

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るべき」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。

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

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

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

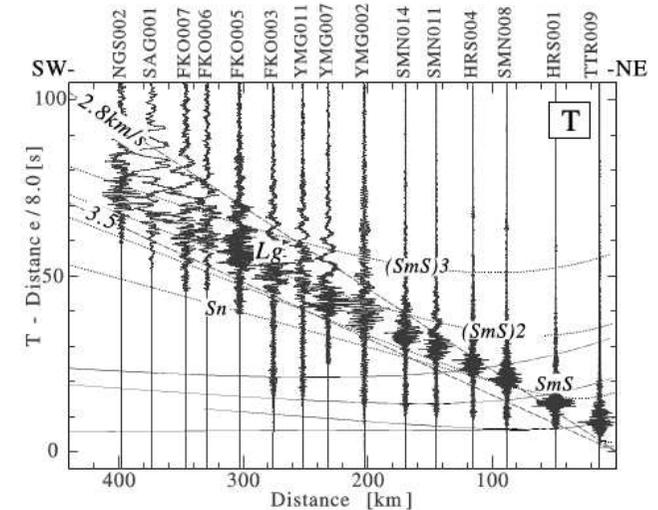
レーリー波

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。

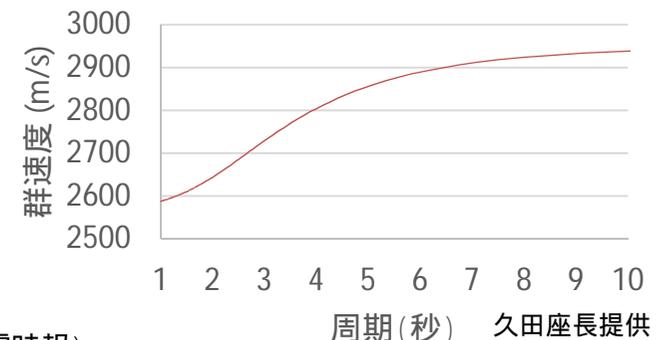
本調査では、 R_g 波の到達時刻としては、以下の石垣・福満⁵⁾による計算式を用いた。

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

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)



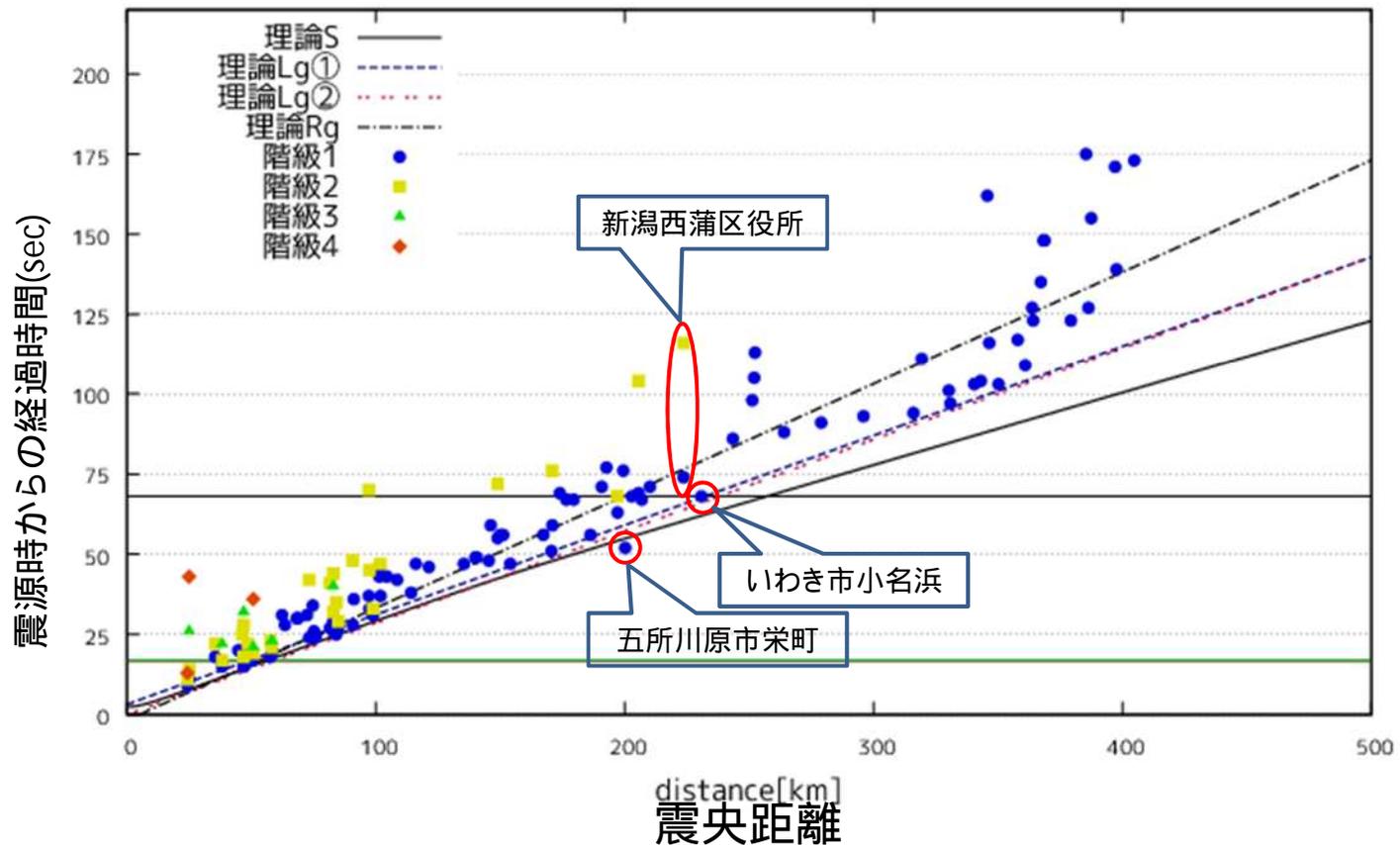
レーリー波の基本モードの群速度



- 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)

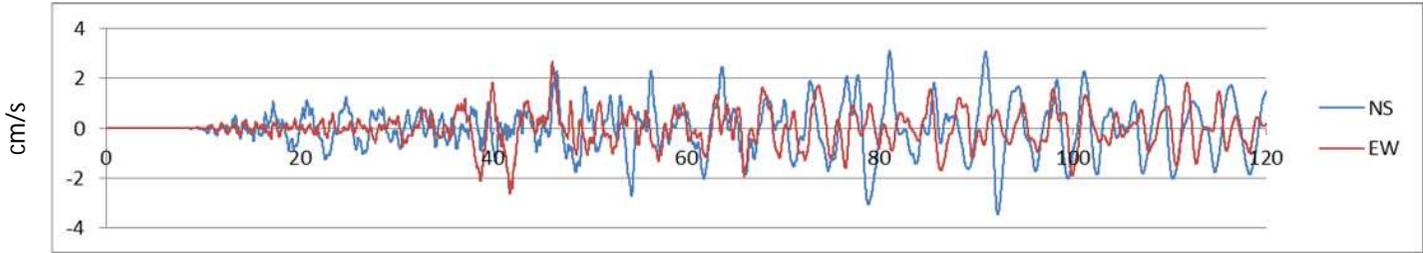


気象庁観測点のみ利用

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

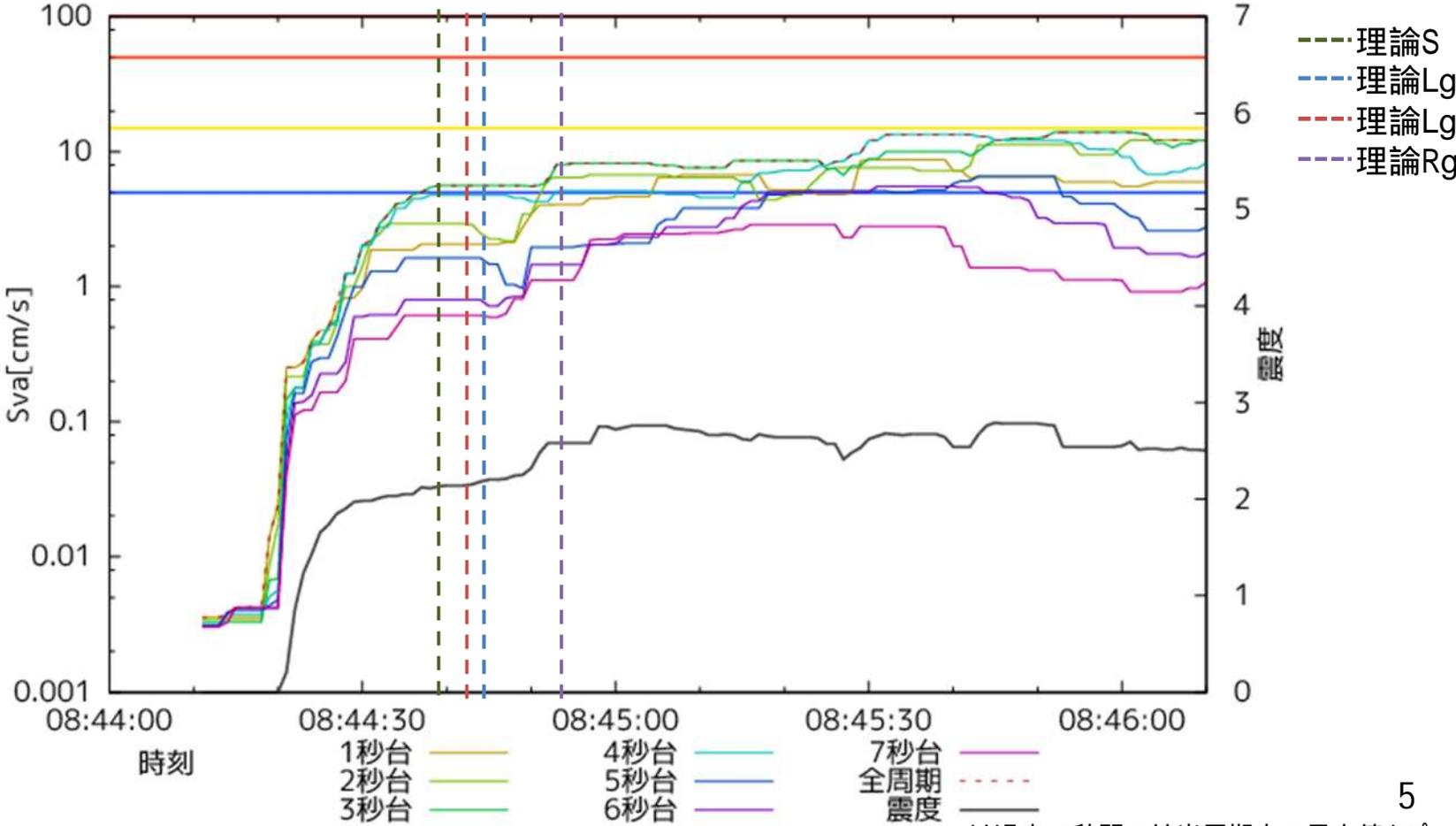
- 最大予測階級3以上、M計算観測点4点以上
- 最大予測階級2以上、M計算観測点4点以上
- 最大予測階級3以上、地震検知後15秒時点
- 最大予測階級2以上、地震検知後15秒時点
- 最終報

速度波形



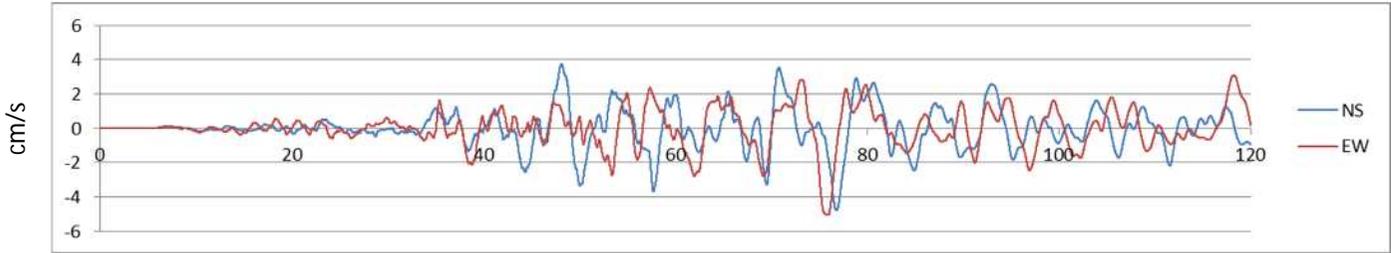
周期ごとの絶対速度応答(Sva)とリアルタイム震度の時間変化

41202 五所川原市栄町



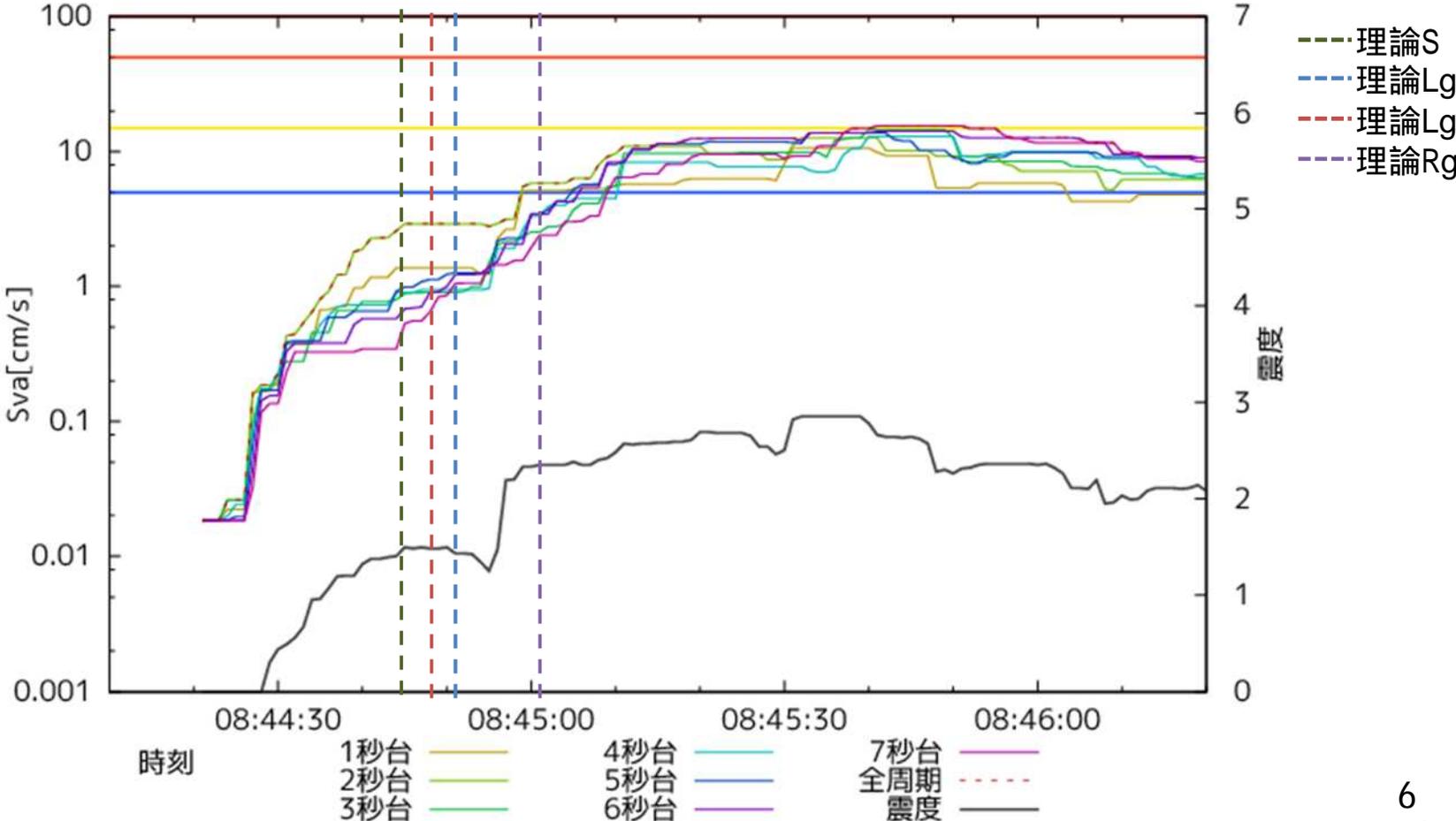
Svaは過去10秒間の該当周期内の最大値をプロット

速度波形



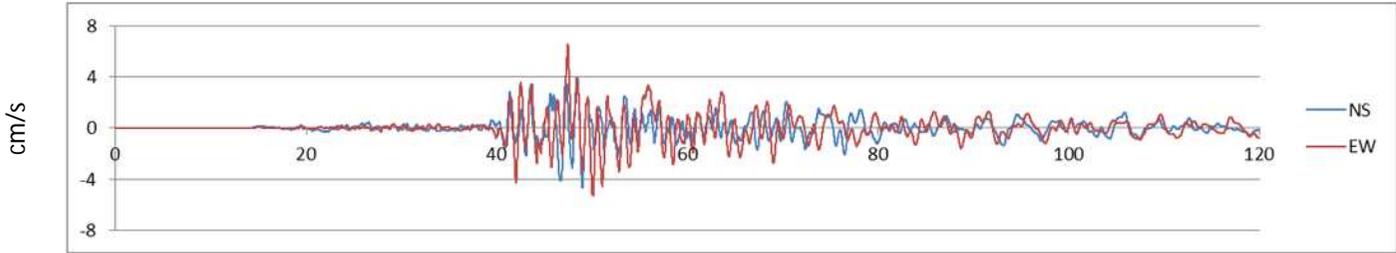
周期ごとの絶対速度応答(Sva)とリアルタイム震度の時間変化

42318 新潟西蒲区役所



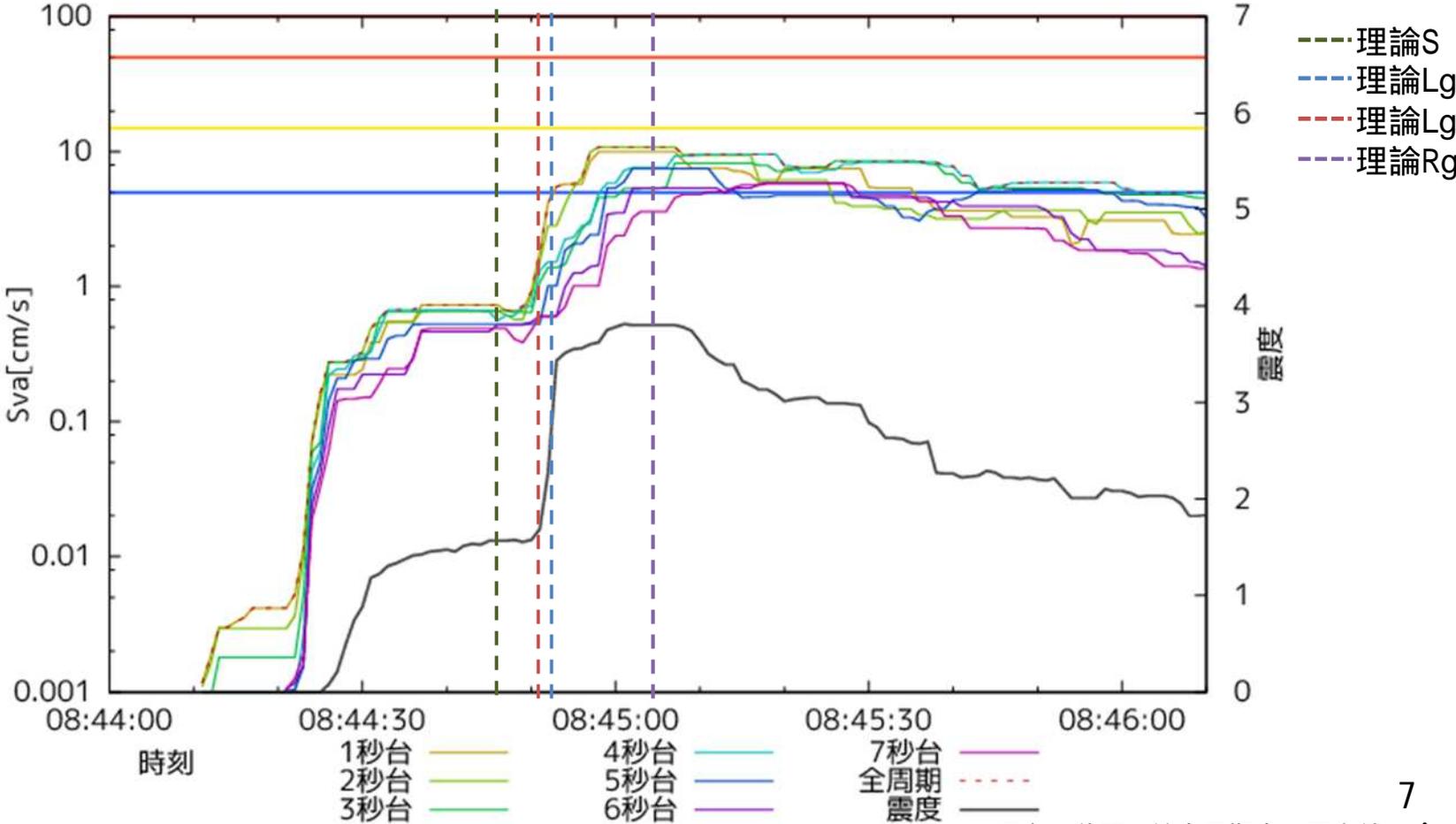
Svaは過去10秒間の該当周期内の最大値をプロット

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

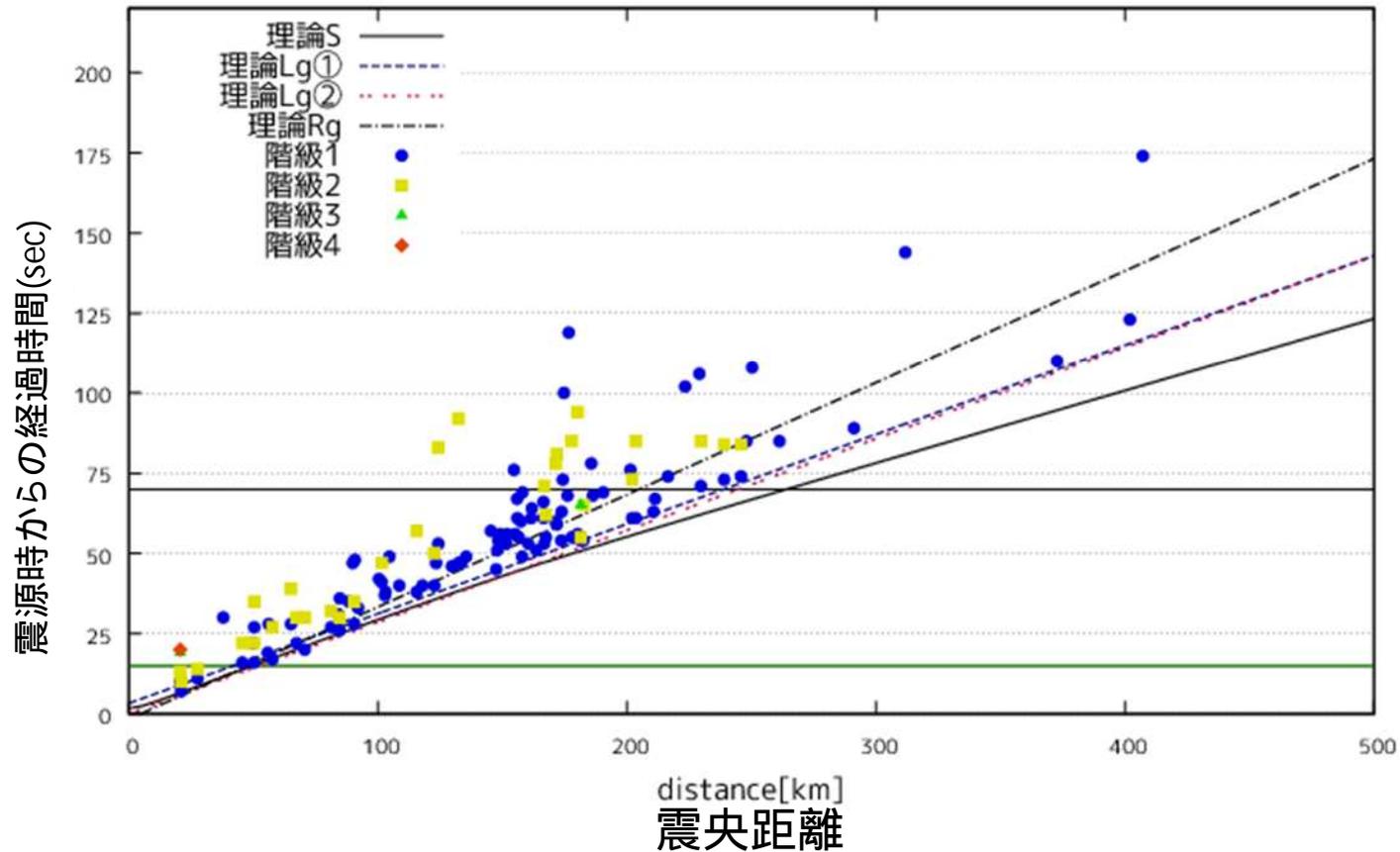
47598 いわき市小名浜



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)



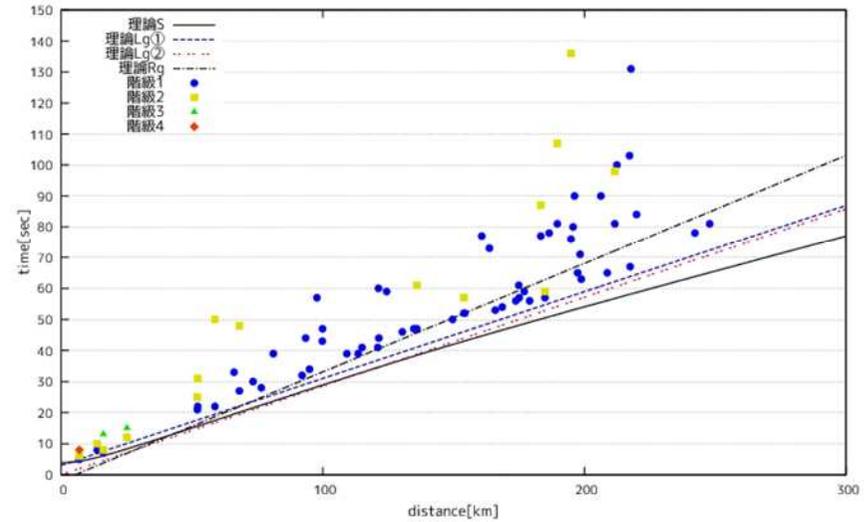
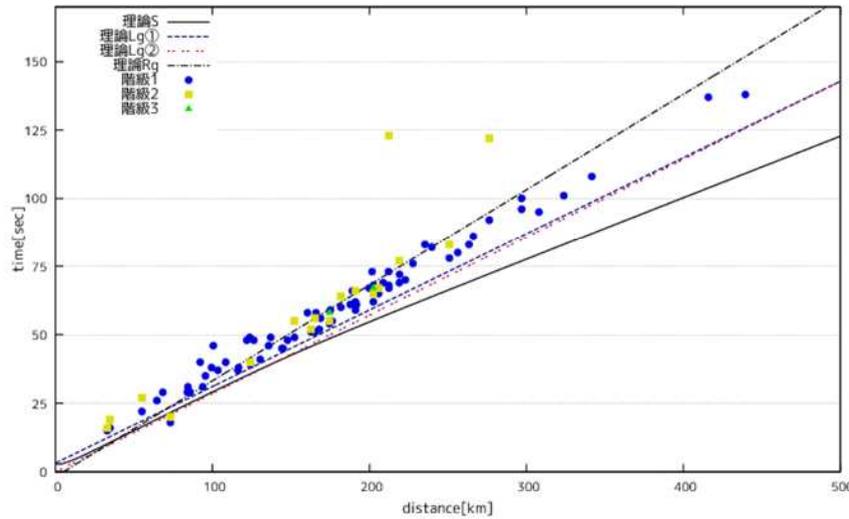
気象庁観測点のみ利用

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

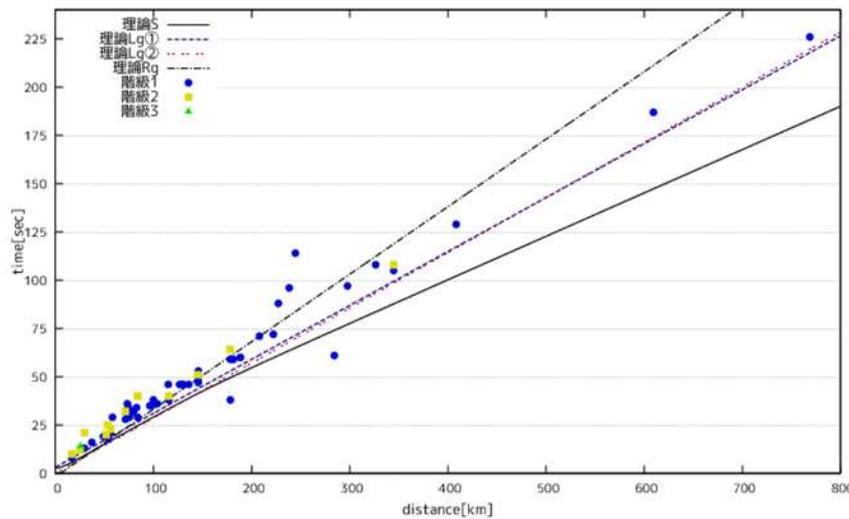
- 最大予測階級3以上、M計算観測点4点以上
- 最大予測階級2以上、M計算観測点4点以上
- 最大予測階級3以上、地震検知後15秒時点
- 最大予測階級2以上、地震検知後15秒時点
- 最終報

内陸地震の長周期地震動の到達時刻

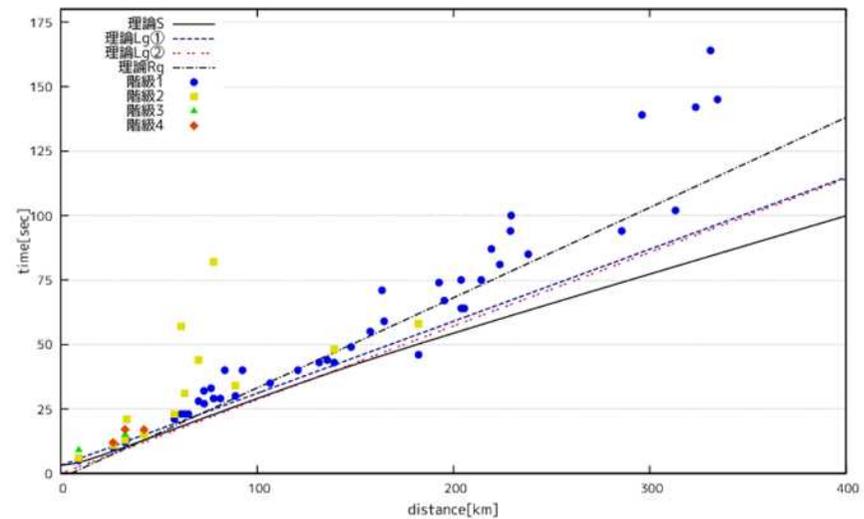
2000.10.06 13:30 鳥取県西部地震(Mj7.3, d=9km) 2004.10.23 17:56 新潟県中越地震 (Mj6.8, d=13km)



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)

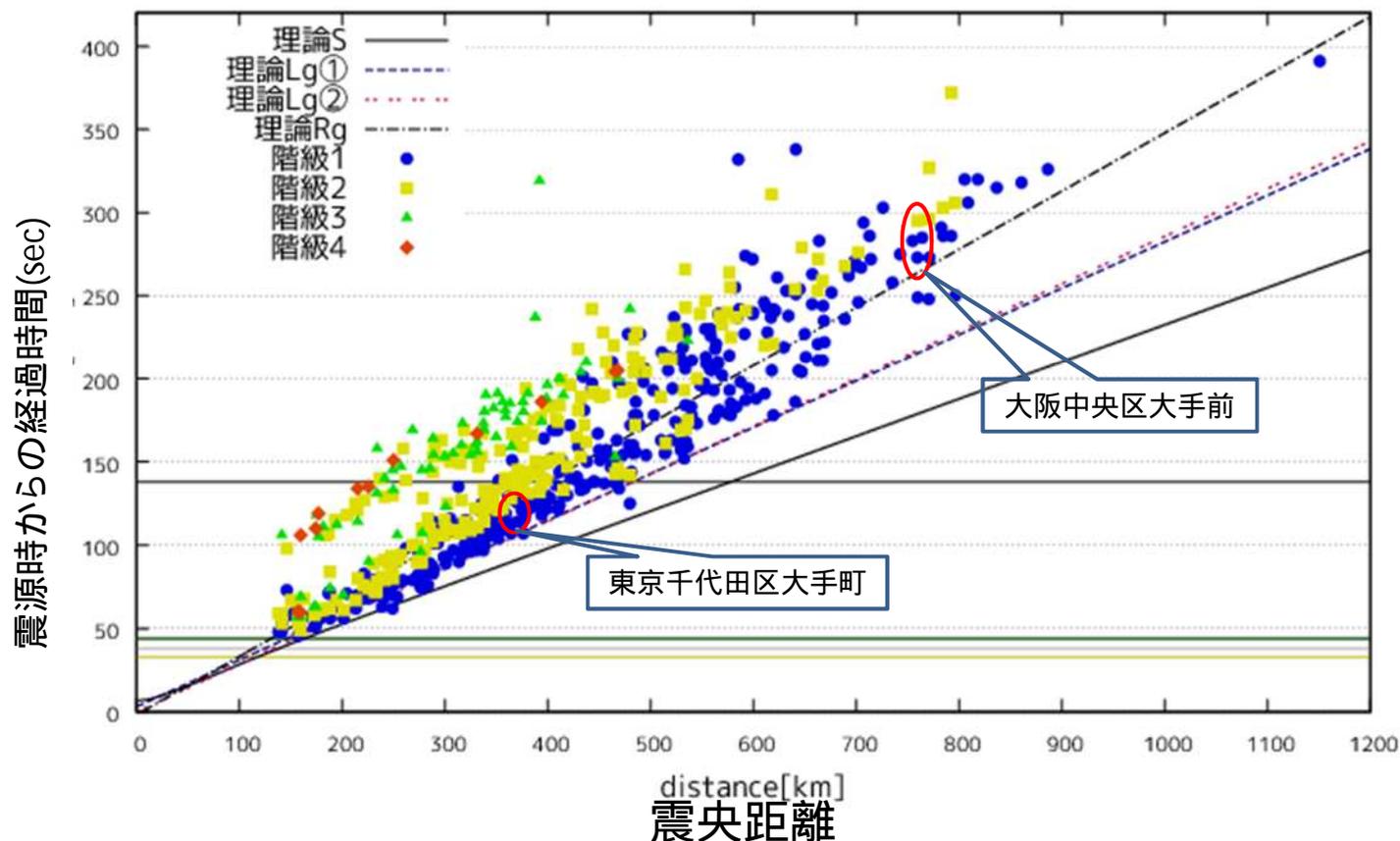


気象庁観測点のみ利用
各点は、それぞれの長周期地震動階級に初めて達する時刻を表す

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)

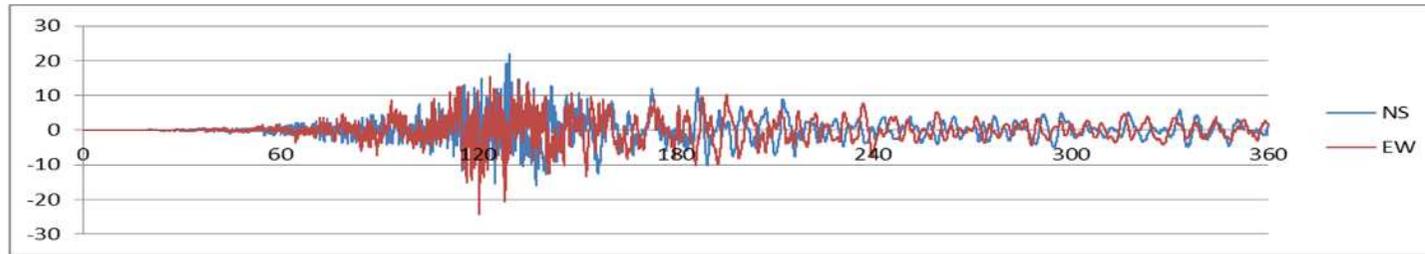


気象庁観測点のみ利用

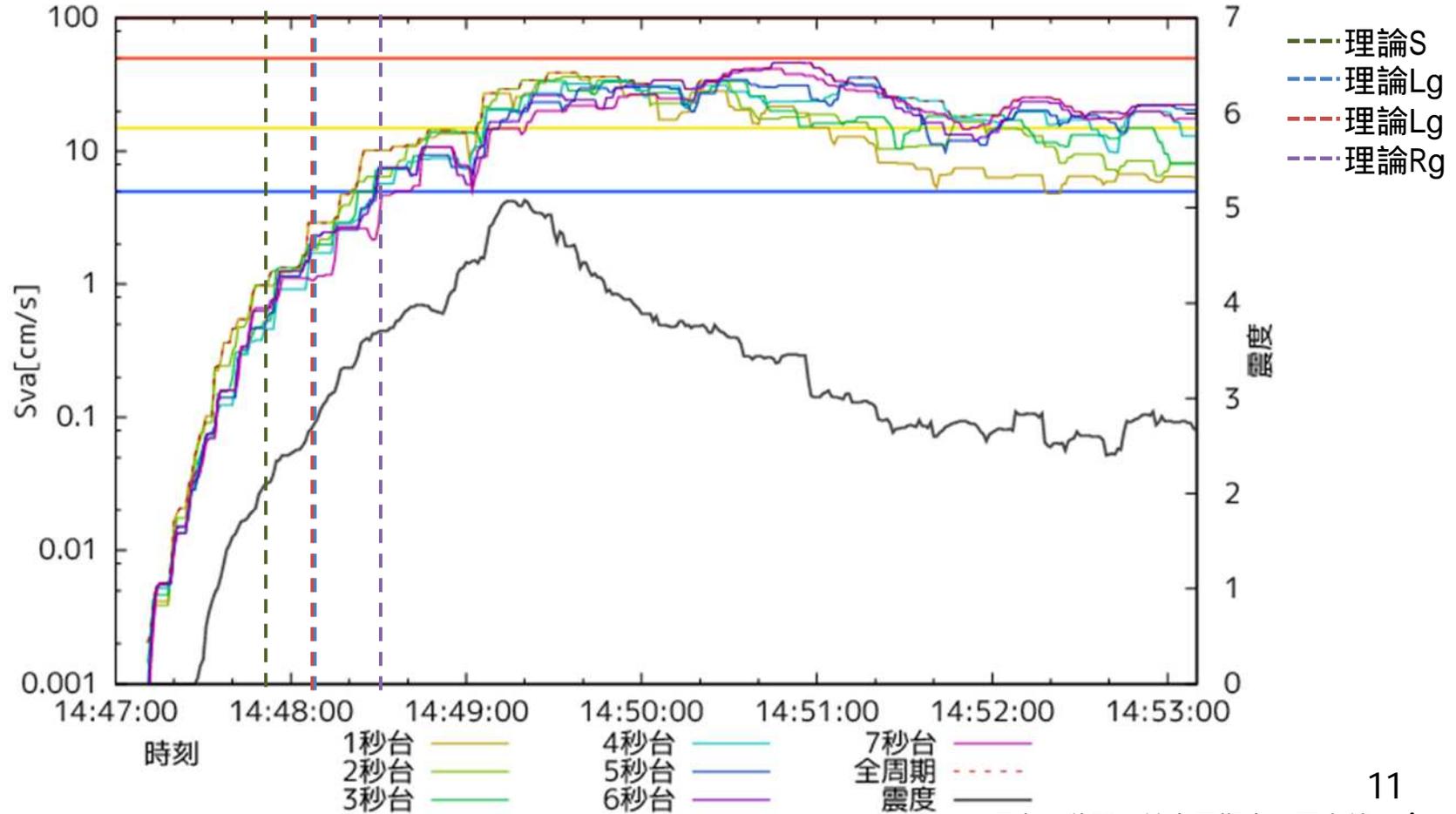
各点は、それぞれの長周期地震動階級に初めて達する時刻を表す

- 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

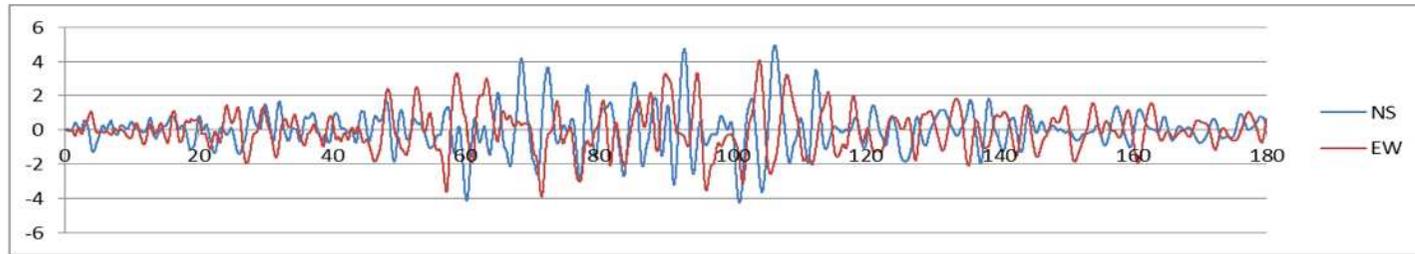


周期ごとの絶対速度応答(Sva)とリアルタイム震度の時間変化 47662 東京千代田区大手町



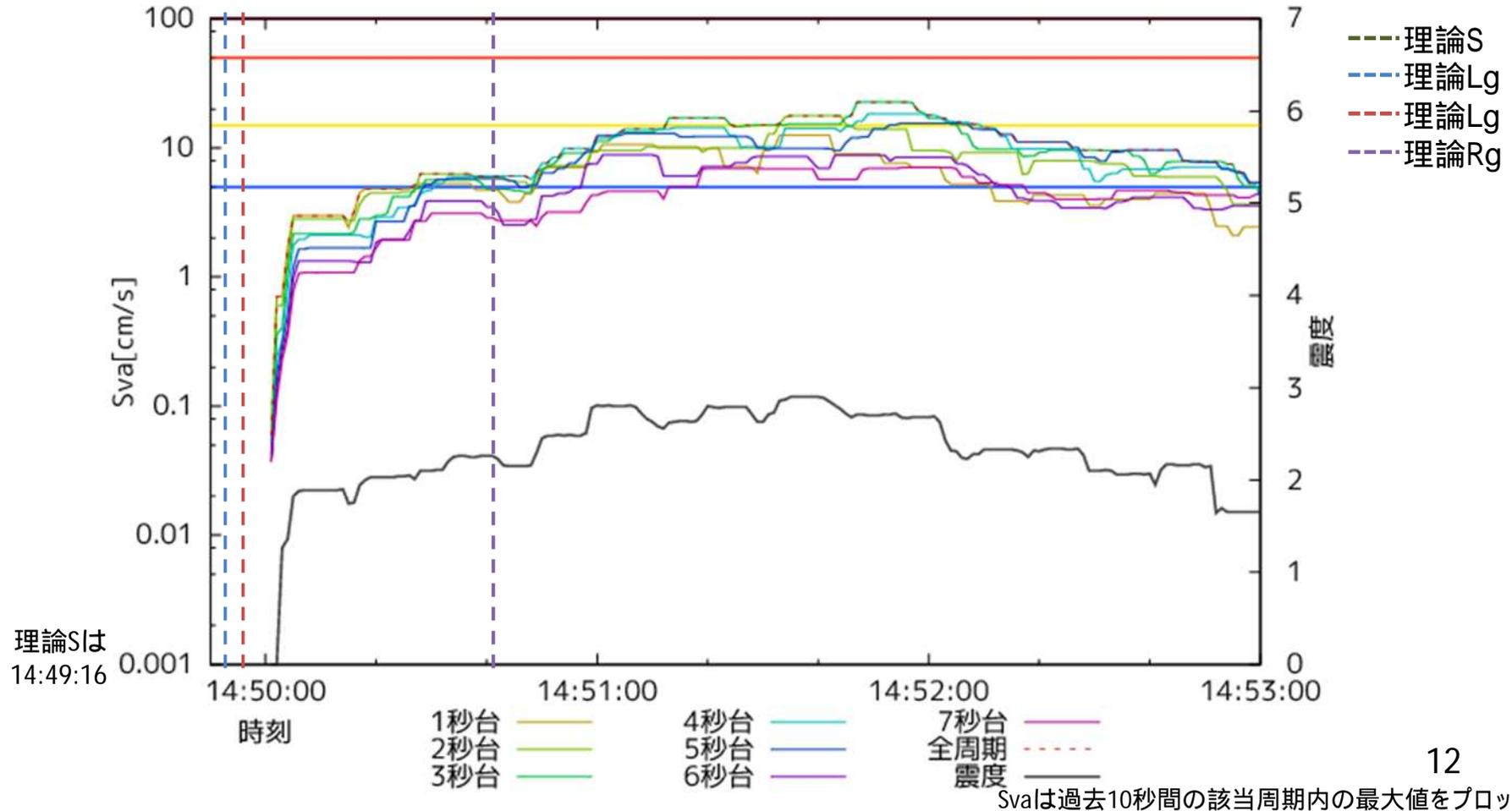
Svaは過去10秒間の該当周期内の最大値をプロット

速度波形



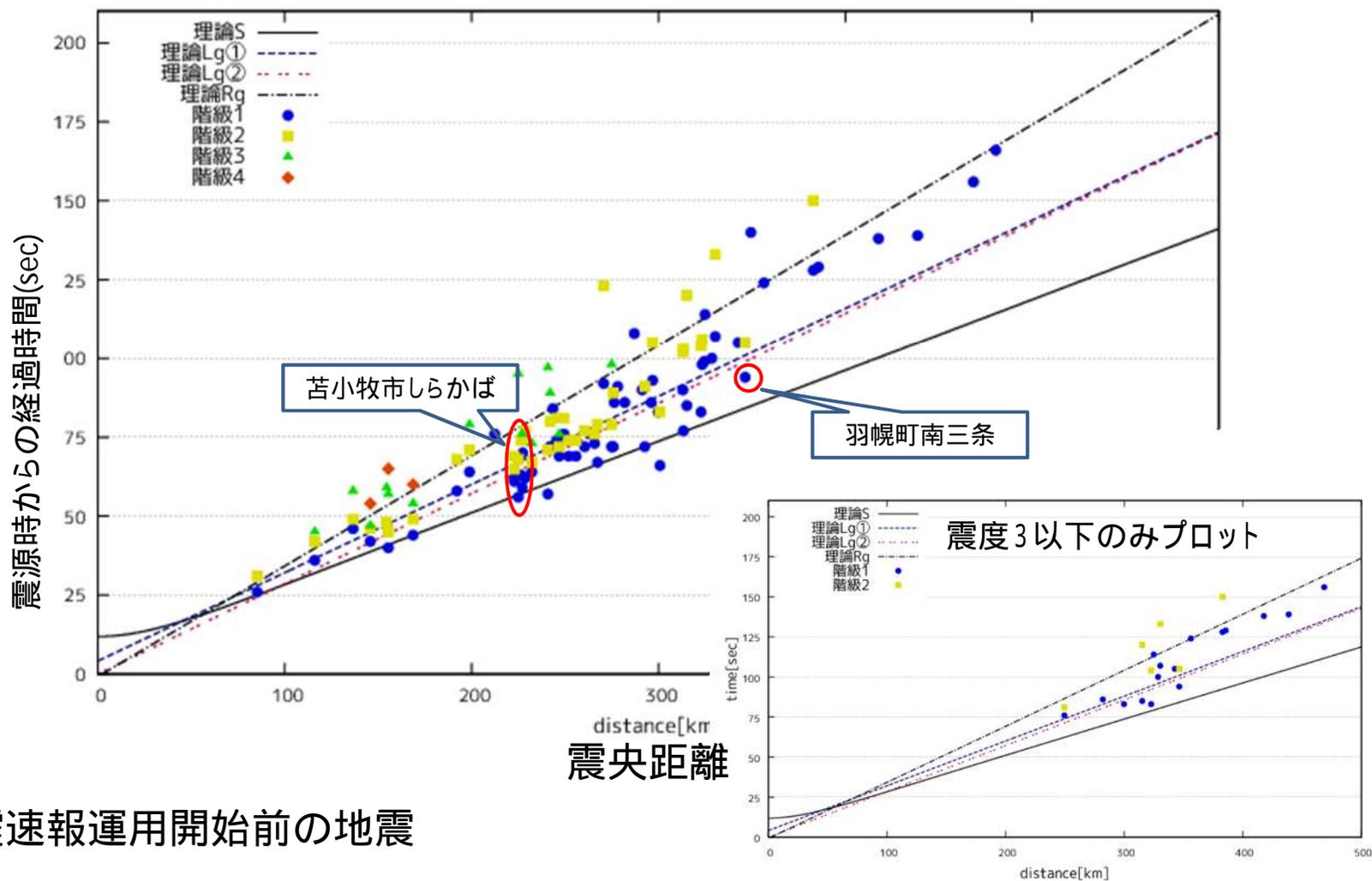
周期ごとの絶対速度応答(Sva)とリアルタイム震度の時間変化

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

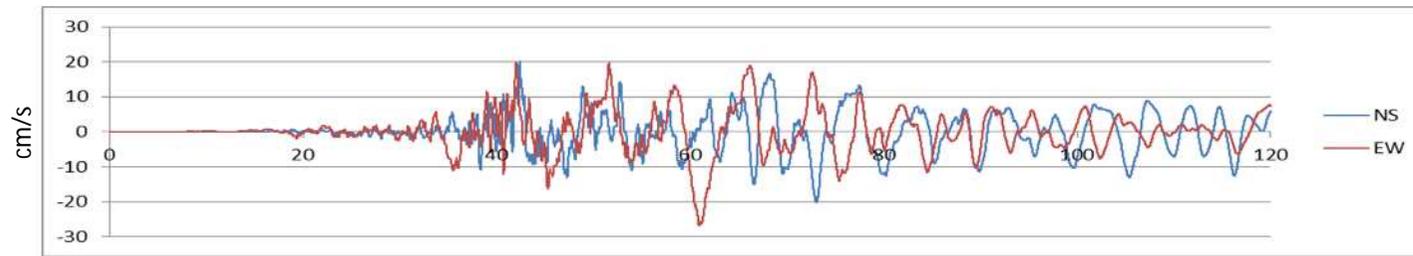
2003.09.26 04:50 十勝沖地震 (Mj8.0, d=45km)



緊急地震速報運用開始前の地震

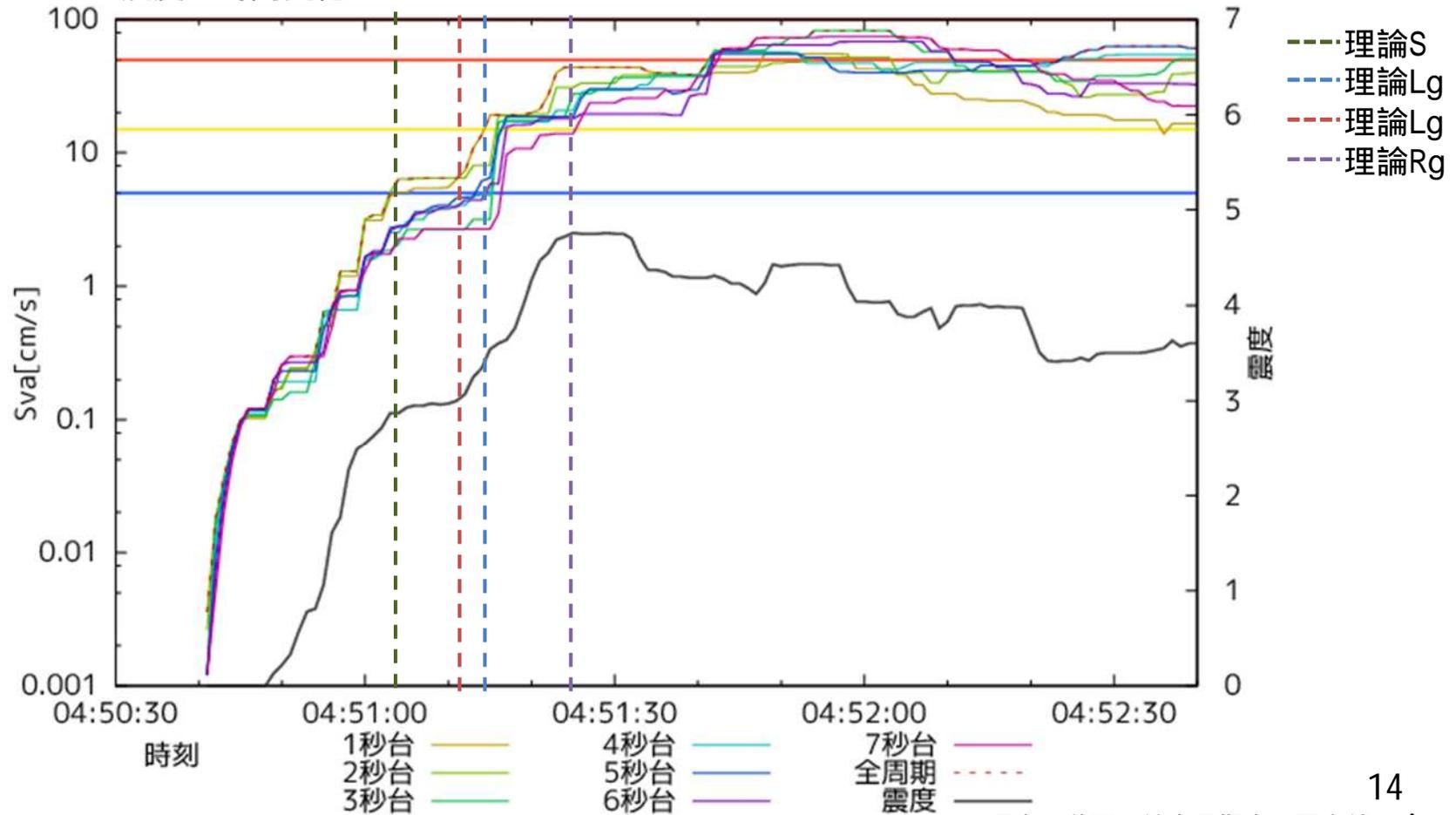
気象庁観測点のみ利用
各点は、それぞれの長周期地震動階級に初めて達する時刻を表す

速度波形



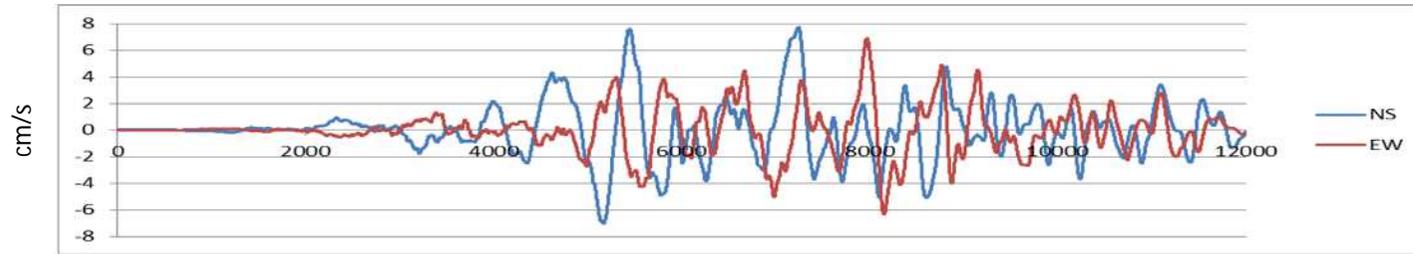
周期ごとの絶対速度応答(Sva)とリアルタイム震度の時間変化

47424 苫小牧市しらかば



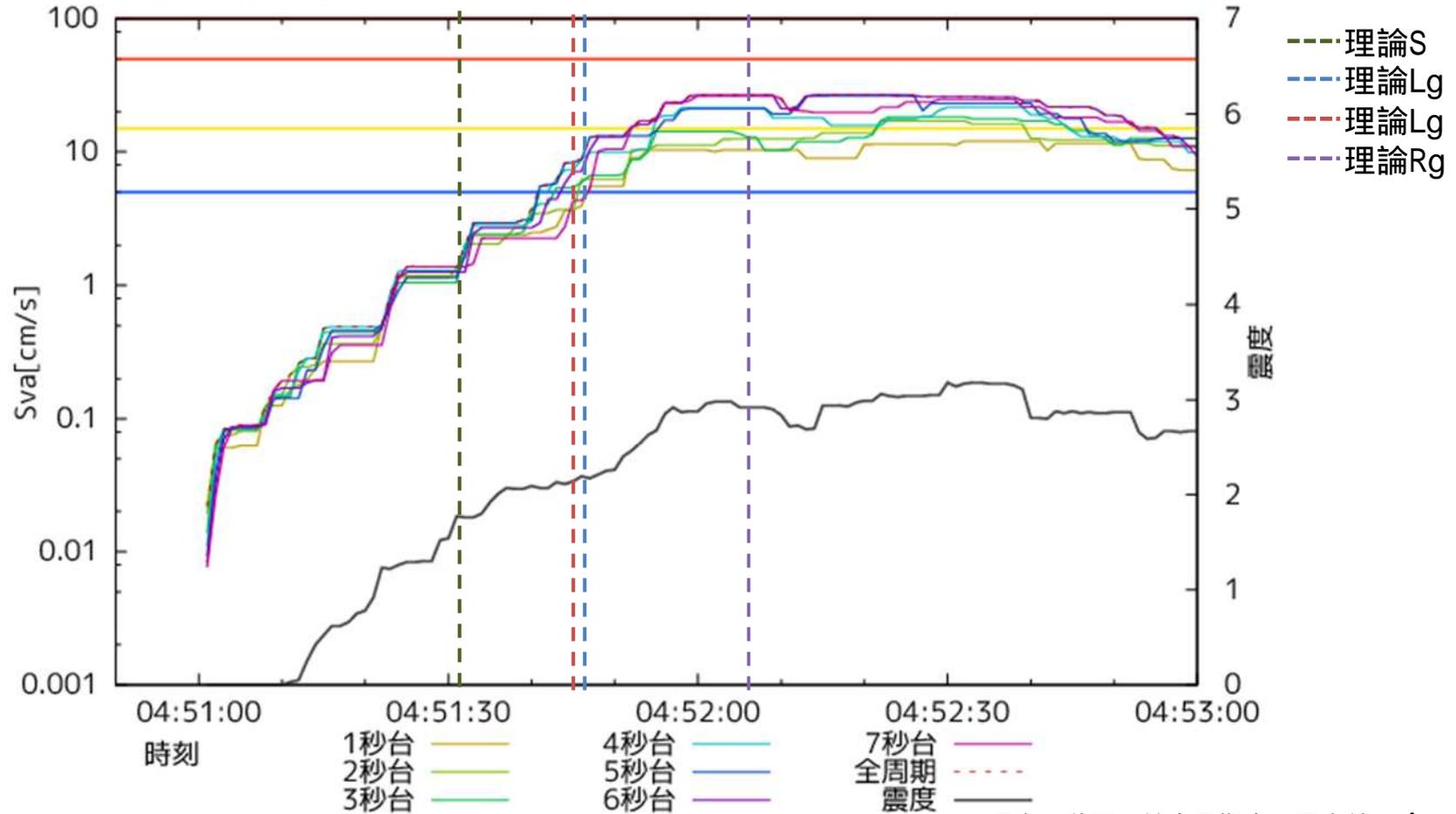
Svaは過去10秒間の該当周期内の最大値をプロット

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

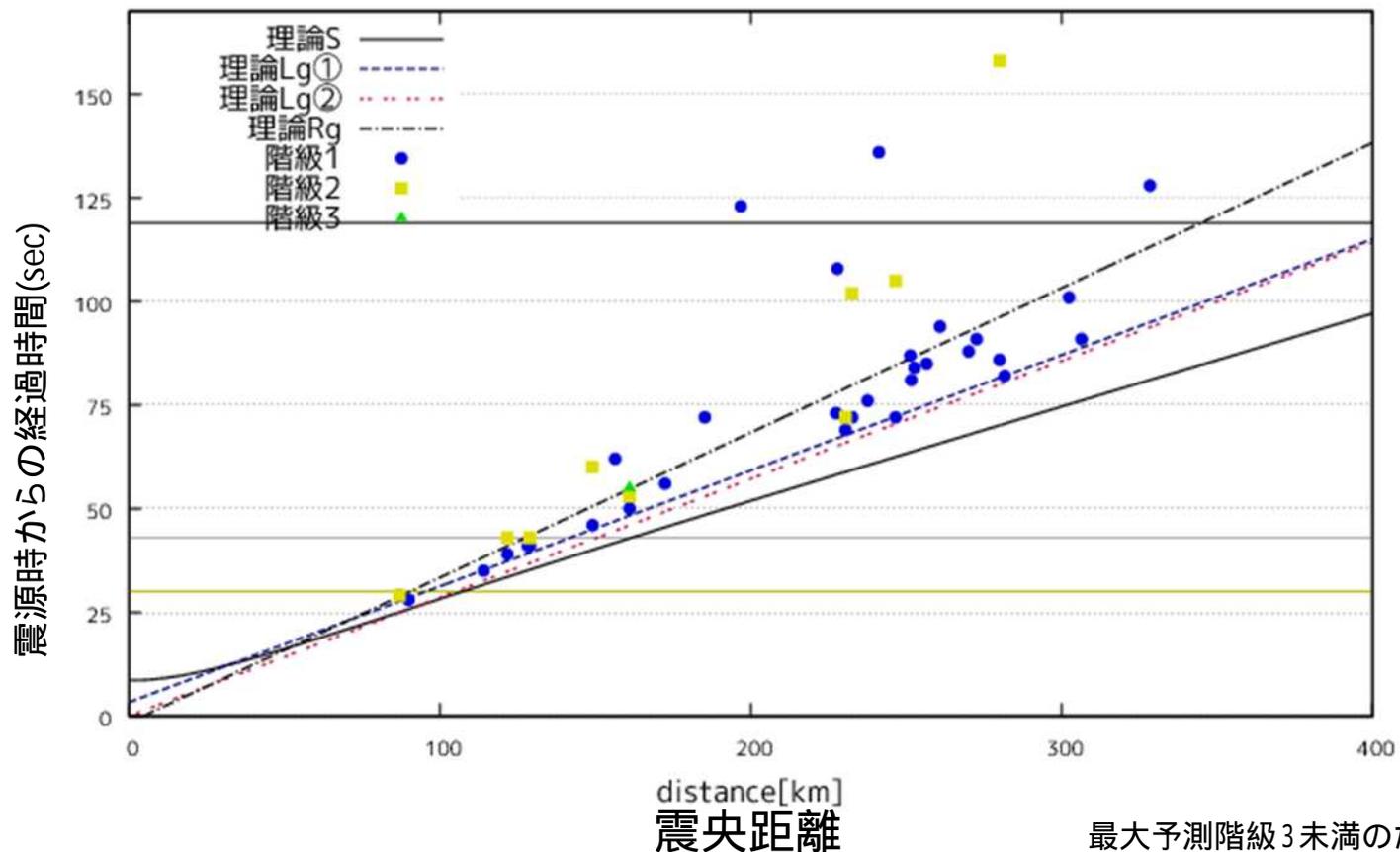
47404 羽幌町南3条



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)



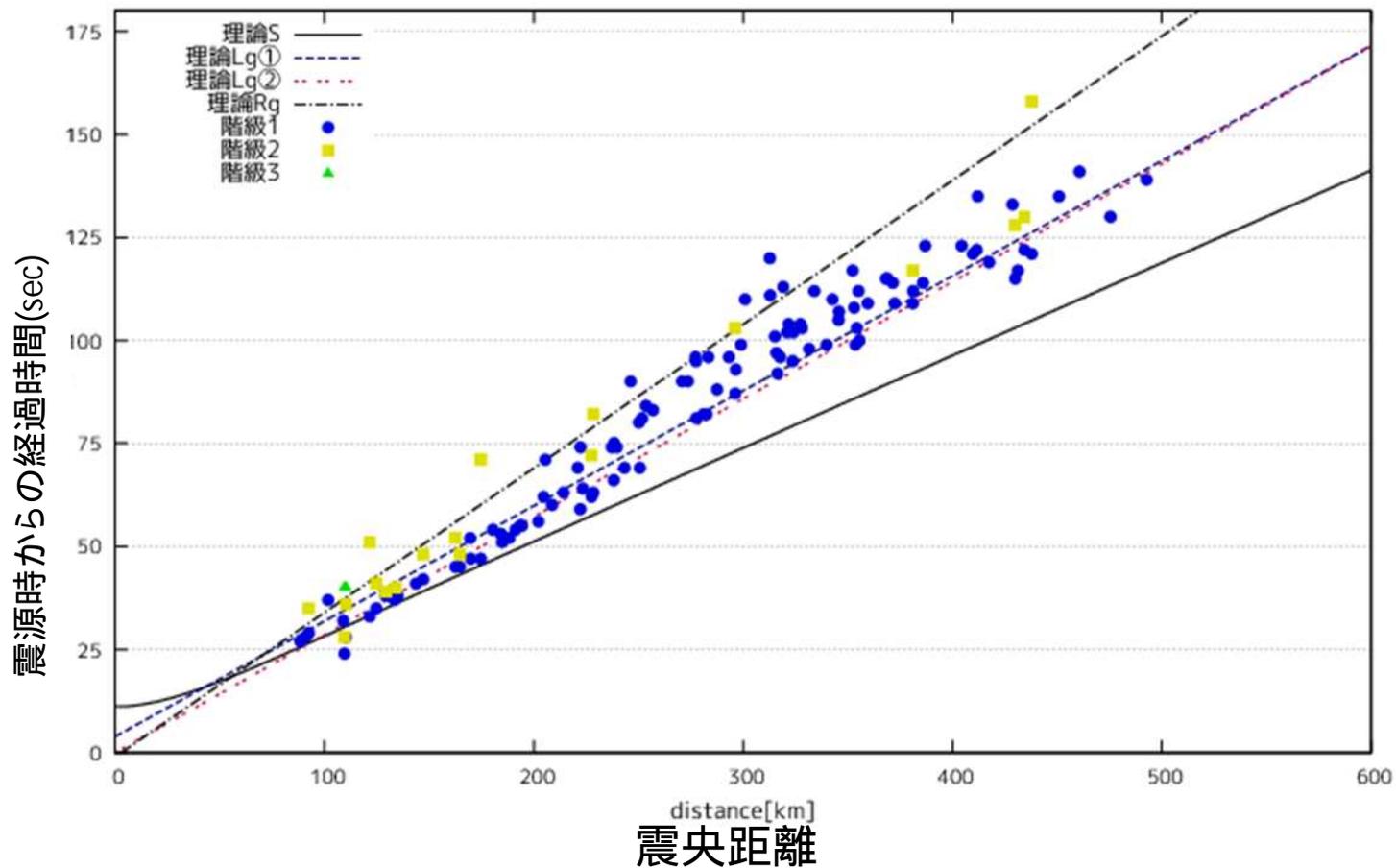
気象庁観測点のみ利用

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)

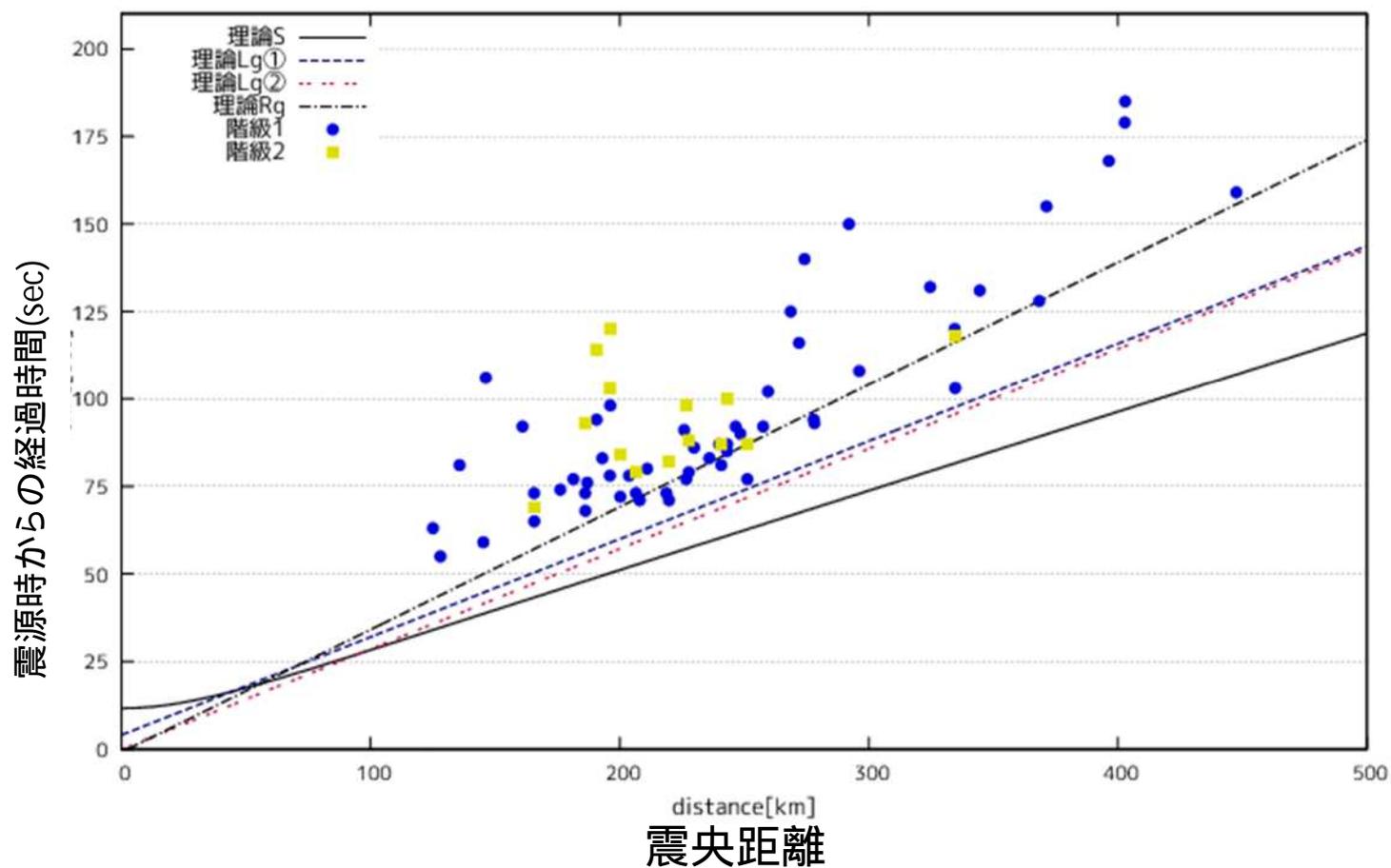


気象庁観測点のみ利用
各点は、それぞれの長周期地震動階級に初めて達する時刻を表す

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)

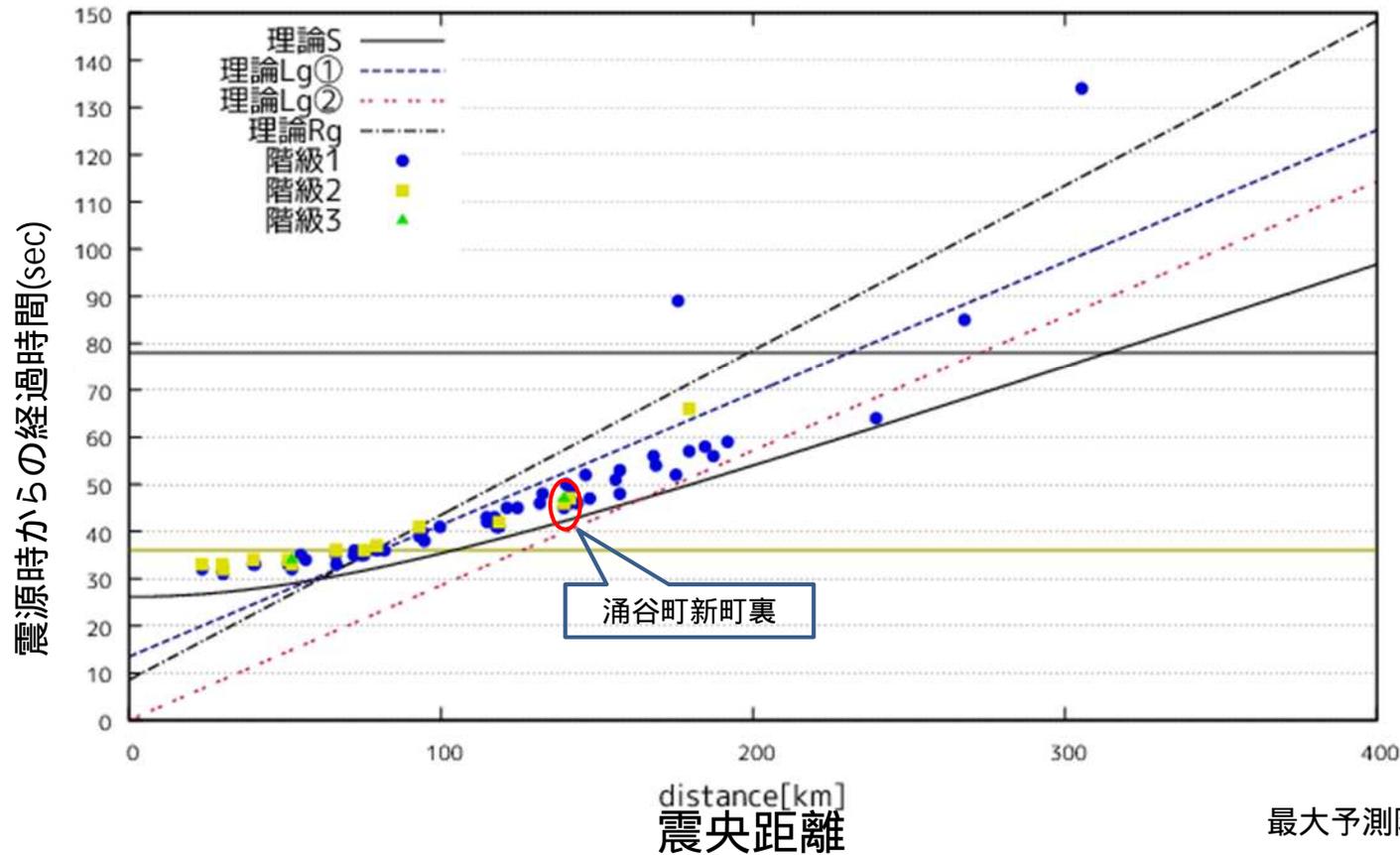


気象庁観測点のみ利用
各点は、それぞれの長周期地震動階級に初めて達する時刻を表す

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)



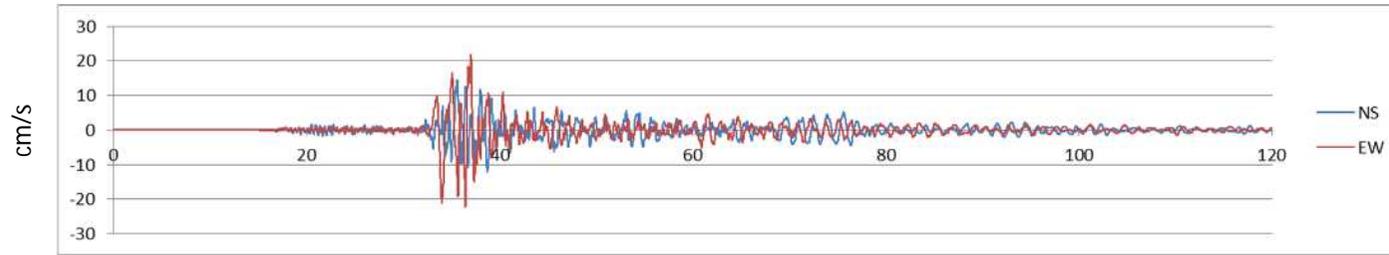
最大予測階級3未満のためなし

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

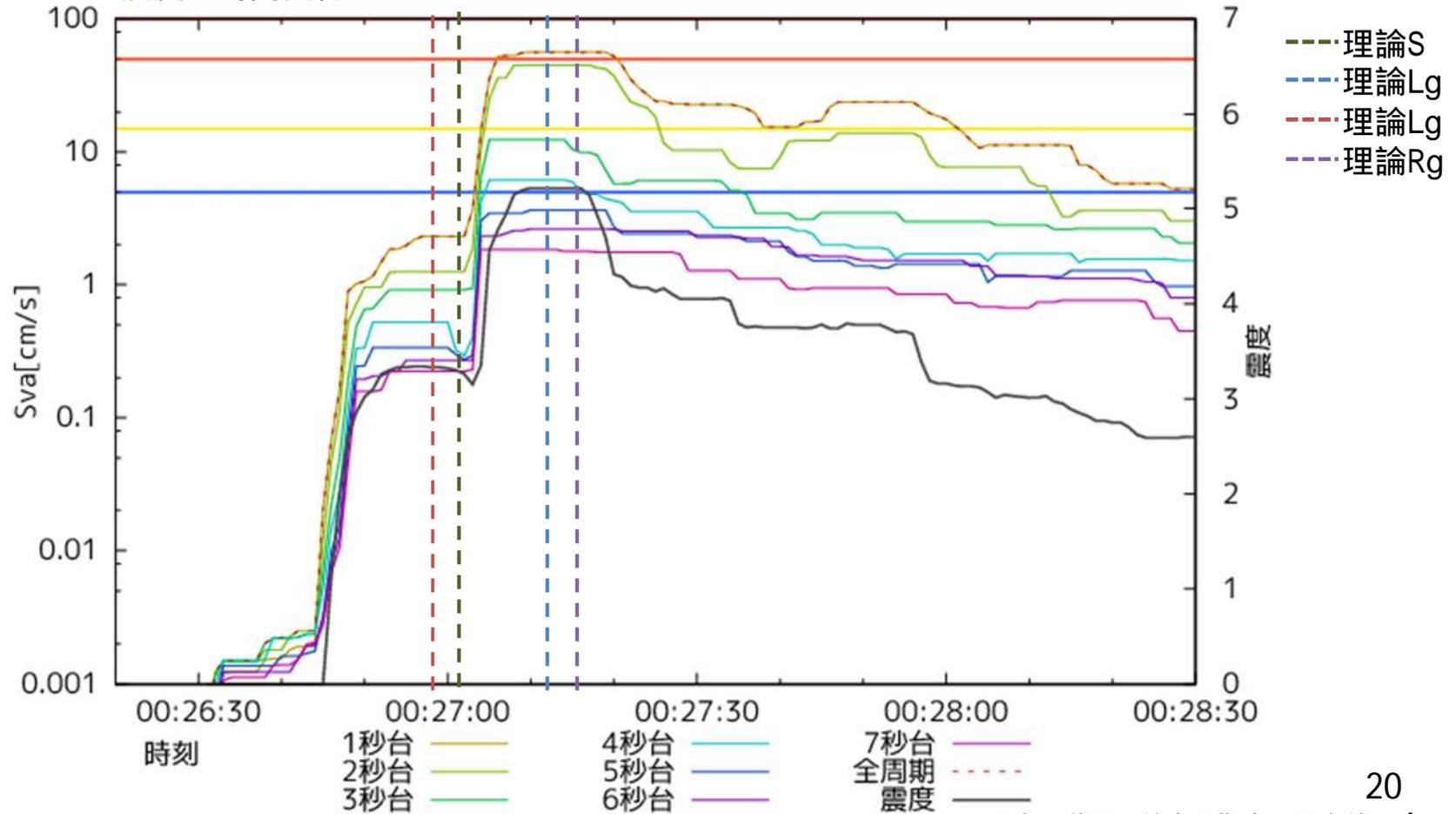
- 最大予測階級3以上、M計算観測点4点以上
- 最大予測階級2以上、M計算観測点4点以上
- 最大予測階級3以上、地震検知後15秒時点
- 最大予測階級2以上、地震検知後15秒時点
- 最終報

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

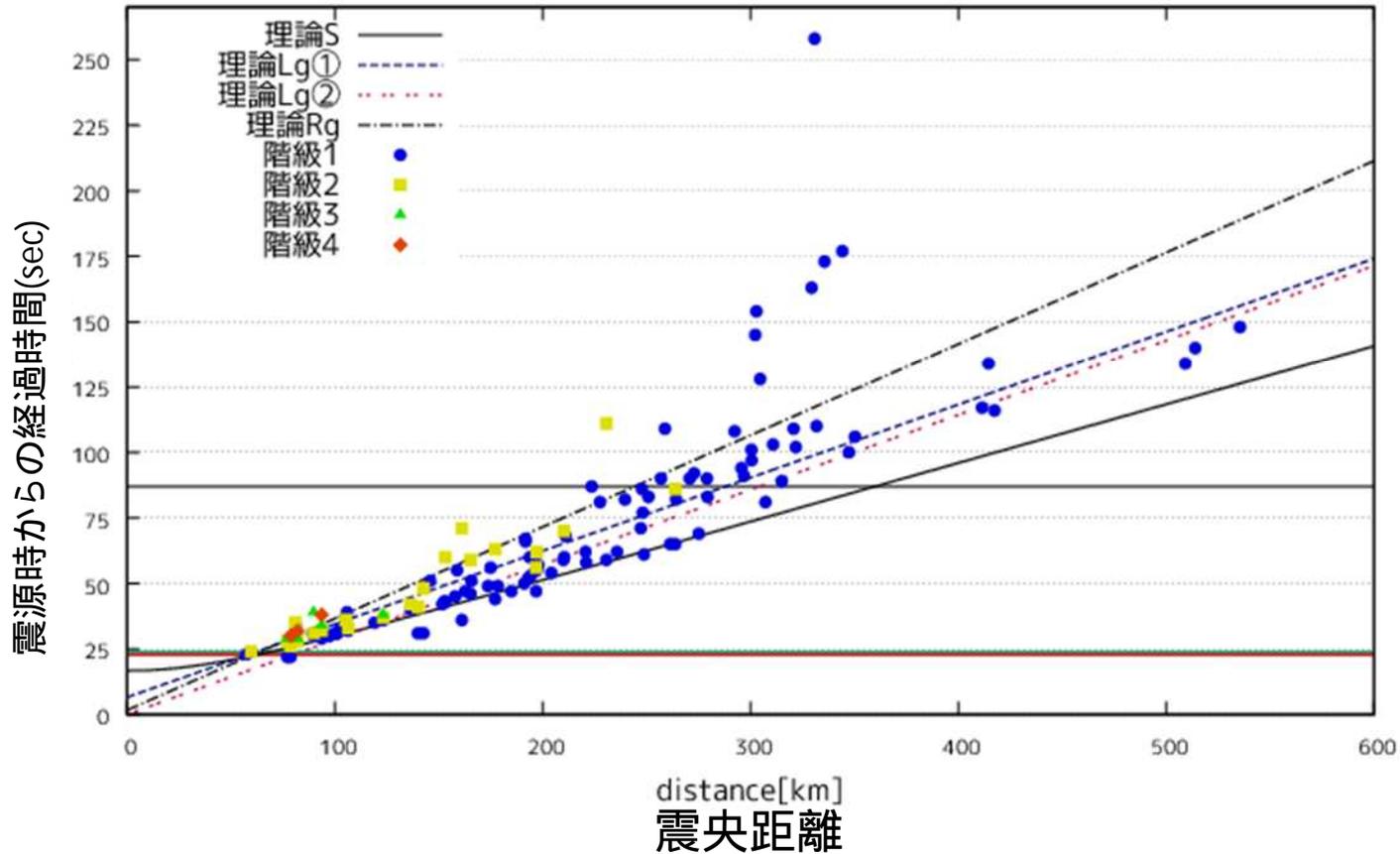
42212 涌谷町新町裏



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)



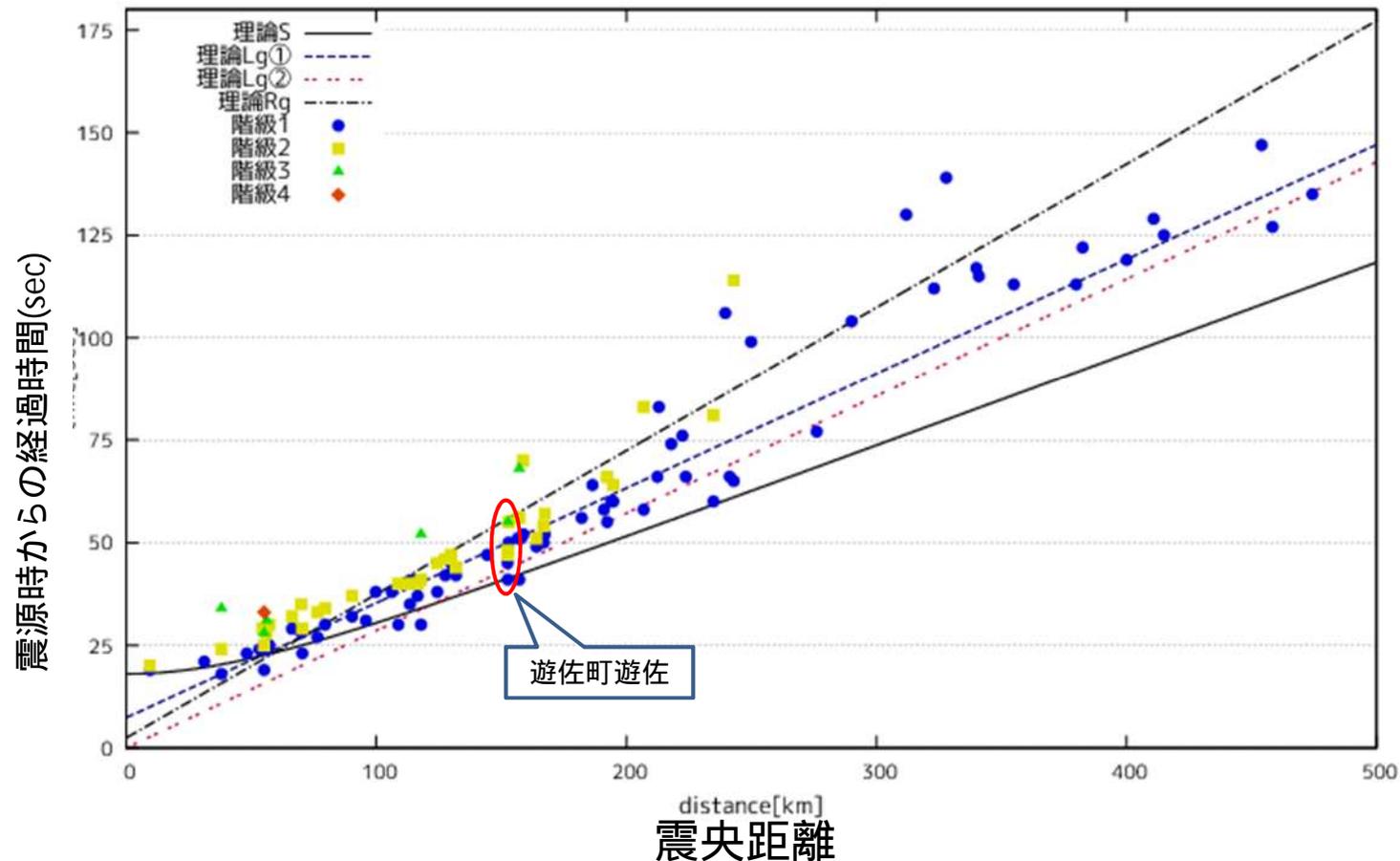
気象庁観測点のみ利用

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 21
- 最終報

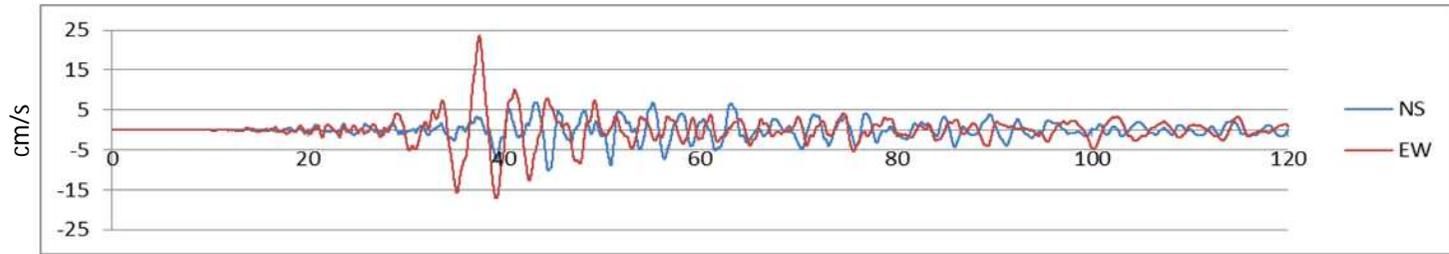
深い地震の長周期地震動の到達時刻

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



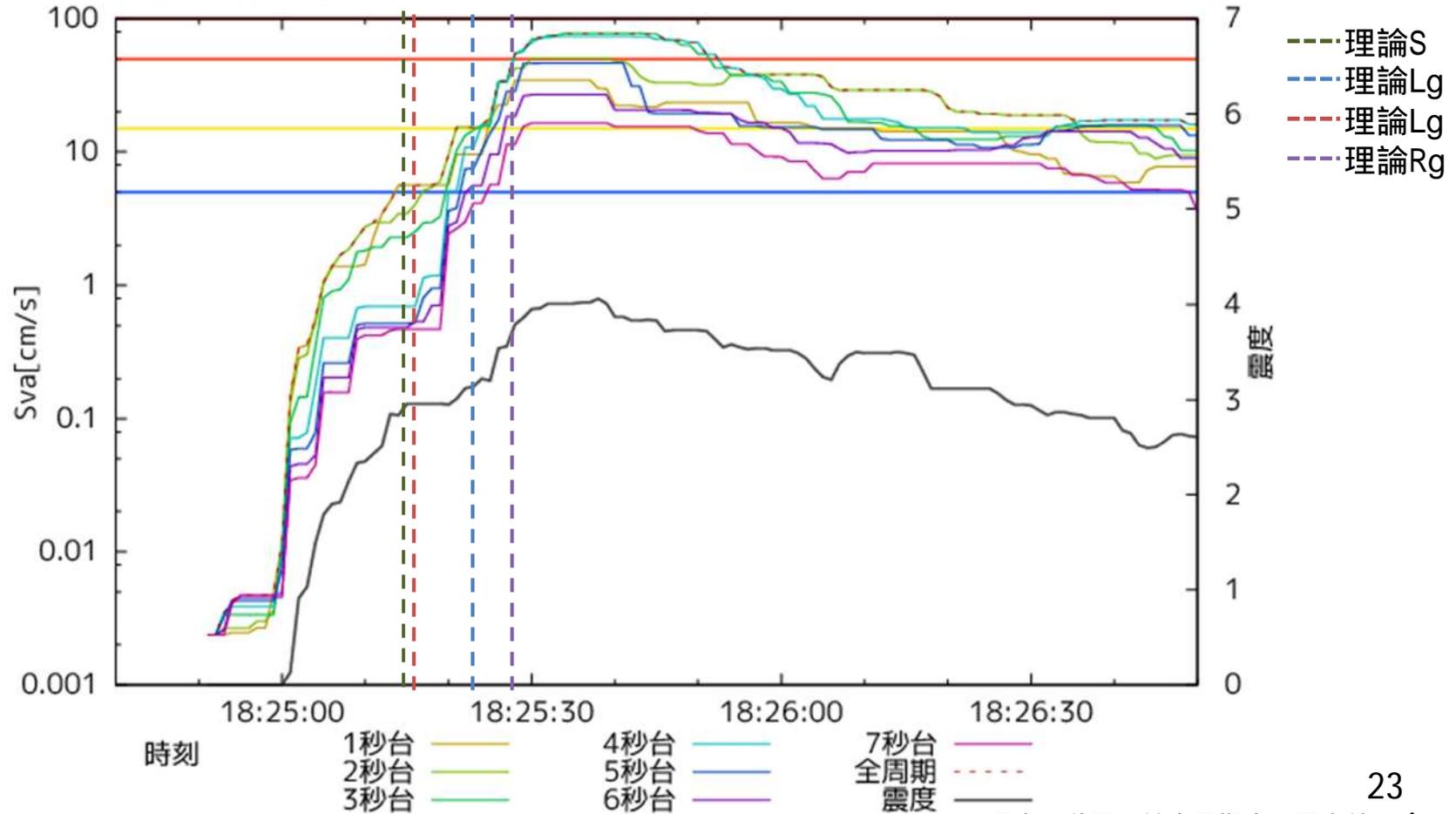
気象庁観測点のみ利用
各点は、それぞれの長周期地震動階級に初めて達する時刻を表す

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。