

持続可能で安心安全な社会の実現に向けた革新的電子デバイス・ 電子機器統合的グリーン半導体プラットフォームの構築

① 計画の概要

地球温暖化やエネルギー資源の枯渇など、経済や社会の持続的な成長と発展を阻む困難な課題が地球規模で顕在化している。本計画は、これらの課題への直接的解決策を提供するもので、電子機器が消費するエネルギーだけでなく電子制御により非エレクトロニクス機器が消費するエネルギー資源を極小化するための統合的グリーン半導体プラットフォームを構築する(図 1)。本プラットフォームにおいて、情報系電子デバイスとパワーデバイスそれぞれの省エネ化を達成し、産業・民生用電力変換・制御機器や各種 IT 機器の消費エネルギーを極小化する。情報系デバイスについては、メインストリームである CMOS 集積回路の省エネ化とともに光配線技術における情報処理システム全体の省エネ化を推進する。電力系デバイスについては、各種のワイドギャップ半導体を相互補完的に活用したパワーデバイス・システムの省エネ化に取り組む。更に、省エネデバイスによる IoT (Internet of Things) ネットワークを活用した社会全体の省エネ化など、新たな社会的価値を創出する技術を開発する。

② 目的と実施内容

環境保護と経済発展の両立を達成し持続可能で安心安全な社会の実現を目指して、統合的グリーン半導体プラットフォームを構築する。本プラットフォームは、電子デバイスの省エネ化(Green of Electronic Devices), さらにはその省エネデバイスを用いた電子システムによる社会の省エネ化(Green by ED)を図ることを目的とする。情報処理デバイスと電力処理デバイスの双方の省エネ化を対象とし、それぞれの課題を「情報系省エネ」と「電力系省エネ」とする。情報系省エネでは、集積回路の低消費電力化技術と光インターコネクション技術による情報システムの低消費電力化に取り組む。電力系省エネでは、半導体のハイブリッド化によるパワーデバイス開発に取り組み、超低損失・耐環境・極限エレクトロニクスデバイス・システムを開発する。更に、省エネ電子デバイスを新たな価値やサービスの創出に活用する具体例として、自律的に通信する IoT 機器による社会全体の省エネ化ならびにヘルスケアやセキュリティ・防災など安全・安心を提供する技術を開発する(図 2)。

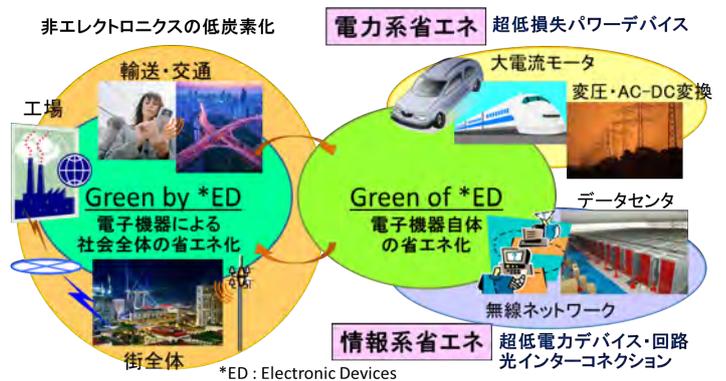


図 1. 統合的グリーン半導体プラットフォーム

③ 学術的な意義

本研究は、環境・エネルギー問題を解決するためのグリーンイノベーションを直接実現するものである。産業用(動力系)電力量と情報機器の電力使用量の両者を大幅に削減するもので、学術的な意義とともに産業的な価値も極めて高く、人類が直面する地球温暖化や資源枯渇問題への有力な対策技術となる。集積回路の超低消費電力化により、自然エネルギーのみで動作する情報システムの実現も可能となる。社会のあらゆるものに情報機器を埋め込みネットワーク化することにより、社会全体のスマート化と低炭素化および新たな価値の創出や安全・安心で競争力の高い社会システムの実現が期待される。一方、交流・直流の変換や変圧など電力を効率よく制御する電力系電子デバイスの用途は、環境対応車(ハイブリッド・電気自動車)、産業機器、鉄道、太陽・風力発電システム、送変電装置、白物家電など幅広い。パワーデバイスの超低損失化により、原子力発電所 7-8 基分のエネルギー削減が可能との試算もある。

本計画実施により、Green of Electronic Devices と Green by ED の個々の学術領域を超え、物理、材料、物性、デバイス、回路、システムまで統合した革新的な学際領域が創生されることになり、我が国の学術の発展に大きく寄与する。また地球規模の課題とニーズを的確に把握し、社会・産業界のグリーンイノベーションを先導することが可能となる。すなわち、我が国の国際競争力の強化および若い人材の国際化に直接的につながり、復興・再生への貢献もきわめて大きい。

④ 国内外の動向と当該研究計画の位置づけ

集積回路の低消費電力化に代表される情報系省エネは、スマートフォンなどの携帯情報端末において商品競争力に直結する課題であるため、主に産業界で重点的に取り組まれてきた。しかし、直ちに製品に組み込み可能な対処療法的な取組が多い。一方、電力系システムの低損失化として、シリコンカーバイドや窒化ガリウムデバイスの研究開発が、米国、欧州、アジアで多くの国家プロジェクトが立ち上がるなど、極めて活発に推進されている。本計画は、現在のメインストリームである CMOS 集積回路の低消費電力化を対象とし、それを上位階層としてチップやボード内外の近距離相互接続に光通信を用いる光インターコネクション技術を加味して革新的低消費電力化を図る情報系省エネ技術と、大口径ワイドバンドギャップ半導体基板はもとより、ナイトライド系、酸化物系、炭素系の長所を抽出して相補的に融合した新パワーデバイスと低損失インバータ回路等を開発する電力系省エネ技術を統合したプラットフォームを構築し、省エネ電子デバイスによる社会全体の省エネ化を推進する計画である。プラットフォーム構築を、若手研究者の国際化と日本の半導体技術を担った人々の活用の両輪で行う。

⑤ 実施機関と実施体制

「情報系省エネ技術」

京都大学(全体取りまとめ)、東京大学(デジタル回路のロジック部)、東京工業大学(RF 回路)、神戸大学(メモリ回路)、大阪大学(超低電圧回路設計技術)など。光インターコネクション技術は、北海道大学(光配線設計)、東京大学(光電子ハイブリッド集積回路)、横浜国立大学(シリコンナノフォトニクス)、京都大学(フォトニック結晶導波路)、産業技術総合研究所、情報通信研究機構、ほか関連企業の研究所などで、オールジャパン体制を構築する。

「電力系省エネ技術」

名古屋大学(GaN デバイス取り纏め、SiC 液相バルク成長)、京都大学(SiC デバイス、酸化ガリウム)、大阪大学(GaN 液相バルク育成、GaN・SiC 加工)、東京工大(パワーデバイス・システム、SiC・ダイヤモンドパワーデバイス)、早大(ダイヤモンドパワートランジスタ)、産業技術総合研究所(GaN デバイス、SiC デバイス、ダイヤモンドデバイス)、物質材料研究機構(ダイヤモンド成長、GaN デバイス評価)、ほか関連企業の研究所などで、オールジャパン体制を構築する。

⑥ 所要経費

総額 415 億円 (10 年間)

- (1) シニア研究者・技術者人件費 70 億円
(700 万円×100 人×10 年)
若手研究者・技術者人件費 50 億円
(500 万円×100 人×10 年)
- (2) グリーン半導体プラットフォーム構築経費 90 億円
各拠点における研究設備費： 50 億円
(新規装置導入：システム性能評価システム、
動作観測システムなど)
拠点研究環境構築費： 40 億円
(各拠点施設の改修整備など)
- (3) グリーン半導体プラットフォーム維持運営経費 205 億円
統合的な試作を行う拠点： 200 億円 (2.5 億円/年×8 拠点×10 年)、運営事務局： 5 億円 (0.5 億円/年×10 年)

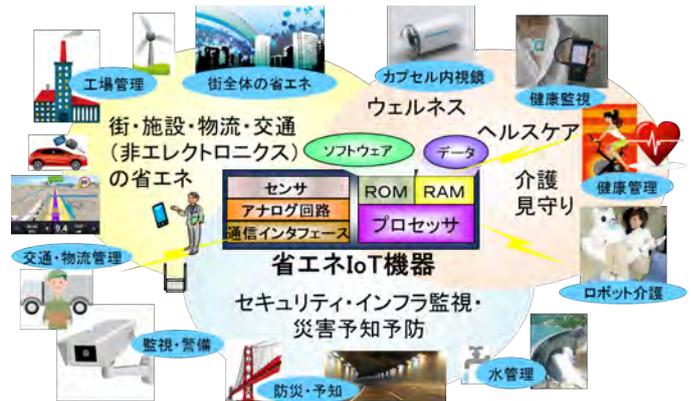


図2. 省エネIoT機器による新たな価値とサービスの創出

⑦ 年次計画

(1-3 年次)

「情報系省エネ」 革新的低消費エネルギーCMOS 回路を実現するための要素技術開発、低消費エネルギー要素回路(ロジック、メモリー、IO)、電源・基板電圧調整回路、性能モニタ回路の開発。革新的光インターコネクション、各種光導波構造を用いた光配線のための基礎学理を確立。

「電力系省エネ」 物質相補的低損失パワーデバイス、各種ワイドバンドギャップ半導体特性抽出とハイブリッド化検討。

「省エネデバイスによる社会の省エネ化」 自律的IoTネットワーク形成技術の開発。

(4-6 年次)

「情報系省エネ」 自然エネルギー採取技術と制御技術の開発、リアルタイムOSによるエネルギー管理技術、多様な自然エネルギーの分散協調利用技術の開発。光インターコネクション用光導波路基板技術、光配線との高効率接続技術の開発。

「電力系省エネ」 物質の組み合わせの選抜と物質相補的機能を先鋭化しパワーデバイスとして物質ハイブリッド化。

「省エネデバイスによる社会の省エネ化」 自律的IoTネットワークによるスマートグリッド制御技術の開発。

(7-10 年次)

「情報系省エネと電力系省エネの統合」 時間的かつ空間的な超細粒度エネルギー制御技術による集積回路の低消費電力化技術を完成。光電子ハイブリッド集積回路のプロトタイプを実現。物質相補的低損失パワーデバイスの試作。

「省エネデバイスによる社会の省エネ化」 自律的IoTネットワークによるヘルスケア・環境保全・防災技術の開発。

開発した低消費電力化技術の改善とともに、再生可能エネルギーの効率的採取・貯蔵システムとの効率的連携。再生可能エネルギーのみで動作可能な情報システムの構成技術を示す。また、開発技術を大規模システムのエネルギー管理技術に展開。

⑧ 社会的価値

本計画は、全世界的な人類共通の課題である「環境・エネルギー問題」に直接答えるものである。社会・産業界のグリーンイノベーションを先導することが可能となり、我が国の国際競争力の強化に直接的に大きく貢献する。また、情報システムの高度化やユビキタス環境の実現により、物理世界とサイバー世界の高度な融合を可能とし、新たな価値の創造や既存産業の競争力強化、ビッグデータ活用による付加価値創出や社会コストの削減などを可能にする。自律的IoTネットワークによる社会の省エネ化と安全安心を担保する技術は、経済的ならびに産業的な価値が高いだけでなく、その効果を目に見える形で実証することができるため、広く国民の理解を得ることができる。電力を効率よく制御するパワーデバイスの用途はハイブリッド・電気自動車、産業機器、鉄道、太陽・風力発電システム、送変電装置、白物家電など幅広い。情報系省エネデバイスによるIoTネットワークと組み合わせることにより、いわゆる Society 5.0 が実現できるため、経済的・産業的な価値は極めて高い。

⑨ 本計画に関する連絡先

小野寺 秀俊 (京都大学・情報学研究科)

クライオデバイス・システム開発ネットワーク拠点の形成

① 計画の概要

クライオエレクトロニクスは、50年にわたる研究の蓄積とここ数年の革新技术が相まって飛躍的發展を遂げている。しかも、その応用分野は、実用化されている医療診断装置、電波天文観測装置、標準素子に留まらず、より波及効果の大きな情報通信機器や高性能分析装置など多岐に渡り、まさに次世代産業の中核の一端を占める実力を身につけた。その基盤となるのがクライオデバイス・システム作製拠点である。本計画では、従来の金属系超伝導集積回路作製拠点を強化・拡大するとともに、磁性ジョセフソン接合や超伝導ナノ構造デバイスなど新規機能デバイスとの統合を図る。さらに、パワーエレクトロニクスへの応用を念頭に、高温超伝導デバイスも取り扱う。また、半導体素子の超伝導回路への埋め込みや、貼り合わせなど3次元化技術を確立し、革新的システムの構築を目指す。この拠点は、デバイス供給を通して基礎からシステムまでの超伝導研究者が協業を行う場となることから、クライオデバイス・システム開発ネットワーク拠点とも言える。

この拠点からの多くのイノベーションも想定される。たとえば、エネルギー散逸の少ない超伝導回路と半導体メモリを統合した技術は、データセンターへ適用が検討されている。また超伝導量子コンピュータおよび量子アニーリングデバイスのスケラブルな3次元拡張が可能となる。タンパク質などの巨大分子の質量分析装置も超伝導検出器と信号処理技術の統合によって可能となる。加えて、我が国で実証されたジョセフソン双対効果により、電圧、抵抗、電流の量子標準トライアングルの構築が世界に先駆け可能となる。このように、本拠点形成は我が国の基礎科学の深化のためにも、グリーン技術や生命科学の重点化という国家戦略の観点からも、またクライオエレクトロニクスの産業化の点からも不可欠である。

② 目的と実施内容

産業技術総合研究所にすでに設置されている超伝導デバイス作製クリーンルーム（CRAVITY）の機能拡充とともに、磁性体堆積・加工技術や半導体の実装技術、さらには3次元実装技術を導入することで、極限機能の具現化を目指す。この極限機能技術開発を通して、学術の深化や新学術分野の創成はもとより、低消費エネルギーと高度情報化を両立させる社会構築に貢献する。加えて、各種センシング技術により、生命科学等の発展に寄与することが本計画の目的となる。

各機関の要求に対応するため、現在のCRAVITYの生産能力を上げる。そのために、ウェファーサイズを3インチから4インチに広げ、供給可能なダイの数を倍増させる。一方、超伝導回路上への磁性体の配置や半導体チップ・回路などの埋め込み、検出器と信号処理回路のモノリシック化、ナノメートルサイズの加工など、特殊な作製プロセスを必要とするデバイス・回路の試作要求が急増している。これに 대응するため、CRAVITYに一連の装置を備え、試作希望者がCRAVITYに赴き、自ら試料を作製できるような制度を導入する。世界の研究者に開放することで、自然と多様な研究者がCRAVITYに集結することとなり、結果的に世界的なネットワーク拠点が形成されることとなる。

③ 学術的な意義

学術と技術は互いに相補的な関係にある。すなわち、学術の進展が新たな技術を生み、その技術によって学術の深化や新領域の形成が促される。クライオデバイス・システム開発ネットワーク拠点形成の目的は、学術と技術のサイクルを加速化することであり、クライオエレクトロニクス分野で既に世界を牽引する立場である我が国が、さらに圧倒的な技術力を獲得することでこの地位を揺るぎなきものとする。

クライオエレクトロニクス分野では、この数年、新しい物理の発見や革新的な技術の提案が相次いでいる。それに伴う学術の進展は、教科書の書き換えが求められるほど大きなものである。たとえば、超伝導/磁性体/超伝導構造の接合では、超伝導体の巨視的波動関数の自発的な位相を操ることが可能となった。これを契機に、低温スピントロニクスと言う新学術分野が形成された。また、超伝導体の低損傷ナノ加工技術の確立によって、ジョセフソン双対効果が示された。この素子は電流の国家標準となり得、電流、電圧、抵抗の量子標準トライアングルの形成は計測科学に大きなインパクトを与える。加えて、超伝導ナノ細線を利用したトランジスタが発明され、単独で半導体デバイスとのインターフェース素子として利用可能となった。この成果は、半導体を低温で使う際の障害を解消した。さらには、超伝導体の巨視的波動関数の操作は、量子コンピュータを実現するための最も有効な手段である。このほか、センシングの分野で数多くの新技術が提案・実証がなされている。本提案のネットワーク拠点形成は、これらに続く革新的技術の創出を促すものである。

④ 国内外の動向と当該研究計画の位置づけ

米国では、国家戦略として超伝導デバイス作製拠点の増強を強力に推進されており、量子計算や高性能計算機、検出器など応用毎に異なる拠点形成が行われている。欧州も同様な状況である。これに対し、日本ではすべてのクライオエレクトロニクス研究者が結集できる拠点の形成を目指す。拠点から供給されたデバイスを通して得られた知見を共有することで、イノベーションの創出が促される。これが、クライオデバイス・システム作製拠点をクライオデバイス・システム開発ネットワーク拠点と呼ぶ所以である。世界最高水準にある金属系超伝導集積回路作製技術、高温超伝導デバイス集積化技術に加え、低温スピントロニクス技術、半導体を含む3次元実装技術を導入することで、幅広い要求に応えられるクライオデバイス開発ネットワーク拠点を構築する。

⑤ 実施機関と実施体制

磁性体デバイスや半導体実装技術も含め、産業技術総合研究所の超伝導デバイス作製クリーンルーム（CRAVITY）でのデバイス作製能力を向上・拡張し、新しい応用に向けた高度な低温デバイスの開発ができるようにする。加えて、標準化されたクライオデバイス・回路については、長期に渡って多くの研究機関に安定して供給できる体制を確立する。この活動を通してCRAVITYを中心としたクライオデバイス研究のネットワークを構築し、クライオエレクトロニクス研究者の連携を作り出す。

CRAVITYを中心とした研究への参加機関と研究分野は以下の通りである。埼玉大、電通大、横国大、名大、京大（以上、信号処理・コンピューティング技術研究）、東大、東北大、横国大、理研、NICT、NTT（以上、量子情報処理研究）、東大、九大、大阪府大、筑波大、AIST、JAXA、NIMS、KEK、日立ハイテクサイエンス（以上、計測・分析技術研究）、豊橋技大、岡山大、九大、金沢工大、日立（以上、医療診断応用技術開発）、名大、AIST、NICT（以上、Nb、NbN、磁性・超伝導デバイス開発）、超電導センシング技術研究組合（以上、高温超伝導デバイス開発）、山形大、山梨大、東芝（以上、マイクロ波応用）

⑥ 所要経費

予算総額 60 億円（施設建設：5 億円、設備導入：30 億円、人件費・運営費 2.5 億円/年、10 年間）

製造プロセスラインの高度化、磁性体など異種材料との融合、半導体チップの埋め込みを含む 3 次元実装の 3 分野を強化するために設備を導入する。具体的には以下の通りである。

- (1) ナノ構造デバイス作製のための露光装置（矩形整形型電子ビーム露光装置、i 線ステッパー） 13 億円、(2) 超伝導膜、誘電体膜、磁性膜成膜装置およびジョセフソン接合成膜装置 7 億円、(3) ディープエッチング装置を含むエッチング装置 3 億円、(4) 製造プロセスラインの 4 インチへのアップグレードに要する装置 2 億円、(5) 平坦化のための化学機械研磨装置 1.5 億円、(6) 3 次元実装のための装置（フリップチップボンダ、超伝導バンプ作製装置等） 3.5 億円：合計 30 億円。

⑦ 年次計画

CRAVITY のチップ供給能力の増強や、異種デバイスとの融合技術、3 次元実装技術の導入のために、ウエファ径を 4 インチに拡大する。これに合わせてプロセス装置を一新し、今後 10 年以上にわたって安定して超伝導デバイスを供給する基礎を築く。

5 年後を目的に、1000 万接合規模の超伝導集積回路作製技術を確立する。これと並行して超伝導ナノデバイスや低温スピントロニックデバイス開発を開始する。フリップチップや貫通ビアなどを利用した 3 次元実装技術を開発し、超伝導回路のスケラブルな拡張技術確立を目指す。さらに、半導体などの異種デバイスとのハイブリッド化を目指す。

高温超伝導デバイスは実用に近いものが既に実現されているが、歩留まりとスループットの向上が最大の課題となっている。これらの課題を克服するために最新のモニタリング手法を取り入れた装置を導入し、高歩留まり、高スループットの高温超伝導デバイスプロセスを立ち上げる。

以上と並行して、産総研以外の研究機関が CRAVITY 利用をより容易に行えるための制度作りを進めていく。また、CRAVITY ユーザに対するセミナー等を定期的で開催し、CRAVITY を核とした研究ネットワークを形成していく。

⑧ 社会的価値

国民の強い関心事のひとつが、エネルギー問題であり、また今後訪れる超スマート社会への対応ではないかと考える。クライオデバイスによる情報通信機器は、量子情報処理技術も含め、冷却のペナルティを考慮しても高いエネルギー効率を有しており、超スマート社会での基幹機器となるほか、省エネルギーにも貢献する。さらに、本研究分野は、新しい物理や新規デバイスが次々と生み出されており、知的価値は極めて高い。また、それらの新規デバイスにより、多くの応用において解決できない技術的障害は解消している。小規模高性能システムの構築から、順次高度化を図り、競争力の獲得を目指す。

⑨ 本計画に関する連絡先

藤巻 朗（名古屋大学・大学院工学研究科）



安全・安心で効率的な社会基盤と知的ネットワークの実現を目指す光・無線融合型自律分散協調情報通信ネットワークの構築

① 計画の概要

我が国が抱えるエネルギー、労働人口減少、サイバー攻撃など社会課題の多くは、ネットワークと知的処理を融合させることにより解決への道が開かれる。そのためには、我が国が得意とする光通信技術と世界的に普及が進む無線ネットワーク技術を先端科学技術で融合し、より効率的で安心・安全なネットワークの実現が不可欠である。

本提案は光ファイバ通信とマイクロ波・ミリ波無線通信の間で電磁波としてのコヒーレンス状態を保持し両者をシームレスにつなぐことのできる「フルコヒーレント情報通信」を実現し、これにより制御層から物理層までを完全仮想化した自律分散協調ネットワークを技術開発することにある。その鍵を握るのが、超多値信号を伝送可能なデジタルコヒーレント光伝送技術、光から無線の領域で動作可能な超広帯域/超高コヒーレンス機能デバイス、ポスト5G分散アンテナ無線技術であり、耐災害性に優れた光・無線融合アクセスネットワーク技術である。

さらに本研究開発では極低遅延で高品質な通信環境の提供が可能となる IoT 時代に必要不可欠なネットワーク基盤技術を開発する。将来は無線アクセスポイントの柔軟かつ超高密度配置が予想され、今以上に無線ネットワークにおける複雑な干渉問題やエネルギー消費問題が顕在化する。これらの問題を、光・無線融合アクセスネットワーク技術で解決する。

② 目的と実施内容

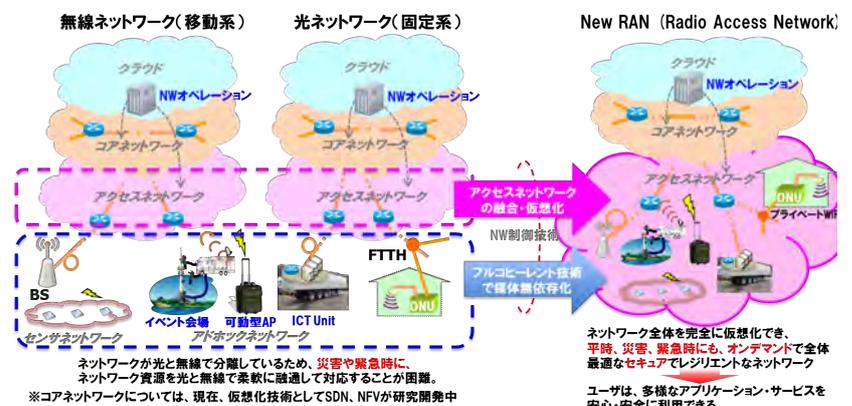
クラウド・ビッグデータ社会の先にある“知性”を基盤としたスマートコミュニティを形成するためには、人と人とのリアリティに富むコミュニケーションやセンサデータに基づく制御情報の伝達を平時にも災害時にも可能とする自律分散協調型ネットワークを構築する必要がある。このようなネットワークは、既存メディアだけでなく、IoTを通じて収集された膨大なセンサデータを同時に収容するために、多岐にわたる通信インタフェースに対応できなければならない。そのためには、これまで独立に構築されてきたセンサやモバイル端末等のワイヤレスネットワークと、それらを収容する光ネットワークを、制御層から物理層まで完全仮想化し、伝送媒体毎に個別に適用されていた通信方式を伝送媒体に依存しない通信方式に統合する必要がある。その究極にあるのが、光と無線の間で電磁波としてのコヒーレンスを完全に保持できる「フルコヒーレント通信方式」である。本研究は、光および無線の先端技術を結集し、光信号と無線信号を自在に変換することのできる超広帯域/超高コヒーレンス光・電子融合型集積デバイスおよび信号処理回路、光デバイスと無線デバイスを融合させるためのヘテロジニアスな集積化技術、そしてそれらを基盤として完全に仮想化された自律分散協調型ネットワークの構築を目的とする。

③ 学術的な意義

本研究は、身近な存在でありながら融合していない光通信と無線通信を1つにまとめて新たな情報通信システムを作り上げようとするもので、極めてインパクトが高く、かつ世の中に大きく貢献する技術開発である。その基盤技術として、光波からマイクロ波、ミリ波、テラヘルツ波までの無線信号を自在に発生・制御できる技術を創出する。このようにキャリア周波数が5桁にわたる電磁波を一つの伝送媒体として使いこなそうとする試みは、世界にも類を見ない課題であり、従来の学問体系を超えて超広帯域な電磁波を自在に操る技術を追求することは学術的にも極めて高い意義がある。これによりキャリア周波数に依存することなく、光ネットワークと無線ネットワークがシームレスに融合され、あらゆるネットワーク資源を柔軟に活用することが出来る。ネットワークのトラフィックが増大・多様化し続ける今日、柔軟、レジリエント、セキュアで且つ経済性の高いネットワークの創出にいち早く着手することは極めて時宜に合ったものといえる。広帯域ミキサやフォトダイオード、超狭線幅半導体レーザが実現されれば、計測・分光・イメージングをはじめとする光・テラヘルツ科学などマイクロウェーブフォトンクス分野への波及効果も極めて大きい。それらを踏まえグラフェン受光素子やUTC-PDの広帯域化、InP-HEMTの高出力化、InP半導体レーザの超高速化を追求する。電磁波のコヒーレンスを生かした独創的で将来の核となるシステム・デバイス技術の創出により、学術・産業の両面で世界を牽引し、我が国の情報化社会の高度化と情報通信産業の発展に資することができる。

④ 国内外の動向と当該研究計画の位置づけ

国内では、次世代アクセスネットワークのあるべき姿を検討するために、光と無線の枠組みを越えた議論を行う場として「次世代アクセスネットワーク検討会」（委員長：東北大学 中沢正隆）を2013年に発足させている。持続的発展可能な「しなやかな社会」を支えるICTに求められるものは何であるかを念頭に、課題の抽出と課題解決に向けた議論を重ねた結果、「フルコ



提案プロジェクトのねらい

「コヒーレントな光無線融合システムによる自律分散協調型ネットワーク」という方向性を2014年5月に提言している。デジタルコヒーレント光伝送技術の急速な発展により光通信が光の電界を駆使用するレベルに到達しつつある今、技術的には無線通信との境界が無くなりつつあり、光・無線融合に向けてまさに機が熟した段階である。国外では、SamsungやNokiaが5Gの超広帯域化に向けて無線アクセスの光張り出し化に着手している。しかしながら、これらの媒体を超広帯域電磁波として統一的に扱うアイデアはなく、コヒーレント技術で世界を牽引する我が国が優位な立場にある。

⑤ 実施機関と実施体制

実施の中心となる東北大学には、電気通信研究所、電気・情報系（工学研究科・情報科学研究科）、電気通信研究機構などの多くの部局があり、光伝送技術（中沢教授）、無線伝送技術（安達教授・末松教授）、超高速/超高コヒーレンスデバイス技術（尾辻教授・八坂教授・山田教授）、ネットワーク技術（加藤教授）の4つを基軸として、研究開発全体を総括する。上記の教員は電気通信研究機構に所属するため機構を中核として実施していく。また学内には東北大学と包括連携の元、NICT（情報通信研究機構）の耐災害 ICT 研究センターも活動しており、ネットワークの仮想化およびレジリエンス向上の観点から本研究開発に従事する。他大学・国研からは阪大、京大、東工大、早稲田大、千歳科学技術大学、大阪工業大学、京都工芸繊維大学、AIST（産業技術総合研究所）が参画する。企業からは、通信事業者としてNTT、NTT ドコモ、KDDI がフルコヒーレント通信方式の技術検証・評価プラットフォームを整備し、標準化活動も推進する。メーカーからは三菱電機、NEC、富士通、パナソニック、沖電気が、フルコヒーレント伝送用デバイス・集積化、モジュール実装化、およびシステムのプロトタイプ試作・評価に携わる。

⑥ 所要経費

本プログラムで取り組む大規模研究計画の期間は7年間とし、設備費・消耗品・人件費の総額は50億円とする。

⑦ 年次計画

H28年度（3億円：設備0.5・消耗品1・人件費1.5）：材料/デバイスの検討および設計

- ・フルコヒーレント光・無線融合アクセスシステムの課題の抽出
- ・高効率光・無線デバイスの各種設計

H29年度（5億円：設備2.5・消耗品1・人件費1.5）/H30年度（7億円：設備4.5・消耗品1・人件費1.5）：光・無線融合アクセスプラットフォーム構築

- ・光・無線デバイス試作、コヒーレント光源試作とキャリア周波数制御技術の完成
- ・フルコヒーレント制御技術及び無線システムの最適化とフルコヒーレントシステムシミュレーション

H31年度（8億円：設備5.5・消耗品1・人件費1.5）/H32年度（12億円：設備9・消耗品1.5・人件費1.5）：プロトタイプシステムの試作および実証実験および実用化に向けた取り組み

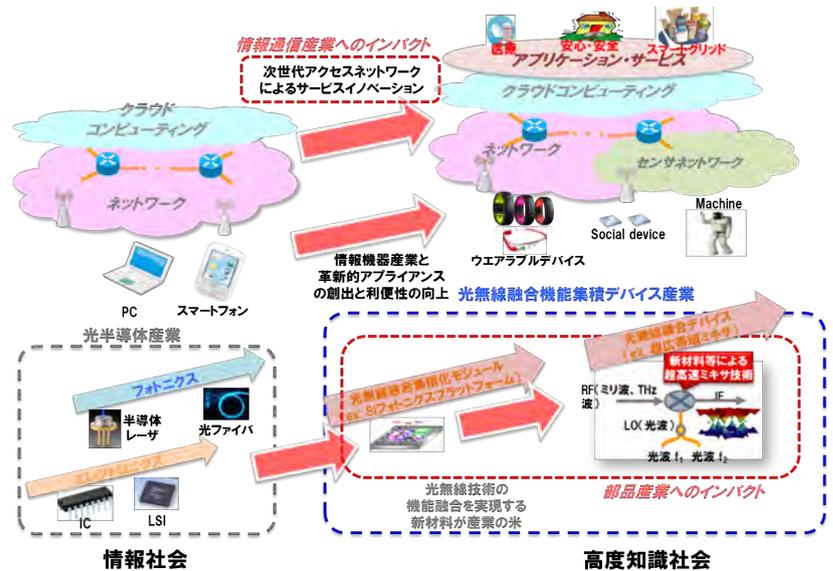
- ・デバイス集積化技術の完成
- ・分散協調システムの実証

H33年度（5億円：設備2.5・消耗品1・人件費1.5）/H34年度（10億円：設備7.5・消耗品1・人件費1.5）：フルコヒーレントシステムの大規模デモンストレーションと標準化、デファクト化

- ・システム改良及び最終総合システム実験

⑧ 社会的価値

フルコヒーレント通信システムにより構築される自律分散協調ネットワークは、新しいアプリケーションレベルのイノベーションを引き起こし、「超スマート社会」を形成するための ICT インフラとしての役割を担うことができる。これにより、あらゆるヒトとモノに対し、柔軟にかつ簡便にアクセスできるため、新たなサービスイノベーションが喚起され、クラウド・ビッグデータ社会の先にある“知性を基盤とした高度機能化社会への変革”をも加速することができる。また、平時・災害時に関わらず情報やエネルギーの流通がオンデマンドで最適化可能なため、極めて高度で且つ安心・安全な社会基盤を提供することができる。また、これまで独立に発展してきた光技術と無線技術の融合によって、革新的なサービスと付加価値の高い産業構造が創出され、情報通信産業全体の活性化と国際的競争力の向上が期待される。さらに、異種材料による光電子デバイスの集積化技術が確立されれば、従来の集積回路よりも遥かに幅広い機能的動作を実現できるため、IoT デバイスへの応用など、大きな産業的インパクトが期待できる。



提案プロジェクトが社会や産業へ与えるインパクト

提案プロジェクトが社会や産業へ与えるインパクト

⑨ 本計画に関する連絡先

中沢 正隆（東北大学 電気通信研究機構/電気通信研究所）

電磁波の科学的利用と商業的利用の共存・共栄

① 計画の概要

本計画の目標は、電磁波の科学的利用・商業的利用を含む様々な利用に関し、運用状況を模した実験環境を構築して、利用者間の共存の条件を科学的に導き出すことにある。これまでの共存は、異なる用途の電磁波利用を敵対的に捉え、利害の調整という観点からの約束事として議論されてきた。本計画では、実験実証と確率的モデルに基づいた、より科学的・客観的な電磁波利用の共存を図るためのプラットフォームを構築する。

本計画は、科学利用・商用利用・計測・両立性・伝搬など異なる立場から電磁波に関わる研究者の集まりである、日本学術会議第3部電気電子工学委員会国際電波科学連合(URSI)分科会が中心となって進める。本計画で検討している実験施設は世界的に例のないものであり、科学的・客観的な共存の指標を明らかにすることで、行政プロセスへの反映を通じた国民の福祉向上、さらには国際的な貢献を通じて我が国の電波科学に対する認識度を一層高めることが期待される。

本計画の社会的価値は、電波の共存に関する政策・法整備などの行政プロセスに対する迅速な情報提供を通じた、「電波の公平かつ能率的な利用の確保」(総務省電波政策ビジョンより)への貢献にある。

② 目的と実施内容

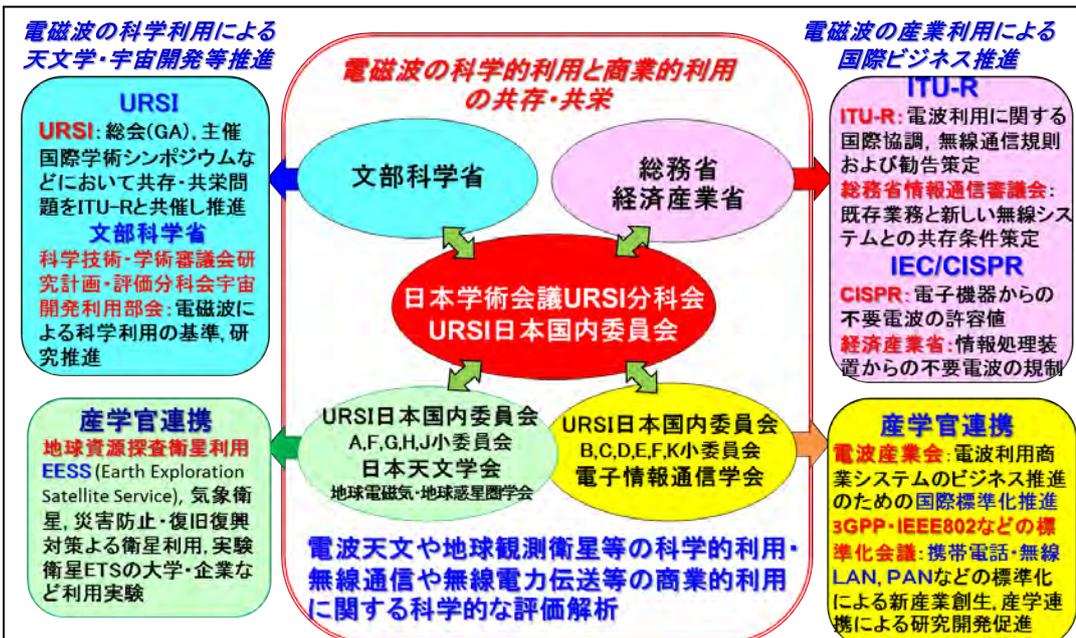
本計画の最終目的は、タイトル通り、電磁波の科学的利用と商業的利用の共存・共栄を実現することにある。本計画の目標は、電波天文や地球観測衛星などの科学的利用・無線通信や無線電力伝送などの商業的利用を含む様々な電磁波利用に関し、運用状況を模した実験環境を構築して、利用者間の共存の条件を科学的に導き出すことにある。具体的には、与干渉側・被干渉側の無線装置もしくは同等の機能を実現する測定装置を使用して干渉実験を行い、被干渉側の影響を定量的に計測・評価する方法について研究を行うものである。

また干渉検討の結果は、共存条件データベースとしてシステム毎、周波数帯毎の共存条件として一元的に記録され、外部から自由に参照できるものとする。

施設は基本的に共同利用とし、大学、研究機関、試験機関、電磁波利用に関して中立的な企業などが運営管理を行うことを想定している。

③ 学術的な意義

現在、電磁波の利用は、国連機関である国際電気通信連合(ITU)により国際調整が図られ、周波数帯域毎に細分化された用途への割り当てがなされている。一方、国際無線障害特別委員会(CISPR)は一般の電子機器から放射される電磁雑音に関する国際調整を担っている。両者は法規制あるいは勧告の形で共存の仕組みを提示し、相互の連携は謳われているものの、それぞれの観点が異なるために、必ずしも両者の間に整合性があるとは言いがたい。現在の主流を占めつつあるデジタル通信方式では、被干渉性能の向上と新たな与干渉の発生が同時に生じているが、保護条件についてはアナログ通信の時代から手付かずのまま、先行する利用者に過剰な保護の権利が付されている事例が多くみられる。また、近年導入が進んでいる新しい高周波利用機器やパワーエレクトロニクス機器による、新たな電磁干渉問題も発現している。一方、受動的な観測である科学的利用については、検出すべき対象となる電磁波の強度が非常に弱いため、強固な保護が必要である。これまで、共存は異なる用途の電磁波



利用を敵対的に捉え利害の調整という観点からの約束事として議論されてきた。本計画では、より科学的・客観的に電磁波利用の共存を図るための実験実証を行うプラットフォームを構築し、実験実証と確率的モデルに基づいた共存のための科学的指標を提供すること目的としている。

④ 国内外の動向と当該研究計画の位置づけ

これまでの電磁波利用の共存に関する議論は、国際的にはITUやCISPR、国内的には総務省あるいは経済産業省が、対立する利害の調整のために行なってきた。時には、利害の対立が感情的な対立を生み、共存に関する客観的・科学的な議論を阻んできた事例もある。本計画は、科学利用・商用利用・計測・両立性・伝搬など異なる立場から電磁波に関わる研究者の集まりである。日本学術会議第3部電気電子工学委員会国際電波科学連合（URSI）分科会が中心となって進めるものであり、公正で科学的・客観的な議論を通じた共存条件の導出を実証的に進めることを目指している。特に本計画で検討している実験施設は世界的に例のないものであり、本計画が成功すれば、国内の学術機関及び企業の利益だけでなく、電波利用の促進による国民の福祉にも直接貢献する。さらに、海外の政府機関・企業の利用も積極的に受け入れることによって、我が国の電波科学に対する認識度を一層高めることも期待される。

⑤ 実施機関と実施体制

設備自体を保有、もしくは管理する機関としては、大学、研究機関、試験機関、電磁波利用に関して中立的な企業などを想定している。大学に設置する場合には国立大学に全国共同利用施設として設置することが考えられる。一方、複数機関によるアライアンスがURSI分科会や研究機関で構成される運営委員会の下に管理運営する可能性もある。

一方、共存条件に関する研究は、大学のほか、国立研究機関、民間企業など、異なる立場の研究者からなるグループで議論する必要がある。現時点で中心的な役割を担うのはURSI分科会と考えられる。参加機関としては中央大学、横浜国立大学、金沢大学、日本大学、東京工業大学などの参加を見込んでいる。

⑥ 所要経費

総経費 74 億円

内訳：建設費（装置、設備等を含む） 54 億円（電波実験棟 30 億円、電波暗室 5 億円、コンパクトレンジ 2 億円、電波反射箱 1 億円、マルチポートフェージングシミュレータ 4 億円、汎用計測器 2 億円）

運営費 20 億円（人件費 10 億円、消耗品費 5 億円、フィールド試験経費 5 億円）

⑦ 年次計画

第1年度 共存を評価するための機能・商業的利用に関連した基本仕様の策定、科学的利用に関連した共存評価法の検討

第2年度 商業的利用に関連した設備の構築及び具体的評価手順に関する検討、科学的利用に関連した基本仕様の策定

第3年度 商業的利用に関する試行的な運用試験、科学的利用に関連した設備の構築及び具体的評価手順に関する検討

第4年度 商業的利用に関する本格的な運用、科学的利用に関する試行的な運用試験

第5年度 商業的利用・科学的利用を統合した本格的な運用

第6-10年度 運用を通じた共存評価法の継続的な見直しと体系化、設備の維持管理と更新

⑧ 社会的価値

前述した通り、電磁波の商業的利用は、絶え間ない新用途の開発によって、周波数資源の枯渇をもたらしている。しかしながら、実情を鑑みると、共用条件の検討にあたっては、前時代的なアナログ通信を前提とした、すでに科学的根拠を失った規範が生き長らえ、周波数資源の真の有効活用を妨げている場合が散見される。本計画のプラットフォームは、行政プロセス、例えば総務省情報通信審議会情報技術分科会での審議や技術試験事務による調査検討などに対しても、常設の施設・体制で迅速に科学的・客観的な共存のための指標を提供することができるため、電磁波利用の一層の促進を通じた産業の振興及び国民の福祉への貢献が期待できる。さらに、新たな電磁波利用に関して共存条件を迅速に評価できる体制は、産業界が国際的な標準化へのイニシアティブを発揮する上でも必要不可欠である。



⑨ 本計画に関する連絡先

高田 潤一（東京工業大学 環境・社会理工学院）

レジリエントな都市における巨大構造物の要素の破壊と脆弱性を実寸法で評価できる 世界最大容量の3方向動的加力装置および実験施設

計画の概要

超高層建築など巨大な建設物が増え続けており、それらの重力を支える構造部材は、激しい地震では、これまでの実験施設で再現できないほど膨大な鉛直力と水平力を受ける。構造部材が高耐力で大型になるほど、設計時に想定したものと大きく異なる応力集中が生じ、構造部材の破壊ひいては巨大建設物の崩壊という大惨事に至る恐れがある。革新的な構造部材・材料が日本で開発・適用されているが、それらを実大規模で実証する加力装置は日本に存在しない。そのため、比較的大きな実験設備を有する米国や台湾で行わざるを得ないケースが発生していた。

そこで、実大実験データのない多くの高耐力部材を実寸法で動的に破壊できる載荷装置（図1参照、鉛直力12,000トン、2方向水平力1,200トン・600トン）を整備し、実験研究を行う。実際の大規模建物の免振装置、柱、壁の破壊を再現するなど、不可能だった破壊実験が可能になり、本施設が国内外の建築・土木実験研究ハブとなると期待される。

本施設は、防災科学技術研究所の大型施設E-ディフェンスで可能な鉛直力の10倍の容量をもち、40～50階建ほどまでの建物の重要構造部材に、膨大な荷重やねじりも含む様々な変形を強制的にかけるものである。そのためE-ディフェンスと機能は全く重複せず、建設費は約10%の規模で、同様に世界の注目を浴び、多くの国際共同研究をもたらすと思われる。

2015年末に、本施設に関し開かれたシンポジウムでは、施設の設置を一刻も早く実現して欲しいとの要望が、210名の参加者から一致して寄せられた。

本施設は、共同利用研究を19年間実施してきた東工大先端無機材料共同研究拠点の構成メンバーである未来産業研究所・都市防災研究コア（UDPRC）の教員グループが運営する。

目的と実施内容

本計画の目的は、巨大建設物の高耐力大型部材の実大実験を可能とする大容量動的加力実験施設を日本に築くことで、各種部材の脆弱性の把握と破壊現象の解明を行うことである。実務が研究に先行して盛んに用いられている各部材の破壊過程が本施設により解明され、研究・開発の飛躍的な進展、技術の健全な普及、ひいては安心安全な建設物と社会の実現に大きく貢献する。日本の学問と技術の水準を高く保つことができ、その結果、海外に対し学問と実務の両面で貢献できる。

実際の建設物で使用されているが実大実験データの無い多くの高耐力部材を考慮し、実寸法で部材の性能確認を行える鉛直力（12,000トン）2方向水平力（1,200トン、600トン）の動的載荷能力を本施設で実現する。地震時挙動の評価のため、3方向の同時加力が必要である。重要度が高く、実験が今すぐにも必要な部材の種類は数多い。

具体的には、高圧縮力下で水平2方向に大変形する様々な免震支承の実大実験、日本の高層・超高層建物で使用頻度が高く、高強度コンクリートと高張力鋼を用いたCFT柱の高軸力2軸曲げ実験、阪神大震災時に脆性破壊した厚肉大断面鋼柱の高引張り力と2軸曲げ実験、首都圏に存在する既存コンクリート系高層建物低層部の柱の高軸力2軸曲げせん断実験、コンクリート耐震壁の曲げせん断性能評価実験などが緊急の検討として挙げられる。

UDPRC（、参照）の教員が、長年の共同利用研究拠点の活動で連携した国内外の多くの研究者に対し実験データの活用を促すとともに、様々な共同研究を企画遂行する。成果を建築・土木構造分野の設計指針に取り込むことで社会に還元する。

学術的な意義

安全な構造物の実現には、理論研究のみならず、実験研究によりその挙動を正確に把握することが重要である。例えば構造部材が大型化すると、ひび割れなどの欠陥が存在する確率が高くなり、脆性破壊の危険性が飛躍的に高くなる。巨大建設物における大断面の部材に大きな力を均質に伝達させることは難しく、局所的な破壊が部材耐力を決定づけるため、材料力学に基づいた耐力が発揮できず、いわゆる寸法効果が生じる。

これにも関わらず現状では、実験施設的能力限界により、縮小試験体の実験結果をもとに、スケール効果が曖昧なまま工学的判断を盛り込んで、様々な構造規定を設けている。阪神淡路大震災で高層住宅の厚肉鉄骨柱が脆性破壊したが、その後十分な検証がなされないまま、大型構造部材を使用した高層建築が建て続けられている。また杭や基礎の地震被害もこれまでに多く報告されているが、実大規模での実験的検証はなされていない。

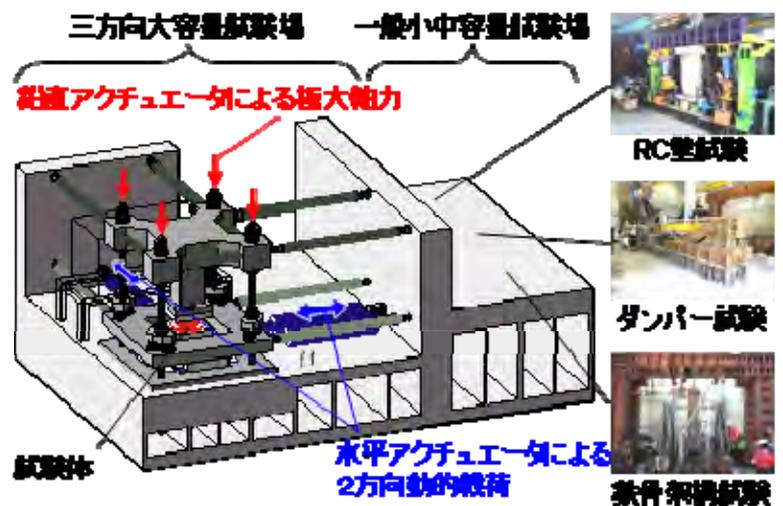


図1 世界最大容量の3方向動的加力装置の概要

構造物の大規模化、高軸力化が進む中、実大規模での性能確認は実務面で緊急に必要であり、かつ学問的にも必要不可欠である。特に、地震時に作用する応力状態・変形状態を再現する高軸力下で2方向水平力を加える実験が必須である。地震時の大規模かつ複雑な応力条件を再現した実験は、本申請施設によりはじめて可能となる。

E-ディフェンスは6階建ほどまでの実寸建物の振動が実験できるが、本施設は40～50階建ほどまでの建物の重要構造部材に、膨大な荷重やねじりも含む様々な変形を強制的にかけて破壊実験ができる。本施設の極限の試験能力は、15年間ほど世界一である米国施設を大きく上回り（参照）、世界の構造工学の進歩、安全安心な社会の実現に大きく貢献できる。

国内外の動向と当該研究計画の位置づけ

国内では鉛直力が鹿島建設で4,000トン、竹中工務店で3,000トンの水平1方向のみの載荷装置があるが、地震時の再現のために必要な水平2方向の載荷装置としては、現在まで15年間世界一のカリフォルニア大サンディエゴ校（UCSD）の装置がある。鉛直力の容量は圧縮5,300トンと大きいのが、引張実験（前述）や免震支承程度以上の高さの試験体の実験はできない。イタリアの同程度の規模・性能の装置、中国で圧縮容量を10,600トンまで高めた装置もある。

これらに対比し、本装置は鉛直圧縮12,000トン、特別な設計により引張6,000トンも可能であり、かつ長周期・長時間地震時の再現ができる吐出量も有しており、コストはかなり抑えられている。以上から本施設は、今後10～20年は世界最大規模かつ多様な実験ができるものとして、最も重要な構造データを世界に発信し、構造工学の発展に著しく貢献すると思われる。

実施機関と実施体制

南海・東南海トラフ地震で大きな被害を受けられる地域の8大学、大手ゼネコン研究所や、建築研究所・土木研究所など政府系研究所を実施機関とし、学術協会や海外研究機関を含めた産官学共同研究体制を実施体制とする。

実施の中心機関は東工大であり、建築工学、土木工学、機械・精密工学、原子力工学における構造工学を専門とする40名を超える教員の参加を予定している。日本最大のこの構造工学研究グループが、広範な構造実験研究、共同利用研究の企画と実施を行う。中核となるのがUDPRCの教員11名であり、取り纏めと運営を、三方向大容量試験場の運営機関（参照）と一部共同で行う。UDPRCは長年の共同利用研究活動により国内外の多くの研究者と繋がっており、実験データの活用、共同研究を促す役目も担う。建築構造分野の各種監修指針の作成を主導的立場で行ってきた経験から、研究成果の社会実装の仕組みも築く。

所要経費

10年間の予算総額は88.4億円（直接：68億円、間接：20.4億円）である。直接経費は建物設備64億円（反力床と壁を有する実験室14億円、防音防振対策2億円、載荷アクチュエータと油圧源41億円、支持鉄骨7億円）、10年間の人件費3.3億円（特任教授・准教授・助教各1名、技術職員1名）とする。三方向大容量試験場（図1参照）の運営経費には、多くの企業の検証・認定実験から得る収入をあてるため、外部機関にその部分の運営を委託する。したがって、一般小中容量試験場の運営費0.7億円（機器維持管理費0.3億円、旅費0.2億円、消耗品0.2億円）とする。

三方向試験装置の世界最大の鉛直力は自己釣合式としたため、反力床・壁は水平力のみ能耐えられるよう設計できた。動的アクチュエーターを3軸方向に効率よく設置し、大容量の割に非常にコンパクトな装置とした。水平2方向載荷に鉛直圧縮力をかける場合、既往装置では水平方向の摩擦力が生じ、その精確な計測ができないが、本装置ではこれを解決している。かつ6,000トンの鉛直引張り力や、上背のある試験体も実験できる高性能装置として、非常に経済的である。

年次計画

1～2年目：効率的・実践的な施設設計となるよう実験施設の建築計画を策定し、施設と載荷装置を建設する。

3～4年目：実験設備の校正を兼ね、施設の最大載荷能力を使う実験を行う。阪神大震災で破断した高層鉄骨系建築物柱や首都圏にあるコンクリート系高層建築物柱の高軸力2軸曲げせん断実験を行う。国内研究機関との共同研究課題を具体化させる。

5～6年目：日本で多用される免震建物を支える実大の積層ゴムとCFT柱の高軸力2軸曲げ実験を行う。2010年チリ地震や2011年NZ地震で問題化したRC造耐力壁の曲げ圧縮破壊を実大モデルで再現する。海外研究施設との共同研究課題を具体化させる。

7～8年目：高引張り力下での安全性が未検証な免震構造用スライダース支承と引張軸力および2軸曲げを受ける鉄骨接合部の実大実験を行う。また、杭の実大曲げせん断実験を行い、太径鉄筋の付着が杭の曲げせん断性状に与える影響を解明する。

9～10年目：高圧縮力下での安全性の検証ができていない免震構造用スベリ支承と高圧縮力および2軸曲げを受ける鉄骨接合部の実大実験を行う。RC系部材の壁や柱については、高強度材料を用いた部材の実験を行う。

社会的価値

東日本大震災だけでなく、首都圏直下地震や東海・東南海地震などの可能性に対する指摘が頻繁になされ、国民全体が地震に対する備えの必要性を強く認識している。その一方で、都市を構成する高層建築は、性能検証のために必要な実大規模での実験検証なしに、縮小モデルによる知見の演繹により設計されている。

本施設は様々な超高層建築物が、かつてない大地震にさらされた場合の安全性を世界初で検証するものである。学術的価値が極めて高い実験データが得られ、これまでの解析技術や評価基準を見直すことで、学術街進に大きく寄与することはもちろんであるが、巨大地震に対しても安全・安心でレジリエントな都市を実現するという、国民の期待に応えるための施設である。

また、ここで行われる研究は、我が国の建設に関わる産業分野での技術革新に繋がるものである。得られる成果としての大地震に対してレジリエントな都市・建築の実現は、我が国の経済・産業の災害耐性の向上に寄与し、日本の国力向上に貢献するものである。また、このことは、我が国の建設業の世界的な競争力をも向上させることになると言える。

本計画に関する連絡先

笠井 和彦（東京工業大学科学技術創成研究院）

実大ストームシミュレータ（強風・火災・降雨・降雪・降雹・日射のシミュレータ） および気象災害サイエンスパーク

① 計画の概要

台風など多くの強風災害は豪雨や高潮などの水災害を伴っており、火災、降雪、降雹なども強風との関連が重要である。本計画では、これらの課題を解決する手段として、2、3階建て実大木造住宅等を収容でき、80m/s程度の強風、火災、降雨、降雪、降雹、日射などを同時に作用させ得る大型ストーム発生装置を建設し、建物の外装材や構造骨組の健全性を実スケールで検証するほかに、防災教育・啓発活動のために気象災害サイエンスパークとしても運営する。本施設で初めて破壊プロセスを含んだ建物性能の評価が可能となり、火災、降雨、降雪、降雹等との複合効果に関しては、ほぼ不可能であった縮尺モデルでの相似則の問題を解決でき、間接的現象理解から直接的現象理解へ、単一外力評価から複合外力評価へ、外力評価からパフォーマンス評価へとパラダイムがシフトし、広範な学術分野で飛躍的なブレイクスルーが図られる。外装材種別、構造システム、建物形状等を制御した上で、極めて稀な実現象を系統的に制御して、数十年、数百年の時を待たずして、効率的な問題解決が図られ、多大な防災効果と関連産業育成効果が約束される。また、建築物、発電システム、送配電施設、農林水産業施設等の耐風性能等の向上が飛躍的に図られ、社会制度全般への波及効果も大きい。日本では毎年2兆4千億円もの巨額な経済的損失が自然災害で発生している。本施設は、建材や構工法の開発、防災工学研究において世界をリードし、近隣の発展途上国の実状に応じた建材・構造システム開発、インフラ整備、防災事業へ参入し、世界最高水準施設での研修によりグローバルな技術者を養成する上でも高い戦略性を持つ。本施設の緊急性は極めて高く、国土強靱化計画からも本施設は最重要事項と言える。

制御された環境下での極稀事象の
実スケールでの再現、現象の把握

- ・風速80m/s
- ・降雨200mm/h
- ・降雪200mm/h(相当)
- ・降雹・火災・日射ほか



各種建築物、各種構造システム、外装材、建材、
鉄塔類、風力発電施設、太陽光発電施設、
屋上敷設物、建物付属物、フェンス類、農業施設、
畜産施設、水産施設、車両、道路施設、etc

② 目的と実施内容

世界の自然災害による経済的ロスの大半は、ハリケーン、台風などによる風水害に起因すると言われており、自然災害に対して支払われた損害保険額トップ10のうちの6件が強風に起因するものである（2015年時点）。米国のハリケーン・カトリーナやミャンマーのサイクロン・ナルギスなどのように、多くが豪雨や高潮などの水災害を伴っており、火災、降雪、降雹なども強風との関連が重要である。風関連被害は外装材の損傷に端を発し、かつ構造計算のされない木造住家や低層鉄骨建物などが大半である。竜巻等に関しては、原子力発電施設など、被災時の社会的波及効果が極めて大きい高危険度・高重要度施設でさえも殆ど設計で考慮されておらず、解決すべき課題は山積みである。本計画では、2、3階建て実大木造住宅等を収容でき、80m/s程度の強風、火災、降雨、降雪、降雹、日射などを同時に作用させ得る大型ストーム発生装置を建設し、建物の外装材や構造骨組の健全性を実スケールで検証するほかに、防災教育・啓発活動のために気象災害サイエンスパークとしても運営する。風荷重のみであれば、風洞での縮小モデル実験でも評価できるが、破壊を伴う現象や耐風性能の評価、あるいは雨、雪、火災などとの複合現象は、実大実験でなければ検証できない。そのため百数十個のファンとスパイヤ等をアクティブに制御して、自然風を模擬した強風を発生させる装置を提案する。最近の竜巻等突風災害を考えると、旋回流も再現できなければならない。これにより数十年、数百年に1回の極稀事象を実スケールで再現し、建物や人命を確保するための研究を効率的に推進する。

③ 学術的な意義

強風による被害は主としてノンエンジニアド建物等で発生し、大半は構造計算などで性能確認が難しい外装材等の被害に端を発している。数十年、数百年に1度の巨大台風や激甚竜巻、豪雪、豪雨、火災等に対する構造物の性能については、いつでも起きるか分からない極稀事象を待って、多大な人的・物的犠牲の上に、限られた被害痕跡から推定するのが精一杯であり、実態解明には殆ど繋がっておらず、同様の被害を繰り返してきた。この状況を根本的に打破するには、外装材から骨組、基礎に至るまでの建物全体システムの性能を実スケールで評価する以外になく、種々の気象作用を実大で再現できる本施設で、破壊プロセスを含んだ建物等の性能の評価・研究が初めて可能となる。外装材種別、構造システム、建物形状等を計画的に制御した上で、極稀現象をシステムティックに制御して、数十年、数百年の時を待たずして、効率的な問題解決が図られ、多大な防災効果と関連産業育成効果が約束される。外力評価ベースからパフォーマンス評価ベースへと防災関連研究のパラダイムがシフトし、広範な学問分野でブレイクスルーが図られる。建築物、各種発電システム、送配電施設、農林水産業施設等々の耐

風性能等の向上が飛躍的に図られ、保険制度等と強くリンクさせることにより、従来主として法令によって図られてきた社会インフラの健全性・安全性確保、性能保証のあり方の見直しも可能となり、社会制度全般への波及効果も大いに期待できる。

④ 国内外の動向と当該研究計画の位置づけ

フランスCSTBのジュールベルヌ気候風洞では、最高風速80m/s、200mm/hの降雨や降雪に対する実スケール低層建物の性能評価が行われており、米国IBHSの実スケール強風試験施設では、構工法の異なる木造住宅を2棟並べて強風で倒壊させて耐風性能を比較したり、火災、降雨、降雪などの複合効果の実験が行われている。カナダ・西オンタリオ大学のWindEEEドームでは、F3までの竜巻の大型実験を可能としている。世界では、実スケールでの強風実験、複合実験は大きな潮流となりつつある。このような施設に今投資することが将来の大きな節約をもたらすことが明白だからである。我が国では、2003年台風14号時に宮古島で90m/sを超える風が観測され、降雪、降雨の強度も世界で最強ランクにある。これに相応して既存の海外施設に較べて諸性能をアップさせるとともに、発生手法の改善などを図り、世界最先端の装置とする計画である。人的損失の極めて大きい近隣の発展途上国での住宅等の性能向上、人材教育にも役立たせる。

⑤ 実施機関と実施体制

「実大ストームシミュレータ・コンソーシアム」を構築し、実施案策定、建設、運用まで、計画遂行全体を統轄する。具体的には、京都大学・防災研究所、東北大学・災害科学国際研究所、早稲田大学、および東京工芸大学・風工学研究拠点（事務局）が中核となって運営委員会を構成し、建築研究所、国土技術政策総合研究所、土木研究所、防災科学技術研究所が参画し、活動を支援する計画である。事務局は東京工芸大学・風工学研究拠点が努める。運営委員会の中に、日本風工学会、日本建築学会、土木学会、日本気象学会、日本雪工学会、日本火災学会等が参画する学術部会、北方建築総合研究所、気象研究所、消防研究センター、日本建築構造技術者協会等の参画する社会啓発部会、日本建設業連合会、プレファブ建築協会、日本金属屋根協会、アスファルトルーフィング工業会、日本損害保険協会等が参画する産業活用部会、国際風工学会IAWE、仏CSTBジュールベルヌ気候風洞、米国IBHS、カナダWindEEE等の参画する国際連携部会を設け、調査研究活動、産業界での利活用、国際的共同利用・共同研究を推進、支援する。当初3年間は、「建設実行委員会」を構成し、全体計画案の策定、プロトタイプ的设计と建設、パフォーマンスの確認、空力的設計のための数値解析の実施、計画案の改良、実施設計へ向けての具体的な調査、研究を行い、施設的设计を完了させる。後半3年間は、施設建設、管理、運営に関しては、「気象災害科学研究センター」を設立する。土地の選定と購入、地方行政庁、地域住民、電力会社等々との交渉、建設管理などのためにはセンター専任の人員が必要であり、研究者、技術者を20名程度雇用して、施設の目的遂行のための諸活動を推進する。

⑥ 所要経費

所要経費は229億円と見積もられる。ファン：36億円、可変電圧可変周波数制御装置：8億円、ターンテーブル：3億円、火災発生システム：15億円、降雨散水システム：12億円、降雪システム：5億円、降雪システム：16億円、日射システム：10億円、テストセクション冷却装置：10億円、試験建物移動システム：3億円、建物等設計料：3億円、カメラ+制御システム：4億円、空力的設計料：5億円、計器、装備：7億円、特別送変電設備：3億円、中央コントロール装置、監視装置：6億円、アクティブスパイア：3億円、フライス盤等の工作機械等：2億円、プロトタイプ等による試験・検診：3億円、建設コスト：60億円、6年間運営費：15億円。土地購入代金や、施設完成後の運営費は見積りに含んでいない。

⑦ 年次計画

計画を実行に移し、施設を完成させて運用開始するまでには、最低6年の期間が必要である。1年目は、実施案の策定と施設的设计、数値解析によるパフォーマンスの確認と、1/10程度のプロトタイプ的设计である。初期の段階で、流体数値解析による風洞形状、風洞内気流性状の確認、火災発生状況の確認などが必要であり、ファンや制御装置、建物等に要求される性能の確認、必要電源、法的な問題の確認と解決などが図られる。2年目は、風洞、火災発生装置、降雨、降雪、降雪装置のプロトタイプの試作とパフォーマンスの検証、実施案的设计と建設候補地の選定である。完成後は、「気象災害サイエンスパーク」として、気象災害に関連した知識の普及、啓発活動、防災教育などを実施する。3年目は、継続的に装置の要求性能、パフォーマンスの物理的、数値的シミュレーションを行うとともに、建物の設計者、機械装置の設計者、電気設備の専門家等々との協議、検討を重ね、実施に向けての施設設計を完了する。4年目は施設本体および関連施設の建設開始である。計測器の設計、選定、購入などの作業が行われる。5年目は施設工事の完成、機器の設置であり、6年目は性能検定と実用開始である。

⑧ 社会的価値

台風などの強風現象は直径千kmもの規模で発生するため人的、経済的ロスは大で、社会的インパクトは非常に大きい。日本では損害保険支払額だけでも、1991年台風19号で5千7百億円、2004年の台風被害で約7千億円に達している。全経済的ロスはその2、3倍で年によっては2兆円もの風被害が発生している。最近10年間の自然災害による日本のロスは年平均2兆4千億円程度であり、風災害は年平均4千億円程度と見積もられ、年々蓄積している。近年、激甚な風災害および水災害は著しく増加しており、温暖化、気候変化がこの傾向を促進する恐れがある。本施設は風現象、雪・雨・火災等との複合現象、構造物の破壊メカニズムの解明という知的価値の他に、建築物等の諸耐力性能の評価を可能とし、合理的な建材や構工法の開発・普及によって大きい経済的・産業的価値をもたらす。年数千億円の気象災害による被害額を考えると、数%の低減だけで投資額は直ぐに回収でき、もたらされる利益は国費投入を補って余りある。

⑨ 本計画に関する連絡先

田村 幸雄（東京工芸大学・工学部建築学科）