

平成26年度第1回技術研修会  
(公財)佐賀県建設技術支援機構  
@アバンセホール(生涯学習センター)  
平成26年7月2日 13:30-16:30

## 地球観測衛星および地上計測 システムによる防災

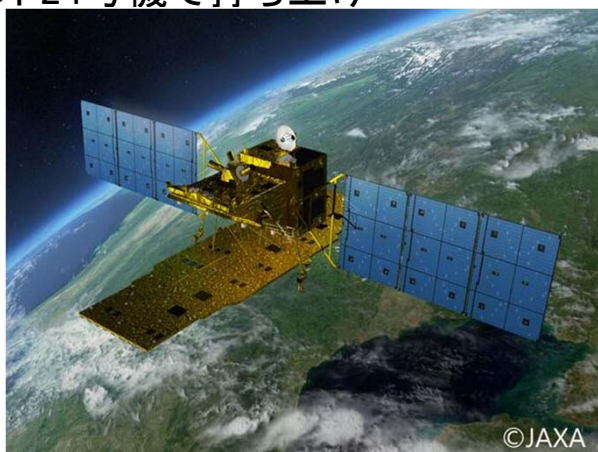
佐賀大学名誉教授  
大学院工学系研究科特任教授  
新井康平

### はじめに

- 宇宙基本法→宇宙基本計画→宇宙庁
- 被災状況把握→防災(国際的取り組み→アジア防災(Sentinel-Asia)、日本の役割)
- 東日本大震災における地球観測衛星の果たした役割  
→地球観測衛星による被災状況把握→地球観測衛星の限界→地上観測網、事前評価、災害シミュレーション
- 地球観測衛星の現状(Alos-2:大地2号)
- 国土交通省防災ポータル
- 衛星および地上センサネットワークによる地すべりモニタシステム(レーザ測距の有効性および地すべり実験)
- センサーネットワークにおけるZigBeeの役割→建築物の危険度モニタシステム
- 超小型地球観測衛星(ほどよし、QSAT/EOS、CE-SAT等)

## SAR搭載ALOS-2打ち上げ

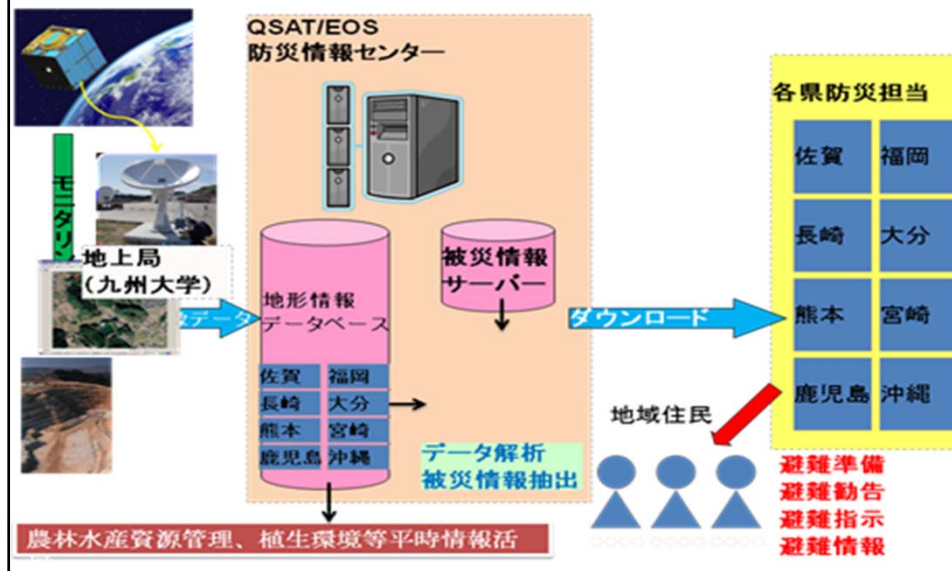
- 5月24日(土)12時5分14秒「だいち2号」がH-IIAロケット24号機で打ち上げ



## 災害監視概念

- 国、地方自治体のハザードマップ→監視域の特定(優先順位の高い順に観測頻度を割り振り)
- 複数衛星および機動的観測による高頻度観測→幾何学的マッチング→変化(災害)の抽出→気象データ、地上観測データ等の併用→避難情報→(避難準備、勧告、指示)

## QSAT-EOSによる災害レリーフ方法の概要



## QSAT-EOS概要

### 目的

1. 汎用性の高い超小型衛星システムの実現
2. 地上の高分解能画像を取得し高速で地上へ伝送する
3. 将来的に5~10機の超小型衛星コンステレーションを目指す
4. 九州地域の大学と中小企業連合体で継続的開発体制を作る

### 開発方針

九州大学が開発してきたQSATの成果を基礎とし、上記目的実現のために必要な変更を加える。

主要変更箇所は

ミッション: 地球観測ならびに3つのサブミッション

姿勢制御: 精度0.1度を達成

通信: QSAT技術を使った高速伝送

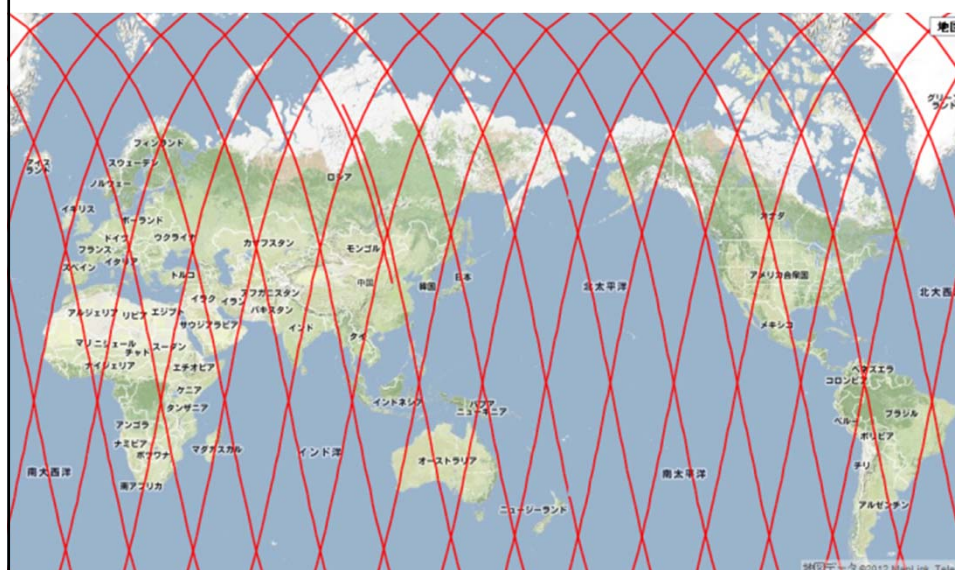
電力: 高効率セルの採用

また、寿命を1年から2年に延長(努力目標)

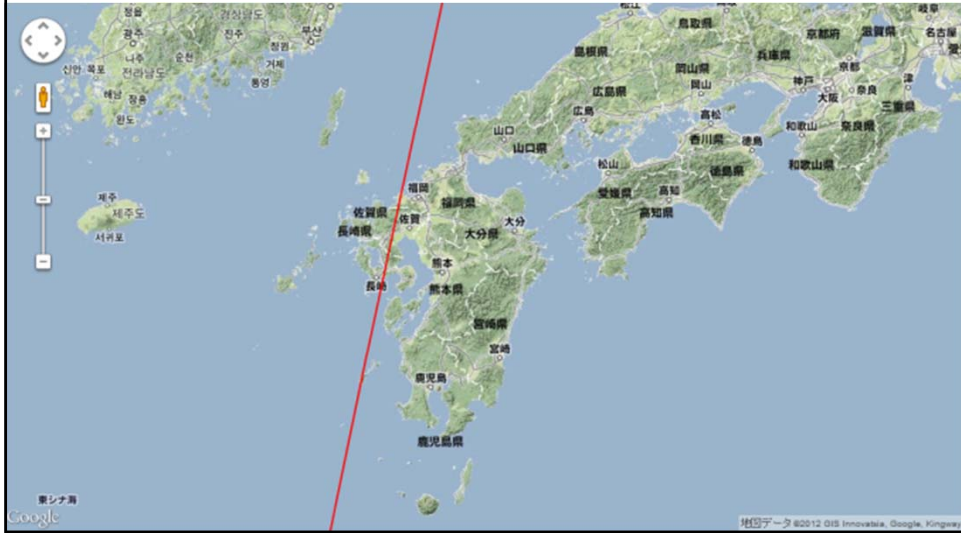
## 想定軌道

- 打上時刻 07:35:50 UTC、
- 衛星分離 $t=833.6$ 、 $H=509.3$ km  
( $RE=6378.13$ km)、
- 軌道半径(Semi-major axis)  $6913.737163$ km =  
高度 $534.61$ km、周期:95.24分、
- 軌道傾斜角:97.5度、離心率:0.004、
- 降交点通過地方時:午前11時、投入時 真近  
点離角(True anomaly)  $7.827117$ 度

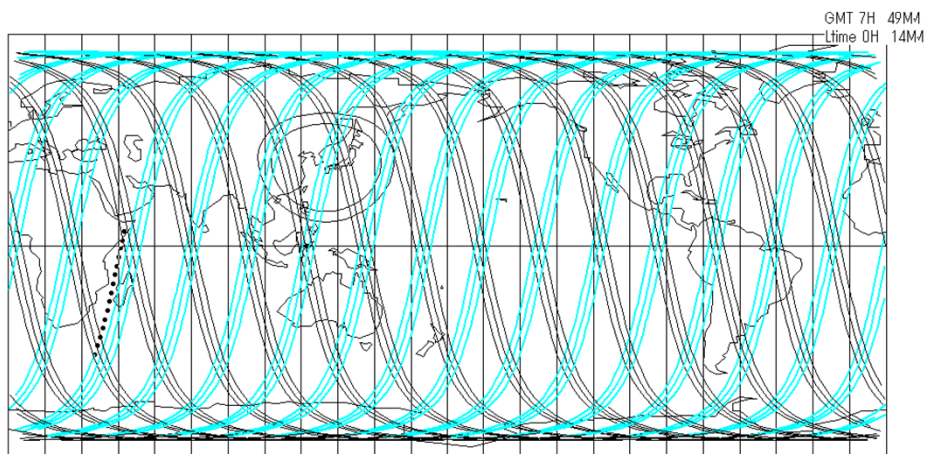
## 1日の軌道



# 九州地域周辺軌道例



# 地上局カバレッジ



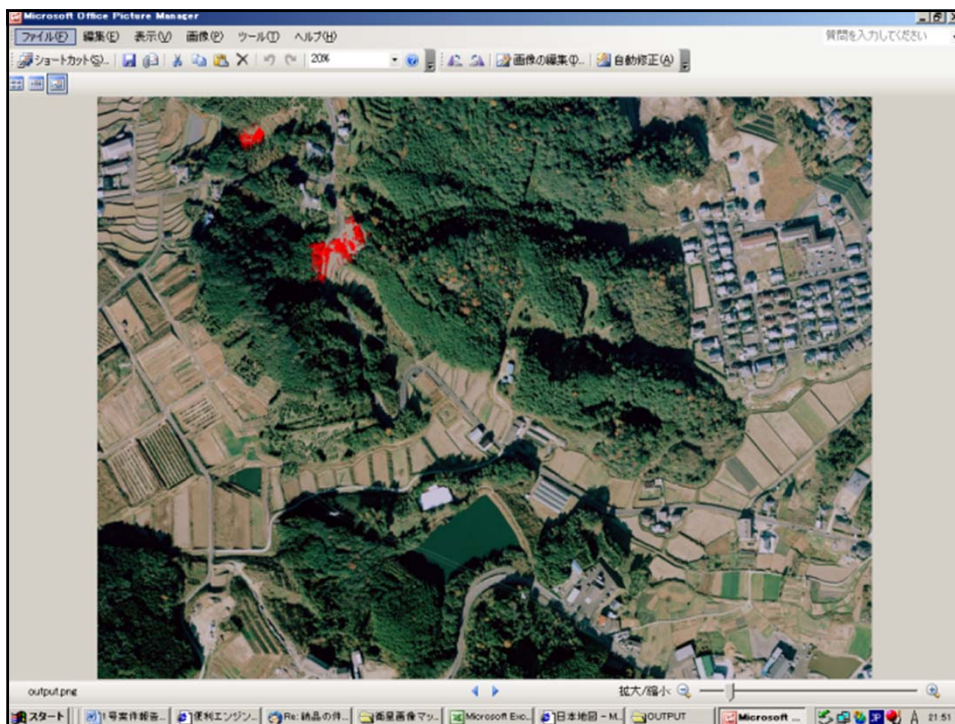
## QSAT/EOS光学センサ

- 10kmx10kmの範囲を瞬時に、
- 約7mの分解能で
- 可視(緑(550nm)の波長)と近赤外(850nm)の波長で観測する機能を有している。
- 1周当たり約200枚(最大)の地表面の画像を取得

## ミッション解析

- 被災地域・規模推定→平時におけるデータと被災時のデータとの変化抽出
- 幾何学的忠実度、または、多時期画像間のマッチング精度





## CE-SAT-I

- 望遠鏡カメラ(狭域)

形式 ; Catadioptric

主鏡径 ;  $\phi$ 400mm

焦点距離 ; 3,700mm

検出器 ; EOS 5D mK III

刈幅 ; 6Km  $\times$  4Km

GSD ; 1m

- 望遠鏡カメラ(広域) ; Power Shot S110

**Canon**

CANON ELECTRONICS INC. Space Technology Laboratory

Proprietary and Confidential

## ほどよし1号

撮影方式	プッシュブルーム方式
地上分解能	6.7m
バンド	B(450-520nm), G(520-600nm), R(630-690nm), NIR(780-890nm)
信号ノイズ比	B(153), G(178), R(235), NIR(167)
刈幅	27.8km
最大連続撮影距離	179km
ビット深度	12bit



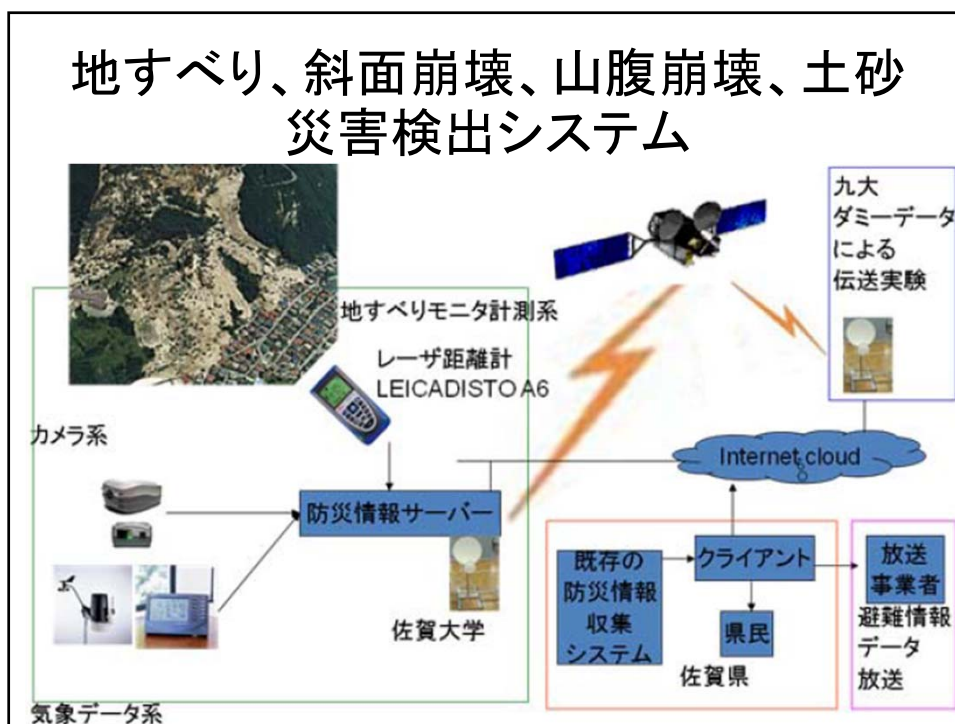
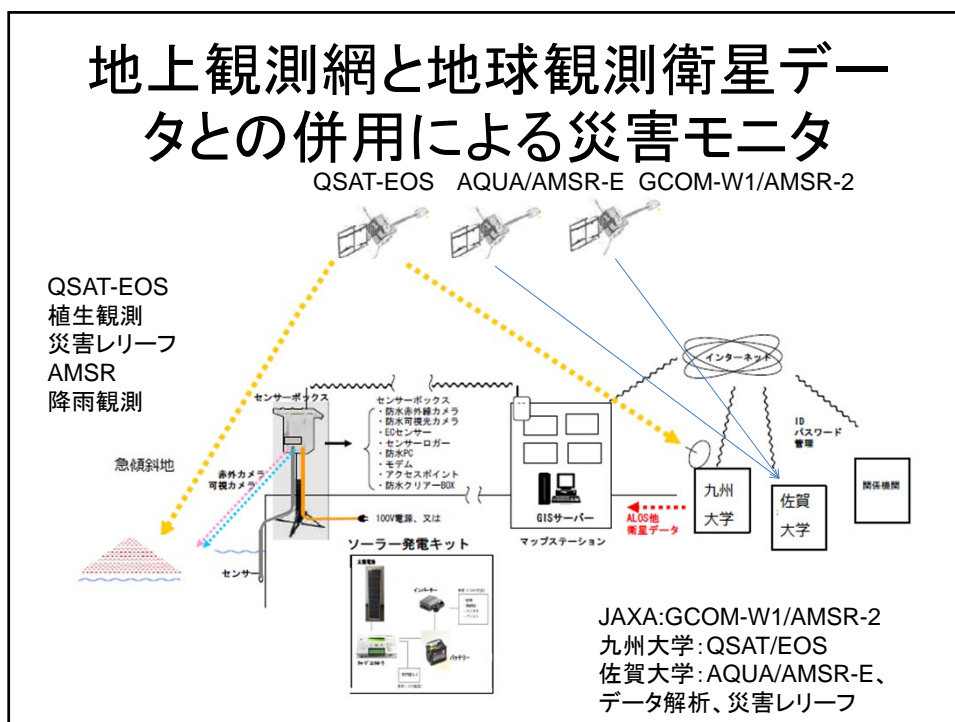
## 急傾斜地モニタリングシステム開発

- 佐賀県内の急傾斜地3箇所(ハザードマップ最危険順にから3番目まで)におけるレーザー距離計、カメラ、無線LANを介したネットワーク伝送システムの設置
- 同上データのGISデータベース登録

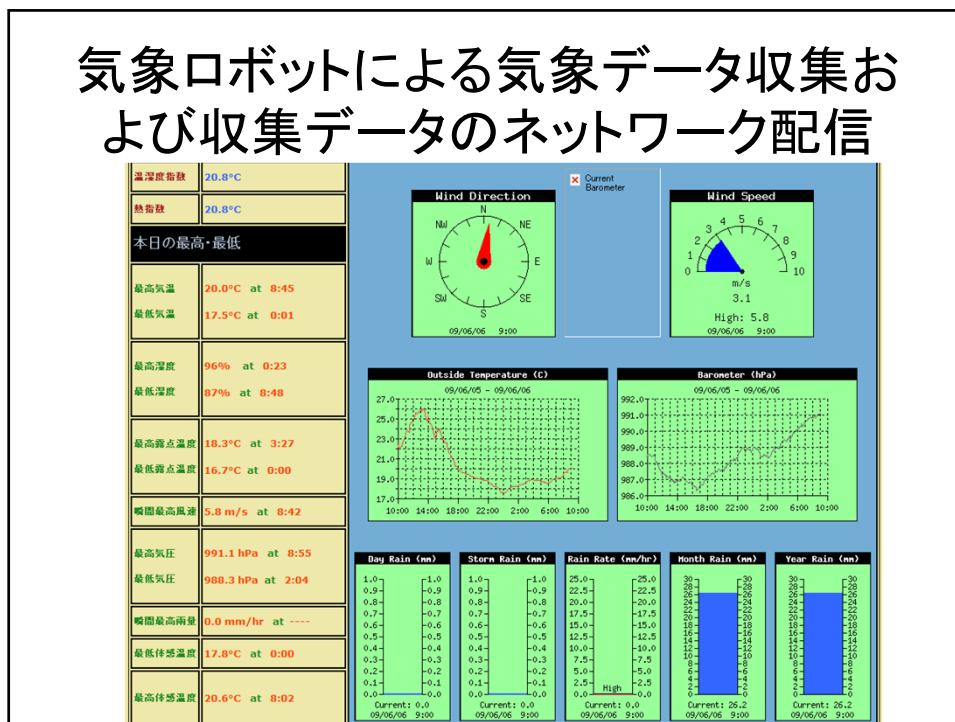
## 急傾斜地モニタシステム

- 急傾斜地のGIS表示
- 気象データの表示
- カメラモニタの表示
- 衛星画像の表示
- 防災情報通報システムとのインターフェース

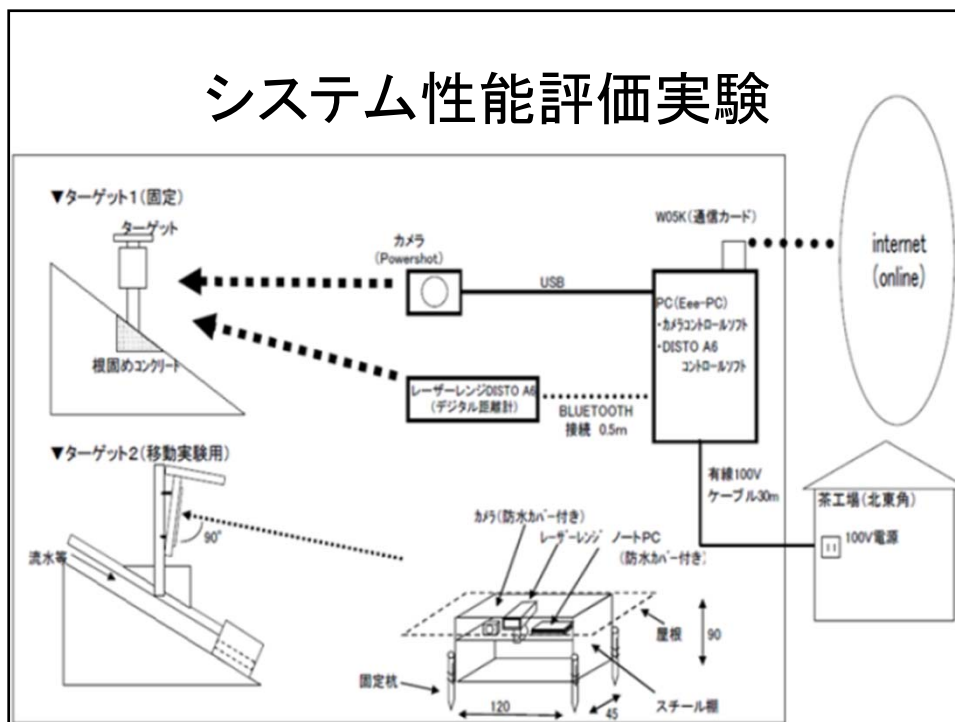




## 気象ロボットによる気象データ収集および収集データのネットワーク配信



## システム性能評価実験



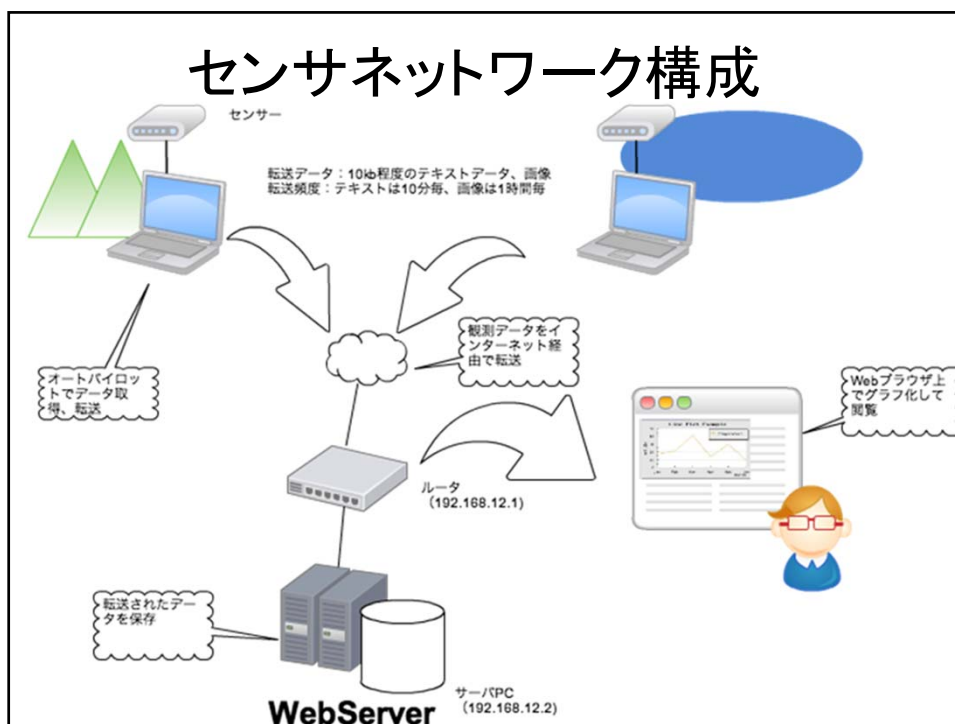
## レーザ距離計による地すべりモニタ

- ターゲット レーザ距離計+カメラ+データ送信



## 30m離れた位置から+/-1mmの精度

最多カウント 距離	角度誤 差	測 定 回数	誤差回数						
			-3mm	-2mm	-1mm	0mm	+1mm	+2mm	+3mm
30.283	0°	59	0	0	0	59	0	0	0
30.253	20°	59	0	0	8	45	6	0	0
30.222	40°	59	0	0	14	43	1	1	0



## 急傾斜地モニタ

- 佐賀市富士町
- 唐津市相知町
- 伊万里市山代町
- 佐賀県茶業試験場

- 土砂災害実験：佐賀県茶業試験場



▼伊万里市機器設置箇所位置図 1











## 土砂災害(模擬降雨)実験

- 模擬降雨実験は荷台の傾斜を変え、なおかつ、降雨を模擬した散水を上端から行い、斜面崩壊のトリガリングとなる静止摩擦係数を計測
- 静止摩擦係数の計測においては、ターゲットの重量は20.36kgとし、荒砂および真土のいずれかの上に置いた35x35cmの板に括り付けて設置
- ターゲットは固い岩盤と仮定し、砂質土は砂礫層と仮定
- ターゲットが落ちることは斜面崩壊となると仮定と



## 土砂災害実験：佐賀県茶業試験場



### 実験結果

- 斜面は傾斜角度41.672度(高さ:123cm、斜面長:185cm)であり、降雨量は20秒間の散水のため、2.5リットルの水量=2.5mm/hに相当する降雨
- 垂直抗力： $F=mN=14\text{Kg}$ 、砂質土のすべり摩擦係数 $m=0.7$ 、 $N=20\text{kg}$ 、静止摩擦係数：ターゲットが滑り落ちる傾斜角:41.672度
- 結局、山水開始から15秒後にターゲットが滑り落ちた(斜面崩壊)ため、25mm/hの降雨で2秒後に斜面崩壊が起きることと等価

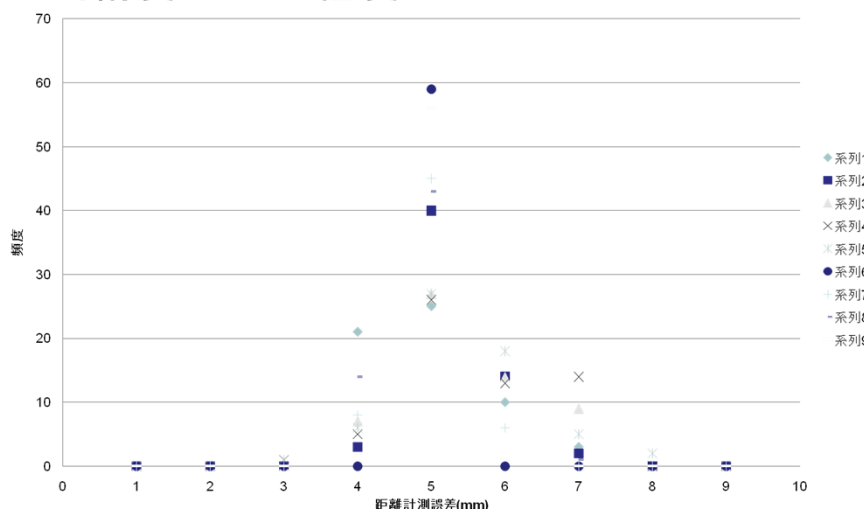
## レーザー距離計による地すべり初期微動の検出実験

- 30m離れた所から40度の角度から計測しても誤差は1.5mm程度(茶色の反射板)

反射板色	最多カウント距離	角度誤差	測定回数	誤差回数											実験No	
				-5mm以上	-4mm	-3mm	-2mm	-1mm	0mm	+1mm	+2mm	+3mm	+4mm	+5mm以上		
茶	13.362	0°		距離不足に付き、測定不能												
		20°		距離不足に付き、測定不能												
		40°		距離不足に付き、測定不能												
反射板色	最多カウント距離	角度誤差	測定回数	誤差回数											実験No	
				-5mm以上	-4mm	-3mm	-2mm	-1mm	0mm	+1mm	+2mm	+3mm	+4mm	+5mm以上		
白	30.283	0°	57	0	0	0	0	7	27	14	9	0	0	0	0	No.6
	30.249	20°	59	0	0	0	1	5	26	13	14	0	0	0	0	No.5
	30.223	40°	59	0	0	0	1	6	27	18	5	2	0	0	0	No.4
反射板色	最多カウント距離	角度誤差	測定回数	誤差回数											実験No	
				-5mm以上	-4mm	-3mm	-2mm	-1mm	0mm	+1mm	+2mm	+3mm	+4mm	+5mm以上		
茶	30.283	0°	59	0	0	0	0	0	59	0	0	0	0	0	0	No.7
	30.253	20°	59	0	0	0	0	8	45	6	0	0	0	0	0	No.8
	30.222	40°	59	0	0	0	0	14	43	1	1	0	0	0	0	No.9
反射板色	最多カウント距離	角度誤差	測定回数	誤差回数											実験No	
茶	60.509	0°	59	0	0	0	0	2	56	1	0	0	0	0	0	No.13

## 距離計測誤差

- すべての場合(反射板の色、距離、角度)の計測精度は2mm程度



## 地すべりモニタリングシステム開発

- レーザー距離計を用いた急傾斜地モニタリングシステム(無線LANによるインターネット端末までのデータ伝送を含む)を構築
- 急傾斜地に設置し、機能・性能精度評価
- 降雨によるレーザー光散乱の影響把握および影響回避の手法確立
- 九州航空宇宙開発推進協議会

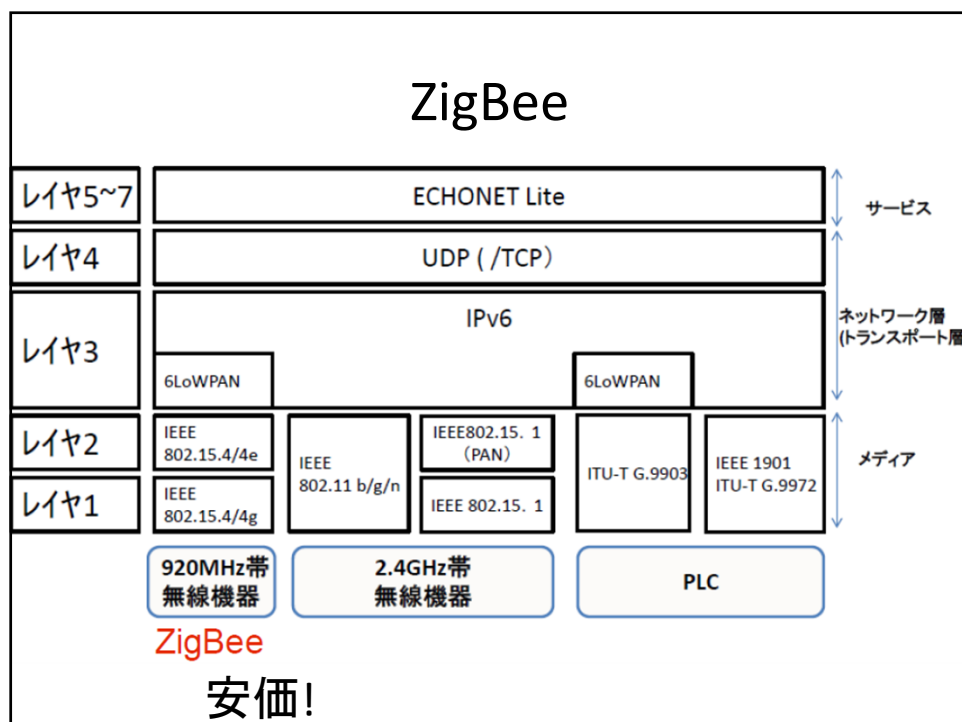
## 被災および避難情報通報システム

- 地上観測データ収集システム
- 気象データ収集システム
- 衛星データ収集システム
- 災害情報抽出(幾何補正:地理情報システムによる表示→変化抽出)
- 被災情報の地方自治体への通報
- 災害対策本部による避難情報生成→市民への通報(放送事業者)



## ZigBeeとは

- 国際標準規格IEEE802.15.4をベースにした、家電向けの短距離通信技術
- データ転送速度は20kbps～250kbpsで、伝送距離は**30-150m**
- 同様の目的で使われているBluetoothに比べ、低速で伝送距離も短いですが、消費電力が少なく低コストというメリット
- ZigBee機器同士でネットワーク(アドレス数: 65535)を形成できる点も、特徴
- 国内で使用できる周波数は電波法により2.4GHz帯に限られ、特定無線設備としての技術証明が必要になるなど、現在のところ家電で手軽に使用できる環境は整えられていない(920MHz)



## ZigBeeを使用した情報収集システム の特徴

ZigBee網と適所に配置した無線傾斜センサの組み合わせにより、構造情報の収集情報はリアルタイムで収集し、報告書を自動的に作成でき、その精度は改善報告書や作業意思決定の精度を上げ、安全性を向上  
ZigBeeを使った無線センサ網の導入は短期間で簡単

## ZigBeeの適用範囲

- 換気空調/室温調節
- 構造物の保全監視
- 照明制御
- メータの自動読み取り
- 建築現場における作業安全(位置、姿勢、健康状態等を収集→危険を察知した場合、警報)

## おわりに

- 地球観測衛星による災害モニタは高頻度観測が可能となりつつあるので有効
- 衛星のみならず、地上観測センサーネットワークによって災害モニタ
- 既存の防災無線・有線のみならず、責任ある団体の多種類の通信・放送メディアによる避難情報提供システムが重要
- 災害に強く、安心安全を守る国土づくりが重要(耐震・免震のみならず、揺れ検知、クラック検知等センサーネットワークの具備が重要)