

スマートなインフラ維持管理に向けた I C T 基盤の確立

基本計画書

1. 目 的

高度経済成長期に集中的に整備された社会インフラの老朽化が進み、厳しい財政状況にあって維持管理に要する財源、人材の確保等が困難となる中、効果的・効率的に社会インフラを維持管理していくことが課題となっている。

そのため、本研究開発では、センサーで計測したひずみ、振動等のデータを、高信頼かつ低消費電力で収集・伝送する通信技術等を確立するとともに、国際標準化を推進し、I C Tを活用して社会インフラの効果的・効率的な維持管理を可能とする。

2. 政策的位置付け

「日本再興戦略 - JAPAN is BACK -」（平成25年6月14日 閣議決定）では、「センサーやロボット、非破壊検査技術等による点検・補修の信頼性・経済性が実証できたところから、順次、これらの新技术を導入する」としており、I C Tを活用した社会インフラの効果的・効率的な維持管理の実現が期待されているところである。

また、「世界最先端 I T 国家創造宣言」では、「劣化・損傷個所の早期発見、維持管理業務の効率化につなげるセンサー、ロボット、非破壊検査等の技術の研究開発・導入を推進」し、「2020年度までに国内の重要インフラ・老朽化インフラの20%についてセンサー等の活用による点検・補修を行う」との目標を掲げており、その具体的な取組として、「世界最先端 I T 国家創造宣言 工程表」では、総務省及び国土交通省において、「社会インフラの維持管理業務の効率化を促進するため、既存技術の精査を踏まえセンシング等通信技術の開発・実証を行い2017年頃までの実用化を目指すとともに、引き続きセンシング等通信技術の開発・実証・随時現場導入を行う」としている。

さらに、「科学技術イノベーション総合戦略 ～新次元日本創造への挑戦～」（平成25年6月7日 閣議決定）では、内閣官房、総務省、文部科学省、経済産業省及び国土交通省が、「効果的、効率的に構造物の劣化・損傷等を点検・診断する技術やインフラを補修・更新する技術、インフラの構造材料の耐久性を向上させる技術等の開発を推進する。」としている。加えて、社会実装に向け、「技術開発段階からの国際標準化及び国際展開に向けた取組」を進め、2030年までに「持続的に生活や産業を支えるインフラを低コストで実現」するとしている。

その他、「国土強靱化政策大綱」（平成25年12月17日 国土強靱化推進本部決定）では、「センサー・画像情報等の I C T を積極的に活用した社会インフラの情報収集・分析システムを構築し、効率的な老朽化対策や維持管理を早期に実現するとともに、災害

時等の避難誘導等への活用を図る。あわせて、社会インフラの各種情報等を活用した災害対策及び維持管理技術を向上させるために必要な研究開発や規制等の見直し等を行う」との方針を示すとともに、「点検・診断・モニタリング技術開発」を例として挙げ、「国土強靱化の推進に資する研究開発・技術開発を推進する。」としている。

「インフラ長寿命化基本計画」（平成25年11月 インフラ老朽化対策の推進に関する関係省庁連絡会議決定）においても、「ICT、センサー、ロボット、非破壊検査、補修・補強、新材料等に関する技術研究開発を進め、それらを積極的に活用するとともに、既存の技術や他分野の技術についてもその有用性を認識し、有効に活用する。さらに、その結果を速やかに評価し、有用な技術について基準等に反映することで、現場への導入を加速させる。評価の結果、課題がある場合には、改善点等を明らかにし、更なる技術の改善につなげる」としている。

加えて、「イノベーション創出実現に向けた情報通信技術政策の在り方 <平成25年1月18日付け諮問第19号> 中間答申」（平成25年7月5日 情報通信審議会）では、「今後重点的に取り組むべき技術分野」として、「東日本大震災を踏まえたわが国における自然災害リスクの再確認や、高度経済成長期に構築された道路・橋梁等の社会インフラの老朽化を踏まえると、災害の兆候を早期に把握し、事前の対応を用意とすることで防災・減災を実現する技術の確立は喫緊の課題であり、また、わが国だけでなく全世界で役立つことが期待される技術領域である。具体的には、レーダーなどのリモートセンシングをはじめとするセンサー技術そのものの向上と、それら多数のセンサーの情報を迅速に収集・分析し状況把握を可能とするともに、対処手段の検討の手助けとなる技術への取り組みなどが重要である。」としている。また、同じく「今後重点的に取り組むべき技術分野」として、「基盤技術」の「通信技術・ネットワーク技術」の中で、「多数のセンサーによるM2Mネットワークなど、ネットワークが自律的に最適に構成されるネットワーク構築・運用技術」をあげている。

また、「ICT生活資源対策会議 報告書」（平成25年5月 総務省）では、「ICTを活用した社会インフラの効率的な維持管理の実現」として、「社会インフラにセンサーを多数設置して、常時遠隔監視することにより、社会インフラの老朽化状況のよりの確な把握等を可能とするシステムを総合的に構築することにより、効率的・効果的な維持管理やインフラの長寿命化を実現するとともに」、「社会インフラの維持管理に係る財源や人材の確保といった地方自治体の直面する課題の解決に貢献する。」としている。

3. 目 標

(1) 政策目標（アウトカム目標）

老朽化した社会インフラの増加により、維持管理・更新に要する費用の増加が予想されるとともに、今後も厳しい財政状況が続けば、必要な社会資本整備だけでなく既存施設の維持管理・更新にも支障を来すおそれがある。さらに、老朽化した社会インフラについて、適時適切な維持管理が行われなければ、重大な事故発生の危険性が高

まることが懸念される。

そのため、社会インフラにセンサーを設置して常時遠隔監視することで、社会インフラの状態を正確に把握することにより適時適切に対応し、事後的な対処ではなく、ICTを活用した予防保全を基本とする社会インフラの効果的・効率的な維持管理を可能とし、もって、社会インフラの長寿命化の実現に資する。

(2) 研究開発目標（アウトプット目標）

センサーを活用した社会インフラの維持管理は、社会インフラの供用期間が一般に数十年の長期間にわたり、維持管理を目的として設置するセンサー（送受信機含む）等についても長期の稼働が求められることから、現在、データの送受信、電源供給等は、通信ケーブル、電源ケーブル等を接続するなど有線方式により実現している。しかし、有線方式は、ケーブルの敷設箇所を確保する必要があるなど既存の社会インフラへ適用することは困難であり、また、ケーブルの敷設コスト及びケーブル自体の維持管理費用、災害時等の断線等の課題がある。

そのため、本研究開発では、無線方式のセンサーを活用した社会インフラの維持管理を実現するため、センサーで計測したひずみ、振動等のデータを、高信頼かつ低消費電力で収集・伝送する通信技術等を確立し、実際の社会インフラにおいてフィールド実証等を行うことにより、その効果を検証する。また、研究開発成果の普及、我が国の社会インフラ維持管理分野における国際競争力の強化のため、フィールド実証等の成果を基に国際標準化を推進する。

4. 研究開発内容

社会インフラは様々な部材により構成され、複雑な構造を有していることから、同一の社会インフラにおいても、計測する箇所・事象により必要なセンサーの設置間隔、データの収集頻度等が異なっている。そのため、ICTを活用した社会インフラの維持管理を実現するためには、それぞれに適した通信技術等を確立し、組み合わせて利用する必要がある。

よって、本研究開発では、センサーの設置間隔が密であり、高い頻度でデータの収集が求められる計測箇所・事象を対象とした局所集中型低消費電力無線通信技術、及びセンサーの設置間隔が疎であり、低い頻度のデータの収集で十分な計測箇所・事象を対象とした広範囲型低消費電力無線通信技術を確立する。さらに、局所集中型低消費電力無線通信技術で収集・伝送したデータを、広範囲型低消費電力無線通信技術で収集・伝送し集約することにより、ICTを活用した予防保全を基本とする社会インフラの効果的・効率的な維持管理を可能とする。

なお、本研究開発は、地上に設置されている社会インフラ全般を対象とした通信技術等の確立を志向するものであるが、先述のとおり、社会インフラはその構造等が多岐にわたるため、橋りょうを具体的な対象として研究開発を行う。

I. 局所集中型低消費電力無線通信技術の研究開発

本研究開発では、親機から半径5～10メートルの範囲にある30個程度のセンサーから同時にデータを収集することを想定し、従来の低消費電力無線通信技術（IEEE802.15.4等）と比較して消費電力を1,000分の1以下に低減したセンサー側無線通信技術を確立する。あわせて、効率的にデータ送受信を可能とするセンサーネットワーク用無線通信制御・構築技術を確立し、国際標準化を推進する。

(1) 超低消費電力近距離無線送受信技術

① 概要

間欠的に稼働するセンサーにおいては、その消費電力の大きな部分を無線通信の部分が占めている。

本研究開発では、センサー全体の消費電力を低減させ、稼働期間の延長及びエネルギーハーベスティング技術による電源自立化を実現するため、消費電力を従来の技術と比較して大幅に低減した無線通信技術の研究開発を行う。

② 技術課題

IEEE802.15.4等の既存の無線チップの利用では、無線通信部分の消費電力の削減には限界があることから、消費電力の大幅削減を実現するためには、半導体レベルで見直しを行う必要がある。

そのため、本研究開発では、高感度、低消費電力かつ低リーク電流の無線チップを新たに開発し、超低消費電力でのデータ送受信が可能となるセンサー側無線通信技術を確立する。

③ 到達目標

IEEE802.15.4等の従来の低消費電力無線通信技術と比較して、消費電力を1,000分の1以下に低減し、リチウム電池等の電源¹で5年以上の長期間にわたり、1日当たりの約2.5メガバイト程度のデータの伝送を可能とするセンサー側無線通信技術を実現する。

なお、無線通信距離は鉄やコンクリートが近傍にある環境下において、5～10メートル程度とし、アンテナは線状の場合は20センチメートル以下、面状の場合は200平方センチメートル以下とする。

(2) 効率的無線通信制御技術

① 概要

センサーネットワークにおいて少量のデータを送受信する場合、従来の無線通信技術では、伝送データの大部分を通信制御情報が占めている。

本研究開発では、効率的なデータの収集・伝送を実現するために、通信制御情報を大幅に簡素化しつつ、多数のセンサーが連携してデータ送受信を行う無線通信制

¹ 1、2個の電池を5年間交換することなく使用。以下同じ。

御技術の研究開発を行う。

② 技術課題

通信制御情報によるオーバーヘッドは伝送量を増大させ、通信時間や消費電力の増加につながる。特に、伝送データ量が少ないセンサーネットワークでは、その傾向が顕著である。

IEEE802.15.4等の従来の無線技術では、親機とセンサー間でそれぞれ複数回の通信が必要であることから、30個程度のセンサーからのデータの送受信に数百ミリ秒を要し、同時計測が困難である。

そのため、本研究開発では、通信制御情報を大幅に簡素化することにより、伝送データ量の削減を実現し、かつ、多数のセンサーが連携することで全体の通信時間を削減し、30個程度のセンサーから同時にデータの送信を可能とする通信制御技術を確立する。

③ 到達目標

リチウム電池等の電源で5年以上の長期間にわたり、30個程度のセンサーから、情報セキュリティを考慮しつつ、それぞれ2バイトのデータを順次送信し、IEEE802.15.4等の従来の無線通信技術の10分の1以下の時間（数十ミリ秒）で全データの送信完了を実現する。

II. 広範囲型低消費電力無線通信技術の研究開発

本研究開発では、センサーで計測した振動等のデータを、高信頼かつ低消費電力で、数百メートル程度の範囲において5年以上の長期間にわたり収集・伝送を可能とする通信制御技術を確立し、国際標準化を推進する。

なお、本研究開発では、様々な社会インフラに柔軟に対応し、スケーラビリティを確保するため、マルチホップネットワークの活用を前提とする。

(1) 低消費電力無線通信制御技術

① 概要

橋りょう等の社会インフラの維持管理に当たっては、乾電池等の電源²で5年以上の長期間にわたりセンサーを稼働させるとともに、地震等の災害発生時には、当該社会インフラの健全性を適時適切に確認することが重要となる。

本研究開発では、センサーの消費電力を極小化した上で、優先度等を基に社会インフラの維持管理に必要なデータを送受信する通信制御技術の研究開発を行う。

② 技術課題

社会インフラの状態を正確に計測するためには、設置したセンサーを常時稼働させ、随時データを収集・伝送することが考えられるが、現状では、乾電池等の電源

² 1、2個の電池を5年間交換することなく使用。以下同じ。

で5年以上の長期間にわたりセンサーを稼働させることは困難である。そのため、マルチホップネットワークにおけるセンサーごとの消費電力の不均一性に留意しつつ、収集したデータを伝送するタイミング等を制御し、センサーの消費電力を極小化する必要がある。また、地震等の災害が発生した場合に備え、データの優先度等に基づき、データを迅速に収集・伝送する仕組みが必要となる。

よって、本研究開発では、社会インフラの維持管理の要件を踏まえ、通常時及び異常時における通信タイミングやデータ量、センサーの低消費電力稼働制御、マルチホップネットワークに係る通信経路の制御方式、センサーごとの通信待機時間等に関する最適化を行い、低消費電力のセンサー無線通信制御技術を確立する。

③ 到達目標

設置したセンサーから、毎秒100回程度で振動データを一定時間収集し、1日あたり数百キロバイトとなるデータの伝送を、乾電池等の電源で5年以上の長期間にわたり実現する。

また、地震等の災害発生時に、社会インフラの異常を適時適切に把握するため、通常時と異なるデータが計測された場合には、迅速にデータの収集・伝送を行うこととする。

なお、本技術の研究開発に当たっては、実際の社会インフラにおいてフィールド実証を行うこと。

(2) 低消費電力時刻同期技術

① 概要

橋りょう等の社会インフラは車両の通行、風等により常時振動していることから、これらの振動の中から異常な振動を抽出・検知し、その原因を特定又は推定するためには、高精度に同期させたセンサーを複数箇所に設置して多地点で振動を計測する必要がある。

本研究開発では、センサーの消費電力を極小化した上で、社会インフラの維持管理に必要な精度を有した時刻同期技術の研究開発を行う。

② 技術課題

センサー間で時刻の高精度な同期を実現させるためには、時刻同期を目的とした通信を複数回繰り返すとともに、時刻同期用の通信に備え、センサーを待機状態にする必要がある。そのため、既存の時刻同期技術では、乾電池等の電源で5年以上の長期間にわたりセンサーから取得したデータを収集・伝送することは困難である。

よって、本研究開発では、社会インフラ維持管理の要件を踏まえ、時刻同期の方法、通信タイミング、通信回数、マルチホップネットワークに係る通信経路の制御方式、センサーごとの通信待機時間等に関する最適化を行い、消費電力を極小化した社会インフラの維持管理に必要な時刻同期技術を確立する。

③ 到達目標

3つ以上の橋桁で構成される100メートル以上の橋りょうにおいて、乾電池等の電源で5年以上の長期間にわたり、15分の1秒³以下の誤差で6個以上のセンサー間の時刻同期を実現する。

なお、本技術の研究開発に当たっては、実際の社会インフラにおいてフィールド実証を行うこと。

5. 研究開発期間

平成26年度から平成28年度までの3年間

6. その他 特記事項

(1) 提案及び研究開発に当たっての留意点

ア 提案に当たっては、基本計画書に記されているアウトプット目標に対する達成度を評価することが可能な評価項目を設定し、各評価項目に対して可能な限り数値目標を定めるとともに、目標を達成するための研究開発方法、実用的な成果を導出するための共同研究開発体制又は研究開発協力体制、及び達成度を客観的に評価するための実証実験の方法について、具体的に提案書に記載すること。

イ 提案及び研究開発に当たっては、センサーネットワーク等の関連する研究開発の事例を十分に分析し、改善点等を明らかにすること。

ウ 本研究開発成果の確実な展開を図り、アウトカム目標を達成するため、事業化目標年度、事業化に至るまでの実効的な取組計画（国際標準化活動、体制、スケジュール、資金等）について具体的に提案書に記載すること。

エ 複数機関による共同研究開発を提案する際には、研究開発全体を整合的かつ一体的に行えるよう参加機関の役割分担を明確にし、研究開発期間を通じて継続的に連携するための方法について具体的に提案書に記載すること。

オ 研究開発の実施に当たっては、社会インフラの維持管理に関する現場のニーズ、関連する要素技術間の調整、国際標準化の進め方、成果の取りまとめ等、研究開発全体の方針について幅広い観点から助言を受けるとともに、実際の研究開発の進め方について適宜指導を受けるため、社会インフラ維持管理、センサー等を含む学識経験者、有識者等により構成される研究開発運営委員会を開催すること。研究開発運営委員会では、社会インフラ維持管理に必要なセンサーの設置間隔、センサー自体の維持管理手法等についても議論を行うこと。

カ 本研究開発は、総務省施策の一環として取り組むものであることから、研究開発に

³ 本研究開発が対象とする30メートル以上の橋桁の固有振動数は一般に3ヘルツ以下であることから、同橋りょうの振動数の計測に十分な精度として15分の1秒を設定。

関する情報及び研究開発成果の開示、関係研究開発プロジェクトとのミーティングへの出席、シンポジウム等での研究発表、共同実証実験への参加等に関して、総務省が受託者に対して指示した場合、可能な限りそれに応じること。

キ 本研究開発の実施に当たっては、関係府省が実施する社会インフラの維持管理に関する研究開発（総合科学技術会議 戦略的イノベーション創造プログラム「インフラ維持管理・更新・マネジメント技術」）等と積極的に連携すること。

（２）人材の確保及び育成の配慮

ア 研究開発によって十分な成果が創出されるためには、優れた人材の確保が必要である。このため、本研究開発の実施に際し、人事、施設、予算等のあらゆる面で、優れた人材が確保される環境整備に関して具体的に提案書に記載すること。

イ 若手の人材育成の観点から行う部外研究員受入れ、招へい制度、インターンシップ制度等による人員の活用を推奨する。これらの取組予定の有無及び計画について提案書に記載すること。

（３）研究開発成果の情報発信

ア 本研究開発で確立した技術の普及啓発活動を実施するとともに、その活動計画及び方策については具体的に提案書に記載すること。

イ 研究開発成果については、原則として、総務省としてインターネット等により発信を行うとともに、報道機関を通じた研究開発成果の発表、講演会での発表等により、広く一般国民へ研究開発成果を分かりやすく伝える予定である。提案書には、研究開発成果に関する分かりやすい説明資料、図表等の素材、英訳文書等を作成し、研究成果報告書の一部として報告する旨の活動が含まれていること。さらに、総務省が別途指定する成果発表会等の場において研究開発の進捗状況、成果について説明等を行う旨を提案書に記載すること。

ウ 本研究開発終了後に成果を論文発表、報道発表、製品化、ウェブサイト掲載等を行う際には「本技術は、総務省の『スマートなインフラ維持管理に向けたICT基盤の確立』による委託を受けて実施した研究開発による成果である。」との内容の注記を発表資料等に都度付すこととする旨を提案書に記載すること。