



第1回道路インフラモニタリングプロジェクト成果報告会

道路インフラモニタリングプロジェクトの概要と成果

平成27年4月23日(木)

(技)NMEMS技術研究機構 インフラモニタリング研究所 所長 下山 勲
(国)東京大学IRT研究機構・機構長



NMEMS技術研究機構

1

開発概要 (基本方針1)



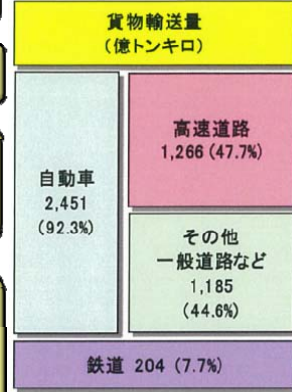
● 物流を支える道路インフラを対象

● 小型・低価格・革新的機能センサによるモニタリング

● 近寄れなかった、見えなかった場所もモニタリング
・無線・自立電源・高耐久性パッケージ

● 道路インフラを一元管理
・多様なセンサをシームレスに統合する
インターフェースとネットワーク

● 高速道路で技術を高め一般道へ将来展開



出典: 高速道路便覧(平成24年度)



NMEMS技術研究機構

2

開発概要 (基本方針2)



世の中になかった新規デバイス及びモニタリングシステム開発により、
現状の課題を解決し、道路インフラの長寿命化を実現

現状

通常点検(目視中心)
+ 危険・重要箇所の常時モニタリング

将来

通常点検
+ 常時・継続モニタリング
+ 劣化・損傷診断

【課題】

- 近寄れない、見えない箇所の点検は困難(手間、作業条件過酷、最悪点検不可)
- 人感検査(目視、打音等)では判定に個人差あり
- インフラの高齢化により、点検量増大
- 複数の個別センサデータから人が総合的に判断
- 人による24時間常時監視必要(3交代制)
- 常時モニタリングに有効なセンサがない(精度、耐久性、コスト等)

【開発内容】

- ① 橋梁
 - ・スーパーアコースティックセンサ(振動)
 - ・フレキシブル面パターンセンサ(歪)
- ② 道路付帯物
 - ・マルチMEMS傾斜センサ
- ③ 法面
 - ・電波位相差法面変位センシングシステム
- ④ 無線通信ネットワーク
 - ・共通センサプラットフォーム
- ⑤ パッケージ
 - ・高耐久性共通パッケージ
- ⑥ 高速道路会社の実フィールドでの実証



NMEMS技術研究機構

3

開発概要 (実施内容)



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。これにより、パッケージとして一般道への展開及び海外展開も容易となる。これは世界初の試みと考える。



NMEMS技術研究機構

4

開発概要 (本テーマの重要性)

●橋梁:

■老朽化の進展

ONEXCO3社が管理する全橋梁数16,112橋中43%が30年以上経過

<10年	10~20年	20~30年	30~40年	40~50年	50年<
10%	22%	25%	25%	16%	2%

○橋長2m以上の橋梁は全国で699,000橋あり、その大半は市町村管理で平均年齢も35年以上になっている。

管理者	国	都道府県	政令都市	市町村	高速道路会社
比率	4%	19%	7%	68%	2%
平均年齢	35年	38年		35年	29年

■法改正で5年に1回の近接目視による点検が義務付けされたが今後老朽化が加速する膨大な道路インフラを従来の点検手法で実施するのは困難

●道路付帯構造物:

■環境条件等の変化で設計基準の見直し必要

- 橋梁上の情報板は交通振動で想定寿命下回る可能性あり
- ・NEXCO中日本の橋梁上情報板:200面 / 3,000面
- ・NEXCO3社では:約1,000面 / 14,500面

■想定外力や損傷の定量的な連続モニタリング必要

●法面:

■異常気象により要注意箇所 10年前の2倍

- ・要注意法面約2,500箇所 / 修繕予定法面117,606箇所

■安価で信頼性の高い連続モニタリングシステム必要



NMEMS技術研究機構

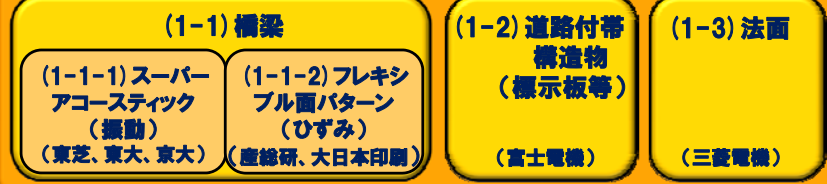
5

研究推進体制

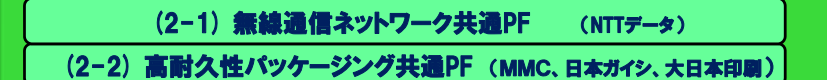
- リーディング14機関の産官学連携体制 (技術研究組合として実行)
- ネットワーク技術、パッケージング技術の共通化による高い開発効率
- 主要高速道路会社参画でニーズに沿った速いPDCAサイクル

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



(2) センサシステム共通基盤技術の研究開発



(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)



NMEMS技術研究機構

6

(1-1) 橋梁モニタリング

橋梁の健全度に基づき、2種類のセンサシステムを開発する

(1-1-1)

スーパーアコースティックセンサによる橋梁センシングシステムの開発 (振動)

- ・健全状態から初期劣化、中間劣化、限界劣化までを一個で検出できる**広帯域**スーパーアコースティック**振動**センサ(周波数感度 1Hz~1MHz)を新規に開発し、橋梁の劣化・損傷をとらえるセンサシステムを構築

東芝、東大、京大

(1-1-2)

フレキシブル面パターンセンサによる橋梁センシングシステムの開発 (ひずみ)

- ・点検等で、経過観察が必要とされた領域を網羅的にモニタリングする、多数のひずみセンサを実装したフレキシブルシートを新規に開発し、橋梁の**累積ひずみの面分布**をとらえるセンサシステムを構築

産総研、大日本印刷



NMEMS技術研究機構

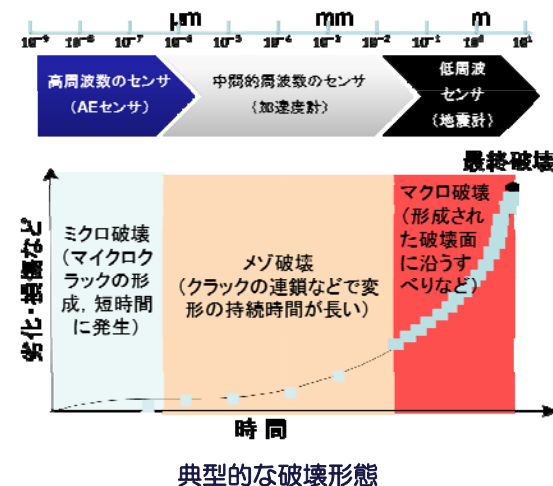
7

スーパーアコースティックセンサによる橋梁センシングシステムの開発 (1)

新規性・優位性

担当:東芝、東大、京大

- ・MEMS構造による、表面波を利用した従来にない**広帯域振動センサ**(SA:スーパーアコースティックセンサ)を開発し、**橋梁の健全状態から初期劣化**(マイクロ破壊:10kHz~1MHz)、**中間劣化**(メゾ破壊:数100Hz)、**限界劣化**(マクロ破壊:数Hz)までを**一個のセンサ**で検出できるセンサシステムを構築する。
- ・SAセンサの適用対象材料は、土、岩、組積造、コンクリート、鋼、複合材料など広範に亘り、橋梁以外にも応用展開が期待できる(構造物聴診器)。



NMEMS技術研究機構

8

最終目標

- ・広帯域(1Hz~1MHz)スーパーアコースティックセンサを複数搭載した小型センサ端末の開発
- ・高速道路会社保有橋梁における実用化検証

- (a) SAセンサ: 感度 -80dB (re 1V/μbar)
- (b) 小型センサ端末: 7cm×10cm×5cmのサイズ、1時間1回以上の送信頻度
- (c) 健全性定量評価手法: 新たな劣化・損傷指標の提案

実現手段

(a) 表面波を利用したSAセンサデバイスの開発

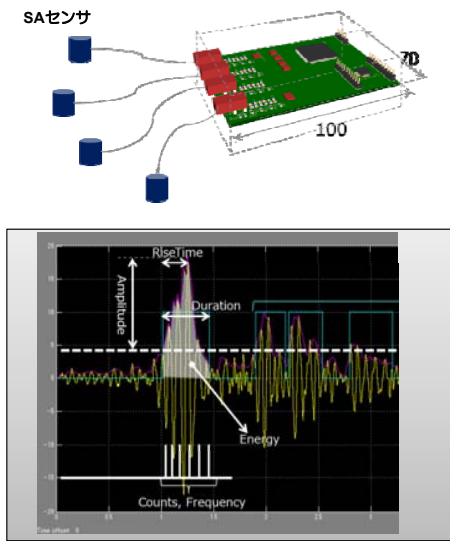
(b) 無線、自立発電を搭載した小型センサ端末の開発

(c) 橋梁構造の健全性定量評価手法開発

- ・弾性波パラメータを活用した新たな劣化・損傷指標の提案
- ・実構造物による実用化検証

(b) 小型センサ端末の開発: 1次試作機の開発

- これまでの成果
 - 複数AEセンサを搭載し、無線によるデータ送受信が可能な片手サイズの小型1次試作機を開発
 - FPGAにより4chのセンサ信号を高速に同時処理
 - 基板サイズはNEDO基本計画の7cm×10cmを実現
- 成果の意義
 - 4chのAEセンサ信号を同時に高速処理可能なセンサユニットとして7cm×10cmを達成したものはこれまで報告がなく最小とみられる。



(d) 橋梁構造の健全性定量評価手法の開発:

- ・損傷や劣化の性能指標の定義と、それに合致した弾性波パラメータの提案
 - 損傷や劣化に有効な弾性波パラメータを整理し、これまでにない外乱の影響が小さい損傷パラメータを提案し、疑似損傷供試体を作製した。
- ・AETモグラフィ法のアルゴリズム構築
 - 従来別々に実施されていた弾性波のパッシブ計測(AE)とアクティブ計測(図1参照)の統合化と、両計測結果に基づき、画期的な、劣化・損傷可視化手法「AETモグラフィ法」を提案し、そのアルゴリズムを構築(図2参照)するとともに、数値シミュレーションによる検証を実施した。本手法により従来技術に比べより短時間かつ、合理的コストでインフラ構造物の劣化・損傷診断が可能な目途が立った。

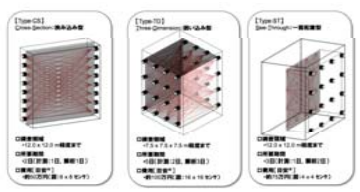


図1. 既往弾性波トモグラフィ法

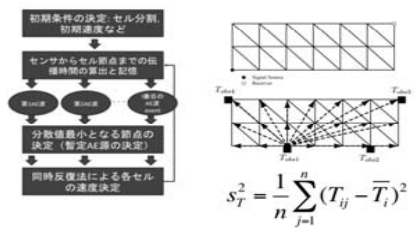
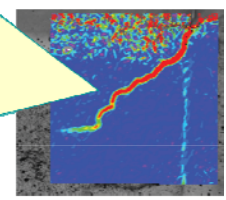
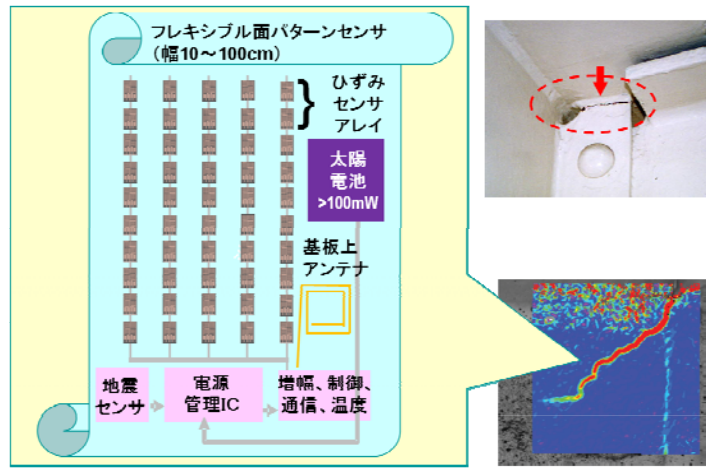


図2. AETモグラフィ法のアルゴリズム

新規性・優位性

担当: 産総研、大日本印刷

- ・従来の点計測からひずみセンサアレイ集積化による橋梁の累積ひずみ分布測定
- ・ひずみ分布モニタリングにより微小なひび発見、さらに発生箇所を予測可能
- ・周期的なモニタリングとともに突発的な地震等の発生をトリガとしてモニタリングを開始し、発生した最大ひずみによって通行可否判定にも寄与



(a) 極薄シリコン転写技術によるひずみセンサアレイの開発

最終目標
ひずみセンサアレイ、温度、地震センサ、IC、太陽電池を搭載し耐候性保護層を形成したセンサシートの開発
→ ひずみセンサ(1μm厚、感度 1×10^{-7})、地震検知(0.1Gの地震検知)

実現手段
①MEMSプロセス ②基板から剥離 ③フレキ基板上に転写

④スクリーン印刷配線

センサだけでなく回路も転写できるよう、数mm角チップの転写方法を開発

(c) フレキシブル面パターンセンサのシステム化と実証試験

最終目標
天候によらず 1時間1回の測定が可能な動作シーケンスを開発
→ 実橋におけるひずみ分布を測定

実現手段

選ばれるデータ (S1, S2, S3, ..., Sn, T, ID)

ひずみ分布

S1	S4	S7	S10
S2	S5	S8	S11
S3	S6	S9	S12

センサアレイ: 30mW
回路ブロック: 40mW
電源管理: 太陽電池+音電 > 100mW

(b) 配線付きフレキシブルシート、センサ実装技術、封止プロセスの開発

最終目標
水蒸気透過率 $< 2 \sim 3 \text{g/m}^2/\text{day}$ のバリア特性を有する高耐久バリア層、耐腐食性配線層を形成したフレキシブルシートの封止プロセスを確立し、実環境下で10年の信頼性を実現

実現手段

無機材料-有機材料コートによる高耐熱性
PETによる高耐熱性
高耐熱配線層形成用PET-シリコン系塗布
封止シート

インテック株式会社

(b) 配線付きフレキシブルシート、センサ実装、封止プロセスの開発(大日本印刷)

● 耐候性保護層について(H26年度実施内容) :
材料を選定しPETフィルムへの密着性を確保、均一コーティング技術を確立した。

● 選定した材料の特徴 :
ポリシロキサン分散アクリル樹脂層(UVカット層)による長期耐候性発現のメカニズム

アクリル樹脂(有機成分)
UV吸収剤
ポリシロキサン(無機成分)
PETフィルム

紫外線
長期曝露

最表面のアクリル樹脂は長期曝露で分解するが、ポリシロキサンが高密度で存在するため、劣化は進行しない

アクリル樹脂中にポリシロキサンがナノオーダーで均一に分散している。UV吸収剤によりUVをカットし、アクリル樹脂と下地のPETフィルムをUV劣化から保護する

(c) システム化と実証試験(産総研)

■ これまでの成果

- 箔ひずみセンサをアレイ化したフレキシブル面パターンセンサを試作し、鋼材溶接体に粘接着シートで貼り付け、亀裂発生時のひずみ分布を評価する実験系を開発
- ひずみセンサ10個に対して、1つのMCUとRF-IC(920MHz、150kbpsで100m通信)を用いるシステムを考案し電力が400uWと試算
- 鋼橋の溶接部で目視困難な箇所(長大松田教授)、ジョイントに実装して荷重計測(NEXCO西日本)へのニーズを確認

■ 成果の意義

- 鋼橋における亀裂発生を簡便に模擬可能
- 曇り時でも携帯機器用の太陽電池モジュール(7x5x0.1cm³)で駆動可能な消費電力

鋼材溶接体亀裂周囲のひずみ分布評価系

長大松田研究室のデータ
8500u
12300u

先端に繰り返し力を加えると溶接部に亀裂が発生

箔ひずみセンサアレイ

- 感度 1×10^{-6}
- 粘接着シートで貼り付け
- シートを並べて亀裂進展に伴うひずみ分布を測定

鋼橋溶接部における亀裂発生

ジョイントに実装

- ジョイント側面やフィンガー裏にシートを貼り付け
- ひずみ測定値 \propto 通過車両の荷重
- 荷重と通過台数をモニタリング

開発の内容 担当: 富士電機

道路情報板、道路照明灯等、道路付帯物の劣化・損傷を、「傾斜の変化」及び「揺れ方(振幅、振動数)の変化」により、モニタリングする。

新規性・優位性

- 自立電源で駆動する、傾斜、振動、温度を同時計測する無線マルチセンサ端末
- 複数センサ間の時刻同期
- 高速無線通信による大容量データ送信(高度解析対応)

対象構造物
道路付帯物(情報板設備、照明設備等)

情報板設備 照明設備

・傾斜の変化(静的変動)

・揺れ方の変化: 振幅、固有振動数(動的変動)

振動強度 [G]
振動数 [Hz]

劣化時
正常時



(a) MEMSセンサデバイスの開発

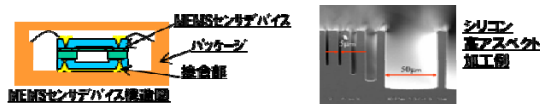
(静電容量式加速度センサデバイス)

最終目標

- 傾斜測定における出力安定性 0.05deg
- 振動測定 分解能 0.1gal (自立電源型)

実現手段

- <傾斜測定: 温度影響の低減による出力安定化>
- 単純で対称構造化: 接合部等の非対称構造部の構造最適化(MEMS)
- 信号処理回路: 安定性向上(温度特性の向上、低ノイズ化:含む信号処理)
- <振動測定: 高分解能化>
- シリコンの高アスペクト深掘加工による高感度化(狭ギャップ、電極面積拡大)



(b) 傾斜マルチセンサ端末の開発:

最終目標

- 傾斜/振動/温度を同時測定する傾斜マルチセンサ端末の開発

実現手段

- <低消費電力化>
- 太陽電池による自立電源化
- <突発事象検出>
- 監視モード: 10Hz程度の低周波サンプリングと極短時間(数msec)の起動・サンプリング・停止
- <無線通信と高度解析対応(モード解析等)>
- 複数センサ間の時刻同期: 太陽電池
- 無線システムでの時刻同期
- 高速無線通信(1Mbps): 振動等大量データの短時間送信



(c) システム構築と実証実験:

最終目標

実フィールドにおける評価検証完了

- 課題の抽出と対策の検討

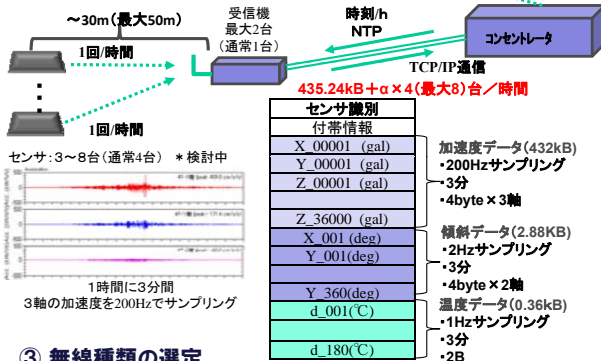
実現手段

実フィールドにおけるPDACサイクルを早く回す

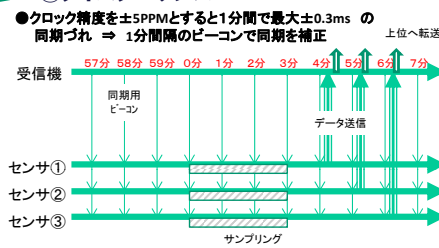


(3) 無線仕様の検討

① 傾斜マルチセンサ端末の通信量



② タイムシーケンス



200Hzサンプリング・3分間 データ量436KB
FECコード付加によってデータ量を倍とすると
= 900KB = 7200Kbit
1分毎に各センサのデータ送信タイミングを割り振る

③ 無線種類の選定

要求仕様	無線仕様
データ量: 900KB/h	伝送速度: 1,000kbps以上
伝送距離: 最大50m	出力: +13dBm 以上、感度: -105dBm 以下
センサ側消費電力: avr. 0.5mW	受信時電流: 20mA 以下、送信時電流: 40mA 以下、スタンバイ電流: 1µA 以下

◆ ARIB STD-T108 (920MHz) の無線を採用

◆ 無線通信に必要なスペック検討と無線ICの絞込みを行い、無線通信の開発仕様を決定した。



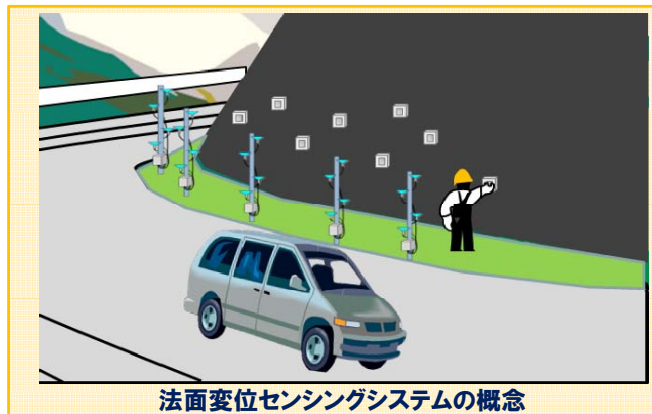
開発の内容

法面に設置した複数のセンサ端末からの電波を道路沿いに設置した複数の子受信機で受信し、電波の位相差を用いることでセンサ端末の位置を推定する。計測された変位・温度・雨量データ等は、共通プラットフォームに送られ、一括管理する。

担当: 三菱電機

新規性・優位性

- 電波位相差を用いることで、高計測頻度・全天候型・3次元で法面変位を計測
- 電波環境が変化(マルチパス、雨水等)した場合でも、固定点に設置した校正用端末によるバイアス誤差補償技術 高精度計測



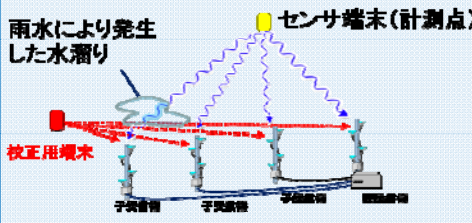
(a) 高精度電波変位計測技術の開発

最終目標

- 実環境下でミリメートルオーダ以下の精度で法面変位を計測

実現手段

- 別途固定点に設置した校正用端末を用いた電波環境の変化等に起因するバイアス誤差の補償



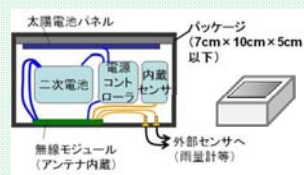
(b) 小型・高耐久型・多機能型センサ端末の開発

最終目標

- 少なくとも1時間に1回の無線通信を含む全ての動作を自立電源で自己動作できるとともに突発事象を検出
- 通信距離30m以上

実現手段

- 小型、高耐久性、高信頼性を実現するセラミックパッケージ技術
- 多機能化(自立電源、複数センサ共有、無線メッシュネットワーク、省電力化)技術



(c) センサ端末の動作検証

最終目標

- 法面実環境下での実証実験でミリメートルオーダ以下の法面変位計測動作検証完了

実現手段

- 実環境下での動作確認及び課題抽出
- センサ端末単体動作及びシステム接続動作検証



変位センシングシステムの開発 (3)

多機能型センサ端末のH/W検討

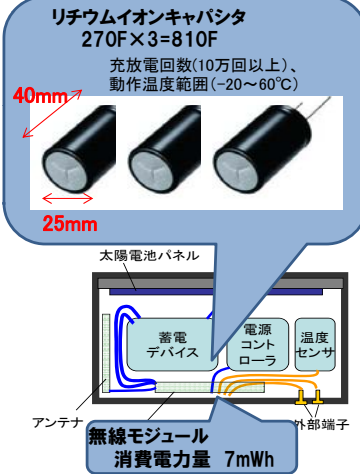
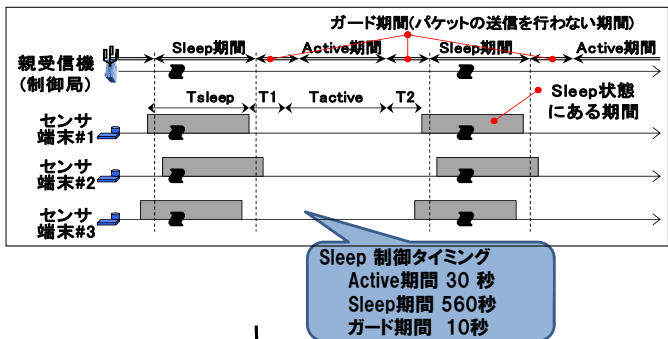
以下のシステム基本検討を実施。その結果を踏まえ、基本設計を完了

・Sleep制御による省電力化

イベントドリブンを考慮し、10分毎に観測(電波送信)
⇒ 1時間当たり7mWh

・自立電源の構成検討

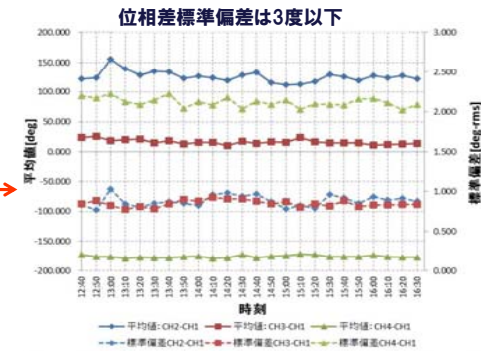
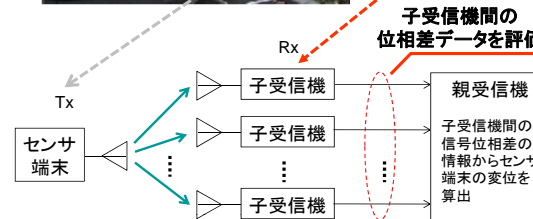
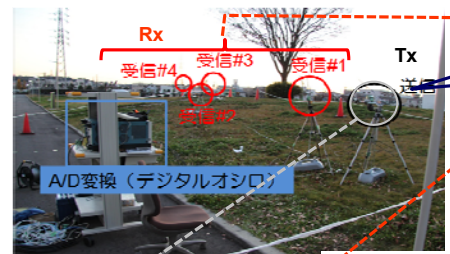
7mWhを賄うため自立電源として、太陽電池とリチウムイオンキャパシタによる構成を選定



日照がない場合も約6.2日は観測継続可能

変位センシングシステムの開発 (4)

- ・位置を固定した920MHz帯の送信源からの電波を複数の受信機で収集
- ・受信信号の位相ばらつき特性(標準偏差)を評価
→次ページの精度解析シミュレーションの条件として利用

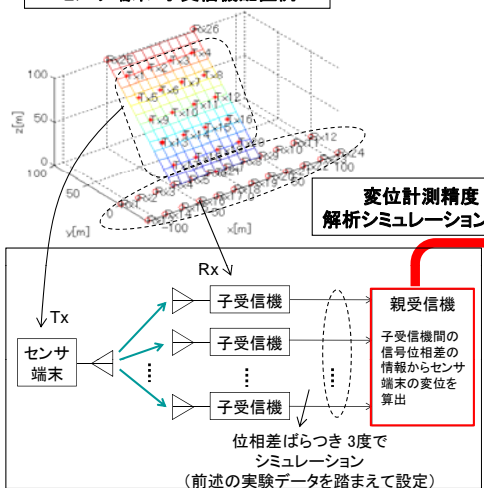


変位センシングシステムの開発 (5)

- ・精度解析シミュレータを作成し、変位計測信号処理の基本特性を評価

→ 4mmの変位を検知可能なセンサ端末・子受信機配置を確認し、センサネットワークシステムの基本設計を完了

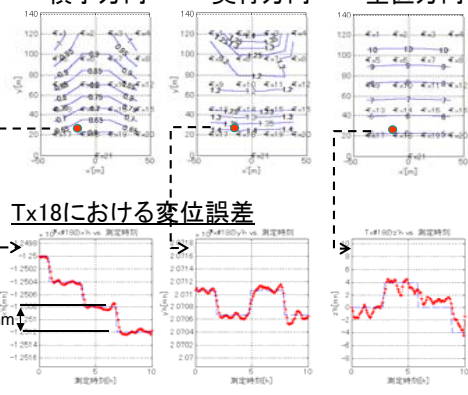
センサ端末・子受信機配置例



シミュレーション例

精度評価結果(位相差ばらつき3度の場合)

横手方向 奥行方向 垂直方向

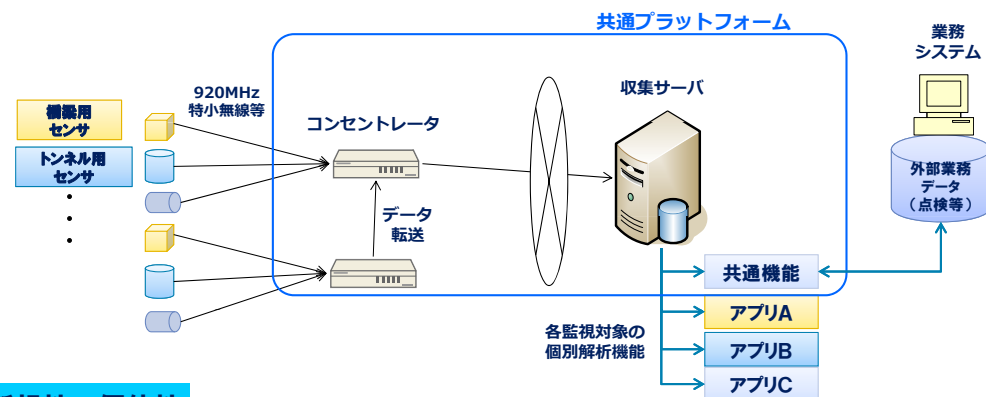


無線通信ネットワーク共通プラットフォームの開発 (1)

開発の内容

多種多様なセンサに対応する共通センサプラットフォームを開発

担当: NTTデータ



新規性・優位性

- ・多種多様なセンサに対応可能で、複数種類データを一元的に取り扱うことが可能
- ・センサの変更や追加に対し、遠隔からのソフトウェアモジュール更新のみで対応可能
- ・設備共通化によるコスト削減



最終目標

共通センサプラットフォームの実現に向け、下記3点の技術開発を完了する。

- (a) 多種多様なセンサへの対応
- (b) コンセントレータ間の連携通信対応 (1つのコンセントレータにデータを集め通信回線を集約)
- (c) セキュアな情報収集への対応

実現手段

(a) 様々なデータフォーマットやインターフェースの差異を吸収し、遠隔から変更可能とする

(b) コンセントレータ間の低損失マルチホップの構成

(c) ソフトモジュール単位の検証と接続要求の検証実施

①プログラム不正改変防止
ソフトウェアモジュールの署名チェックを実施 (国際標準OSGi 利用)

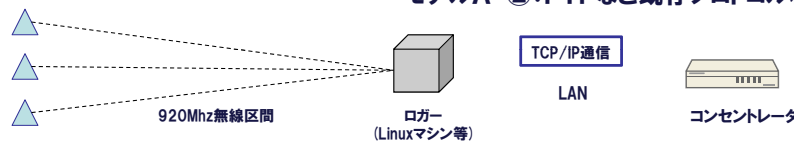
②センサ不正アクセス防止
センサ接続要求の検証として認証、認可、アカウントングを実施



(1) 多種多様なセンサに対応するための通信仕様の開発

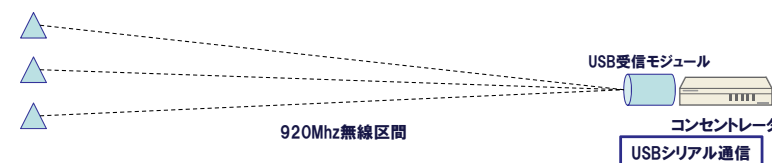
モデルA (三菱電機、富士電機、東芝)

モデルA-①: TCP/IPソケット通信
モデルA-②: FTPなど既存プロトコル利用



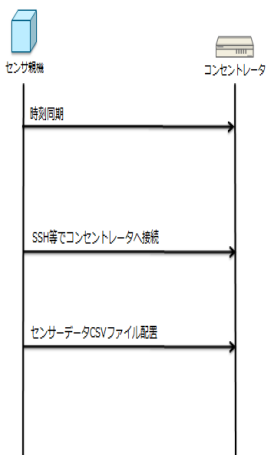
モデルB (産総研)

モデルB: グリーンセンサプロジェクトの活用



(1) 多種多様なセンサに対応するための通信仕様の開発

モデルA-② FTPファイル送信



モデルA-② CSVファイル送信データイメージ

タイムスタンプ、フォーマットコード、観測データ、観測データ、...

2014/10/17 10:10:10.123, formatcode1, 123.456, 123.456, ...
2014/10/17 10:10:10.456, formatcode2, 12.34
2014/10/17 10:10:12.789, formatcode1, 123.456, 123.456, ...

項目	説明
タイムスタンプ	時刻と時刻を区別する、日時単位で指定する。
フォーマットコード	センサ(観測点)を一意に区別するIDを指定する。
フォーマットコード	観測データの種類を区別するためのコードを指定する。
観測データ	観測データの値を指定する。

CSVファイル命名規則案 ※MACアドレスはセンサを一意に識別するIDでも構わない。(コンセントレータ側で管理しているユニットコード等)

MACアドレス_yyyymmdd_hhmmssSSS.csv

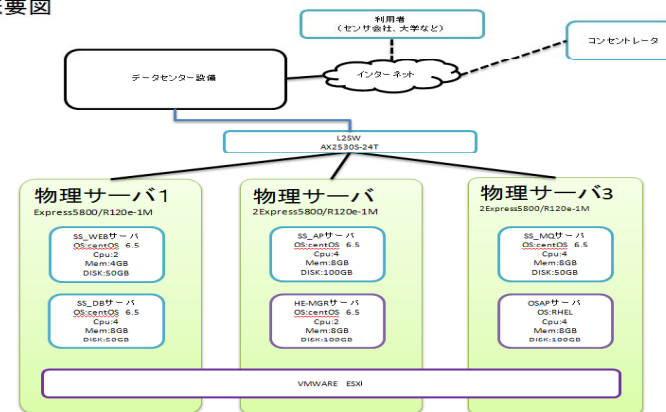
Ex. 001122334455_20141121_175140123.csv

既存プロトコルの活用により、安定した通信と、開発工数の最小化が期待できる



(2) データセンターへの共通プラットフォームの構築

構成概要図



物理サーバなどを小規模で構成し、仮想基盤上に複数の仮想サーバを用いてシステムを構築した。今後のリソース拡張に備え、かつ、効率的なシステム環境を構築した。



高耐久性パッケージング技術の開発 (1)

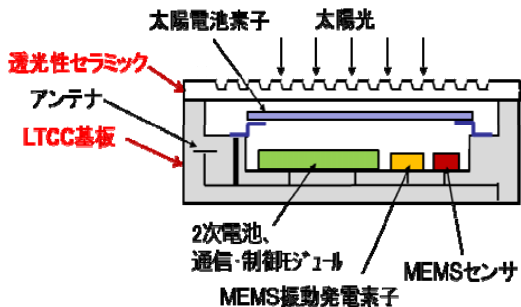
担当: MMC、日本ガイシ、大日本印刷、産総研

開発の内容

高低温、高湿、落雷、高濃度腐食ガス、高塩分濃度雰囲気等の悪環境への耐性及び、小型・軽量を実現するために、共通技術として、**無線アンテナ、自立電源、処理回路を内蔵するオールインワンセラミックパッケージ**、**構造物への接着材料・プロセス技術**、**10年保証**する試験技術を開発する。

新規性・優位性

- 高誘電率で高周波に適し、低抵抗アンテナ金属を埋め込めるLTCCと透光性セラミックとの**高気密パッケージ**
LTCC: Low Temperature Co-fired Ceramics
- 最適形状設計によるLTCCに埋め込まれた**低指向性アンテナ技術**
- 光遅延硬化性接着シート**による設置容易性



NMEMS技術研究機構

高耐久性パッケージング技術の開発 (2)

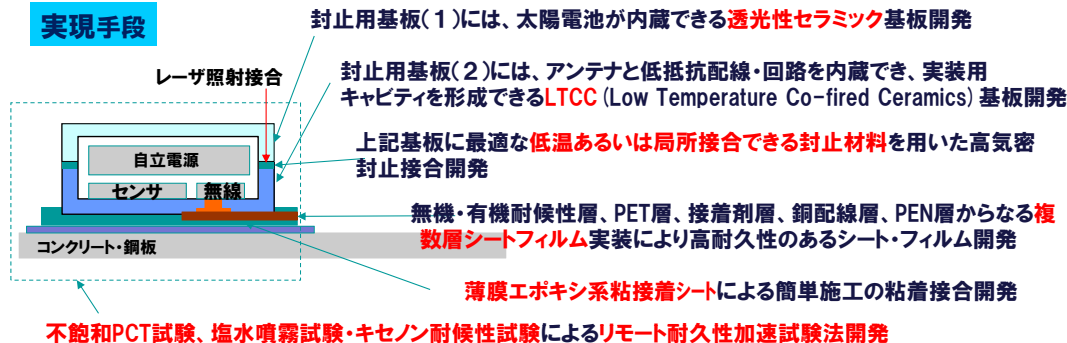
最終目標

パッケージサイズ: 7cmx10cmx5cm

耐久性: 10年以上

パッケージに搭載する端末: SAセンサ端末(東芝) (太陽電池、蓄電池、無線モジュール等含む)
傾斜センサ端末(富士電機) (太陽電池、蓄電池、無線モジュール等含む)
電波位相センサ端末(三菱電機) (太陽電池、蓄電池、無線モジュール等含む)

実現手段



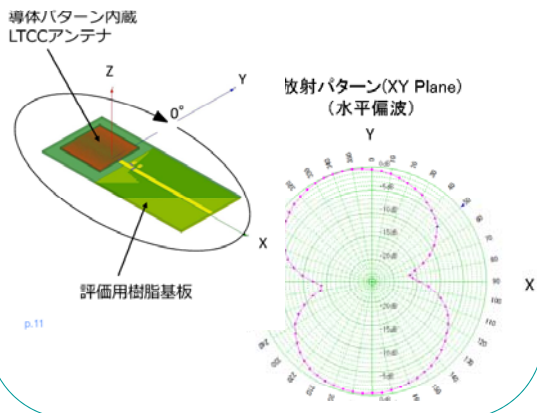
NMEMS技術研究機構

高耐久性パッケージング技術の開発 (3)

(a) 高効率アンテナ内蔵LTCC基板及び透光性セラミック基板の開発(NGK)

アンテナ内蔵LTCCによる放射強度パターンシミュレーションにより、180° 指向性を持つLTCCパッケージ可能性を得た。また、キャビティ構造を持つパッケージを試作し、プロセス課題として、段付き構造の場合、ある条件下でクラック発生があることがわかった。

LTCCアンテナの指向性



試作したキャビティ構造・段付きLTCC基板

②段付キャビティ LTCC基板 ③段付部分の拡大写真



課題: 段付き構造の場合、プロセス条件によって、クラック発生。

高耐久性パッケージ用基板

透光性セラミック (アルミナ)、LTCCの物性値

材料	誘電率 ϵ_r	曲げ強度 MPa	熱伝導率 W/mK	熱膨張係数 (40℃~T) ppm/℃		
				200℃	300℃	500℃
透光性セラミック (アルミナ)	10	300	33	6.0	(7.0)	7.5
LTCC (MD7)	7	210	1.8	7.5	8.1	-



NMEMS技術研究機構

高耐久性パッケージング技術の開発 (4)

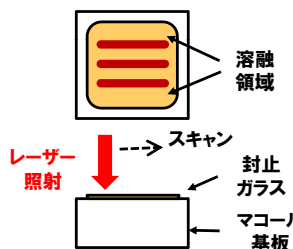
(b) 高気密封止接合技術(MMC, 産総研)

接合材料比較

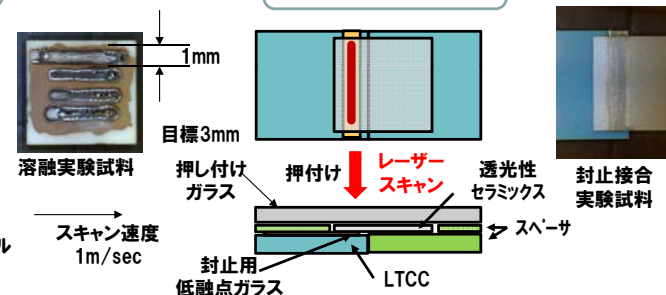
	熱硬化樹脂	低温はんだ	低融点ガラス	金-スズはんだ
接合温度(℃)	160~250	180~250	220~300	270~320
熱影響	○	○	△	X
被覆セラミックス	○	△	○	△
接合ガラス	○	△	○	△
層金属	○	○	○	○
材料信頼性	○	X	X	X
信頼性	△	△	○	○

- LTCC基板及び透光性セラミックをパッケージ基板に用いる場合において、低融点等のガラス封止材が適している。
- 低融点・低熱膨張率ガラスを用いた透光性セラミックとLTCC基板のレーザー封止接合実験を行った結果、低熱膨張率ガラスのほうが良好であった。

溶融条件の探索



封止接合実験



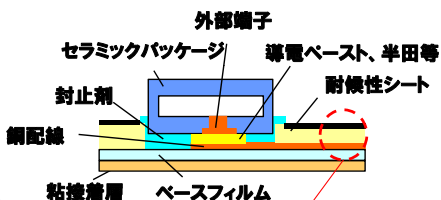
NMEMS技術研究機構

高耐久性パッケージング技術の開発 (5)

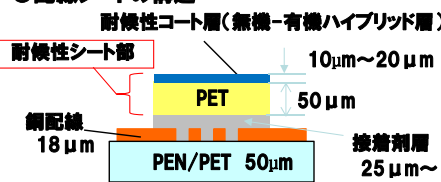
(c) シートフィルム実装材料及びプロセス開発 (DNP)

耐候性を高める為に、無機・有機耐候性層、PET層、接着剤層、銅配線層、PEN層からなる複数層シートフィルムのプロセス設計を行い、試作着手した。

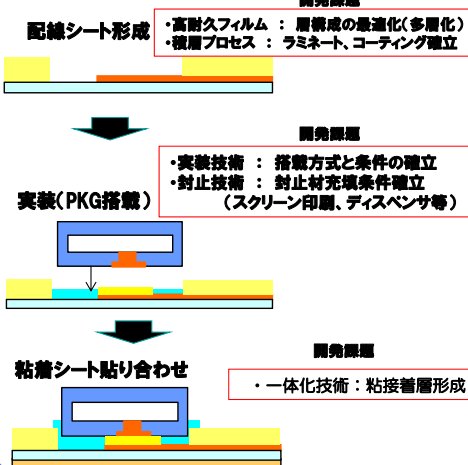
○構成図



○配線シートの構造



○プロセスフロー



NMEMS 技術研究機構

33

高耐久性パッケージング技術の開発 (6)

(d) -2 構造物への取付・接合開発(DNP)

芯材無の薄膜化した粘接着シートをLTCC/粘接着シート/コンクリ・鋼板構成で引張強度を評価した。JISA5557外装タイル貼り有機系接着剤の初期引張強度 >0.6 (N/mm² [MPa])を確認し、芯材有の厚膜粘接着シートと比較して、引張強度が同等以上であり、シートとして使用可能性大。

■ 評価サンプル

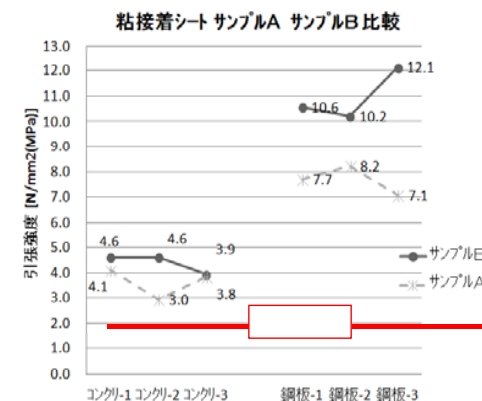
芯材(網目状のポリエチレン)

サンプル名	厚み	芯材
サンプルA	500µm	有
サンプルB	200µm	無

■ コンクリ・鋼板 構成

構成	厚み
LTCC	2mm
プライマ	50µm~150µm
粘接着シート	・500µm(芯材有): サンプルA ・200µm(芯材無): サンプルB
プライマ	50µm~150µm
コンクリ	10mm (#150研磨)
鋼板	3.2mm (Sa 2.5)

接着面積40×40mm²



NMEMS 技術研究機構

34

高耐久性パッケージング技術の開発 (7)

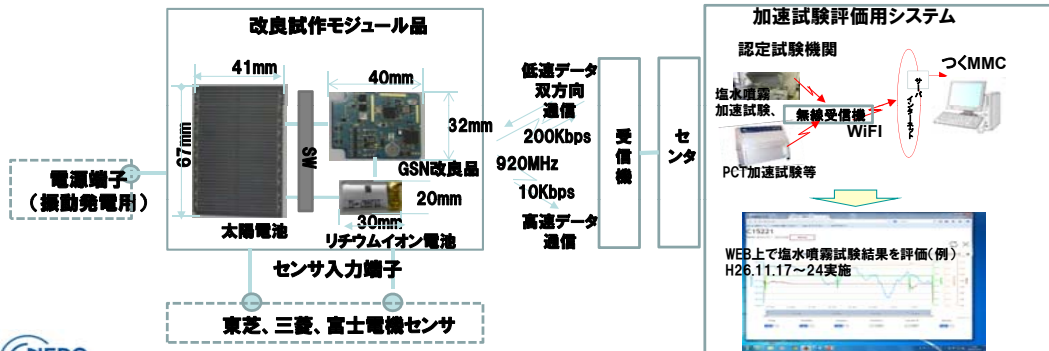
(e) パッケージング評価用モジュールと耐久性加速試験法の開発((MMC)

● 第2次評価モデルを設計し、試作した。

- (1) 太陽電池・リチウムイオン電池を搭載; 耐候性信頼性評価試験ができる
- (2) 6軸加速度、角速度センサを搭載; 耐振動性信頼性評価試験ができる。
- (3) 送受信可能にするファームウェア及び高速データ/低速データ用の2チャンネル通信; 計測・送信頻度、キャリアレシオをセンター側からリモート設定出来る。
- (4) 外部センサ入力端子付; 東芝、三菱、富士センサを取り付け、評価試験ができる。

● 加速試験評価用システムを完成した。

- (1) リモートで、加速試験法である塩水噴霧加速試験、耐候性加速試験、PCT加速試験を試験計測評価できるようになった。



NMEMS 技術研究機構

35

道路インフラ状態モニタリング用センサシステムの実証及び評価研究 (1)

開発の内容

担当: 幹事機関NMEMS (高速道路会社、センサ・システム企業、NTTデータ)

4つのフィールドで1年以上の実証実験を実施し、進行している劣化・損傷診断に必要な基礎データを取得する。データの一元管理化や統合データベース構築とネットワークを利用した閲覧の実証及び評価研究を実施する。一般道へ展開するために有用なパラメータを抽出する。



新規性・優位性

- ・複数の高速道路会社の参画により、道路インフラ全般のニーズに沿った開発が可能
- ・無線通信ネットワーク共通プラットフォームにより複数センサ信号の収集とデータの一元管理



NMEMS 技術研究機構

36

最終目標

- 道路インフラ全体を統合したトータルな維持管理を行う道路インフラ状態モニタリング用センサシステム全体の実証及び評価研究も実施する。複数の高速道路会社、センサ企業、通信システム企業、実装企業が連携して実証実験結果を評価し、センサ端末開発にフィードバックするとともに道路インフラ全般のニーズに沿ったシステムを開発する。
- 橋梁、道路付帯物、法面を対象とした個別フィールドで1年以上の実証実験を実施し、各フィールドの劣化・損傷診断に必要な基礎データを取得するとともに、一般道へ展開するのに有用なパラメータを可能な限り抽出する。
- 高速道路で得られた成果を一般道にも展開することで、安全・安心で豊かな国民生活に貢献する。
- NEDOが別途委託している日立製作所及び横河電機と連携して、道路インフラへの実証評価及び傾斜センサの法面モニタリングへの適用可能性を評価する。

実現手段

- 各フィールドのニーズにあった最適な実証場所を参画している高速道路会社の現場から1ヶ所以上選定する。
- 四季の影響を見るため、1年以上の実証実験の実施及び道路インフラの劣化・損傷診断に必要な基礎データを取得する。
- 高速道路で得られた成果から一般道へ展開するのに有用なパラメータを抽出する
- 共同研究契約を締結して、日立製作所及び横河電機との連携を強化して開発を進める。



NMEMS技術研究機構

○実証場所候補地の選定

- ①橋梁: NEXCO西日本(4箇所)、阪神高速(4箇所)
- ②道路付帯構造物: NEXCO中日本(6箇所)、阪神高速(3箇所)
- ③法面: NEXCO東日本(2箇所)、阪神高速(1箇所)



橋梁



道路付帯物



法面

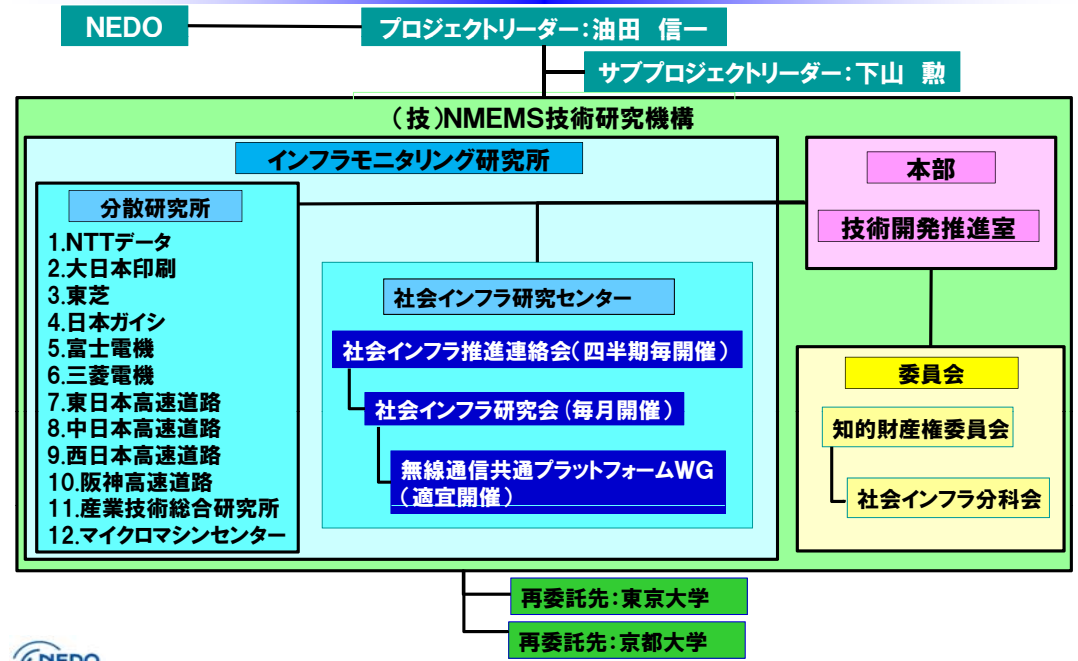


NMEMS技術研究機構

- ①RIMS HPの開設(<http://rims.la.coocan.jp/>)
- ②ブログでの活動情報の広報
(<http://www.nanomicro.biz/mems/cat23755847/index.html>)
・NEDO公募事業に採択(公開:2014.7.16)等11件のブログを掲載
- ③取材関係
 - 1) プレスリリース[2015年1月19日]
 - ・再委託先の東京大学より「東京大学IRT研究機構が新たな弾性表面波計測デバイスを実現」に関してMEMS2015のオールラウンドセッション等へ採択されたことをプレスリリースし、以下2件にプレスリリースの内容が掲載された。
 - i) 日経Tech-on[2015年1月21日]
 - ii) 日刊工業新聞[2015年01月30日]
 - 2) 取材
 - ・日経BP社(2014.11.6取材)記事掲載
「日経エレクトロニクス」(12月8日号)の特集記事「現実解へ動くインフラ電装化」の中でRIMS関連記事掲載
- ④ 広報誌及び雑誌への掲載
・MICRONANO広報誌2014年7月号と2014年8月号でプロジェクトの概要を紹介



NMEMS技術研究機構



NMEMS技術研究機構

テーマ名	FY2014	FY2015	FY2016	FY2017	FY2018
(1) 道路インフラ状態モニタリング用センサ端末の研究開発					
(1-1-1) スーパーアコースティックセンサによる橋梁センシングシステムの開発(振動)					
(1-1-2) フレキシブル画パターンセンサによる橋梁センシングシステムの開発(ひずみ)					
(1-2) 道路付帯構造物傾斜センシングシステムの開発					
(1-3) 法面変位センシングシステムの開発					
(2) 道路インフラ状態モニタリング用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プラットフォームの開発					
(2-2) 高耐久性パッケージング技術の開発					
(3) 道路インフラ状態モニタリング用センサシステムの実証及び評価研究					

3年で新規センサ・センシングシステムを完成

実証評価及び実用化研究

共通プラットフォームの完成

実証評価及びデータベース構築

実証実験準備

本格実証・データ蓄積

- (1) 国、地方公共団体管理道路への展開
- (2) 他の社会インフラ(鉄道、港湾施設、プラント等)への展開
- (3) 海外事業展開

道路管理者別ごとの施設数



鉄道



港湾施設



プラント

(出典:国土省資料)

本研究は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の委託研究業務の結果得られた成果です。