

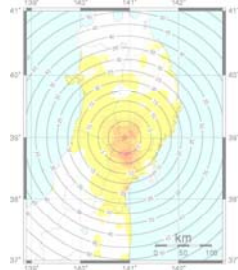


直下型地震対応のリージョナル地震警報システムの構築に向けて

鷹野 澄

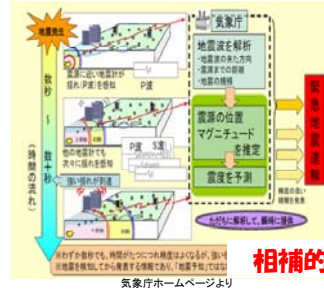
東京大学大学院情報学環
総合防災情報研究センター(CIDIR)
東京大学地震研究所
地震火山情報センター(EIC)

2011/09/08-09 地震研究集会

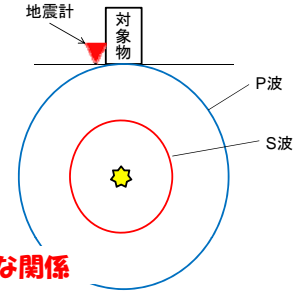


緊急地震速報とオンサイト警報システム

緊急地震速報



オンサイト警報システム



相補的な関係

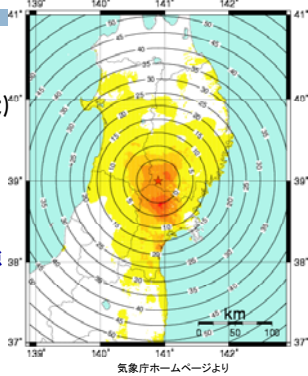
震源の近くでは間に合わない

震源の近くの地点で有効

緊急地震速報

岩手宮城内陸地震(2008.6.14)

- マグニチュード 7.2
- 最大震度 6強(気象庁発表)(栗原市、奥州市)
- 第1報 3.5秒後 震度5弱
- 第2報 4.5秒後 震度5強
- 第3報 5.4秒後 震度5弱~5強

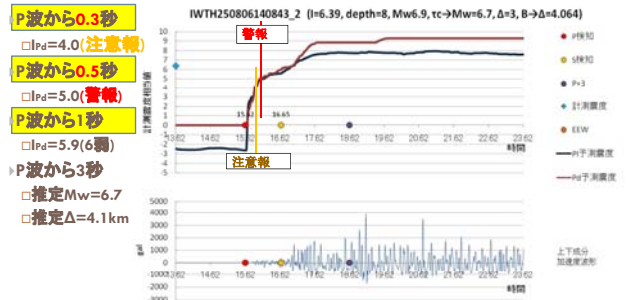


オンサイト警報(例)

(鳥海修論2009)

PI、Pdによる震度の推定

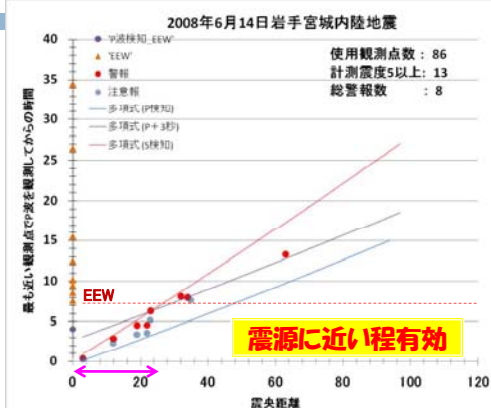
- 岩手宮城内陸地震(2008.6.14) KiK-net一関西(6強)



オンサイト警報(例)

(鳥海修論2009)

PI、Pdによる震度の推定



P波オンサイト警報の問題点

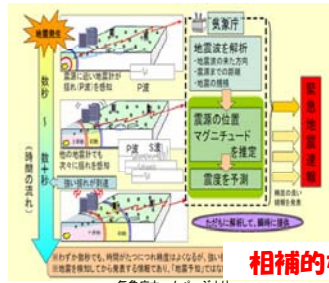
鷹野2011
連合大会

- 公的機関から情報提供では未使用
オンサイト警報を使った情報提供はない
- 民間企業のみで利用されている
JR(新幹線など)、某半導体工場などで利用
- システムは共通化されず、コスト高

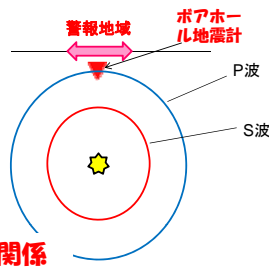
我が国の多数な公的機関の地震計を用いて
観測点近隣向けにオンサイト警報を実施

公的観測網
で実現 **リージョナル地震警報システムREW**

**緊急地震速報
EEW**



**リージョナル地震警報システム
REW**

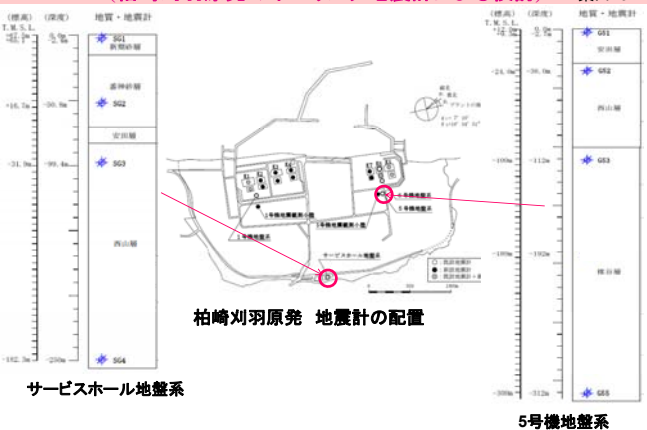


相補的な関係

震源の近くでは間に合わない
(海溝型地震対応)

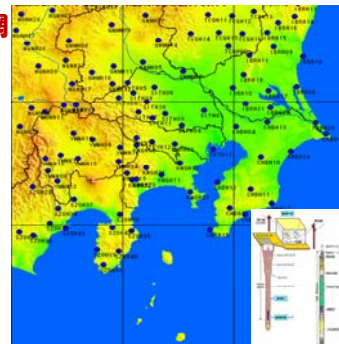
震源の近くの地点で有効
(直下型地震対応)

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2011



博野2011
連合大会 **ボーリング地震計データを活用!**
(KiK-net基盤強震観測網)

- **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**

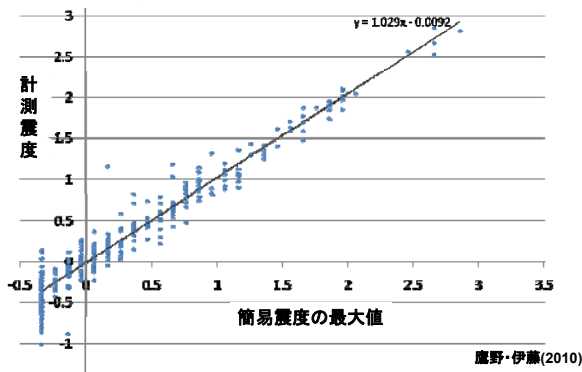


首都圏のKiK-net観測点: 約90点
(防災科学技術研究所ホームページより)

観測点間隔 約20km

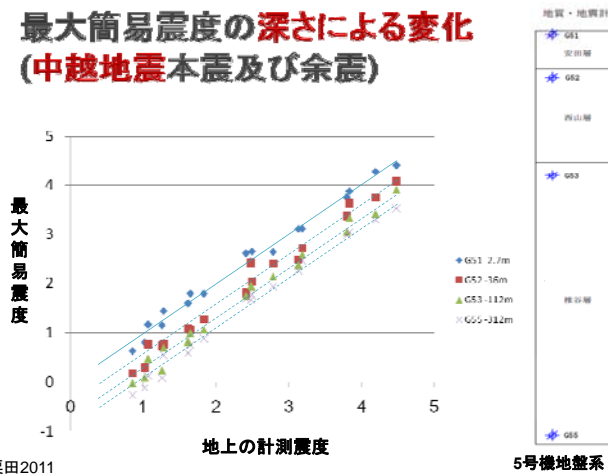
本研究で用いるオンサイト指標

簡易震度と計測震度の関係



鹿野・伊藤(2010)

最大簡易震度の深さによる変化
(中越地震本震及び余震)



栗田2011

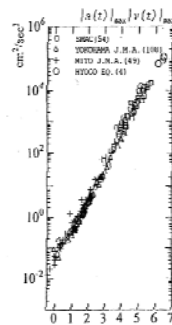
5号機地盤系

本研究で用いるオンサイト指標

栗田2011

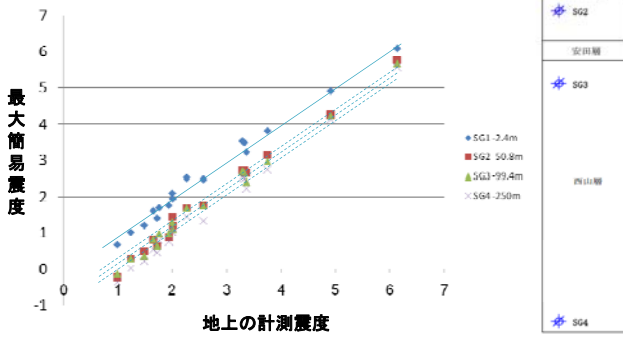
簡易震度

- ▶ 直前1秒間の**最大加速度と最大速度**を用いて
- 震度 = 1.40 + 0.98 log(|a|_{max} · |v|_{max})**を計算(右図の回帰式を利用)
- 比較的簡単な計算で、**震度相当値**をリアルタイムで算出可能



新藤 震度と最大加速度・最大速度の積との相関
翠川(1999)より

最大簡易震度の深さによる変化 (中越沖地震本震及び余震)



栗田2011

サービスホール地震系

地上と地中の簡易震度から予測式を作成

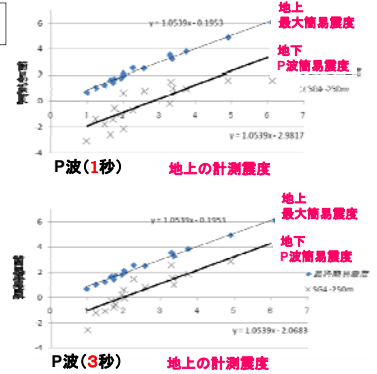
予測式: $\text{震度} = (\text{地下})\text{P波簡易震度} + d$

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。

栗田2011



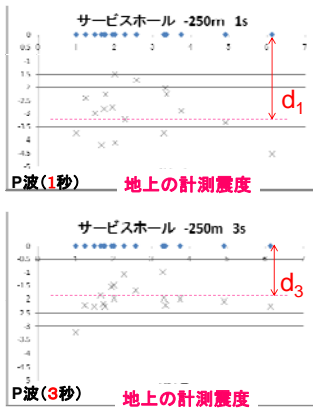
地上と地中の簡易震度から予測式を作成

予測式
 $\text{震度} = \text{P波簡易震度} + d$

- 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

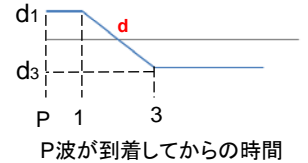
栗田2011



予測式の適用方法

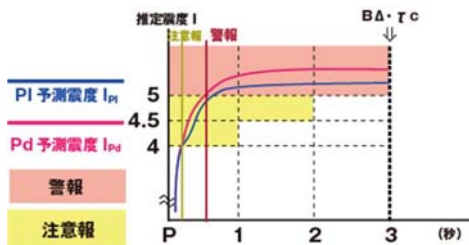
予測式: $\text{震度} = \text{P波簡易震度} + d$

- 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



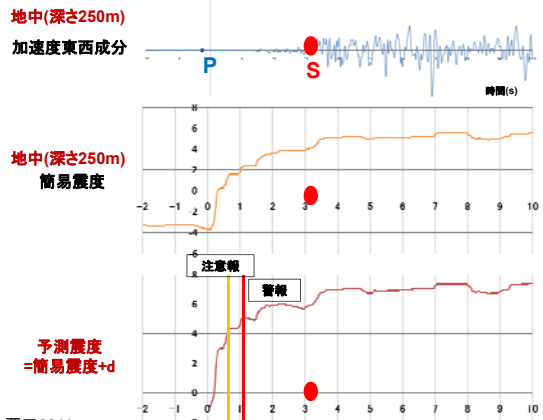
栗田2011

警報・注意報の基準



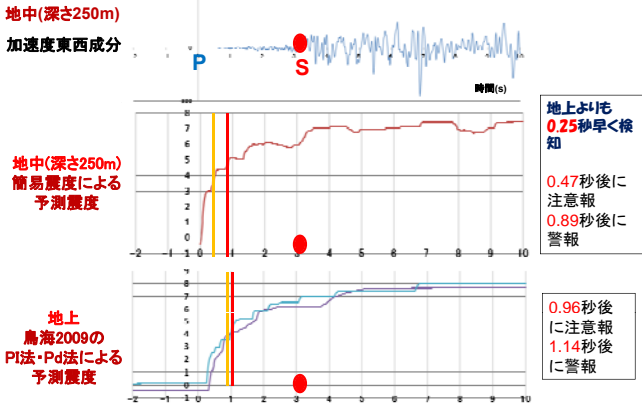
鳥海(2009)より

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



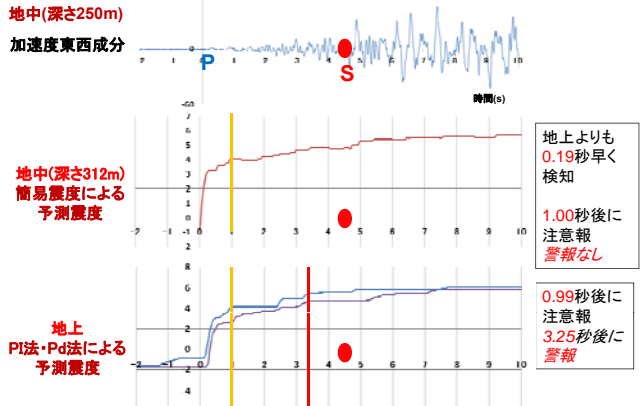
栗田2011

①2007年中越沖地震・本震 (計測震度6.1)



栗田2011

③2004年中越地震・本震 (計測震度4.5)



栗田2011

警報のタイミングの比較

計測震度	P波の検知時間差	地上(PI/Pd) (地中でP波検知してから)		地中 (簡易震度)		時間差 (地上-地中)		
		注意報	警報	注意報	警報	注意報	警報	
		①	6.1	0.25	0.96	1.14	0.47	0.89
②	4.9	0.25	0.50	0.68	0.16	0.49	0.34	0.19
③	4.5	0.19	0.99	3.25	1.00	×	-0.01	/
④	4.2	0.20	×	3.22	0.96	×	/	/

おおむね地中の方が
迅速に出されている

栗田2011

警報の精度の比較

計測震度	P波の検知時間差	地上(PI/Pd) (地中でP波検知してから)		地中 (簡易震度)		時間差 (地上-地中)		
		注意報	警報	注意報	警報	注意報	警報	
		①	6.1	0.25	0.96	1.14	0.47	0.89
②	4.9	0.25	0.50	0.68	0.16	0.49	0.34	0.19
③	4.5	0.19	0.99	3.25	1.00	×	-0.01	/
④	4.2	0.20	×	3.22	0.96	×	/	/

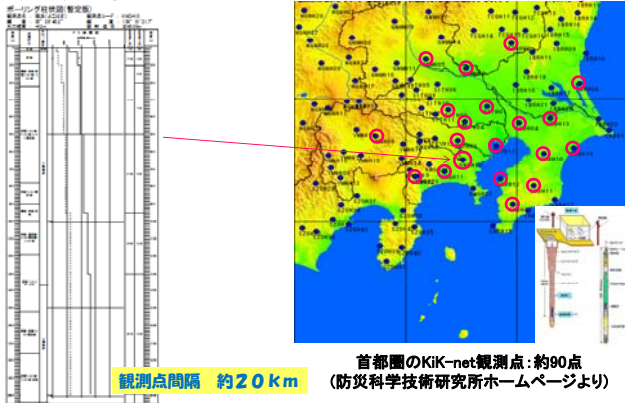
やや過大な評価

栗田2011

首都圏のボーリング地震計観測点

(KiK-net基盤強震観測網)

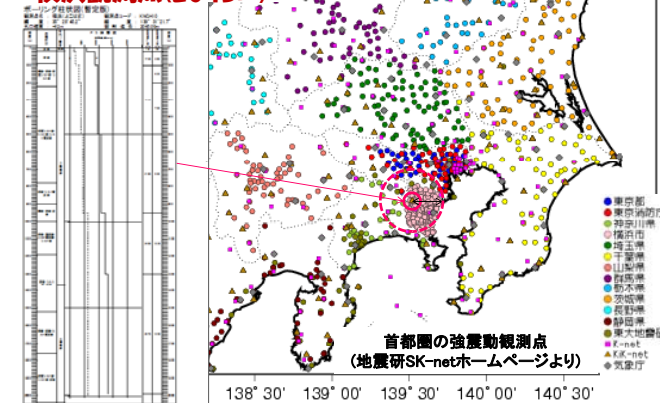
- 横浜観測点(2045m) 掘削長1000m以上の観測点



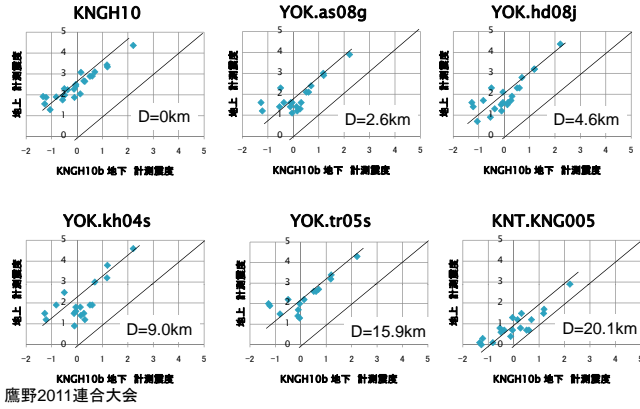
首都圏の震度計等の強震動観測点

(SK-net首都圏強震動総合ネットワーク)

- 横浜観測点(2045m)

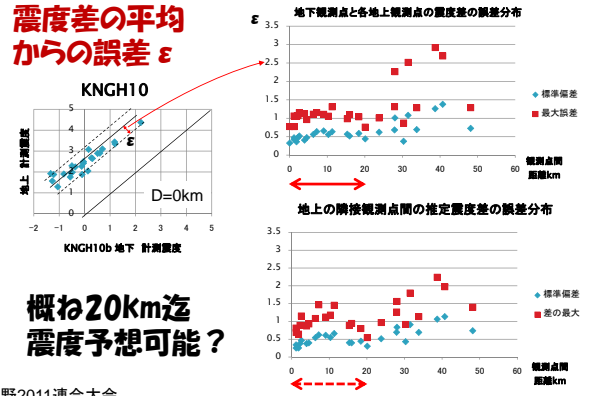


地下の震度vs地上の震度(Δ<57kmの有感地震) ^{24個}



鷹野2011連合大会

地下の震度vs地上の震度(Δ<57kmの有感地震)



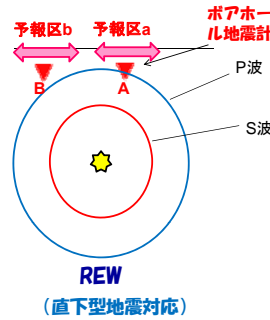
鷹野2011連合大会

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

- ポアホール地震計と周辺の既存強震観測点の記録から予測式作成
- 予測式 $\text{震度} = \text{P波簡易震度} + d$
- ポアホール地震計の予報区、代表点を決定

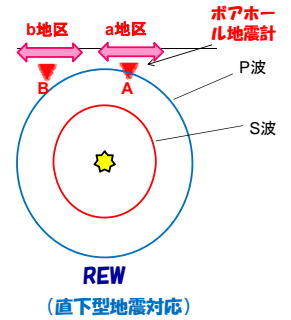
予報区の広さ⇔精度
精度を重視、狭くてもOK



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

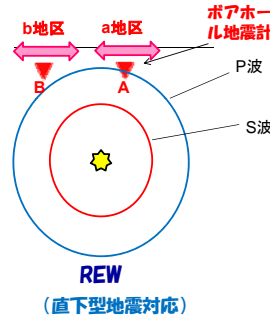
- 第1報 a地区 予想震度4+ (観測点Aで検知、注意報)
- 第2報 b地区 予想震度4+ (観測点Bで検知、注意報)
- 第3報 a地区 予想震度5+ (観測点Aで情報更新、警報)
- 第x報 震源 東京湾 M7.4 (EEW震源、同更新情報)
- 第x報 a地区 観測震度5+ (地上観測点震度速報、同更新情報、面的震度情報ShakeMap)



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
 - ✓ 危険物業者への通知
 - ✓ 施設内利用者への通知
 - ✓ 身の安全確保

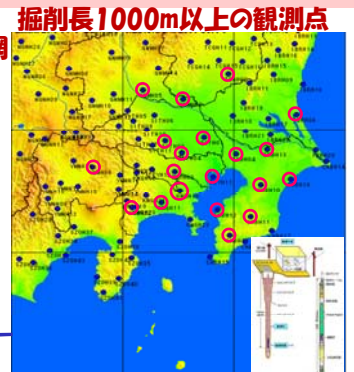


まとめ リージョナル地震警報システムREW

- KiK-net基盤強震観測網の地中観測点を活用

- 公的観測網だけで直下型地震に対応可能な地震速報が提供可能!

- 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