

# 鉄道の早期地震警報システムに おける海底地震計データの活用と課題

鉄道総合技術研究所  
山本 俊六



# 本日の話題

- ◆ 鉄道 of 早期地震警報システム
- ◆ 海底地震計データの活用 of 概要
- ◆ データ活用に関する今後の課題



# 本日の話題

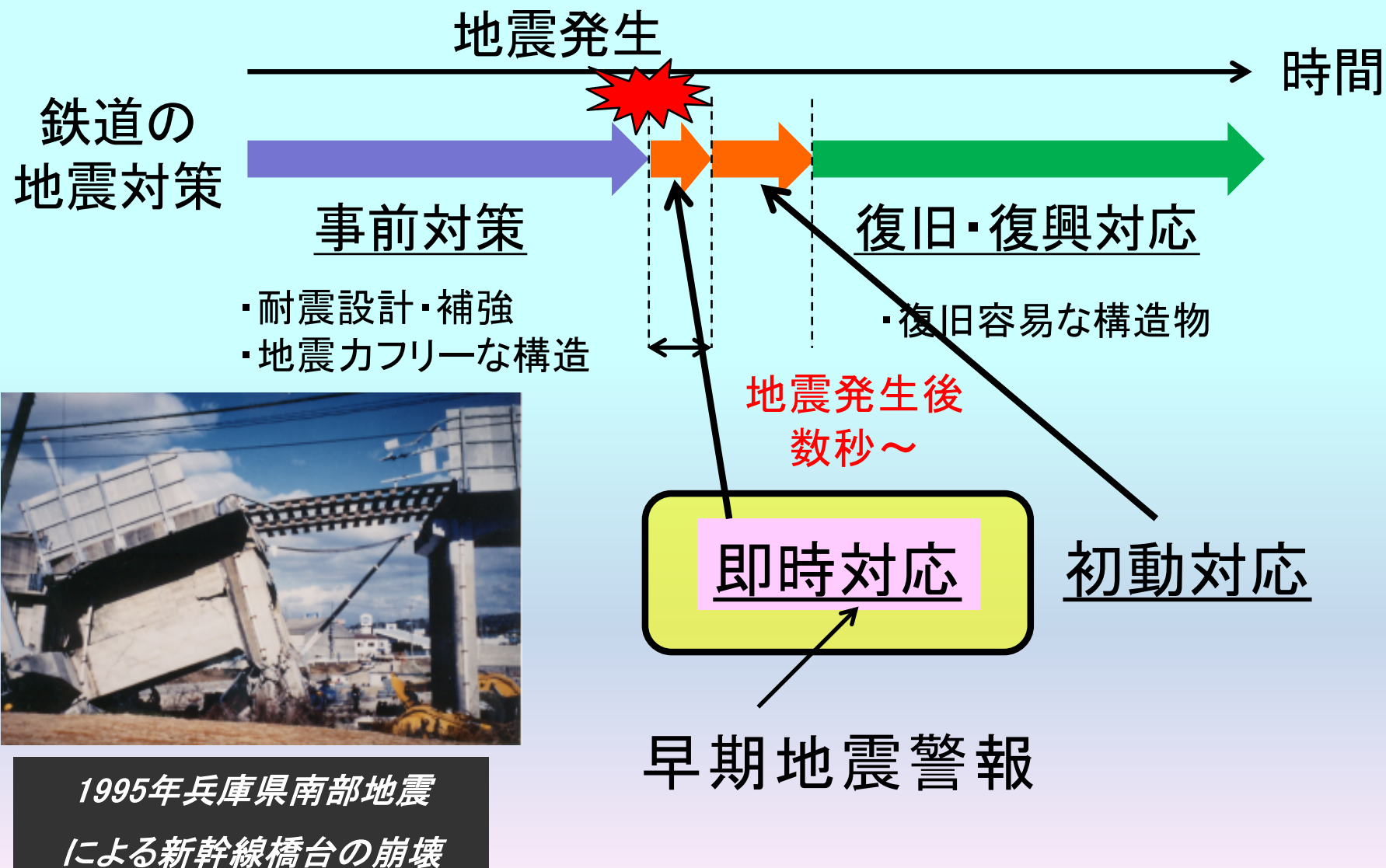
## ◆鉄道の早期地震警報システム

## ◆海底地震計データの活用の概要

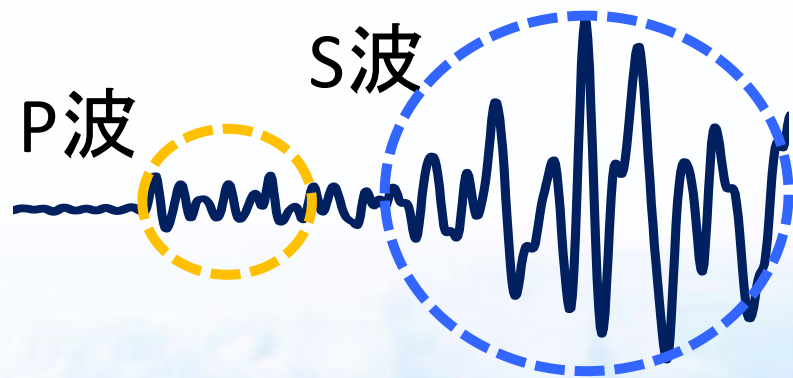
## ◆データ活用に関する今後の課題



# 早期地震警報の位置づけ



# 早期地震警報の概要



S波警報

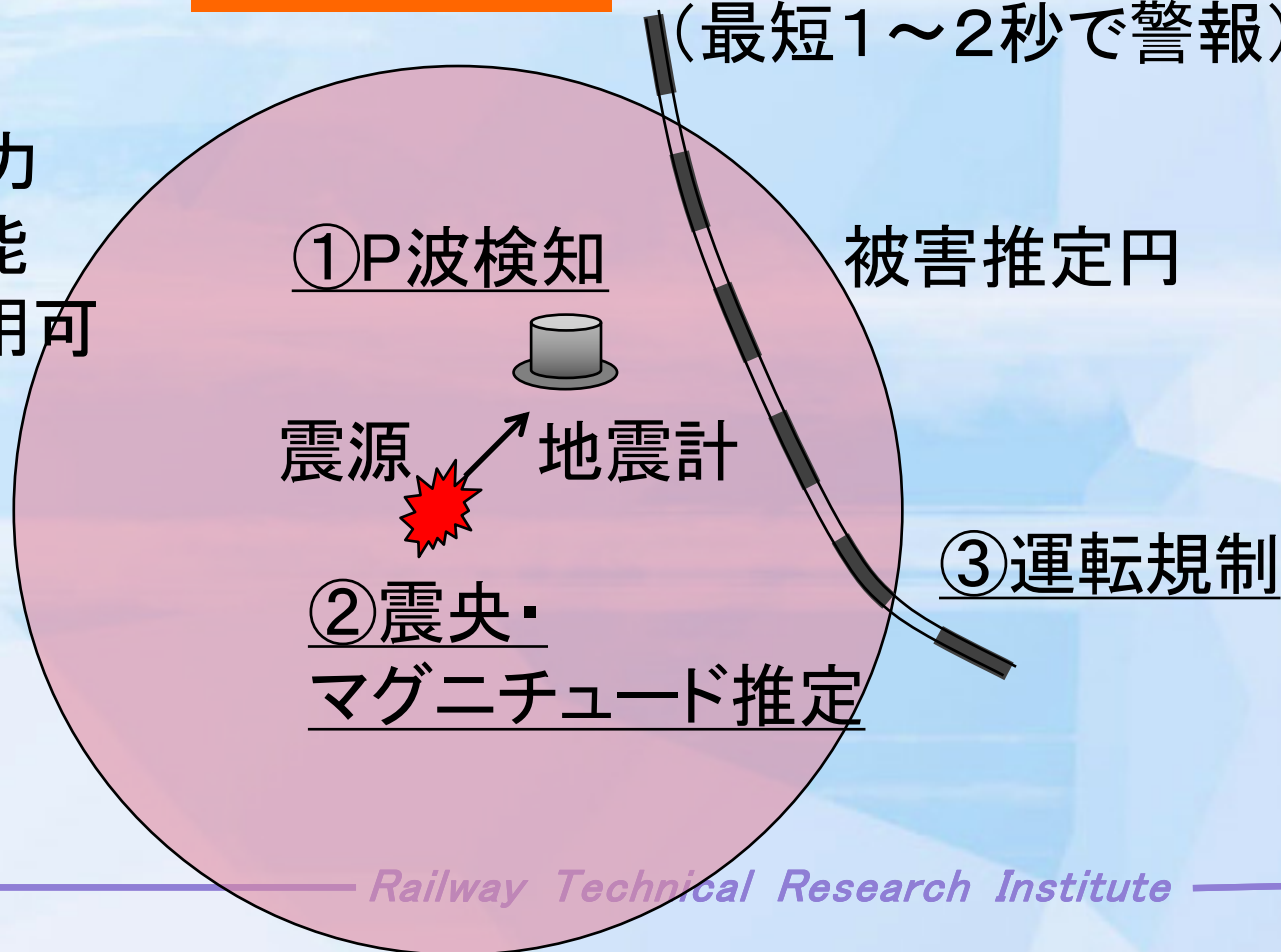
規定値超過による警報

P波警報

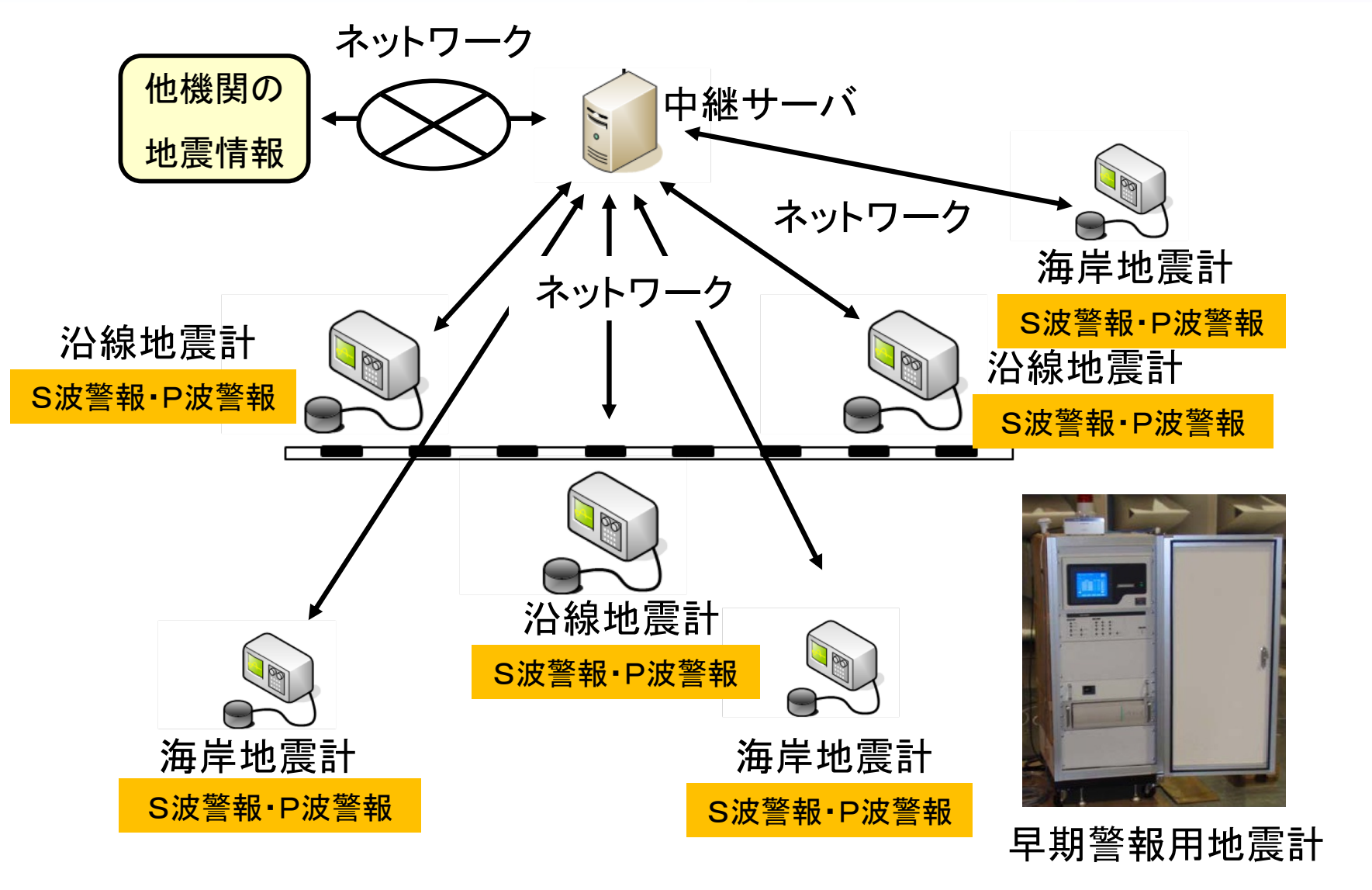
P波による警報  
(最短1~2秒で警報)

## 現行システムの特徴

- 単独地震計で警報出力
- S波警報・P波警報機能
- 緊急地震速報との併用可



# 早期地震警報システムの構成



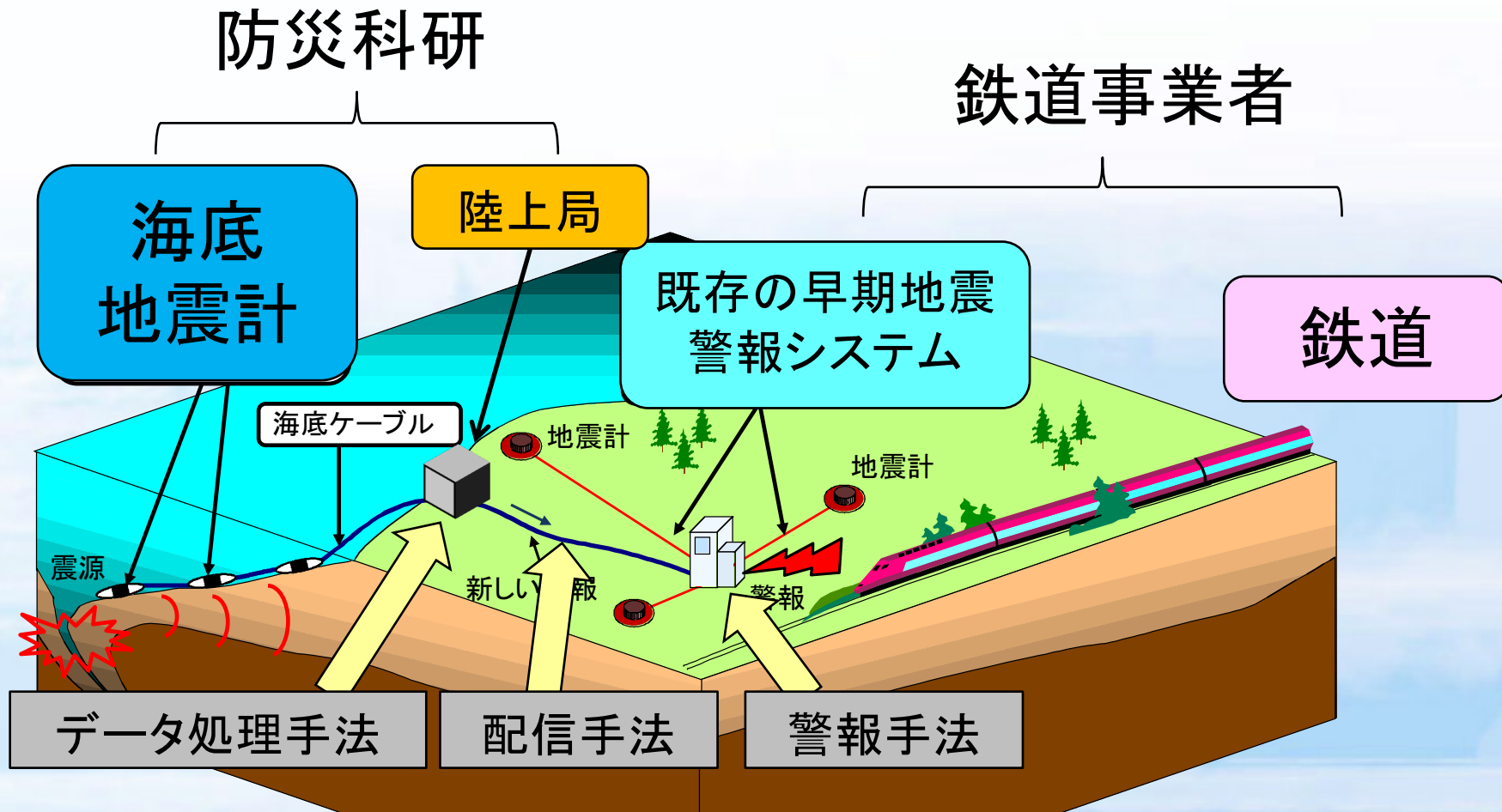


# 本日の話題

- ◆ 鉄道の早期地震警報システム
- ◆ 海底地震計データの活用の概要
- ◆ データ活用に関する今後の課題



# 海底地震計データの流れ



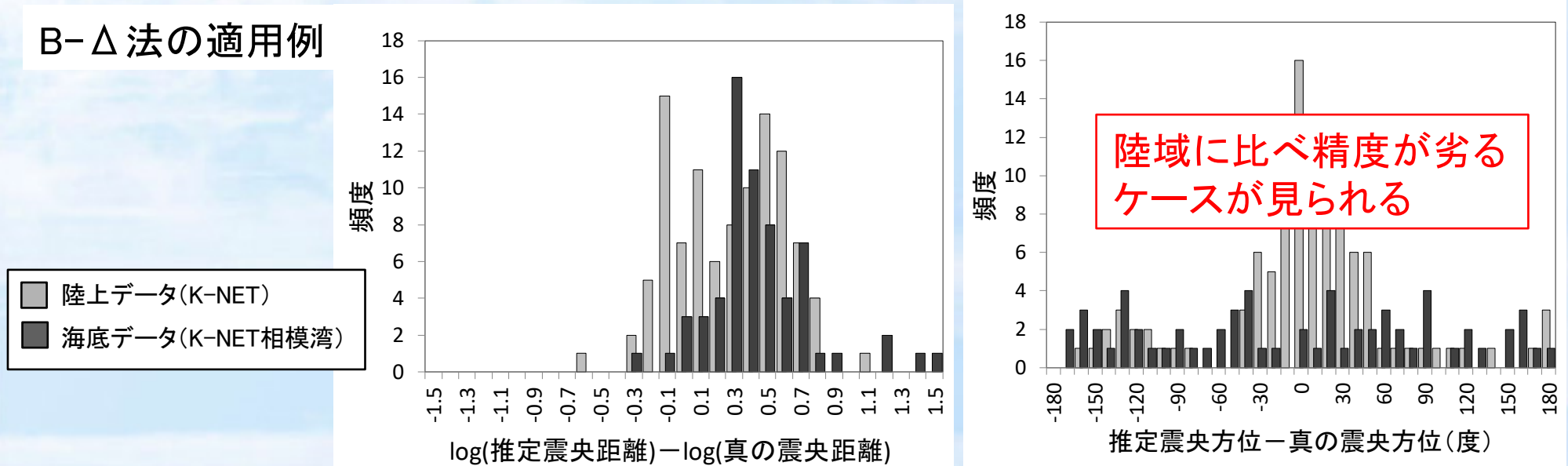
●データ利用に向けて、データ処理手法、配信手法、警報手法を開発



# 警報手法：P波警報？

- 陸域地震計での警報手法
  - 震源情報を推定する手法（P波警報）
  - 規定値超過による手法（S波警報）
- 海底地震計に P波警報は可能か？

B-Δ法の適用例



- 陸域の地震計とは異なる設置環境。海底地震計データの特徴を詳細に把握するには、まだ十分なデータがないなど課題がある。

## 警報手法：規定値超過による警報

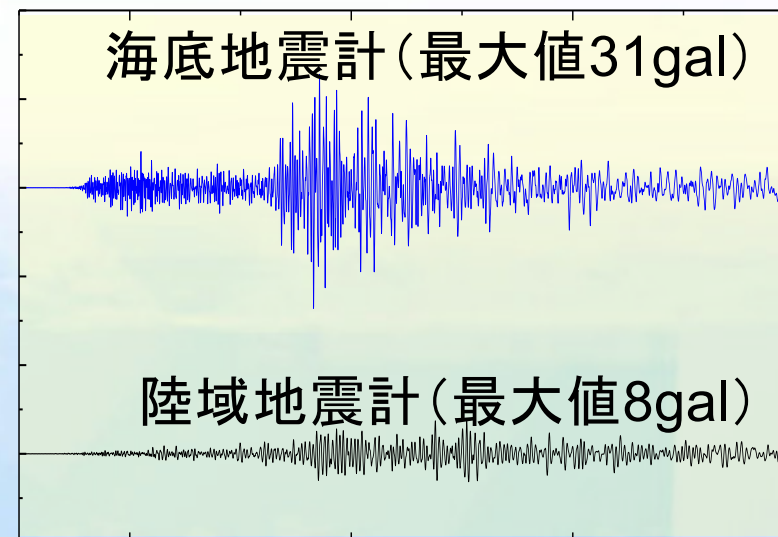
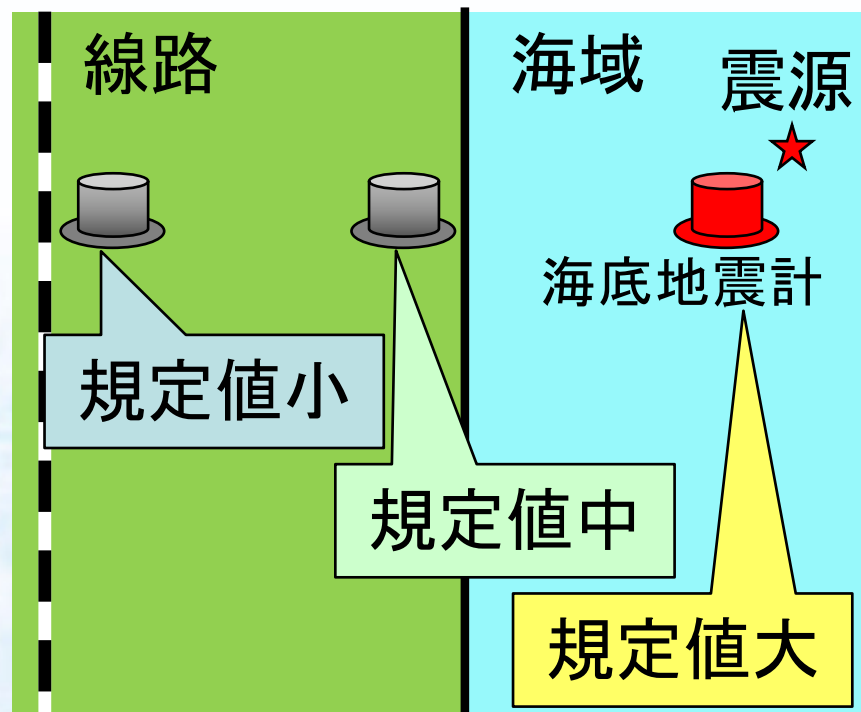
- 海底地震計：海域で発生した地震に対して震源に近い場所で早期に地震波をとらえることが可能（前方検知）  
⇒ 規定値超過による警報でも十分な早期性確保

例) 2011年東北地方太平洋沖地震



現時点では規定値超過による警報の適用が効果的

# 警報手法：規定値の設定



● 沿線からの距離に応じて規定値レベルが変わる

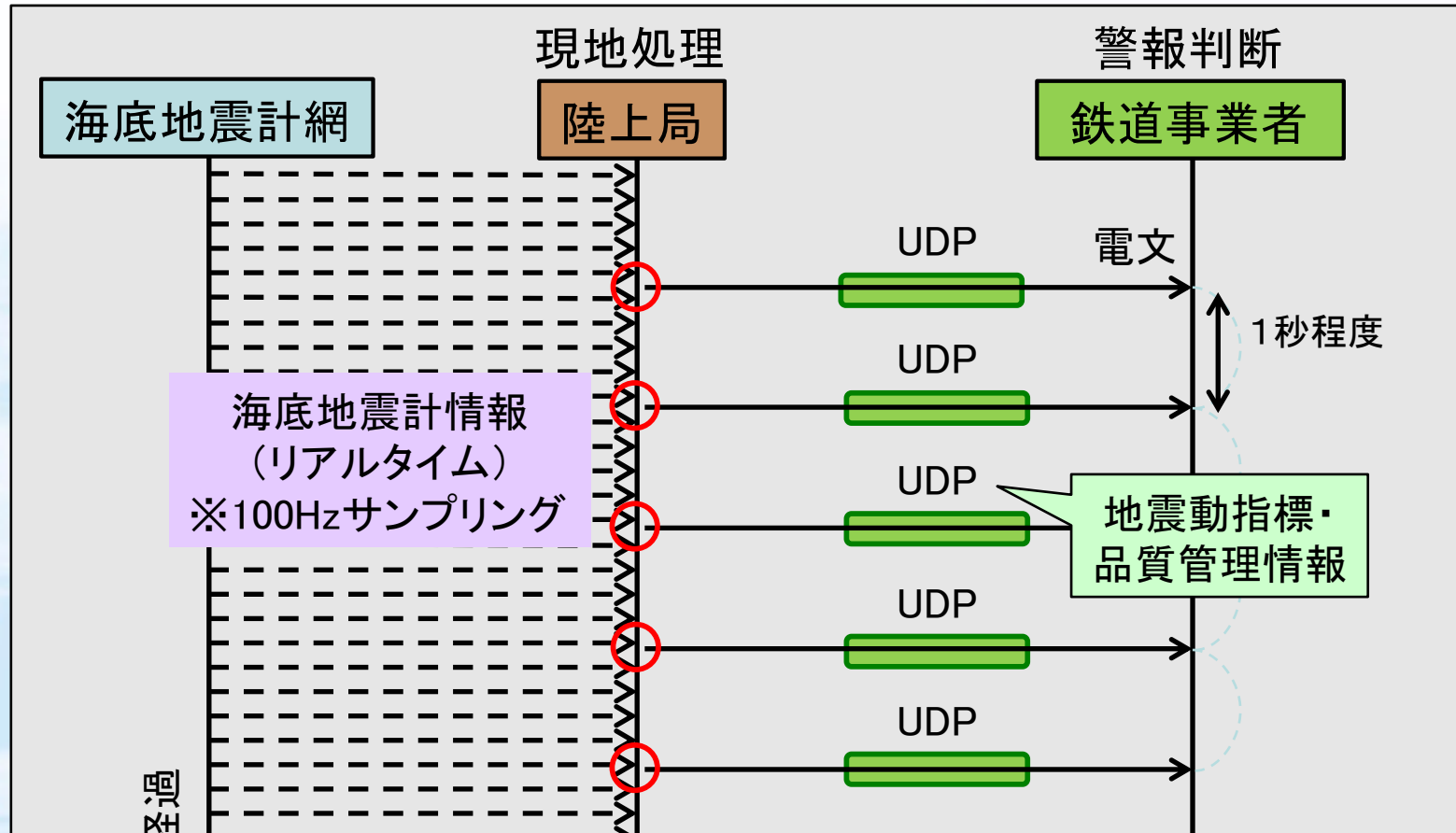
● 海域では陸域に比べて振幅が大きくなる傾向がある

規定値 = 距離の影響 × 振幅増幅の影響

それぞれの影響を把握

# 配信手法

## ● 海底地震計情報の配信手法提案：処理結果等の事業者への伝送



情報量を絞り、UDPプロトコルで常時一定間隔で配信することにより、限られた回線容量で安定した情報伝達を図る

# データ処理手法：信頼性の高い配信

自社で保守管理のできない外部情報

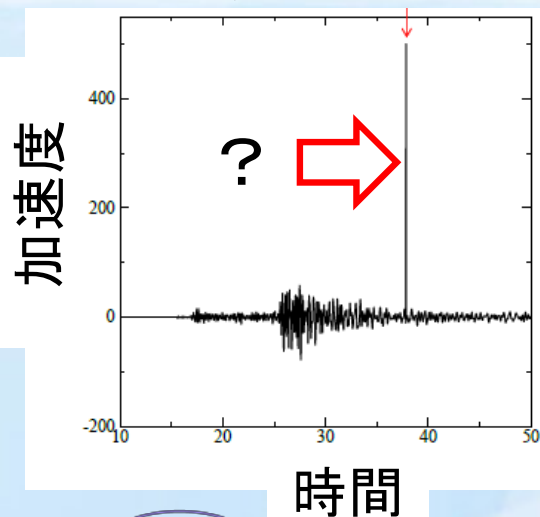
信頼性を確保するための配信・データ処理手法

品質管理フラグ

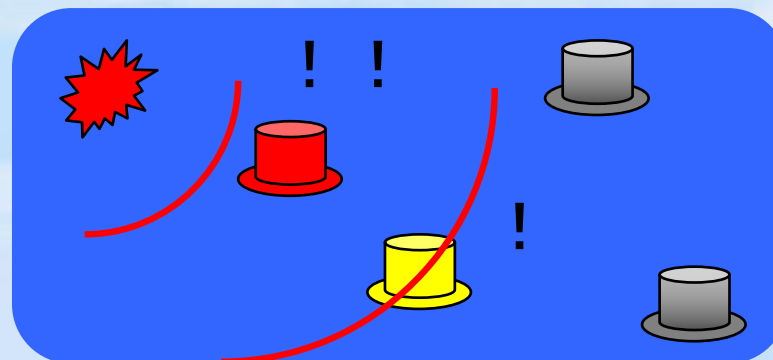
複数観測点処理

●データの信頼性を評価して、  
振幅データと共に配信

●規定値超過＋隣接観測点の  
振幅レベル上昇で警報出力



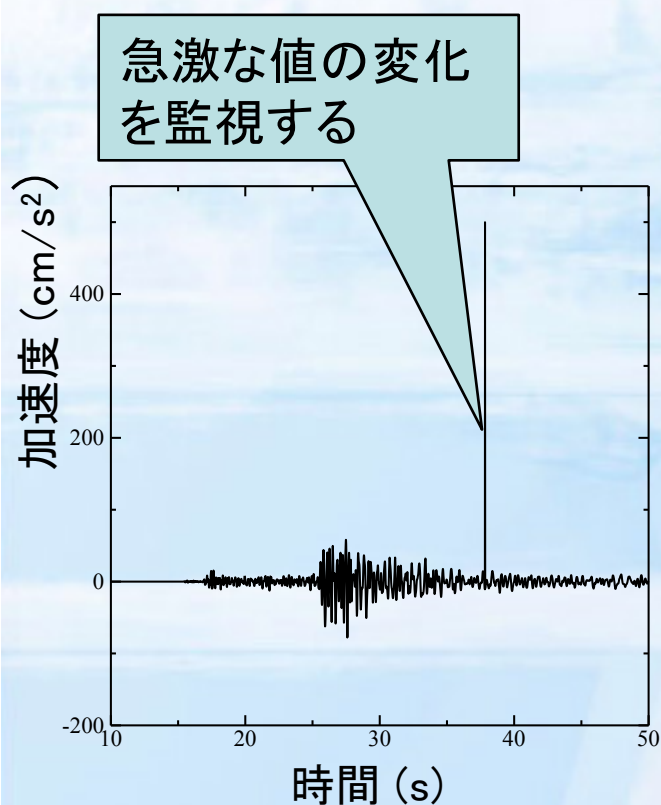
品質管理フラグの例  
(サンプル間で極端な  
振幅の変化があった  
場合はノイズの可能性  
が高いと考える)



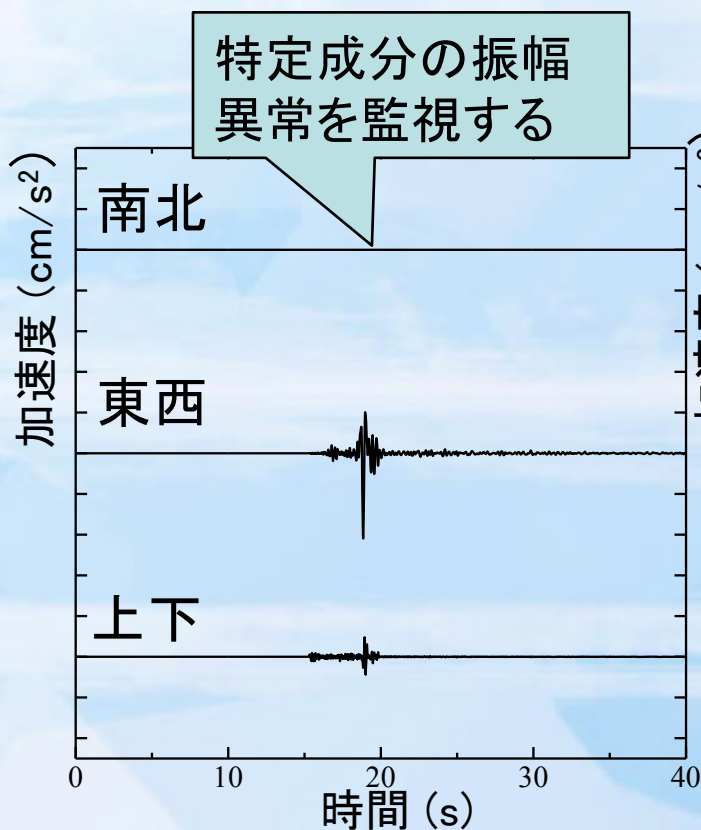
# データ処理手法：品質管理フラグ

## ●データの品質管理に用いる情報

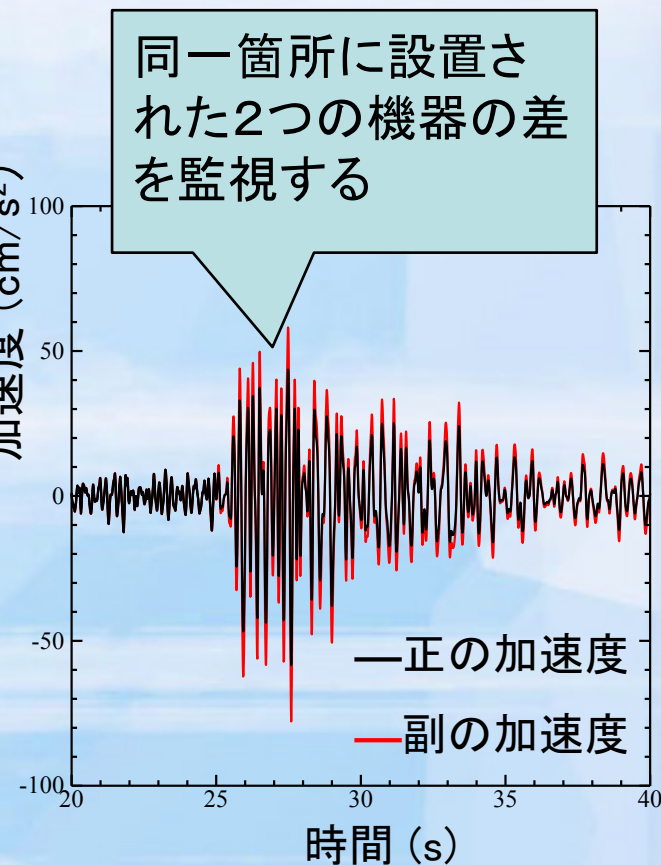
ノイズや機器の異常による誤警報を防ぐために**品質管理フラグ**とその利用を提案



(a) データ差分異常



(b) 成分異常



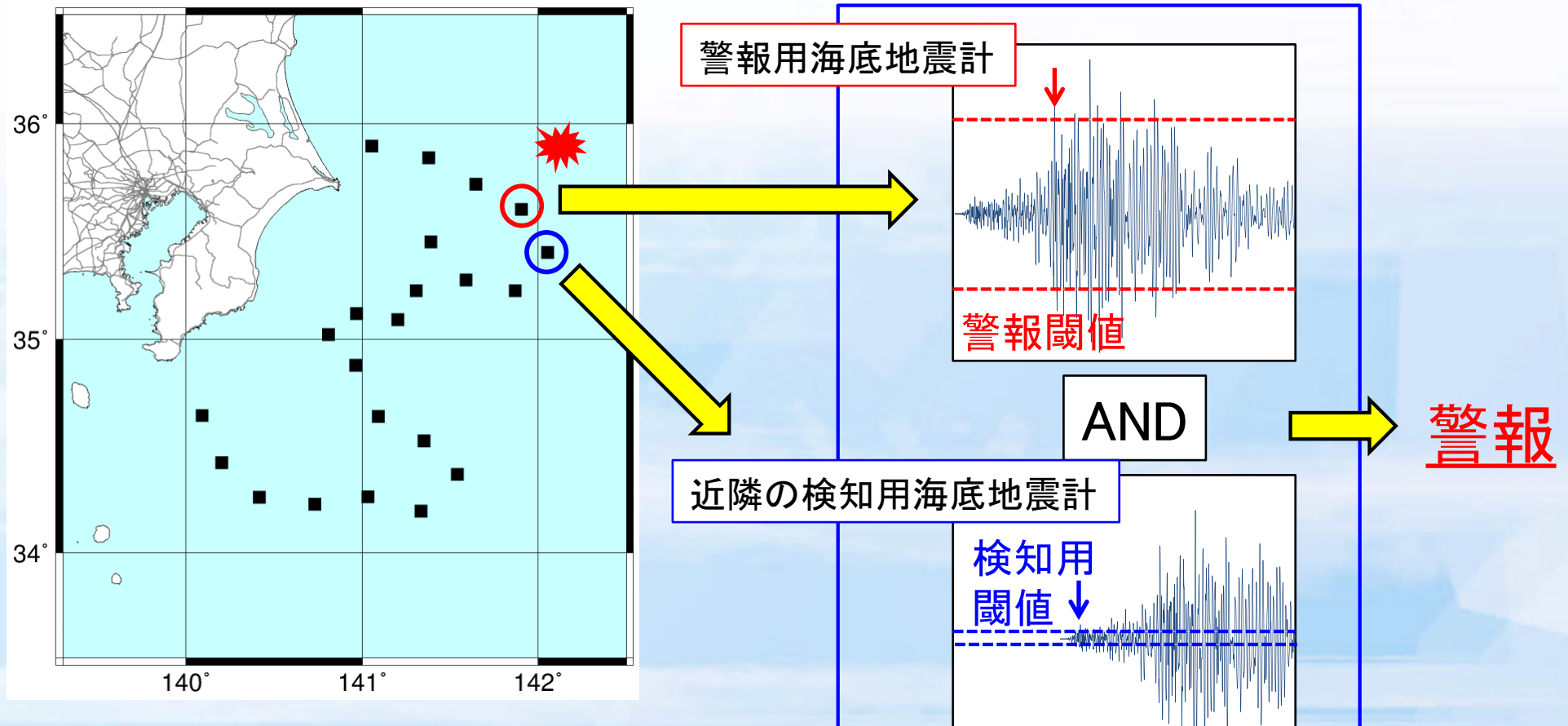
(c) 正副比較異常





# データ処理手法：複数観測点処理

## ● 複数観測点の情報を用いた誤警報防止手法



手法例：海底地震計が警報閾値を超過した場合、一定時間内に近隣の海底地震計が検知用閾値を超過した場合に警報判断  
⇒ 電気ノイズやセンサ故障などによる誤警報の防止

# 鉄道用早期地震警報への利用

● 2017/11/1

2017年10月31日  
日本工業新聞

## 海底地震計

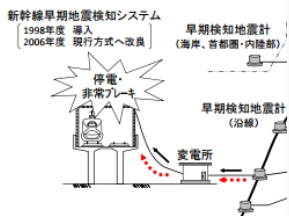
JR東日本では、いち早く列  
早期地震警報システム。  
このたび、国立研  
知システムへ導入す  
組みを構築し、新幹  
また、新幹線の沿  
ことにより、新幹線  
を短縮します。  
これらの取組みに、

### 1. 新幹線早期地震

防災科研と当社間  
10月30日に締結  
S-netの地震観測網  
観測網(S1)の地震  
これにより、新幹

### 新幹線早期地震検知システムへのS-net観

従来地震検知体制  
による列車制御の流れ



海底地震計の地震観測データを用いた  
地震検知により、必要な区間を緊急停止  
海岸地震計を用いた地震検知と比べ

従来の海岸地震計に  
比べ、各社最大約10  
30秒検知時間を短縮で  
きる。

既存の地震防災シ  
ステムは、主に陸上に設  
置した地震計のデータ  
を使用。海底観測網デ  
ータの導入により、東  
日本大震災を引き起こ  
したような海溝型地震  
をより早く検知できる  
ようになる。

心とする日本海溝海底  
地震津波観測網「S-net」、南海トラフ  
巨大地震の想定震源域  
に設置されている地震  
・津波観測監視システ  
ム「DONET」のデ  
ータを活用。防災科研  
と鉄道総合技術研究所  
が共同開発したデータ  
伝送方式を使い、各鉄  
道事業者に配信する。



防災科学技術研究所  
は30日、JR東日本、  
JR東海、JR西日本  
の3社と地震発生時の  
列車走行の安全確保の  
ため、運用する海底地  
震津波観測網データの  
活用を始めること発表し  
た。同日相互協力協定

## 鉄道防災対策に活用

防災科研と  
JR 3社

## 海底地震津波観測網データ

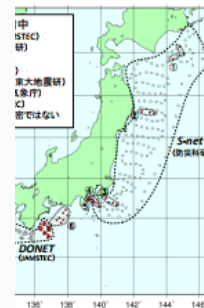
## テムに導入



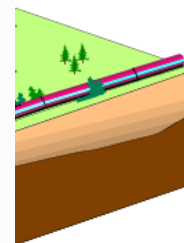
開発について

成 27年9月3日  
財団法人鉄道総合技術研究所

発生する巨大地震に対してより早  
ムで海底地震計の情報を活用する



・整備中の海底地震計網



道総合技術研究所  
郡国分寺市光町 2-8-38



# 本日の話題

- ◆ 鉄道 of 早期地震警報システム
- ◆ 海底地震計データの活用 of 概要
- ◆ データ活用に関する今後の課題



# 課題：強震時のセンサー挙動

警報システムとしてデータを有効に活用するために  
大地震を震源付近で捉えたい



強震時におけるセンサー挙動の事前把握

- センサー周辺の軟弱な表層面の非弾性的挙動
- センサーと表層面とのカップリング
- センサーのオフセットレベルの変化

# 課題：設置環境データベース

規定値の決定、データ利用可否の判断の  
ための情報を得たい



設置環境データベース

- センサー設置箇所の地下構造
- センサー設置状況に関する情報
- 管理履歴



# 課題：データ流通の継続性

データを活用して防災システムを構築したり  
防災ルールに反映させたりしたい



データ流通の継続性

- データ流通の枠組みの明確化
- 維持・管理体制



## ■ まとめ

---

- 鉄道では、新幹線の早期地震警報システムにおいて、2017年より海底地震計データの活用を開始した。
- 上記システムでは、規定値超過手法により警報を出力する。また、品質管理フラグや複数観測点データの利用により、誤警報防止を目指している。
- 今後、警報手法の高度化とともに、強震時のセンサー挙動把握、設置環境データベースの作成、データ流通の継続性確保についても検討を進める必要がある。