

# 日本海溝海底地震津波観測網の整備

平成23年12月1日

防災科学技術研究所

金沢敏彦

# 日本海溝海底地震津波観測網の整備

## 背景

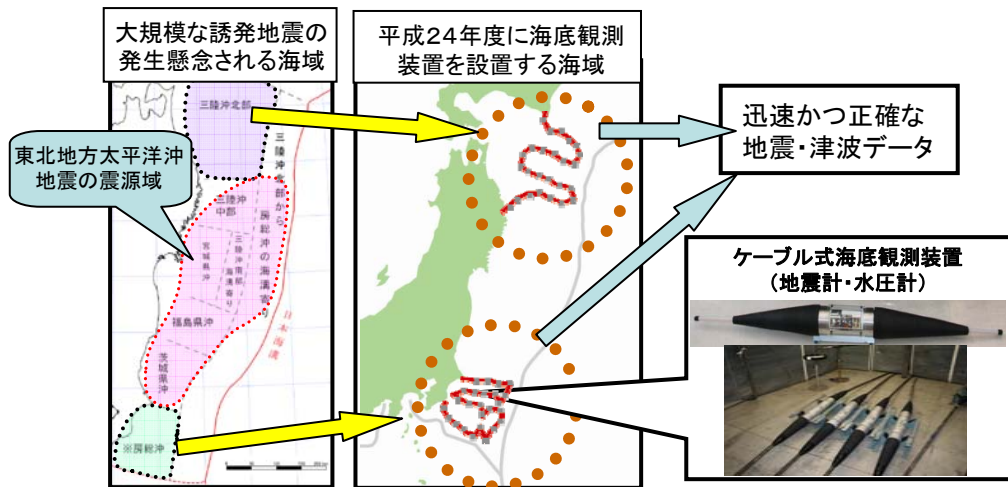
- 東北地方太平洋沖では引き続き規模の大きな海溝型地震が発生し、今後も強い揺れや高い津波に見舞われるおそれがある。**地震・津波の観測網の整備及び正確な地震・津波情報の提供は、東北地方を地震・津波から守り、災害に強いまちづくりを進める上で極めて重要。**
- 現行の津波警報は、主に陸上の地震計により津波の高さを推定しているため精度に限界。このため、**海域の観測網により津波を直接検知し、早期に正確な情報を提供することは、適切な防災・減災のために必要不可欠。**
- 東北地方太平洋沖で発生する詳細な地震像は明らかになっておらず、震源域に近い海域の観測網により、地震を連続観測して、精度高く**地震像を解明することは、将来の地震発生予測**に貢献するとともに、復興過程における**被災地の都市計画、防災計画**に貢献。

## 平成24年度事業概要

- 高精度な津波即時予測システム(**緊急津波速報(仮称)**)の開発、**地震像の解明**等を行うための、**ケーブル式観測網(地震計・水圧計)を日本海溝沿いに整備**する。
- 「房総沖」及び「三陸沖北部」は東北地方太平洋沖地震の震源域に隣接し、今後、大きな地震が誘発されるおそれがあるため、特に早急に観測装置を設置する必要がある。

### ■平成24年度実施事業

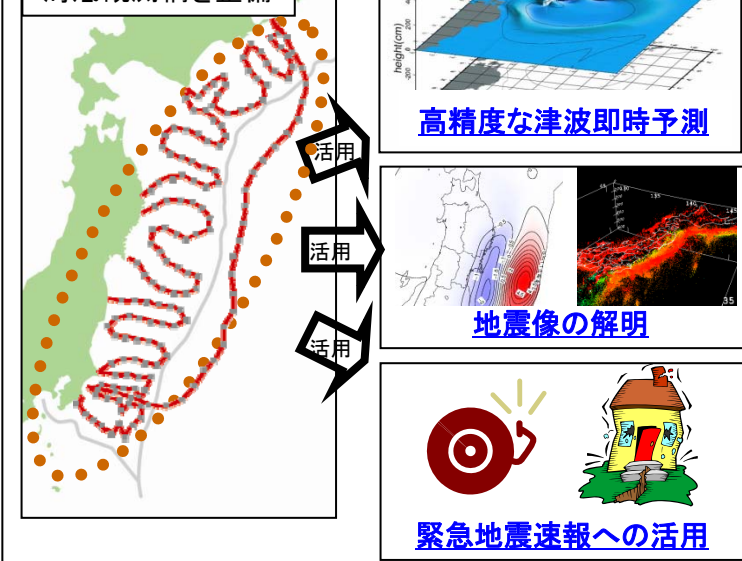
- 「房総沖」及び「三陸沖北部」に**海底観測装置を設置、正確で迅速な地震・津波データ**の提供
- 平成25年度以降に整備する**ケーブル・観測装置の開発・製造**



## 将来整備すべき観測網のイメージ

今後、大きな余震や誘発地震のおそれのある**日本海溝沿いにケーブル式観測網を整備し、地震・津波を観測監視。**

海底観測網を整備



## 期待される成果

- 緊急津波速報(仮称)の開発
- 東北地方の地震像の解明
- 地殻変動(垂直方向)の観測
- 将来起きる地震の正確な予測
- 緊急地震速報の高度化(最大30秒程度早く検知)等

## ●新たな地震調査研究の推進について(一部抜粋)【地震調査研究推進本部、平成21年4月21日】

### 第1章 我が国の地震調査研究をめぐる諸情勢

#### 3. 今後に向けた課題

…、人的被害の軽減に特に有効であると考えられる緊急地震速報については、推定震度の精度向上が求められており、陸海域のリアルタイム地震観測網の強化及び即時震源域推定手法の開発等による予測技術高度化が重要な課題である。さらに、現行の津波予報警報の第一報は専ら地震計データから求められた震源・マグニチュードに基づくため、その精度は必ずしも良いものではない。今後は、海域で観測された津波データの即時利用等による津波予測手法の開発を進め、その精度を向上させていく必要がある。

### 第3章 今後推進すべき地震調査研究

#### 1. 当面10年間に取り組むべき地震調査研究に関する基本目標

##### (1) 海溝型地震を対象とした調査観測研究による地震発生予測及び地震動・津波予測の高精度化

##### ② 戦略的な防災・減災対策に資する取組

(a) 地震動予測技術の高度化への基本目標として、

○ 震源破壊過程の即時推定技術及び各地域の特性に応じた強震動予測の高精度・高解像度化、並びにそれらの適用による緊急地震速報の高度化

この達成に向けて、海域を中心とした地震観測網の強化等を総合的に推進する。

##### (b) 津波予測技術の高度化

…、現在は地震発生後数分程度で津波予報警報が気象庁から発表されるが、地震計で得られるデータに基づく推定のため、その精度は必ずしも良いとは言えない。緊急地震速報と同様な仕組みで、発生直後に震源に近い海域で観測された津波データを即時に利用することが出来れば、津波即時予測の精度は格段に向上する。…

このため、基本目標として、

○ 海域で観測された津波データの即時利用や津波波源モデルの精緻化による津波予測技術の高度化を設定する。

基本目標の達成に向けて、

・ 海域における津波観測網の整備  
等を総合的に推進する。

#### 2. 横断的に取り組むべき重要事項

##### (1) 基盤観測等の維持・整備

合成開口レーダーをはじめとする衛星観測技術や微小な海底地殻変動の検出に向けたGPS—音響測距方式による観測技術は、近年、目覚ましい発展を遂げている。これらは、地震発生後の地殻変動に加え、地震発生に至る定常的な地殻変動を観測でき、今後の地震調査研究の進展に大きく貢献すると期待されるため、解析技術の普及と向上のための取組を推進する。

# 海域観測網のメリットについて

## 【緊急地震速報の高度化(地震動の早期検知)】

- 現行では、海溝型地震が発生した場合は、地震動が沿岸に到達してから陸域の地震計により緊急地震速報のための計算を行っているが、海域の海底観測網(地震計・水圧計)を整備することにより、震源にかなり近い海底地点で地震動の早期検知が可能となる。
- このような時間的裕度の向上は、国民の早期の避難行動や交通インフラ・工場等の早期停止等による人的・物的被害軽減に寄与するもので、国民の命・財産を守る観点から極めて有用である。

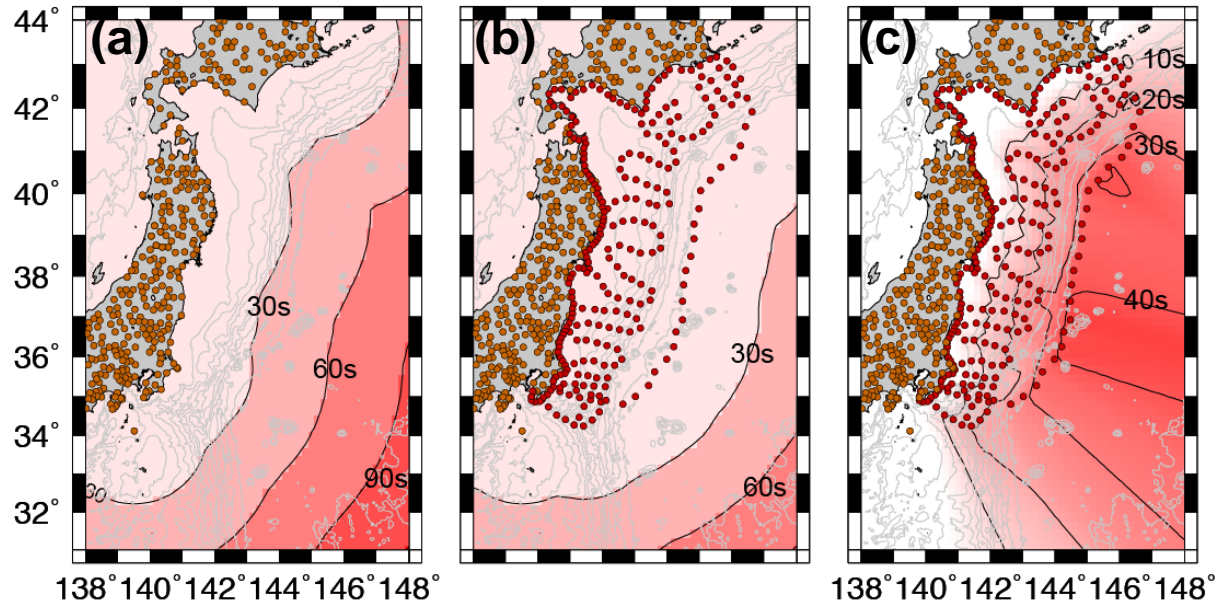
➡ 現行よりも**最大30秒程度早い検知が可能**に(沖合200kmで地震を検知した場合)  
(東北地方太平洋沖地震の場合では、約**10秒**早い検知が可能)

## 【津波に関する緊急速報の実現(津波の早期検知・速報)】

- 現行では、海溝型地震が発生した場合、主に陸域の地震計により地震動を検知して津波の高さを推測し、津波警報・注意報を発表しているが、陸域の地震計による推測のため精度に限界(地域ブロック毎に津波の高さを段階的に表示)がある。また、沿岸域に設置されたGPS波浪計によって実際の津波データ(津波高さ・波長等)を検知し、同報の数値を修正しているが、沿岸域に到達する直前にしか検知できないという課題がある。
- 海域の観測網(地震計・水圧計)を整備することにより、沖合で実際の津波を**瞬時に直接検知し、津波に関する精度の高い情報(連続的な津波波高、波長、進行方向、押し・引き等)を国民にいち早く伝達**することが可能となる。

➡ 現行の津波警報・注意報よりも**精度の高い津波情報の取得が可能**に。

Earthquake (V = 7 km/s)



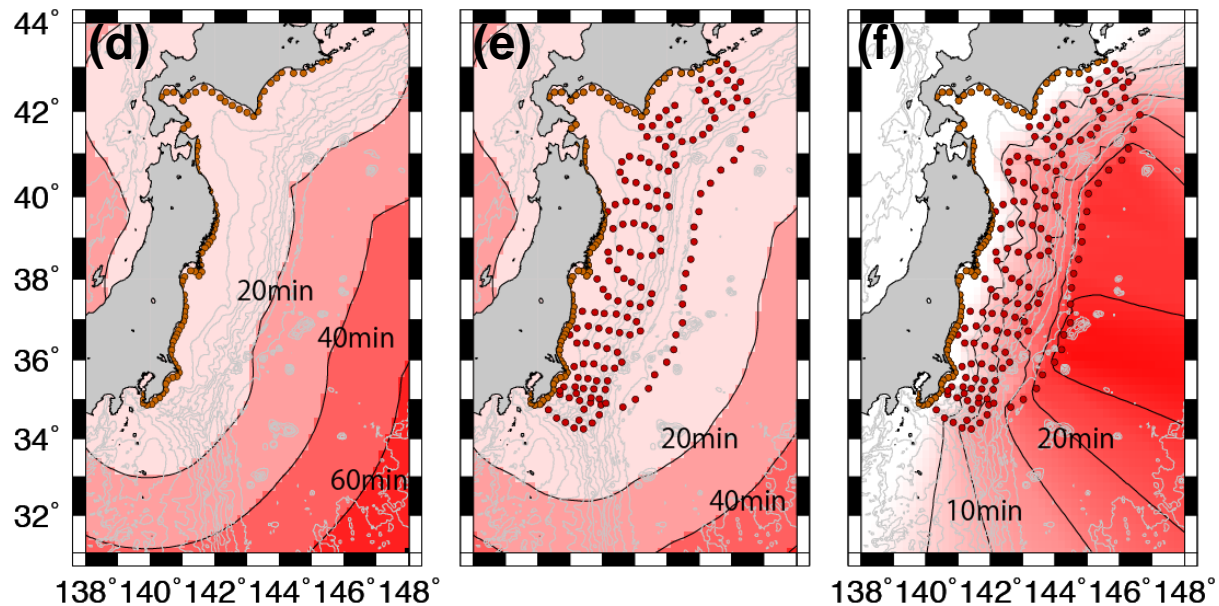
海域への地震観測網の設置によって、地震検知がどれだけ早くできるか？

(a)陸上観測網のみ

(b)陸+海

(c)(陸+海)と(陸)の差

Tsunami (V = 173 m/s)



沖合の津波観測網の設置によって、津波検知がどれだけ早くできるか？

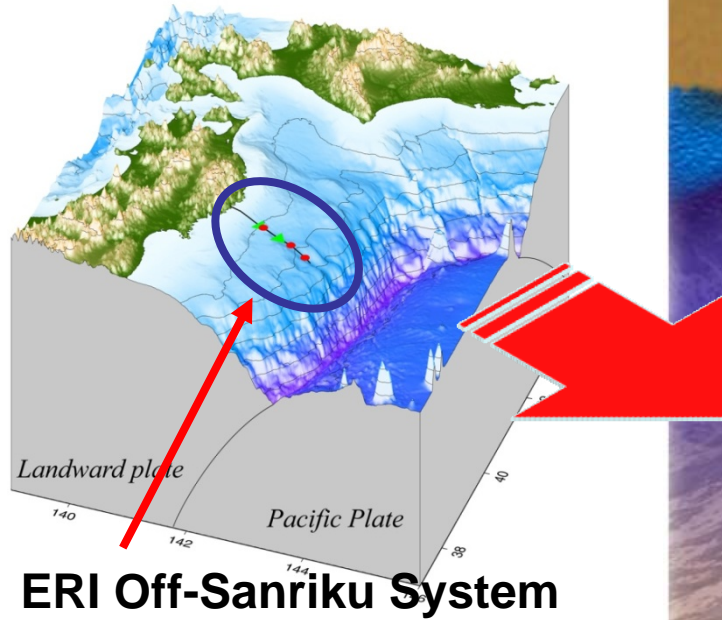
(d) 陸上観測網のみ

(e) 陸+海

(f) (陸+海)と(陸)の差

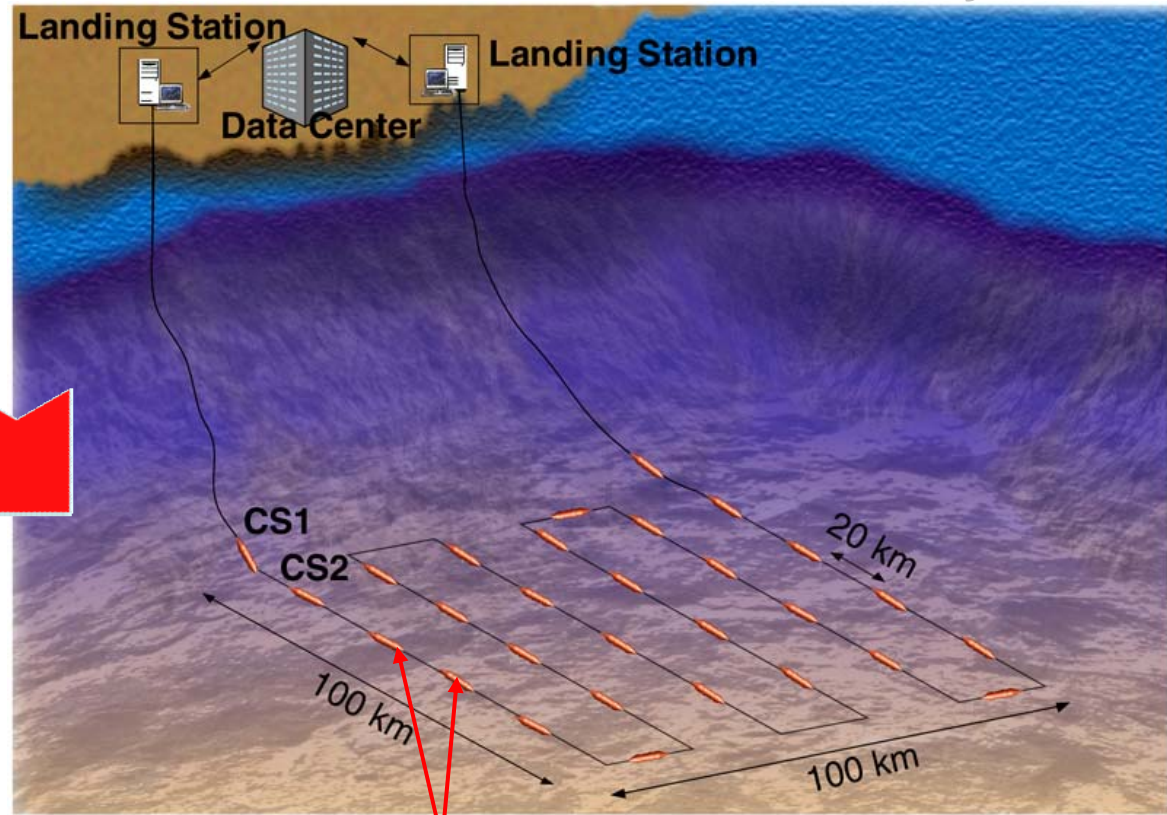
# インライン型海底観測網

UT-OBCS: Ocean Bottom Cable System



ERI Off-Sanriku System

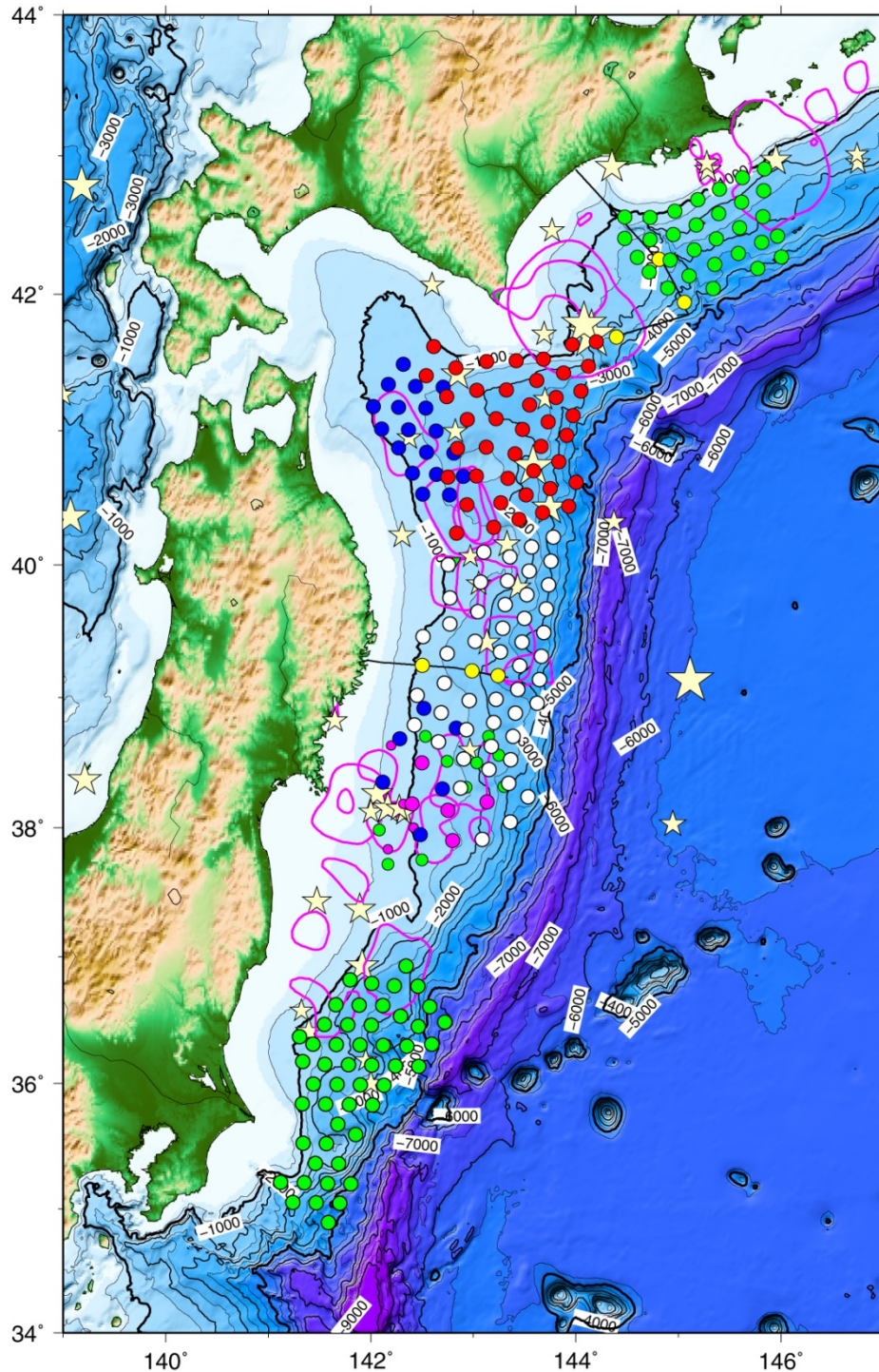
- Compact
- Low cost



CS : Cabled Seismometer  
(+ Tsunami-meter)

日本海（栗島近海）に4地震観測点のシステムを平成22年に埋設設置し，現在もトラブル無く観測中

# 自己浮上式海底地震計による 長期海底地震観測



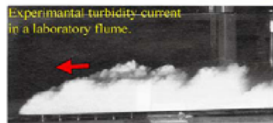
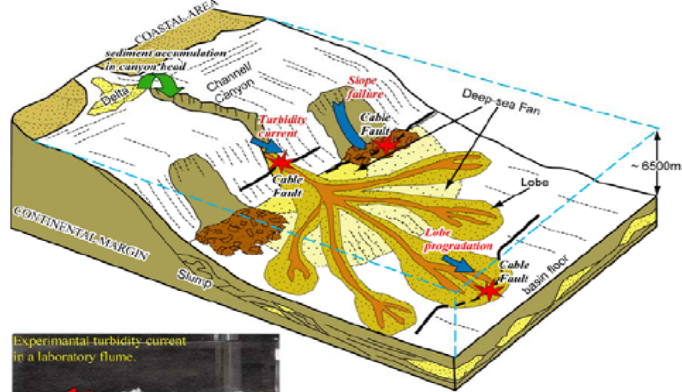
- 平成16年度  
三陸沖北部（青森県沖） 18台
- 平成17年度  
根室沖 30台
- 平成18年度  
三陸沖北東部 42台  
(えりも沖)
- 平成19年度  
三陸沖中部・三陸沖南部  
海溝寄り
- 平成20年度  
福島県沖・茨城県沖

文部科学省委託研究

延べ189観測点

漁業との干渉のため、1000mより  
水深の浅い海域には地震観測点を配置  
をできなかった。

## 海底地すべりや乱泥流による海底ケーブルの障害

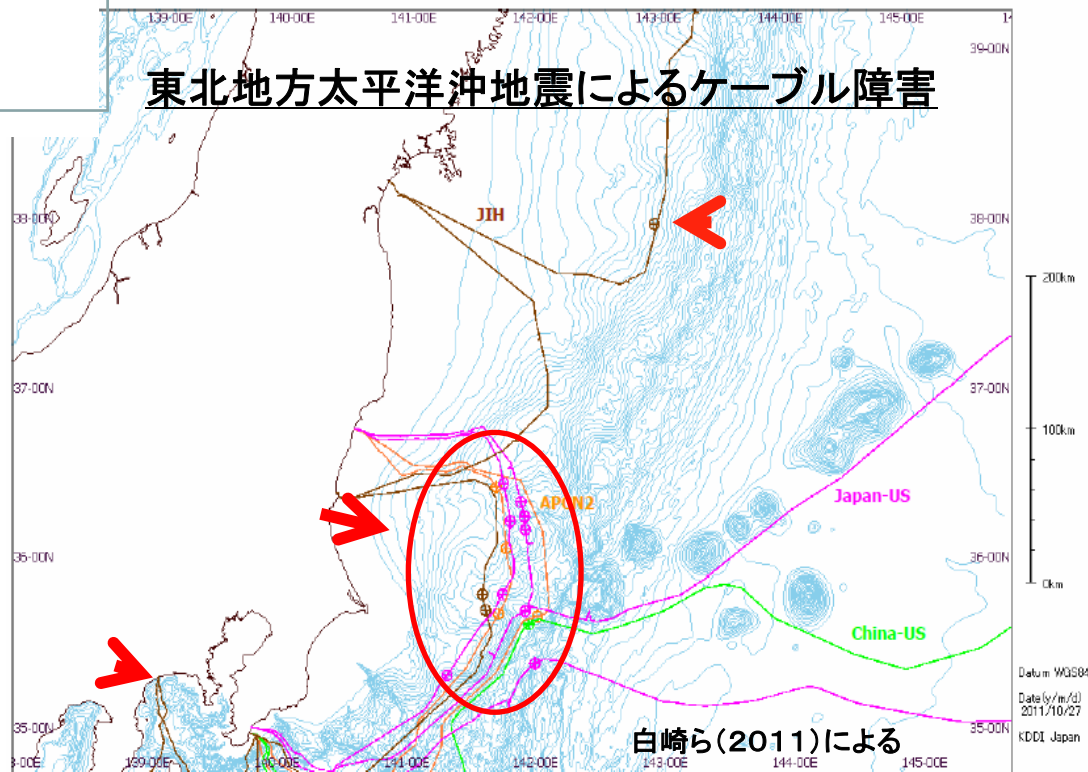


## ケーブル障害リスクの低減の観点

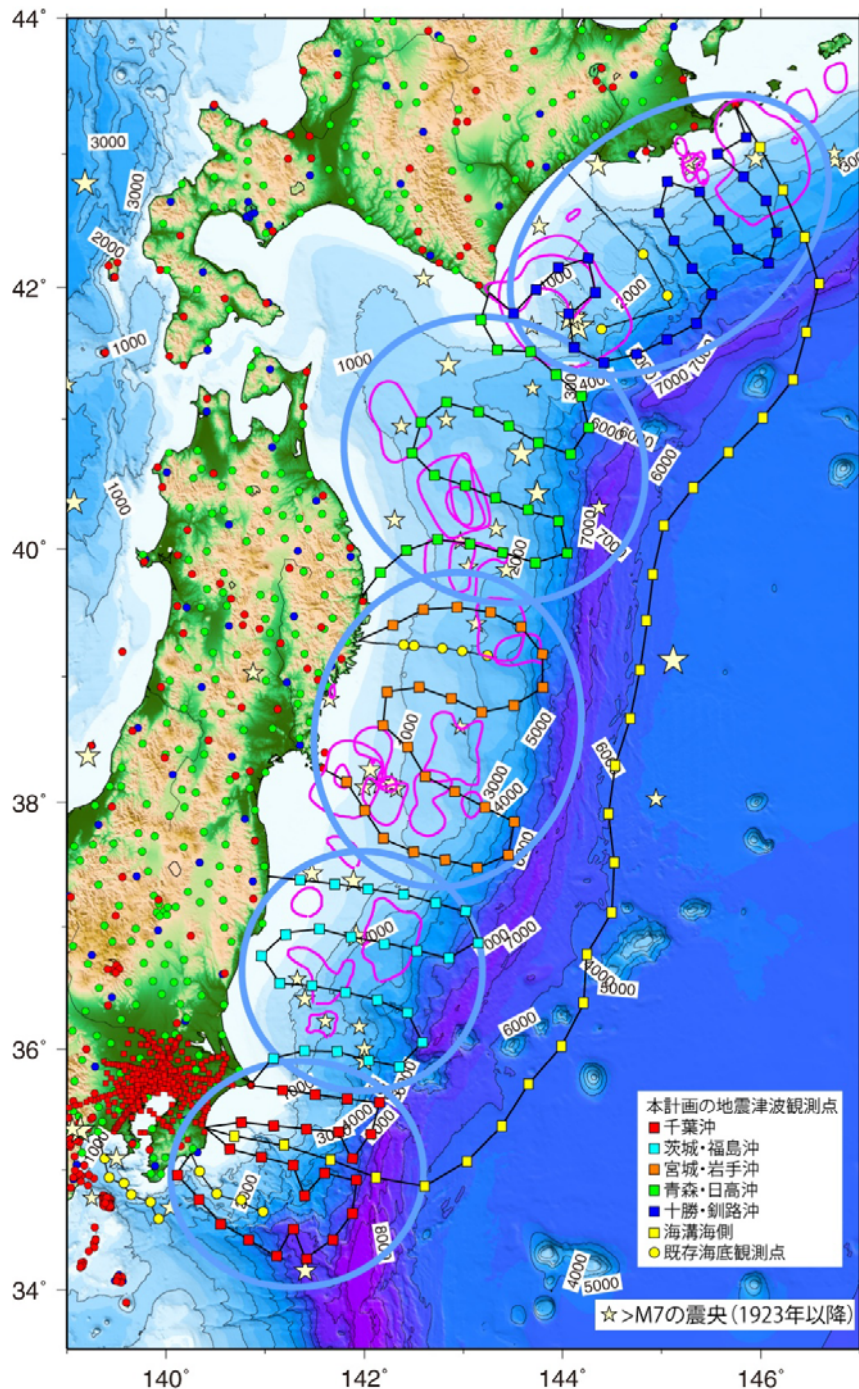
①海底地滑りや乱泥流：ケーブルルートを選定

②漁業との干渉：水深1500m以浅の海域で埋設

## 東北地方太平洋沖地震によるケーブル障害







## システムの概要

154観測点(地震計と津波計を装備)

5海域のシステム  
(25観測点, 30km間隔)

アウターライズのシステム  
(29観測点, 40km間隔)

水深1500m以浅の海域では海底埋設

### 給電系

- 両端給電(ケーブルの両端を陸揚げ)
- 片側給電・海中アース  
(地滑り等によるケーブル障害のリスク低減のため、房総沖・茨城沖のシステムで採用の可能性)

### 光伝送系

- 双方向伝送による冗長性の確保

3成分を2セット(冗長性の確保の観点と、緊急地震速報への利用の観点)  
 セットA:地震観測用 フルスケール ±1.5~2G 高感度・低感度  
 セットB:緊急地震速報用 フルスケール ±4G以上?(気象庁の検討待ち)

十勝沖、三陸沖、室戸沖、伊東沖、粟島沖のケーブルシステムの実績

### サーボ加速度計

#### JA-5 TYPE III形

JA-5シリーズの中で特に高精度、高信頼性を保証したサーボ加速度計です。作動温度、非作動温度範囲で、零点温度係数と零点の年間変動安定性を保証しています。精密な計測並びに制御に最適な製品です。またセンサの出力は電流となっており、外部抵抗を取付けていただく事により、任意な出力感度を設定することができます。

**特長**

- 小型・軽量
- $9.81 \times 10^{-6} \text{m/s}^2$  [ $1 \mu\text{g}$ ]以下の分解能出力
- 自己診断可能なセルフテスト機能内蔵
- 温度センサ内蔵により正確な温度補正
- $\pm 198.2 \text{m/s}^2$  [ $\pm 20\text{G}$ ]まで計測可能
- 優れたハイアス安定性



JA-5 TYPE III形

**仕様**

項目	性能
最大測定範囲 (F.S.)	$\pm 198.2 \text{m/s}^2$ [ $\pm 20\text{G}$ ]
感度	$0.136 \text{mA/g}$ [ $\text{m/s}^2$ ] [ $1.339 \text{mA/g}$ ] / $2 \text{mA/g}$
線形性	$\pm 1.992 \times 10^{-4} \text{m/s}^2$ [ $\text{m/s}^2$ ] / $(\text{m/s}^2) \times 10^{-3} \text{V/G}$ 以下 (2 $\sigma$ )
分解能	$9.81 \times 10^{-6} \text{m/s}^2$ [ $\text{m/s}^2$ ] [ $1 \times 10^{-6} \text{g}$ ]以下
ノイズ	5m Vrms以下
寸法	500Hz~1MHz 80m Vrms以下
周波数応答 (±3dB)	DC~300Hz
減衰定数	0.25以上
零点不平等	$\pm 0.03924 \text{m/s}^2$ [ $\pm 4 \text{mG}$ ]以内
ゲージドリフト	$\pm 4 \times 10^{-4} \text{m/s}^2$ 以内
セルフテスト	電流・電圧判別
零点温度係数	別表参照
経年変化係数	$\pm 180 \text{ppm}/^\circ\text{C}$ 以内
電圧電圧	$\pm 13 \sim \pm 18 \text{V}$ (ミナル値 $\pm 15 \text{V}$ )
消費電流	20mA以下 (0mA/待機時)
動作温度	-54~+100°C 作動時 -62~+100°C 非作動時
動作電圧	198.2m/s <sup>2</sup> Peak [20G Peak] [20~2000Hz]
動作電圧	198.2m/s <sup>2</sup> Peak [20G Peak]
動作電圧	981m/s <sup>2</sup> [100G] [111m/s <sup>2</sup> 非共振軸 6方向]
質量	76g以下

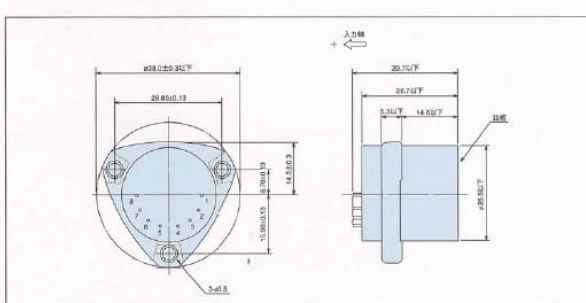
※上記仕様は外部取付け取組時を以て示し、場合により異なる場合があります。  
 (注) 例として、 $\pm 46.03 \text{m/s}^2$  [ $\pm 5\text{G}$ ]入力印加時での直線性は100ppm F.S. (0.01% F.S.)以下となります。 [ ] 値: 旧単位の表示

サーボ加速度計  
JA-5 TYPE III形

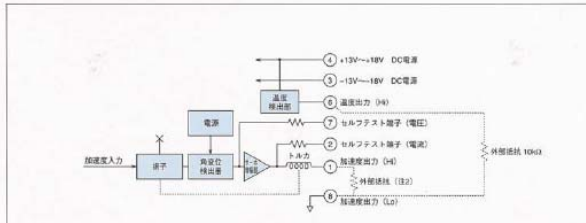
**別表**

	零点直傾係数/°C		零点安定性/年	
	$9.81 \times 10^{-6} \text{m/s}^2$ [ $1 \times 10^{-6} \text{g}$ ]	$2.943 \times 10^{-4} \text{m/s}^2$ [ $30 \times 10^{-6} \text{g}$ ]	$9.81 \times 10^{-6} \text{m/s}^2$ [ $100 \times 10^{-6} \text{g}$ ]	$1.982 \times 10^{-4} \text{m/s}^2$ [ $200 \times 10^{-6} \text{g}$ ]
JA-SII-A	○	○	○	○
-B	○		○	
-C	○			○
-D		○	○	
-E		○	○	
-F		○		○

**外形寸法図**



**ピン配列**



(注) 外装抵抗3000 $\Omega$ を付けた場合、電圧感度が $0.27 \text{V}/(9.81 \text{m/s}^2)$  [ $0.27 \text{V}/\text{G}$ ]になります。

# 水圧計センサー： 2セットによる冗長性の確保 津波に関する緊急速報に対応 自己浮上式水圧計およびDONETで使用実績



## Submersible Depth Sensors

## Series 8000



Digiquartz® Depth Sensors provide the ultimate precision in water level measurements. Typical application accuracy of 0.01% is achieved even under difficult environmental conditions. Desirable characteristics include excellent long-term stability,  $1 \times 10^{-6}$  resolution, low power consumption, and high reliability.

The remarkable performance of these depth sensors is achieved through the use of a precision quartz crystal resonator whose frequency of oscillation varies with pressure-induced stress. A quartz crystal temperature signal is provided to thermally compensate the calculated pressure and achieve high accuracy over a broad range of temperatures. The depth sensors include waterproof housings with integral shock protection.

High accuracy, resolution, and stability make Digiquartz® Depth Sensors ideal for applications such as Tsunami detection, wave and tide gauges, platform leveling, underwater pipe laying, and as depth sensors in ROVs and AUVs.

All Depth Sensor ranges are available with either frequency outputs or integral intelligent electronics with bi-directional digital communications.

### RANGES

**Absolute**  
0-10 m H<sub>2</sub>O to 0-7000 m H<sub>2</sub>O  
0-30 psia to 0-10,000 psia  
**Gauge**  
0-10 m H<sub>2</sub>O to 0-140 m H<sub>2</sub>O  
0-15 psig to 0-200 psig

### FEATURES

0.01% Accuracy  
 $1 \times 10^{-6}$  Resolution  
Unique Anti-Fouling Port  
Low Power Consumption  
High Stability and Reliability  
Fully Calibrated and Characterized  
ISO 9001 Quality System – NIST Traceable  
Frequency Outputs or Dual RS-232 and RS-485 Interfaces

### APPLICATION AREAS

Hydrology  
Oceanography  
Tsunami Detection  
Wave and Tide Gauges  
Offshore Platform Leveling  
Dam and Reservoir Level Sensing  
Underwater Pipe Laying and Surveying  
Remotely Operated and Autonomous Underwater Vehicles

Dual RS-232 and RS-485 interfaces allow complete remote configuration and control of all operating parameters, including resolution, sample rate, and choice of engineering units, integration time, and sampling requests. Commands include: Single sample and send, synchronized sample and hold, continuous sample and send, and special burst sampling modes.

New and enhanced features include support for both serial loop and multi-drop networking, selectable baud rates up to 115,200 baud, synchronization of measurements with time-based integration, 2 or 4 wire RS-485 transmission distances greater than 1 kilometer, improved high-speed continuous pressure measurements, a power management "sleep" mode, data formatting features, and unit identification commands.

All Digiquartz® transducers come with a limited five-year warranty with the first two years covered at 100%.



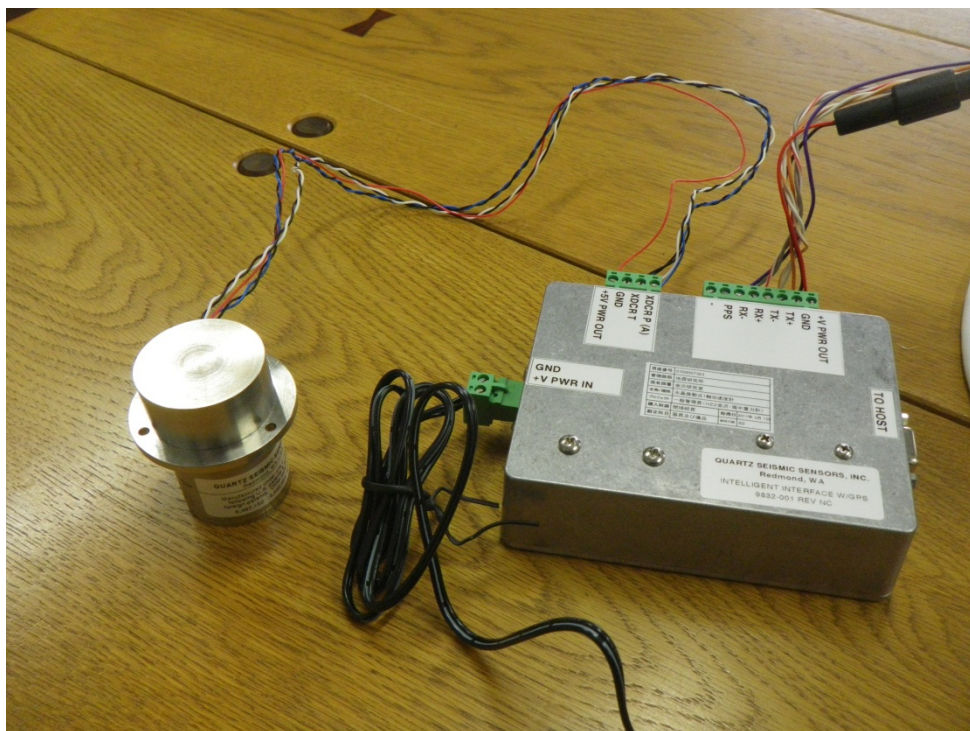
Paroscientific, Inc.  
Digiquartz® Pressure Instrumentation



## PARO加速度計

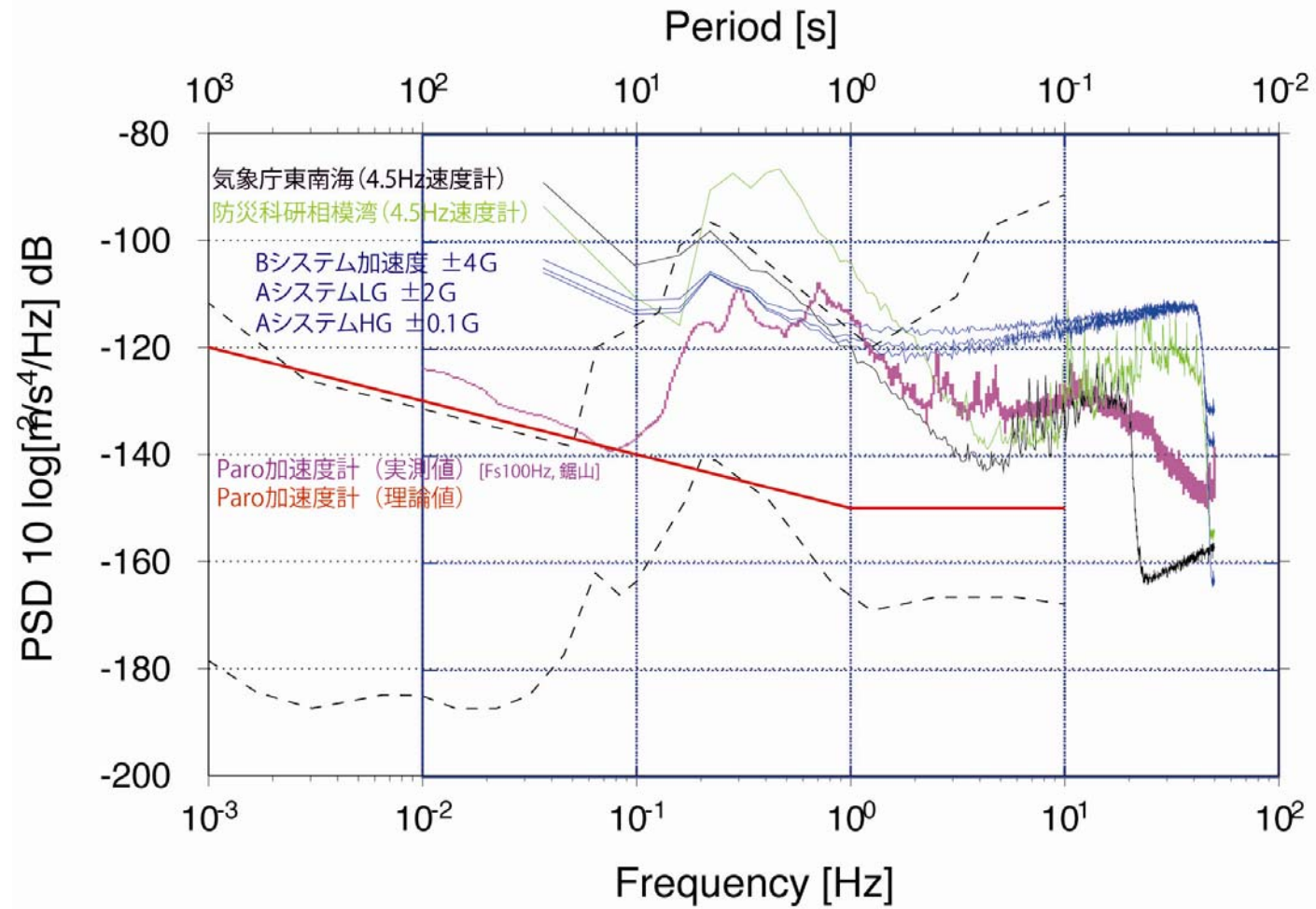
Quartz Seismic Sensors Inc.

水圧計と同じセンサーを利用した加速度計  
観測帯域が広帯域であり、ジンバルを必要としない

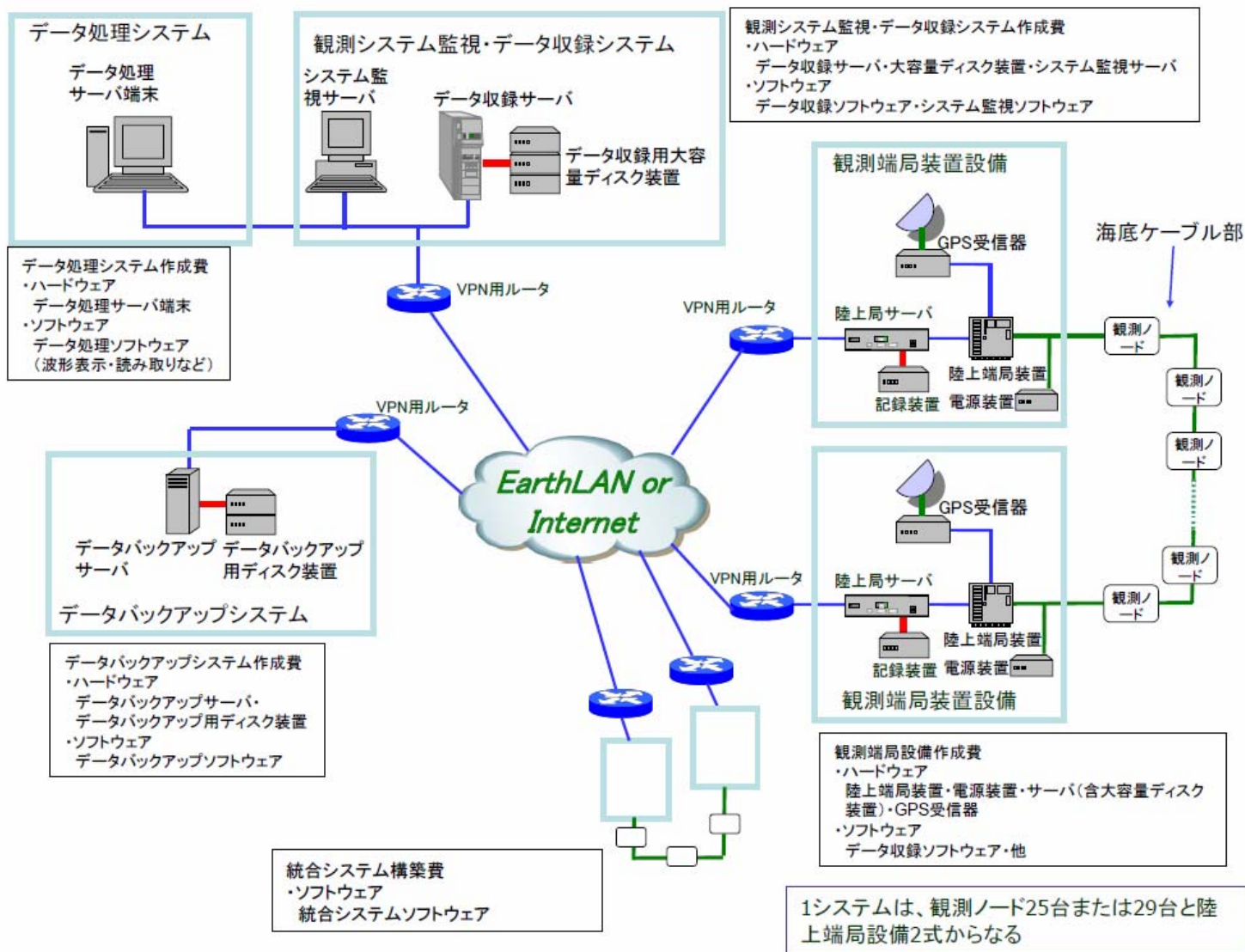


測定レンジ  $\pm 2G$  (変更可能)  
加速度周波数出力 30-40 kHz  
温度周波数出力  $172 \pm 2$  kHz

東京大学地震研究所鋸山観測壕で  
評価試験中



# EarthLANによるデータ収録と流通



# 日本海溝海底地震津波観測網の整備に関する体制について

## <海底地震・津波観測準備室の設置>

(独)防災科学技術研究所に以下の業務を担当する「海底地震・津波観測準備室」を新たに設置する。

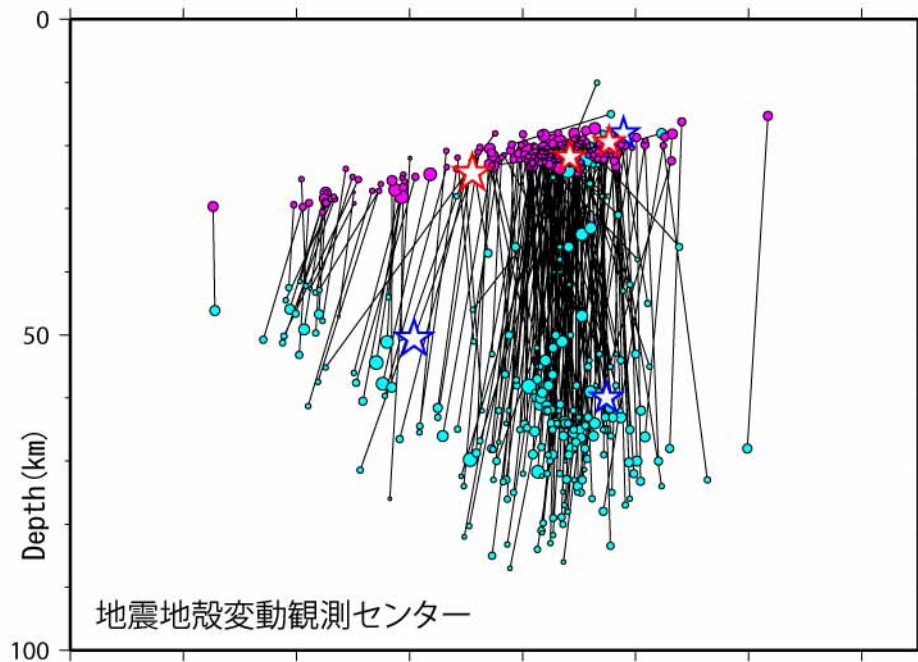
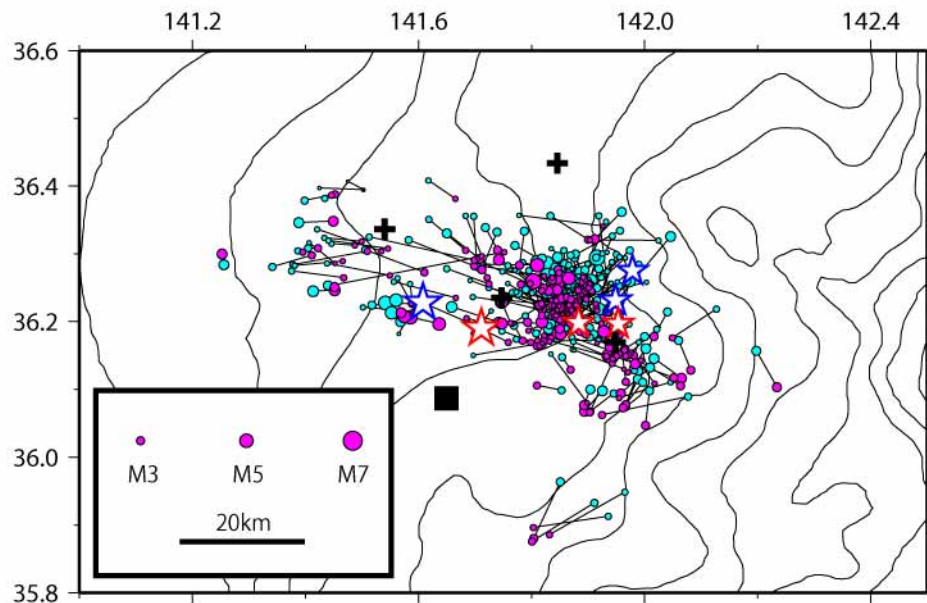
(準備室の具体的業務内容)

- ・日本海溝海底地震津波観測網の整備に係る作業の統括
- ・地震・水圧データ処理手法の高度化
- ・津波高データ処理手法の高度化
- ・地殻変動データ処理手法の高度化
- ・地震計及び水圧計のモニタリング 等

## <海底地震・津波観測準備室の体制>

平成23年度	7人	(専任職員1人、併任職員6人、役務0人)
平成24年度	20人	(専任職員3人、併任職員6人、役務11人)
平成25年度	22人	(専任職員3人、併任職員6人、役務13人)
平成26年度	24人	(専任職員3人、併任職員6人、役務15人)
平成27年度以降	24人	(専任職員3人、併任職員6人、役務15人)

海底地震・津波観測網整備推進(準備)室を平成23年11月1日に設置



### 震源分布(上)と東西断面図(下)

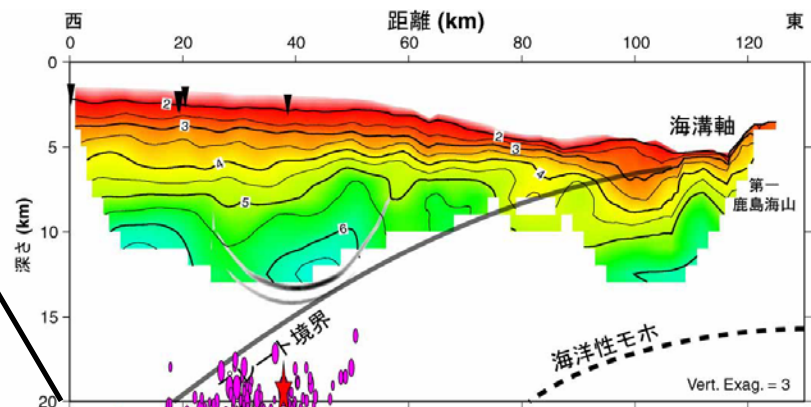
+: 速度型海底地震計

■: 加速度型海底地震計

●: 海底地震計で決めた震源  
2008年5月6日0時~8日10時

●: 対応する気象庁一元化震源

★: M7.0の本震とM6.4, M6.3の前震



(参考-1)



(対馬(2003)による)

(参考-2)

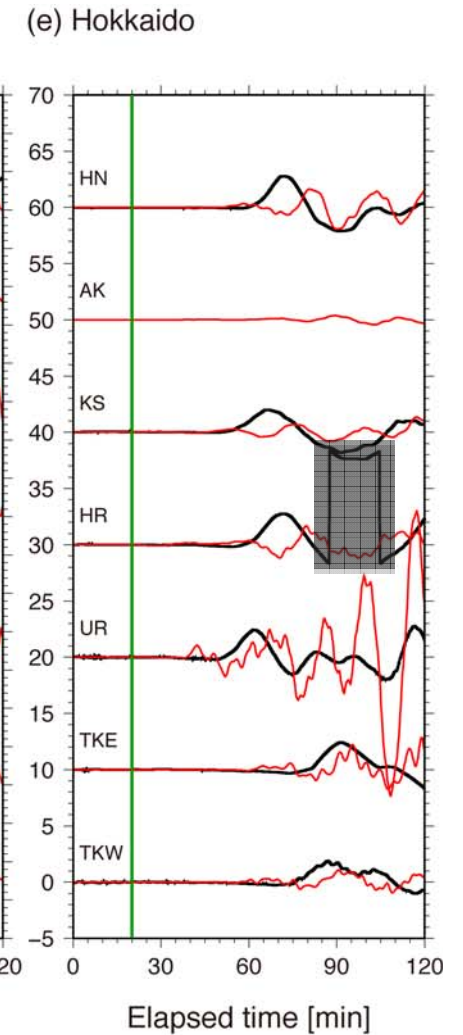
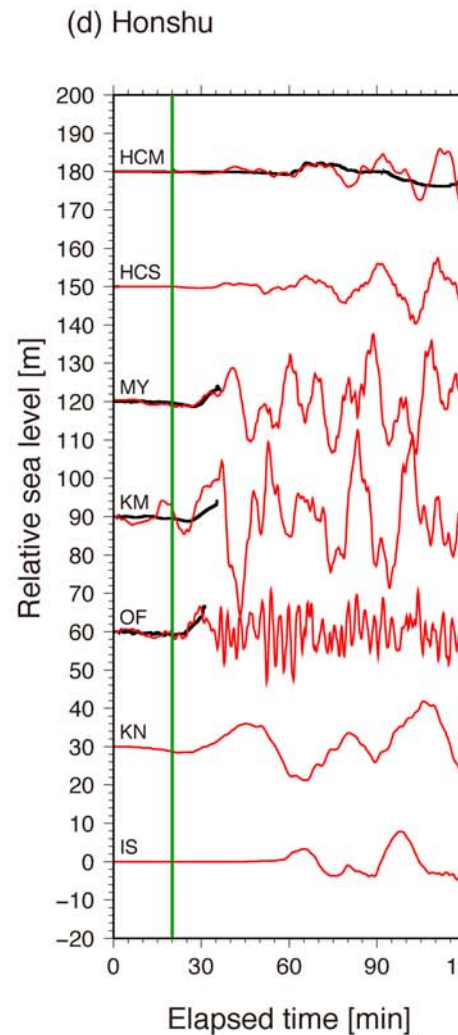
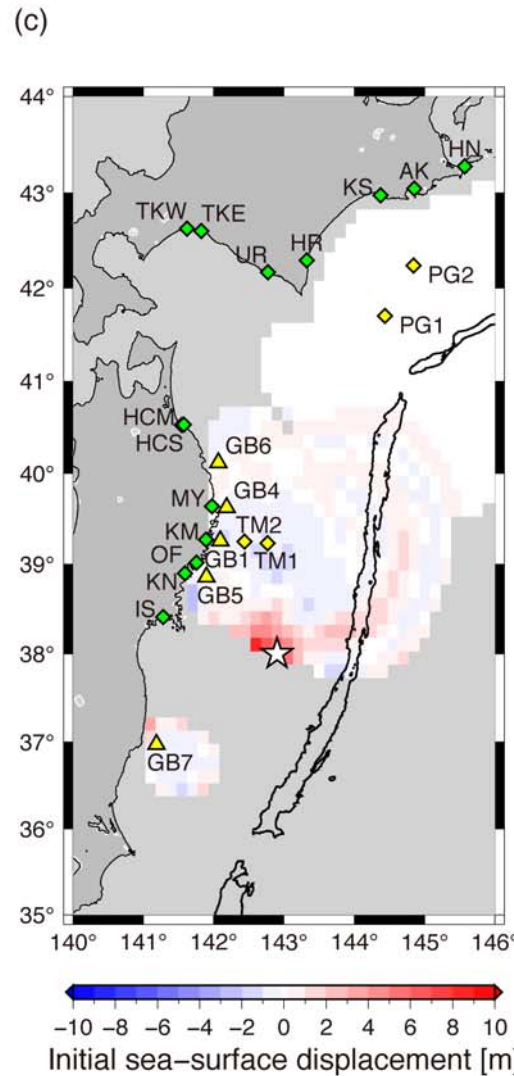
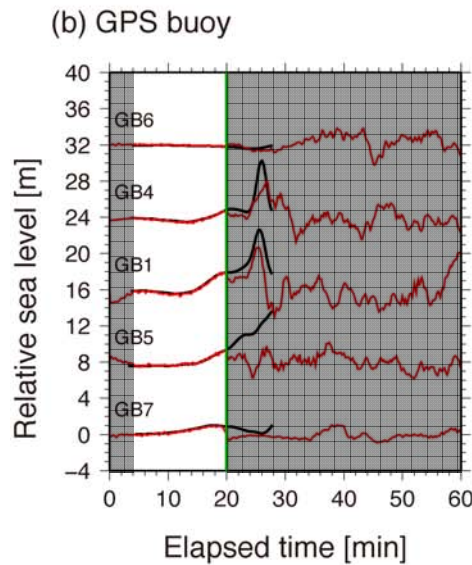
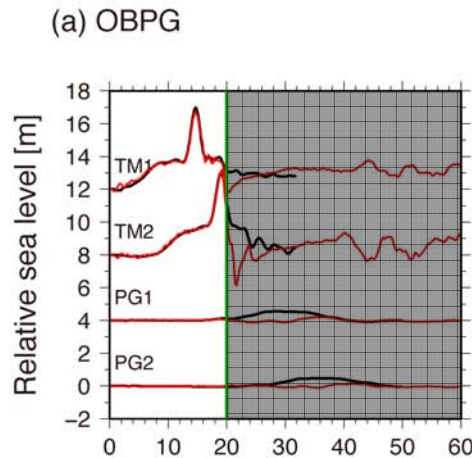
# 予測結果

地震発生後20分

(15:06)

TM1, TM2にてピークを観測

宮古・釜石・・・10 m規模の津波を予測  
大船渡・・・4-5 m規模の津波を予測



— 観測

— 計算/予測

最大隆起量: 8.9 m

最大沈降量: -2.2 m