

「社会課題解決ツールとしてモニタリングシステムの実現に向けて」

道路インフラの統合的な常時監視を実現する モニタリングシステムの研究開発

平成28年9月15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

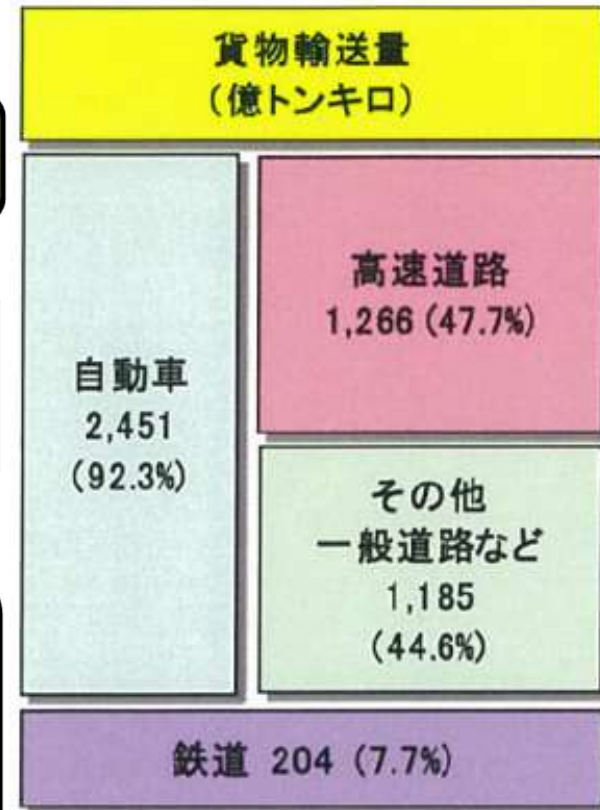
● 物流を支える道路インフラを対象

● 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)

国内陸上輸送分担率

●橋梁:

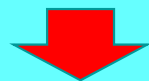
■老朽化の進展

○NEXCO3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

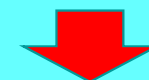


■想定外外力や損傷の定量的な連続モニタリング必要

●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

社会インフラの老朽化が話題となる中で、様々な事故事例が散見されている

【橋梁】



I-70コンクリート橋の落橋
【2005年、アメリカ】

【道路付帯物】



台風による情報板倒壊
【2012年、神奈川】

【法面】

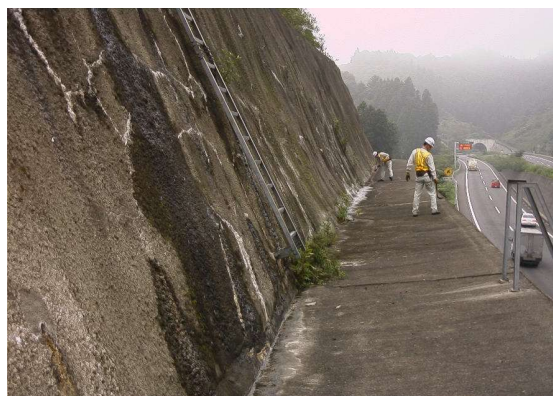


山陰自動車道切土のり面崩壊
【2007年、島根】

⇒ H26年に道路法施行規則が一部改正され、道路構造物の近接目視点検が法制化👉でも大変



橋梁の近接目視点検



のり面の近接目視点検



TN換気設備の構造点検

●点検の現状

検査路を用いた目視・打音点検	路下からの目視点検	のり面の目視点検
		
本線上から高所作業車を用いた点検	本線上から橋梁点検車を用いた点検	照明設備の構造点検
		

【課題】

点検結果にバラツキあり

- ・点検員の能力に依存
- ・判定結果にバラツキあり

点検困難な箇所が存在

- ・容易に近接できない
- ・内部損傷が把握できない

実用的なモニタリングなし

- ・コスト・設置性に課題
- ・性能に課題
- ・耐久性に課題
- ・統合的なシステムがない

【ユーザーニーズ】

- ①点検手法の高度化・効率化 ②健全度評価・劣化予測手法の確立 ③安価なモニタリング
⇒ 最適な維持管理サイクルの実現

RIMS は道路の状況を24時間モニタリングし、現状の保守・点検作業を補完する

【課題】

点検結果にバラツキあり

- ・点検員の能力に依存
- ・判定結果にバラツキあり

点検困難な箇所が存在

- ・容易に近接できない
- ・内部損傷が把握できない

実用的なモニタリングなし

- ・コスト・設置性に課題
- ・性能に課題
- ・耐久性に課題
- ・統合的なシステムがない

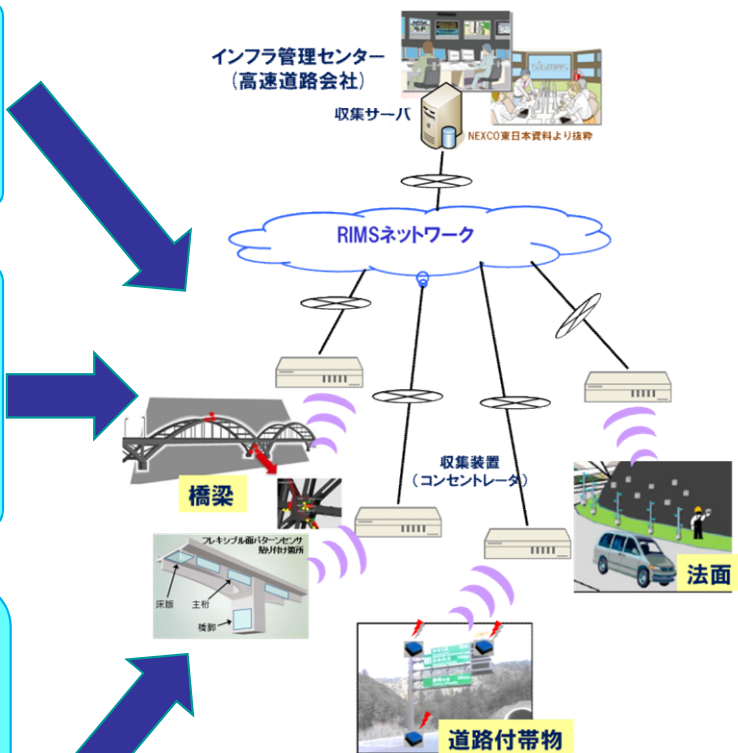
【解決策】

・センサによる定量的計測
・常時モニタリングによる定量的評価

・常時設置小型センサで点検を補完
・非破壊センシングによる内部損傷の計測

・MEMS技術等を活用した低コスト化
・自立電源、無線化による簡易設置
・高性能新規センサの開発
・セラミックパッケージ及び耐候性シートによる高耐久
・共通通信プラットフォームによる複数センサシステムの統合

【開発内容】

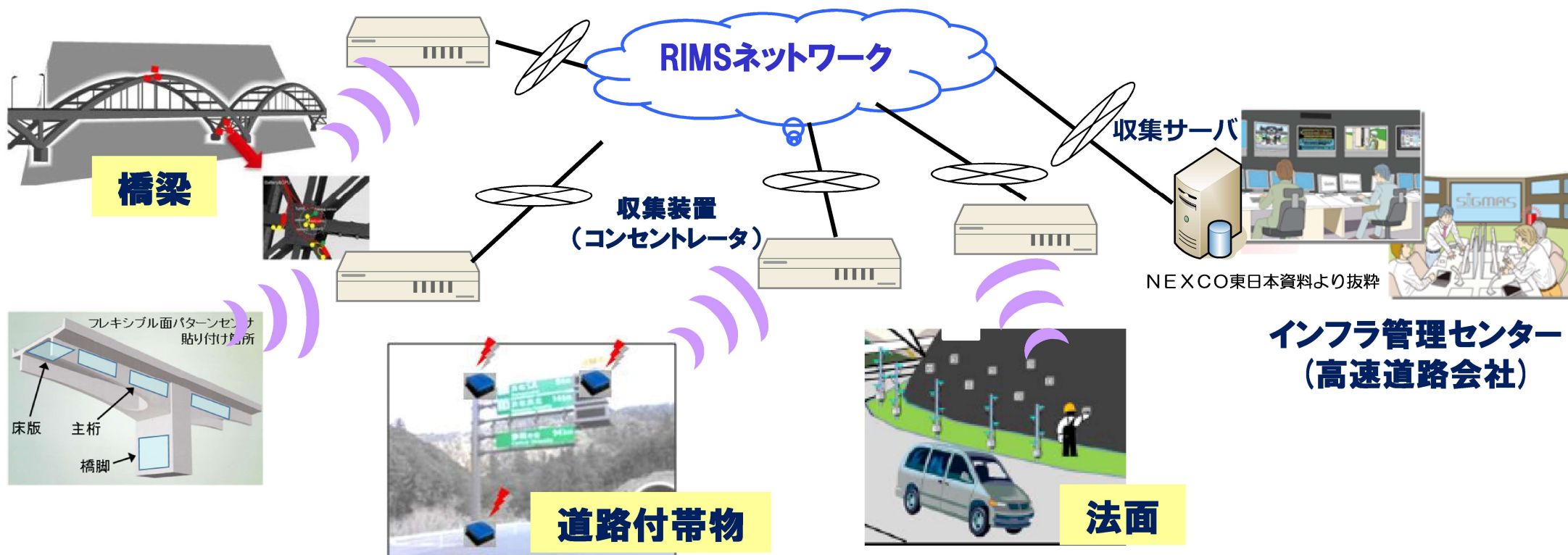


道路インフラモニタリングシステム(RIMS)の開発

対象

- ・橋梁: 広帯域振動、ひずみ分布
- ・道路付帯物: 傾斜・振動同時計測
- ・法面: 3次元高精度変位

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。



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) フレキシ
ブル面パターン
(ひずみ)
(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)

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)					
(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					
(4) センサ端末同期用原子時計の研究開発					

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

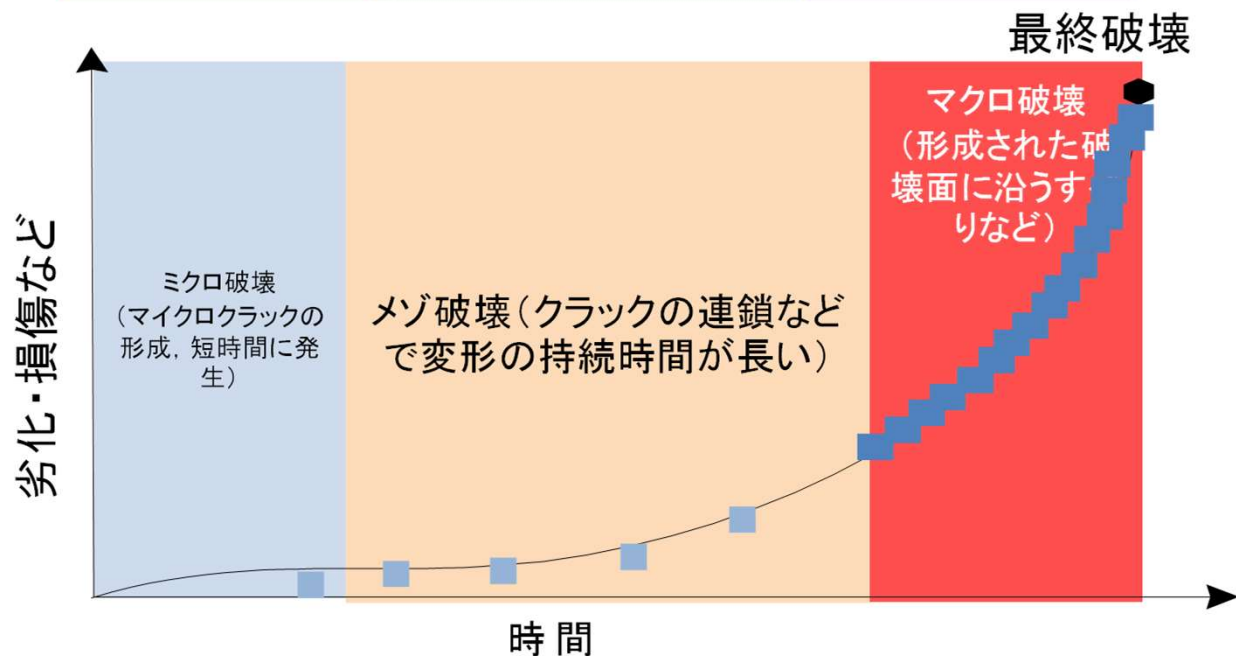
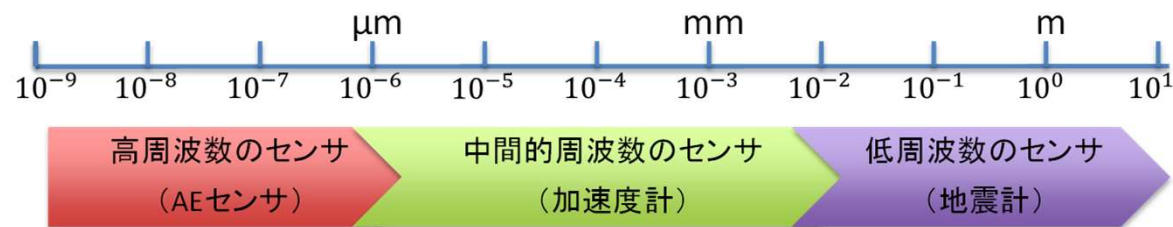
本格実証・データ蓄積

将来技術フェージビリティ検証

「センサシステム共通プラットフォーム」開発
完 および「予備実証実験」完了

研究開発の概要と差異化ポイント

- 破壊のマルチスケール性 (右図) からあらゆる劣化のステージに対応するには数Hz~1MHzの帯域のセンサが必要
- SAセンサを活用した、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の構築。
- 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)

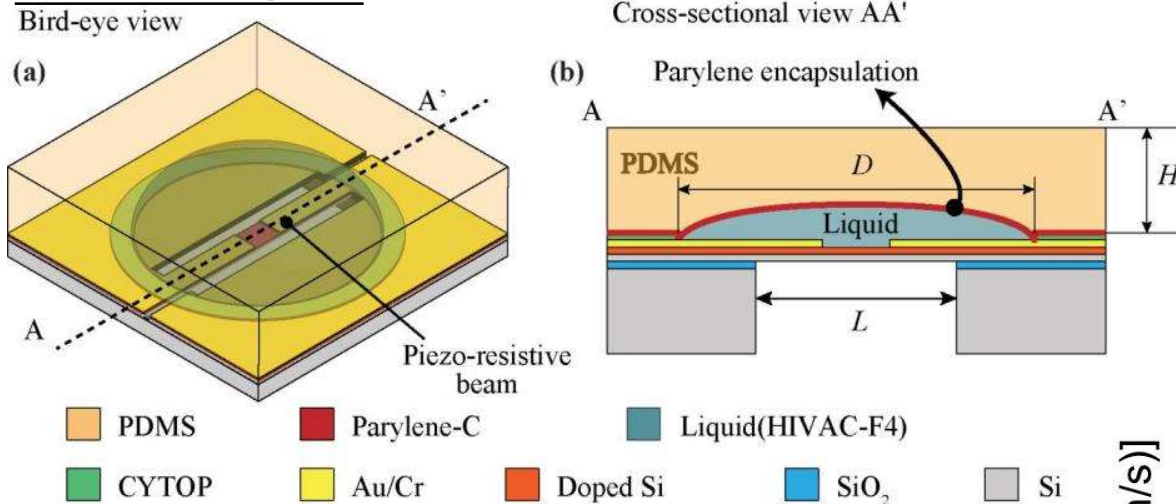


これまでの成果

○ SA センサデバイスの開発

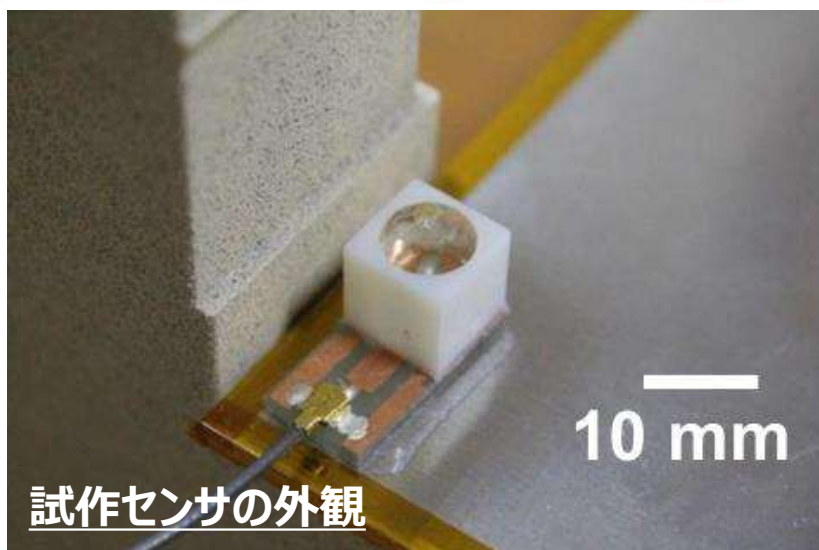
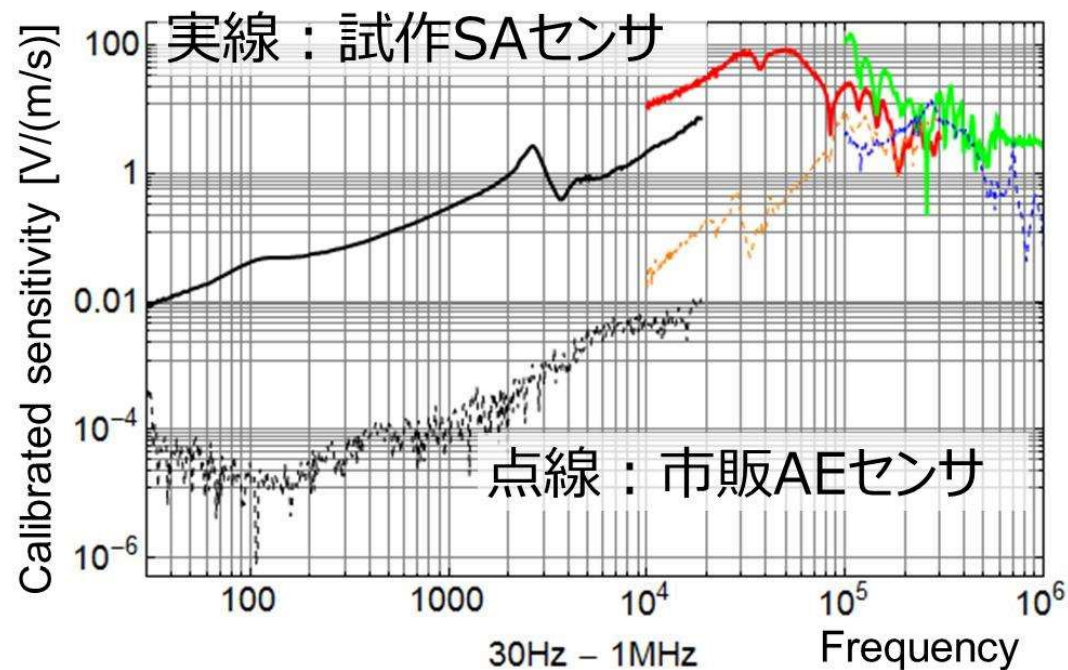
・構造を最適化したMEMSセンサを試作。広帯域応答特性を確認

SAセンサの構造



Beam length: 300 μm , width: 10 μm ,
thickness: 0.3 μm
Liquid size: $D = 900 \mu\text{m}$,
PDMS block size: $\Phi = 8 \text{ mm}$, $H = 10 \text{ mm}$

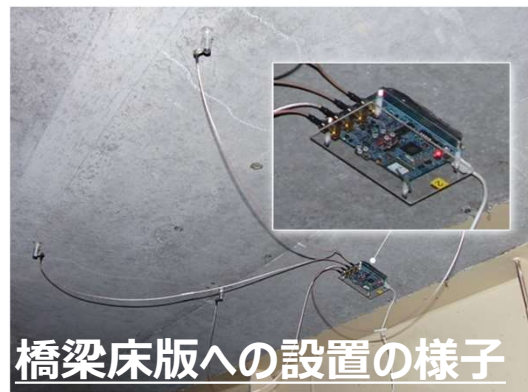
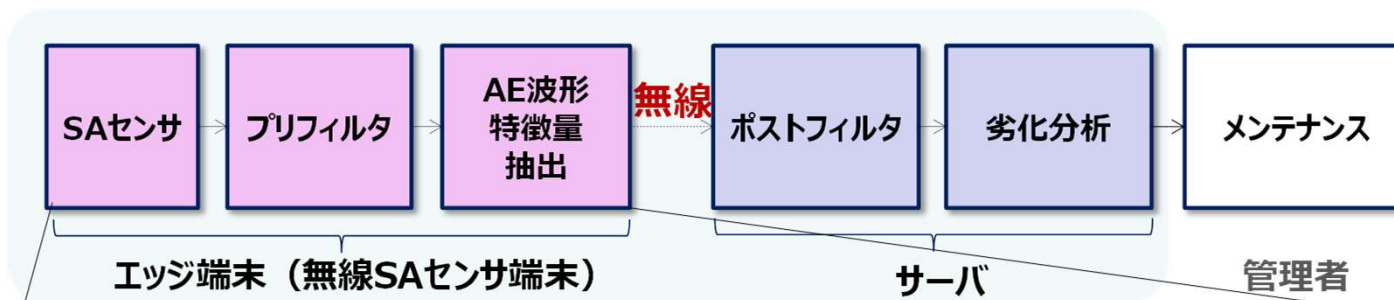
周波数応答特性



これまでの成果

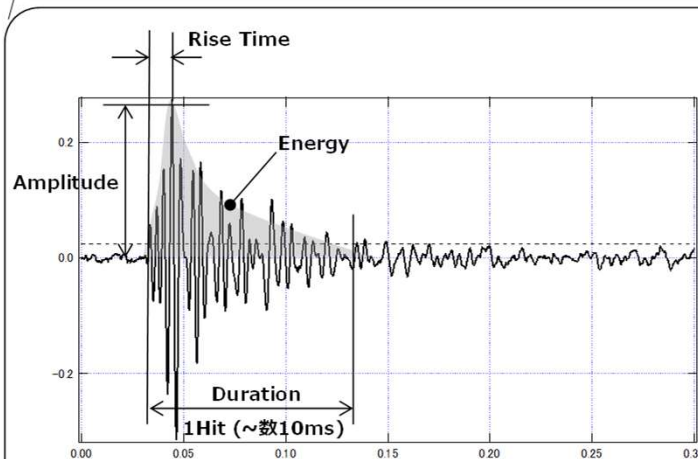
- 小型センサ端末の開発とシステム実証実験
 - ・ 自立発電動作可能な低消費電力小型無線センサ端末を開発

システムの信号処理ブロック



試作した無線SAセンサ端末

- ・ 小型(100X70mm)
- ・ 4ch SAセンサ入力
- ・ FPGAによる特徴量抽出
- ・ 920MHz帯無線モジュール
- ・ 自立発電モジュール接続



代表的なAE波形特徴量(AEパラメータ)

1. 到達時刻 (Time of Arrival)
2. 振幅 (Peak Amplitude)
3. 立ち上がり時間(Rise Time)
4. 持続時間 (Duration)
5. カウント (Count)
6. エネルギー (Energy)

$$E_{AE} = \int_0^{T_d} v^2(t) dt$$

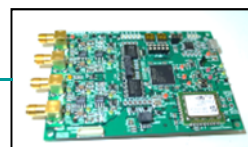
7. RMS値 (RMS)

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{T_d} \int_0^{T_d} v^2(t) dt}$$

■ エッジ端末での特徴量抽出により1/1000程度にデータを圧縮
→ 省電力無線データ伝送

これまでの成果

- 橋梁模型を用いたデモ (NMEMSブースで実施)
 - ・ クラック進展等を模したAE波源をSAセンサで検知し、リアルタイムに処理し、サーバ上に震源密度分布を表示



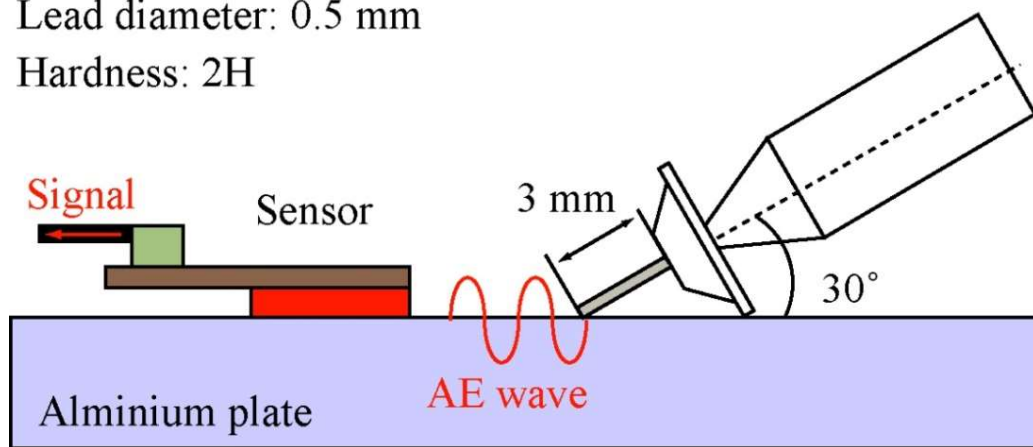
無線SAセンサ端末

920MHz
Wireless

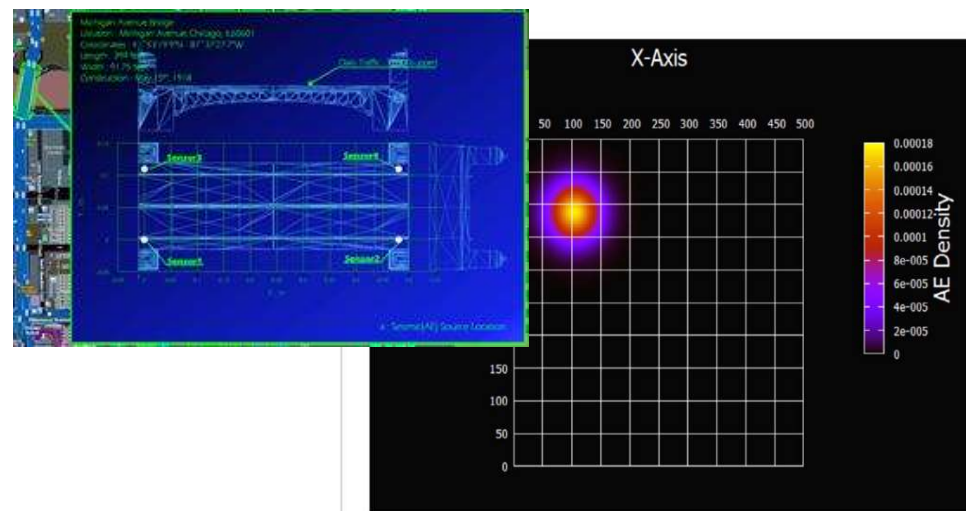


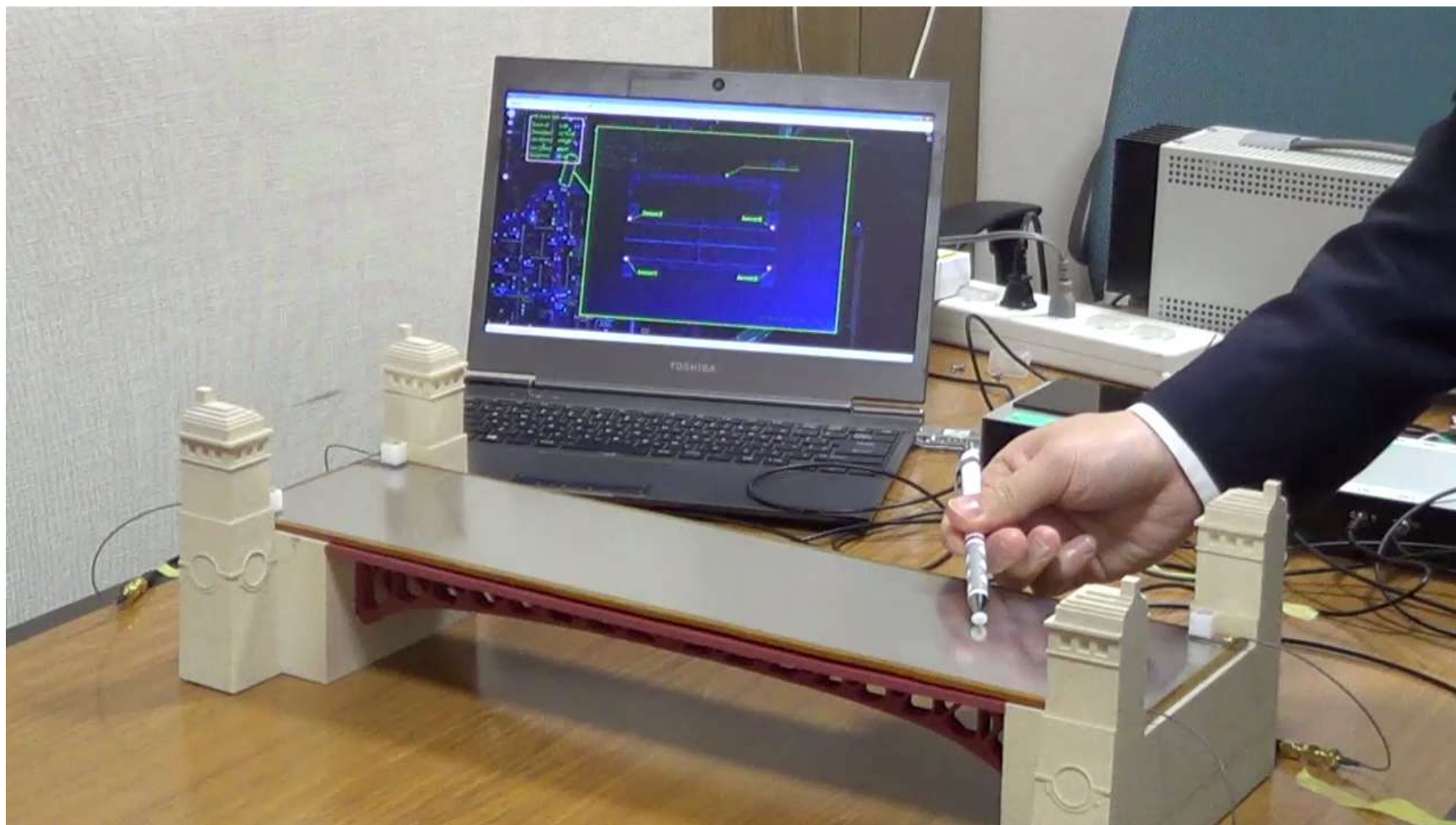
疑似AE波源の発生 (ASTM規格準拠)

Lead diameter: 0.5 mm
Hardness: 2H



空間AE密度分布



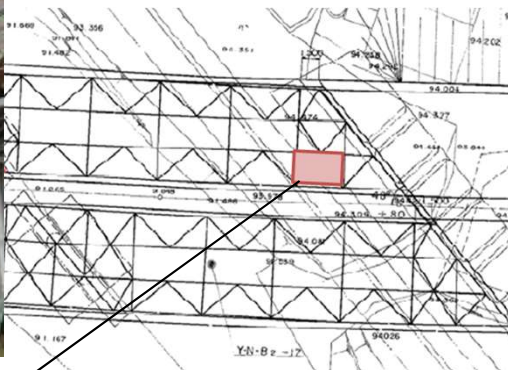


これまでの成果

○ 橋梁構造の健全性定量評価手法の開発

・独自の手法で、対象物の内部ひび割れの位置を可視化。高速道路橋で実証。

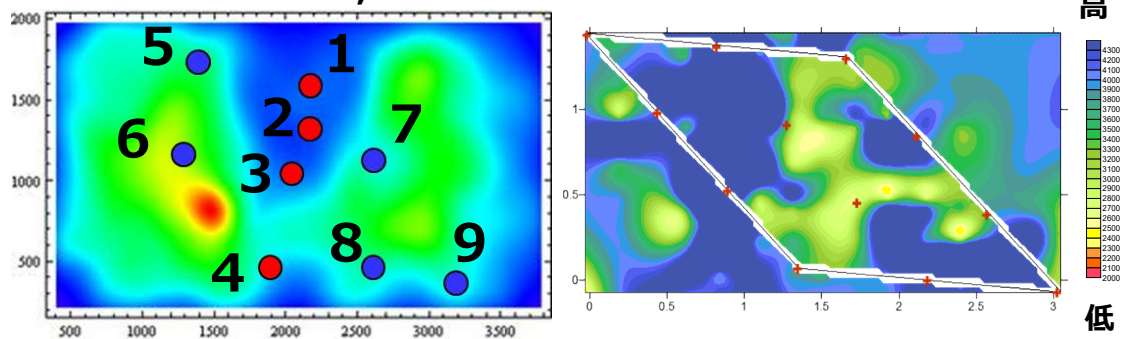
① 対象橋梁の外観



外観上
微細なひび割れは確認されるが、大きな損傷は発見できなかった。

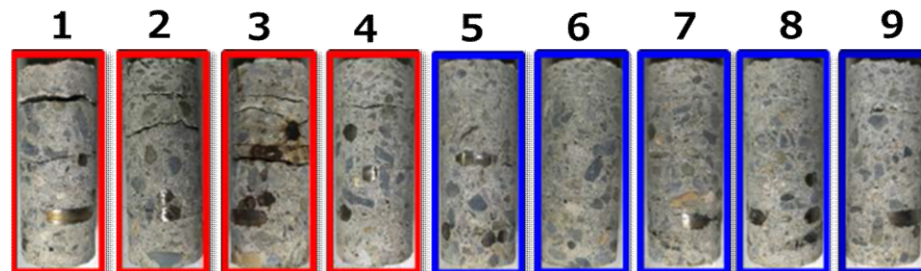
② 震源位置標定 & 速度構造解析

コンクリート床板下面に15個のAEセンサを設置し、供用中の交通荷重を利用して、AE震源および弾性波速度構造を把握



AE源密度分布(最大値で正規化)

弾性波速度構造



● 進行したひび割れを予測 ● これからひび割れが進行すると予測

分析により、外観上は判別できない内部ひび割れを
AE源密度および速度構造により特定可能なことを確認

研究開発の概要と差異化ポイント

■ 鋼橋の亀裂

- ・現状: 目視点検にて溶接部付近に塗膜割れ確認の場合、渦流探傷で亀裂を発見。ストップホール、溶接などの補修・補強を行った後経過観察。点検(5年に1度)、観察ともそこに人がいかないとできない。
 - ・ニーズ: センサで亀裂の進展や発生を早期発見して、軽微なうちに補修・補強したい
- 目的→鋼橋の亀裂を観察、発見、予測可能なひずみセンサアレイを開発する

■ 従来技術の課題と解決方法

- ・箔ひずみゲージは消費電力大、アレイ化の施工困難、配線が複雑
- ・フレキシブル基板等樹脂材料の耐久性が低い
- フレキシ上ひずみセンサアレイからデータ通信
- 接着シート貼り付けによる簡単施工
- 有機無機複合UV・水蒸気配線保護フィルム
- ・静ひずみに通行車両由来の動ひずみが重畳する、動ひずみは車重に依存
- 動ひずみピーク値の分布の面パターンから応力集中、異常増大をモニタリング



フレキシブル面パターンセンサの設置イメージ

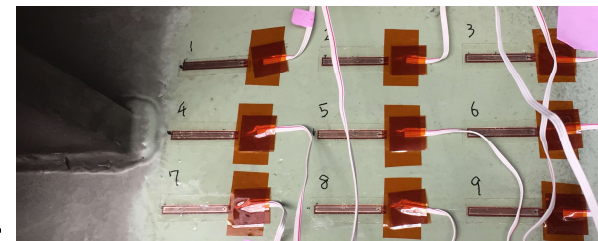
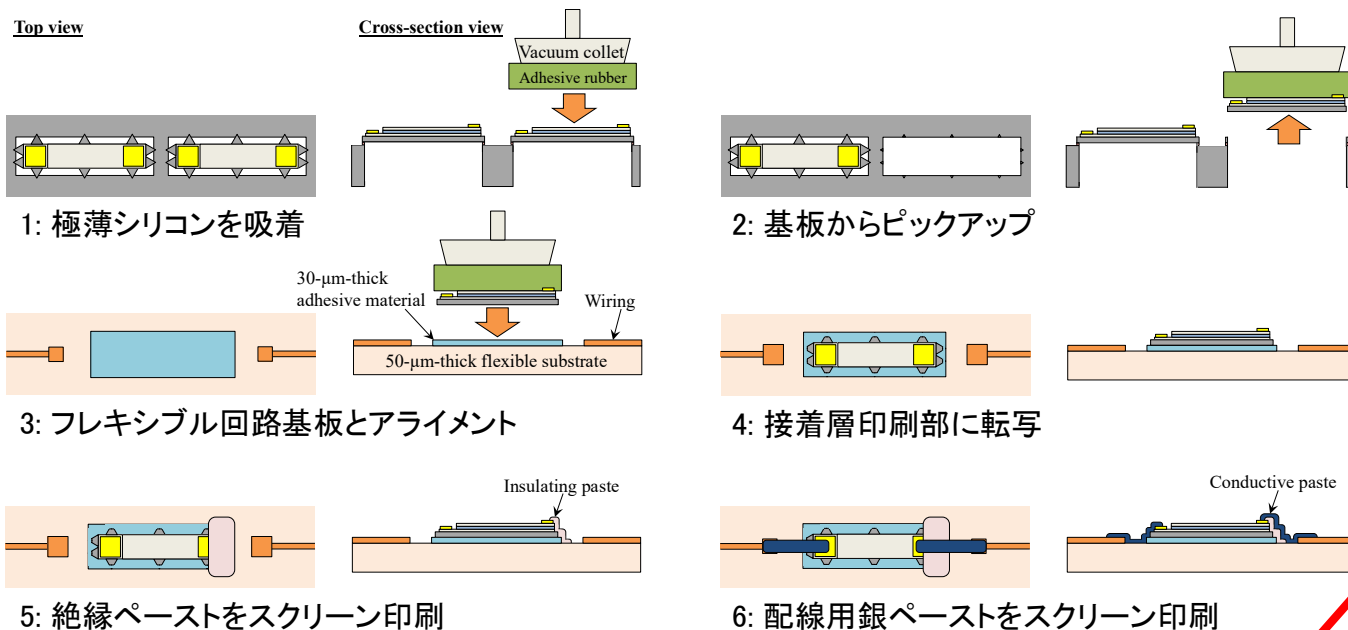
これまでの成果

■ 従来技術の課題

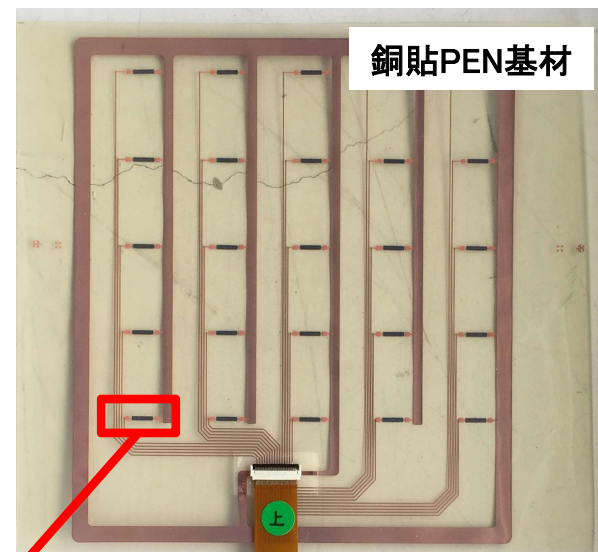
- ・市販ひずみゲージは消費電力大、アレイ施工困難、配線が複雑

■ 方法

- ・MEMS技術で作製した極薄PZT/Siをフレキシブル基板上にアレイ化
- ・Amp、ADC、MCU、RF-IC集積モジュールでデータ処理、通信



市販ひずみゲージアレイ



銅貼PEN基材

12cm

・圧電MEMSによる高感度PZTひずみセンサ技術
 ・実装機を用いた極薄PZT/Siの転写技術
 ・スクリーン印刷による配線技術
 を新規に開発



極薄PZT/Si
銀ペースト配線



アンプ、ADC
MCU、RF-IC
集積モジュール

極薄PZT/Siをフレキシブル基板上にアレイ化したフレキシブル面パターンセンサ

これまでの成果

■ 従来技術の課題

- ・フレキシブル基板等樹脂材料の耐久性が低い
- ・面積が広いいため接着剤での施工が困難

■ 方法

- ・有機無機複合UV・水蒸気配線保護フィルムをラミネート
- ・保護フィルム、フレキシブル基板、粘接着シートの集積化
- ・日光を当ててプライマ塗布表面に貼るだけの簡単施工



セパフィルム剥離

貼り付け

フレキシブル面パターンセンサの実橋への施工

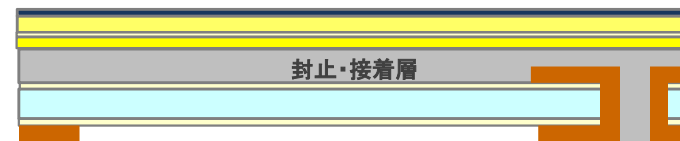
1: 配線保護フィルム作製 (PET、無機バリア層)



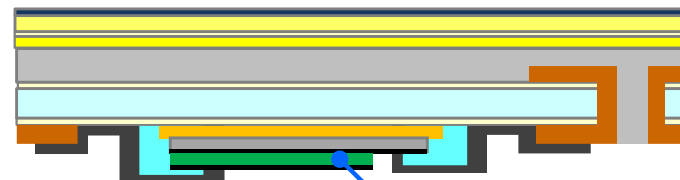
2: フレキシブル回路基板作製 (銅貼PEN)



3: 配線保護フィルム+フレキ回路基板貼り合せ

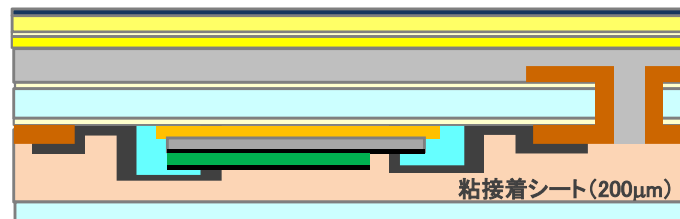


4: 極薄PZT/Siをフレキ回路基板に転写、配線 (前ページ)

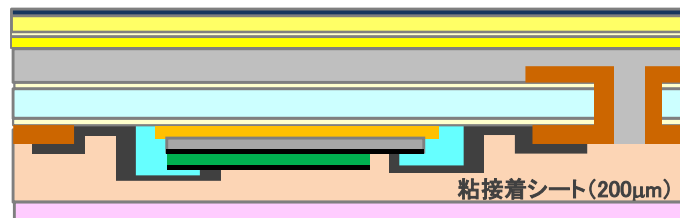


5: 粘接着シート貼り合せ

極薄シリコンセンサ



5: UV照射→プライマ塗布構造物に貼り付け



構造物

配線保護フィルム、センサ集積フレキ基板、粘接着シート、集積化プロセスと施工

これまでの成果

■ 従来技術の課題

- ・ 静ひずみは通行車両の動ひずみが重畳、温度依存性大
- ・ 動ひずみは車重に依存

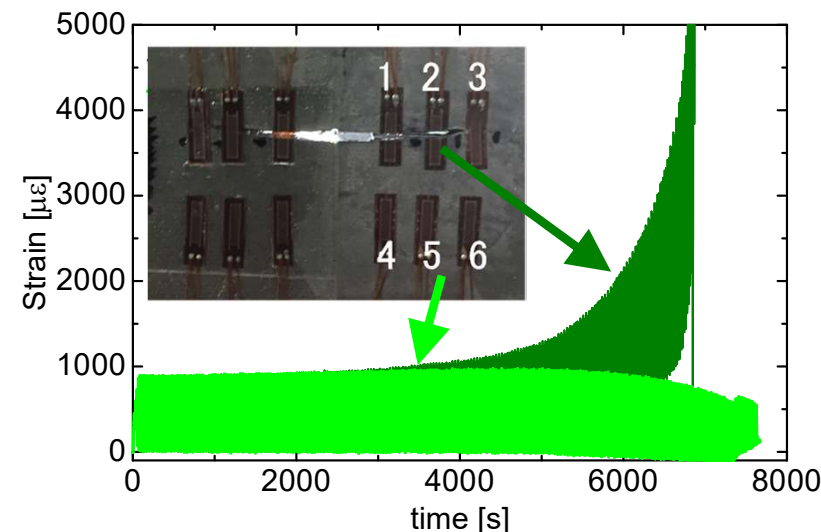
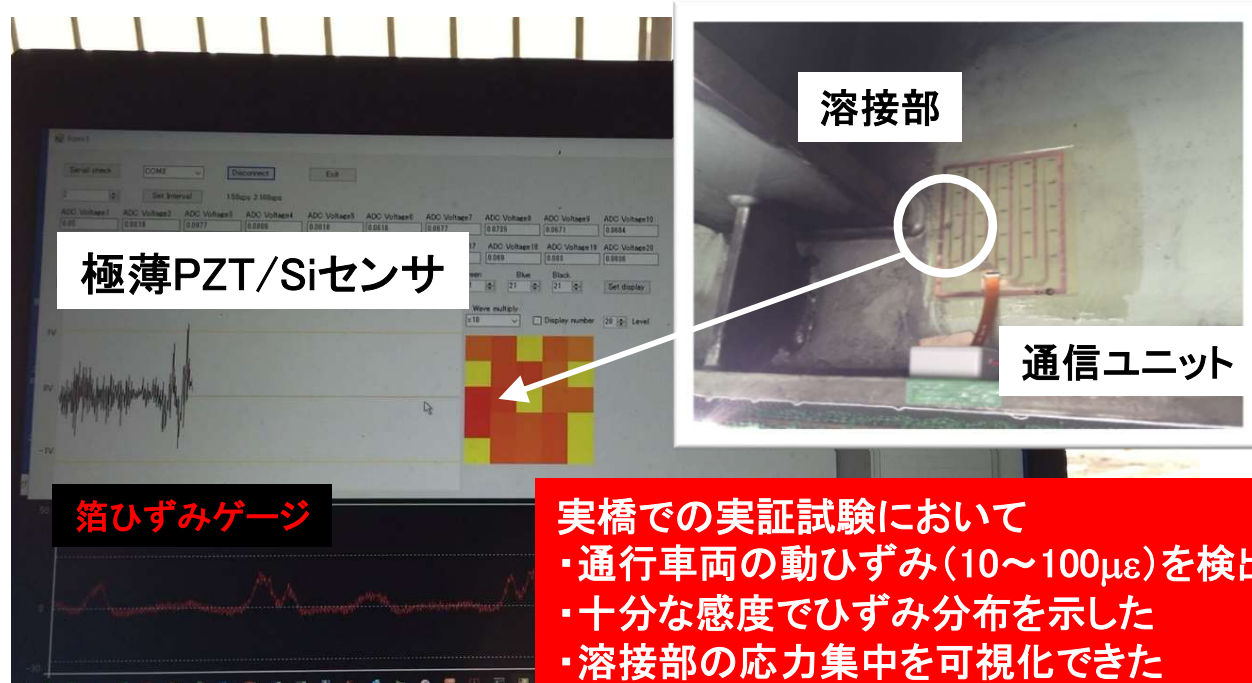
■ 方法

- ・ 動ひずみピーク値の分布の面パターンから応力集中、異常増大のモニタリングにより亀裂を観察、発見、予測

電力	駆動時	待機
アンプ、ADC	11.84mW	0mW
MCU、RFIC	111mW	0.037mW

常時駆動 123mW
 毎時10分間 20mW
 → 小型太陽電池で駆動可能

通信ユニット消費電力



- ・ 亀裂通過時の動ひずみ振幅 > 1000 $\mu\epsilon$
- ・ 開発センサ感度で亀裂の観察、発見は可能
- ・ 予測にはさらなる感度向上が必要

阪神高速道路橋におけるフレキシブル面パターンセンサの実証試験

研究開発の概要と差異化ポイント

◆開発の背景

- 付帯設備の老朽化進展と技術者不足
 日常点検 目視による異常な揺れや変形の確認
 ⇒センシングシステムによる点検業務の効率化
 判定の定量化、状態変化の常時監視

◆開発の目的

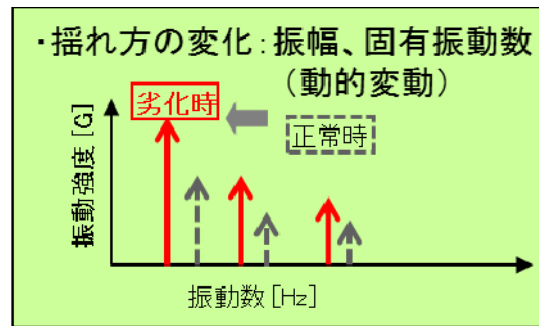
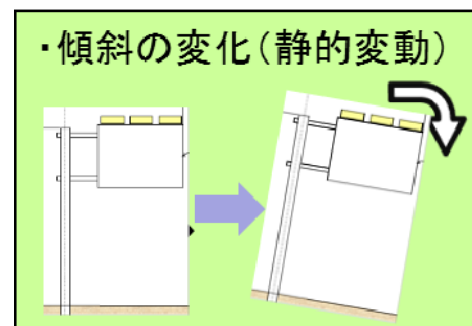
- 傾斜マルチセンサ端末を開発し、
 道路付帯物の劣化・損傷を、「傾斜の変化」及び「揺れ方(振幅、振動数)の変化」を
 常時モニタリングにより状態変化を検出(フィルタリング)し、点検業務の効率化に資する。

◆傾斜マルチセンサ端末概要

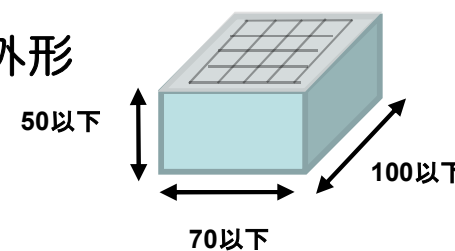
- 傾斜、振動、温度を同時計測(マルチセンサ)
- 自立電源、無線通信(コードレスセンサ端末)
- 上位での高度解析対応
 - 複数センサ間の時刻同期
 - 高速無線通信による大容量データ送信
- 高速道路(実フィールド)での実証

対象構造物

道路付帯物(情報板設備、照明設備等)



傾斜マルチセンサ外形



これまでの成果

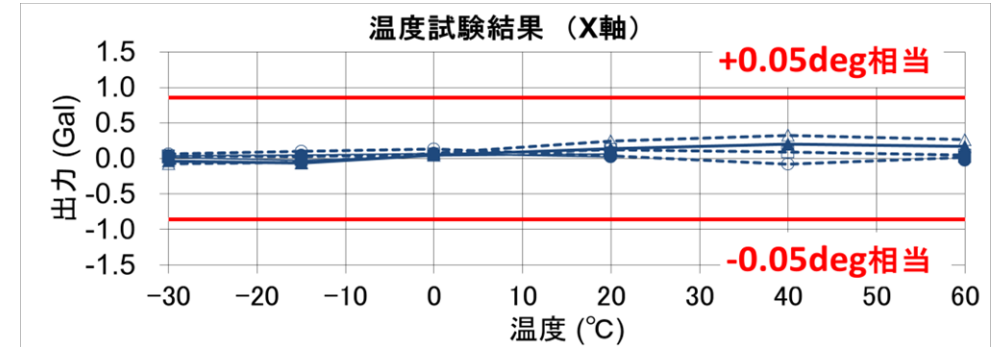
◆MEMSセンサデバイスの開発(静電容量式加速度センサデバイス)

・開発目標

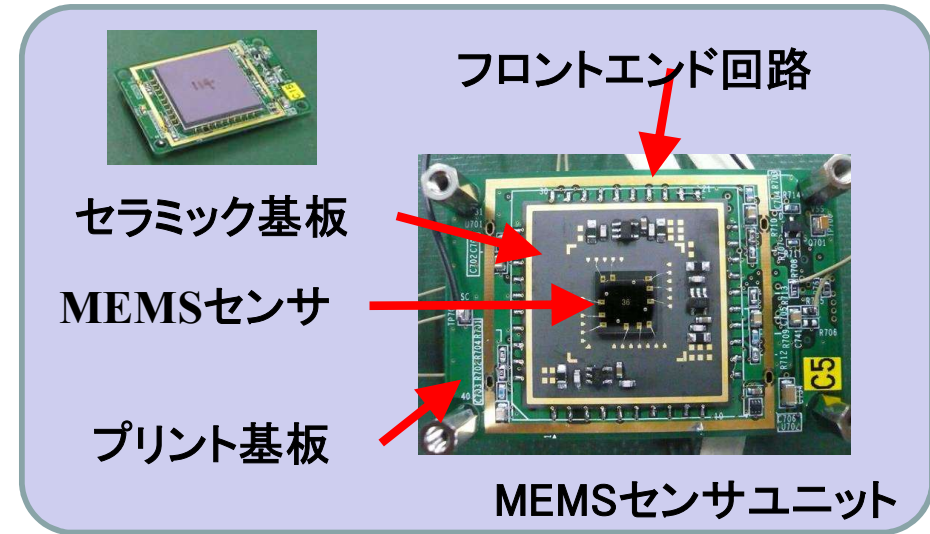
- ①傾斜計測の出力安定性:0.05deg
- ②振動計測の分解能:0.1gal

・成果概要

- ①MEMSセンサデバイス構造の構造最適化、
およびユニット構造化
⇒原理試作品により 温度安定性:0.05degを達成
- ②ユニット構造化(小型化)品
設計・試作完了、評価実施中



原理試作品 温度安定性評価結果



これまでの成果

◆傾斜マルチセンサ端末の開発

・開発目標

- ①傾斜・振動・温度を同時測定
- ②太陽電池による自立電源
- ③複数センサ間の時刻同期(±1msec)
- ④大量データ(900kB/3分間)を
平均0.5mWで無線送信

・成果概要

i) センサ端末構造設計/製作完了

低消費電力化による小型

ii) 傾斜・振動・温度の同時計測確認

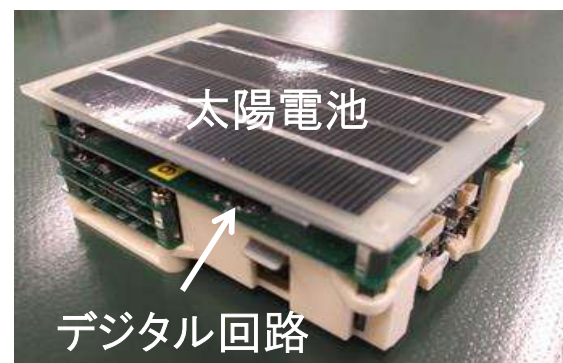
MEMSセンサデバイスの高安定化定

iii) 無線通信確認

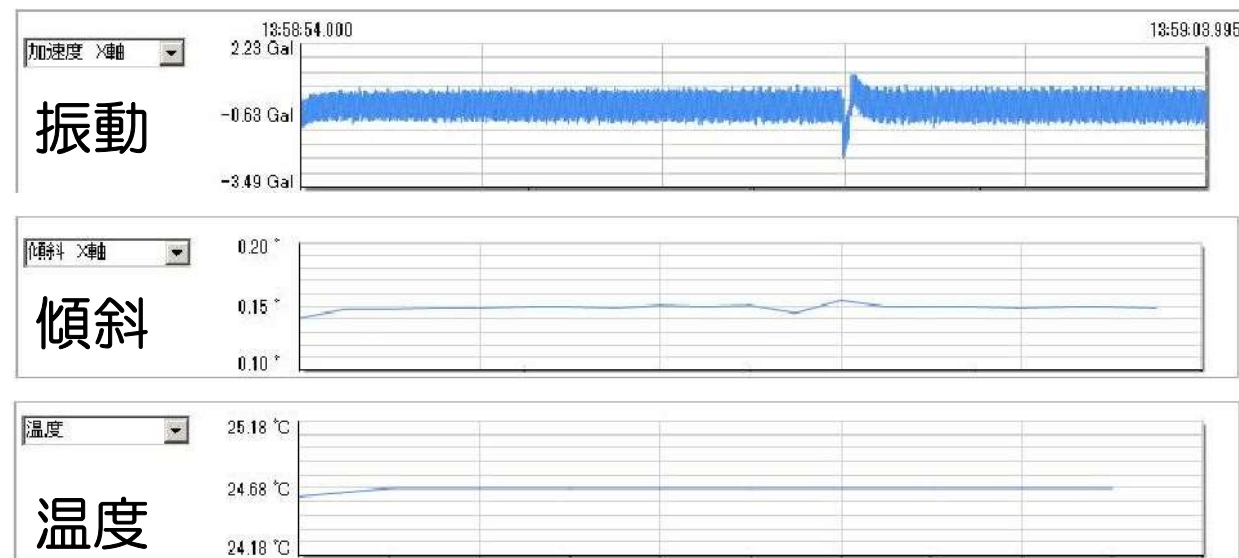
実環境による通信性の確認

iv) 太陽電池での動作確認

低消費電力化、日照データによる連続稼働シミュレーションによる確認

傾斜マルチセンサ端末
インナーユニット

傾斜マルチセンサ端末外観

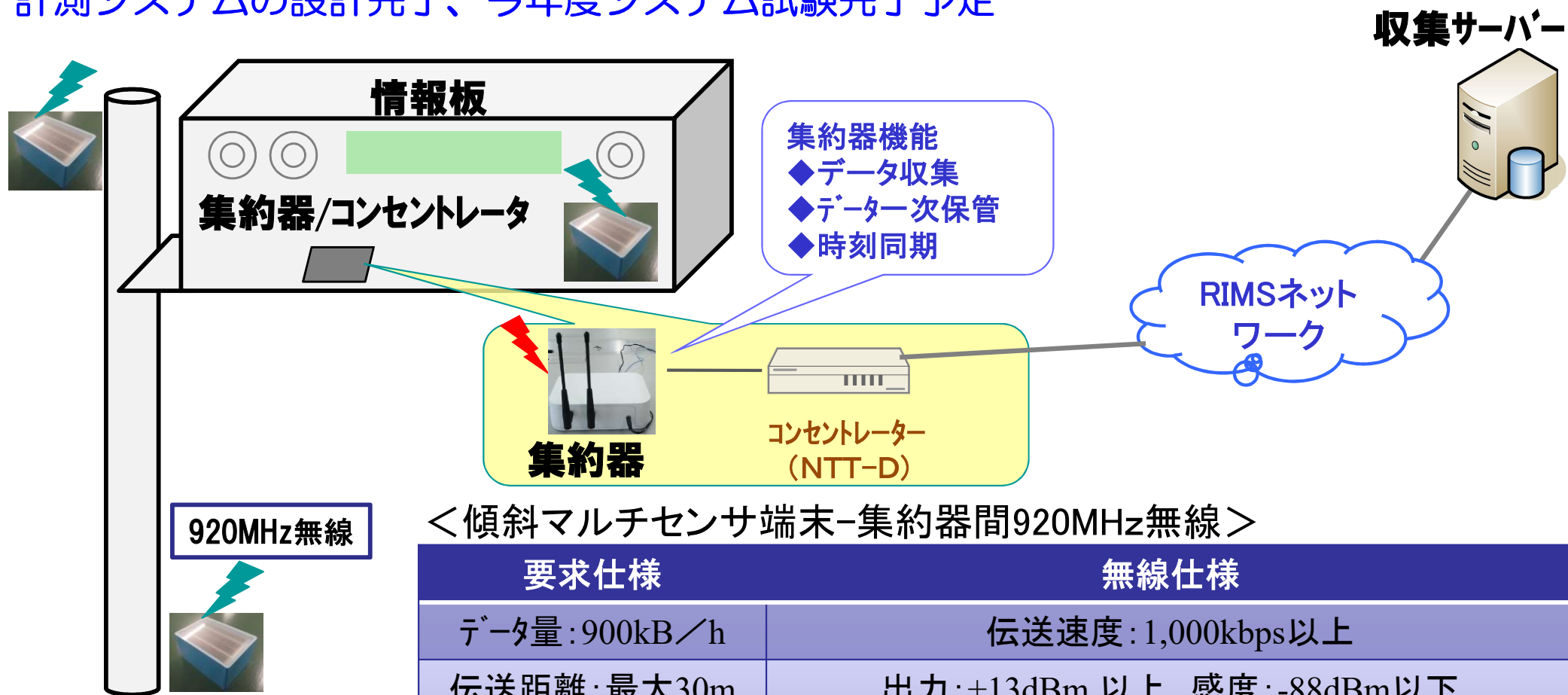


傾斜マルチセンサ端末出力例

これまでの成果

◆実証実験センシングシステムの構成

- 集約器の設計・製作完了、動作試験中
- 計測システムの設計完了、今年度システム試験完了予定



<傾斜マルチセンサ端末-集約器間920MHz無線>

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30m	出力: +13dBm 以上、感度: -88dBm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

傾斜マルチセンサ端末
(間欠測定: 3分間/1Hr)

これまでの成果

◆実証実験場所の選定と先行フィールド試験の実施

- 実証実験場所：東名高速 吾妻山トンネル入口情報板
- 先行フィールド試験の実施（既存センサにて実施）
データ収集：無線通信（携帯電話回線）にて遠隔からデータをダウンロード



傾斜計、加速度計
(頂部)



温度計



加速度計、傾斜計
(基部)



情報板全景 (設置作業時)



傾斜計、加速度計
PC,記録器他
(内部)

これまでの成果

◆システム構築と実証実験 (先行フィールド試験実施状況)

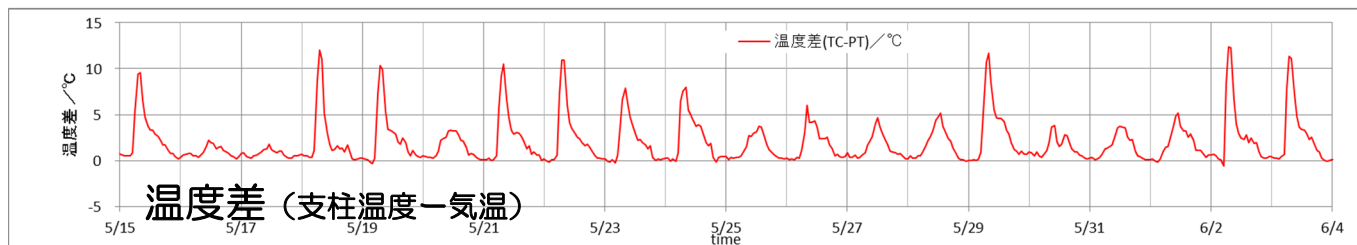
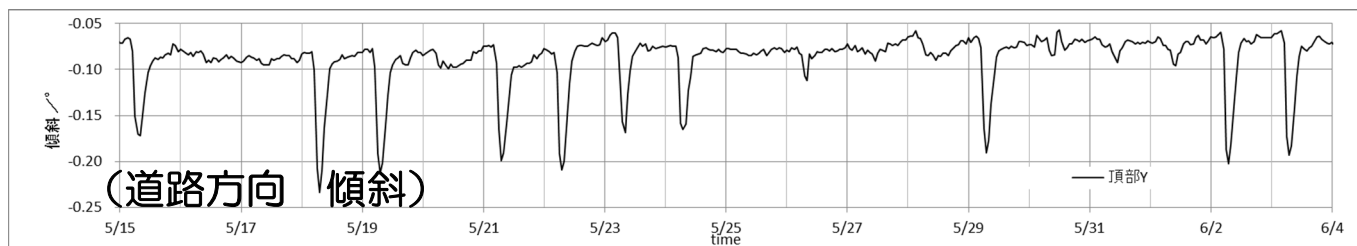
傾斜計測データ例:時系列トレンド

支柱温度と気温に温度差発生時に傾斜変動が大きくなる傾向がある。

・2016/5/15~2016/6/4(20日間)トレンド (全データ)



頂部



・2015/12/17~2016/6/23 夜間(23時~5時)トレンド

頂部



東名) 吾妻山トンネル入口情報板

長期的な変動を監視するには、支柱温度と気温の差が小さな時間帯(夜間 23時~5時)のデータをモニタリング

これまでの成果

◆システム構築と実証実験 (先行フィールド試験実施状況)

卓越周波数計測データ: 2015/12/16~2016/5/9(146日間)

卓越周波数は略支柱材質のヤング率温度特性の影響と考えられる。

・卓越周波数と支柱温度との相関



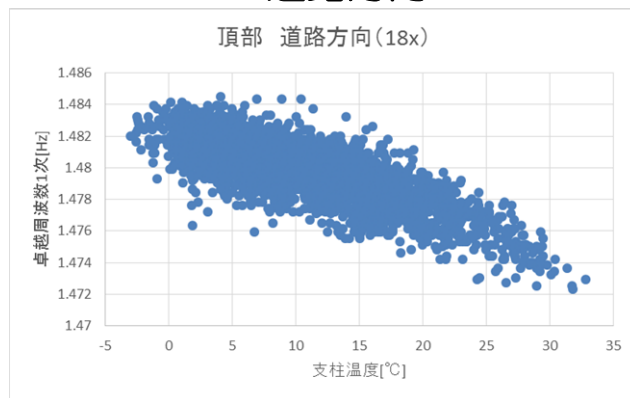
頂部

基部

内部

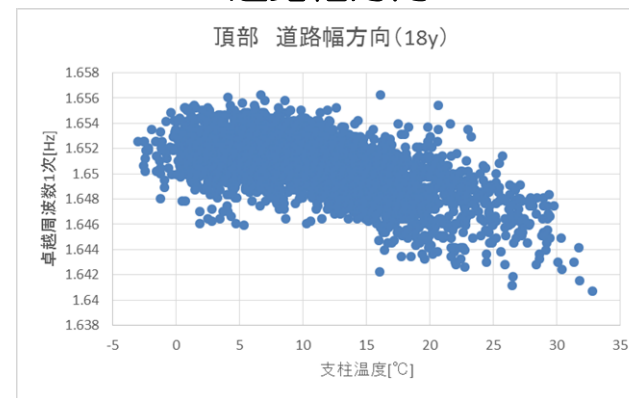
東名) 吾妻山トンネル入口情報板

道路方向

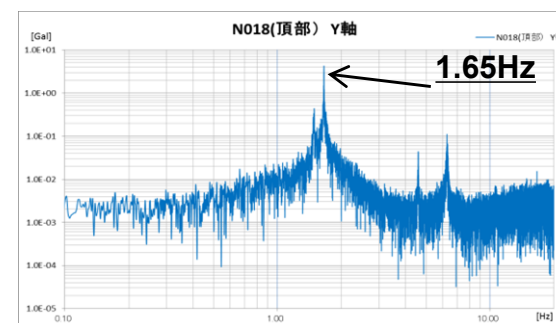
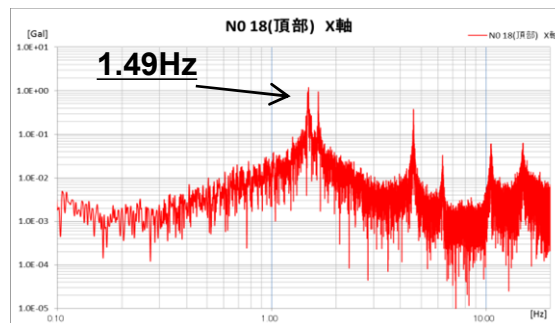


相関係数: **-0.7978**
 周波数の温度特性: **-0.0160 %/°C**
 *ヤング率の温特からの試算: **-0.0144 %/°C**

道路幅方向

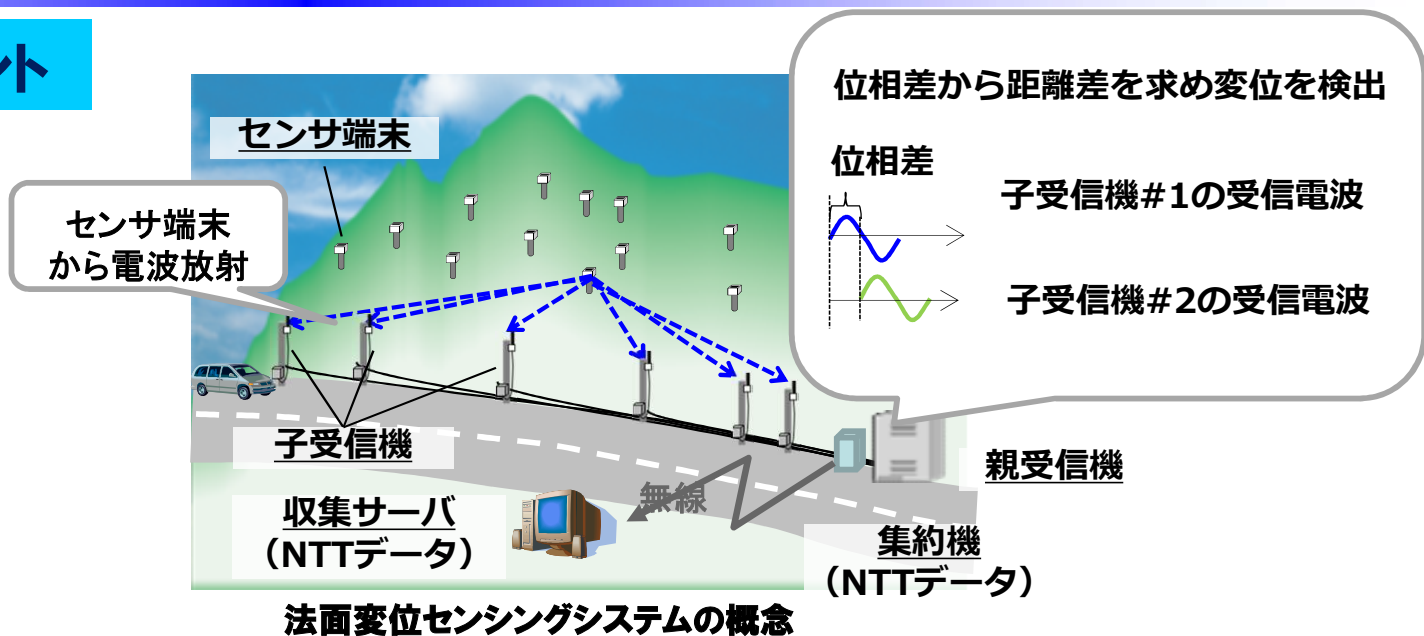


相関係数: **-0.5731**
 周波数の温度特性: **-0.0133 %/°C**



研究開発の概要と差異化ポイント

- ◆ 電波位相差により高計測頻度・全天候・3次元で法面変位を高精度計測
- ◆ 端末間の無線メッシュネットワークによる広範囲計測
- ◆ 天候・昼夜を問わず長期間動作する多機能型センサ端末の開発

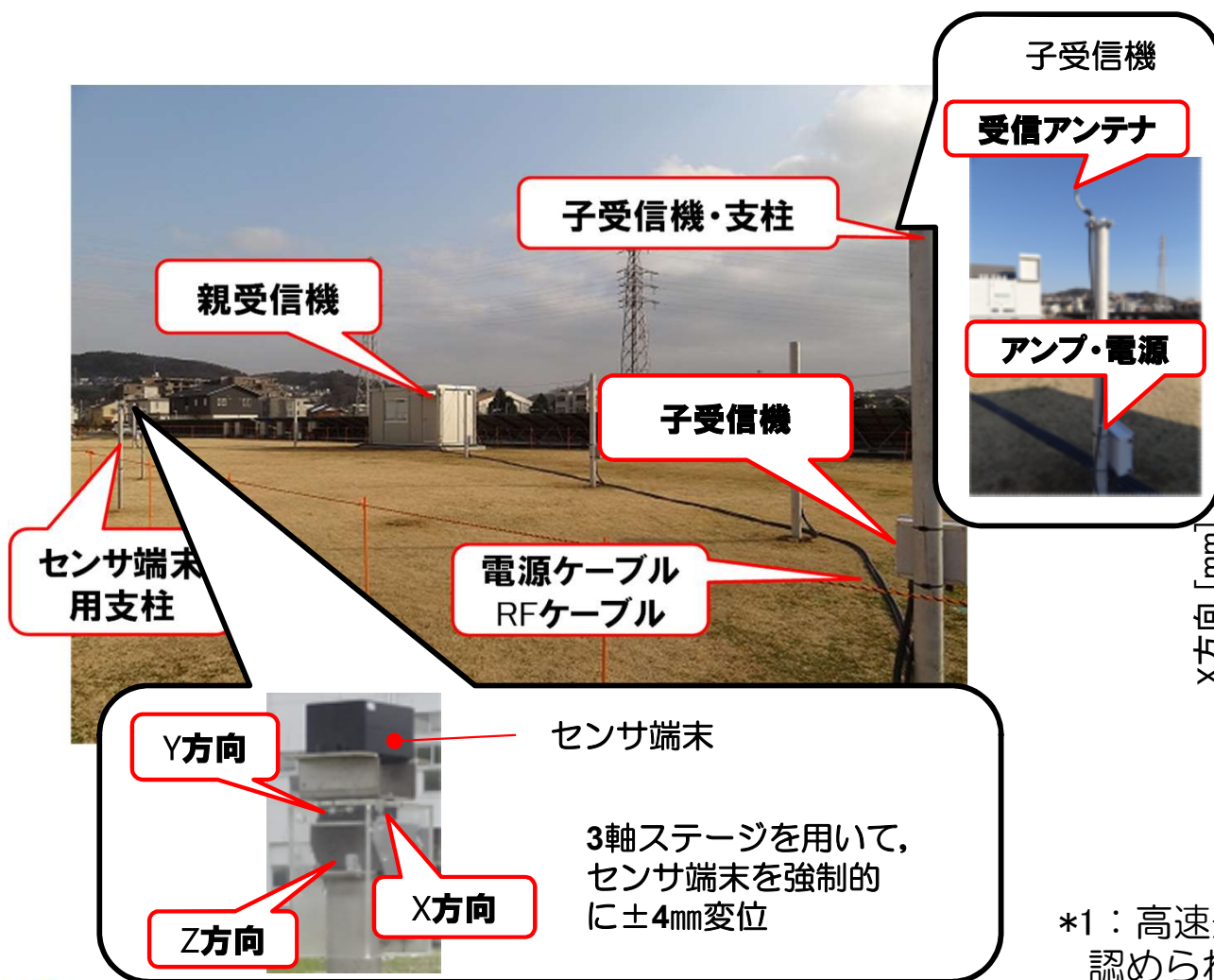


方式	電波利用		光波利用	ワイヤー利用
	電波位相差	GPS	光波測量器	伸縮計
システム概要図				
計測頻度	○ 1時間に1回以上	△ 1日に1回	○ 1時間に1回以上	○ 1時間に1回
精度	◎ 1mm以下	△ 数mm	○ 1mm	◎ 1mm以下
耐悪天候	○	○	× 大雨, 霧で精度劣化	○
3次元計測	○	○	○	× 1次元

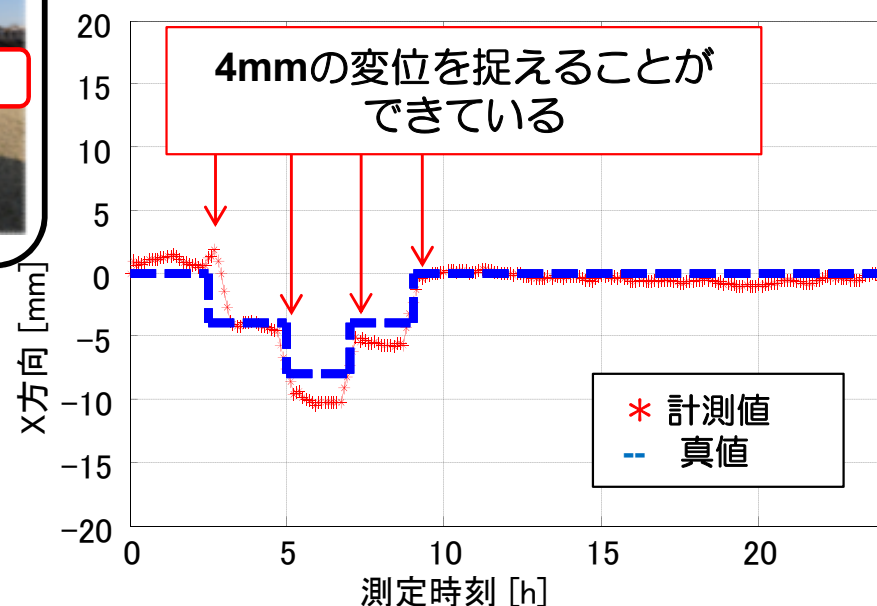
これまでの成果

原理検証実験結果

- ケーブル等の位相変動を補償することにより, 4mmのステップ変位を計測
- 道路法面の維持管理(通行止め要否等)に適用可能な精度が得られることを検証



- 子受信機8基, センサ端末6台を設置
- 920MHz帯の特小無線の電波を用いて, 4mm*1の強制変位を捉えることを確認

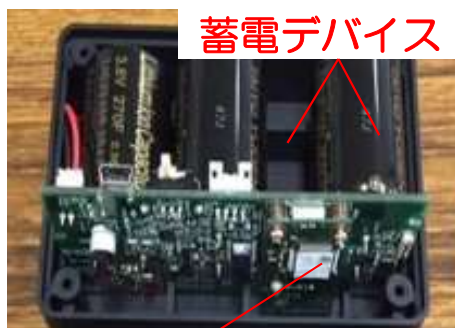


*1: 高速道路の管理基準値として, 4mm/h以上の変位が認められた場合に通行止めにするというものがある

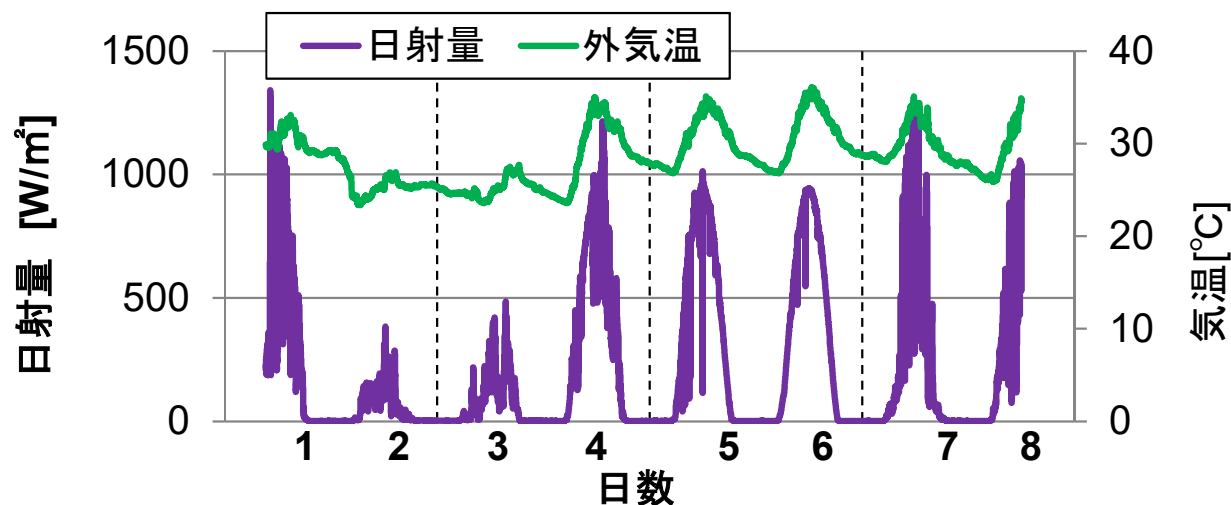
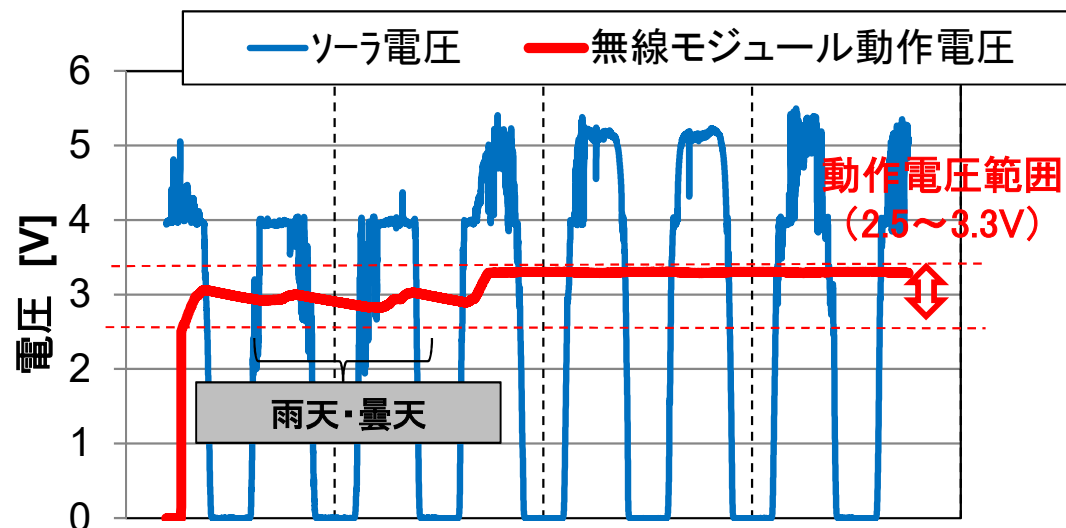
これまでの成果

- 太陽電池モジュールと蓄電デバイスにより長期動作を図ったセンサ端末を設計・試作
- 雨天・曇天時でも連続して動作することを確認

センサ端末試作



基板(無線モジュール, 電源制御等)



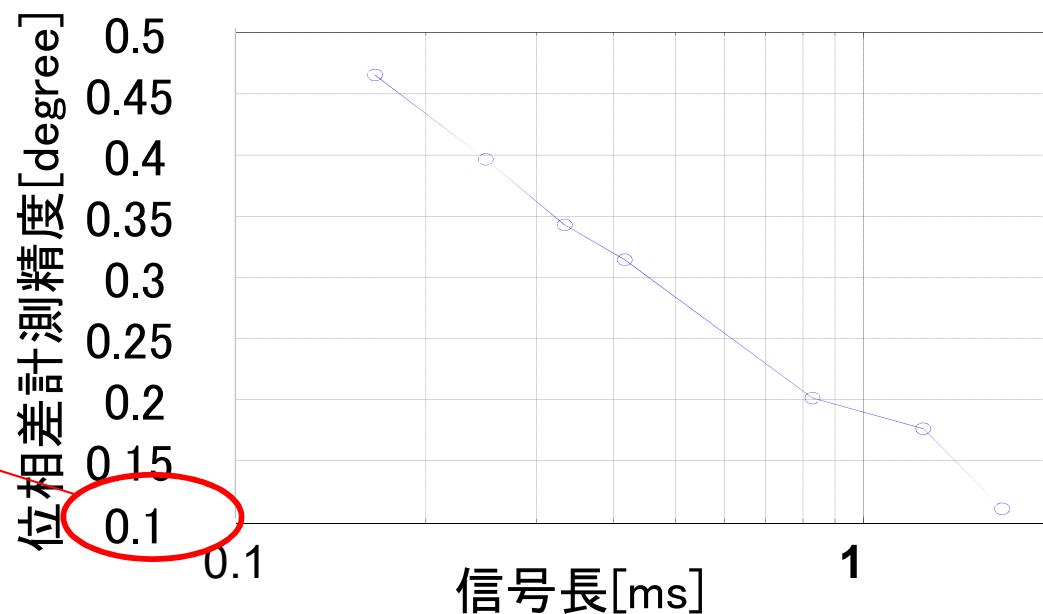
これまでの成果

子・親受信機試作

- 子-親受信機間を光ファイバ化することにより、長距離(数100m)伝送を可能にした子・親受信機を試作
- 機器単体で十分な位相精度0.1deg(\approx 0.1mm)が得られることを確認



機器単体で十分な位相精度0.1deg
(\approx 0.1mm)を確認
(4mm/hの変位検出に必要な位相精度
の目安3deg)



試作機の位相計測精度(センサ端末-子受信機間距離2.5m)

背景/課題

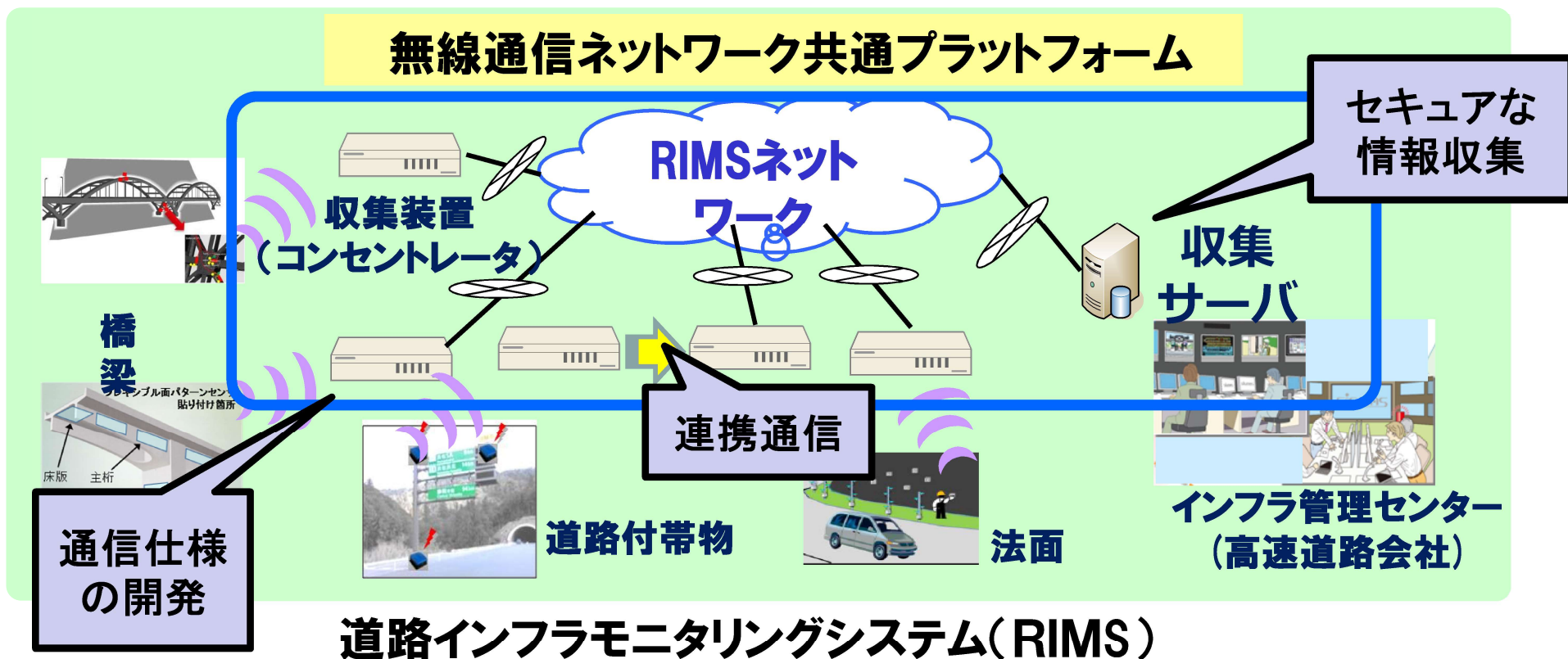
道路インフラの老朽化や定期点検要領の更新などにより、**多種多様なセンサが設置されるに伴い、通信基盤の重複による非効率**

ニーズ

多種多様なセンサ/メーカー、監視目的に対応する**オープンなネットワーク通信基盤**が求められている

差異化ポイント

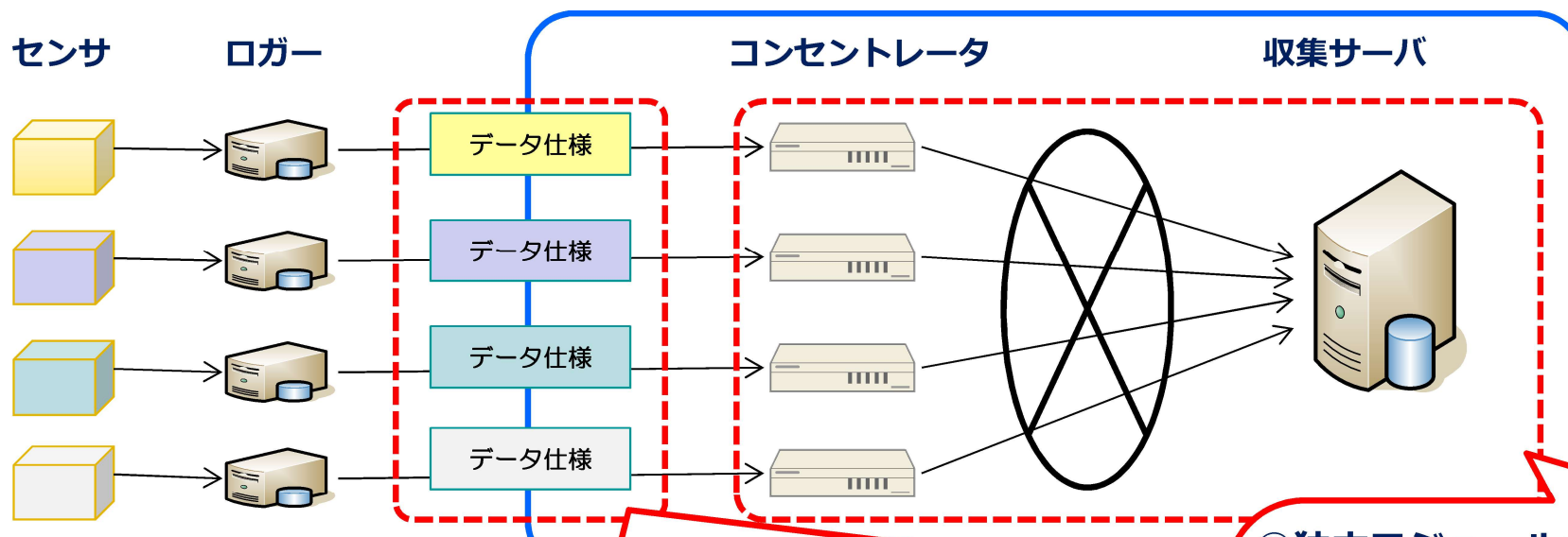
- ◆ 様々なデータフォーマットやインターフェースの差異を吸収する通信仕様
- ◆ 設置容易性とコスト対策を目的としたコンセントレータ間の連携通信
- ◆ セキュアな情報収集への対応



これまでの成果

- 多種多様なセンサに対応するための通信仕様の開発
 - ① 共通インターフェースをもとに各社のデータフォーマットと通信仕様を確定
連携試験により方式に問題ないことを検証済み
 - ② 受信モジュールを独立させ遠隔にて変更可能であること検証済み

無線通信ネットワーク共通プラットフォーム

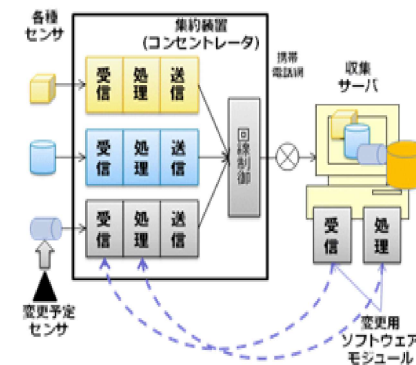


① 共通的なインターフェースで多様なデータを吸収するため対応が容易



共通インターフェース

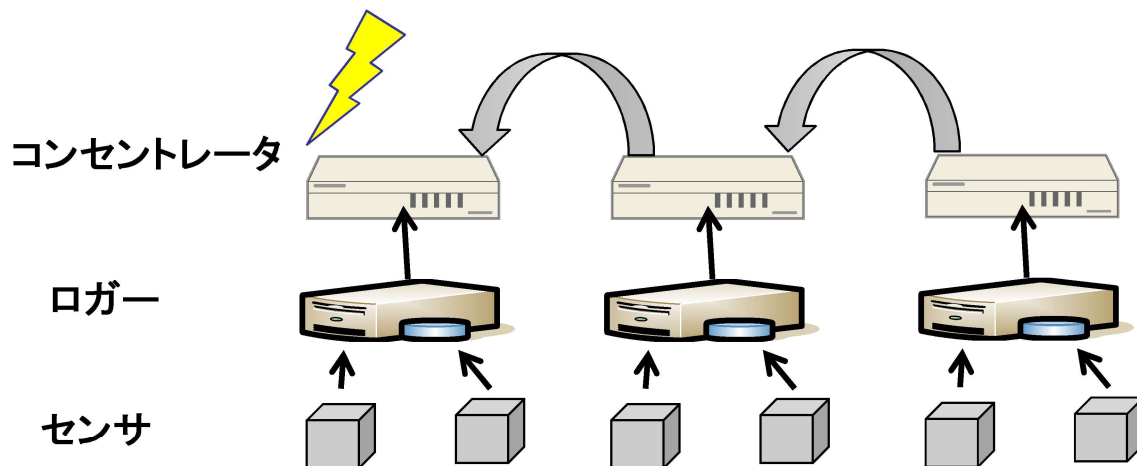
② 独立モジュールの遠隔変更



これまでの成果

- コンセントレータ間の連携通信
3ホップまで連携通信を確認済み

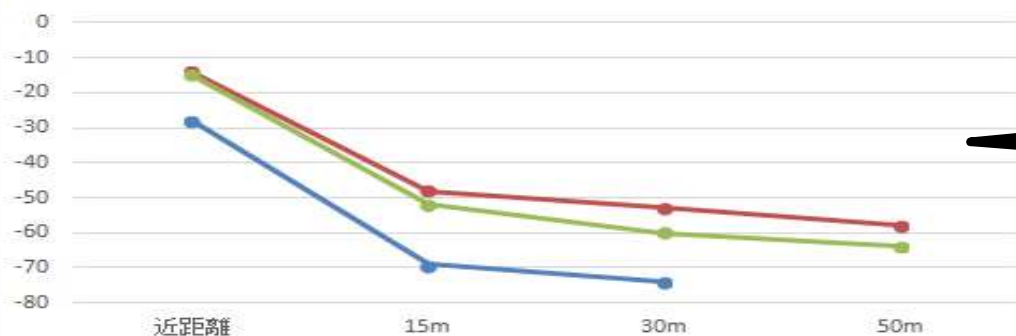
WiFiによるコンセントレータ3台によるホップ通信



- セキュアな情報収集
データは独自暗号化方式で通信、内部モジュールの遠隔変更はSSL暗号方式で通信を実装済み

→平成28年度にセキュリティの検証予定

電波強度 (dBm)



距離と電波強度の影響を確認

研究開発の概要と差異化ポイント

●高耐久性化

■設置する自立型無線センサ端末の環境

- 設置環境が、屋内と比べて厳しい。
 - ・過酷な環境下でも安定的に動作しなければインフラ分野では適用困難

- NEXCO,阪神高速等の事業者にとって、自立型無線センサ端末の寿命及び信頼性確保は重大関心事である。
 - ・インフラの寿命や点検サイクルに比してシステムの寿命が著しく短い場合は適用困難(国交省;社会インフラのモニタリング技術活用推進検討委員会から抜粋)

●オールインワンパッケージング

■端末の長時間性能維持

- 全体として保護出来、かつ衝撃強度、電磁波伝導、光透過、熱伝導性能及び必要に応じて外部との電氣的接続端子が確保できるセラミック型パッケージが必要

●取り付け簡単施工性

■事業者にとって、施工性と維持管理は重要

- コンクリート、鋼板との接着・接合強度が必要

- ベースプレートに接着されたセンサ端末内蔵パッケージを現場で簡単取付け施工

本研究の差異化ポイント

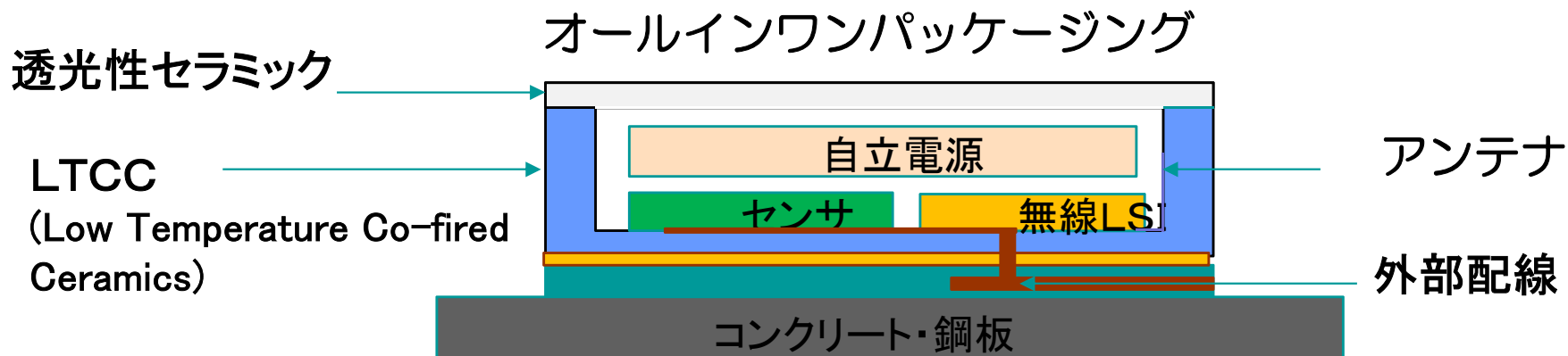
- ◆常時モニタリングを長期に保証するセンサ端末パッケージング技術
- ◆自立電源、無線モジュール、環境センサをオールインワンパッケージング
- ◆パッケージを構造物に強固接着/接合する簡易施工シート実装技術

最終目標

パッケージサイズ; 7cmx10cmx5cm

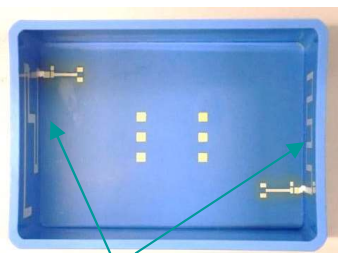
耐久性; 10年以上

開発内容及びこれまでの成果

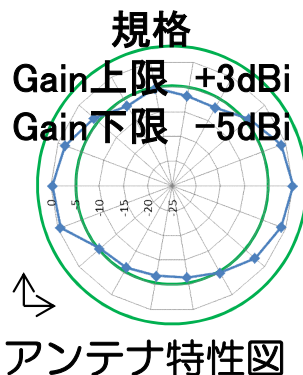


a) アンテナ形成できる大型サイズのLTCC基板及び透光性セラミック基板開発

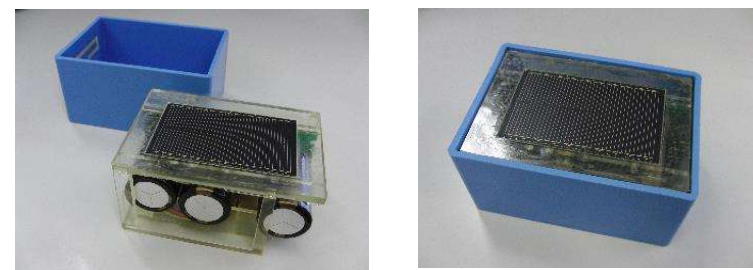
7 × 10 × 5 cmの大型サイズ、かつ低指向性ダイバーシテイアンテナ付きのLTCCパッケージを完成した。



ダイバーシテイアンテナ

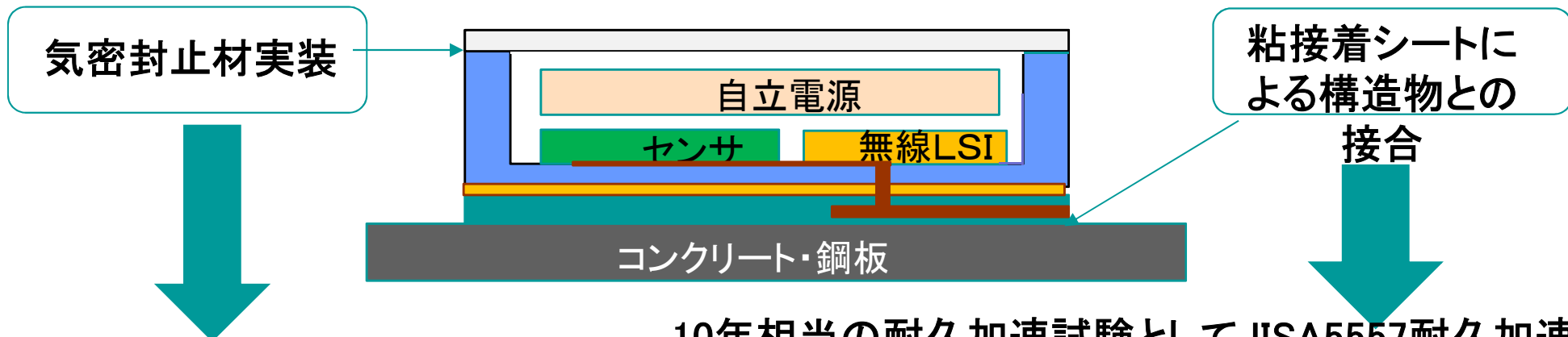


三菱端末パッケージ例



開発内容及びこれまでの成果

オールインワンパッケージング

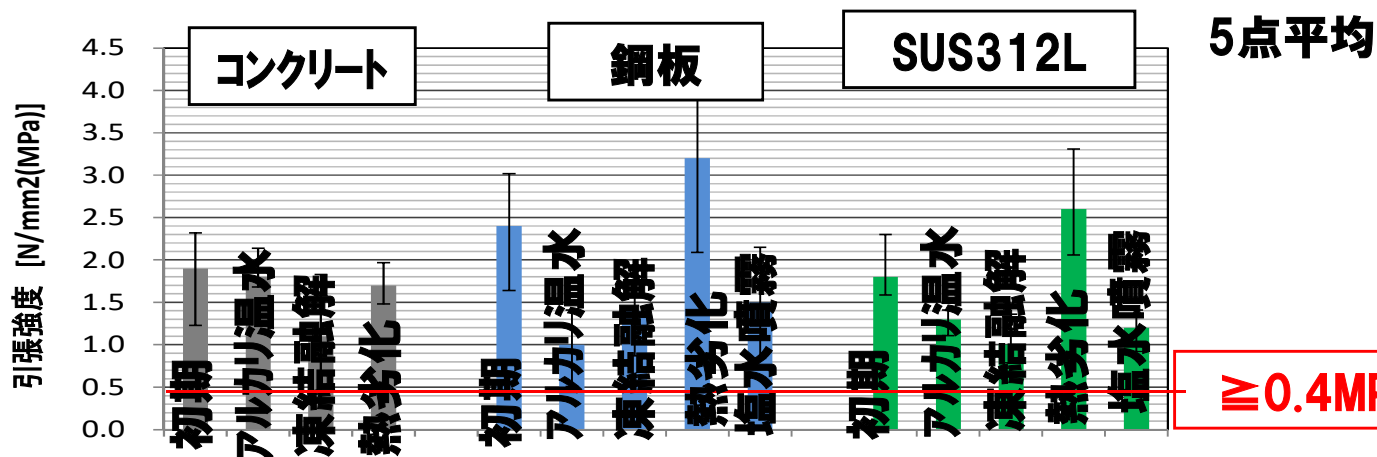


低温接合できる無機・有機複合接合材を開発し、パッケージ封止実装を完了した。耐候性試験(500Hr)、PCT(Pressure Cooker Test)、規格熱サイクル試験(-45⇔80°C、200回)達成。

10年耐久性

10年相当の耐久加速試験としてJISA5557耐久加速試験条件1.5倍を完了、コンクリート、鋼板、SUS312LにおいてLTCCとの引張強度0.4MPa以上であることを確認した。

耐久加速試験 引張試験結果

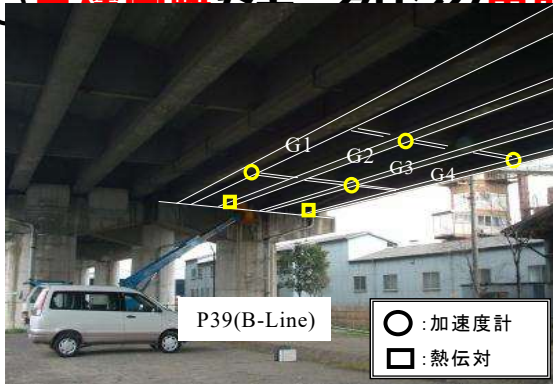


≧0.4MPa

研究開発の概要と差異化ポイント

【現状】

- **個別フィールドのモニタリングシステム**はあるが、フィールドを跨った統合的なモニタリングシステムはない。
(例)
 - ・橋梁モニタリングシステム
 - ・法面モニタリングシステム
- **有線の長期モニタリング**はあるが、**無線センサ**によるモニタリングは一般的には1年未満の**短期モニタリング**であり、研究期間終了後はセンサを取り外している。
- **人や車両**によるモニタリングは**離散的**であり、常時モニタリングできない。
- **人**によるモニタリングは判定に**バラツキ**が大きい。
- **点検困難なモニタリング箇所**がある



有線センサによる橋梁モニタリング



点検車によるモニタリング

【開発内容】

4つのフィールドで自立電源、無線センサネットによる**2年の常時モニタリング実証実験**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。



これまでの成果

予備実証実験

阪神高速13号東大阪線大阪城付近橋梁



極薄歪センサアレイ

(橋梁のひずみ予備計測)

フレキシブル面パターンセンサによる橋梁歪センシング【産総研、大日本印刷】



大阪城公園→

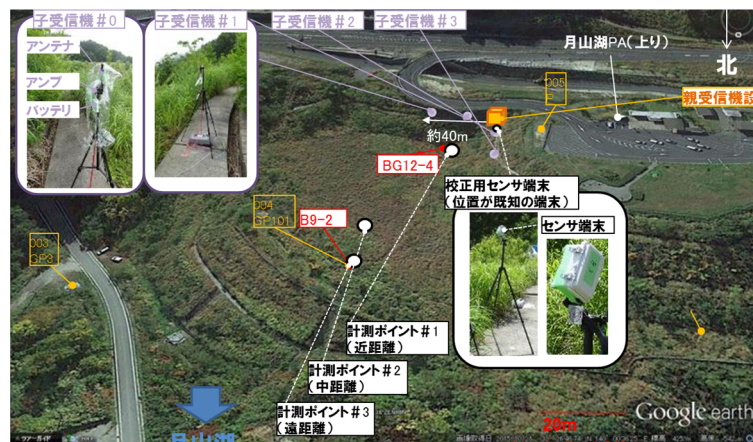


アンテナ内蔵 LTCCパッケージ

(パッケージ接着強度予備実験)

高耐久性パッケージング技術【MMC、大日本印刷、日本ガイシ】

山形自動車道月山湖PA周辺法面



(法面の変位予備計測)

電波変位センサによる法面変位センシング【三菱電機】

中国自動車道・菅野川橋



SAセンサ
加振 10 mm

(橋梁のAE予備計測)

スーパーアコースティックセンサによる橋梁振動センシング【東芝、東大、京大】



傾斜計、加速度計 (頂部)

温度計

加速度計、傾斜計 (基部)

傾斜計、加速度計 PC記録器他 (内部)

情報板全景(設置作業時)

東名高速 下り線 左ルート 吾妻山トンネル入口情報板

(情報板の振動・傾斜予備計測)

傾斜マルチセンサによる道路付帯構造物センシング【富士電機】



情報板

(情報板回線状況予備実測)

無線通信ネットワーク共通プラットフォーム【NTTデータ】

(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(エネルギー関連施設、鉄道、港湾施設等)への展開

(3) 海外事業展開

道路管理者別ごとの施設数



(出典: 国交省資料)

他道路インフラ



エネルギー関連施設



鉄道



港湾施設

**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。**