

インフラモニタリング技術の研究開発動向

平成29年6月7日

影山 隆雄
Mweシニア会

1

2

1. はじめに-----なぜこのテーマを選んだか？

2. 我が国のインフラ老朽化の現状と対応

3. 北九州における橋梁モニタリングの取組みとそこから見えた課題

4. インフラ老朽化対策の研究開発の最新状況

- 4.1 内閣府 SIP インフラ維持管理・更新・マネジメント技術研究開発
- 4.2 NEDO (技)NMEMS技術研究機構
- 4.2.1 社会・産業インフラモニタリングシステム
- 4.2.2 道路インフラモニタリングシステム(RIMS)
- 4.3 国土交通省 社会インフラのモニタリング技術活用推進検討委員会
- 4.4 産業競争力懇談会COCN ヘルスモニタリング技術の開発と実装
インフラ長寿命化プロジェクト
- 4.5 モニタリングシステム技術研究組合【略称RAIMS(ライムス)】
- 4.6 Proceedings of the IEEE Special Issue "Structural Health Monitoring"

5. おわりに

1. はじめに-----なぜこのテーマを選んだか？

3

北九州における無線センサネットワークによる橋梁の健全度診断システムの開発

株式会社福山コンサルタント
～無線センサネットワークによる橋梁の健全度診断システムの開発～

研究の動機：複数の橋梁を運営する大手企業の監査部門において行われているが、①多大な労力と経費②橋梁の中の車両③点検員の見落とし④水中、土中の状況を把握不可能な状況直後に検査できないといった問題。特に市町村管理の道路橋は人手不足や財政困难により約7割が点検未実施。人の手による検査ではなく、システム化された低成本での検査点検が必要。

研究の結果：無線センサによる構造点検を実現
無線センサネットワークを用いた、常時モニタリングが可能で、自然災害時にち迅速に構造点検・防災設備を開発できる場合で低コストの点検システムを開発。



出典：経済産業省九州経済産業局「地域イノベーション プロジェクト集～研究開発事業 成果事例～」2010年3月



株式会社福山コンサルタント

設立：昭和38年11月

本社：福岡市博多区博多駅東3-6-18

代表者：代表取締役社長 山本 淳一
規模：資本金 189,125,000円、従業員 234人
売上高：48億 6,621万円（平成21年6月期）

連絡先：092-471-0211

コンソーシアムの概要
開始期間：平成 19～20 年度
賃貸法人：財団法人北九州産業技術推進機構
リーダー：株式会社福山コンサルタント
代表取締役社長 山本 淳一
メンバーカード
・国立大工大、大日本コンサルタント株式会社、計測検査株式会社、株式会社ロジカルプロダクト、博通セクノロジ

HMB有限責任事業組合の概要
存続期間：平成 26 年 5 月 31 日まで
統括執行社：株式会社福山コンサルタント
代表取締役社長 山本 淳一

東日本大震災(2011/3)と釜子トンネル崩落(2012/12)以降、 国土強靭化の研究開発活発化

1. 内閣府 戰略的イノベーション創造プログラム(SIP)

インフラ維持管理・更新・マネジメント技術研究開発 (2014～2018)

2. NEDO 技術研究組合NMEMS技術研究機構 (2011/7～)

グリーンセンサネットワーク研究所

先導研究プロジェクト 社会課題対応常時・継続モニタリングシステムの開発

社会・産業インフラモニタリングシステム (2013～2014)

インフラモニタリング研究所

道路インフラモニタリングシステム(RIMS:ROAD Infrastructure Monitoring System) (2014～2018)

高効率MEMS振動発電デバイスの研究(高効率MEH: Micro Energy Harvester) (2015～2016)

3. 國土交通省 社会インフラのモニタリング技術活用推進検討委員会 (2014～2018)

4. 産業競争力懇談会COCN レジリエンス関係テーマとして

ヘルスモニタリング技術の開発・実装 (2011～2012)

インフラ長寿命化プロジェクト (2013～2014)

5. モニタリングシステム技術研究組合【RAIMS(Research Association for Infrastructure Monitoring System)】

モニタリング技術の活用による維持管理業務の高度化・効率化 (2014～2018)



「損傷監視システム」や「異常時対応システム」は、2011年3月11日に発生した東日本大震災で損傷を受けた多くの橋梁の遠隔監視や健全度診断に役立つことが出来た。

5

6

最近の雑誌にみるインフラ維持管理へのエレクトロニクスの活用



近年の計測技術

振動計測

- ・無線センサネットワーク
- ・レーザードップラ速度計
- ・レーダー変位計
- ・圧電型加速度計



応力歪計測

- ・磁歪法
- ・応力聴診器
- ・高感度サーモグラフィ
- ・応力発光体
- ・中性子イメージング
- ・3MA Micromagnetic Multiparameter Microstructure and Stress Analysis
- ・光ファイバ

出典：鋼橋技術研究会「最新センシング技術の適用に関する研究部会」報告書
8

鋼箱桁橋の振動計測 ケーブルの遠隔計測

IoT/M2Mの活用シーン

IoT/M2Mは、様々な分野や用途に活用・検討されています。

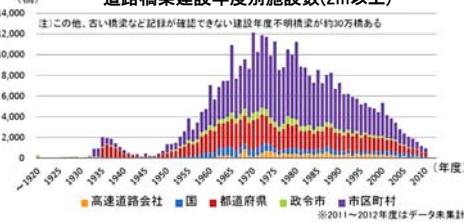


2. 我が国のインフラ老朽化の現状と対応

道路管理者別ごとの施設数



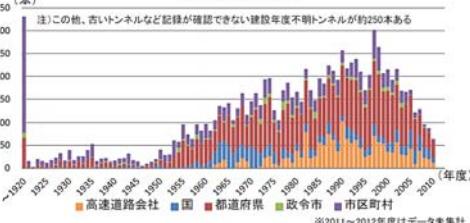
道路橋梁建設年度別施設数(2m以上)



道路管理者別ごとの施設数



建設年度別施設数



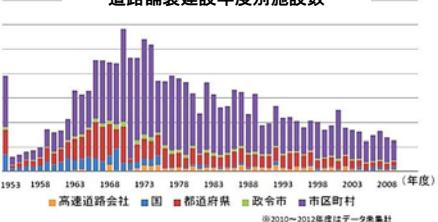
出典：国土交通省「今後の社会資本の維持管理・更新のあり方について(答申)」2013年12月25日

11

道路管理者別ごとの施設数



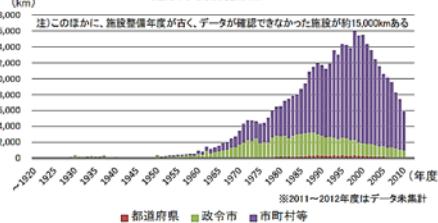
道路舗装建設年度別施設数



管理者ごとの施設延長

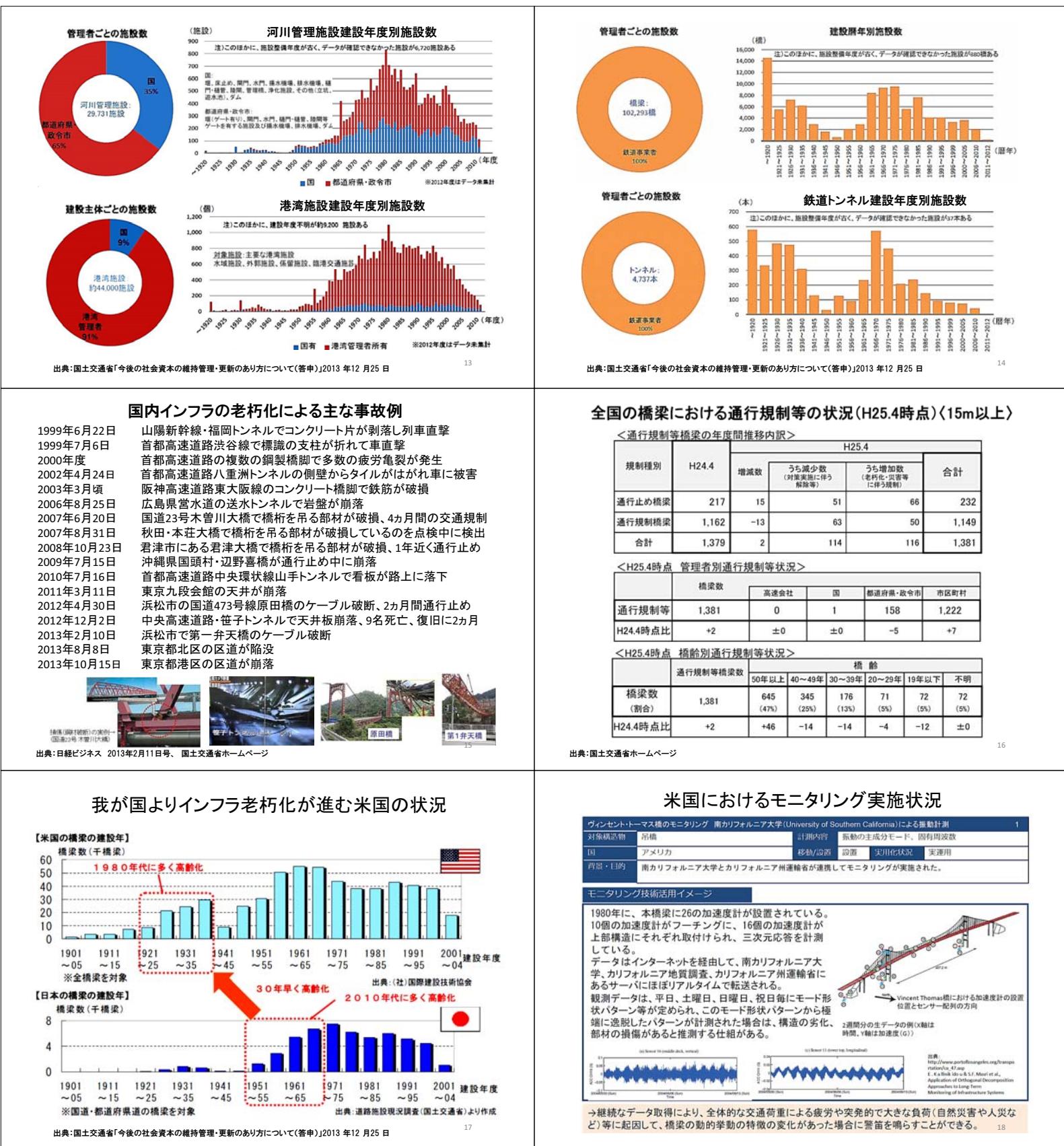


建設年度別施設数



出典：国土交通省「今後の社会資本の維持管理・更新のあり方について(答申)」2013年12月25日

12



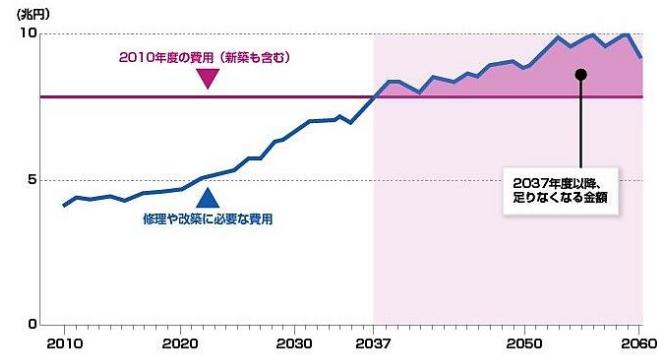
世界主要国 の道路橋梁の点検の現状

項目	日本 (直轄国道)	米国	英国	フランス	ドイツ (州が実施)
点検の基準	橋梁定期点検 要領(案)	全国橋梁点検 基準(NBIS)	道路構造物の 点検	道路構造物の 点検と保全に関 する技術指示書	ドイツ工業規格 DIN1076
点検名称	定期点検	定期点検	主要点検	IÖOA橋梁状態 評価点検	主要点検及び 中間点検
点検頻度	5年以内毎 (供用後2年以内 に初回)	2年毎*	6年毎*	3年毎*	3年毎*
主な 点検方法	近接目視	近接目視	近接目視	近接目視	近接目視

出典:国土交通省「今後の社会資本の維持管理・更新のあり方について(答申)」2013年12月25日

19

インフラ老朽化による維持管理・更新を従来通り行った場合の費用推計

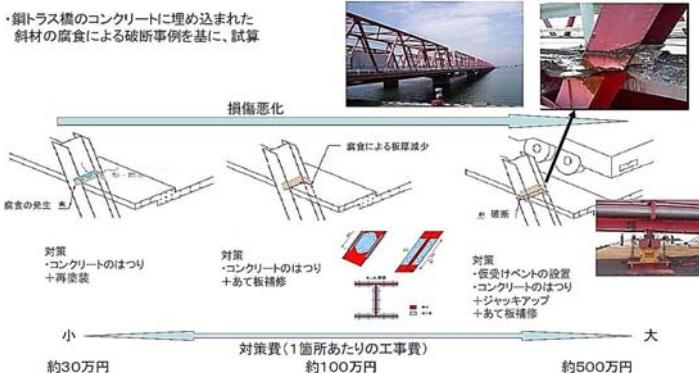


国土交通省は、所管のインフラの新設を含む費用総額が2010年度以降も変わらず、このまま維持管理・更新費用の支出を続けると仮定すれば、2037年度には維持管理・更新費用すら不足すると推計している。

出典: 2012年12月15日 日本経済新聞 朝刊 21面

21

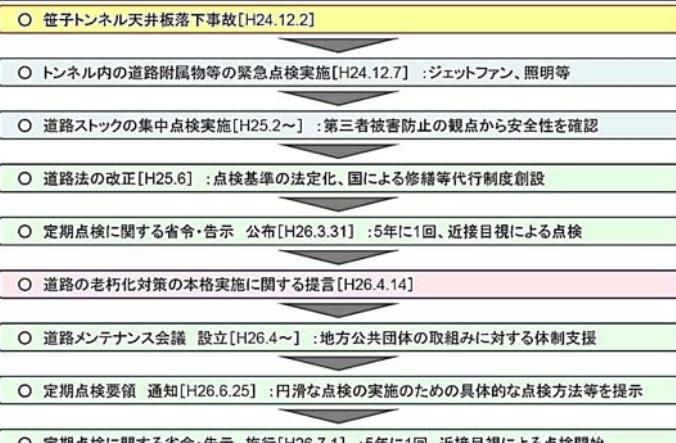
早期発見、早期対策がコスト低減に寄与



出典:国土交通省「道路橋の予防保全に向けた有識者会議(第4回)参考資料2」2008年5月6日

23

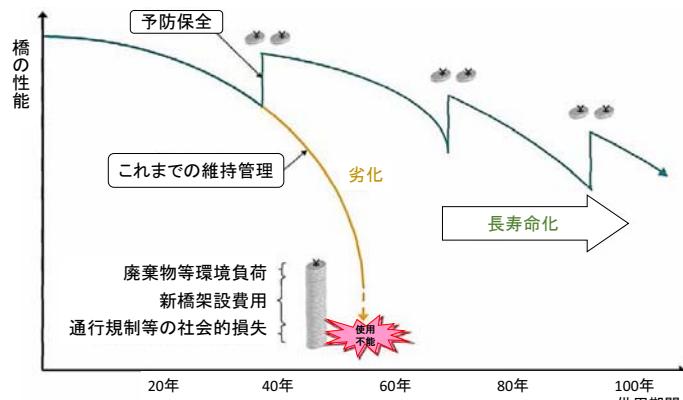
道路の老朽化対策に関する取組みの経緯



出典:国土交通省「今後の社会資本の維持管理・更新のあり方について(答申)」2013年12月25日

20

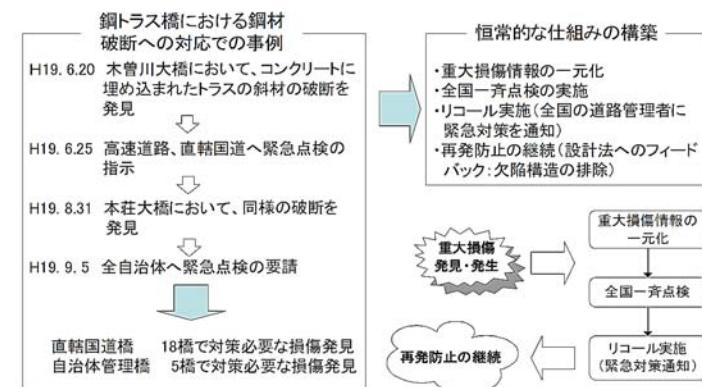
予防保全でライフサイクルコスト低減



出典:国土交通省「道路橋の予防保全に向けた有識者会議(第4回)参考資料2」2008年5月6日

22

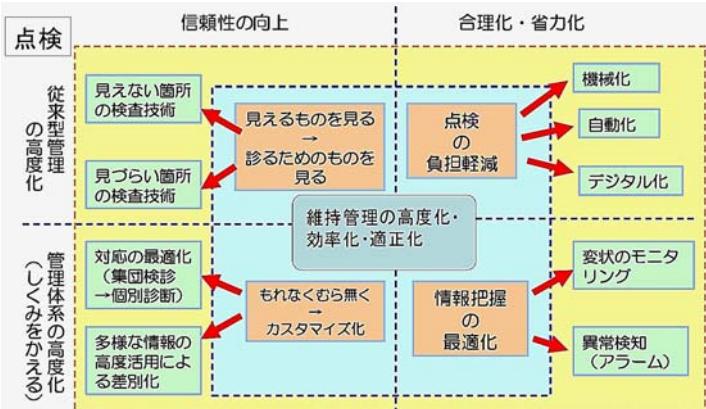
緊急対策の仕組み(最新情報で点検・補修)



出典:国土交通省「道路橋の予防保全に向けた有識者会議(第4回)参考資料2」2008年5月6日

24

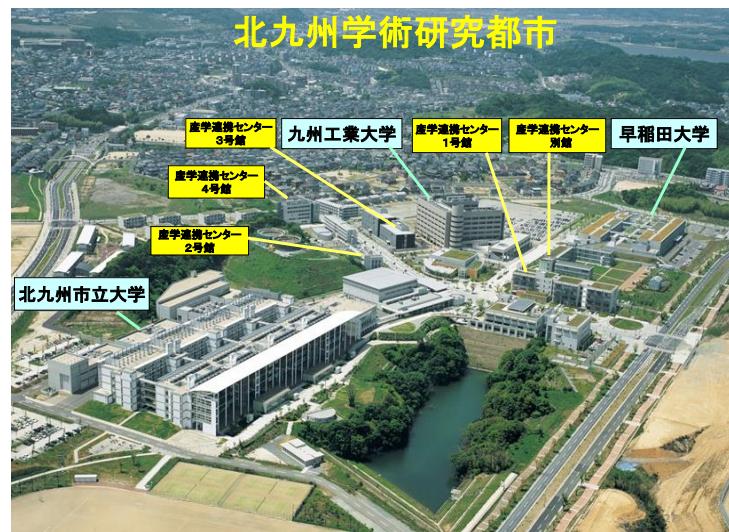
予防保全を実現するための技術開発



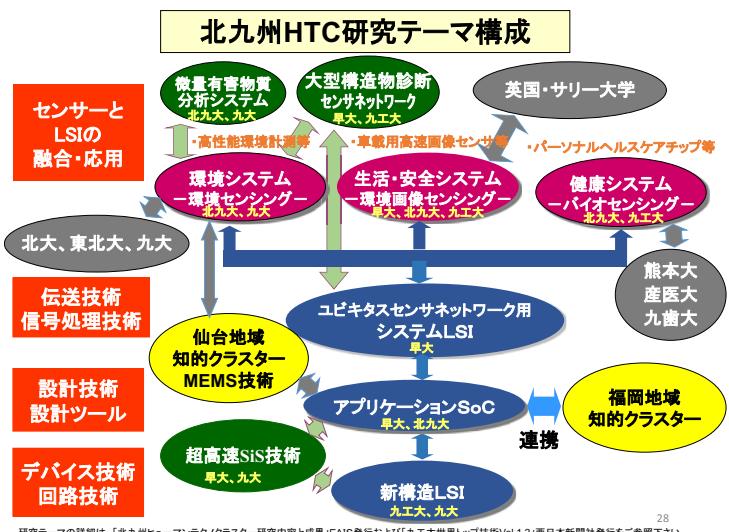
出典: 国土交通省「道路橋の予防保全に向けた有識者会議(第4回)参考資料2」2008年5月6日

25

3. 北九州における橋梁モニタリングの取組みとそこから見えた課題



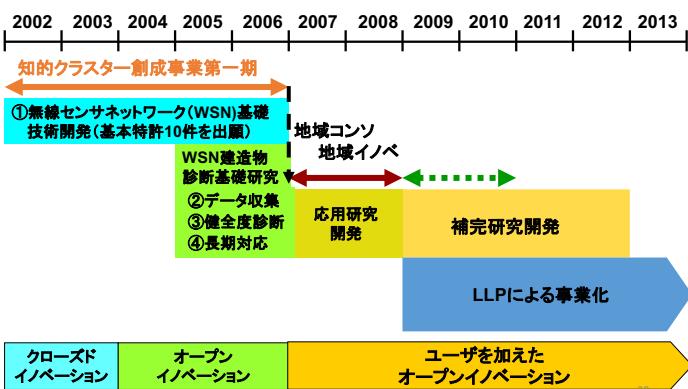
26



研究テーマの詳細は、「北九州ヒューマンテクノクラスター研究内容と成果JFAIS発行および「工九大世界トップ技術Vol.1.2」西日本新聞社発行をご参照下さい。

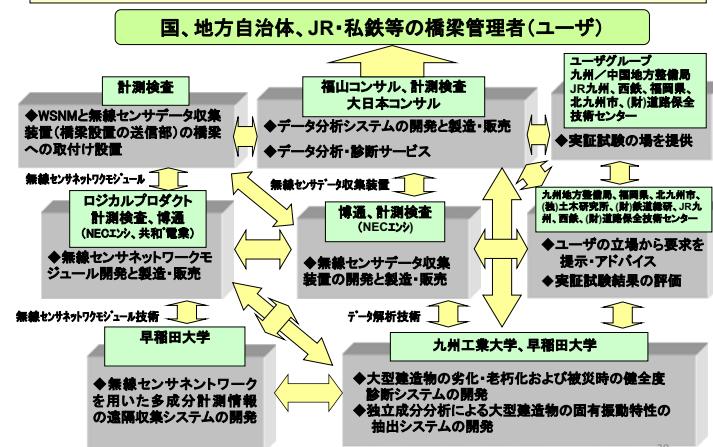
WSNによる橋梁診断の研究開発から事業化

知的クラスター創成事業第一期(文部科学省)と
地域新生コンソーシアム研究開発事業(経済産業省)
地域イノベーション創出研究開発事業(経済産業省)



27

無線センサネットワークによる橋梁診断システム開発のユーザを含むオープンイノベーション



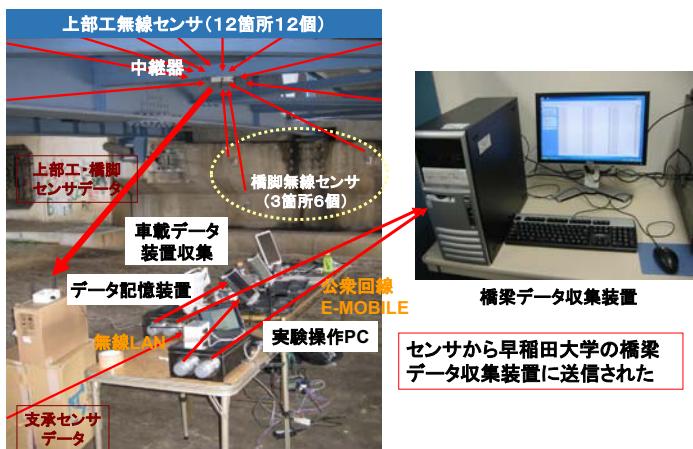
30

開発システムの骨子



出典：国土交通省 道路橋の予防保全に向けた有識者会議資料「道路橋保全の基本的視点(案)」(平成20年2月)を修正

全体システムの稼動評価



33

研究開発項目

1) 無線センサネットワーク技術

機器小型化、省電力化、高信頼性、コストダウン

2) 走行車両、公衆回線によるデータ回収技術

高信頼性、高速化、通信管理

3) 健全度診断技術

極微弱信号処理(ノイズ処理、独立成分分析ほか)
多種の実橋梁でのデータ収集解析による診断手法と
開発データベースの開発

4) 長期対応技術

電池で10年間以上動作できるように間歇動作の実現

自然エネルギー活用技術(太陽電池等)の開発

センサの経年変化対策

32

西川高架橋(福岡県遠賀町)における有線と無線計測



上部工における有線と無線センサ設置状況



有線計測ベンチ
多くの高価な計測機器と混み合ったケーブル



無線計測ベンチ
少数の無線機器とPC

平成21年2月3日～6日

34

旧神戸橋(出雲市)における無線センサシステム実証試験

目的…神戸川の河川幅改修に伴い1964年建造の旧神戸橋を解体調査するに際して、
実橋梁で損傷と物理データの相関を調べ、WSNによる診断技術を確立する

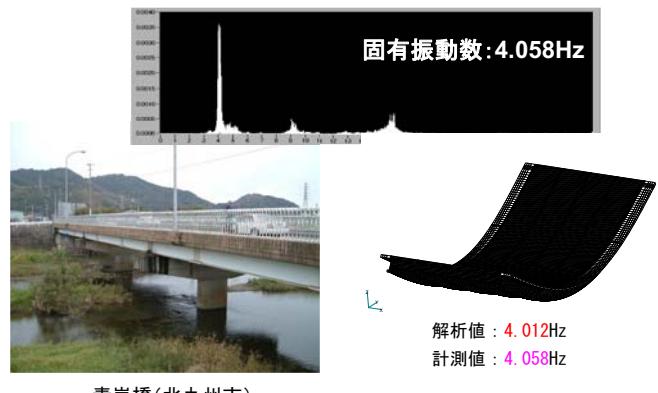


平成20年11月25日～12月1日

35

健全度診断技術開発状況：上部工

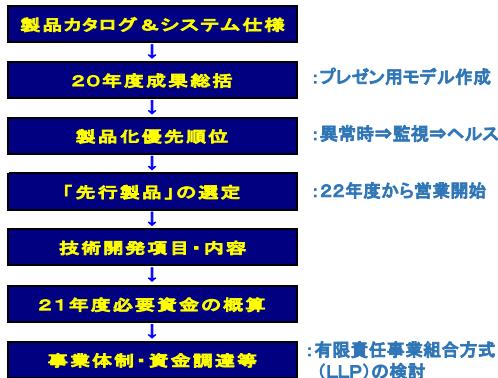
固有振動数を評価指標とするシミュレーション解析



36

20年度成果総括と今後の事業化に向けた取り組み

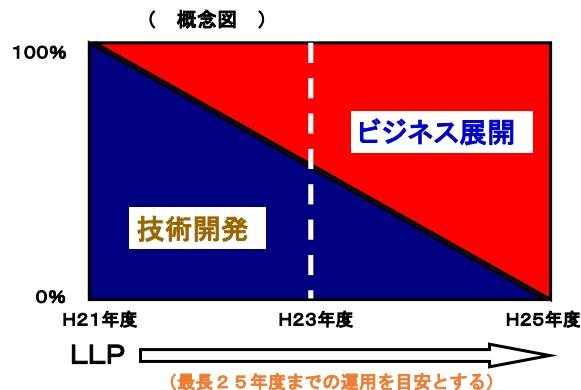
『 検討の進め方 』



3

《事業化段階とLSPの運用》

技術開発からビジネス展開への移行と 事業体のあり方



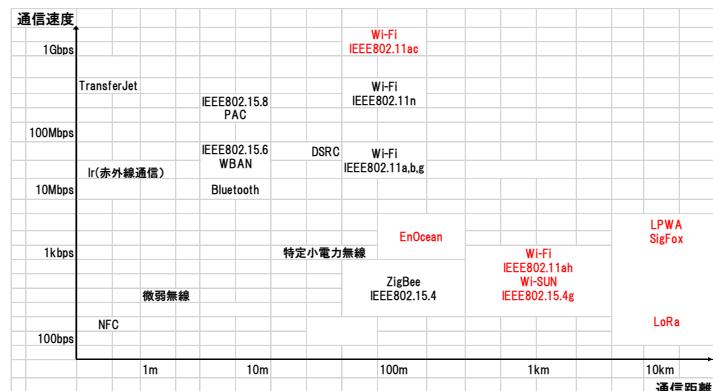
38

北九州における橋梁モニタリングの取組みとそこから見えた課題

課題	内 容
閾値の設定	IT技術を活用したインフラモニタリングでは、定常状態(閾値)の設定が前提になるが、設置環境(温度・湿度・風・雨量など)や素材・材料・施工、交通量などの条件が一定でないため、その規定は非常に難しい。 そのため、現状では点検業務の代替までは難しく、損傷の進行監視や危険を減らすような支援業務への適用に限られる。
他のインフラモニタリング技術との競合	目視、打音検査は、検査者の経験、その日の体調・作業環境などに影響を受け点検ミスにつながる問題点があるため、IT技術を活用したインフラモニタリングへの期待は大きい。しかし、加速度センサや歪ゲージ、変位計の耐久性や信頼性に課題があるため、監視カメラやロボット検査、X線による非破壊検査の方が評価が高い。
高信頼・高耐久性センサ/デバイスの開発	設計寿命が50～60年であるインフラに組み込んでモニタリングするには安価で高信頼・高耐久性センサやデバイスの開発が必要である。 さらに電源もポイントで、低消費電力型システムやデバイス、環境発電技術の開発も求められる。
センサ端末群の時刻同期確保	インフラモニタリングのセンサ端末群は、振動伝達の変化から劣化予測するためには、データ取得の正確な時間帯を把握する必要がある。しかし、その実現にはセンサ端末群間に有線で結ぶなどネットワークの構築や運用にかかる負担が増大する問題がある。無線センサネットワークでは、AD変換や無線通信の中間に伴う延滞時間がため、時刻同期は不可能であり、その解決方法はセンサに原子時計を組み込み時刻同期を不要にすることであるがサイズの小型化、低コスト化、低消費電力化などの課題がある。
用途に適した通信方式の開発	インフラモニタリングには、①定常状態(閾値)から異常状態への変化を監視する用途と②損傷・変状の進行監視、③地震や洪水など災害時のインフラへの影響を点検する異常時対応があり、その用途によってデータ収集周期とリアルタイム性、送出データ量が異なります。①の用途では、リアルタイム性は要りませんので、大量のデータを時間をかけて送る安価な通信方式が適している。

1

近距離無線ネットワークの通信距離と通信速度



40

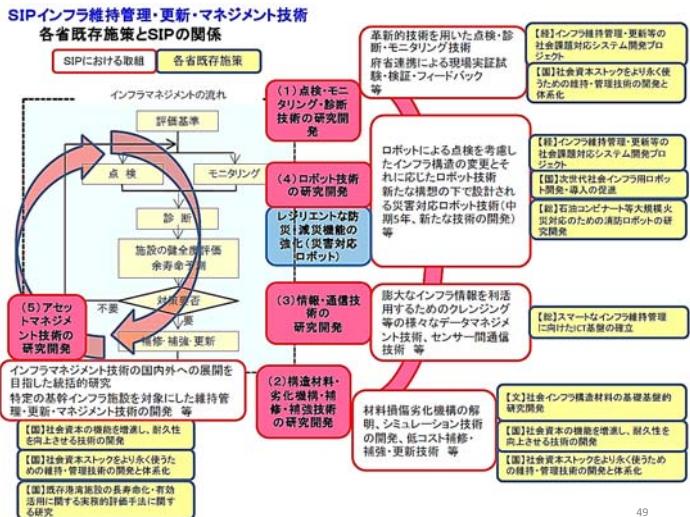
4. インフラ老朽化対策の研究開発の最新状況

- 4.1 内閣府 SIP インフラ維持管理・更新・マネジメント技術研究開発
 - 4.2 NEDO (技)NMEMS技術研究機構
 - 4.2.1 社会・産業インフラモニタリングシステム
 - 4.2.2 道路インフラモニタリングシステム(RIMS)
 - 4.3 国土交通省 社会インフラのモニタリング技術活用推進検討委員会
 - 4.4 産業競争力懇談会COCN ヘルスモニタリング技術の開発と実装
インフラ長寿命化プロジェクト
 - 4.5 モニタリングシステム技術研究組合【略称RAIMS(ライムス)】
 - 4.6 Proceedings of the IEEE Special Issue "Structural Health Monitoring"

4

4.1 内閣府 SIP インフラ維持管理・更新・マネジメント技術研究開発

(2014~2018)



研究開発項目	ステージゲート					最終目標
	2014	2015	2016	2017	2018	
点検・モニタリング・診断技術の研究開発	試作機構築、模擬試験機製作、各検査技術の基本設計構築					・印字技術、石炭緑能影シナジー化によるデータシステム、X線検査、超音波検査による新技術確立
構造材料・劣化機構・補修・補強技術の研究開発	インフラ構造クラスター構築、供用環境下腐食メカニズム解明、コンクリート劣化度判定技術開発、鋼橋接頭溶接材料開発、高耐久コンクリート開発			実証実験による各種技術の確立	社会実装後の確認	・コンクリート新規フレームワーク開発、補修、耐震対策技術確立
情報・通信技術の研究開発	走行車両路面診断技術開発、地下構造物漏水検知技術開発、センシングデータ収集・処理技術開発			快適運転による各種技術の確立化	ロボット実機化	・無人搬送車によるコンビニエンスストアへの導入、水素インフラ構築によるシステム化と自走・自律化
ロボット技術の研究開発	近接自導代替装置、ロボット構造指揮マルチロボット、ガイド移動式点検ロボット・半水中作業ロボットフロータイプ完成、インフラ復旧構造化基本設計、インフラ用ロボット情報一元化システムベータ版完成					・種々機器・以降の組合せによる複数機能化、インフラ構造診断技術開発、センシング技術による走行車両の自動運転化、インフラロボット上荷物一元化システム開発
アセットマネジメント技術の研究開発	アセットマネジメント・モデル開発、コンクリートマトリクル・モデル基本設計構築、定期点検ネットワーク構築		社会実証モデルの検討と検証、定期点検によるアセットマネジメント技術の基礎的・実証的開発、既存技術に吸収した研究と開発成果の発展と継続			アセットマネジメントシステムへの組込

SIPインフラ維持管理・更新・マネジメント技術研究開発テーマ(1/2)

小項目	No.	研究題目/技術名	担当者(直轄・共創)	担当法人名
(1) 単純・モニタリング、 制御技術の 研究開発	1-A-a	異常電圧感知によるノイズマネジメント技術の開発	石田 雅也(木更津市)	木更津市
(1)-(A)-a	レーダー超音波を併用する電気遮断装置と漏電感知による漏電遮断装置の開発	島原 肇(木更津テクノロジー)	木更津市	
(1)-(A)-b	3インチ高純度化成膜用ための高純度高品質炭素蒸着装置	藤田 一郎(西山町)	木更津市	
(1)-(A)-b	4レーザーを活用した島原市周辺地図作成用4Dカラーレーザー技術の研究開発	越谷 亮史(理研新技術研究所)	木更津市	
(1)-(A)-b	5種類と低コスト構造の光ファイバ伝送技術の開発	八島 厚(松伏工業)	木更津市	
(1)-(A)-b	6コントローラ内蔵の電動工具用鋸歯状鋸刃の開発	生田 道雄(東京工業大学)	木更津市	
(1)-(B)	7電磁誘導炉内壁の酸化物付着抑制技術の開発	吉田 仁志(東京工業大学)	木更津市	
(1)-(B)	8イクラソルト加工技術の開発	中澤 伸也(イクラソルトジャパン)	木更津市	
(1)-(C)	9島原市立芦川駒ヶ岳ダム・土石堰による島原市北部の水資源と総合計画システムの開発	安田 実(ハイブリッドシステムズ)	NEDO	
(1)-(C)	10馬鹿島外洋光合成技術によるイクラの育成技術の開発	山田 俊哉(島原市)	NEDO	
(1)-(C)	11学術用ドローン技術の研究開発	利川 正義(理研新技術研究所)	NEDO	
(1)-(C)	12ランプポートートによる港湾構造物の監視システムの開発	小笠原 信也(丘陵技術)	NEDO	
(1)-(C)	13空港及び地下鉄車両におけるデータ一括収集・分析技術の開発研究	山田 俊哉(山口県財政)	NEDO	
(1)-(C)	14面倒見及びナビゲーション機能を備えたドライバーリマイングシステムの構築の研究開発	西脇 雄一(五建)	NEDO	
(1)-(C)	15島原市立芦川駒ヶ岳ダム・土石堰による島原市北部の水資源と総合計画システムの開発実証	中澤 伸也(イクラソルトジャパン)	NEDO	
(1)-(C)	16島原市立芦川駒ヶ岳ダム・土石堰による島原市北部の水資源と総合計画システムの開発実証	木村 伸也(イクラソルトジャパン)	NEDO	
(1)-(C)	173Dシミュレーション技術による島原市周辺地図作成用4Dカラーレーザー技術の開発実証	木村 伸也(イクラソルトジャパン)	NEDO	
(1)-(C)	18空港運航設備のための音響遮蔽技術のシステムの開発実証	石川 崇(東邦大学)	NEDO	
国土交通省 森町役場	19南北干線による地盤調査技術の確立と地域活性化に寄与する複合モニタリング手法の開発	木下 順司(国土交通省土木研究開発機構)	木更津市	
(2) 碼道・材料・劣化機 構・耐震・強度技術 の研究開発	20AL(鏡面)アクリル樹脂による高吸湿性の開発	宇都 崇洋(アスリ)	木更津市	
(2)	21耐摩耗性樹脂に軽量・高強度の新規樹脂の開発	川合 俊也(大阪府立大学)	木更津市	
(2)	22構造用樹脂にホウカルバム樹脂を用いたニトリルゴムシステムの創生	鶴巣 伸也(三井住友建設)	木更津市	
(2)	23耐摩耗性樹脂に軽量・高強度の新規樹脂の開発	川合 俊也(大阪府立大学)	木更津市	
(2)	24耐摩耗性樹脂にホウカルバム樹脂を用いたニトリルゴムシステムの創生	鶴巣 伸也(三井住友建設)	木更津市	
(2)	25耐摩耗性樹脂にホウカルバム樹脂を用いたニトリルゴムシステムの創生	川合 俊也(大阪府立大学)	木更津市	
(2)	26耐摩耗性樹脂にホウカルバム樹脂を用いたニトリルゴムシステムの創生	川合 俊也(大阪府立大学)	木更津市	
(2)	27多孔質鉱物系土壤水耕栽培技術による土壤肥沃化技術の開発	王 林(中央農院)	木更津市	
(2)	28大根栽培技術によるモリ(葡萄)の収穫技術の開発	鈴木 清(朝日酒類)	木更津市	
(2)	29比較試験による母貝水耕栽培モニタリングシステム	魚崎 弘典(山田貿易)	木更津市	
(2)	30川河川の変遷等によるニトリルゴムシステムの構造研究開発	古吉 信也(理研新技術研究センター)	木更津市	
(2)	31表面処理を活用した表面改質技術の開発	片山 駿(国研機構理研技術開発)	木更津市	
(2)	32表面処理を活用した表面改質技術の開発	新瀬 浩(国研技術開発)	木更津市	
(2)	33エマージェンシーパンチによる各種骨材の強度評価の開発	鶴巣 伸也(イクラソルトジャパン)	木更津市	
(2)	34モニタリング技術による水資源の監視技術の開発	鶴巣 伸也(イクラソルトジャパン)	木更津市	
(2)	35ICTを活用した社会資本の総合管理(土木部門)	大谷 一男(都市計画技術研究所)	木更津市	
(2)	36構造・機器・材料・技術の構造の強度と構造物の耐久性・耐候性との統合的評議手法の開発	大谷 一男(都市計画技術研究所)	木更津市	
(2)	37構造物負荷過度による化粧板の耐久性評定による構造物の耐久性評定	木曾 勝(理研新技術研究所)	木更津市	
(2)	38耐久性をコントロールするためのキリスト法による風化の研究開発	野野村 駿(西山町)	NEDO	
(2)	39耐久性をコントロールするためのキリスト法による風化の研究開発	野野村 駿(西山町)	NEDO	

SIPインフラ維持管理・更新・マネジメント技術研究開発テーマ(2/2)

(3) 情報・通信技術の 研究開発	題名	No.	研究課題名	研究責任者(所属)		管理者(人等)
				実行責任者(所属)	監修責任者(所属)	
				実行責任者(所属)	監修責任者(所属)	
(4) ロット技術の 研究開発	(3)-A	39 インフラ保守ためのセイセイセンサ技術による遠隔監視システムの開発	黒川 正蔵 (JST/ナノテクノロジー)	黒川 正蔵 (JST/ナノテクノロジー)		
	(3)-B	40 サービスインフラ(地下道)構造のセンシング技術による地下構造と其の周辺環境の把握	西野 伸一 (日立電気電子)	西野 伸一 (日立電気電子)	JST	
	(3)-C	41 インフラセンシング技術の開発(セイセイセンサ技術による構造物の状態監視)	安藤 遼 (三井住友銀行)	安藤 遼 (三井住友銀行)	NEDO	
	(3)-D	42 地震などインフラマジックを予測する複数多要素データの統合・解析による防災技術の開発	上田 謙 (東京電力ホールディングス)	上田 謙 (東京電力ホールディングス)	NEDO	
(4) ロット技術の 研究開発	(4)-A	43 インフラ整備管理に関する新規手法の開発(地盤・管渠・雨水用施設の研究開発)	鈴木 敏範 (東京電力)	鈴木 敏範 (東京電力)	NEDO	
	(4)-B	44 地質調査技術を活用した地盤・管渠・雨水用施設の研究開発	吉川 勝也 (東京電力)	吉川 勝也 (東京電力)	JST	
	(4)-C	45 マルチアームによる地盤調査技術の開発(地盤・管渠・雨水用施設の研究開発)	吉川 勝也 (東京電力)	吉川 勝也 (東京電力)	JST	
	(4)-D	46 人材育成計画を用いた地盤・管渠・雨水用施設の研究開発	吉川 勝也 (東京電力)	吉川 勝也 (東京電力)	NEDO	
(5) アセットマネジメント技術の研究開発	(5)-A	47 自動測量技術を用いた地盤・管渠・雨水用施設の研究開発	山口 駿介 (日立電気電子)	山口 駿介 (日立電気電子)	NEDO	
	(5)-B	48 地盤調査・トレンチ用機器による地盤・管渠・雨水用施設の研究開発	西村 信郎 (日立電気電子)	西村 信郎 (日立電気電子)	NEDO	
	(5)-C	49 トンネル内施工機器による地盤・管渠・雨水用施設の研究開発	中村 駿 (東京電力)	中村 駿 (東京電力)	NEDO	
	(5)-D	50 地盤・管渠・雨水用施設の研究開発(地盤・管渠・雨水用施設の研究開発)	大庭 伸也 (東京電力)	大庭 伸也 (東京電力)	NEDO	
国土交通省 監修	(5)-E	51 地盤・管渠・雨水用施設の研究開発(地盤・管渠・雨水用施設の研究開発)	西村 信郎 (日立電気電子)	西村 信郎 (日立電気電子)	NEDO	
	(5)-F	52 地盤・管渠・雨水用施設の研究開発(地盤・管渠・雨水用施設の研究開発)	西村 信郎 (日立電気電子)	西村 信郎 (日立電気電子)	NEDO	
国土交通省 監修	(5)-G	53 人と工場の連携技術(地盤・管渠・雨水用施設の研究開発)	羽田 伸一 (日立造船工場技術組合)	羽田 伸一 (日立造船工場技術組合)	国土交通省	
	(5)-H	54 地盤・管渠・雨水用施設の研究開発(地盤・管渠・雨水用施設の研究開発)	野村 勝一 (東京電力)	野村 勝一 (東京電力)	国土交通省	
(5) アセットマネジメント 技術の研究開発	(5)-I	55 地盤・管渠・雨水用施設の研究開発(地盤・管渠・雨水用施設の研究開発)	三木 博志 (東京電力) / 中村 駿 (東京電力)	三木 博志 (東京電力) / 中村 駿 (東京電力)	国土交通省	
	(5)-J	56 地盤・管渠・雨水用施設の研究開発(地盤・管渠・雨水用施設の研究開発)	中村 駿 (東京電力)	中村 駿 (東京電力)	国土交通省	
地域支援策(主な内容)						
小項目						
① 地域活性化策						
② 地域連携策						
③ 地域連携支援 監修						
④ 地域連携支援 監修						
⑤ 地域連携支援 監修						
⑥ 地域連携支援 監修						
⑦ 地域連携支援 監修						
⑧ 地域連携支援 監修						
⑨ 地域連携支援 監修						
⑩ 地域連携支援 監修						
⑪ 地域連携支援 監修						
⑫ 地域連携支援 監修						
⑬ 地域連携支援 監修						
⑭ 地域連携支援 監修						
⑮ 地域連携支援 監修						
⑯ 地域連携支援 監修						
⑰ 地域連携支援 監修						
⑱ 地域連携支援 監修						
⑲ 地域連携支援 監修						
⑳ 地域連携支援 監修						
㉑ 地域連携支援 監修						
㉒ 地域連携支援 監修						
㉓ 地域連携支援 監修						
㉔ 地域連携支援 監修						
㉕ 地域連携支援 監修						
㉖ 地域連携支援 監修						
㉗ 地域連携支援 監修						
㉘ 地域連携支援 監修						
㉙ 地域連携支援 監修						
㉚ 地域連携支援 監修						
㉛ 地域連携支援 監修						
㉜ 地域連携支援 監修						
㉖ 地域連携支援 監修						
㉗ 地域連携支援 監修						
㉘ 地域連携支援 監修						
㉙ 地域連携支援 監修						
㉚ 地域連携支援 監修						
㉛ 地域連携支援 監修						
㉜ 地域連携支援 監修						
㉖ 地域連携支援 監修						
㉗ 地域連携支援 監修						
㉘ 地域連携支援 監修						
㉙ 地域連携支援 監修						
㉚ 地域連携支援 監修						
㉛ 地域連携支援 監修						
㉜ 地域連携支援 監修						
㉖ 地域連携支援 監修						
㉗ 地域連携支援 監修						
㉘ 地域連携支援 監修						
㉙ 地域連携支援 監修						
㉚ 地域連携支援 監修						
㉛ 地域連携支援 監修						
㉜ 地域連携支援 監修						
㉖ 地域連携支援 監修						
㉗ 地域連携支援 監修						
㉘ 地域連携支援 監修						
㉙ 地域連携支援 監修						
㉚ 地域連携支援 監修						
㉛ 地域連携支援 監修						
㉜ 地域連携支援 監修						
㉖ 地域連携支援 監修						
㉗ 地域連携支援 監修						
㉘ 地域連携支援 監修						
㉙ 地域連携支援 監修						
㉚ 地域連携支援 監修						
㉛ 地域連携支援 監修						
㉜ 地域連携支援 監修						
㉖ 地域連携支援 監修						
㉗ 地域連携支援 監修						
㉘ 地域連携支援 監修						
㉙ 地域連携支援 監修						
㉚ 地域連携支援 監修						
㉛ 地域連携支援 監修						
㉜ 地域連携支援 監修						
㉖ 地域連携支援 監修						
㉗ 地域連携支援 監修						
㉘ 地域連携支援 監修						
㉙ 地域連携支援 監修						
㉚ 地域連携支援 監修						
㉛ 地域連携支援 監修						
㉜ 地域連携支援 監修						
㉖ 地域連携支援 監修						
㉗ 地域連携支援 監修						
㉘ 地域連携支援 監修						
㉙ 地域連携支援 監修						
㉚ 地域連携支援 監修						
㉛ 地域連携支援 監修						
㉜ 地域連携支援 監修						
㉖ 地域連携支援 監修						
㉗ 地域連携支援 監修						
㉘ 地域連携支援 監修						
㉙ 地域連携支援 監修						
㉚ 地域連携支援 監修						
㉛ 地域連携支援 監修						
㉜ 地域連携支援 監修						
㉖ 地域連携支援 監修						
㉗ 地域連携支援 監修						
㉘ 地域連携支援 監修						
㉙ 地域連携支援 監修						
㉚ 地域連携支援 監修						
㉛ 地域連携支援 監修						
㉜ 地域連携支援 監修						
㉖ 地域連携支援 監修						
㉗ 地域連携支援 監修						
㉘ 地域連携支援 監修						
㉙ 地域連携支援 監修						
㉚ 地域連携支援 監修						
㉛ 地域連携支援 監修						
㉜ 地域連携支援 監修						
㉖ 地域連携支援 監修						
㉗ 地域連携支援 監修						
㉘ 地域連携支援 監修						
㉙ 地域連携支援 監修						
㉚ 地域連携支援 監修						
㉛ 地域連携支援 監修						
㉜ 地域連携支援 監修						
㉖ 地域連携支援 監修						
㉗ 地域連携支援 監修						
㉘ 地域連携支援 監修						
㉙ 地域連携支援 監修						
㉚ 地域連携支援 監修						
㉛ 地域連携支援 監修						
㉜ 地域連携支援 監修						

実施スケジュール(IT利活用による世界一安全で経済的な社会インフラの実現)

※世界最先端IT国家創造宣言・工程表より抜粋

出典：内閣府 第1回インフラ老朽化対策の推進に関する関係省庁連絡会議 2013年10月16日

53

■研究開発項目 : 点検・モニタリング・診断技術の研究開発

■研究開発テーマ	省電力化を図ったワイヤレスセンサによる橋梁の継続的遠隔モニタリングシステムの現場実証
■研究責任者	オムロン・ソーシャル・ワールド・ソリューションズ株式会社 西田季志

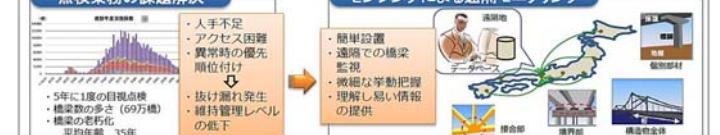
■研究責任者：オムロン・ワークアルゴリズムズ株式会社 四田秀志
■共同研究グループ：国立大学法人東京工業大学

研究開発の目的・内容

研究開発の目的・内容

研究開発の目的

自検業務の課題解決 キャンシングによる遠隔モニタリング



出所: 国土交通省 近畿地方整備局 ホームページより

研究開発の内容 (1)

・省電力、屋外環境対応のセンシング技術
一長期信頼性確保(電池駆動で寿命5年以上)



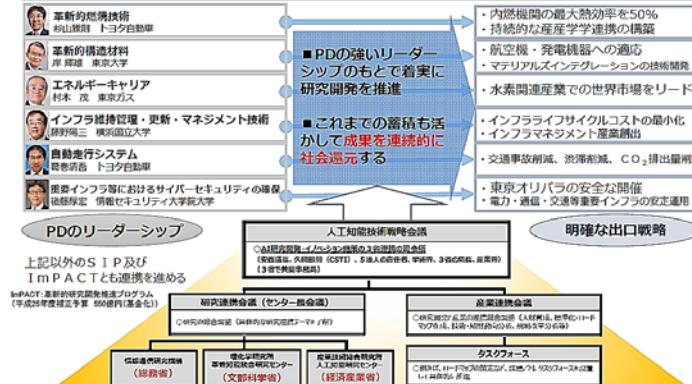
ANSWER

- Journal of Oral Rehabilitation 2013; 40(12): 933-939



【参考】 具体例:SIPと人工知能技術戦略会議の連携

出口戦略が明確なSIPと人工知能技術戦略会議（総務省、文部科学省、経済産業省）
を連携させ、成果を連続的に社会還元して「Society 5.0」実現を推進する



出典：SIP制度評価WG（第2回）配布資料 2016年1月

55

4.2.1 NEDO(技)NMEMS技術研究機構 社会・産業インフラモニタリングシステム

(2013～2014)

56

技術研究組合NMEMS技術研究機構(略称:NMEMS組合)の概要



設立年月日：平成23年7月13日
理事長：今井 行一（一般社団法人セイシカ所長、前オムロン株式会社常務執行役員）
組合員：(株)アルパック、オムロン(株)、オリエンパス(株)、住江機物(株)、セイコーエレクトロニクス(株)、東光電気(株)、東京電力(株)、(株)セブンイレブンジャパン、ダイキン工業(株)、大日本印刷(株)、(株)デンソー、日清新ホールディングス(株)、(株)日立製作所、横河電機(株)、ローム(株)、(独)産業技術総合研究所、一般財團法人マイクロマシンセンター、国立大学法人東京工業大学、高砂熟業(株)、(株)東芝、パナソニック(株)、三菱電機(株)、(株)CSiCリューションズ、ハサカル(株)、富士通(株)、(株)ニタニ、テルモ(株)、富士電機(株)
(29組合員：26企業、1大学、1独法、1団体)

事業費：平成25年度 12.3億円

事業の概要：グリーンセンサ端末の開発及びグリーンセンサネットワークシステムの構築に関する研究開発、並びに成果応用の先導研究
※「NMEMS」とは、ネットワーク用の小型センサー-MEMSが最も基礎となるセンサ技術の総称。

○組合設立の目的

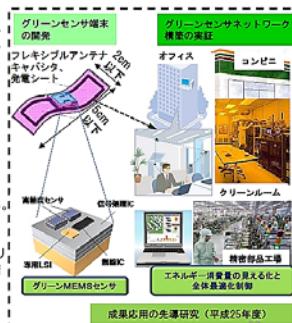
実用的なグリーンセンサネットワークシステムを開発するためには、それぞれの現場に適応させたネットワークシステムを構築し、実用性の検証とセンサデバイスへのフィードバックを行うことが求められる。このため、研究組合を設立し、研究開発の中心的役割を果たす。ことによって、研究開発の協同化・標準化、低コストのセンサ端末の製造技術の確立を図ることを目的とする。

○実用化の方向性

センサネットワークに使用されるセンサデバイスの共通的な課題である、無線通信機能、自立電源機能及び超低消費電力機能を搭載した実用的で安価で小型のグリーンセンサ端末を開発し、それを用いたネットワークシステムでの、エネルギー消費量等の見える化及びエネルギー消費量の抑制により、10%以上の省エネ効果を実証する。また、平成25年度においては成果応用のための先導研究を実施。

○事業化の目途の時期

開発するグリーンセンサ端末について、平成26年度末までにアプリケーションに応じたネットワークシステムを構築、検証を行い、その結果を研究開発にフィードバックすることで、事業終了後3年以内の実用化・商品化を目指す。



57

研究開発体制

NEDO 指示・協議 プロジェクトリーダー

技術研究組合NMEMS技術研究機構

NMEMS技術研究機組 本部

理事長、研究主幹、研究企画部、研究支援部等
〔全体統括、研究開発計画、研究進捗管理、知財
管理、普及・広報、組織運営支援、共通プラット
フォーム、標準化、知識DB、その他事務処理等〕

グリーンセンサネットワーク研究所

つくば研究センター

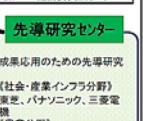
①(1)電界センサ・物理探査
(2)燃費監査センサ・マイクロセンサ
(3)CO₂濃度センサ・オムロン、VOC濃度センサ・オムロン
(4)赤外アレイセンサ・オムロン
(2)(2)超ひず高频動電波低周波接続用センサの開発
ローム、マイクロセンサセンター、森興研

②(2)超ひず高频動電波低周波接続用センサの開発
ローム、マイクロセンサセンター、森興研
(3)グリーンセンサネットワーク用化粧板設計および低消費電力無線通信
技術の開発、日立製作所、マイクロセンサセンター、大日本印刷、東芝

実施場所：独立行政法人産業技術総合研究所
(実験場所：オムロン野洲事業所直販部・マイクロセンサセンター、ローム超ひず高频動電波低周波接続用センサ、アルパック半導体電子技術研究所、デンソーカーボンセンサ、大日本印刷NMEMSセンター)

再委託：筑波大学(1)CO₂濃度センサ

(2)スマートタグクリアのためのセンサネットワークシステムの開発、セイコーエスコル、日清新、ローム



58

社会・産業インフラモニタリングシステムの開発

現状の点検システム

・故障物理学を基本にした損傷解析に基づき、危険予測箇所を監視、点検
・一部有線センサによる常時モニタリング(コスト、設置性に課題あり)

+補完技術

提案する常時・継続モニタリングシステム

- ・継続的なデータ取得による定量的評価・分析
- ・部材劣化に加えて構造物全体の不具合の兆候をも検知
- ・無線自立電源センサにより設置自由度が高く、多点・高密度センシング可能



高密度面パターンセンシング (特定・異常個所の網羅検知)

多点無線センサシステム (常時計測・異常検知)

衛星リモートセンシング (大規模火災・有毒ガス検知)



出典：NMEMS技術研究機構 先導研究プロジェクト成果報告書 2014年

59

先導研究を実行したシステム(仕様の明確化と原理試作)

I. 多点無線センサネットワークによるモニタリングシステムの開発

◆ プラント・パイプラインモニタリングシステムの開発 (日立)

◆ 幹線道路モニタリングシステムの開発

- ・ 加速度センサによる橋梁モニタリングシステムの開発 (オムロン)
- ・ AEセンサによる橋梁モニタリングシステムの開発 (東芝、東京大学)
- ・ トンネル付帯物モニタリングシステムの開発 (パナソニック)

◆ 公共施設設備モニタリングシステムの開発 (高砂熟業工業)

II. 高密度面パターンセンシングシステムの開発 (産総研、大日本印刷、MMC)

III. 広域(衛星リモート)センシングシステムの開発 (三菱電機)

IV. 自立型無線高耐久センサシステムの開発 (MMC、大日本印刷、産総研)

出典：NMEMS技術研究機構 先導研究プロジェクト成果報告書 2014年

60

I. 多点無線センサネットワークによるモニタリングシステムの開発

- ◆ 幹線道路モニタリングシステムの開発
 - ・ 加速度センサによる橋梁モニタリングシステムの開発 (オムロン)

【現状と課題】

- 日常の巡回目視点検、定期点検(1回／年以上)、詳細点検(1回／5~10年)を実施。
- 詳細点検は近接目視が前提であるが、交通規制や点検設備、専門作業が必要で手間と費用大。モニタリングにより効率的な点検を実現したい。(期間固定から状態に応じた点検への変換)
- 現状、センサ寿命・信頼性・コストが課題
- 構造物の劣化がどの程度進むかを予測したいが適切な手法が見出せていない。「どのような変化に着目すべきか」「その変化をどうやって把握(センシング)するか」「健全度をいかに評価するか」が課題
- 一方で自治体道路では予算、人財の両面で不足しており多くは未着手の状況

10

出典: NMEMS技術研究機構 先導研究プロジェクト成果報告会 2014年

I. 多点無線センサネットワークによるモニタリングシステムの開発

- ◆ 幹線道路モニタリングシステムの開発
 - ・ トンネル付帯構造物モニタリングシステムの開発 (パナソニック)

【現状と課題】

- 点検・検査方法:
 - ・ 目視・打音 … 点検頻度が数年間隔(人件費、装備(足場、高所作業車))
 - ・ 走行計測車 … 常時モニタリング、通行不能時の計測不可
 - ・ 光ファイバーセンサ … 計測機が非常に高価、設置(固定)方法に難
- 災害発生時:
 - ・ 目視検査等で危険と判定された箇所にセンサ設置 … 確実だが工数多大
- 計測データの管理・蓄積・解析方法:
 - ・ 過去データ管理不十分の認識にたち、データベース化の取組み始まる

20

出典: NMEMS技術研究機構 先導研究プロジェクト成果報告会 2014年

I. 多点無線センサネットワークによるモニタリングシステムの開発

- ◆ 幹線道路モニタリングシステムの開発
 - ・ トンネル付帯構造物モニタリングシステムの開発 (パナソニック)

【センサシステムへの主な要望】(ユーザヒアリング等より)

対象構造物	トンネル付帯構造物 (換気設備、照明器具、標識板、天井板、吸音板、他)
常時・継続モニタリングしたい事象	コンクリート取付け部の変状検知 (ボルト締結トルク低下、ボルト周囲のコンクリート中性化等によるクラッキング、他)
モニタリングのエリア	取付け構造部材近傍
計測項目・形態	固有振動数(動的センシング: 対象に応じた帯域設定)、歪み量、温湿度
計測データ収集方法	無線もしくは有線による送信、もしくは専用収集車による一括回収
データ処理・活用方法	エンジニアリング会社による診断データとして活用
電源・耐久性	寿命 10年以上(寒冷地、海浜周辺、排気ガスの状況等により詳細検討必要)
導入・維持コスト	システム一式 導入1万台以下、維持コスト 100万円台/年以下
その他	センサの数: 取付け部材、もしくはアンカーボルトの数に同じ 無線送信距離・信頼性: 受信機設置状況によるが50m程度か 信頼性担保のための送信設計未定 無線(送信器)トポロジー: スター型等

21

出典: NMEMS技術研究機構 先導研究プロジェクト成果報告会 2014年

I. 多点無線センサネットワークによるモニタリングシステムの開発

- ◆ 幹線道路モニタリングシステムの開発
 - ・ トンネル付帯構造物モニタリングシステムの開発 (パナソニック)

【提案するセンサシステム】

(a) センシング手法の技術課題明確化

■ トンネル内でのセンシング実験

○ トンネル付帯構造物取付け部変状センシング端末

■ 振動センサ(加速度センサ)の適用に関する下記課題の明確化:

- ・ 取付け部材の特定の箇所に設置
- ・ 同部材の固有振動数のシフトを振動センサによって取得
- ・ 初期状態からの経時変化をモニタリング

■ 必要スペック:

- ・ 排出加速度
- ・ 周波数帯域
- ・ 設置方法/位置
- ・ サンプリング時間
- ・ 解析手法
- ・ 固有振動数、高次モードの抽出等

(b) 気流発電デバイスの技術課題明確化

■ 気流発電デバイスに関する下記課題の明確化:

- ・ トンネル環境への適合性・耐性に関する項目
- ・ 雷暴・風向対策
- ・ 雷暴・風向特徴の界面気流耐性
- ・ 発電効率
- ・ デバイス構造および後段回路構成の決定

22

出典: NMEMS技術研究機構 先導研究プロジェクト成果報告会 2014年

I. 多点無線センサネットワークによるモニタリングシステムの開発

- ◆ 幹線道路モニタリングシステムの開発
 - ・ トンネル付帯構造物モニタリングシステムの開発 (パナソニック)

【成果と、今後解決すべき課題】

開発項目	成果
(a) センシング手法の技術課題明確化	<ul style="list-style-type: none"> ・ 模擬体実験と解析を行い、ボルト締めと共振周波数変量の定量的関係を明確化 ・ アクティブ振動センシングの優位性実証。 ・ センシング仕様設定。
(b) 気流発電デバイスの技術課題明確化	<ul style="list-style-type: none"> ・ 耐環境基本構造案(気流、防塵、防鶴)を提示。 ・ 端末構造案、エネルギーパケット試算から必要発電量を明確化。

23

出典: NMEMS技術研究機構 先導研究プロジェクト成果報告会 2014年

III. 広域(衛星リモート)センシングシステムの開発 (三菱電機)

【現状と課題】

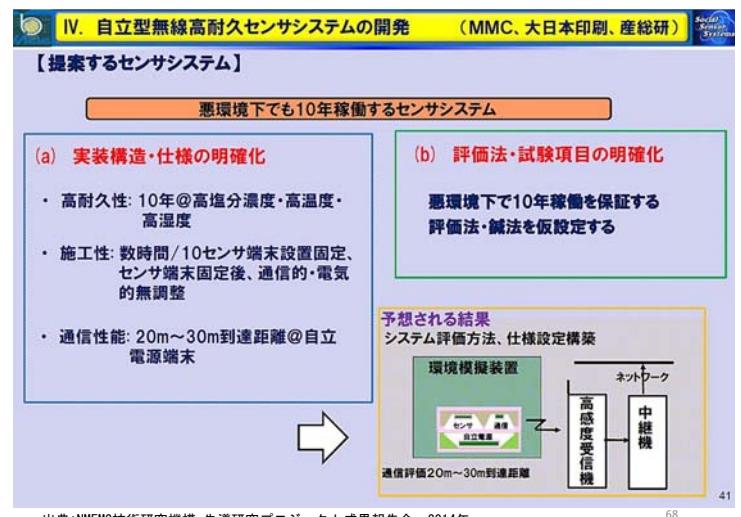
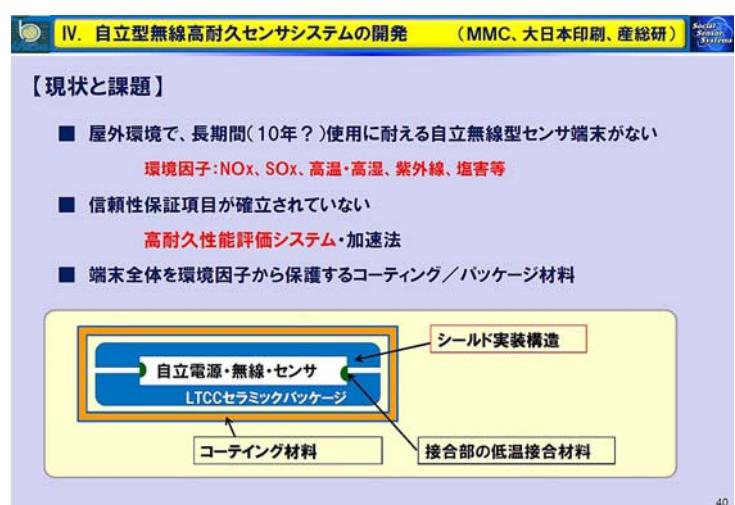
- 大規模災害(地震、工場・森林火災、火山噴火、有毒ガス流出)時の広域監視が必要
- 大気中に流出した有毒ガスの成分分析が必要

→ 衛星からのリモートセンシングが有力、しかし

- 分光器システム(FTIR等)、プリズムシステムの巨大化、機械振動による誤差
- 偏光子システム取り付けによる誤差(僅かなズレで偏光角度が変化)
- 校正システムが必要なことから高コスト化
- システムの巨大化・複雑化による衛星の高コスト化により、保有衛星数の大幅な増加が困難。回帰日数の短縮が不可能であり、高精度・オンタイム観察が不可能。

35

出典: NMEMS技術研究機構 先導研究プロジェクト成果報告会 2014年

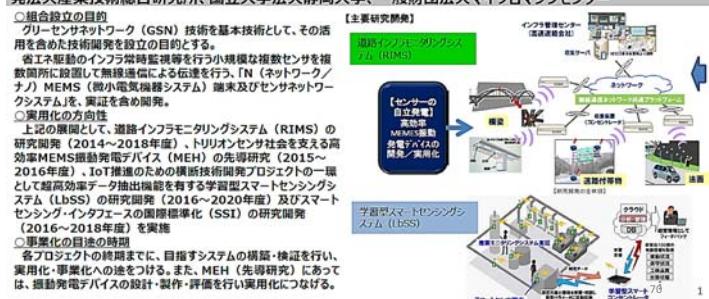


4.2.2 NEDO(技)NMEMS技術研究機構 道路インフラモニタリングシステム(RIMS) (2014~2018)

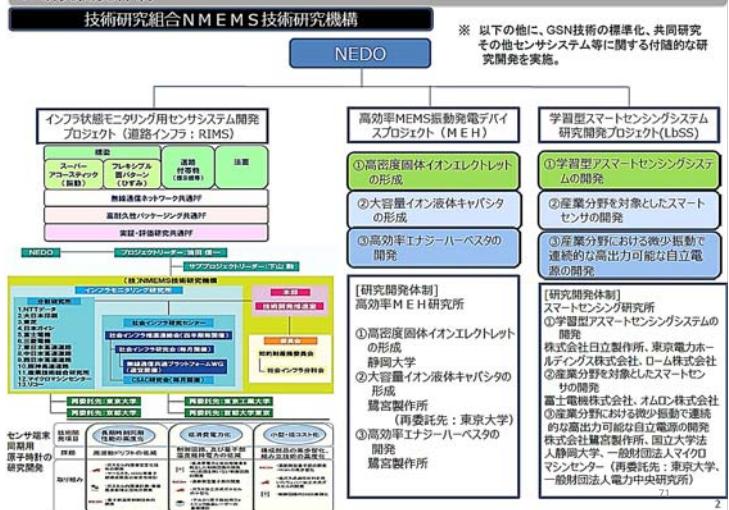
69

技術研究組合 NMEMS技術研究機構 (略称: NMEMS組合) の概要 (平成25年度見直し)

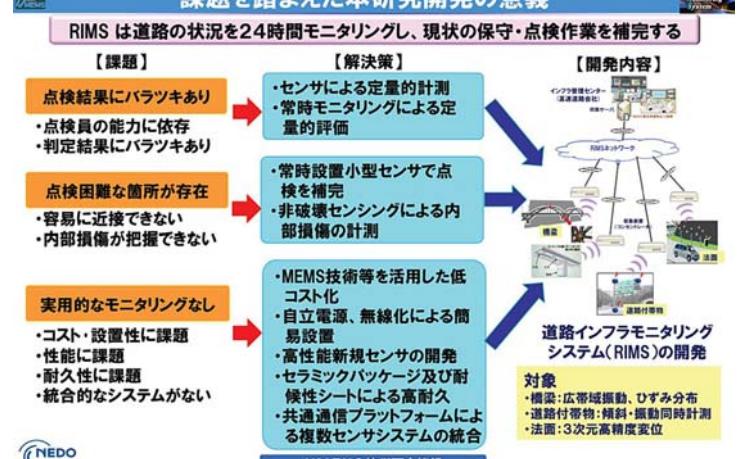
1 設立年月日: 平成23年7月13日
 2 理事長: 今仲 行一 (一財)マイクロマシンセンター所長、元オムロン(株)常務執行役)
 3 組合員: (21企業、1大学、1国研、1団体)
 株式会社エヌ・ティ・ティ・データ、沖電気工業株式会社、オムロン株式会社、株式会社鷺宮製作所、セイコーアイソル株式会社、大日本印刷株式会社、ダイキン工業株式会社、高砂熱学工業株式会社、株式会社東芝、東京電力ホールディングス株式会社、中日本高速道路株式会社、西日本高速道路株式会社、日本碍子株式会社、阪神高速道路株式会社、東日本高速道路株式会社、株式会社日立製作所、富士電機株式会社、三菱電機株式会社、明星電気株式会社、株式会社リコー、ローム株式会社、国立研究開発法人産業技術総合研究所、国立大学法人静岡大学、一般財団法人マイクロマシンセンター



4 研究開発体制



課題を踏まえた本研究開発の意義



課題を踏まえた開発内容(開発概要)

本研究開発では高速道路の橋梁、道路付帯物、法面等を対象にして、環境エネルギーを利用した自立電源を有し、各フィールドのモニタリングに適した新規の小型、安価、高性能、高耐久性の無線センサ端末を開発する。無線通信センサネットワークや高耐久性のパッケージングに関しては共通化を図り、効率的な開発を行うとともに、各フィールドのセンシングシステムを統合して道路インフラのトータルな維持管理が可能な道路インフラモニタリングシステム(RIMS-ROAD Infrastructure Monitoring System)を構築する。



NEDO

出典: NMEMS技術研究機構 研究開発プロジェクト成果報告会 2016年9月15日

73

研究実施体制

インフラ維持管理・更新等の社会課題対応システム開発プロジェクト

インフラ状態モニタリング用センサシステム開発

道路インフラ状態モニタリング用センサシステムの研究開発

(1) センサ端末及びモニタリングシステムの研究開発

- (1-1) 橋梁
 - (1-1-1) スーパーアコースティック(振動)(東芝、東大、京大)
 - (1-1-2) フレキブル面バターン(ひすみ)(産総研、大日本印刷)
- (1-2) 道路付帯構造物(標示板等)
 - (富士電機)
- (1-3) 法面
 - (三菱電機)

(2) センサシステム共通基盤技術の研究開発

- (2-1) 無線通信ネットワーク共通PF(NTTデータ)
- (2-2) 高耐久性パッケージング共通PF(MMC、日本ガイシ、大日本印刷)

(3) 実証・評価研究共通PF(NEXCO東日本・中日本・西日本、阪神高速を含む全参画機関)

(4) 先導研究:センサ端末同期用原子時計(産総研、リコー、MMC、京大、東工大、首都大東京)

NEDO

出典: NMEMS技術研究機構 研究開発プロジェクト成果報告会 2016年9月15日

74



モニタリングシステムの構築・運用の革新を目指すセンサ端末同期用原子時計の研究開発

国立研究開発法人産業技術総合研究所
計量標準総合センター物理計測標準研究部門
柳町 真也

2016年9月15日パシフィコ横浜
MEMSセンシング&ネットワークシステム展

75

背景とねらい

RIMS概要



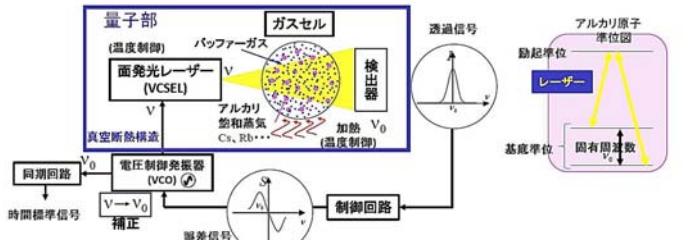
- * 橋梁: センシングシステム内の時刻同期性能の向上→より広範囲なデータ処理
- * 道路付帯構造物: 無線同期システムの代替→モニタリングシステム構築の簡略化
- * 法面: 有線同期システムの代替→モニタリングシステム構築の簡略化
- * 収集サーバ: 自律分散的な時刻同期システム→システム運用のセキュリティー強化

* 10ms維持、10年メンテナンスフリー、1mWを目標

76



小型原子時計の仕組み



* VCSELとアルカリ原子が封入されたガスセルを用いることで、省スペースで普遍性の高い固有周波数を参照することが可能となる。

77



ULPAC開発の研究推進体制



参画機関

国立研究開発法人 産業技術総合研究所	国立大学法人 京都大学	一般財団法人 マイクロマシンセンター 株式会社リコー	国際大学法人 東京工業大学	公立大学法人 首都大学東京
技術開発項目	長期時刻同期性能の高度化	低消費電力化	小型・低コスト化	
課題	周波数ドリフトの低減	制御回路、及び量子部温度維持電力の低減		
取り組み	<ul style="list-style-type: none"> ・ガスセル内環境安定化技術の開発 ・サーミスタ、VCSEL等量子部構成部品の安定性検討 ・ガスセル内環境計測・発振周波数補正技術の開発 	<ul style="list-style-type: none"> ・ガス電力と低位相位音を両立した制御回路の開発 ・PLL回路を用いない制御回路の開発 ・高断熱型量子部の開発 ・ガラス加工方式ガスセルの小型化 ・アルカリ原子励起用フォトニック結晶レーザーの基礎検討 	<ul style="list-style-type: none"> ・ガスセル内環境安定化技術の開発 ・サーミスタ、VCSEL等量子部構成部品の安定性検討 ・ガスセル内環境計測・発振周波数補正技術の開発 	<ul style="list-style-type: none"> ・ガラス加工方式ガスセルの開発 ・低ガス透過性材料を用いたウェーハ加工方式ガスセルの開発 ・制御回路のCMOS集積化

78

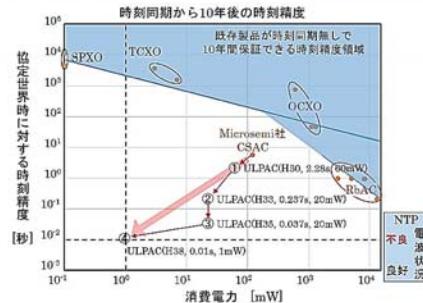


これまでの成果(H27年8月～) 10年後を見据えた技術ロードマップ策定



事業化に向けた技術ロードマップ策定

仕様項目	H28年 (M社CSAC)	H30年(ULPAC)	H33年(ULPAC)	H38年以降(ULPAC)
長期安定度	0.01秒/5ヶ月	0.01秒/8ヶ月	0.01秒/2年	0.01秒/10年
消費電力	120mW	60mW	20mW	1mW
サイズ	40×35×12mm ³	30×30×11mm ³	20×20×10mm ³	15×15×5mm ³



79

モニタリング技術に係る取組の現状



- ・社会インフラの老朽化問題に関しては、適切な維持管理手法の導入により長寿寿命化、維持管理・更新のトータルコストの縮減・標準化を図ることが課題
- ・センサ、IT等を活用した社会インフラの状態の効率的な把握を可能とする新技術の開発・導入を進める政府方針の下、国土交通省においては、モニタリング技術に關し、産学官が連携しながら、現場実証を通じてその有効性を評価・分析すること等により、技術開発等を推進。

○政府方針(日本再興戦略2016)

- ・調査・測量から設計・施工・検査・維持管理・更新までの建設生産プロセスにおいてICTの全面的な活用を推進

○国交省における取組

○生産性革命プロジェクト(平成28年3月～)

- ・平成28年を「生産性革命元年」と位置付け、社会全体の生産性向上につながるストック効果の高い社会資本の整備・活用や、関連産業の生産性向上、新市場の開拓を支える取組を加速化する。
- ・生産性向上につながる先進的な取組である20の「生産性革命プロジェクト」の一として、インフラメンテナンス革命を掲げ、インフラメンテナンスサイクルのあらゆる段階において、多様な産業の技術や民間のノウハウを活用し、メンテナンス産業の生産性を向上させ、メンテナンス産業を育成・拡大を促進する。

○インフラメンテナンス国民会議

- ・社会全体でインフラメンテナンスに取り組む機運を高め、未来世代によりよいインフラを引き継ぐべく、産学官民が有する技術や知恵を継続するためのプラットフォームとして設立

○本委員会の位置づけ

- ・モニタリング技術について、維持管理等に対するニーズを踏まえたIT等の先端的技術の適用性等の検討を行い、インフラでの実証等により検証するにあたり、専門的な観点から助言を行う。

81

国土交通省モニタリング技術をインフラの維持管理業務へ適用するための技術的検証に関する公募要件

【提案内容】(以下のすべての内容を提案するものとする。)

- ① 想定しているモニタリング技術及び取得データの内容
- ② モニタリング技術により得られる計測データと劣化・損傷との関係性の検証方法
- ③ 他の社会インフラの分野への展開に関する見込み
- ④ その他必要な技術研究開発の内容

【基本公募要件】

- ① 目視が著しく困難な箇所やアプローチしづらい箇所の状態変化を定量的に把握できること。
- ② モニタリングで取得したデータと既存の点検結果の関連性を容易に把握できること。
- ③ 地震等時の災害発生や洪水時ににおいて迅速に変状を把握できること。
- ④ 維持管理に係る作業の安全性の向上や時間的な制約の回避が図られること。
- ⑤ 維持管理の費用削減や省力化につながること。
- ⑥ 多くの現場で汎用的に効果を発揮するものであること。
- ⑦ 装置のメンテナンスが容易又はメンテナンスの費用や労力が少ないと想定される。(例:耐用年数10年以上)
- ⑧ 測定装置は設置や撤去が容易であること。
- ⑨ 雨天等の悪天候及び季節(気温)の影響を受けず安定的に機能が発揮できること。

【維持管理の高度化・効率化に係るモニタリングシステムの公募要件】

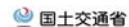
- [1] 地震等の災害異常発生直後に通知できること。遠隔地から異常発生を把握できること。
- [2] 地域特性(壊害等)や通行状況等により異常が発生しやすい箇所を把握できること。
- [3] 定期的な外観目視では把握できない劣化・損傷の進行状況を把握できること。
- [4] 補修・補強の長期的な効果、損傷進展の抑制効果等を把握できること。
- [5] 荷重制限の橋梁における安全性を監視できること。
- [6] 突然に発生する異常の危険性を予測できること。

83

4.3 国土交通省 社会インフラのモニタリング技術活用推進検討委員会 (2014～2018)

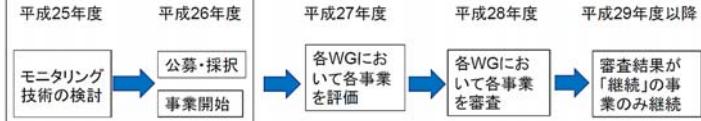
80

社会インフラのモニタリング技術活用推進検討委員会 WGの過去の取組 研究評価等の実施状況



- ・社会インフラのモニタリング技術活用推進検討委員会第1回～第5回(平成25～26年度)において、国が支援するモニタリング技術の開発・実証事業の検討を実施。
- ・平成26年度に事業の公募を行い、全5分野(橋梁、河川堤防、法面・斜面、海洋・沿岸構造物、空港施設)39件の研究開発テーマを採択。平成26年度以降、現場実証を実施。一部技術についてはSIP(戦略的イノベーション創造プログラム)を活用。
- ・平成27年度以降、各分野のWGにおいて、研究課題毎に評価を実施。
- ・平成28年度に各WGにおいて、継続可否を含めた審査を実施。

社会インフラのモニタリング技術活用推進検討委員会(第1回～第5回)



82

国土交通省社会インフラのモニタリング技術活用推進検討委員会 研究開発課題とH28年度審査結果(1/2)

合計	研究開発テーマ名	研究者会員(会員)	審査結果	開発期間
1	周波数転換技術を用いた遠隔からの振動及び加速度変形計測システムの検証	大成建設株式会社	継続	平成30年度
2	モニタリング技術の実現による経済性と柔軟性の検証	モニタリングシステム技術研究会	継続	平成30年度
3	省電力化をもたらすマイコンによって構成されたモニタリングシステム	オムニシングループリューションズ株式会社	継続	平成30年度
4	走行車両のゴムタイヤの路面変形をモニタリングシステムの検証	日井建設株式会社	継続	平成30年度
5	路面モニタリングシステムによる道路表面の変形検出システムの検証	住友大林産工業株式会社	中止	平成29年度
6	A.I.B (軌道レーザ探査技術)による走行車両の検出	株式会社アスク	終了	平成27年度
7	路面変形をもつた基礎地盤上で測定した路面変形モニタリング技術	日本電気株式会社	継続	平成27年度
8	ナノプローブセンサによる路面変形モニタリング技術	森田建設株式会社	継続	平成30年度
9	走行車両を用いた路面変形モニタリングシステムによる走行車両の検出	セイコーエプソン株式会社	終了	平成28年度
10	走行車両を用いた路面変形モニタリングシステム	株式会社ソラカルント	継続	平成30年度
11	走行車両を用いた路面変形モニタリングシステム	KDDIワックス株式会社	終了	平成29年度
12	走行車両を用いた路面変形モニタリングシステム	東芝テクノロジーズ株式会社	終了	平成29年度
13	走行車両を用いた路面変形モニタリングシステム	東芝テクノロジーズ株式会社	継続	平成27年度
14	走行車両を用いた路面変形モニタリングシステム	日立建機株式会社	継続	平成29年度
15	走行車両を用いた路面変形モニタリングシステム	富士通株式会社	継続	平成30年度
16	走行車両を用いた路面変形モニタリングシステム	日本電信電話株式会社	継続	平成29年度
17	走行車両を用いた路面変形モニタリングシステム	日本大学法政大学	継続	平成30年度
18	走行車両を用いた路面変形モニタリングシステム	日本電気株式会社	継続	平成30年度
19	走行車両を用いた路面変形モニタリングシステム	日本郵便株式会社	継続	平成29年度
20	走行車両を用いた路面変形モニタリングシステム	日本財團	継続	平成30年度
21	走行車両を用いた路面変形モニタリングシステム	一社社団・国際組織技術協会	継続	平成29年度
22	走行車両を用いた路面変形モニタリングシステム	近畿日本鉄道株式会社	終了	平成29年度
23	走行車両を用いた路面変形モニタリングシステム	近畿日本鉄道株式会社	継続	平成29年度
24	走行車両を用いた路面変形モニタリングシステム	新日本海フェリー株式会社	継続	平成29年度
25	走行車両を用いた路面変形モニタリングシステム	一般社団法人建設電気技術協会	終了	平成29年度
26	走行車両を用いた路面変形モニタリングシステム	同志社大学・東京工業大学	継続	平成30年度
27	走行車両を用いた路面変形モニタリングシステム	日本工営株式会社	継続	平成30年度
28	走行車両を用いた路面変形モニタリングシステム	一般社団法人国土技術研究センター	終了	平成29年度

84

国土交通省社会インフラのモニタリング技術活用推進検討委員会 研究開発課題とH28年度審査結果(2/2)

分野	研究者登録番号	研究テーマ名	研究責任者(所属)	審査結果	終了年月(査定年月)
技術・監視	30	多点標高変位・土木構造物の常時監視による斜面崩壊早期警報システム	中央太陽株式会社	既了	平成20年度
	31	傾斜センサ付き竹込み式水位計による堤防崩壊の予測・検知方法の実証試験	広島地質株式会社	既了	平成20年度
	32	ポイントクラウドによる港湾施設自動解析システム	アシカ航洋株式会社	既了	平成20年度
	33	計測高度を自由に変えられる車両走行レーザーキャナ及び医療撮影の活用	国立大学法人岡山大学	既続	平成20年度
	34	マルチGNSSによる地盤変位計測システム	株式会社大林組	既了	平成27年度
	35	傾斜センサと各種センサーによる電気自動車充電システムの実証	株式会社オサン・チクノス	既続	平成20年度
	36	株式会社関連道路技術研究所	既続	平成20年度	
	37	落石安定性の常時モニタリングシステムの開発	日本工営株式会社	既了	平成20年度
	38	UVによる地盤変位計測による次世代変形監視システムの開発	国際航業株式会社	既了	平成20年度
	39	衛星及びソーラーを利用した港湾施設のモニタリングシステムの構築の研究開発	浜洋建設(株)・(国研) JAXA	既続	平成20年度
技術・監視・製作	40	ラジコンボートを用いた港湾施設物の点検システムの研究開発	五洋建設(株)	既了	平成20年度
	41	広域及び点検下限査定による地盤変位計測の研究開発	田崎地質(株)	既了	平成20年度
	42	合成開口レーダによる港湾施設の点検システムの研究開発	東京大学、(仮称) バイシックコヨナルタント、(株) ゾーシャル・キャビタル・デザイン	既続	平成20年度
	43	合成開口レーダを用いた港湾施設の点検システムの研究開発	東北大、(仮称) 佐藤浩樹研究機構	既続	平成20年度
	44	3次元カメラと方位センサを用いた歩道橋のクラック検知システムの研究開発	NTTアドバンストテクノロジ(株)	中止	平成20年度
	45	高精度地図作成からクラック自動抽出技術による歩道橋の構造面点検用モニタリングシステムの研究開発	(株) アルファ・プロダクト	既了	平成27年度
	46	高精度地図作成からクラック自動抽出技術による歩道橋の構造面点検用モニタリングシステムの研究開発	(株) アルファ・プロダクト	既了	平成27年度

85

橋梁WG 実施期間:H26~30

省電力化を図ったワイヤレスセンサによる橋梁の継続的遠隔モニタリングシステムの現場実証 オムロンソーシアルソリューションズ株式会社



- ・広範囲から収集したセンサデータを変換・処理し、特性カルテを作成する技術である。
- ・具体的用途として、特性カルテ(指標化)を活用した健全度判定や突発の異常検知により、点検業務を支援することを目指している。

WG委員による主な意見

- ・特性カルテというデータベースが構築されること自体は、管理上、有効なものである。
- ・追加的な導入となるため、点検コストを抑えたい自治体などで採用は困難である。
- ・複数の自治体が連携して導入するなどの仕組みができれば活用の可能性がある。
- ・管理者が欲しい情報とその活用場面のイメージが不明確である。
- ・管理者毎にニーズが異なるため、まずは、高速道路会社等にターゲットを絞るべき。

審査結果

- < 継続 >
- ・特性カルテを整備していくいくところセプトは有効であるが、道路管理者のニーズとその活用方法が明確となるよう進めてほしい。

国交省における実装の見込み

- ・特性カルテの現場での活用方法と有用性を明確にする必要がある。

86

橋梁WG 実施期間:H26~27

高精度かつ高効率で人工構造物の経年変位をモニタリングする技術 日本電気株式会社



WG委員による主な意見

- ・分解能は低いものの、地盤や構造物の変位を大きく捉えられる技術としての利用用途はある。
- ・地すべり地域や洪水による洗掘のおそれがある橋梁等、対象を特定することで活用できる可能性がある。
- ・橋台の移動等に対する経時変化の観測や地震前後の変化の観測等について活用できる可能性がある。
- ・合成開口レーダにより広範囲にわたる各種構造物の変位や地盤沈下等が把握できることが自体是有用な技術と考えられる。
- ・橋梁の測定技術として意味のある変位が何であるかについても整理されると良い。

開発者が各分野で想定している活用場面



出典: 国土交通省 第6回社会インフラのモニタリング技術活用推進検討委員会 2017年2月16日

87

橋梁分野 公募方法②

テーマ⑤:維持管理の高度化・効率化に係るモニタリングシステムの現場実証

提案名称: 高精度かつ高効率で人工構造物の経年変位をモニタリングする技術
提案者: 日本電気株式会社、株式会社大林組

【概要】
衛星に搭載されたレーダーを用いて、定期的に取得したデータを解析することにより、地表にある橋梁の変位を高精度かつ高効率で把握するモニタリングシステムの実証を行う。

【計測手法】
合成開口レーダの干渉処理技術(PS-InSAR技術)を用いて、橋梁の経年変位を把握

【計測機器】
合成開口レーダ(SAR)

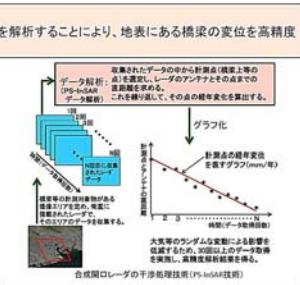
【計測項目】
レーダーと計測点までの距離

【技術的特徴】
地球を周回している衛星に搭載されたSARで、多数回取得した地上の橋梁に関するデータを解析することにより、「SARのアンテナ」「橋梁上の計測点間の距離を高精度で求めることが可能で、計測点の経年変位をミリ単位(mm/year)で算出することが可能。

橋梁 テーマ5: 参加方式A No.6

テーマ⑤: 維持管理の高度化・効率化に係るモニタリングシステムの現場実証

提案名称: 高精度かつ高効率で人工構造物の経年変位をモニタリングする技術
提案者: 日本電気株式会社、株式会社大林組



【実施計画】
(平成26年度～平成27年度)
・実施計画案作成・計測結果の解析
(平成27年度)
・新たに取得したデータを加えて解析し、その結果と実現場との比較検証

出典: 国土交通省 第6回社会インフラのモニタリング技術活用推進検討委員会 2017年2月16日

88

【補足】本技術の海外での利用例

橋梁 テーマ5: 参加方式A No.6

ポルトガルで発生した架橋崩壊事故の検証 (1887年開通-2001年崩壊)



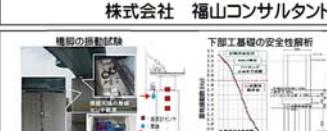
(ポルトガル・ポルト大学
J.J.Sousa, L.Bastos等の研究より
出典: Nat. Hazards Earth Syst. Sci.)

出典: 国土交通省 第6回社会インフラのモニタリング技術活用推進検討委員会 2017年2月16日

89

橋梁WG 実施期間:H26~30

無線センサを用いた下部工基礎の洗掘モニタリングシステム 株式会社 福山コンサルタント



- ・橋脚の固有振動数と河床高の関係から下部工基礎の安全性を評価。
- ・災害時の橋梁下部工基礎の安全性について遠隔での確認を実現。

WG委員による主な意見

- ・洗掘調査に特化した技術のニーズ調査や、コストダウンが必要。
- ・災害時に危険度が判定できて、迅速に通行規制判定ができるようになれば良い。
- ・災害時の無線通信などシステム自体の耐久性、冗長性を確保して欲しい。
- ・橋梁の固有振動数と洗掘量との定量的な関係について検証を進め、システムとしての有用性を実証すべき。

審査結果

- < 継続 >
- ・橋梁の固有振動数と洗掘量との定量的な関係の検証や災害時のシステムの耐久性・冗長性の確保、コストダウンが必要。
 - ・災害時の迅速な通行規制判定ができる技術となると良い。

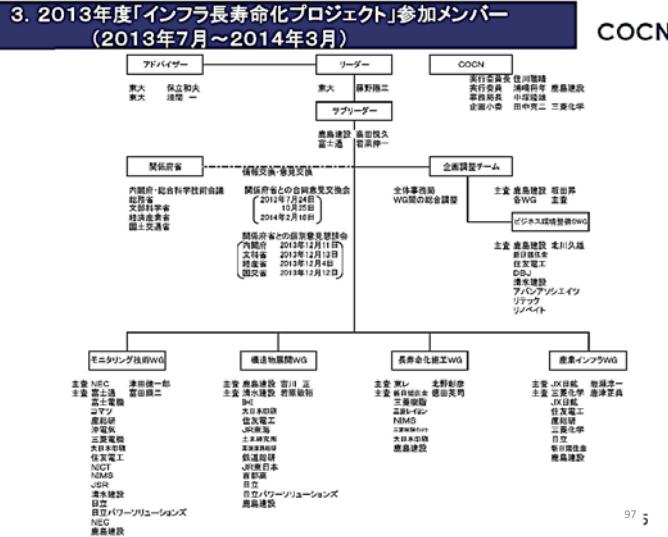
国交省における実装の見込み

- ・洗掘状態を評価するパラメータの信頼度の確保及びコスト縮減が図られ、災害時の計測機器の耐久性の確保や迅速かつ確実な計測が可能となれば、災害時の通行規制判定を行う技術として、現場への導入も可能性がある。

出典: 国土交通省 第6回社会インフラのモニタリング技術活用推進検討委員会 2017年2月16日

90

3. 2013年度「インフラ長寿命化プロジェクト」参加メンバー (2013年7月～2014年3月)



COCN

97

4.5 モニタリングシステム技術研究組合 【略称RAIMS(ライムス)】

(2014/12～)

98

RAIMSの概要

組合名:モニタリングシステム技術研究組合
【略称RAIMS(ライムス)】
代表者:理事長依田照彦(早稲田大学教授)
設立:2014年10月

組合員:

(研究機関) 土木研究所
(高速道路会社) NEXCO東・中・西日本
(建設会社) 鹿島建設 前田建設工業
(建設コンサル) 日本工営 国際航業
(電気・通信) 沖電気工業 日本電気
(設備・センサ) 日立製作所 富士通
共和電業 能美防災



RAIMS設立の背景:

- ①日本再興戦略をはじめとする政府方針における位置づけ
- センサ、IT等を活用したインフラの状態の効率的な把握を可能とする新技術の開発・導入を進める。
- ②戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)
- 総合科学技術・イノベーション会議(内閣府)が、取り組むべき課題の一つに設定。
- ③COCN(産業競争力懇談会)における長寿化の取り組み
- 鹿島、NEC、富士通等:合同検討による政策提言、関連機関への働きかけ
- ④国交省『モニタリング技術活用推進検討委員会』
国交省所管各分野を対象に、モニタリング技術の公募等により、現場実証を予定
- インフラ管理者、センサ技術、通信・伝送技術、評価・予測技術を保有する技術者が総力を結集して解決する必要あり

99

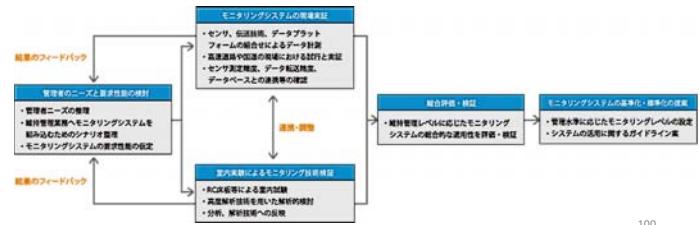
受託研究

SIP(戦略的イノベーション創造プログラム)

「社会インフラのモニタリング技術の活用推進に関する技術研究開発に係る公募」
》提案名称:モニタリング技術の活用による維持管理業務の高度化・効率化
》研究期間:平成26年度～平成30年度
》委託者:国土交通省

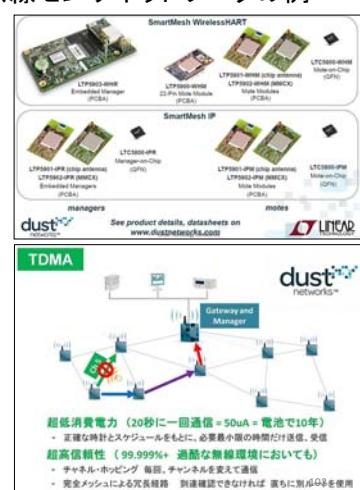
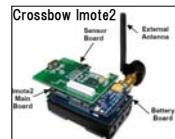
〈研究内容〉

- ロインフラ管理者による管理者ニーズを抽出・整理
- ロ管理水準やモニタリングに求められる性能の明確化
- ロ試験析等の室内載荷試験の実施、現場実証の実施
- ロ維持管理レベルに応じたモニタリングシステムの総合的な適用性の評価・検証



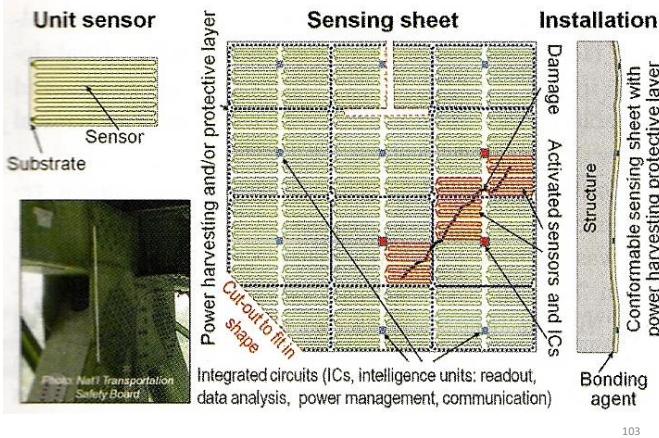
100

米国で市販されている無線センサネットワークの例

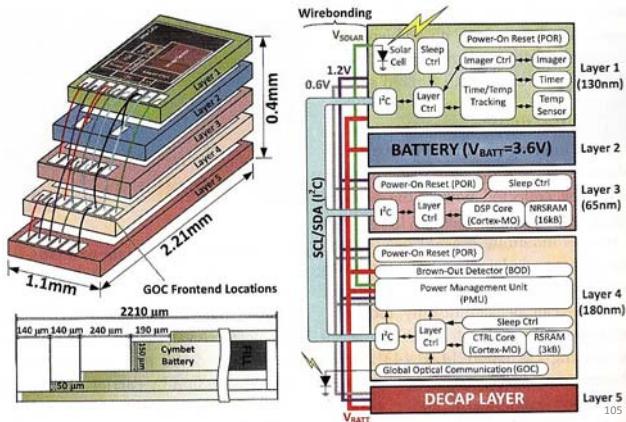


101

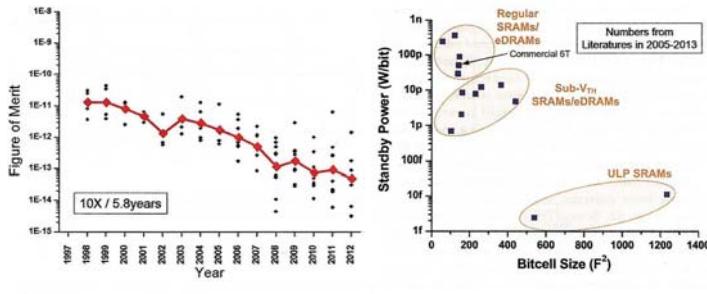
Strain Sensing Sheets for Structural Health Monitoring Based on Large-Area Electronics and Integrated Circuits



Ultralow Power Circuit Design for Wireless Sensor Nodes for Structural Health Monitoring



Ultralow Power Circuit Design for Wireless Sensor Nodes for Structural Health Monitoring



ADコンバーターのビットセル当たりの変換エネルギー(=Figure of Merit)

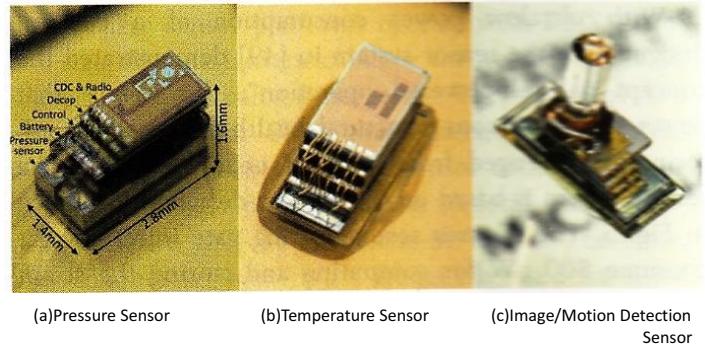
107

Harvestable Ambient Energy Sources

Energy Source	Power Density	Source
Acoustic Noise	0.003 μW/cm ³ @ 75dB 0.96 μW/cm ³ @ 100dB	[19]
Temperature Variation	10 μW/cm ³	[20]
Ambient RF	1 μW/cm ²	[21]
Ambient Light	100 mW/cm ² (direct sun) 100 μW/cm ² (illuminated office)	
Vibration (micro generator)	4 μW/cm ³ (human motion -Hz) 800 μW/cm ³ (machine -kHz)	[22]
Vibration (Piezoelectric)	200 μW/cm ³	[23]
Wind	1 μW/cm ²	[24]
Thermoelectric	60 μW/cm ²	[25]

- [19] J. M. Rabaey, M. J. Ammer, J. L. da Silva, Jr., D. Patel, and S. Roundy, "Picoradio supports ad hoc ultra-low power wireless networking," *Computer*, vol. 33, no. 7, pp. 42–48, Jul. 2000.
- [20] S. Roundy, D. Steinbart, L. Fréchet, E. M. Yeatman, and J. S. Holmes, "Power sources for wireless networks," in Proc. Int. Workshop Wireless Sensor Netw., 2004, doi: 10.1007/978-3-540-24606-0_1.
- [21] E. M. Yeatman, "Microgenerators in power sources for wireless sensor nodes," in Proc. Int. Workshop Wearable Implantable Body Sensor Netw., pp. 20–21, 2004.
- [22] P. D. Mitchell, T. C. Green, E. M. Yeatman, and A. S. Holmes, "Analysis of optimized microgenerator architectures for self-powered ubiquitous computers," Imperial College Sci. Technol. Med., 2004.
- [23] S. Roundy, P. K. Wright, and K. S. Pister, "Micro-electrostatic vibration-to-electricity converters," in Proc. ASME Int. Mech. Eng. Congr. Expos., 2002, doi:10.1115/IMECE2002-39309.
- [24] A. S. Holmes, "Axial-flow microturbine with electromagnetic generator: Design, CFD simulation, prototype demonstration," in Proc. 17th IEEE Int. Mech. Eng. Syst. Conf., 2004, pp. 568–571.
- [25] J. Stevens, "Optimized thermal design of small T thermoelectric generators," in Proc. 34th Inter Soc. Energy Conv. Eng. Conf., 1999, doi: 10.4271/1999-01-2564.

Ultralow Power Circuit Design for Wireless Sensor Nodes for Structural Health Monitoring



Low Power Radio Transmitters in Miniature WSN

Type	[83]	[84]	[85]	[86]
Dimension [mm ³]	3.6-4.1GHz UWB	UWB	915MHz UWB on-chip Antenna	8.0GHz UWB Off-chip Antenna
Active Power	40×22×1.1	10×10×10	2×4×4	1.85×4.1×1.4
Standby Power	6.75mW	36mW	Avg. 40μW	Avg. 36μW
Distance	9μW	1.8μW	15nW	8nW
Distance/Volume (Normalized)	60m	10m	15mm	3.8-13.4m
Energy/bit	0.049	0.0079	0.00037	0.28-1.00
Data rate	10.1nJ	3.4nJ	5.3nJ	3.6nJ
	1kbps	10.7Mbps	7.5kbps	10kbps

[83] M. Danesh and J. R. Long, "An autonomous wireless sensor node using a solar cell antenna for solar energy harvesting," in *Microw. Symp. Dig.*, Jun. 2011, doi: 10.1109/MWSYM.2011.5972635.

[84] G. Ono et al., "1-cc computer: Cross-layer integration with 3.4-nW/bps link and 22-cm locationing," in *VLSI Circuits Dig. Tech. Papers*, Jun. 2007, doi: 10.1109/VLSIC.2007.4342778.

[85] G. Kim et al., "A millimeter-scale wireless imaging system with continuous motion detection and energy harvesting," in *VLSI Circuits Dig. Tech. Papers*, Jun. 2014, doi: 10.1109/VLSIC.2014.6858425.

[86] H. Kim et al., "A 10.6 mm³ fully-integrated, wireless sensor node with 8 GHz UWB transmitter," in *VLSI Circuits Dig. Tech. Papers*, Jun. 2015, doi: 10.1109/VLSIC.2015.7231258.

108

5. おわりに

研究開発成果を如何に長寿命化に結び付けるか
残された課題は多い

確立されたICT活用のインフラ長寿命化システムは
国際競争力を有する新しい産業になる

109

モニタリング技術の活用推進と今後の方針について

国土交通省

現場導入を促進するための取り組み方針

①評価の高い有用な技術の現場導入を加速

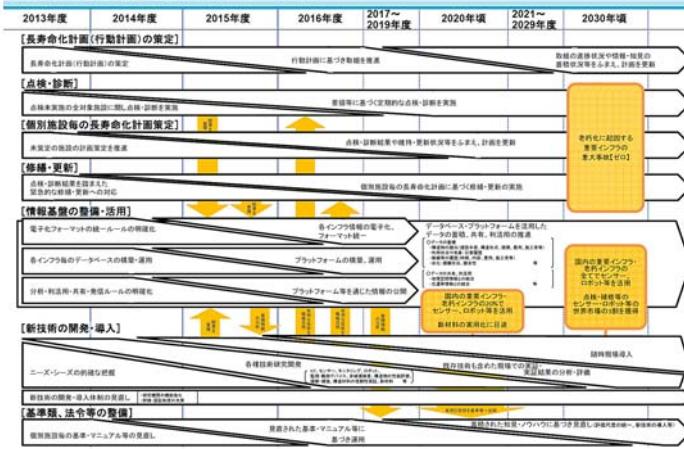
- ・現場試行・データ蓄積を継続し、技術基準の見直し等に反映
- ・実用段階の新技術として評価(NETISの活用)
- ・地方公共団体への横展開の拡大(地域実装支援チーム等の活用等)

②技術開発のターゲットの明確化と研究開発の加速

- ・次の段階の技術開発の目標や発注者側のリクワイアメントを明確化
- ・入札契約段階のインセンティブ付与、オープンイノベーションの活用などの施策を総動員

出典:国土交通省 第6回社会インフラのモニタリング技術活用推進検討委員会 2017年2月16日 110

インフラ長寿命化基本計画(ロードマップ)



出典:内閣府 第2回インフラ老朽化対策の推進に関する関係省庁連絡会議 2013年11月29日 111

インフラ長寿命化基本計画(ロードマップ)



出典:内閣府 第2回インフラ老朽化対策の推進に関する関係省庁連絡会議 2013年11月29日 112