

「センサ技術の現状と課題」

平成25年12月17日

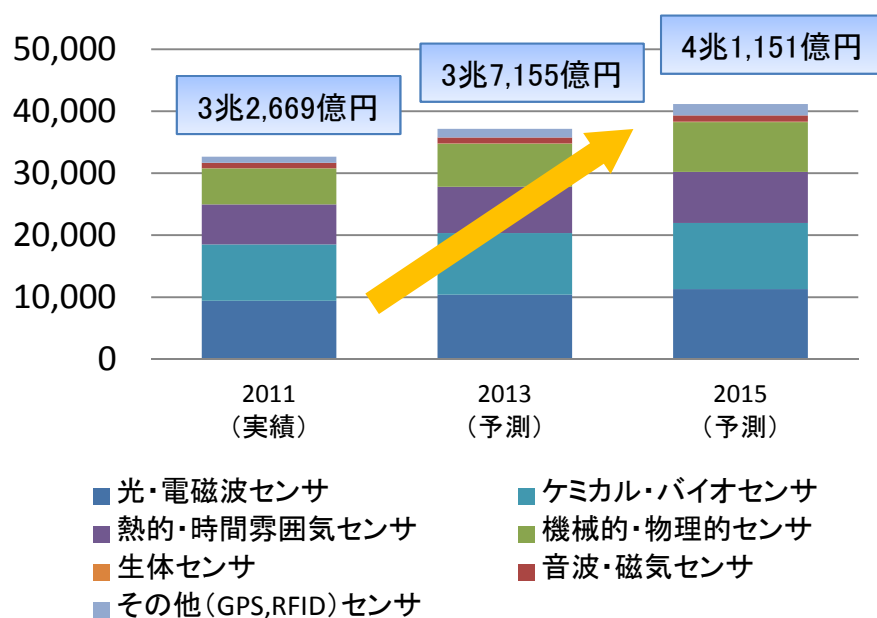


一般財団法人 マイクロマシンセンター
専務理事 青柳 桂一

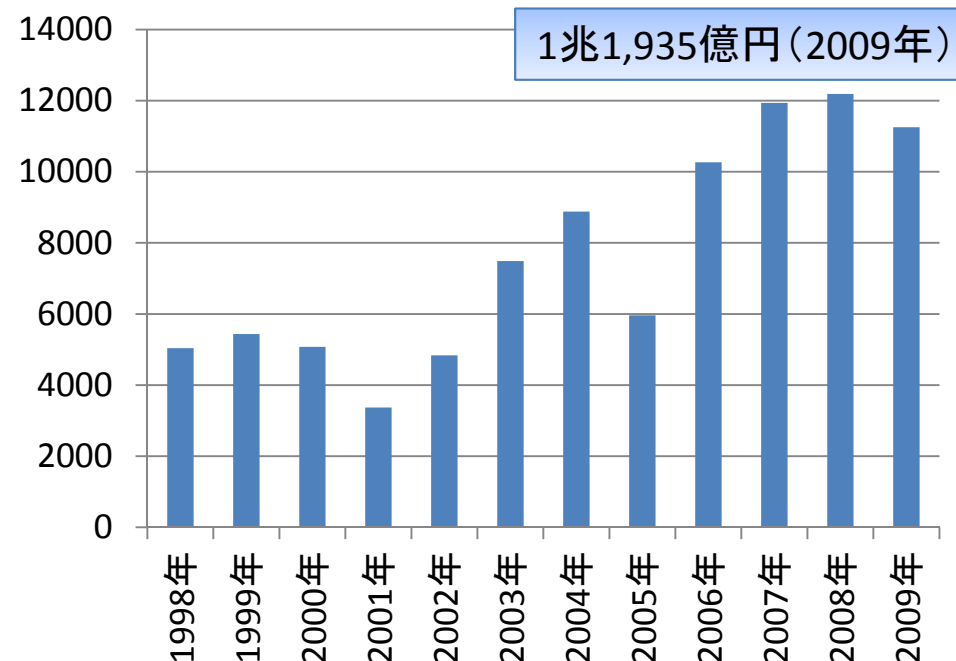
センサ産業の現状

- 世界のセンサ市場は、2013年に約3兆7000億円と推計されており、2015年には約4兆1000億円規模になると予想されている。
- 日本企業のセンサの生産・販売金額は、約1兆2000億円と推計され、約4割の世界シェアを持つ。

世界市場推計(億円)*1



国内センサメーカー 生産・販売額(億円)*2



出典:*1 富士キメラ総研「2012年センサデバイス/・ソリューションビジネス市場調査総覧

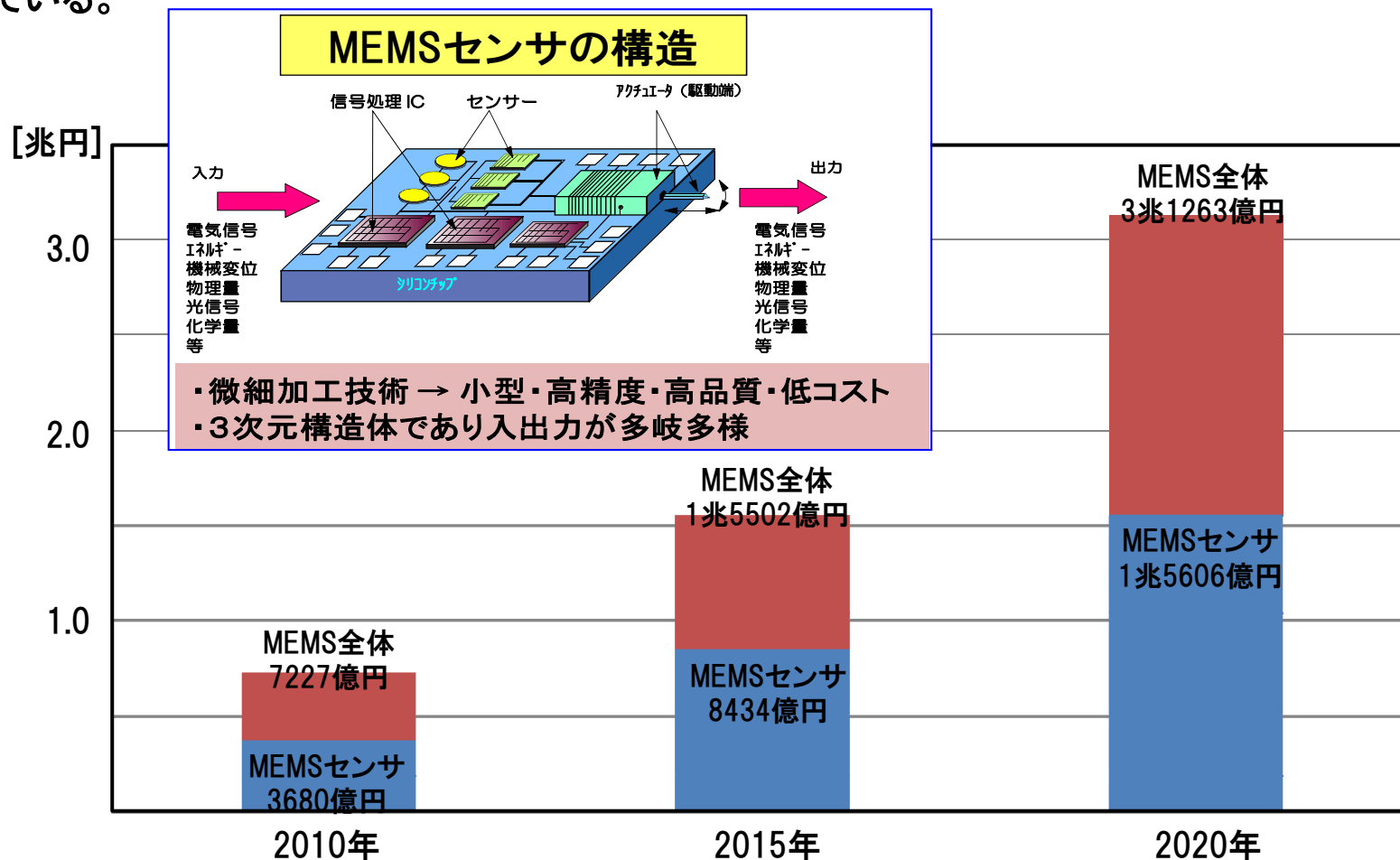
*2 JEITA「センサ生産実績に関する調査研究報告書XXII」

MEMSセンサ市場予測

MEMS: Micro Electro Mechanical Systems

半導体製造技術やレーザー加工技術等、各種の微細加工技術を応用し、微小な電気要素と機械要素を一つの基板上に組み込んだデバイス/システム(センサ、アクチュエータ等)。

各種の最終製品に組み込まれ高付加価値化のキーデバイスとなっており、最近では産業のマメと言われている。

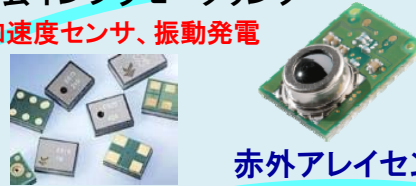


出典:平成23年度MEMS関連デバイス国内市場予測(一般財団法人マイクロマシンセンター)

MEMS 技術～アプリ



社会インフラモニタリング
加速度センサ、振動発電



マイクロフォン

赤外アレイセンサ



車載

歩行者検知・姿勢制御、エアバッグ
起動、タイヤ圧モニタ等



健康モニタリング

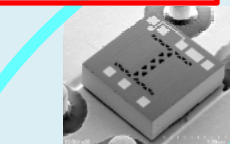
血圧・脈波センサ
体温、体脂肪計測



カーナビ
ジャイロ、地磁気センサ
絶対圧センサ



インクジェット
インクジェットヘッド



ガス流量センサ



圧力センサ



MEMSミラー



振動発電

Fine MEMS Project

MEMS/半導体一体形成技術
MEMS/ナノ複合技術
MEMS/MEMS高集積化技術

Green Sensor Network Project

小型・省電力環境センサ技術
小型高集積無線センサ集積技術
高効率環境発電技術

BEANS Project

3次元ナノ構造形成プロセス技術
バイオ・有機材料融合プロセス技術
マイクロ・ナノ構造大面積製造プロセス

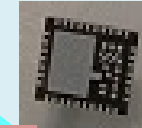
技術

デバイス

アプリケーション



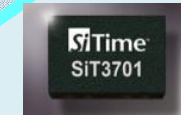
ジャイロセンサ



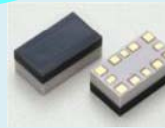
磁気センサ



加速度センサ



Si発振器



RFスイッチ



タブレット



スマートフォン

9軸(加速度、ジャイロ、地磁気)センサ
RFデバイス(スイッチ、フィルタ、発振器)
マイクロフォン、AFアクチュエータ

デジカメ



プロジェクタ

デジタルミラーデバイス

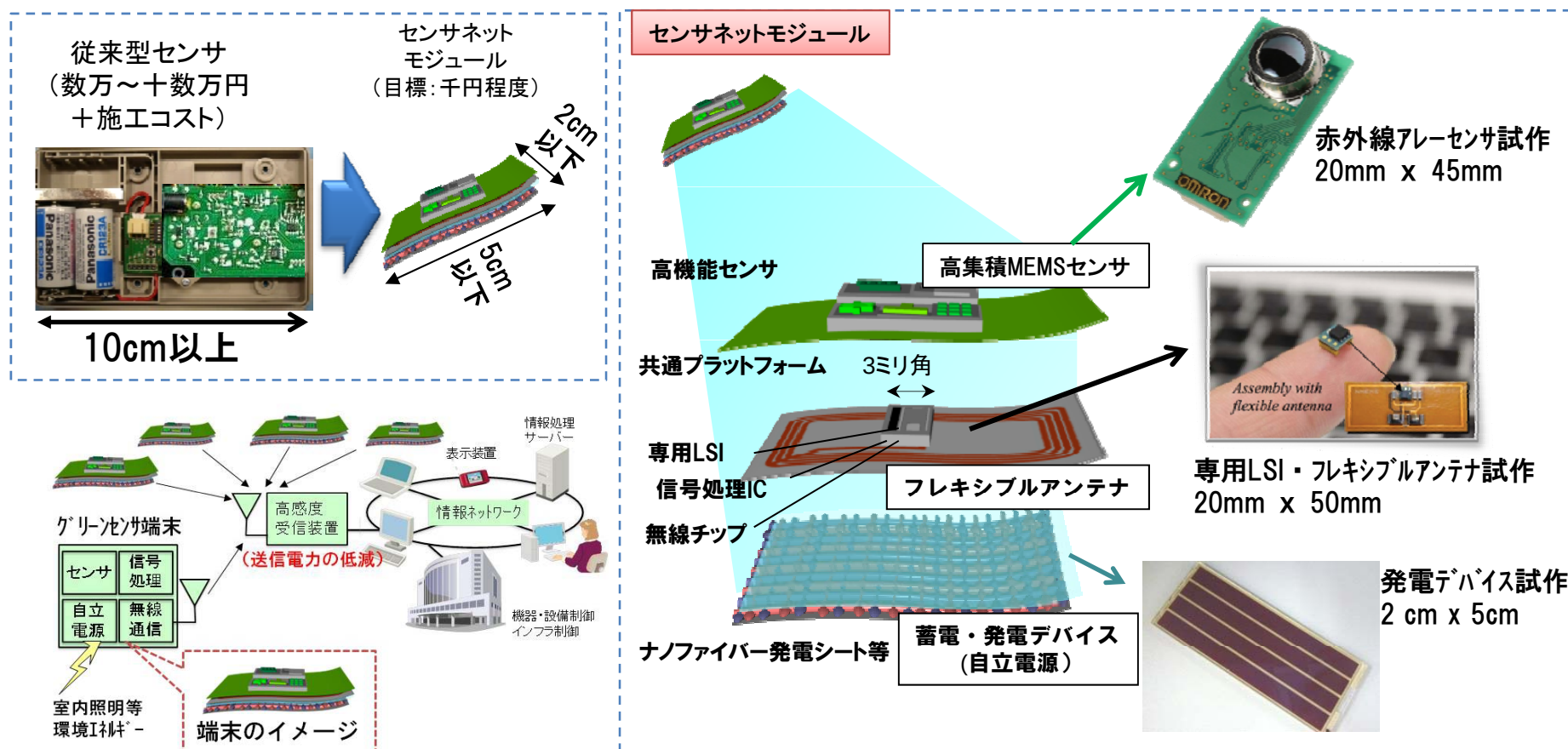
NEDOの取り組み例(その1)ーグリーンセンサネットワークプロジェクトー

■研究期間:平成23～26年度(4年間)

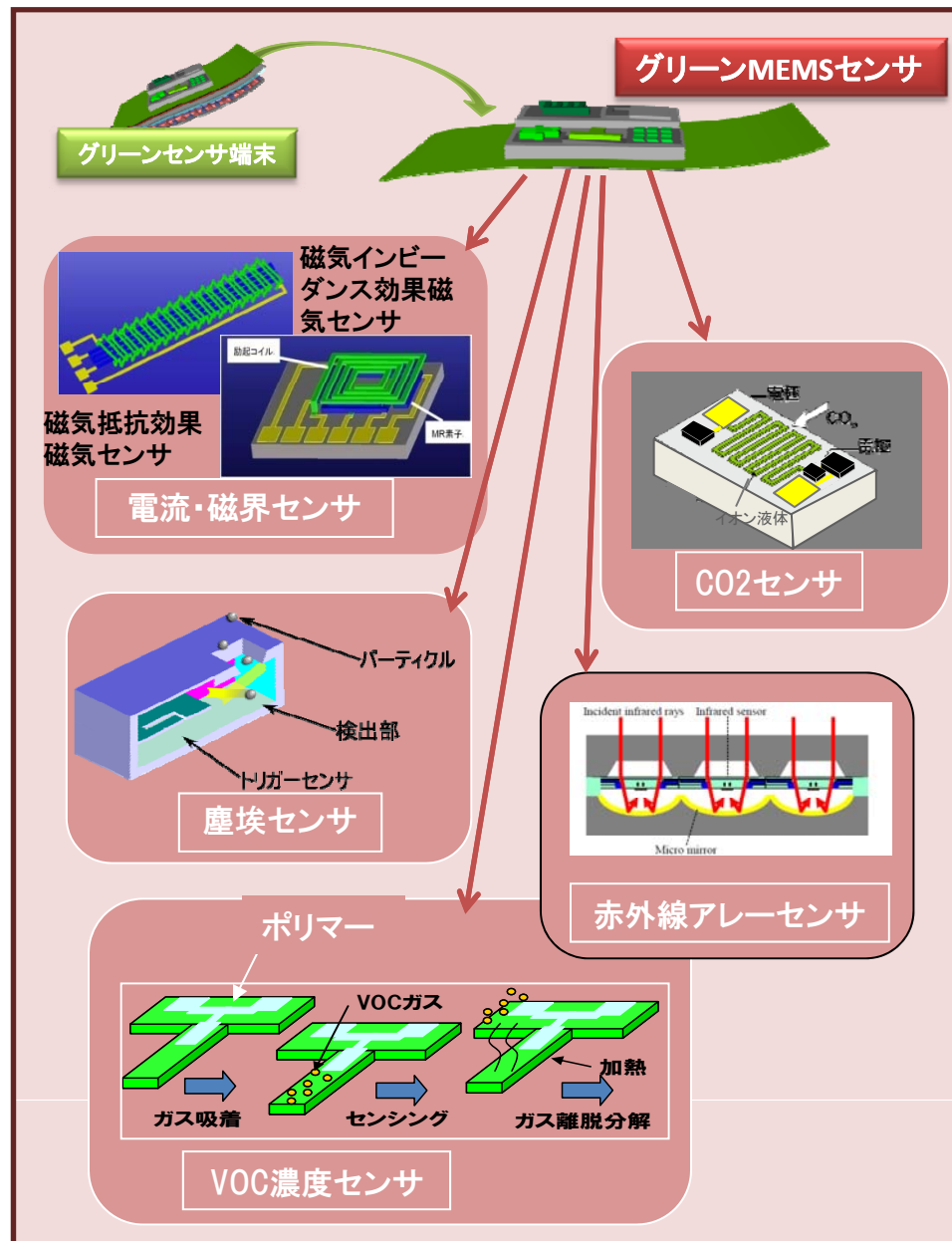
■予算額(NEDO負担):平成24年度7.5億円(総額約30億円)

■実施体制:技術研究組合NMEMS技術研究機構(2/3共同研究)

■組合員:(株)アルバック、(株)エヌ・ティ・ティ・データ、オムロン(株)、オリンパス(株)、住江織物(株)、セイコーインスツル(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)、高砂熱学工業(株)、(株)デンソー、東京電力(株)、東光電気(株)、日清紡ホールディング(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、(一財)マイクロマシンセンター、東京工業大学 (50音・組織順)



研究開発項目① グリーンMEMSセンサの開発



ポイント

(1) 電流・磁界センサ

微細加工技術による超高感度化と共に超小型化により、きめ細やかな計測を実施。

(2) 塵埃センサ

室内の圧力やフローの変化などが発生したときに圧電体が変形し、発電することを利用したトリガーセンサで間欠駆動させ低消費電力化

(3) ガスセンサ

①CO2濃度センサ

小型化、低消費電力化が困難とされるCO2センサを MEMSで実現する。消費電力1/10～1/50

②VOC濃度センサ

Polymerベース振動型の超小型、低消費電力 VOC濃度センサを開発。センサ製造コストは従来のSiベースセンサの約1/10

(4) 赤外線アレーセンサ

空調、照明などの最適制御によるエネルギー効率向上のため、オフィス、工場で人の数・動き・位置と環境温度を同時に計測。赤外線カメラに対し1/10～1/100の低価格化なセンサを実現

研究開発項目③ グリーンセンサネットワークシステムの構築と実証開発

ポイント

(1)スマートコンビニ

センサ端末を試作して店舗へ実装、1年以上のモニタリングを実施して端末・システムの詳細仕様抽出。これに基づき実用型無線センサ端末を開発し、プロファイリングシステムとを組み合わせ、10%以上の省エネに資するグリーンセンサネットワークシステムを構築。

(2) スマートオフィス

オフィス空間における基礎データ評価に加え、ガス濃度、人間情報も含んだ総合的モニタリングを実施。例えば、一人当たりのエネルギー消費量の見える化など新たな見える化／最適化も検討し、多角的な視点で検証を行う。

(3) スマートファクトリ

1)スマート精密部品工場

精密部品工場で、トリガー技術を付加した塵埃センサを搭載した端末で塵埃量や温度など環境データの取得を行う。

2) スマート植物工場

植物工場や化成品工場で、環境発電による自立電源を用いて、CO2濃度センサや既存の照度、温度、湿度等のセンサを駆動させ、環境と生産効率の関係を検証。

3) スマートクリーンルーム(CR)

クリーンルーム応用に特化させた無線センサネットワークを駆動させ、環境モニタリングを実施。

4) スマート製造ライン

製造工程または設備単位で、電流センサを用いた無線ネットワークを駆動させ、電力量と工程負荷との関係を検証。



MEMS 技術～アプリ



インフラの点検・監視に利用されるセンサの種類

機械的・物理的センサ

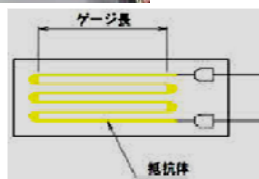
・加速度センサ



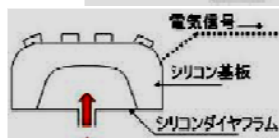
・変位センサ



・ひずみセンサ



・圧力センサ



圧力(気圧、高度、重量)

光・電磁波センサ

・イメージセンサ



・赤外線センサ



・レーザセンサ

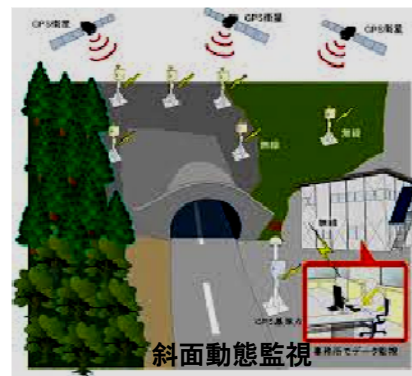


土木・建築構造物



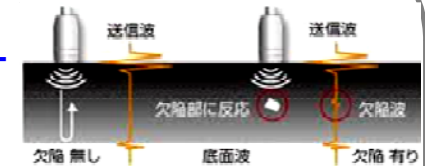
その他

・GPSセンサ

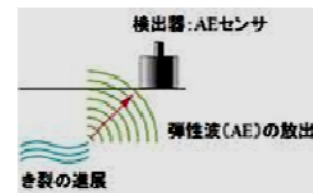


音波・磁気センサ

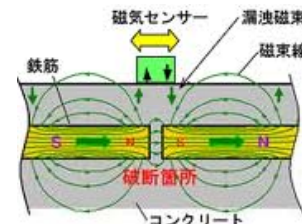
・超音波センサ



・AE*センサ



・磁気センサ



雰囲気・ケミカルセンサ

・温度湿度センサ

・レベルセンサ

・ガスセンサ

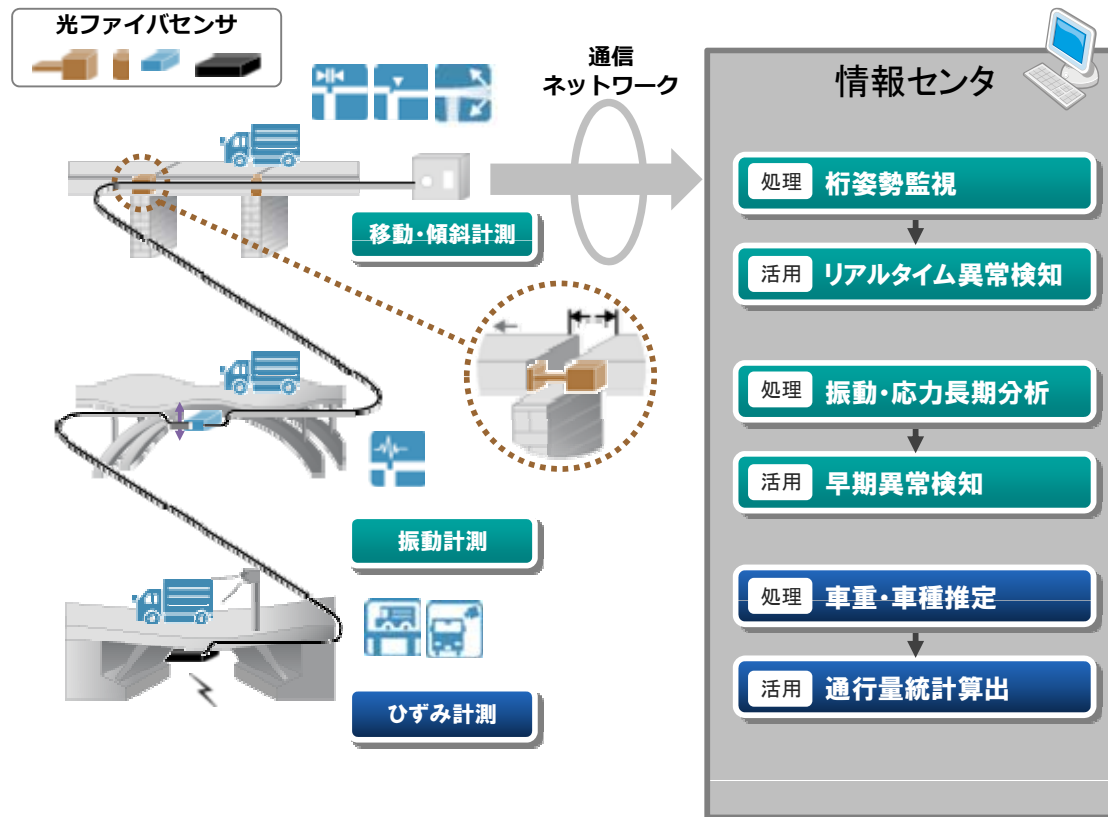


* AE(Acoustic Emission)センサとは、材料が変形または亀裂が発生する際に、材料から発生された弾性波(超音波領域:数10kHz~数MHz)を捉えて、亀裂・欠陥等の動的進展を感知することが可能。

モニタリング測定項目とセンサ種別

測定項目	センサの種別
振動	加速度センサ、ひずみセンサ(動的)
傾斜角度	加速度センサ、傾斜センサ
変位、変形	変位センサ、レーザセンサ、加速度センサ、GNSS/GPS、ピークセンサ
応力、ひずみ	ひずみセンサ、光ファイバーセンサ、
車両通過	加速度センサ、ひずみセンサ、圧力センサ、赤外線センサ、磁気センサ、超音波センサ、イメージセンサ
固有振動数	加速度センサ
ケーブル張力	EM(Elasto-Magnetic Sensor)センサ、ひずみセンサ
周囲環境	温湿度センサ、レベルセンサ、圧力センサ(気圧)、赤外線センサ、CO・CO ₂ センサ、イメージセンサ
コンクリートひび割れ、剥離、亀裂	イメージセンサ、レーザセンサ、赤外線センサ、超音波センサ、AEセンサ(動的)
コンクリート内部の空隙・空洞	超音波センサ、電磁波レーダセンサ
金属部材の腐食、亀裂、破断	イメージセンサ、超音波センサ、磁気センサ、AEセンサ(動的)

各センサのモニタリング利用(橋梁の例)



計測項目とセンサの種類

桁間隔・段差計測



(変位センサ)

桁・脚傾斜計測



(傾斜センサ)

桁応力計測



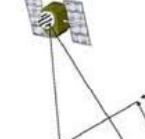
(ひずみセンサ)

振動・衝撃計測



(加速度センサ)

高精度位置計測



(GNSS)

車両画像取得



(イメージセンサ)

環境発電デバイス

太陽光、風力、振動等の環境によるセンサ端末に適した発電デバイス

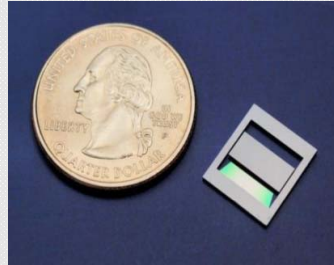
振動発電

最大100mW, 平均10mWを発電



出典: Parasitic Power Shoes Project @ MIT
<http://resenv.media.mit.edu/power.html>

90uW@120Hz

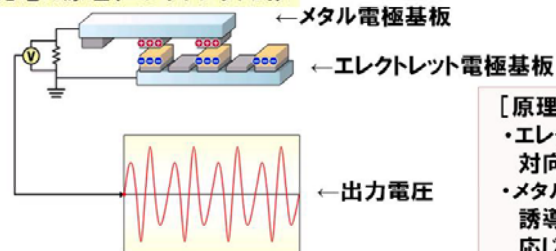


microGen社

100uW@30Hz オムロン開発品



振動発電の原理(エレクトレット式)



[原理]

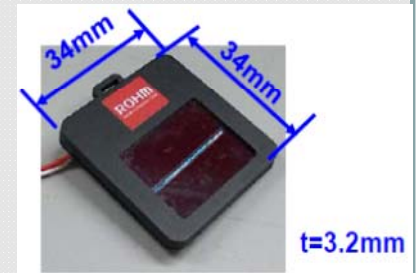
- ・エレクトレット電極に、メタル電極を対向させると、電荷が誘導
- ・メタル電極を振動でスライドさせ、誘導される電荷量の変化分に応じた電圧が得られる

太陽電池

300uW@500lx



TOCOS製



ローム製

風力発電

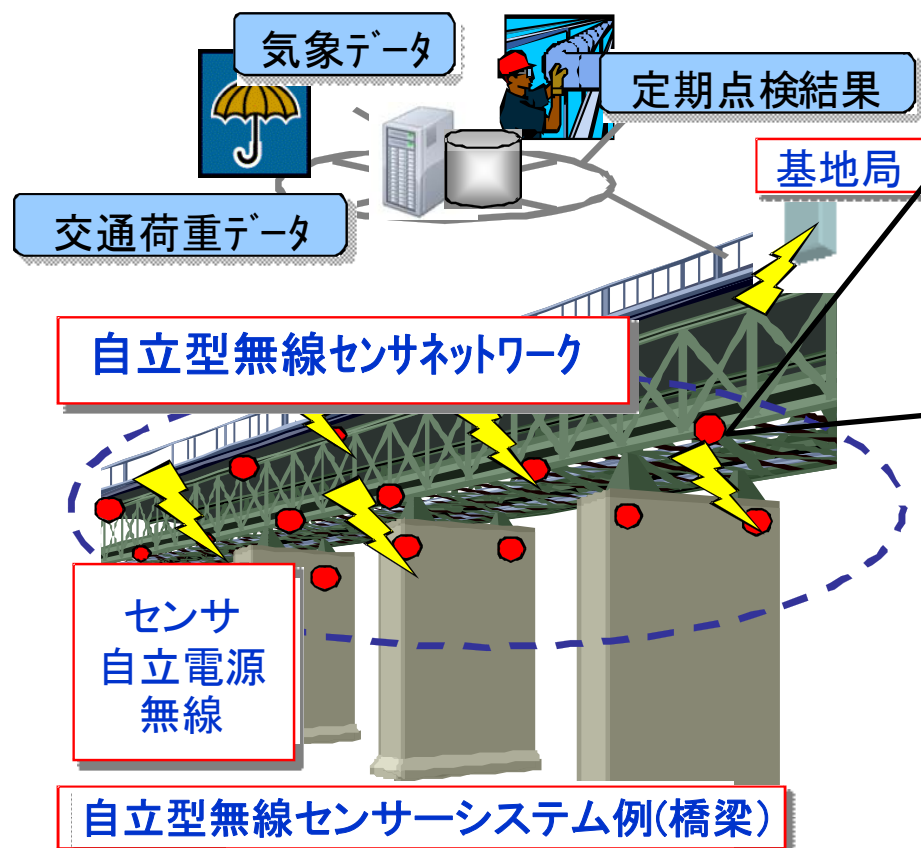


ニュージャパンヨット社 2.8W@20m/s

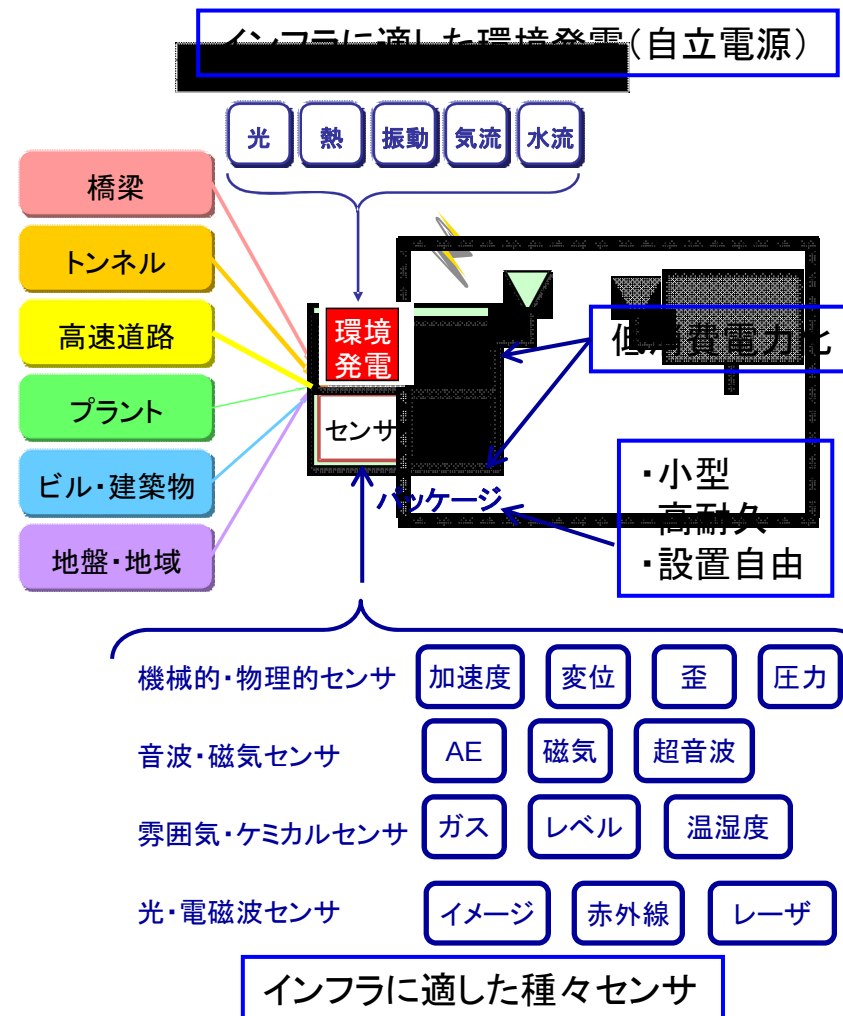
今後のセンサー技術(自立型無線センサーシステム)

項目	現状のセンサーシステムの課題	今後のセンサーシステムへの要求
センサ	大型、高価	小型、安価、高耐久性・高信頼性
電源	有線(設置困難、敷設コスト高い、 災害時断線) 電池(寿命短い、交換大変)	自立電源(環境発電)
通信	有線(設置困難、敷設コスト高い、 災害時断線)	無線、低消費電力
回路	消費電力大	低消費電力
パッケージ	設置が不自由、大型、高価	高耐久、設置が自由、小型、安価
データ処理	データ数限定	ビッグデータ処理 (多数点計測、常時計測)

今後の自立型無線センサーシステムのコンセプト



自立型無線センサー端末構成



社会・産業インフラモニタリングシステムの概要

■研究期間:平成25年8月～26年度3月

■予算額:約6千万円

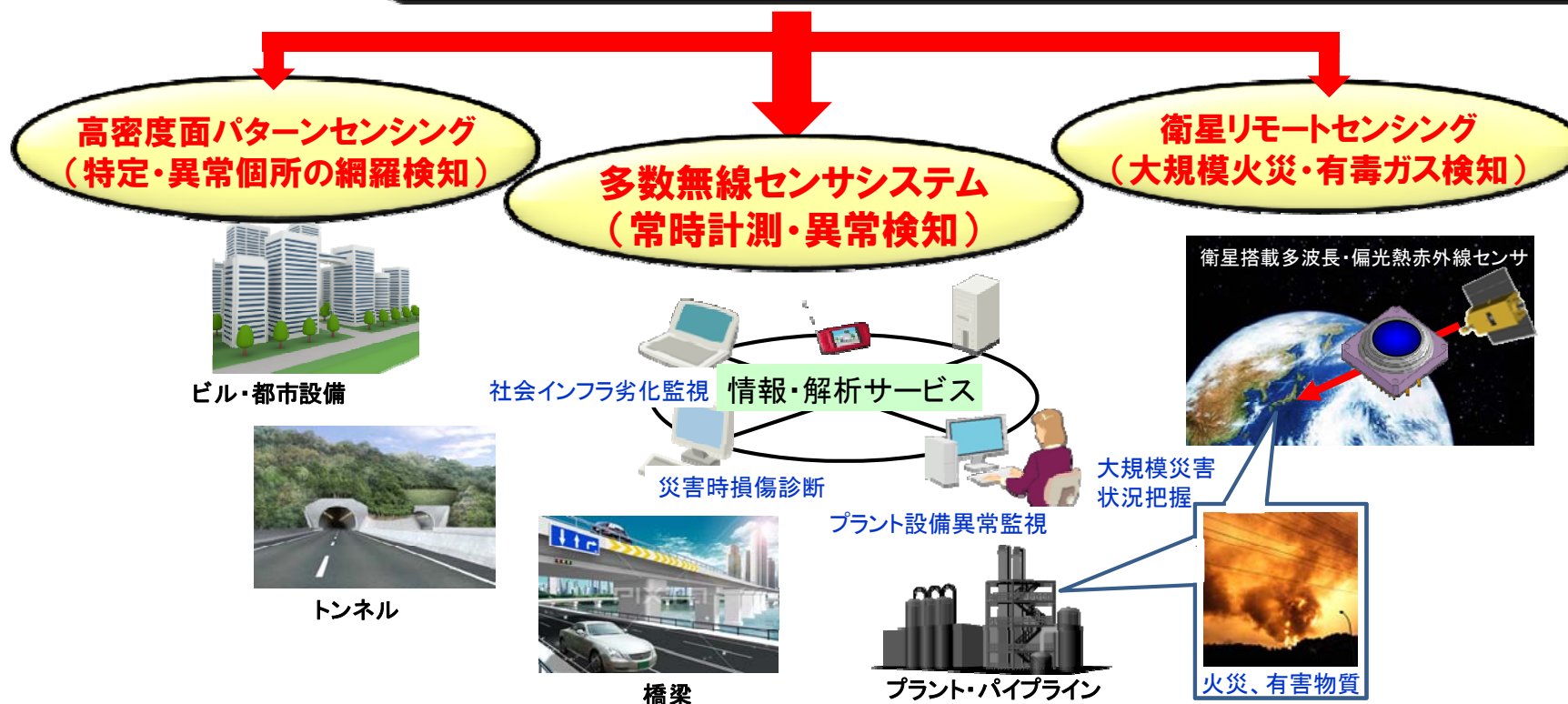
現状の点検システム

- ・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

- ・特定箇所・部材等の不具合兆候のモニタリング
- ・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



社会・産業インフラモニタリングシステム(先導研究)の実施体制

委託

NEDO

(技)NMEMS技術研究機構 先導研究センター

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
- ◆ 幹線道路(橋梁)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
 - ・ AEセンサによる橋梁モニタリングシステムの開発
- ◆ 幹線道路(トンネル付帯物)モニタリングシステムの研究開発
- ◆ 公共施設設備モニタリングシステムの開発

II. 高密度面パターンセンシングシステムの開発

III. 広域(衛星リモート)センシングシステムの開発

IV. 自立型無線高耐久センサシステムの開発

参加組合員:オムロン、東芝、日立製作所、大日本印刷。高砂熱学工業、パナソニック、三菱電機、産業技術総合研究所、マイクロマシンセンター

再委託

再委託先:1大学

関連協力機関:4機関・企業

フィールド毎のシステム開発分担および要素技術開発の水平分担

要素技術 \ フィールド	プラント・パイプライン モニタリングシステム	幹線道路モニタリングシステム (橋梁、トンネル)	公共施設設備 モニタリングシステム
収集物理データ	フィールド 一貫通貫 に要素技術 を インテグレート	桁間隔・段差、桁・脚応力、傾斜、振動・ 衝撃、桁応力、表面欠陥、構造物損傷・ 落下、漏水、異常音、火災	圧力、流量、亀裂・ガス漏れ、 漏水、異常振動・音、変位、火 災
収集環境データ			温度、湿度
センシングデバイス 多点、面パターン、衛星リモート		変位、加速度、傾斜、歪み、桁間隔超過、 赤外線等	加速度、フロー、ガス、赤外線、 紫外線
自立電源	要素技術の各フィールドへの展開		
自立型無線高耐久センサシステム	フィールド 一貫通貫 に要素技術 を インテグレート	低高温・高湿度、耐水、落雷、粉塵、 排ガス塩害	漏水、高温・高湿度
通信方式・プロトコル、信号処理LSI			GSN成果をベースに高信頼性 化
受信機・中継機		GSN成果をベースに 配置・データ転送の最適化	GSN成果をベースに配置・ データ転送の最適化
NWシステム		無線センサNWの有用性検証、 運用ユーザシステムとの互換性	無線センサNWの有用性検証、 運用ユーザシステムとの互換性
データ分析・劣化・破壊予測		異常検知(閾値越え)アルゴリズム、 統計情報(長期傾向把握)、シミュレ ーション(耐久性能劣化予測)	異常検知、耐震診断、劣化診 断アルゴリズム

加速度センサによる橋梁モニタリングシステムの開発

最終目標

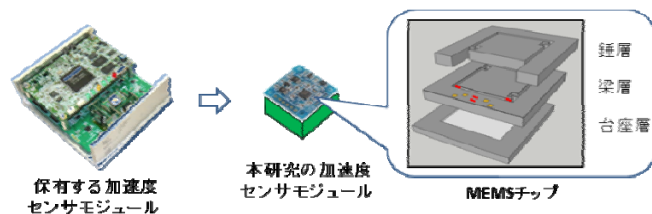
加速度検知による橋梁の地震等による異常検知と経年劣化診断を行う無線センサネットワークの開発および、そのための橋梁の低周波振動に適した加速度センサ・自立電源の開発。

先導研究目標

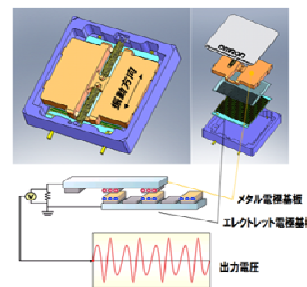
先導研究では、橋梁の異常検知、劣化予測に必要な無線加速度センサ及び自立電源の機能、性能の明確化

方法

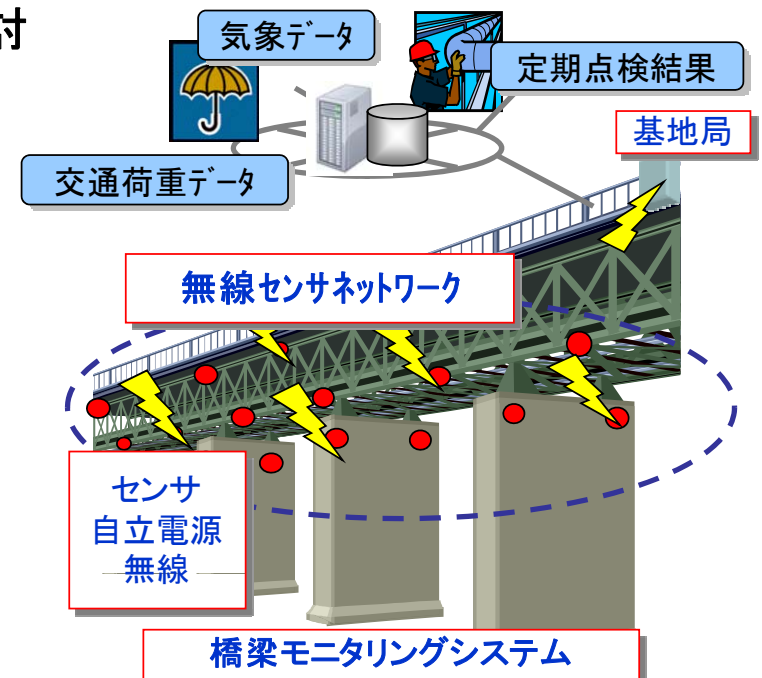
文献による橋梁の健全度把握システムの実現性の検討
および加速度センサ、振動発電デバイスの原理検証



低周波加速度センサ
の原理検証



振動発電デバイスの
原理検証



自立型無線高耐久センサシステムの開発

最終目標

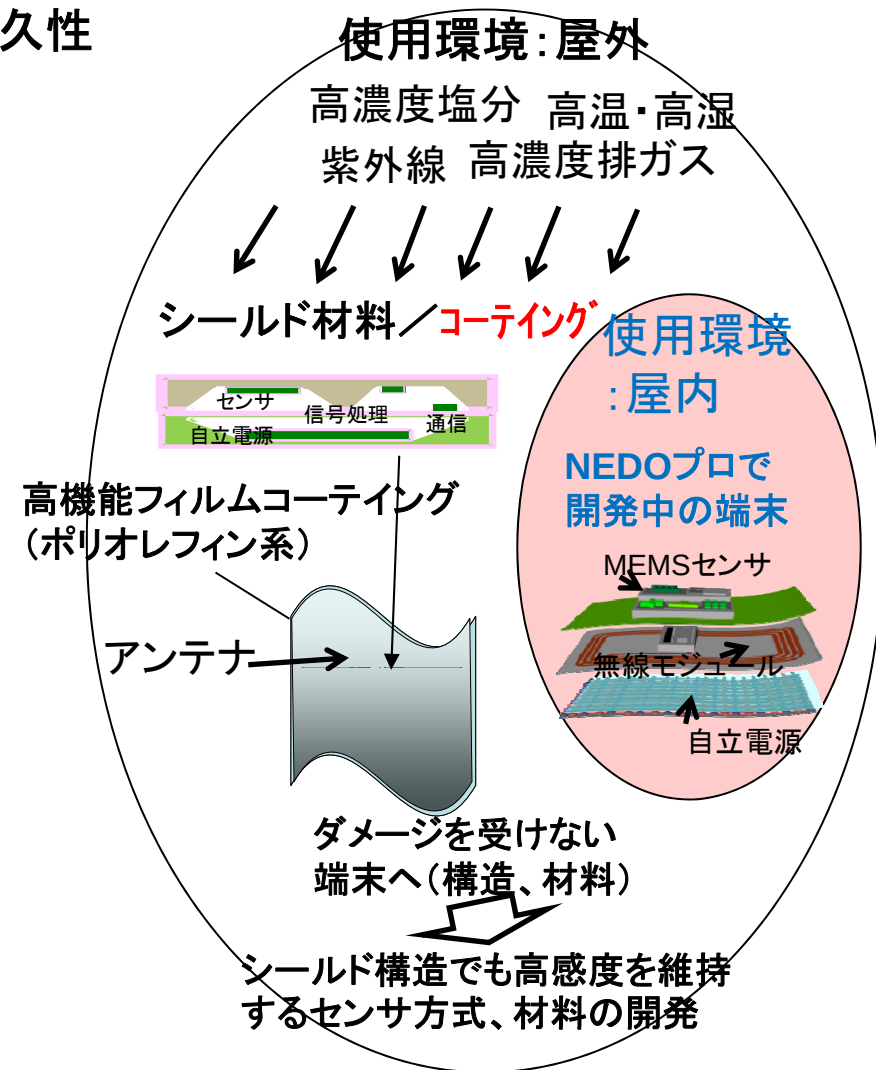
屋外の過酷な環境においても使用可能な高耐久性のある自立型無線センサシステムの開発

先導研究目標

10年耐久性／低コストの大量設置型無線センサ端末開発を想定した電磁波が透過するアンテナ内蔵高気密シールド構造、高耐久性材料の仕様設定をする。

方法

開発中のグリーンセンサ端末のモジュールを用いて、屋外環境での暴露実験およびシールド材料・構造案の抽出及び評価を行う。
シールド材として高機能フィルム多層コートも検討する。



ま と め

1. 社会インフラモニタリングに対応できるセンサーシステムは現在でも多数。ただ、現状ではセンサー自体が**大型で高価**である、**電源部分が有線/電池で手間**がかかる、**設置が不自由**になる等の課題あり。
2. これに対して、**自立型無線センサーシステム**は、**小型で安価**、**環境発電でメンテ不要**、**設置が自由**などの点から有力なツール。**不具合箇所や補修箇所の常時モニタリング**などに威力を発揮するものと期待され、かつ**従来の点検システムと補完**しうる。
3. 今後のセンサーを用いた**モニタリングシステムの開発・実証**に当たっては、**社会インフラの管理サイドとの十分な連携**が必要。特に**実証場所の提供**、**個別インフラの挙動・不具合箇所等に関する知見**、**モニタリングデータの蓄積・解析**などについては連携が必須。

謝 辞

本研究の一部は、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の共同研究業務および委託研究業務の結果得られた成果です。