

到達時刻の予想について

長周期地震動の到達時刻の予想について

長周期地震動の到達時刻の予想

長周期地震動の大きく揺れはじめる時刻(到達時刻)については、S波走時付近の場合もあれば、後続の相(表面波など)付近の場合もある。気象庁が行う到達時刻の予想としては、S波到達時刻とすべきか、後続の相の到達時刻とすべきか。

第7回長周期地震動に関する情報検討会での議論

「到達時刻の予測方法を検討する際には、長周期地震動による揺れの最大値の発現時刻ではなく、大きく揺れはじめる時刻を長周期地震動の到達時刻と考えて検討すべき」という点について確認された。

大きく揺れ始める時刻の定義

本資料では、長周期地震動階級が初めて1に達する時刻(固有周期1.6~7.8秒の絶対速度応答時刻歴の振幅が初めて5cm/sを超える時刻)を、長周期地震動の大きく揺れはじめる時刻として検討を行った。

長周期地震動階級関連解説表

長周期地震動階級	人の体感・行動	室内の状況	備考
長周期地震動階級1 5-15cm/s	室内にいたほとんどの人が揺れを感じる。驚く人もいる。	ブラインドなど吊り下げものが大きく揺れる。	—
長周期地震動階級2 15-50cm/s	室内で大きな揺れを感じ、物に掴まりたいと感じる。物につかまらないうと歩くことが難しいなど、行動に支障を感じる。	キャスター付き什器がわずかに動く。棚にある食器類、書棚の本が落ちることがある。	—
長周期地震動階級3 50-100cm/s	立っていることが困難になる。	キャスター付き什器が大きく動く。固定していない家具が移動することがあり、不安定なものは倒れることがある。	間仕切壁などにひび割れ・亀裂が入ることがある。
長周期地震動階級4 100cm/s -	立っていることができず、はわないと動くことができない。揺れにほんろうされる。	キャスター付き什器が大きく動き、転倒するものがある。固定していない家具の大半が移動し、倒れるものもある。	間仕切壁などにひび割れ・亀裂が多くなる。

今回検討した到達時刻の候補

S波

気象庁が震源決定に利用している走時表¹⁾により計算

Lg波

地殻内を広角・全反射しながら伝わるS波を指す。S波に比べて距離減衰が小さく、卓越周波数は0.2～5Hz程度、見かけ速度は3.5～2.8km/s程度^{2,3)}。国内では、西日本の地殻内地震において、震央距離150km以遠でS波の到達から遅れて現れ、大きな振幅となる。東日本の地震ではLg波は西日本ほど明瞭には見られないが、Lg波の到着時刻付近で大きな振幅となる^{2,4)}。また、モホ面深度より深い地震(35 km以深)では、明瞭なLg波は観測されない。

本調査では、Lg波の到達時刻として、以下の石垣・福満⁵⁾による計算式と、見かけ速度を3.5km/s³⁾とした計算式 の2種を用いた。

$$T_{Lg} = \frac{(\Delta - 70)}{3.58} + T_{S70} + 2$$

$$T_{Lg} = \frac{\Delta}{3.5}$$

Δ : 震央距離(km), T_{S70} : 震央距離70kmにおける理論S走時(秒)

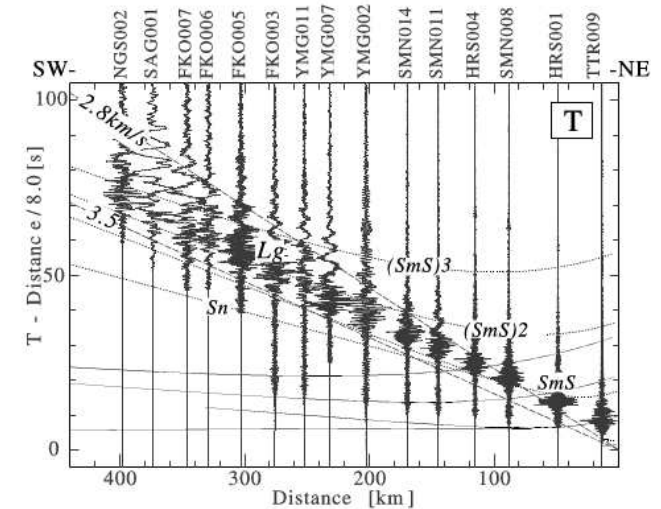
レーリー波

表面波の一種で、気象庁の利用している速度構造に基づく基本モード(R_g)の群速度⁶⁾は、周期1.6～7.8秒で2.6～2.9km/sとなる。

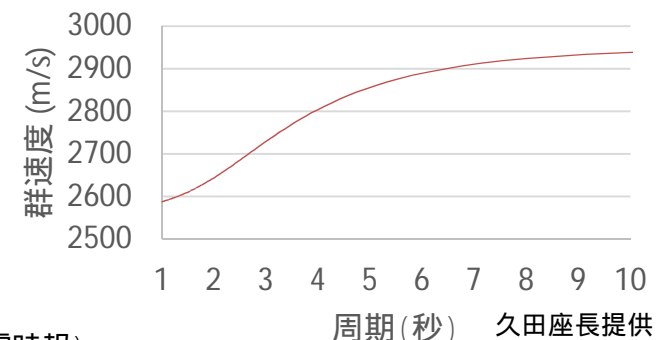
本調査では、 R_g 波の到達時刻としては、以下の石垣・福満⁵⁾による計算式を用いた。

$$T_{Rg} = \frac{(\Delta - 70)}{2.86} + T_{S70} + 2$$

平成12年鳥取県西部地震の際に観測されたLg波
(Furumura et al, 2003, BSSA)



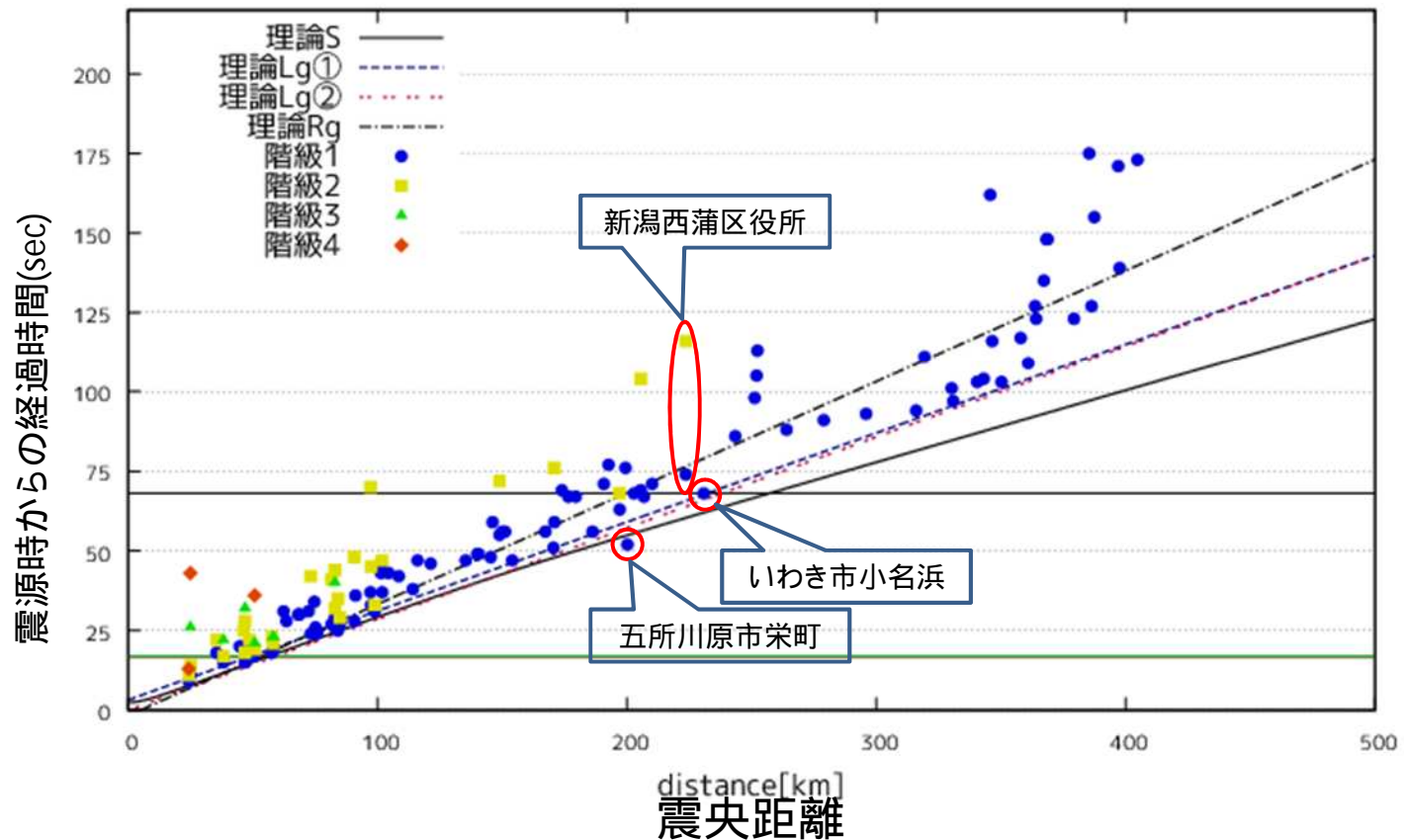
レーリー波の基本モードの群速度



- 1) 上野・他(2002, 験震時報)
- 2) Kennett and Furumura (2005, GJI)
- 3) Furumura et al (2003, BSSA)
- 4) Furumura et al.(2014,PEPS)
- 5) 石垣・福満(2002, 験震時報)
- 6) レーリー波の群速度の計算は久田座長による

内陸地震の長周期地震動の到達時刻

2008.06.14 08:43 岩手・宮城内陸地震(Mj7.2, d=8km)

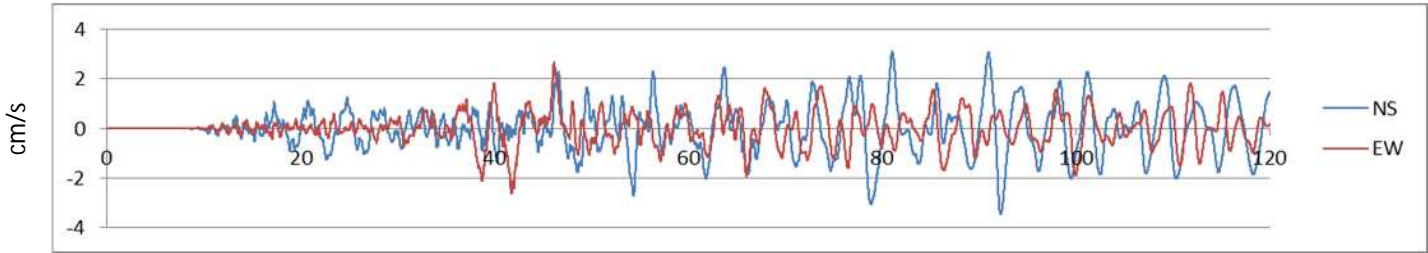


気象庁観測点のみ利用

各点は、それぞれの長周期地震動階級に初めて達する時刻を表す

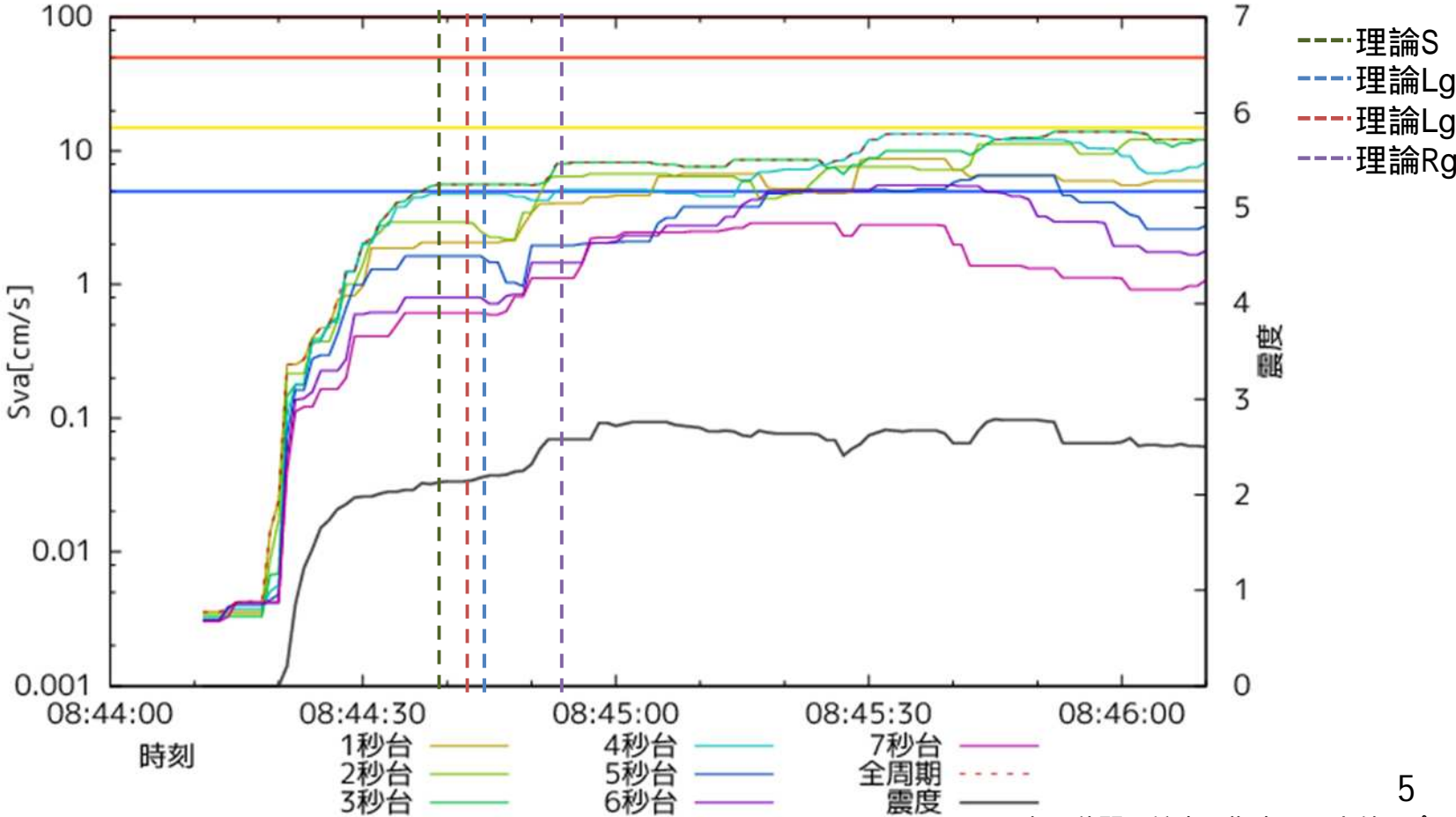
- 最大予測階級3以上、M計算観測点4点以上
- 最大予測階級2以上、M計算観測点4点以上
- 最大予測階級3以上、地震検知後15秒時点
- 最大予測階級2以上、地震検知後15秒時点
- 最終報

速度波形



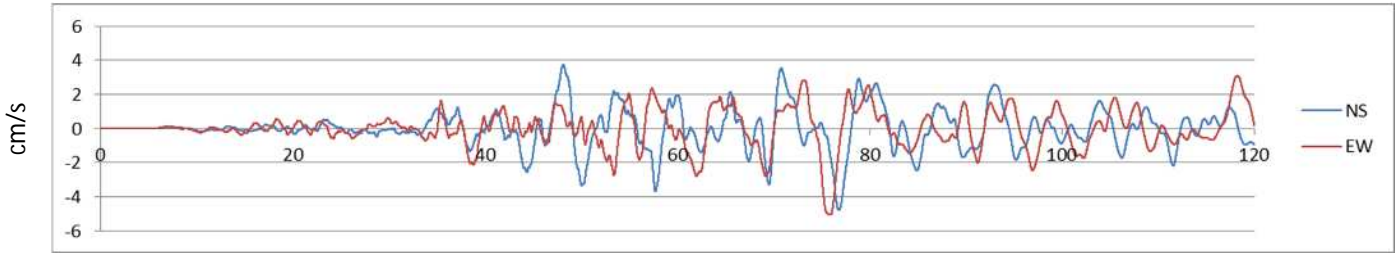
周期ごとの絶対速度応答(Sva)とリアルタイム震度の時間変化

41202 五所川原市栄町



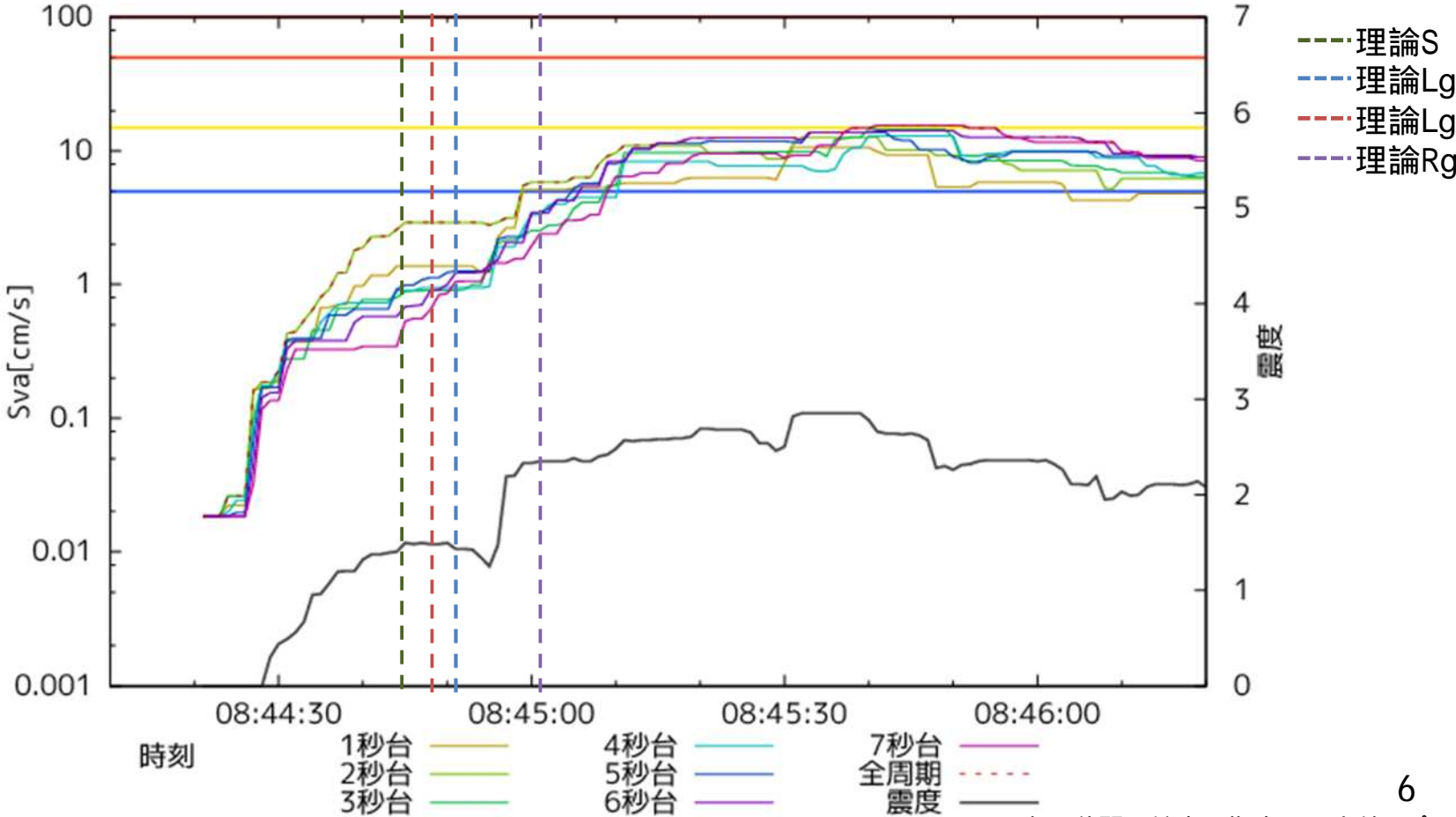
Svaは過去10秒間の該当周期内の最大値をプロット

速度波形



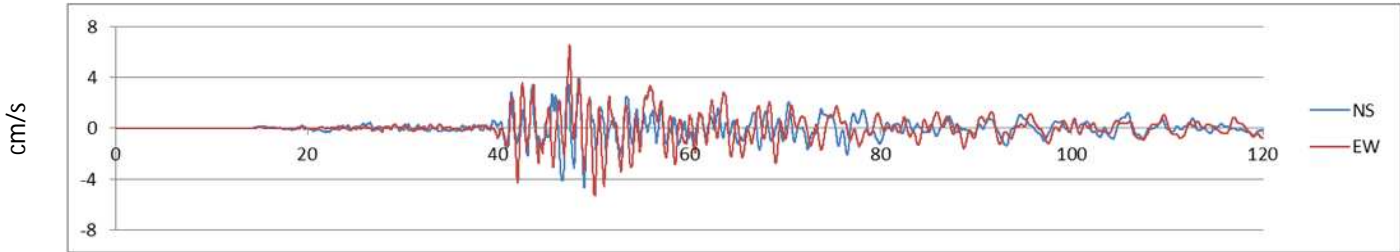
周期ごとの絶対速度応答(Sva)とリアルタイム震度の時間変化

42318 新潟西蒲区役所



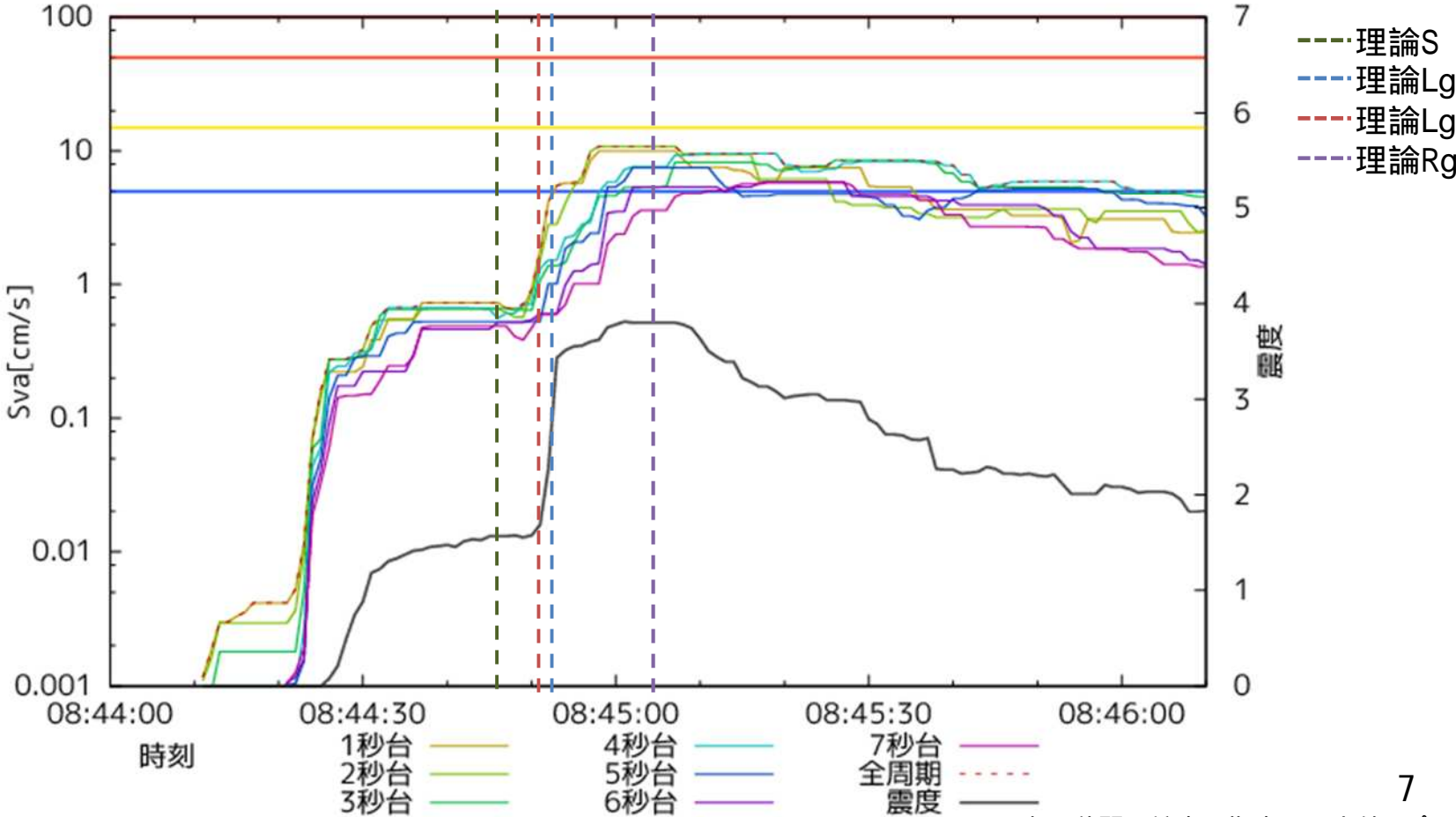
Svaは過去10秒間の該当周期内の最大値をプロット

速度波形



周期ごとの絶対速度応答(Sva)とリアルタイム震度の時間変化

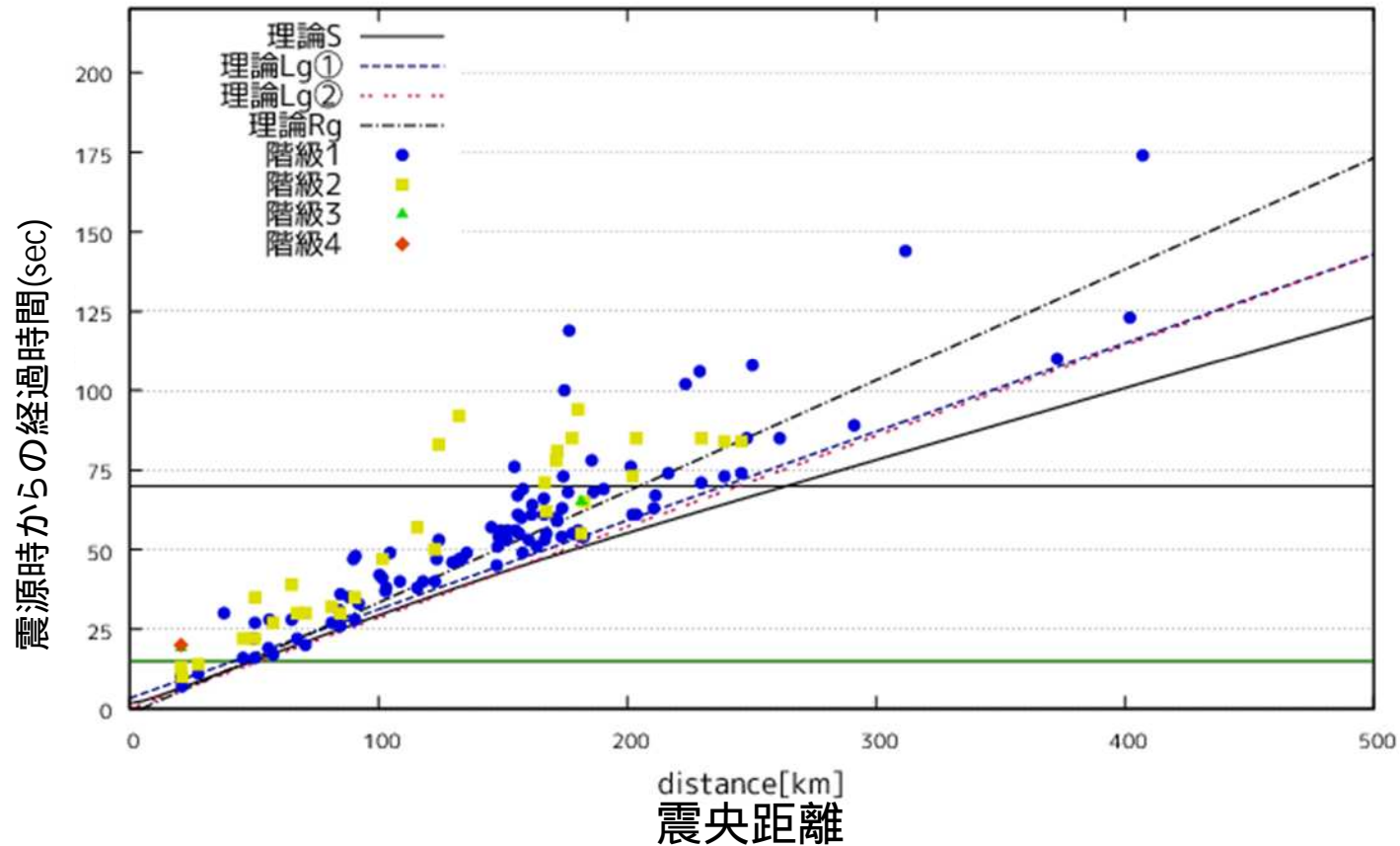
47598 いわき市小名浜



Svaは過去10秒間の該当周期内の最大値をプロット

内陸地震の長周期地震動の到達時刻

2011.04.11 17:16 福島県浜通りの地震(Mj7.0, d=6km)



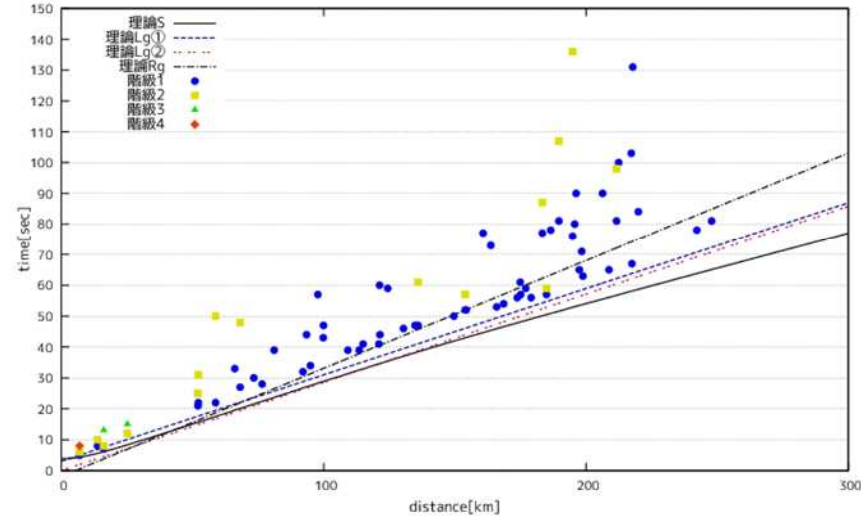
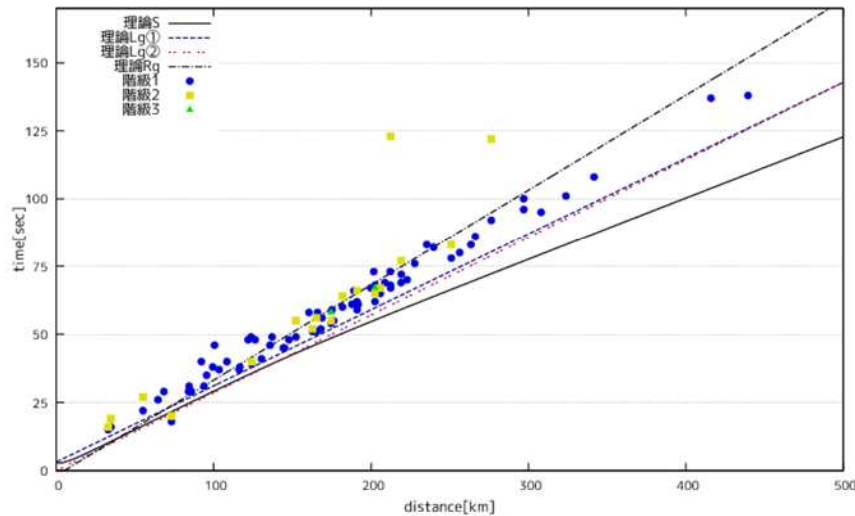
気象庁観測点のみ利用

各点は、それぞれの長周期地震動階級に初めて達する時刻を表す

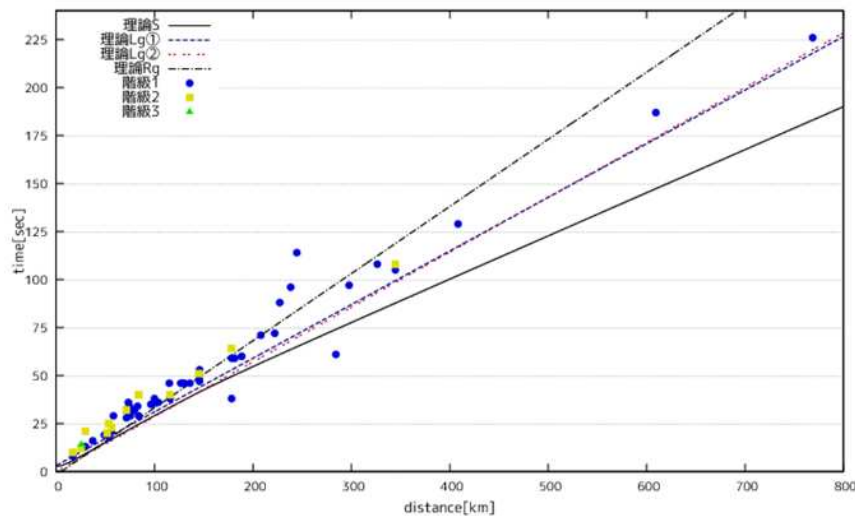
- 最大予測階級3以上、M計算観測点4点以上
- 最大予測階級2以上、M計算観測点4点以上
- 最大予測階級3以上、地震検知後15秒時点
- 最大予測階級2以上、地震検知後15秒時点
- 最終報

内陸地震の長周期地震動の到達時刻

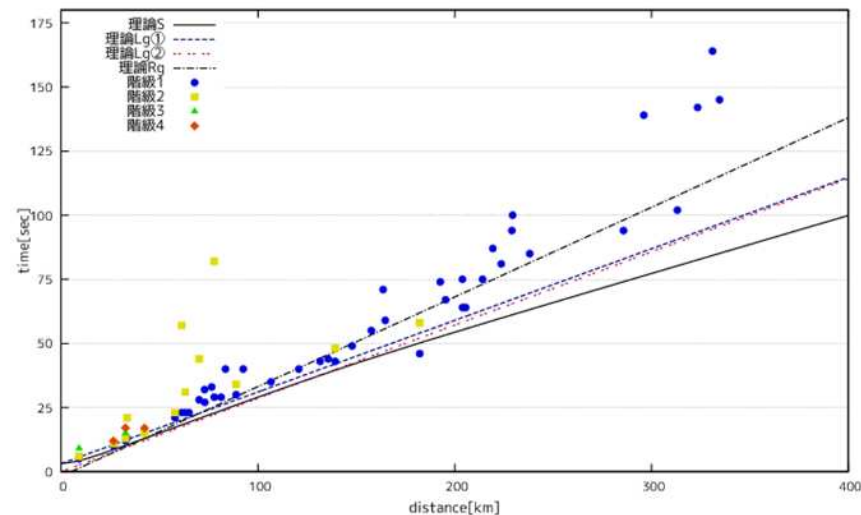
2000.10.06 13:30 鳥取県西部地震(Mj7.3, d=9km) 2004.10.23 17:56 新潟県中越地震 (Mj6.8, d=13km)



2005.03.20 10:53 福岡県西方沖(Mj7.0, d=9km)



2007.03.25 09:41:57 能登半島地震 (Mj6.9, d=10km)

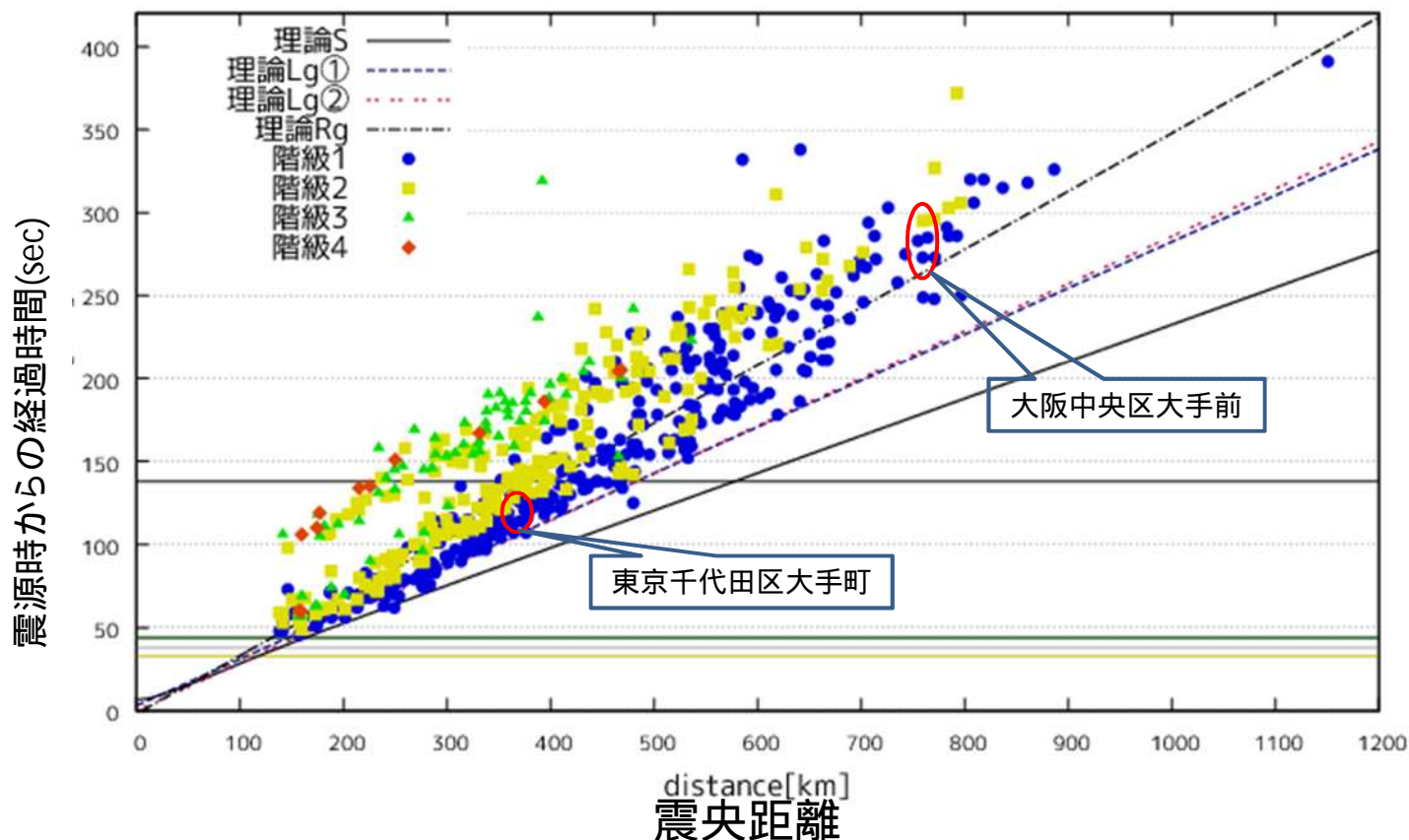


気象庁観測点のみ利用
各点は、それぞれの長周期地震動階級に初めて達する時刻を表す

緊急地震速報運用開始前の地震

海域の地震の長周期地震動の到達時刻

2011.03.11 14:46 東北地方太平洋沖地震(Mw9.0, Mj8.4, d=24km)

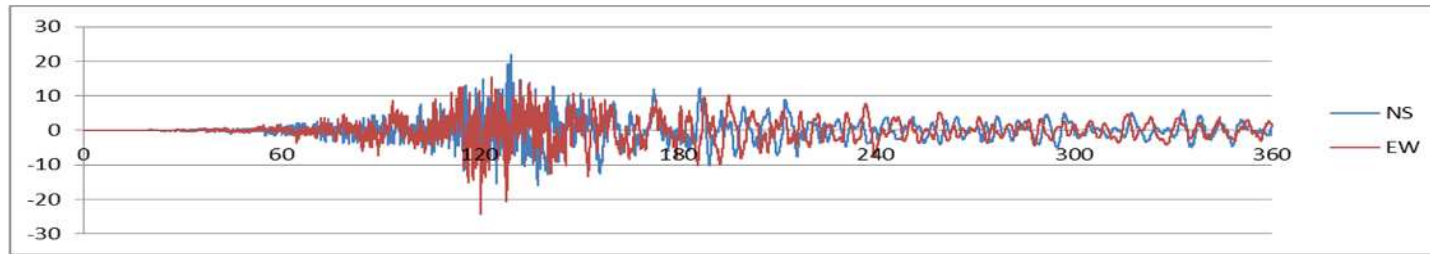


気象庁観測点のみ利用

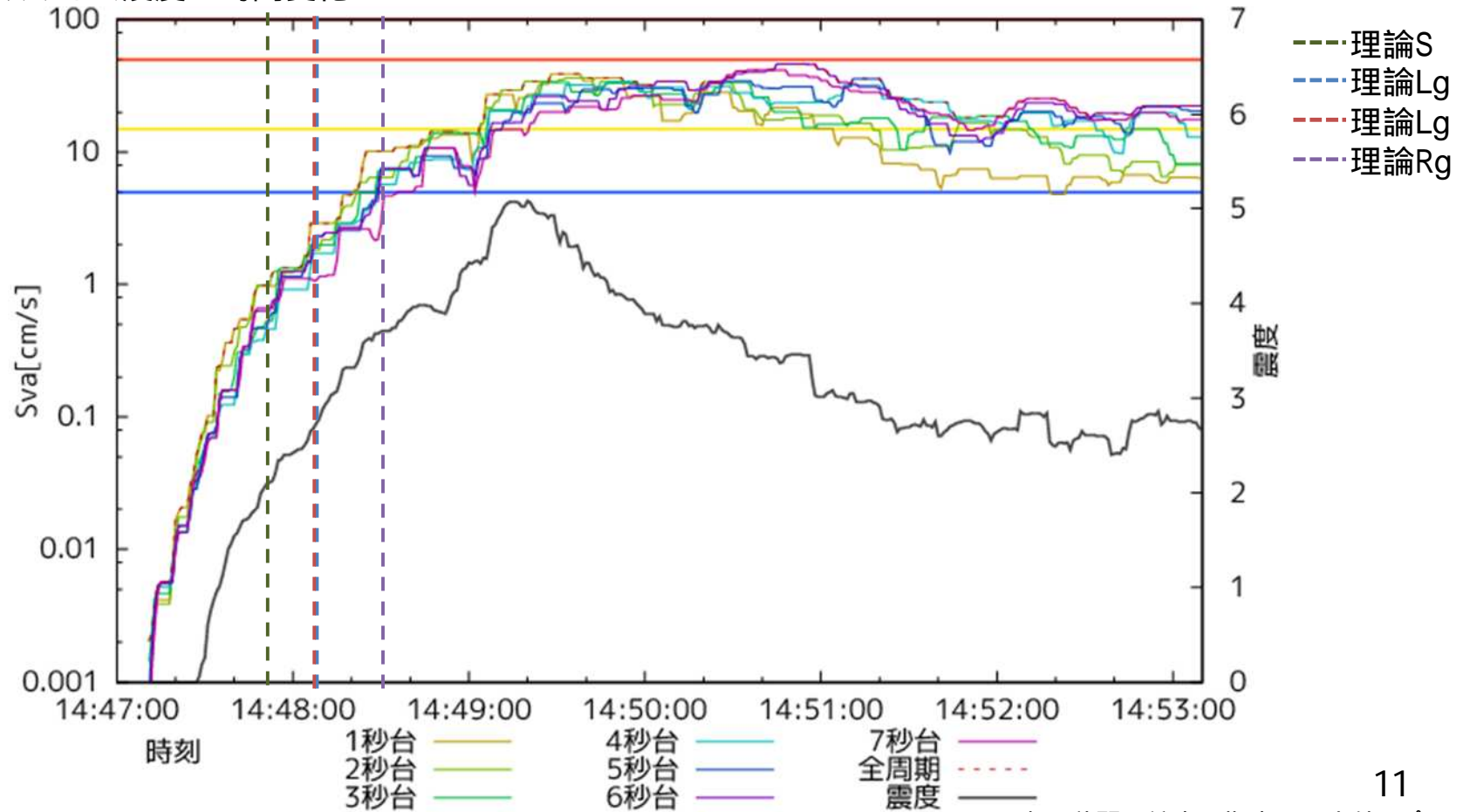
各点は、それぞれの長周期地震動階級に初めて達する時刻を表す

- 最大予測階級3以上、M計算観測点4点以上
- 最大予測階級2以上、M計算観測点4点以上
- 最大予測階級3以上、地震検知後15秒時点
- 最大予測階級2以上、地震検知後15秒時点
- 最終報

速度波形

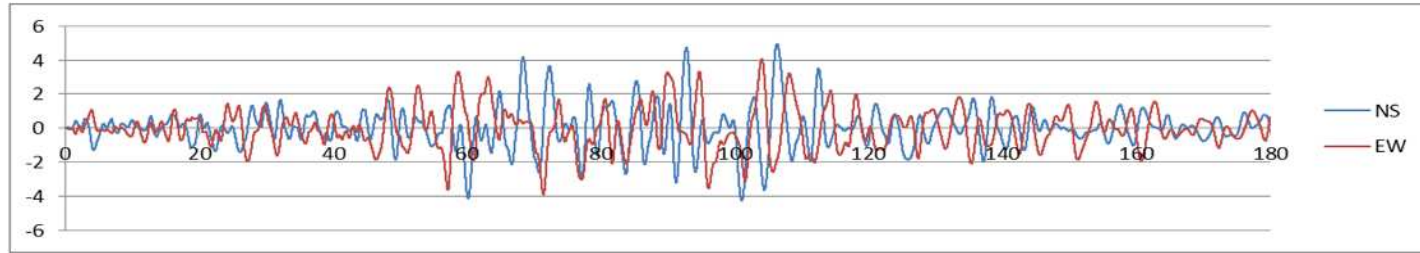


周期ごとの絶対速度応答(Sva)とリアルタイム震度の時間変化 47662 東京千代田区大手町



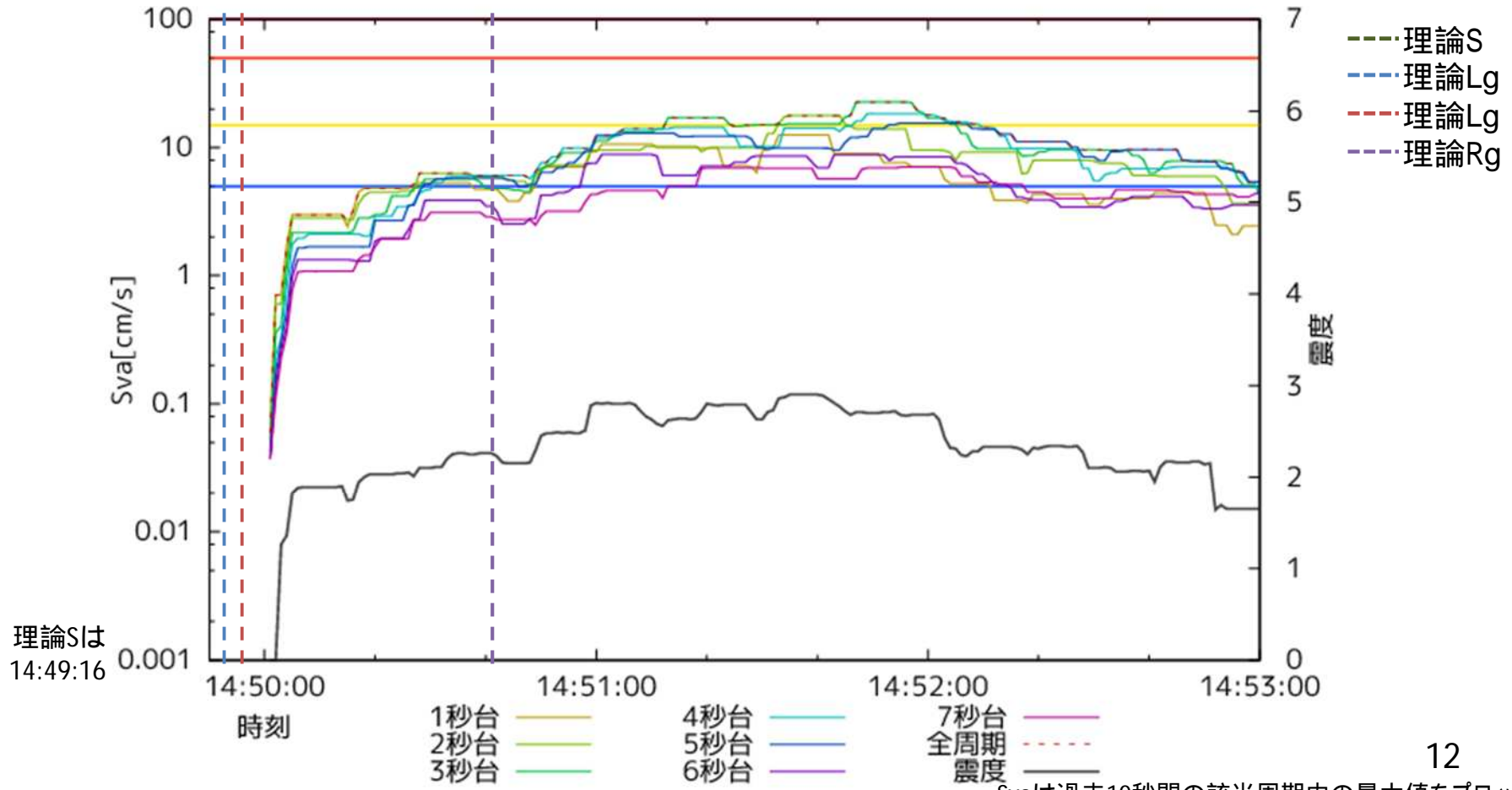
Svaは過去10秒間の該当周期内の最大値をプロット

速度波形



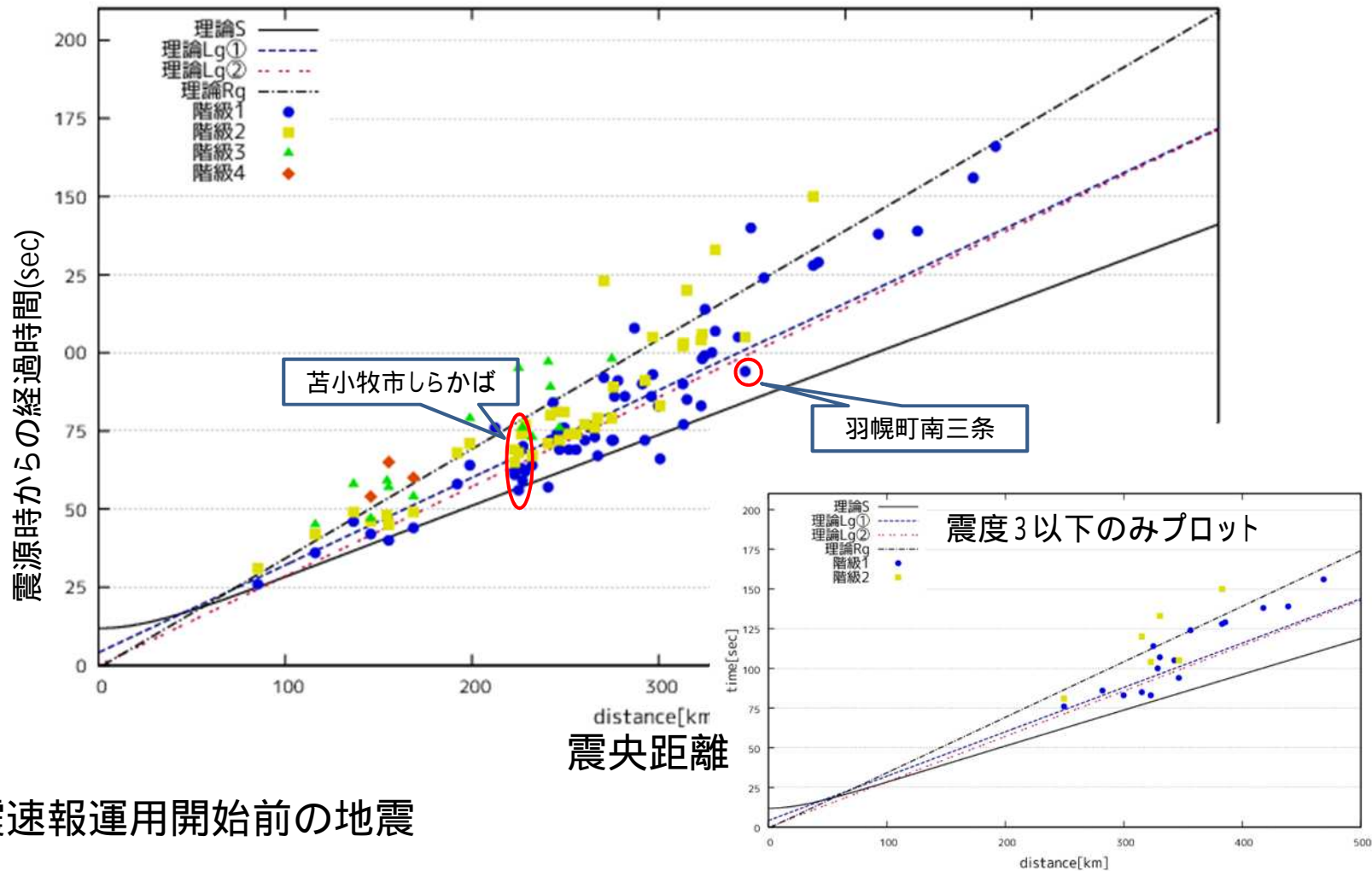
周期ごとの絶対速度応答(Sva)とリアルタイム震度の時間変化

47772 大阪中央区大手前



海域の地震の長周期地震動の到達時刻

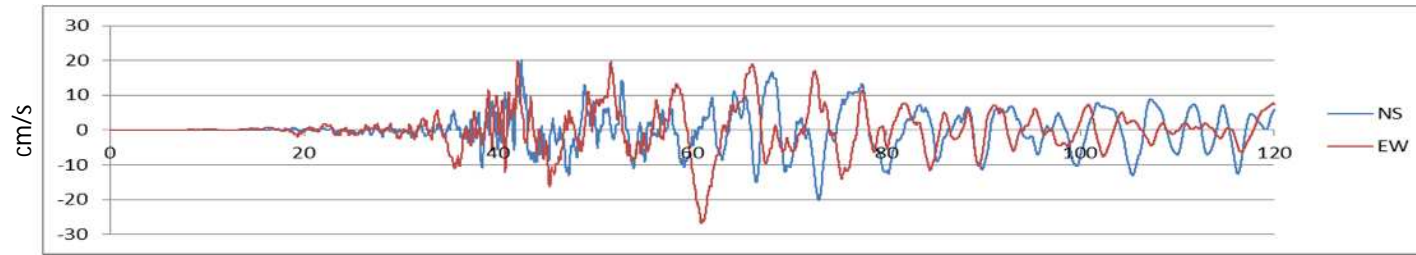
2003.09.26 04:50 十勝沖地震 (Mj8.0, d=45km)



緊急地震速報運用開始前の地震

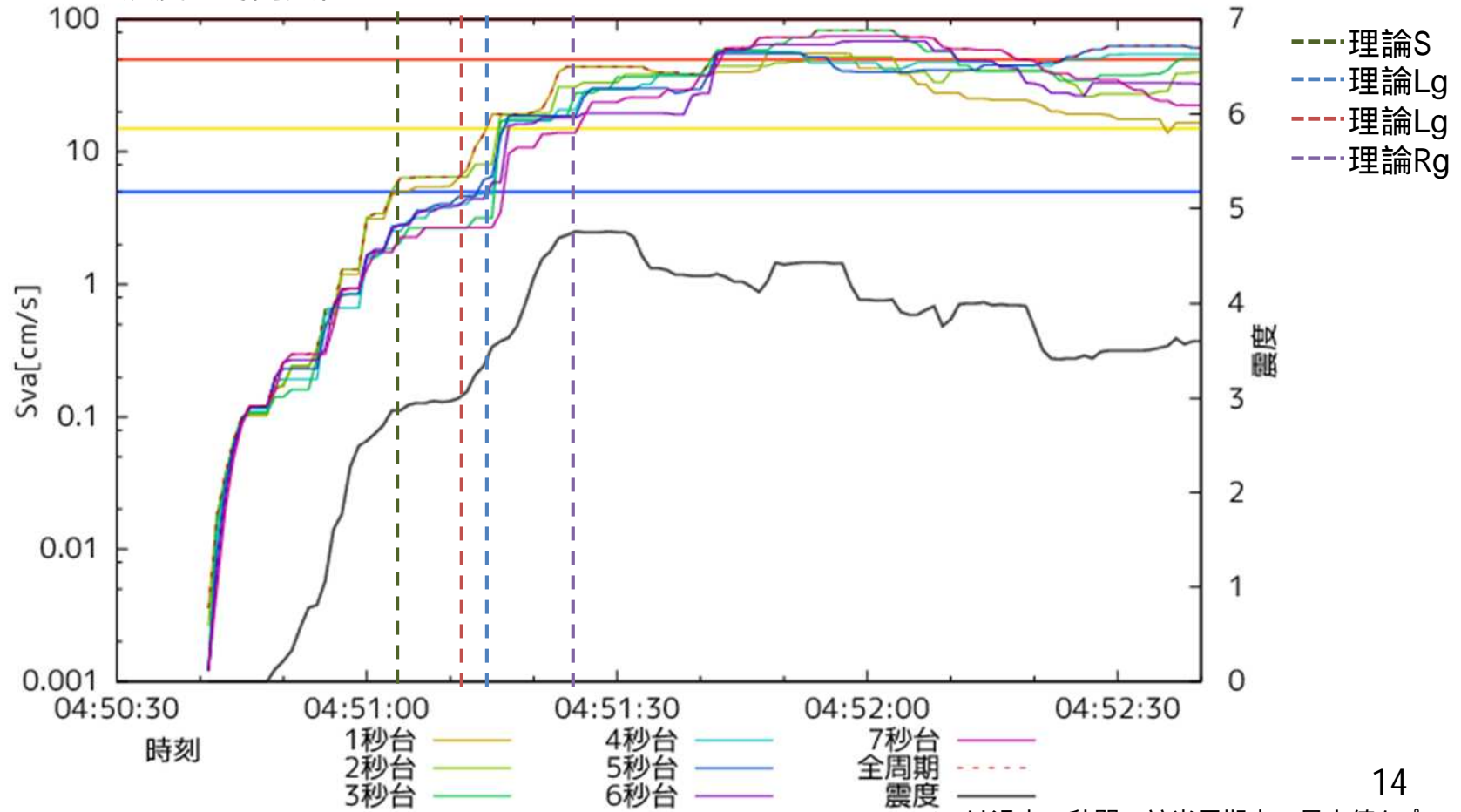
気象庁観測点のみ利用
各点は、それぞれの長周期地震動階級に初めて達する時刻を表す

速度波形



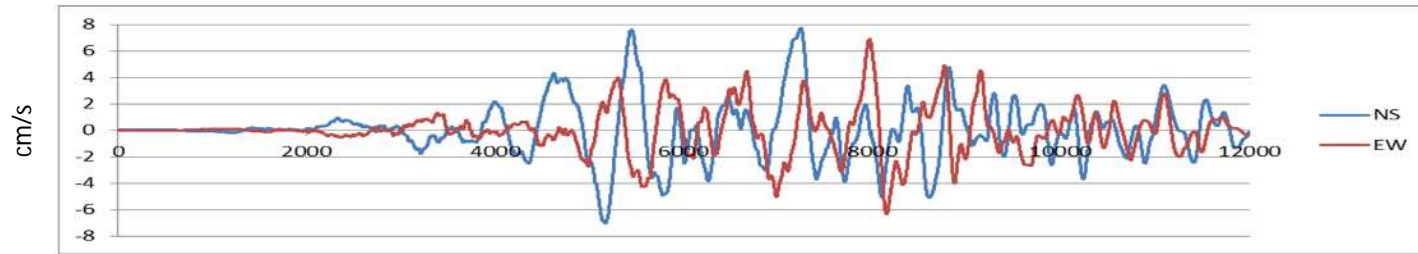
周期ごとの絶対速度応答(Sva)とリアルタイム震度の時間変化

47424 苫小牧市しらかば



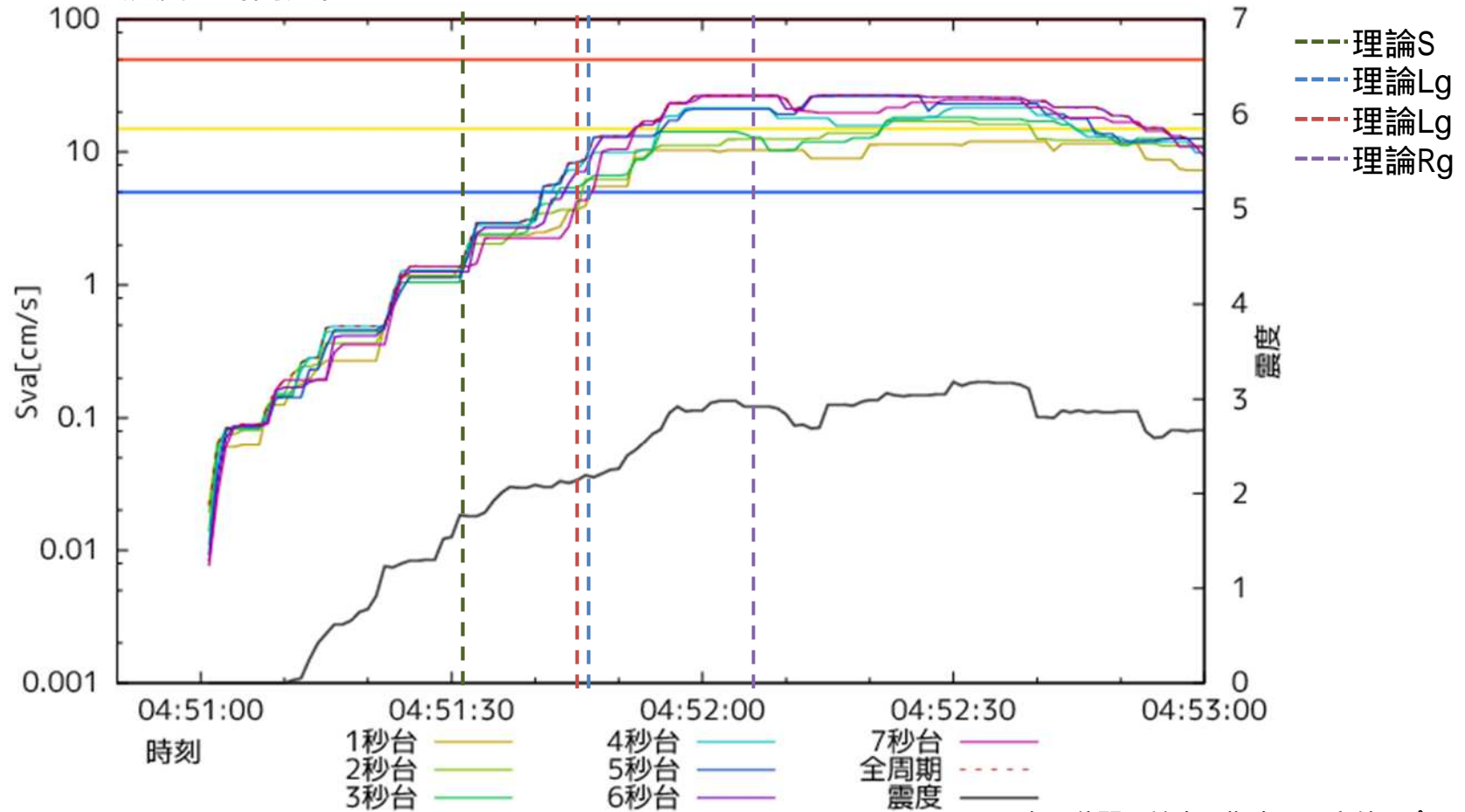
Svaは過去10秒間の該当周期内の最大値をプロット

速度波形



周期ごとの絶対速度応答(Sva)とリアルタイム震度の時間変化

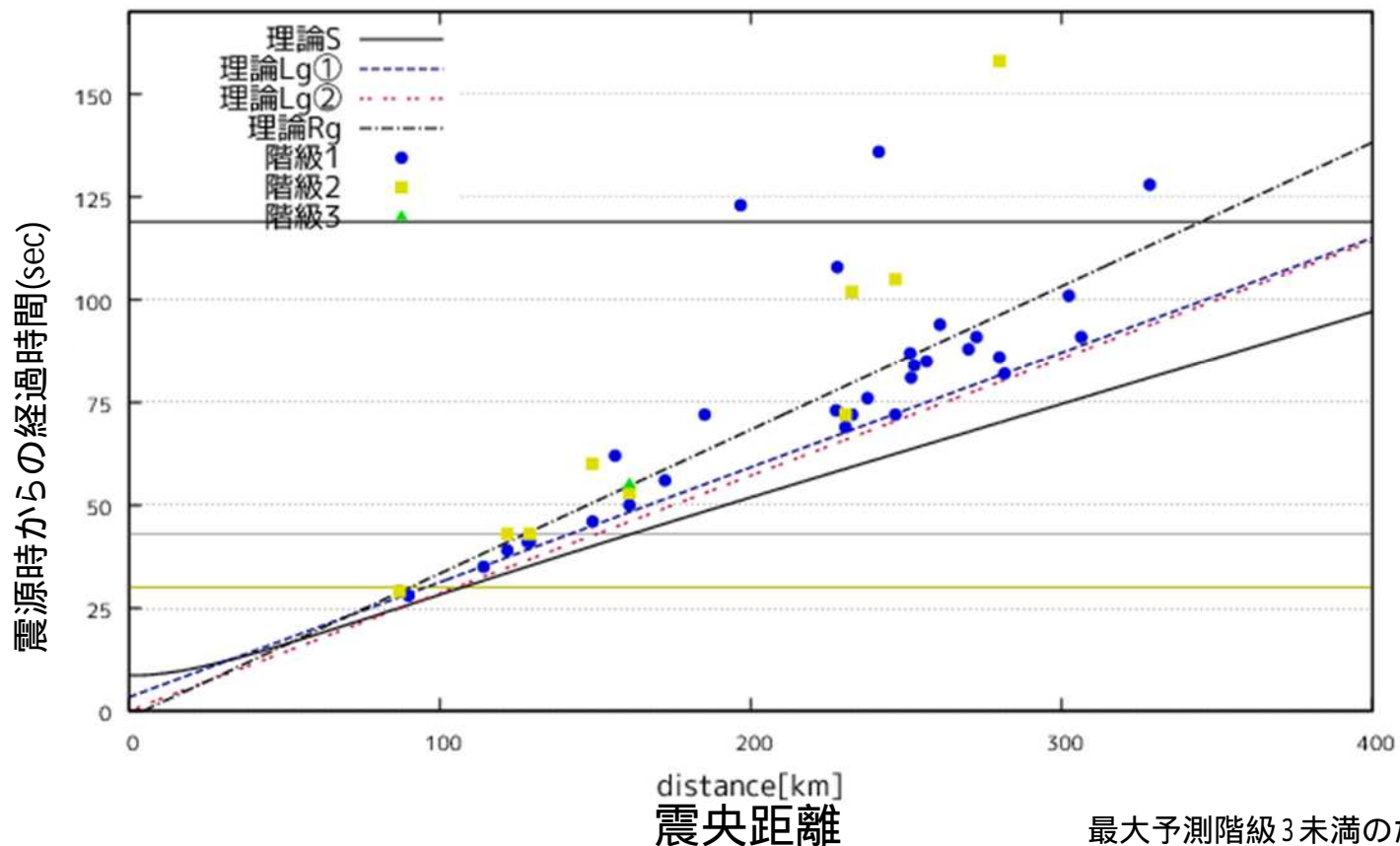
47404 羽幌町南3条



Svaは過去10秒間の該当周期内の最大値をプロット

海域の地震の長周期地震動の到達時刻

2008.09.11 09:20 十勝沖の地震(Mj7.1, d=31km)



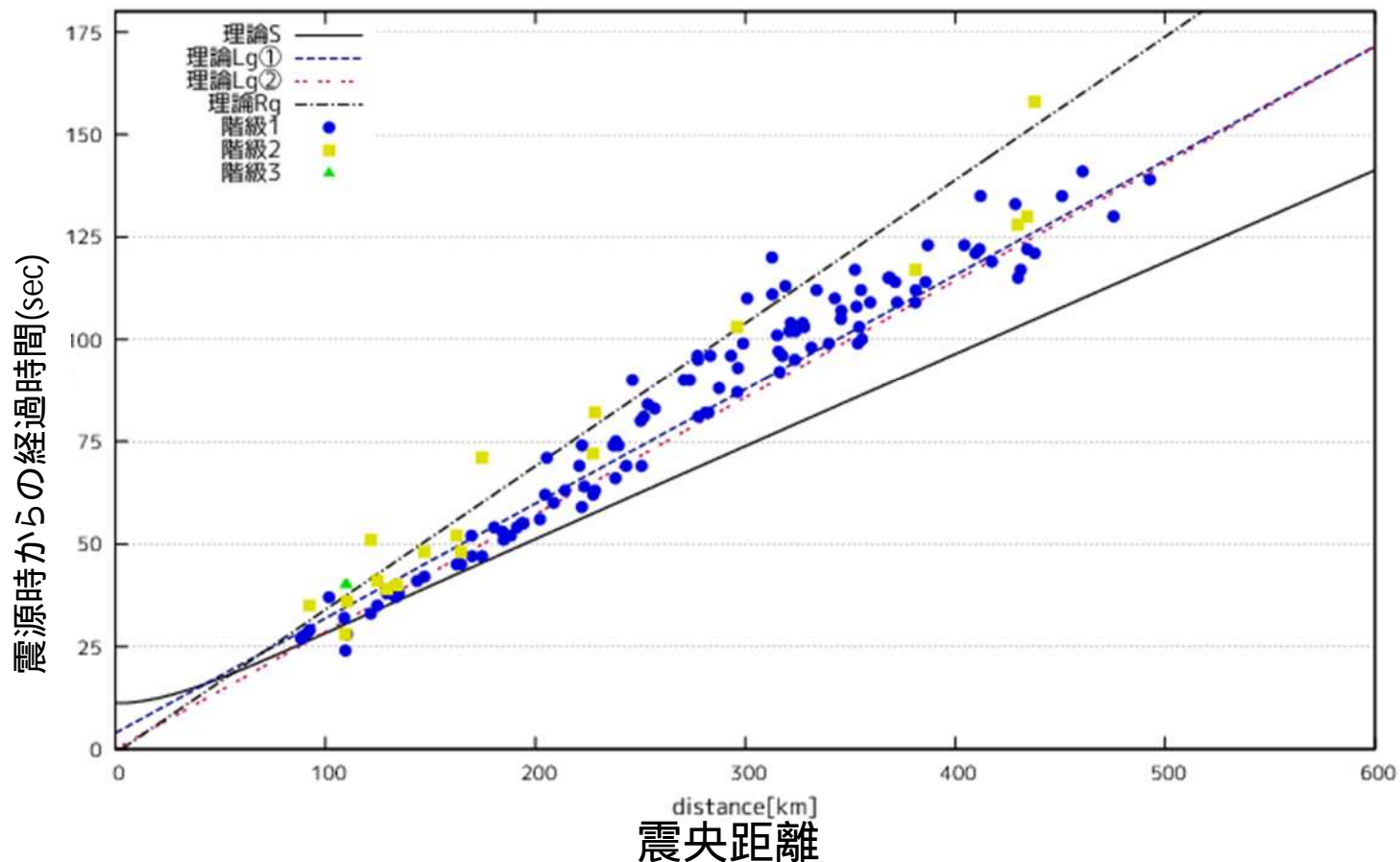
気象庁観測点のみ利用

各点は、それぞれの長周期地震動階級に初めて達する時刻を表す

- 最大予測階級3以上、M計算観測点4点以上
- 最大予測階級2以上、M計算観測点4点以上
- 最大予測階級3以上、地震検知後15秒時点
- 最大予測階級2以上、地震検知後15秒時点
- 最終報

海域の地震の長周期地震動の到達時刻

2005.08.16 11:46:25 宮城県沖の地震 (Mj7.2, d=42km)

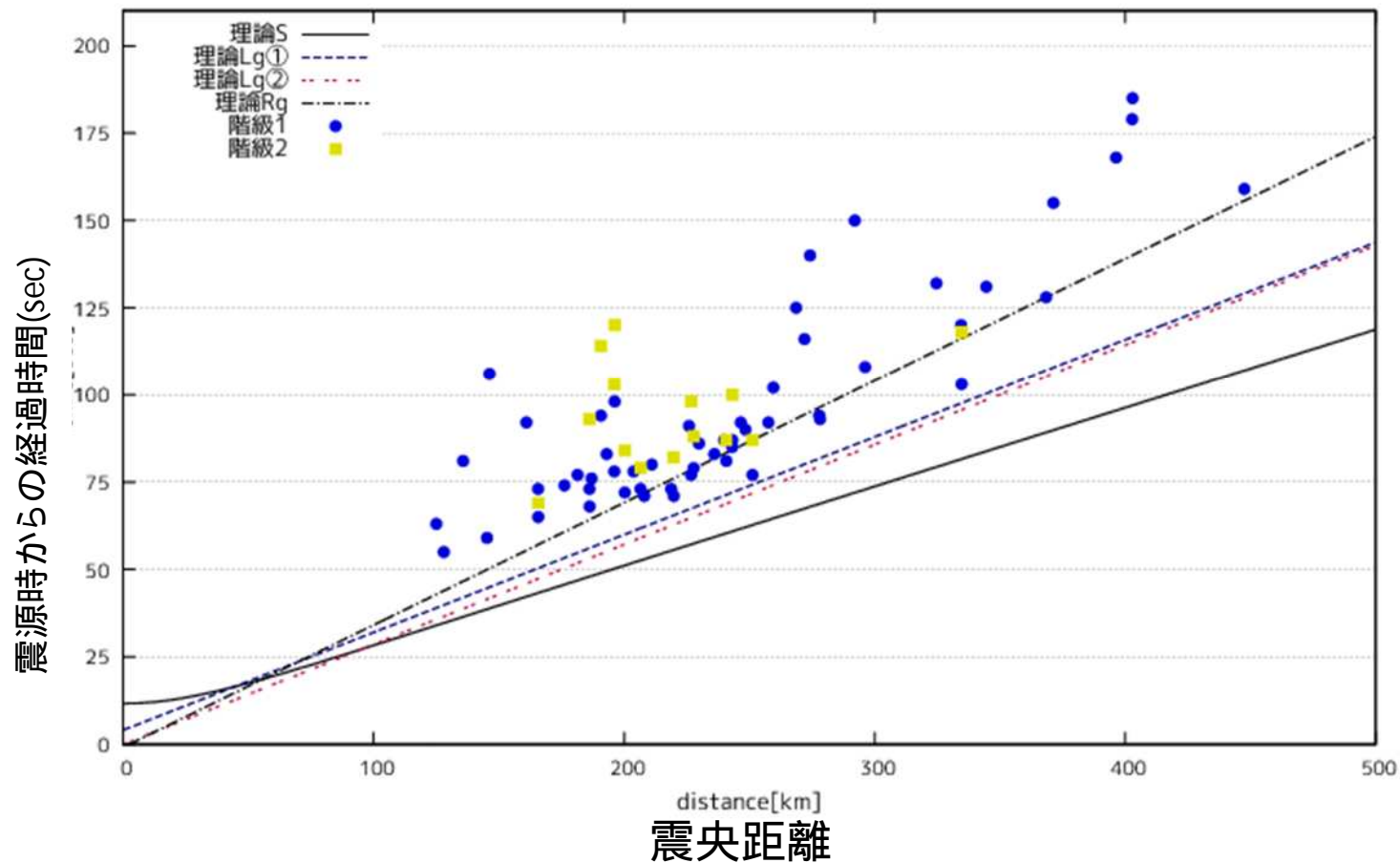


気象庁観測点のみ利用
各点は、それぞれの長周期地震動階級に初めて達する時刻を表す

緊急地震速報運用開始前の地震

海域の地震の長周期地震動の到達時刻

2004.09.05 23:57 三重県南東沖(Mj7.4, d=44km)

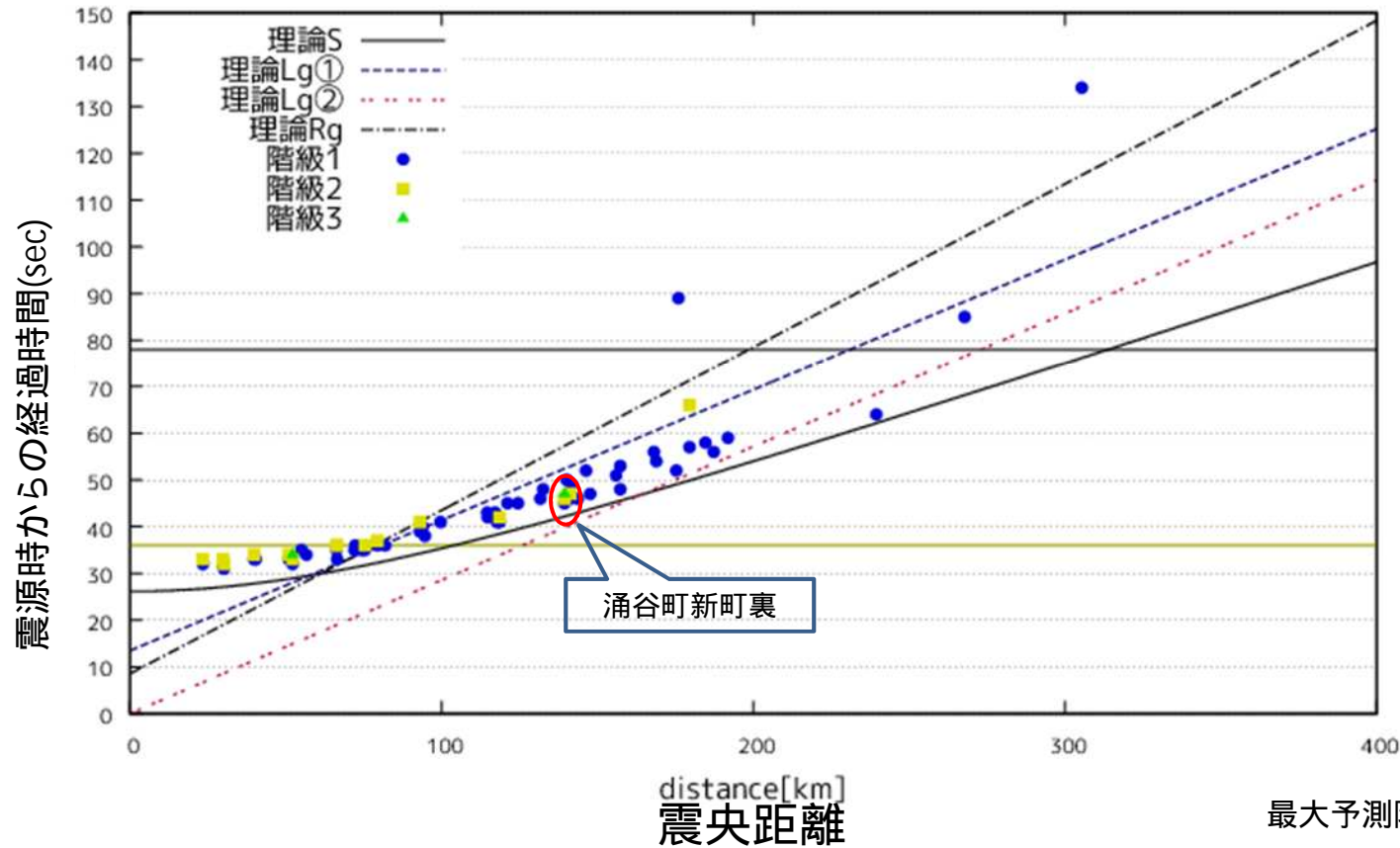


気象庁観測点のみ利用
各点は、それぞれの長周期地震動階級に初めて達する時刻を表す

緊急地震速報運用開始前の地震

深い地震の長周期地震動の到達時刻

2008.07.24 00:26 岩手県沿岸北部の地震(Mj6.8, d=108km)

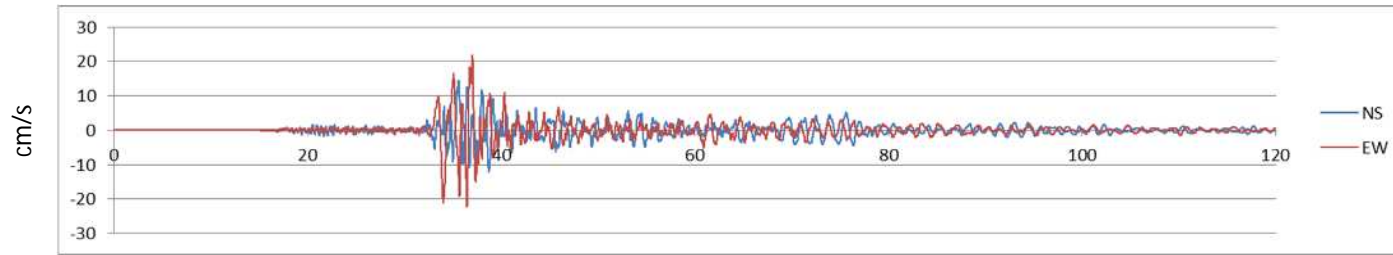


気象庁観測点のみ利用

各点は、それぞれの長周期地震動階級に初めて達する時刻を表す

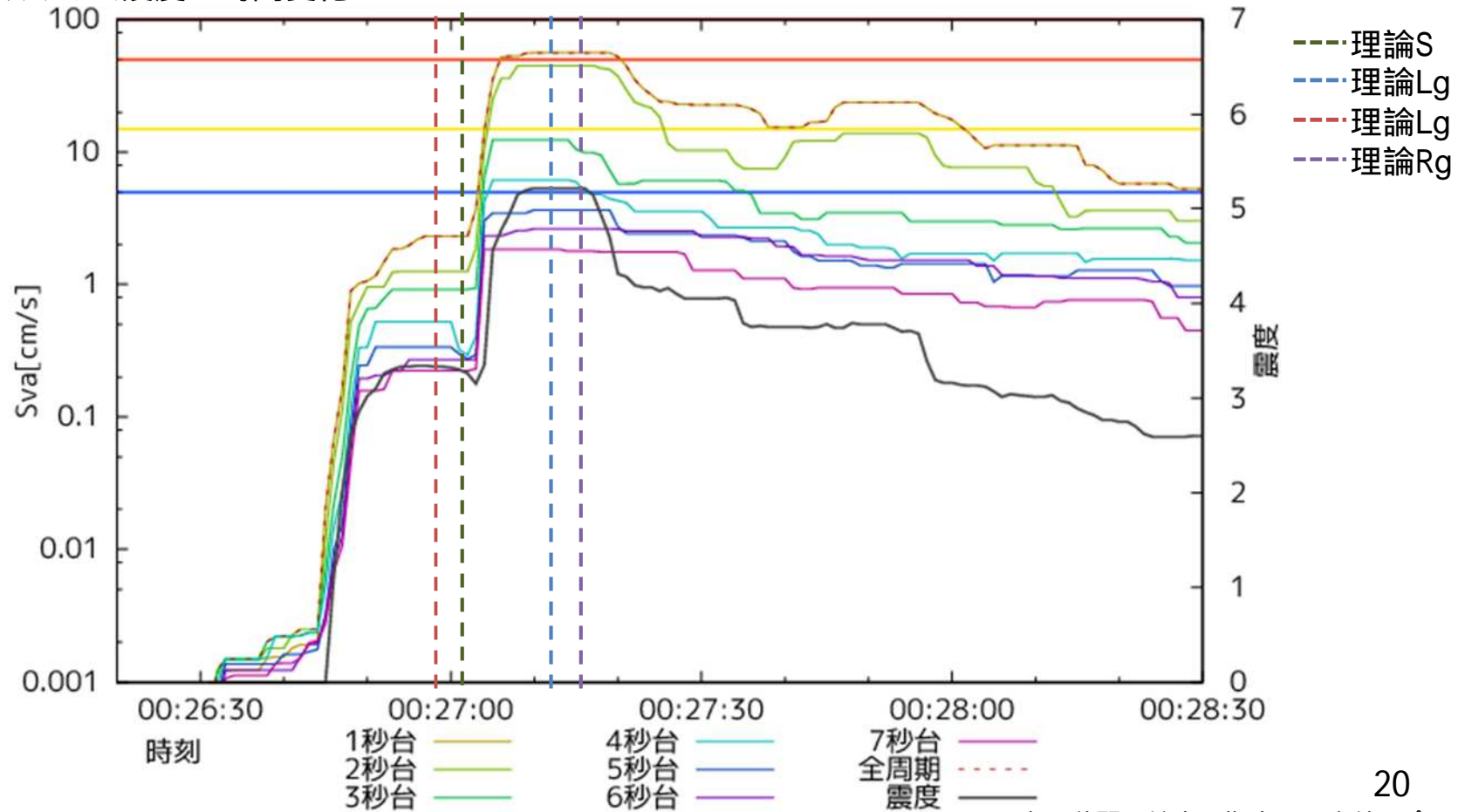
- 最大予測階級3以上、M計算観測点4点以上
- 最大予測階級2以上、M計算観測点4点以上
- 最大予測階級3以上、地震検知後15秒時点
- 最大予測階級2以上、地震検知後15秒時点
- 最終報

速度波形



周期ごとの絶対速度応答(Sva)とリアルタイム震度の時間変化

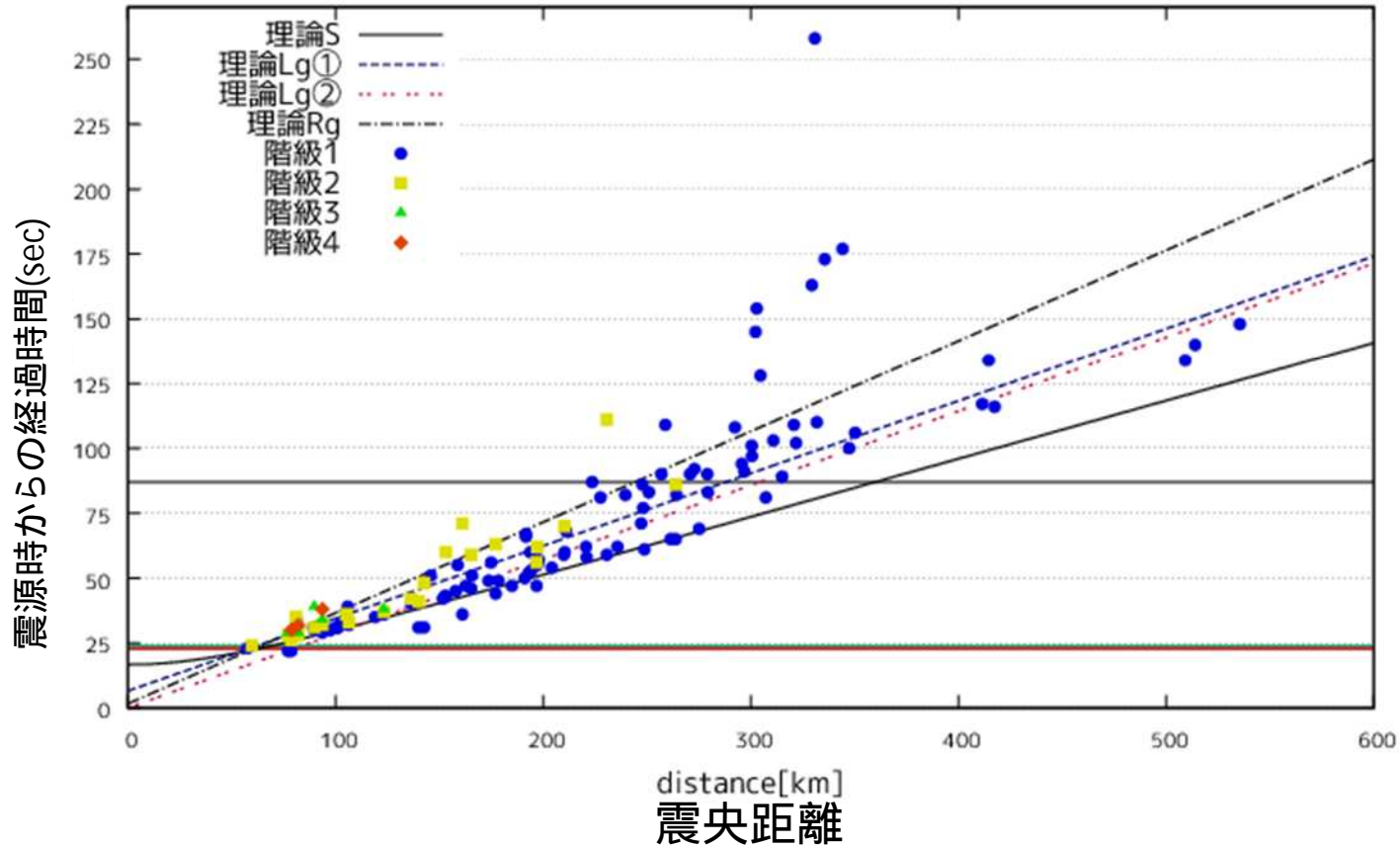
42212 涌谷町新町裏



Svaは過去10秒間の該当周期内の最大値をプロット

深い地震の長周期地震動の到達時刻

2011.04.07 23:32 宮城県沖の地震(Mj7.1, d=66km)



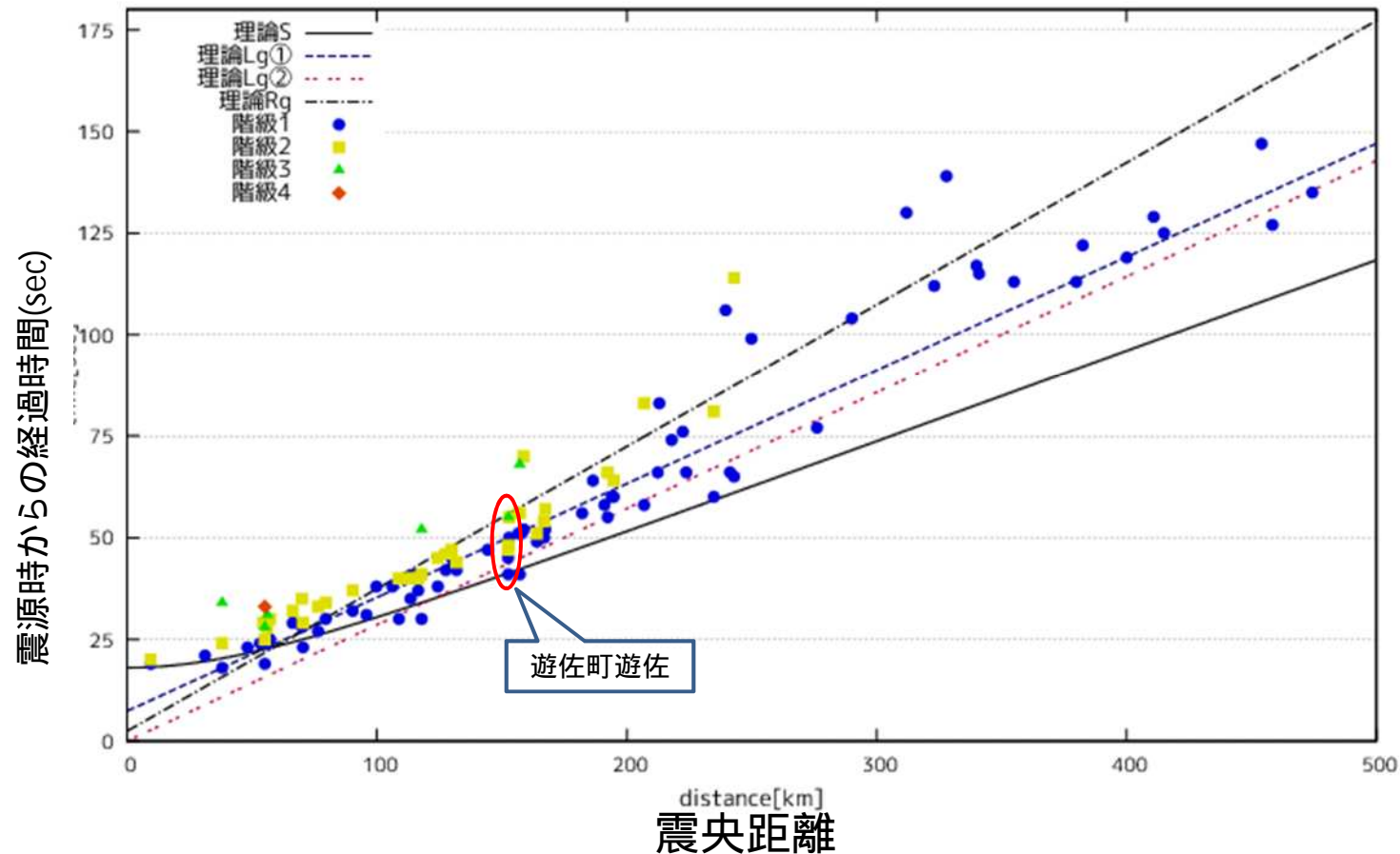
気象庁観測点のみ利用

各点は、それぞれの長周期地震動階級に初めて達する時刻を表す

- 最大予測階級3以上、M計算観測点4点以上
- 最大予測階級2以上、M計算観測点4点以上
- 最大予測階級3以上、地震検知後15秒時点
- 最大予測階級2以上、地震検知後15秒時点
- 最終報

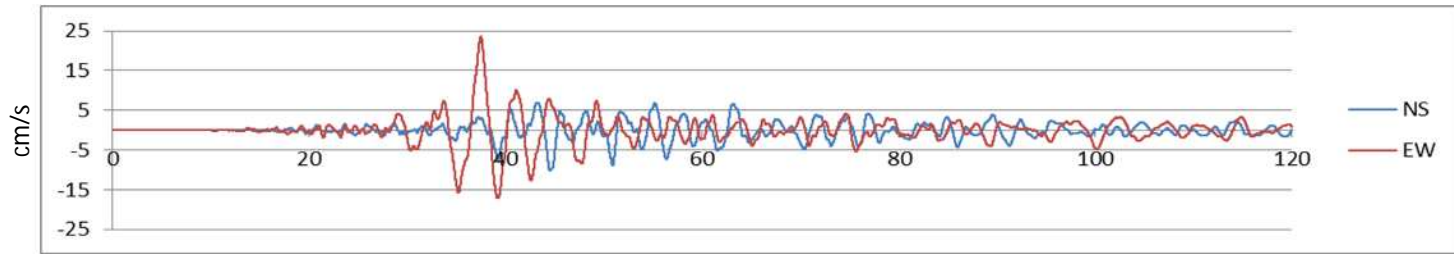
深い地震の長周期地震動の到達時刻

2003.05.26 18:24:33 宮城県沖の地震 (Mj7.1, d=72km)



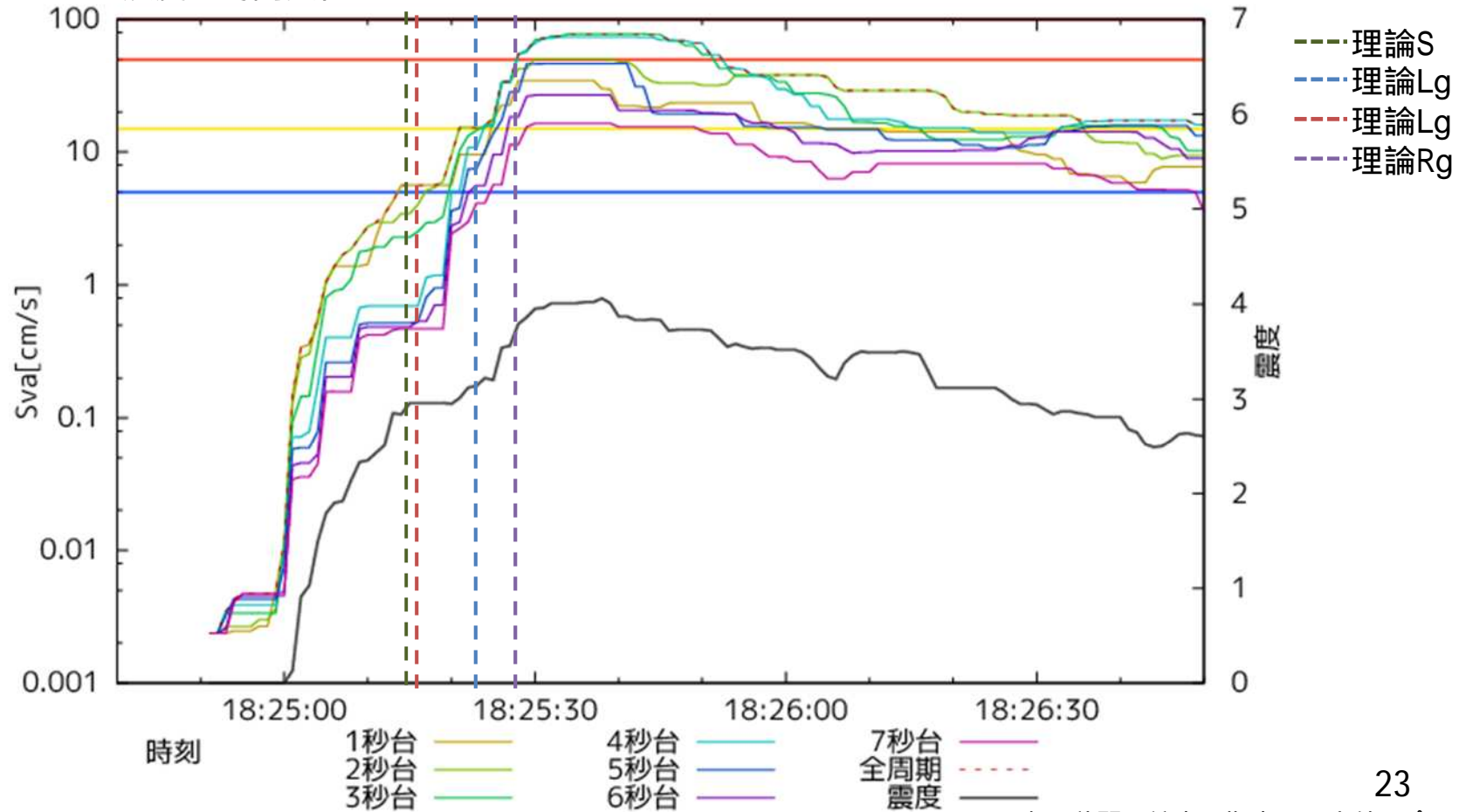
気象庁観測点のみ利用
各点は、それぞれの長周期地震動階級に初めて達する時刻を表す

速度波形



周期ごとの絶対速度応答(Sva)とリアルタイム震度の時間変化

42222 遊佐町遊佐



Svaは過去10秒間の該当周期内の最大値をプロット

当面利用する長周期地震動の到達時刻の予想について

本調査の概要

- ・内陸地震では、ほとんどの観測点で理論Lg波の到達時刻以降に長周期地震動階級が「1」に達していた。
- ・海域の地震や深い地震(50km以深)では、理論S波と理論Lg波の間に、階級1に達する例があった。
- ・いずれの地震もレーリー波(Rg)の到達時刻より前に、階級1に達する観測点があった。

論点

- ✓内陸地震でも、地震の規模がより大きくなれば、S波の到達時刻付近で階級1に到達することがあるのではないか。
- ✓Lg波の到達時刻の予測式は本検討で用いた式でよいか。

案1 .

全ての地震について、S波として予測すべきか。

案2 .

内陸の浅い地震(例えば35km以下など)で震央距離150km以上の場合のみ到達時刻をLg波で予測し、それ以外はS波として予測すべきか。