

ナノセンサデバイスを活用した道路管理手法に関する研究

【本研究の目的】

豪雨に伴う斜面崩壊の危険，老朽化の恐れのある構造物．．．

⇒これらを管理する

モニタリングに要する労力と費用の低減を図るのが目的。

【研究の取り組み方法】

家庭内ゲームでは既に

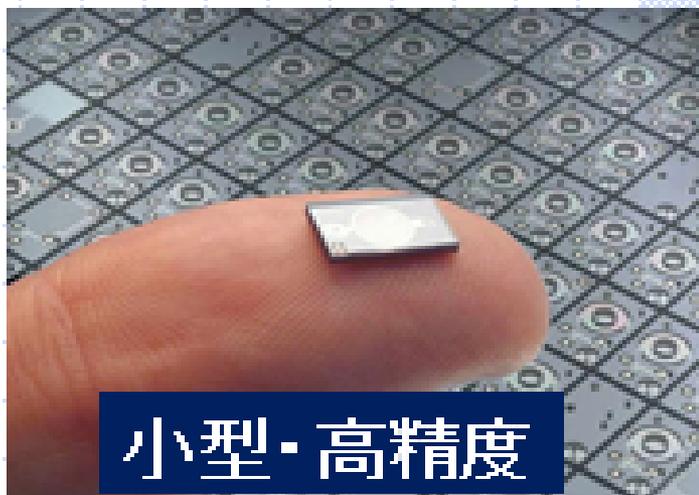
「小型でリアルタイムで体の動きをパソコンに表示する」無線センサが実用化されている。

⇒この最先端のセンサを土木分野へ応用する

**：いつでも、どこでも、簡単に、より細かいところまで監視できる
センサネットワークを実現させる。**

- ・国土交通省近畿地方整備局道路部
紀南河川国道事務所
- ・京都大学大学院
- ・国際航業，可視化ビジョン，熊谷組，
サンコーコンサルタント，地層科学研究所

ナノセンサデバイス使用モニタリングの特徴



小型・高精度

先端技術の導入による
管理技術の
“低コスト化”“高効率化”
“省力化”を測る

- ・ 多数のセンサを配置できる。
 - ・ どこにでも簡単に設置できる
 - ・ リアルタイムで3次元の動きを捉える



データの無線通信を導入

- ・ 機器のメンテナンスが不要
- ・ 計測機器自体が災害に強い:有線が無い
- ・ 安いので使い捨てのシステムが出来る

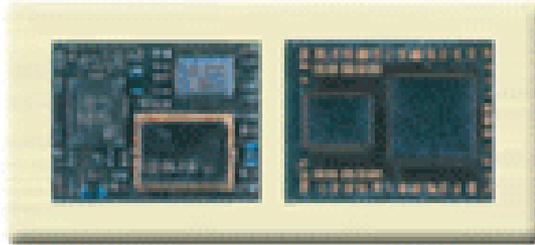
本研究が実現するモニタリングの特徴

- 多数のセンサを配置できる：密な計測が可能。
- 計測機器自体が災害に強い：有線が無い。
- 計測機器の設置の自由度が大きい
- 設置した場所の概観を損ねない
- 落雷，誘雷によるデータ欠損の心配が無い
- いつでも，どこでもデータを見ることが出来る

ナノセンサデバイスは“身近な製品”に普及

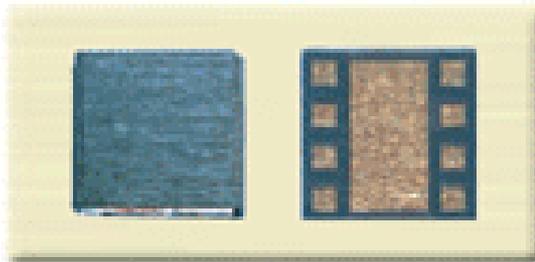
SWモジュール

Switch module



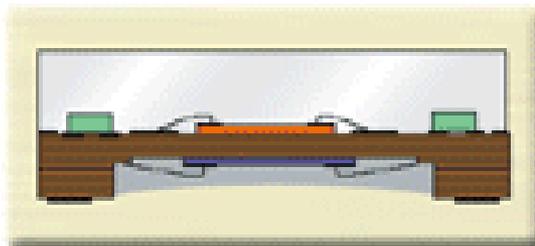
PAモジュール

Power Amplifier module



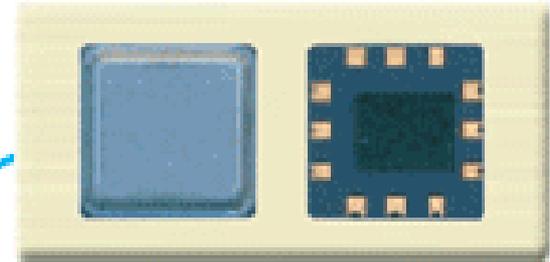
GPSEモジュール

GPS module



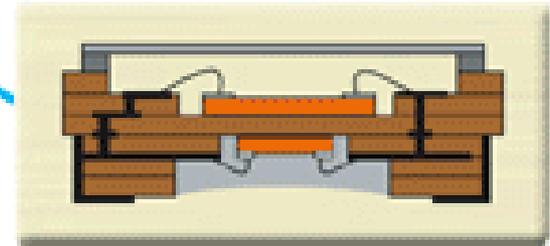
磁気+加速度
センサモジュール

Magnetic & Acceleration sensor



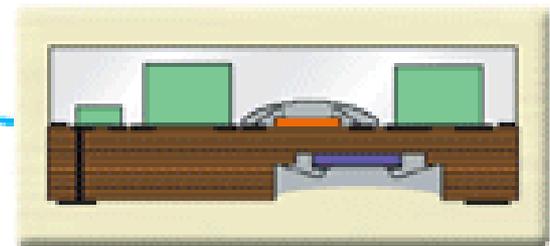
ジャイロセンサモジュール

Gyrocompass sensor module



TVチューナーモジュール

TV tuner module



ナノセンサデバイスは“3次元の動きを検知”



開発したモニタリング 技術の概要

センサデバイスを対象物に設置



小型センサを高密度に自由に設置

計測データを基地局に無線で送信



計測結果をパソコン上のWebで監視

いつでも、どこでもリアルタイムに監視

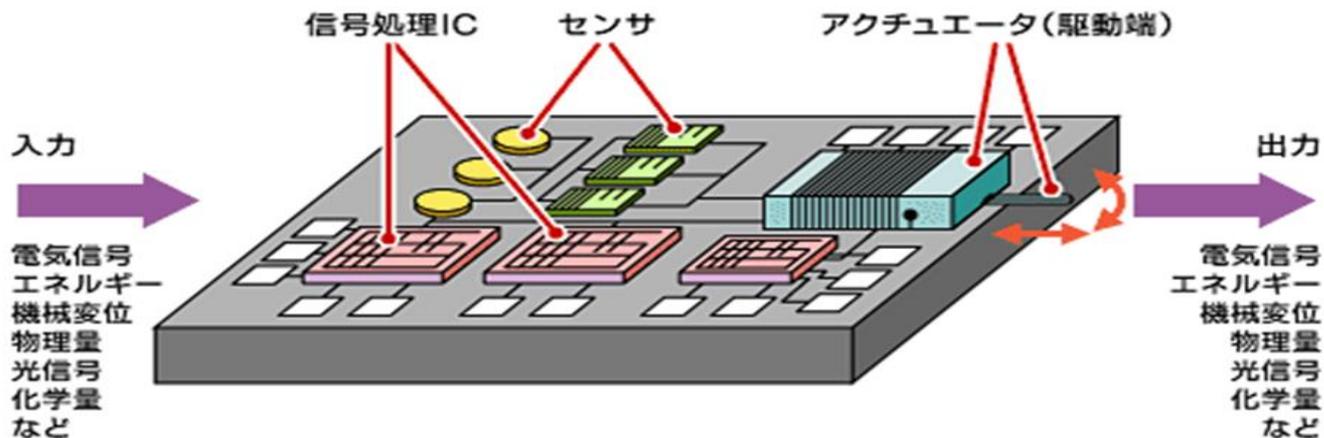


基地局

ナノセンサデバイスとは＝超型センサ

MEMS (メムス : Micro Electro Mechanical Systems)

NEMS (ネムス : Nano Electro Mechanical Systems)

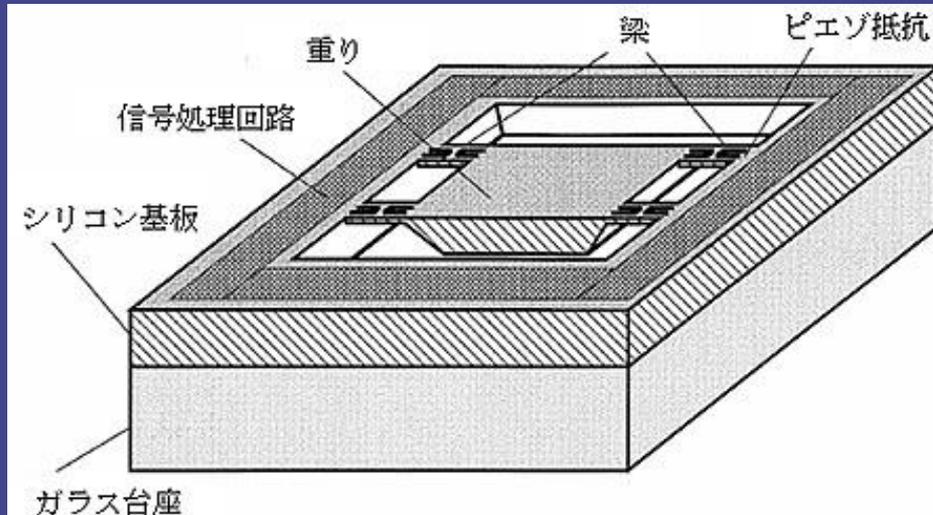
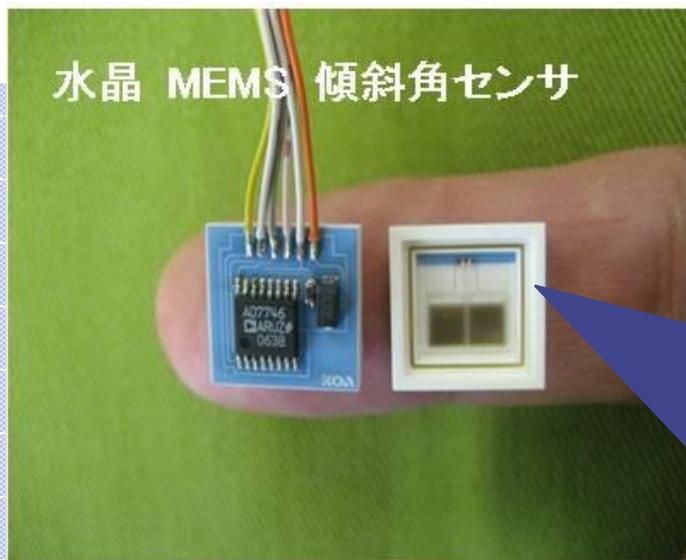


- ・ 安い
センサ単価
＝数100円

- ・ センサの
品揃えが豊富

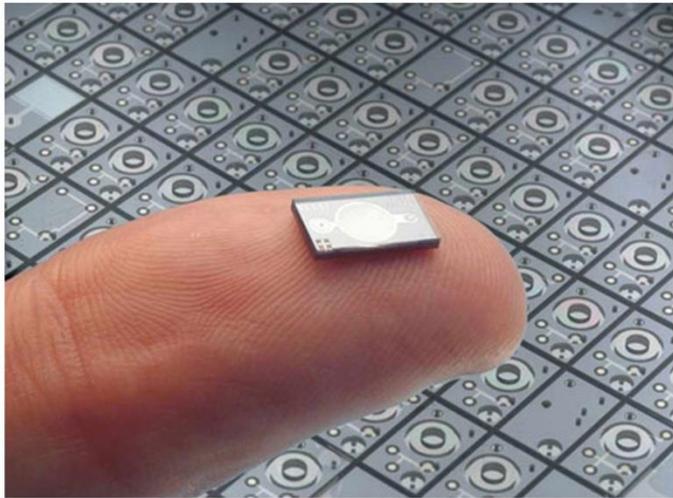
- ・ 無線モジュール
と一体化可能

水晶 MEMS 傾斜角センサ



開発したナノセンサデバイスの概要

我が国の“物作り”技術を結集して水晶振動子を開発



- ・傾き， ひずみ， 温度， 湿度
変位， 位置， 振動．．．
など， あらゆる物理量を測る
センサを一体化

「モニタリング」に必要なすべての要素を備えた
超小型センサを実現できる。

- ・ 基地局から見通せないところにも設置可能
- ・ 数100mの遠距離間に高密度配置が可能
- ・ ダイレクト通信によるメンテナンスフリー

開発したセンサデバイスの仕様

- ・0.1度の分解能で
3次元の傾斜を計測.
- ・303～429MHzの周波数
でデータを送信
:データ送信に障害物・植生
の影響を受けない
↓
微弱無線で100m,
特定省電力で500m
遠方の基地局にデータ送信.
- ・10分間隔の計測で.
5年間稼働
:電池の容量によって
稼働期間は延長可



寸法65 × 53 × 36mm

- ・温度・湿度センサも組み込み
温度と湿度の補償を計算して
データを送信する.

ナノセンサデバイスは“どこにでも簡単に”設置できる



落石危険箇所



斜面崩壊危険箇所



構造物(擁壁)
ヘルスマonitoring

【研究期間中の実績】

安価, 小型, 高精度で対象物の挙動を検知するセンサネットワークの実現



- ・橋杭岩: 景観を害さないモニタリングシステム
- ・見草地区: 植生で見通せない個所の落石検知
- ・椿地区: 台風12号上陸時 岩塊安定性評価
- ・各種構造物の施工中のヘルスマonitoring

実施例（1）：落石検知

国道42号線

計測対象箇所の特徴

- ・従来の計測機器では観測困難
- ・植生に覆われている
- ・計測したい石が広範囲にある
 - ：基地局から見て遠方の設置箇所が多数ある。
- ・メンテナンス作業が困難



転石



浮石

実施例（1）：落石検知

危険な個所に直接センサを貼り付ける



実施例（1）：落石検知

安価なのでコストを気にせず設置可能



実施例（1）： 落石検知

データを収集する基地局を設置



電源は太陽電池
永久に動作する

基地局も植生の影響を受けない。

センサから300mの位置に自由に設置できる

システム全体の省電力化が可能

⇒ メンテナンスフリーのシステムを実現

狭帯域無線による
ダイレクト通信



定期的にセンサを稼働

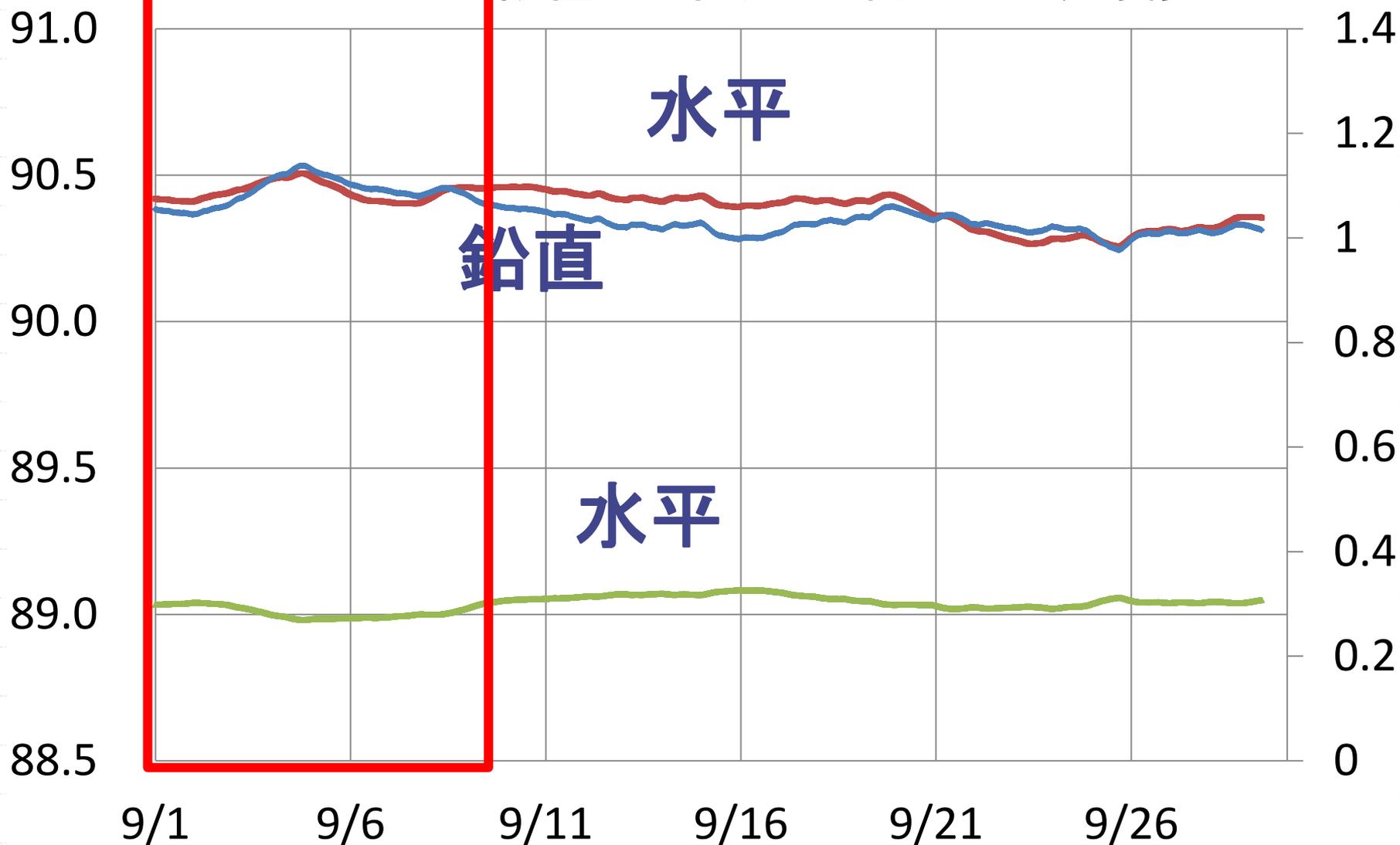
：それ以外はスリープ（休止）状態にする。

- ・センサ稼働時の電力：1209mA/H，スリープ時の電力 864mA/H
⇒ リチウム電池2本の電力で2000日（5分間隔）稼働

台風12号上陸

：管理者に代わって落石危険個所をモニタリング

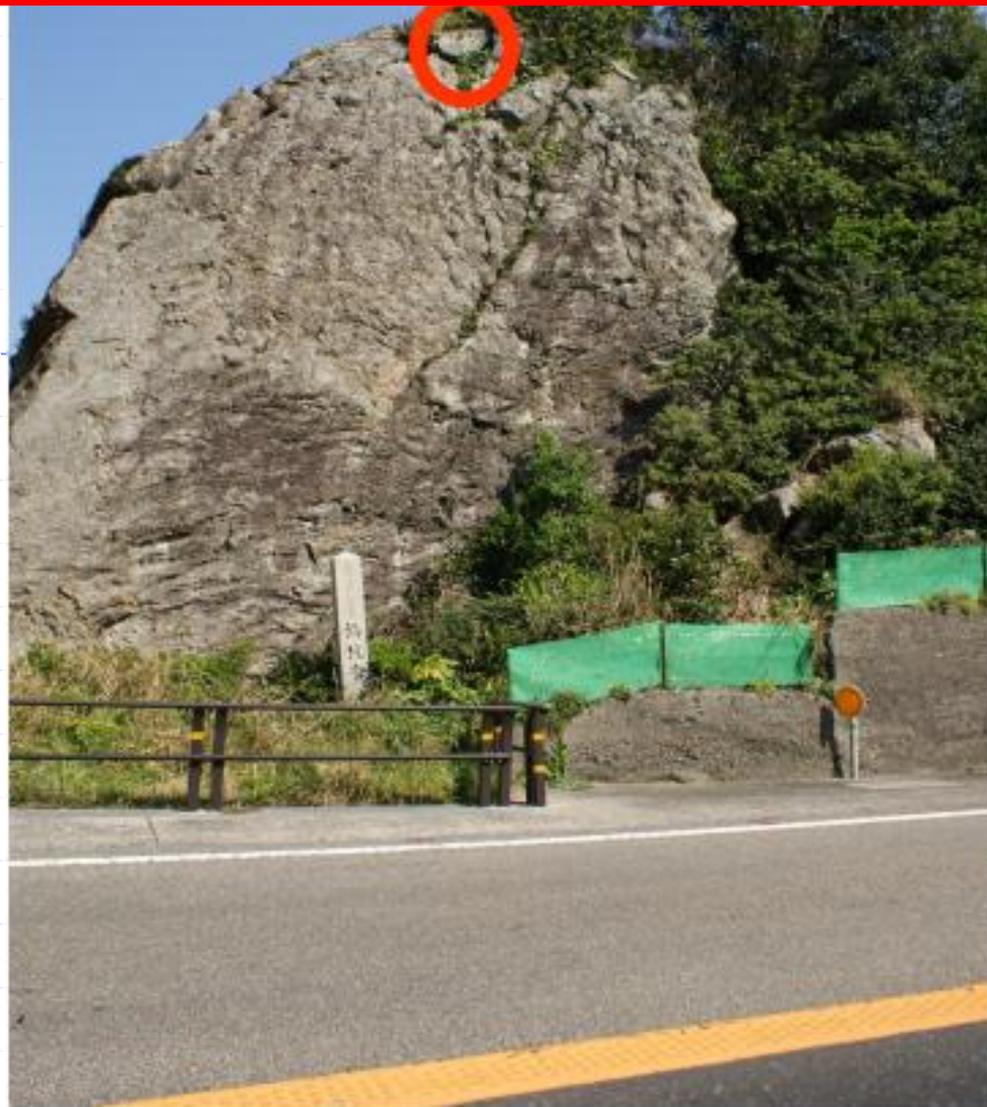
設置した岩塊の3軸方向の角度変化



実施例 (2) : 岩盤崩壊検知

○の箇所にセンサを設置

: 変位する方向を検知してパソコン画面に表示する



実施例（2）：岩盤崩壊検知

概観を損なわずに設置できる



挙動を3次元でパソコン画面上に表示

:いつでも、どこでも、リアルタイムで監視できる

変位の大きさと方向を
管理者に分かり易く
パソコンに表示



実施例 (3) : 構造物(擁壁)の施工時の安定性監視 施工の支障にならずに設置できる



“無線技術も工夫”

世界一厳しい日本の電波法に対処するため

「本研究で開発した無線技術の利点

- ・ 使い道の制限が無い
- ・ 無線局の申請が不要
- ・ 送信時間の制限無し

携帯電話の100万分の1の出力
でモニタリングデータを配信

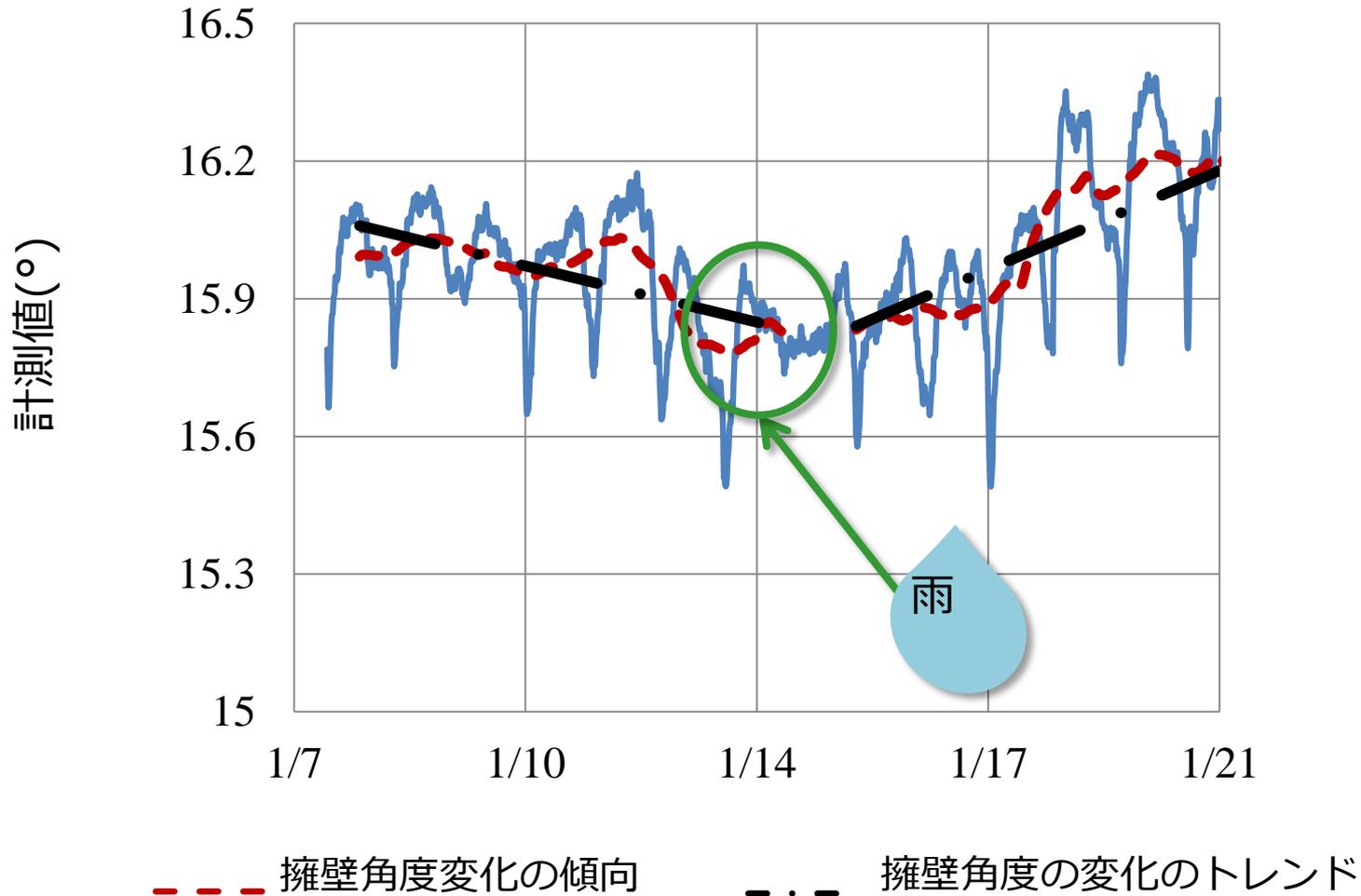


どこにでも監視システム
を構築できる



実施例 (3) : 構造物(擁壁)の施工時の安定性監視

降雨時の微小な変化を検知



地域貢献度

2009年5月8日 紀伊民報にて紹介

天然記念物「橋杭岩」の一部で、亀裂や浮き石が見られ、近くを通る国道42号に落下する危険性があるため、国道を管理する国土交通省紀南河川国道事務所(田辺市)は、岩に小型センサーを取り付けて調査を始めた……



2011年1月15日 紀伊民報にて紹介

国土交通省紀南河川国道事務所(和歌山県田辺市)は、和歌山県串本町にある国の天然記念物「橋杭岩」の一部に亀裂や浮き石が見られるため、防災工事を始めた。隣接する国道42号に岩や石が落下する危険性があるためで、…

1カ所は、同町姫の弘法大師堂裏にある高さ約20メートルの柱状の岩。亀裂が5カ所、計十数メートルにわたって入り、不安定な状態になっているため…

もう1カ所は、同町くじの川の樹木に覆われた斜面。大小20～30個の浮き石が積み重なっている。転がり落ちる危険性があるため…

紀南河川国道事務所は、2009年3月から6カ所に小型変異検知センサーを取り付け、亀裂や浮き石が動いていないか調査していた。動きは確認されず、センサーは取り除くという



官産学連携による“防災”への本研究の取り組みの実績

平成21年度 国土交通省 国土技術研究会 優秀賞

近畿地方整備局 紀南河川国道事務所
串本国道維持出張所 受賞

平成23年度 国土交通省 国土技術研究会 最優秀賞

近畿地方整備局 和歌山河川国道事務所
工務第二課 受賞

平成24年度

地盤工学会関西支部 地盤技術賞 受賞