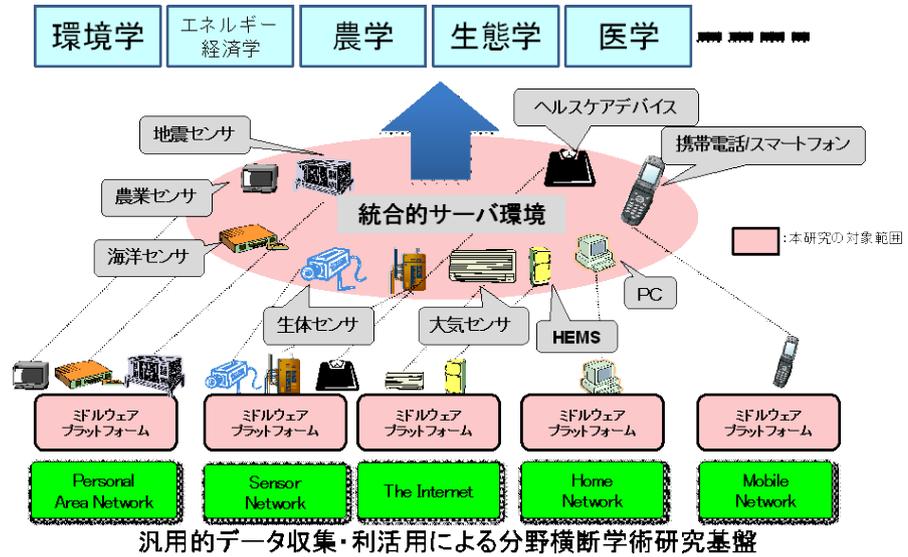


図2: 本研究の全体像

サービス統合プラットフォーム実現に向けた無線ネットワーク大規模実験装置

① 計画の概要

本計画は、多種多様な大量データを効率的に収集し配信する無線ネットワーク技術を、従来のハードウェアの制約をソフトウェアによって解決する学術研究を推進し、量に関しては現在の100倍～1000倍の通信容量を達成すること、そして質に関しては数ビットの災害時待時系安否情報から数テラバイトの即時系ビデオストリームまで、多様なデータを収容し、その情報処理を実現することを目標とする。

目標達成のために本計画では、国内7箇所、海外2箇所に研究拠点を設置し、それらを主機関で統合する世界初大規模テストベッドを構築する。各研究拠点においては個別学術研究を推進すると同時に、センターを介した連携学術研究を推進する。また、国内外の研究者が共通して利用できるソフトウェア無線フロントエンド装置（SRE）を開発する。その他、主要研究者、公募研究者へのチュートリアル、学生実験教育への展開、ポスドク研究者雇用、海外から有力な研究者の招へいなどを行う。

以上により、本分野の研究者を結集して我が国が世界に先駆けて情報通信技術の抜本的改革の先鞭をつける環境を整備する。

② 目的と実施内容

文科省では、IoT・ビッグデータ時代において、「ビッグデータを効果的・効率的に収集集約し、革新的な科学的手法により知識発見や新たな価値を創造することの重要性が国際的に認識されている」と提言がなされている。また、総務省報告においても、今後のIoTを支えるためには、

大量のデータと多様なアプリケーションへの対応、すなわち、量と質への対応が重要であり、空間的に分散し、位置情報とリンクしたビッグデータの取得とそこからの遅延等の収集が重要であり、また、特に情報収集に係る無線ネットワーク技術の飛躍的な技術変革が不可欠であることが指摘されている。米国大統領諮問委員会報告（PCAST）等諸外国でも同様の報告がなされている。

本計画は、多種多様な大量データを効率的に収集し配信する無線ネットワーク技術を、従来のハードウェアの制約をソフトウェアによって解決する学術研究を推進する。特に、数ビットの災害時待時系安否情報から数テラバイトの即時系ビデオストリームまで、多様なデータを収容し、その情報処理を実現することを目的とし、そのための実験装置を整備する。（図1）

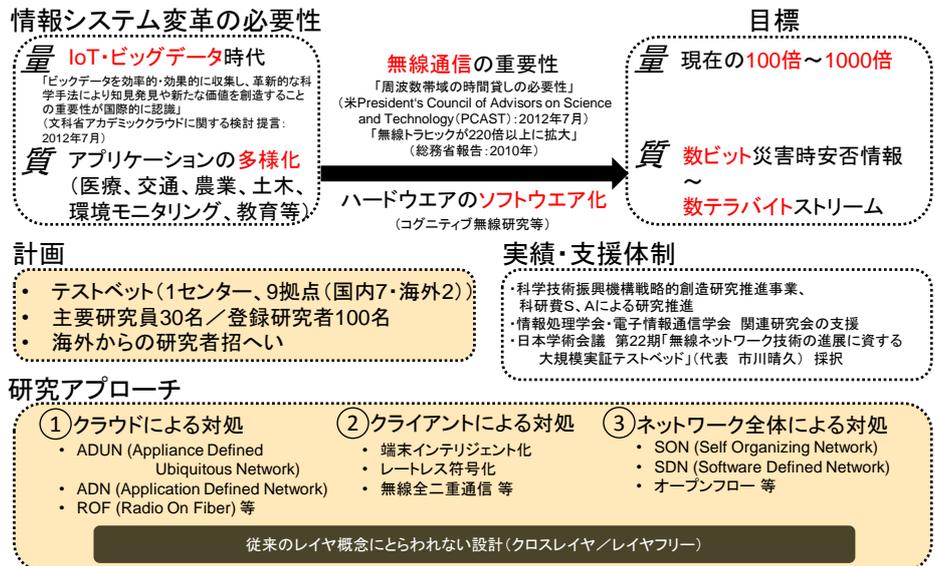


図1 全体構想

③ 学術的な意義

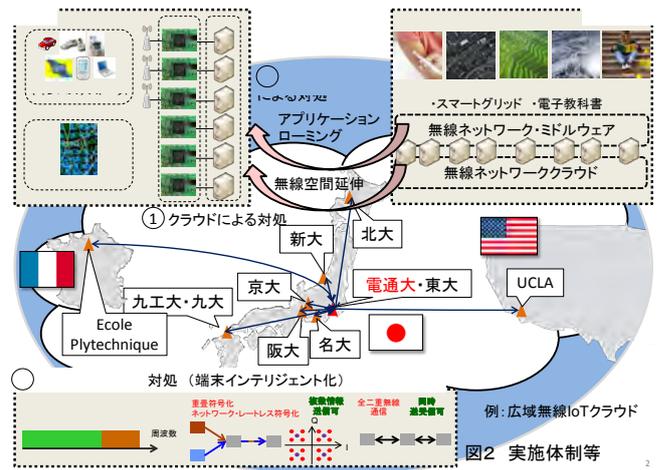
ビッグデータを効果的・効率的に収集集約し知識発見や新たな価値を創造するには、総務省等で報告されている無線トラフィックの爆発的増加と多様なアプリケーションに対応する必要がある。このためには、多種多様な大量データを効率的に収集配信する無線通信技術の抜本的な学術パラダイムシフトが不可欠である。本計画ではこのシフトを(1)クラウドによる対処(2)クライアントによる対処(3)ネットワーク全体による対処によって推進し、世界初テストベッドによって実証する。

(1)は無線信号をサンプリングしたデータをサーバに送信しアプリケーションやユーザ群に応じて柔軟に処理する方式であり、ADUN（フルスペルは図表参照）、ADN、ROF等の方式を研究する。データ収集配信はクライアント（端末）周りの周波数、時間、空間、エネルギー（無線資源）によって制約される。従来例えば周波数については、用途や需要に応じて帯域が政策的に固定割当てされ、各帯域の効率化を主眼として研究されてきた。しかし、固定割当ては無線商用開始の20世紀初頭に干渉を避ける目的で決められたものである。(2)では、この概念にとらわれず（周波数のアンバンド化）、端末をインテリジェント化して周波数効率向上を達成する。また、時間、空間、エネルギーについても、並列性の利用により、無線全二重化、符号化（重畳符号化、ネットワーク符号化、レートレス符号化）、リンク群間での協調伝送、破損パケット復元方式等シャノン限界に漸近する方式を学術研究する。(3)は、中継段や制御系をも含んで対処する方式であり、障害時に基地局や端末の設定を物理層、MAC層での共用制御を含めて自律的に自動化するSONやソフトウェアによってネットワークを動的制御するSDNやオープンフローなどの技術を開発する。3アプローチは従来の階層や周波数等の概念にとらわれない学術性の高い研究である。

④ 国内外の動向と当該研究計画の位置づけ

アカデミッククラウドに関する文科省検討会提言などでは、ビッグデータの効率的な収集配信の国際的重要性が指摘されており本計画はこれに大きく貢献する。世界動向としては、米大統領科学技術諮問委員会が2012年7月周波数帯域を地域ごとに時間単位で貸与する技術開発支援を答申している。本答申は現状の帯域を動的に割り当てる対処療法であるのに対し、本計画は周波数のアンバンド化など幅広い無線リソースの動的割当を含んでおり、より革新的野心的な技術変革を起こす研究である。

SRE (Software Radio Equipment) として、2010年頃よりGNU/Radio+USRP等のSW、HWが研究用に提供されつつあるが精度は不十分である。SREの精度向上に加え、SREを制御コア技術と位置付け、動的制御に適した形態にシフトする連携が世界レベルで重要である。本計画は、世界的に利用可能なテストベッドを構築することにより世界的な研究拠点形成に貢献する。周波数資源を一から考え直す周波数のアンバンド化は、産業界や総務省では扱えない概念であり、日本学術会議が提案すべき喫緊の課題と言える。



⑤ 実施機関と実施体制

主な実施機関：◎はセンター、○は国内拠点、●は海外拠点（図2）

◎電気通信大学、○北海道大学、上智大学、新潟大学、東京大学、慶応大学、静岡大学、豊橋技術科学大学、○名古屋大学、○京都大学、○大阪大学、関西大学、神戸大学、九州大学、○九州工業大学、●UCLA（米）、●Ecole Polytechnique（仏）、NICT

実行組織：電気通信大学を主たる担当機関とし、理論系（物理層・符号理論・情報理論・中間層研究者）研究者および検証系（ソフトウェア無線などの実機による検証）の研究者にテストベッドを提供する。

⑥ 所要経費

47億3200万円（初期投資：16億8200万円、運営費：30億5000万円） 1年目 7億5000万円、2年目 17億9100万円、3年目 6億1000万円、4年目 9億7100万円、5年目 6億1000万円

⑦ 年次計画

平成28～29年度：科研費などの経費により準備を行う。

平成29年度：・1センターおよび国内7点への拠点設置を検討する。・実験装置第一バージョン(EB1)の設計を行う。・主要メンバーにより、実験装置に要求される要素を抽出する。・海外から著名な研究者を3名招へいし、国際共同研究を開始する。

平成30年度：・EB1を製作する。・主要メンバーにより開発された基礎技術を、EB1上で実証的に研究する。・海外から著名な研究者を3名招へいし、共同研究を推進すると共に国際的な仕様公開に向けた準備を行う。・実験装置の仕様公開およびチュートリアル等の普及促進策の検討を開始する。

平成31年度：・主要メンバーにより開発されてきた基礎技術を、EB1上で実証研究すると共に、仕様公開とチュートリアルを実施しEB1を他の研究者の技術を広く実証研究する。・海外から著名な研究者を3名招へいし、共同研究を推進し共に国際的に仕様を公開する。

平成32年度：・主要メンバーおよび他の研究者の実証実験の結果よりEB1の問題点を明らかにする。・問題点を解決する実験装置第二バージョン(EB2)を製作し、EB1と合わせた大規模実験装置を構築する。・主要メンバーおよび他の研究者により開発された基礎技術を、EB2上で実証的に研究する。・国際化のためのチュートリアル等の多言語化を行う。・海外から著名な研究者を3名招へいし、共同研究を推進すると共に国際的にEB1およびEB2を国際的に利用した研究を推進する。

平成33年度：・主要メンバー、海外招へい研究者および国内外の研究者より開発されてきた基礎技術を、EB2上で実証研究すると共に、成果をまとめる。・学生実験での教育利用への発展等を検討する。

⑧ 社会的価値

国民の理解：各所で予想されている無線量の増大は、無線通信が国民の日常生活に深く浸透し今後も期待が高いことを物語っている。2011年3月の東北大震災の際には約800機の基地局が機能しなかった。従って無線通信を高度化する本計画は国民の要求と緊急性が高いといえる。

知的価値：知的財産の生産に加え、テストベッドを大学実験教育に活用することで将来の高度技術者の育成が期待できる。

経済的・産業的価値：学術成果だけでなく、仕様公開により無線システム開発に貢献できる。また、テストベッド自体が広域無線クラウドとなりうる。また、ネットワーク障害は多大な経済損失をもたらす。今後のトラフィックの爆発的増大により無線通信に起因する障害が発生することが予想され、本計画はこれに対処可能な効果が期待できる。

⑨ 本計画に関する連絡先

市川 晴久（電気通信大学大学院情報理工学研究科）、渡辺 尚（大阪大学大学院情報科学研究科）

ゼットバイト時代における新たな価値創造を牽引する超ビッグデータ利活用社会基盤の研究計画

① 計画の概要

社会が生み出すデータは爆発的に急増している。これらのデータは量に加え種類、生成過程、利活用形態等が多岐に渡り、「超ビッグデータ」と言うべき状況が生じつつある。近未来に実現が期待される自動運転、市民参加型スマートシティ等では、「超ビッグデータ」の収集・管理に加え、高度なデータ解析ツール等を有機的に活用可能な社会基盤が必要不可欠である。本研究計画では、あらゆるデータの収集、蓄積、管理、利用、共有が可能となる「超ビッグデータ利活用社会基盤」、すなわち「データによる（データ自律的連携）データのため（データ自己精錬化）のデータ流通・利活用技術（データ・エコシステム）」を世界に先駆けて実現する。データの多様性を受容するデータ・エコシステムは米国を筆頭に世界で模索され始めたばかりであり、本研究により、これまでに蓄積されてきた我が国の情報学の大幅な進歩が加速されると共に、科学的な発見、自然災害、様々な学術分野を下支えする社会情報基盤技術の進展を図ることができる。さらに、従来からデータ解析に計算機を利用する学術分野への波及効果は勿論のこと、データに内在する特性を基にしたデータ利活用技術を提供することで、従来は計算機・データ資源の活用が不十分な学問分野にも新たな研究手段を提供できる。

② 目的と実施内容

2013年に4ゼット（10の21乗）バイトのデータが、2020年に44ゼットバイトに達すると推定されている。社会変化に伴うデータの量や種類の急激な時間的変化に対応し、新たに創造されるデータをも取り込むために、超多様なデータの収集過程においてデータの「自己精錬化」を図る蓄積管理技術を開発すると共に、データ融合による新たな価値創造を容易に実現するためにデータ相互の「自律的連携」に基づく新たなデータ利活用技術を考案する。これにより、データ駆動型社会の社会基盤として不可欠なデータ解析諸機能、急速に進展しているDeep Learning等のツールの適用が容易になり、潜在的な付加価値を持つ「超ビッグデータ」の安心、安全な流通を促し、新たな価値創造を牽引するデータ・エコシステムの構築技術を確認できる。本研究計画の実施にあたっては、我が国のデータ工学、コンテンツ情報処理、大規模分散情報処理の研究者が一堂に会し、新たなデータ基盤技術を開発すると共に、現状で収集しうる限りの多様なデータを用いた検証を行う。



データ駆動による社会システムのスパイラル的な効率化・最適化



超ビッグデータ利活用社会基盤

③ 学術的な意義

従来、特性の異なるデータごとに収集・管理のためのデータベースシステムが構築され、それを支えるデータ工学技術が発展してきたが、情報利用が高度化する現代社会において、多様な情報を共有、融合し、社会活動へ還元するための新たな枠組みが求められている。新たなソーシャルネットワークサービス、IoTとして多様化する各種センサ情報、スマートシティの誕生による市民生活の変化等、社会のダイナミクスと情報利活用技術の急激な進展の下で、続々と生み出される多様なデータをセキュリティも含め包括的に扱える技術が必要不可欠である。すなわち、超ビッグデータ利活用社会基盤では、1) 超ビッグデータに対応し、即時かつ永続的な収集・蓄積・管理を可能とする新たな「自己精錬化」機能を有するデータ管理技法の確立、2) 超ビッグデータの融合に柔軟かつ安全に対応し、新たな価値創造のために最先端データ解析処理技術の適用を容易とするデータ相互の「自律的連携」に基づくデータ利活用技術の確立が必須となる。「超ビッグデータ」が引き起こすデータ駆動型社会において、データの価値はデータに内在していることに着目し、「データによる（データ自律的連携）データのため（データ自己精錬化）のデータ流通・利活用技術（データ・エコシステム）」を本研究により世界に先駆けて実現し、我が国の超ビッグデータ利活用社会基盤の学術的基盤を確立する。データの多様性を受容するデータ・エコシステムは米国を筆頭に世界で模索され始めたばかりであり、本計画研究によりいち早く研究に着手することで、今までに蓄積されてきた我が国の情報学の大幅な進歩が加速されると共に、科学的な発見、自然災害、様々な学術分野を下支えする社会情報基盤技術の進展を図ることができる。

④ 国内外の動向と当該研究計画の位置づけ

IoTに代表される大量のセンサ情報、インターネットサービスの多様化、携帯型デバイスの発展と普及により、膨大なデータが生成・蓄積され、「超ビッグデータ」への対応が大きな課題となっている。Twitterで1日に最大1億4千万件の情報発信が行われ、Facebookのユーザ数は10億を超え、Google検索エンジンは1兆を超えるURLを保持し、関連するデータは数値データからテキスト、音楽、写真、動画等と多岐に渡る。「超ビッグデータ」による新たな価値創造は、近未来の「データ駆動型社

会」において必須の要件である。すなわち、グローバル化が進む今日、データ流通速度は飛躍的に進展しており、それに追従して「超ビッグデータ」を利活用することが、我が国の産業の活性化や世界的優位性を高める上で必須である。米国ではBig Data Initiative から発展したBig Data Hub/Spoke等の施策が展開される一方、その出口としてSmart Cities Initiativeが推進されている。また、EUではHorizon 2020として「超ビッグデータ」利活用に向けたプロジェクトが始動している。

⑤ 実施機関と実施体制

筑波大学計算科学研究センターを中心的実施機関とし、東京大学、東京工業大学、京都大学、名古屋大学、大阪大学、早稲田大学、情報通信研究機構、お茶の水女子大学、産業技術大学院大学と我が国のデータ工学分野および計算機システム分野の中心的研究者が属する研究機関を中核機関として連携し、実行組織として研究コンソーシアムを立ち上げ、筑波大学に事務局を置き、中核機関に加え日本におけるデータ工学研究の一端で活躍する研究者を迎え、全日本で研究を推進する。さらに、中核機関ごとに重点テーマを設定し、世界をリードする研究を推進する。

⑥ 所要経費

90億円（初期投資：5億円、運営費等：85億円）

- ・初期投資：5億円（共同研究拠点施設整備、初期実験用データセンタリース費）
- ・設備費：2.5億円（超ビッグデータ利活用社会基盤実験システム、超ビッグデータ収集ネットワーク実験システム、超ビッグデータ蓄積実験システム等）
- ・人件費：2.3億円（研究員、プログラマ、システム管理技術員等）
- ・システム開発費：2.0億円（超ビッグデータ利活用社会基盤システム開発費、データ自律的連携技術の既存データベース上への実装費、データ自己精錬化技術の既存システム上への実装費、超ビッグデータ収集機構の開発等）
- ・実証実験費：1.0億円（情報学以外の科学分野、自治体やIT産業と連携した超ビッグデータ・エコシステムの開発、実験等）
- ・施設費、その他：7億円（施設賃貸料、会議費、旅費、運転経費、成果公開など）

⑦ 年次計画

1. 平成29年度：事前調査

米国 Big Data Hub, Spoke および Smart Cities Initiative に対応する各大学、ウェブサービス事業者 (Google, Yahoo!, Microsoft, 楽天等), 大規模科学研究プロジェクトチーム (京コンピュータ等), クラウドサービス事業者 (Amazon, Microsoft 等) との意見交換、超ビッグデータに関する事前調査を行う。

2. 平成30年度～31年度：超大規模データ管理フレームワークの確立

超ビッグデータ利活用社会基盤実験システムの構築、「データ自己精錬化」に基づくデータ永続管理技術の開発・設計、「データ自律的連携」による超ビッグデータ融合・利活用技術の開発・設計、システム評価・実験のための超ビッグデータの収集および蓄積システムの構築を行う。得られた研究成果の公開促進を図るため、シンポジウムなどを開催する。

3. 平成32年度～33年度：代表アプリケーションによる基本評価

実験システム上における「データ自律的連携」による超ビッグデータ融合・利活用技術および「データ自己精錬化」による超ビッグデータ永続管理技術の基本評価、実験結果に伴うフィードバックを行う。研究成果の公開促進を図るため、コンソーシアムによる実験システムの利用公開、シンポジウムの開催などを試みる。

4. 平成34年度～35年度：社会的緊急性を持つ超ビッグデータによる実証研究

社会基盤とされる情報管理システムの選定を行い、実験システム上において「データ自律的連携」による超ビッグデータ融合・利活用技術および「データ自己精錬化」による超ビッグデータ永続管理技術の有用性についてIoT基盤、市民参加型SmartCity等の実証実験を行う。研究成果の公開促進を図るため、コンソーシアムによるオープンソースシステムの公開、シンポジウムの開催などを試みる。

⑧ 社会的価値

携帯電話やスマートフォンの急速な普及やソーシャルネットワークの浸透などにより、社会におけるデータの多様化と重要性の増加は全ての国民が日常的に体感しており、その利活用を促進する超ビッグデータ利活用社会基盤の確立は喫緊の課題である。一方、東日本大震災を例に出すまでもなく、自然災害や大規模事故などが生じた際に、制約の強い環境の中で有用な情報を提供する社会支援としての情報基盤も強く望まれている。データ自己精錬化に基づく多種多様なデータの自律的管理により、各データが含意する社会的事象（自然災害、大規模イベント、世界的時事等）をその価値に応じて連携することによる環境情報監視、防災センシング、省電力制御、医療情報管理等、今後我が国の自治体、地域が必要とする骨格となるべき情報基盤を提供でき、社会にとって安定した超ビッグデータ収集・蓄積・利用を可能とする。世界に先駆け我が国主導で開発した技術を広くオープン化して、今後発展が見込まれるアジア圏などに提供することができれば、超ビッグデータ流通基盤新世代においては我が国がアジアを牽引し、さらに世界を牽引していく事が出来る。

⑨ 本計画に関する連絡先

北川 博之（筑波大学・計算科学研究センター）

安全・安心社会を実現するセキュリティ・リスク制御研究機関

① 計画の概要

現在の様々な基幹産業・サービスは IoT 機器をはじめとする情報システムを基盤にしており、その安全・安心な運用は社会システム維持の根幹に関わる。本研究計画では継続的かつオールジャパン体制の安全・安心社会を実現する情報セキュリティ基盤技術及びリスク評価と制御研究の確立と2つのテストベッドを含む研究成果の社会への還元を目指す。

(I) セキュリティ基盤研究機関 (ポスト量子暗号 (格子, 多変数多項式, 符号) の研究, プライバシを保護した解析方法の研究, セキュリティリスク指標の研究, センサーネットワーク等のセキュアインフラの構築)

(II) リスク制御研究機関 (各種脆弱性に対応可能なソフトウェアおよびプロセッサの構築, 既存システムの脆弱性データを集積, 集積した脆弱性への自動防御システムの実現)

テストベッド1: プライバシ保護と完全性検証を実現したセキュアビッグデータグローバル解析システムでは、国境や企業・機関を超えて収集されるグローバルなビッグデータ解析に内在するリスクを分析し、プライバシ保護と完全性検証を実現。本システムにより、ビッグデータのより一層の安全・安心な利活用を促す。

テストベッド2: 異常状態モニタ・分析システムを実現したセキュアパブリッククラウドシステムでは、ネットワークを含めたクラウド全体の異常検知とフォレンジック, 異常時からのシステム復旧, 災害時にも利活用できるインタークラウドによる超高可用性など, 抜本的なリスク制御を実現した日本初のセキュアパブリッククラウドシステムを構築。構築した抜本的リスク対策データベースによりクラウドシステム自身の自己防御機能を高める。

さらに、テストベッド1と2を統合させることによりセキュアパブリッククラウド上でのセキュアビッグデータグローバル解析システムを実現することを狙う。

② 目的と実施内容

我々の生活には基幹産業・サービスの根幹となる情報システムや爆発的に普及する IoT 機器などの安全・安心な利活用が不可避である。サイバー犯罪の対象が爆発的に増加する環境において、潜在的脆弱性のリスク及びその制御方法を確立することは国家的急務といえる。このような背景のもと、本研究計画では安全・安心社会を実現するセキュリティ基盤及びリスク制御技術の継続的かつオールジャパン体制の研究機関を構築し、日々強化するサイバー犯罪に対して、研究成果を適宜社会に還元することを目的とする。セキュリティ基盤研究機関では最高水準の研究者を集約し、WAN 高速化装置等のネットワーク環境等の研究環境を提供する。リスク制御研究機関では現在・将来のシステムの脆弱性テストの実環境や仮想化環境を構築する。

③ 学術的な意義

本研究計画では、セキュリティ基盤技術、プライバシ、潜在的脆弱性に対するリスク評価と制御等の包括的なセキュリティ分野の研究において、1つの分野の問題を他分野の問題設定・解決にフィードバックし、分野間の相乗作用による恒常的なセキュリティ・リスク制御研究機関の確立を目指す。さらにその研究成果をセキュアビッグデータ解析システムとセキュアクラウドの2つのテストベッドで実証することで、実社会に密着した成果のアウトプットを目指す。

セキュリティ技術の応用対象領域は広範化しており、本研究計画のように、セキュリティという観点でセキュリティ基盤技術、プライバシ、潜在的脆弱性に対するリスク評価と制御技術に跨がる異なる研究分野の連携、統合を行うことは非常に意義が高い。2つの研究機関では理論的な成果に加え、プロトタイプシステムも開発し、様々なセキュア情報システムの実社会への容易な導入を実現する。また研究機関の成果は国際標準化の先導と情報産業における次世代の主導権の獲得を目指す。

テストベッド1のセキュアビッグデータグローバル解析システムでは、プライバシ保護と完全性検証、可用性を実現する。国境や企業・機関を超えて収集されるビッグデータのグローバルかつ安全・安心な利活用を促す。テストベッド2のセキュアパブリッククラウドシステムでは、異常検知, 異常時からのシステム復旧, 災害等の非常時にもデータを利活用できる可用性などの抜本的なリスク制御を実現する。

④ 国内外の動向と当該研究計画の位置づけ

研究機関(I), (II)は米国の国立標準技術研究所NIST, 欧州のENISA, 国際暗号学会IACR等でのセキュリティ議論を元に、新たに潜在的脆弱性に対するリスク評価と制御を実現し、その成果により世界を先導できる位置づけである。テストベッド1はプライバシ権の保護を重視しているが、プライバシは日米欧でも意識や制度の差が大きく、国際標準化は容易でない。規制面で先行するEUでは、消去される権利やデータ・ポータビリティ権利の個人付与などをEU域内外の事業者には義務づけるEUデータ保護規則の強化に向かう中、欧米間では新たなプライバシーシールド協定への移行もある。ビッグデータに国境はなく、テストベッド1は情報サービスの国際競争力につながる時宜を得た研究テーマである。テストベッド2はISO/ITU-TやIEEE SA P2302でのクラウド国際標準化等の検討・議論を踏まえており、国際標準化も視野に入れたまさに時宜を得た研究テーマである。

⑤ 実施機関と実施体制

本研究計画は大阪大学中心となり、2つのセキュリティ研究機関を立ち上げる。本研究機関ではセキュリティという観点でセキュリティ基盤技術、プライバシ、潜在的脆弱性に対するリスク評価と制御技術に跨がる異なる研究分野の連携、統合を行うことを目的としており、実施体制においても異なる実施機関の成果を有機的に融合できる運用の実現をめざす。両研究機関は

研究内容が異なるので、独立に運営協議会を構築し、大阪大学において2研究機関の研究成果を統合、成果の適切な運用及び管理を行う総合事務局を設置する。実施機関は研究成果を管理し、各運営協議会では実施機関との定例会合において各研究成果や問題を共有し、複数実施機関の融合運用を実現する。

⑥ 所要経費

セキュリティ基盤研究機関 計12億円(人件費:6億円, サーバルータ類:1億円, 施設設備費:4億円, 設計外注費:1億円), リスク制御研究機関 計11億円(人件費:4億円, サーバルータ類:1億円, 施設設備費:5億円, 設計外注費:1億円), テストベッド1 計7.8億円(人件費:4.8億円, サーバルータ類:1億円, 施設設備費:1億円, 設計外注費:1億円), テストベッド2 計7.8億円(人件費:4.8億円, サーバルータ類:1億円, 施設設備費:1億円, 設計外注費:1億円)

⑦ 年次計画

平成29~34年度は、(I)セキュリティ基盤研究機関、(II)リスク制御研究機関における以下の各研究課題の解決及びプロトタイプを構築し、テストベッドへの適用を目指す。

(I) セキュリティ基盤研究機関: ポスト量子暗号(格子, 多変数多項式, 符号)の開発, プライバシを保護した解析方法, セキュリティリスク指標の研究, センサーネットワーク等のセキュアインフラの構築

テストベッド1: プライバシ保護と完全性検証, 災害等の非常時にもデータを利活用できる可用性を実現したセキュアビッグデータ解析システムを実現. ビッグデータ解析に内在するリスクを分析し, データベース化. リスクデータベースはユーザとサービス事業者へ提供.

(II) リスク制御研究機関: 各種脆弱性に対応可能なソフトウェアおよびプロセッサの構築, 既存システムの脆弱性データを集積, 集積した脆弱性への自動防御システムの実現

テストベッド2: 異常状態モニタリング・分析システムを実現し, クラウド運用時の異常検知とともに, 脆弱化された異常時からのシステム復旧の可視化システムなど, 抜本的なリスク制御を実現したセキュアクラウドシステムを構築. クラウドシステムのセキュリティポリシーや抜本的リスク対策データベースを構築

平成35~38年度は, 試作したテストベッド1, 2のシステムの潜在的脆弱性に対するリスク分析シミュレーションも行う. テストベッドのシミュレーション結果を研究機関(I)で開発した暗号方式, (II)で開発した自動防御システムの精度にフィードバックし, さらなる研究改良とプロトタイプ, テストベッドへのフィードバックを行う. さらに, テストベッド1と2を統合させることによりセキュアパブリッククラウド上でのセキュアビッグデータグローバル解析システムを実現することを狙う.

⑧ 社会的価値

日本年金機構の情報流出, オンライン銀行詐欺等, 情報システム社会の信頼をゆがらせる事故が絶えない. 本研究計画の成果は情報システムの安全・安心を実現し, 経済的・産業的急務といえる. テストベッド1の成果は多機関分散大規模データの統合的活用を可能にし, 生活者ニーズの掘り起こし, 的確な製品やサービスの開発に繋がるため産業基盤としての価値も高く, 高齢少子化が進むわが国に対応した新産業の育成に不可欠である. 現在の健康問題は生活に関わる疾患像へと変化し, 治療から予防へのパラダイムシフトが起きている. 生活習慣病予防や子どもや高齢者の傷害予防等のヘルスケアの問題, 女性・高齢者・障害者などの社会参加促進の問題の解決は急務といえる. テストベッド2の成果はクラウドで管理されるデータの可用性や個人情報保護等の安全性要件など, クラウドサービスのビジネス設計・構築に有効な指針を与え, クラウドサービスの普及に不可欠である. 日本発のパブリッククラウドの活用は, 日本の重要なデータのGoogle等への海外流出を阻止する観点からも非常に重要である.

⑨ 本計画に関する連絡先

宮地 充子(大阪大学大学院工学研究科)

