



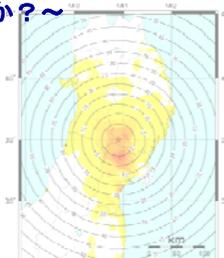
Earthquake Information Center



CIDIR
Center for Integrated Disaster Information Research

気象庁の緊急地震速報の直下型地震対応への改善 ～公的観測網ではどこまでできるのか?～

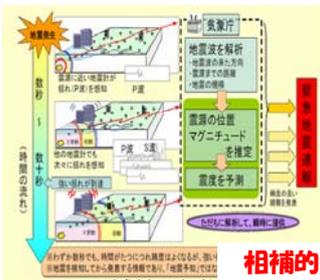
鷹野 澄
 東京大学大学院情報学環
 総合防災情報研究センター(CIDIR)
 東京大学地震研究所
 地震火山情報センター(EIC)



2013/1/10 地震研究集会

緊急地震速報とオンサイト警報システム

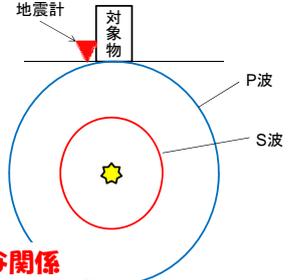
緊急地震速報



相補的な関係

震源の近くでは間に合わない

オンサイト警報システム



相補的な関係

震源の近くの地点で有効

オンサイト警報 (S波検知→警報)

(気象庁)

リアルタイム震度による警報

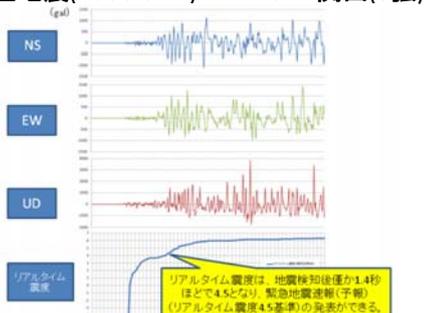
□ 岩手宮城内陸地震(2008.6.14) KiK-net一関西(6強)

地震検知から1.4秒

リアルタイム震度 = 4.5 (警報)

↓

オンサイト S波検知警報 (強震動検知)



リアルタイム震度は、地震検知後僅か1.4秒ほどで4.5となり、緊急地震速報(予報)(リアルタイム震度4.5基準)の発表ができる。

気象庁 緊急地震速報評価・改善検討会 技術部会(2012.10) 第4回資料(HPより)

「加速度振幅(上下成分・100gal)以上」から「リアルタイム震度4.5以上」への変更

オンサイト警報 (P波検知→震度予測)

(鳥海修論2009)

Pi、Pdによる震度の推定

□ 岩手宮城内陸地震(2008.6.14) KiK-net一関西(6強)

P波から0.3秒

□ Pd=4.0 (注意報)

P波から0.5秒

□ Pd=5.0 (警報)

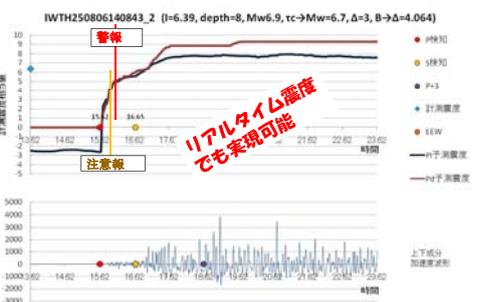
P波から1秒

□ Pd=5.9 (6弱)

P波から3秒

□ 推定Mw=6.7

□ 推定Δ=4.1km



リアルタイム震度でも実現可能

オンサイト警報 (P波検知→震度予測)

(鳥海修論2009)

Pi、Pdによる震度の推定

2008年6月14日岩手宮城内陸地震

● P波検知-EEW

▲ EEW

● 警報

● 注意報

● 多項式(p検知)

● 多項式(p+3秒)

● 多項式(s検知)

使用観測点数: 86
計測震度5以上: 13
総警報数: 8

震源決定(現EEW)の前に使用
S波検知警報の前に使用
予測震度の精度検証に使用

相補的な関係

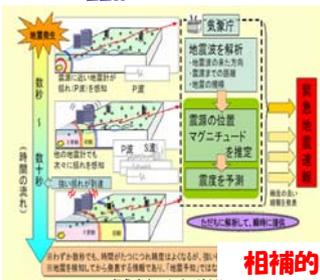
震源に近い程有効



公的観測網で実現可能なリージョナル地震警報システムREW

昨年度発表

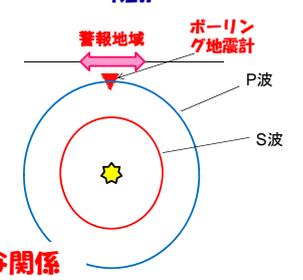
緊急地震速報 EEW



相補的な関係

震源の近くでは間に合わない (海溝型地震対応)

リージョナル地震警報システム REW



相補的な関係

震源の近くの地点で有効 (直下型地震対応)

公的観測網
で実現

リージョナル地震警報システムREW

昨年度発表

- Kik-net基盤強震観測網
(地上と地中に強震計)
- 一部を除きリアルタイムで
データが得られない
- リアルタイム化すれば
オンサイト警報への
利用が可能
- 公的観測網だけで
直下型にも対応可能
な地震速報が提供可能

観測点間隔 約200km
首都圏のKik-net観測点:約90点
(防災科学技術研究所ホームページより)

公的観測網
で実現

リージョナル地震警報システムREW

昨年度発表

掘削長1000m以上の観測点

首都圏では

- Kik-net基盤強震観測網
の大深度観測点の活用

観測点間隔 約200km
首都圏のKik-net観測点:約90点
(防災科学技術研究所ホームページより)

公的観測網
で実現

リージョナル地震警報システムREW

昨年度発表

概要

- ボーリング地震計データのP波初動から地上の強震動を
予測する手法(栗田2011)
- 一つのボーリング地震計で
地上のどの範囲までカバー
可能か?
- REWシステム構築方法
- REWの発表情報イメージ
- REWの伝達手段と活用

(直下型地震対応)

ボーリング地震計のP波初動から地上の震度を予測
(柏崎刈羽原発のボーリング地震計による検討) (栗田修論2011)

サービスホール地震系
5号機地震系

地上と地中の簡易震度から予測式を作成 (栗田修論2011)

予測式: 震度=(地下)P波簡易震度+d

中越沖地震 本震・余震 SG4(サービスホール深さ250m)の地震計

各地震について、計測震度を横軸にとり、地上の簡易震度の最大値(◆)と、地中でP波到着後1秒後(上図)、3秒後(下図)の簡易震度(×)をそれぞれプロット

→3秒後の方が簡易震度(×)のばらつきが小さくなっていることがわかる。

P波(1秒) 地上の計測震度

P波(3秒) 地上の計測震度

地上と地中の簡易震度から予測式を作成 (栗田修論2011)

予測式 震度=P波簡易震度+d

各地震について、地表の簡易震度の最大値(◆)と、地中でP波到着後①1秒後および②3秒後の簡易震度(×)との差の平均をそれぞれ計算

各地震計での1秒後と3秒後の d_1, d_3 を決める

サービスホール -250m 1s

サービスホール -250m 3s

(栗田修論2011)

予測式の適用方法

予測式: 震度=P波簡易震度+d

P波の到着時から予測を開始し、
 1秒後の $d=d_1$ と
 3秒後の $d=d_3$ を用いて

- ▶ 1秒後まで: d_1
- ▶ 1~3秒後: 線形に変化
- ▶ 3秒後以降: d_3

P波が到着してからの時間

(栗田修論2011)

地中観測点の深さによるdの変化

サービスホール地盤系

中越沖地震(本震+余震16個) **1秒後**

中越沖地震(本震+余震16個) **3秒後**

警報・注意報の基準

鳥海(2009)より

①2007年中越沖地震・本震 (計測震度6.1、SG4(深さ250m)での予測)

地中(深さ250m)
 加速度東西成分

時間(s)

地中(深さ250m)
 簡易震度

注意報 警報

予測震度 = 簡易震度 + d

0.47秒後に注意報
 0.89秒後に警報

栗田2011

首都圏の震度計等の強震動観測点

(SK-net首都圏強震動総合ネットワーク)

● 横浜観測点(2045m)

首都圏の強震動観測点
 (地震研SK-netホームページより)

地下の震度vs地上の震度(Δ<57kmの有感地震)^{24個}

KNGH10

D=0km

YOK.as08g

D=2.6km

YOK.hd08j

D=4.6km

YOK.kh04s

D=9.0km

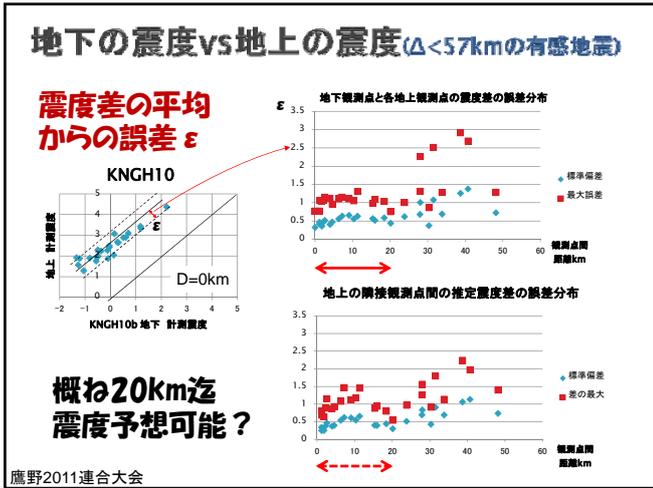
YOK.tr05s

D=15.9km

KNT.KNG005

D=20.1km

鹿野2011連合大会



公的観測網で実現

リージョナル地震警報システムREW

システム構築手順

- ▶ ボーリング地震計と周辺の既存強震観測点の記録から予測式作成
- ▶ ボーリング地震計の**予報区、代表点**を決定

予測式 震度=P波簡易震度+d

予報区b 予報区a

ボーリング地震計

P波

S波

REW (直下型地震対応)

予報区の広さ⇔精度
精度を重視、狭くてもOK

公的観測網で実現

リージョナル地震警報システムREW

情報伝達イメージ

- 第1報 a地区 予想震度4+ (観測点Aで検知, 注意報)
- 第2報 b地区 予想震度4+ (観測点Bで検知, 注意報)
- 第3報 a地区 予想震度5+ (観測点Aで情報更新, 警報)
- 第x報 震源 東京湾 M7.4 (EEW震源, 同更新情報)
- 第x報 a地区 観測震度5+ (地上観測点震度速報, 同更新情報, 面的震度情報ShakeMap)

REW (直下型地震対応)

公的観測網で実現

リージョナル地震警報システムREW

情報伝達手段と活用

- 現在のEEWに追加して提供
- 自動制御への活用
 - ✓ 列車の制御 (減速)
 - ✓ エレベータの制御
 - ✓ 大型機械の制御
- 一般提供
 - ✓ 工事現場等への通知
 - ✓ 危険物作業等への通知
 - ✓ 施設内利用者への通知
 - ✓ 身の安全確保

REW (直下型地震対応)

単独観測点処理の徹底的な活用

- ▶ P波から震源を推定
 - ▶ Tp法
 - ▶ Tc法
 - ▶ BΔ法 離れた地震に有効!

現在の緊急地震速報
- ▶ P波からその場の強震動を予測 (予測情報)
 - ▶ PI値
 - ▶ Pd値

直下型地震に有効!
- ▶ S波で最終的な被害推定 (事後情報)
 - ▶ DI値
 - ▶ SI値
 - ▶ 5HzPG
 - ▶ PGV
 - ▶ 計測震度
 - ▶ リアルタイム計測震度

簡単! 信頼性・確実性が高い! P波での予測失敗をリカバー可能!

リージョナル地震警報 (昨年度提案)

- ▶ P波から周辺の強震動を予測
- ▶ PI, Pd, 簡易震度, リアルタイム震度など
- ▶ 密な公的観測網を利用
- ▶ 直下型地震対応の緊急地震速報!

緊急地震速報の直下型地震対応への改善

まとめ

- KIK-net基盤強震観測網の**地中観測点**や**大深度観測点**を活用

オンサイト (単独観測点)

- ▶ P波検知→周辺震度予測
- ▶ S波検知→レベル警報
- ▶ ネットワーク (現EEW複数観測点)
- ▶ 震源決定→広域震度予測

KIK-netは、全国をカバー

- ▶ リアルタイム化要

首都圏のKIK-net観測点: 約90点 (防災科学技術研究所ホームページより)

観測点間隔 約20km