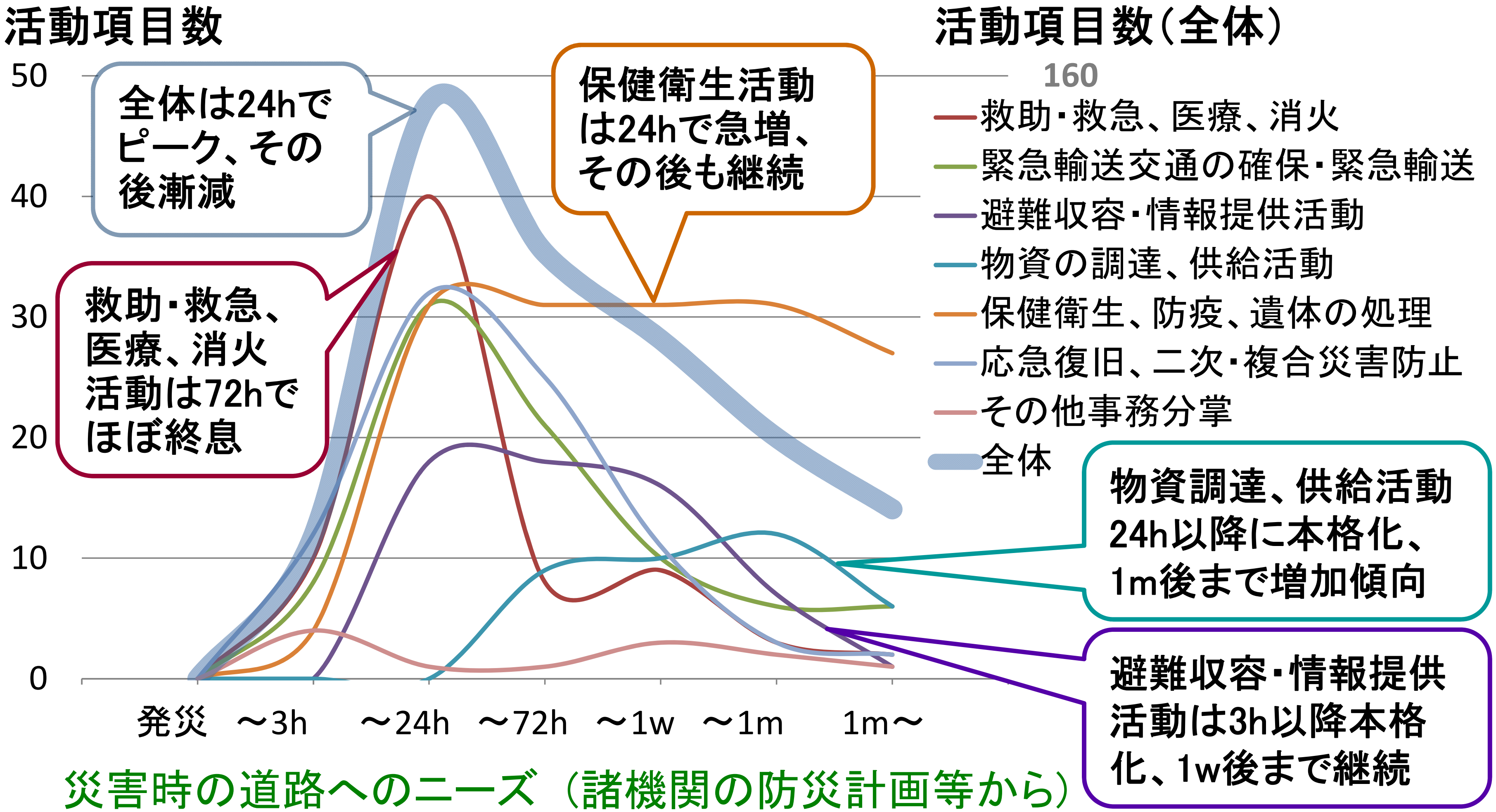
巨大津波の基本特性の把握と対津波設計への活用

国土交通省　国土技術政策総合研究所

危機管理技術研究センター　地震防災研究室

背景と目的

- 東日本大震災では橋の上部構造の流出が多発
- 橋は復旧に時間を要する一方、交通機能の回復は待ったなし



災害時の道路へのニーズ（諸機関の防災計画等から）

背景と目的

- 橋は復旧に時間を要する一方、交通機能の回復は待ったなし
- 震災前は、津波の影響を特別には考慮しない設計

道路橋示方書Ⅴ耐震設計編（2012.2改定）

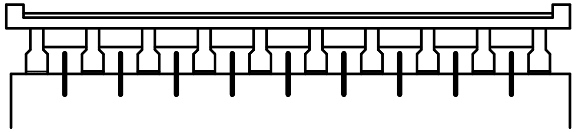
2.1 耐震設計の基本方針

(2) 耐震設計にあたっては，地形・地質・地盤条件，立地条件，津波に関する地域の防災計画等を考慮した上で構造を計画する

同解説

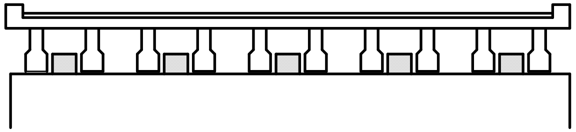
- 津波の高さに対して桁下空間を確保
- 津波の影響を受けにくいような構造的工夫を施す
- 上部構造が流出しても復旧しやすいように構造的な配慮をする

支承部



アンカー:固定(9-Φ32),可動(9-Φ25)

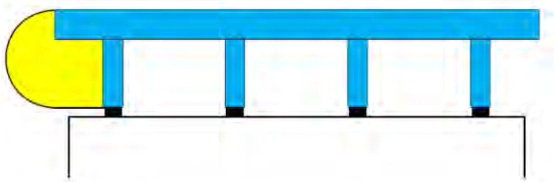
落橋防止構造



変位制限構造:5基(幅500×奥250×高300)

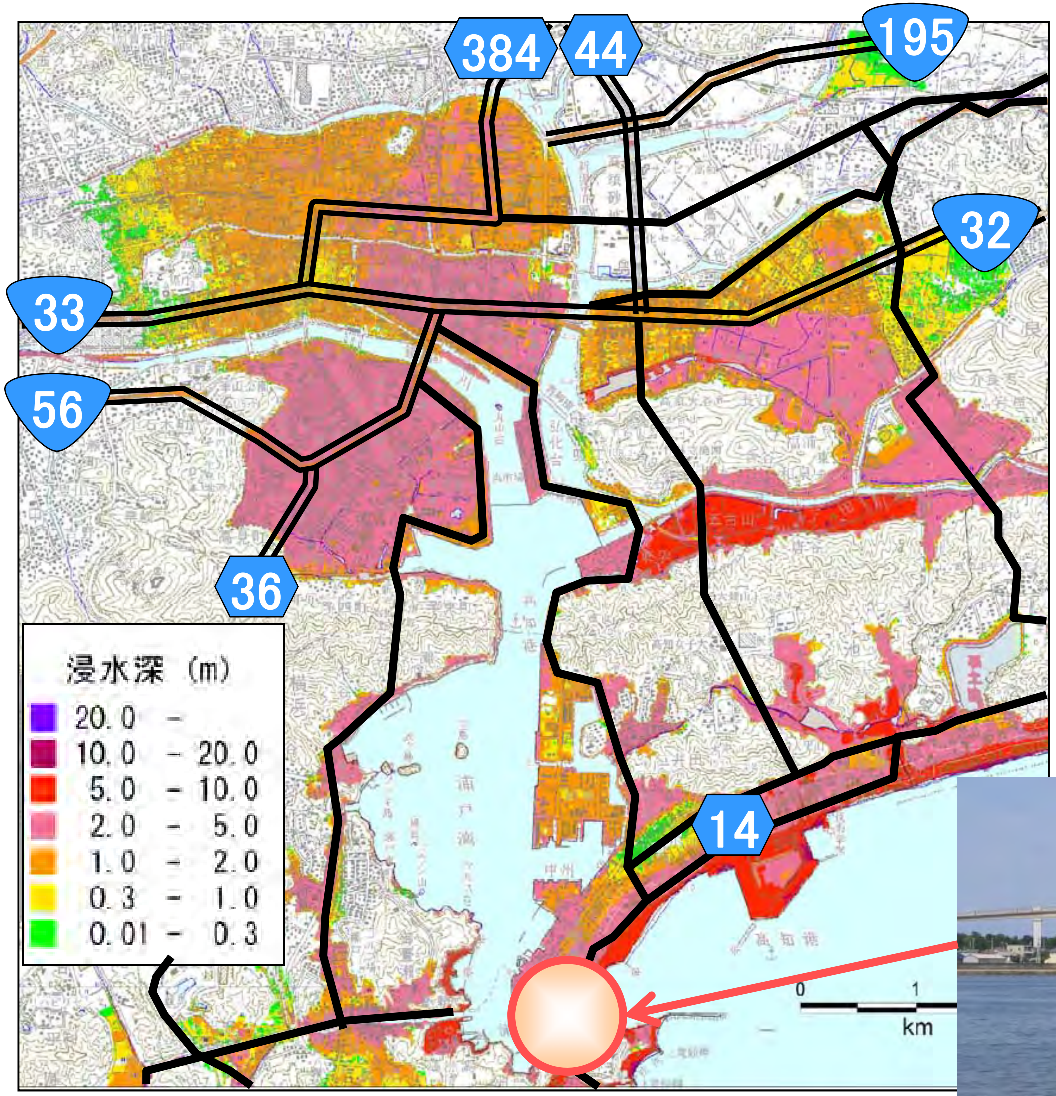
九州工業大学(2010)

フェアリング



土木研究所(2013)

具体的に、どの橋をどうするか？



- 多様な道路交通ニーズ

×

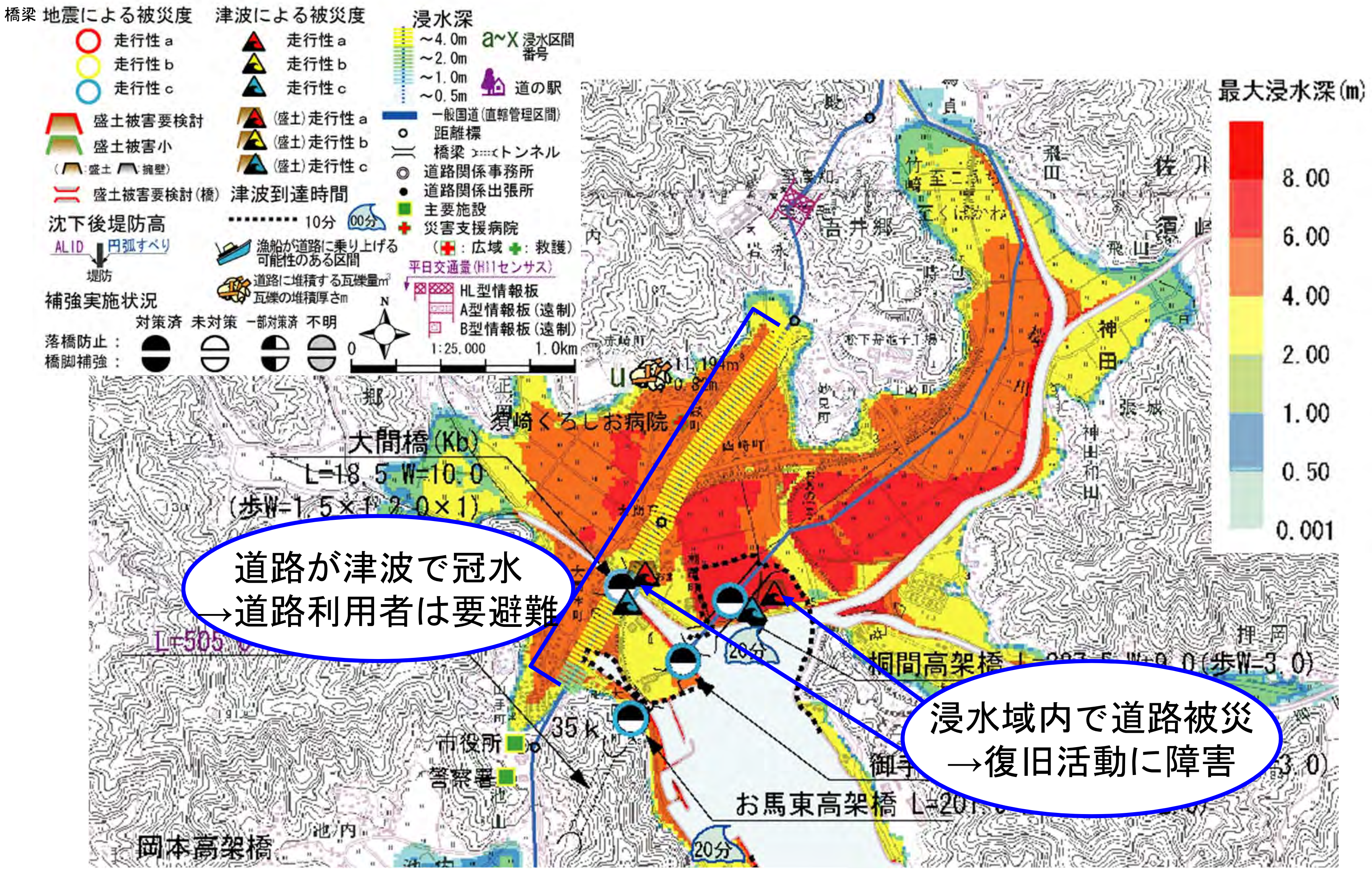
- 種々の構造･対応策

×

- 異なるハザードレベル

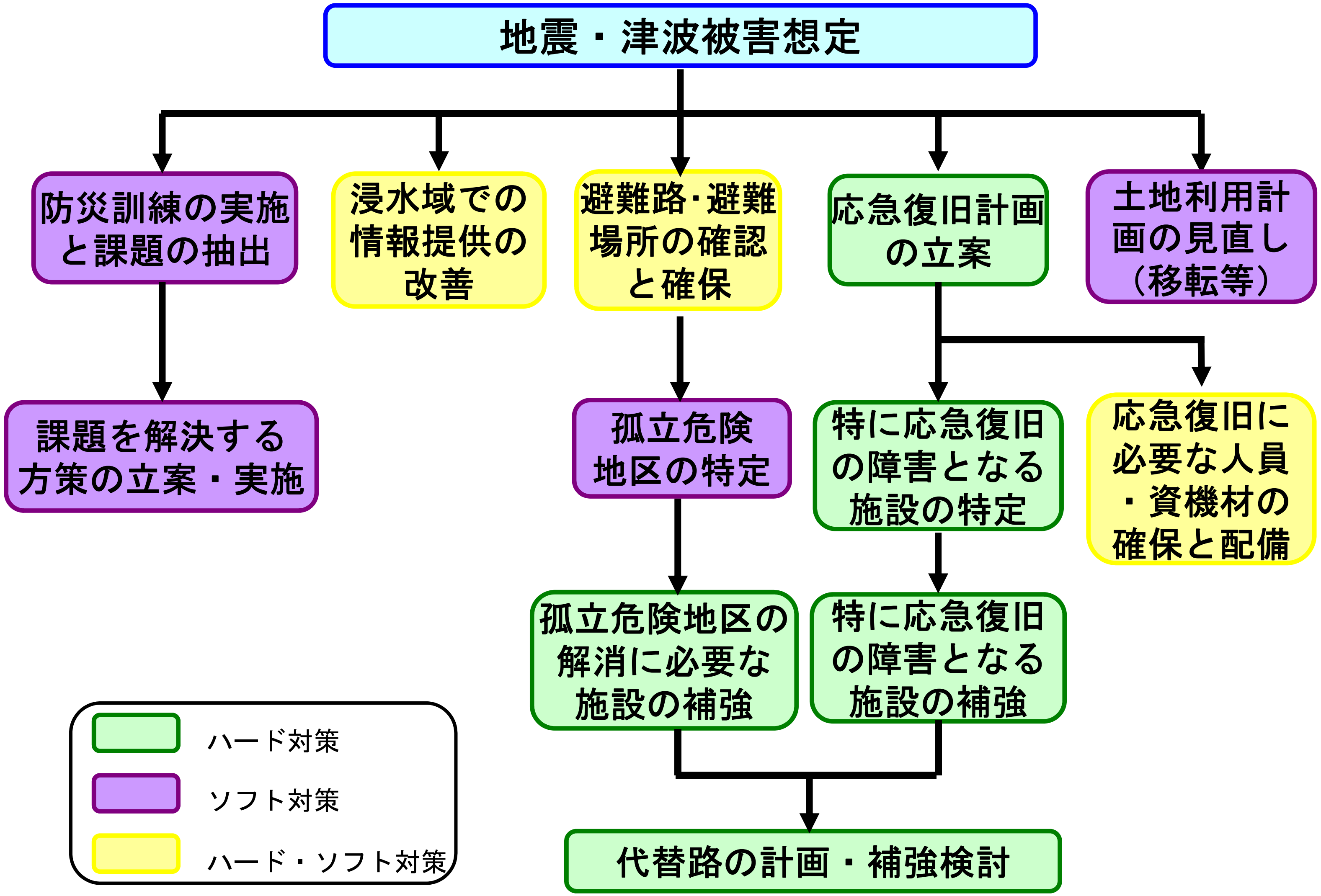
南海トラフ巨大地震津波による浸水予測（内閣府）に加筆

地震・津波被害想定の例（国総研資料, 2008）



南海地震時の須崎市周辺の道路施設（一部拡大）

被害想定に基づく地震･津波対策（国総研資料, 2008）



総合的な防災･減災の一環としての対津波設計

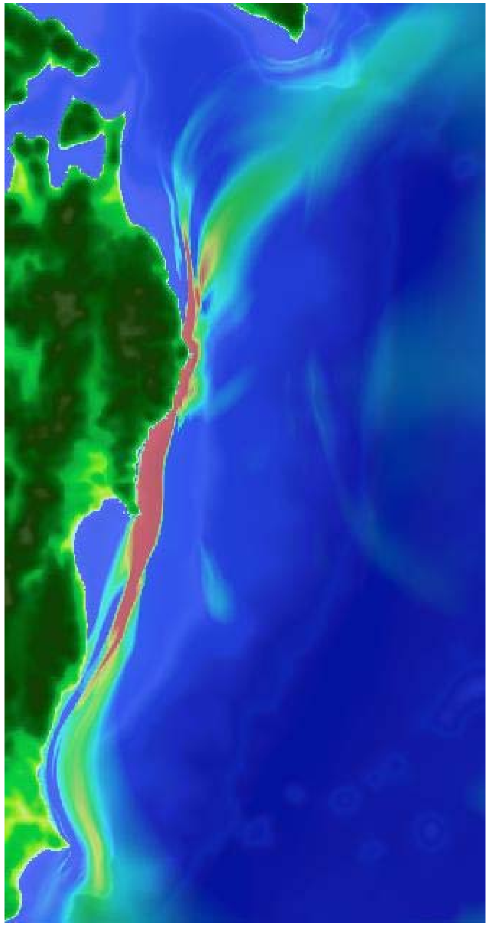
津波浸水シミュレーション

津波の被害想定や防災計画の策定には津波の推定が必須

〇想定する地震（津波の波源モデル）の設定

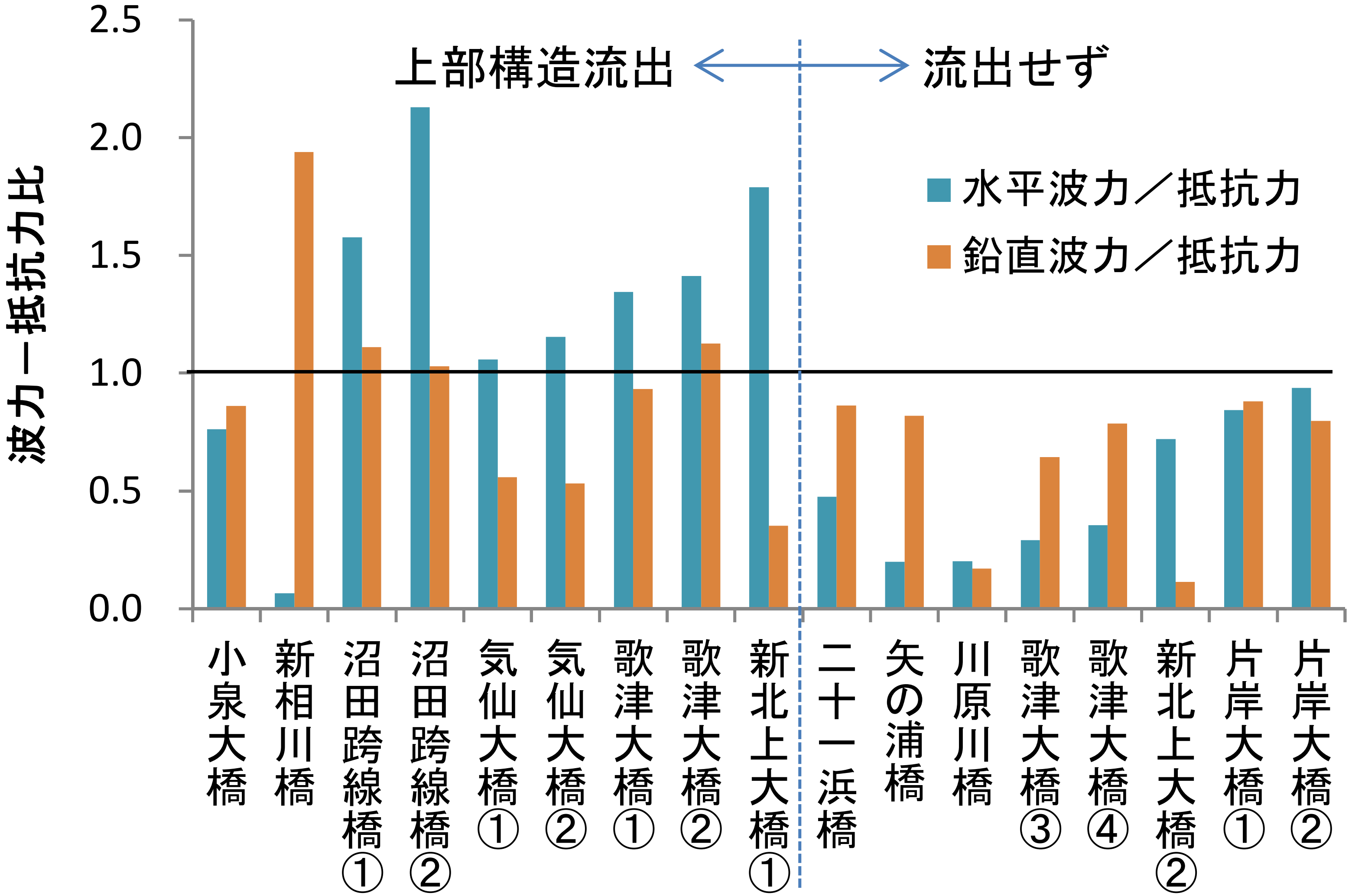
〇対象地点に来襲する津波の推定

津波浸水シミュレーションにより推定可能
（国土交通省「津波浸水想定の設定の手引き」）



2011東北津波

推定された津波特性の検証（昨年の報告会より）



浸水深だけでなく、流速も再現可能であることを検証

動画から得られた漂流物の移動速度とも整合

津波の基本特性の検討

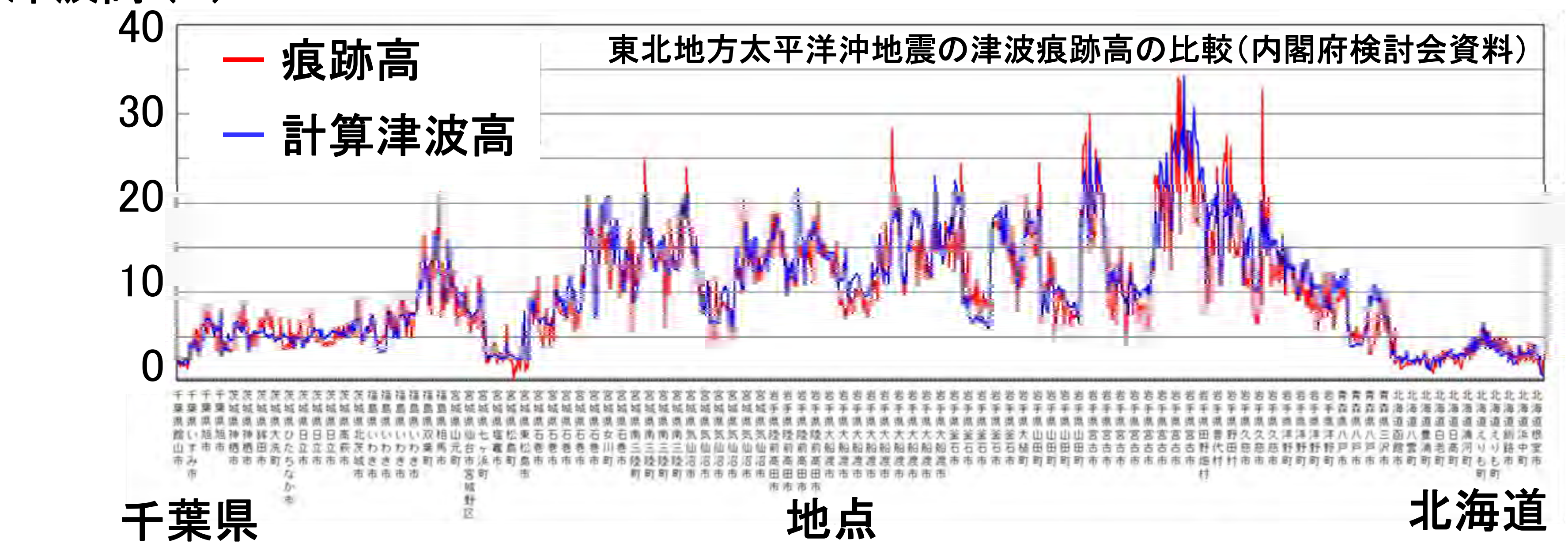
対象地点に来襲する津波は、流速も含め、
津波浸水シミュレーションにより推定可能

一方・・・

〇どういう条件でどの程度大きく／小さくなる現象？

波高・流速はなぜこの大きさなのか？　なぜ他の場所と違うのか？

津波の基本特性の把握



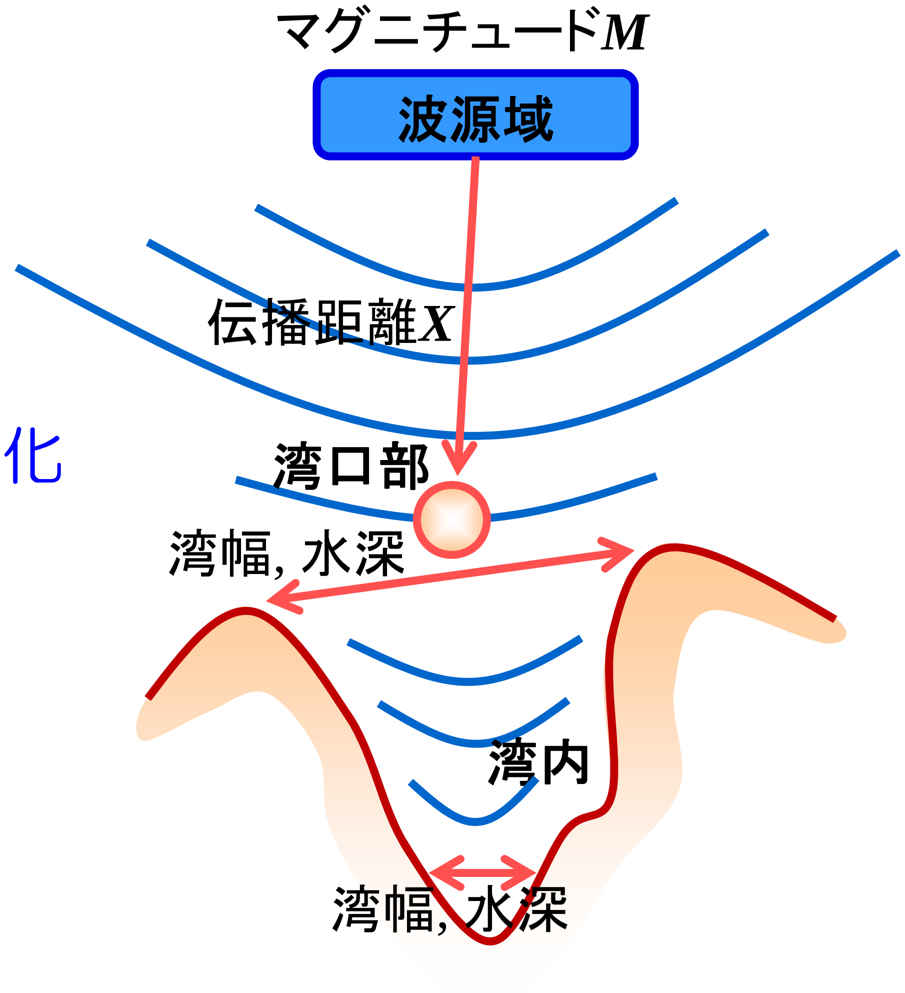
津波の基本特性の検討

津波の波高・流速は、既往の研究や水理公式等で
どこまで表せるか？

1．巨大津波の特性
- 湾口部での波高
- 湾口部での流速

2．湾内での津波特性の変化
- 波高の増大
- 流速の増大

3．まとめと今後の展望



津波高の経験的予測式　(Abe, 1981)

$\log_{10} H_t = M_w - \log_{10} \Delta - 5.55 \ (X > r_0)$

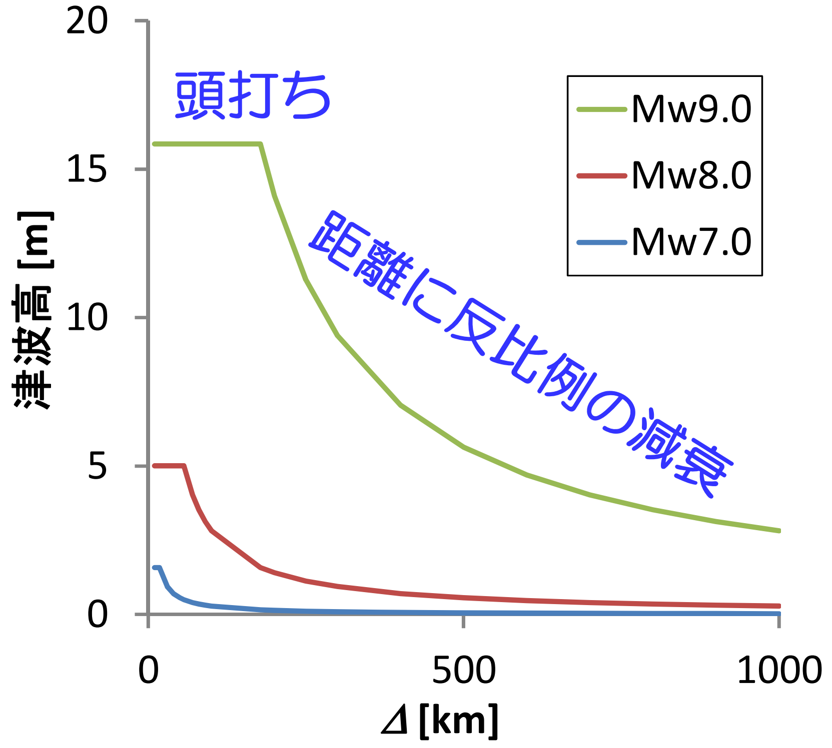
$\Delta \leq r_0$ のとき $\Delta = r_0$ とする

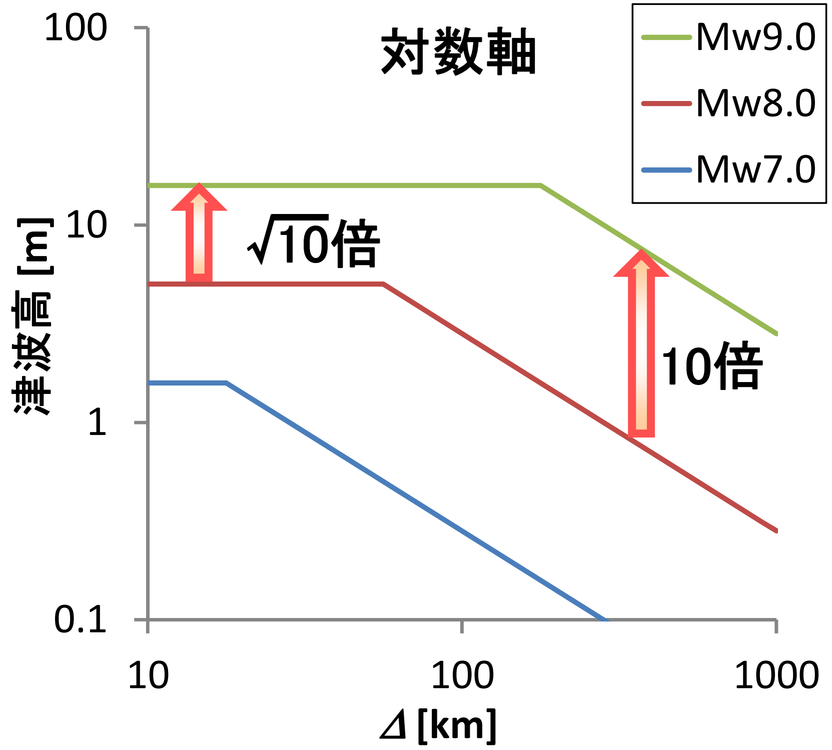
r_0 :津波高が頭打ちになる距離

$\log_{10} r_0 = 0.5M_w - 2.25$

H_t [m]:津波高（検潮儀で観測される最大全振幅）

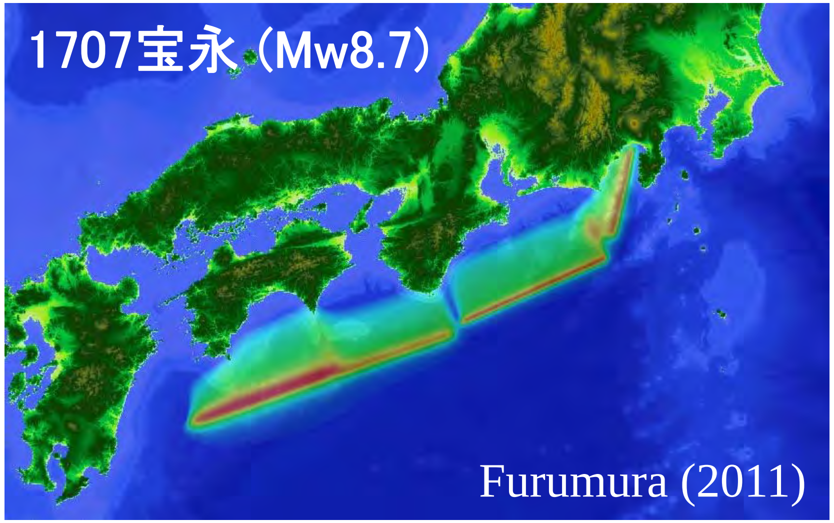
Δ [km]:震央距離（震央からの最短津波伝播距離）

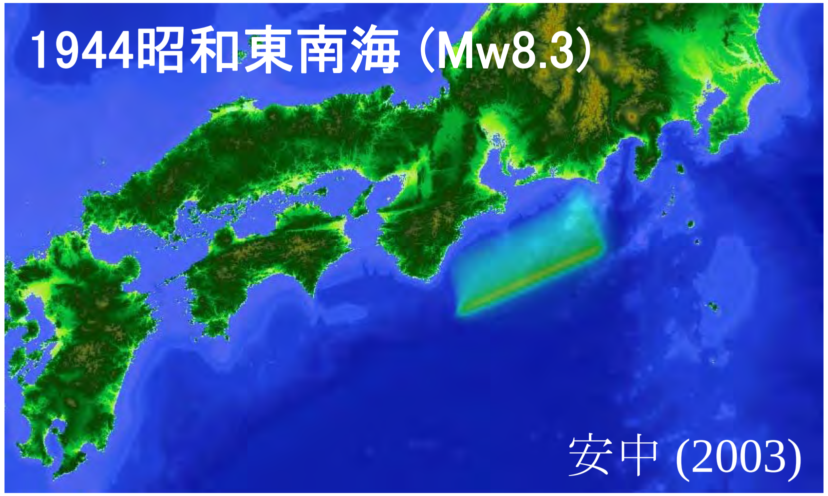


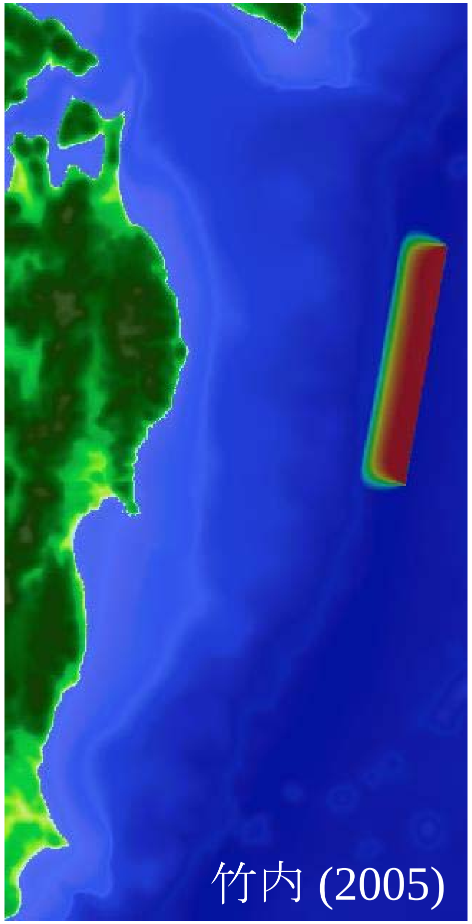


波源～湾口部までの津波（浸水シミュレーション）

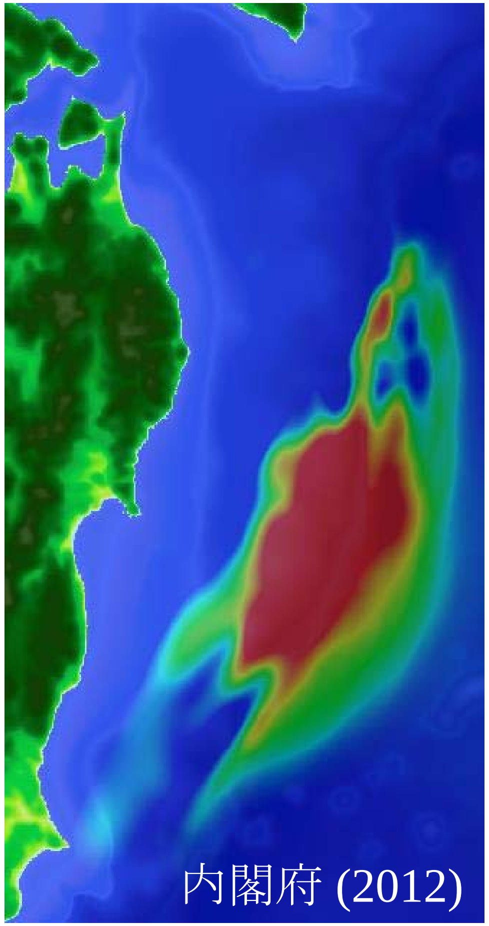
津波の痕跡データから波源モデルを検証







1896明治三陸
（Mw8.4）

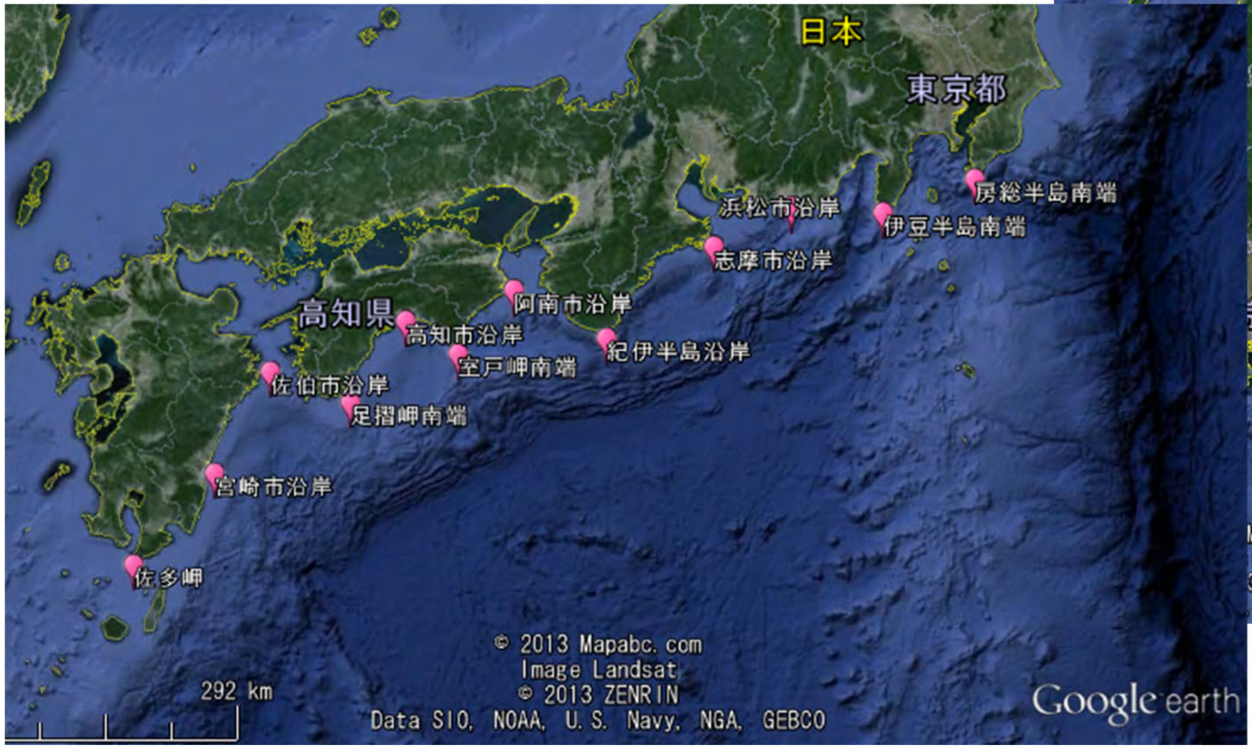


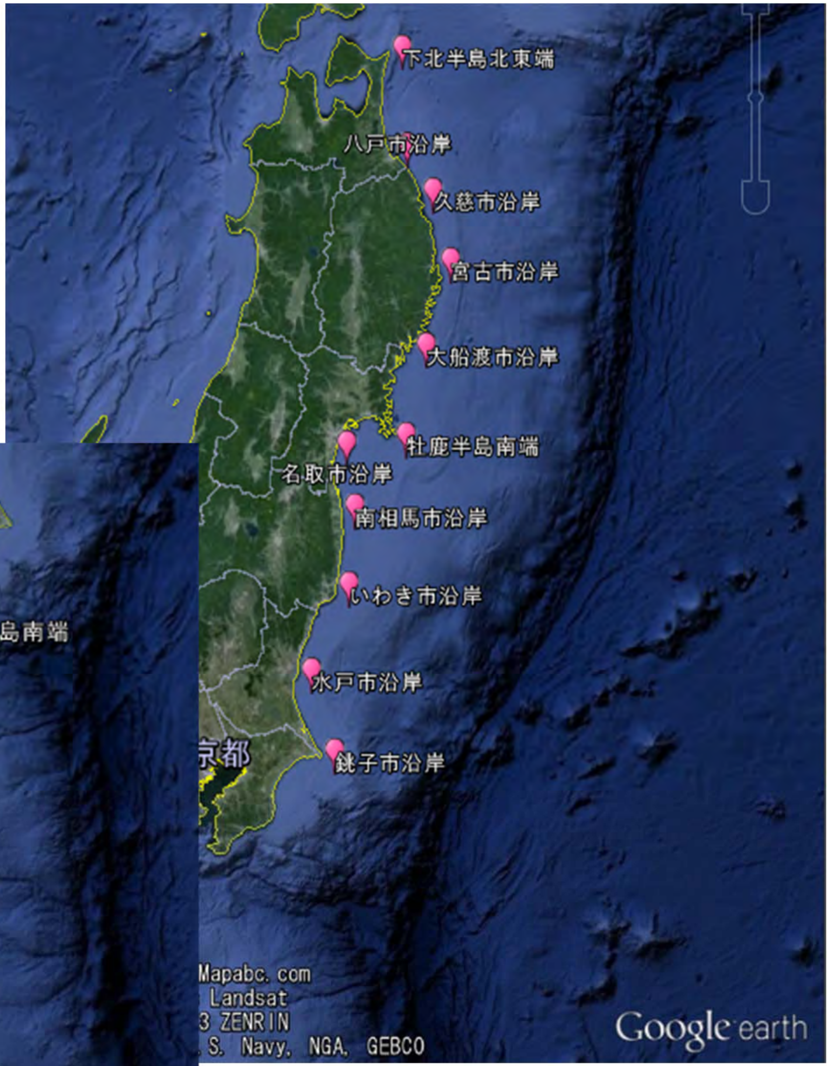
2011東北地方太平洋沖
（Mw9.0）

波源～湾口部までの津波（浸水シミュレーション）

湾口部の津波推定地点の位置

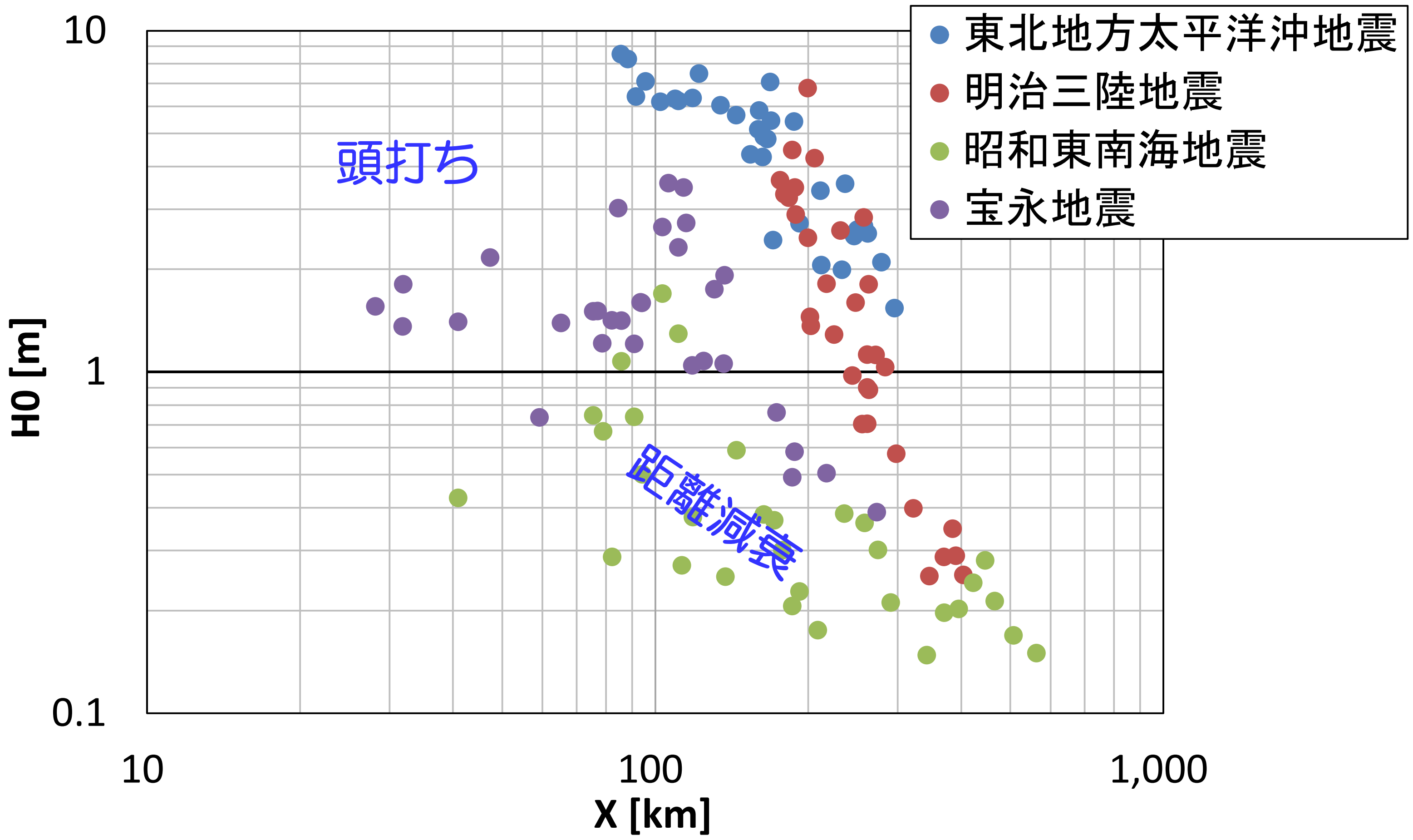
（代表地点）





湾口部での波高の解析結果

湾口部の津波推定地点での波高と
波源域からの距離の関係



湾口部での波高の解析結果と推定式の比較

$\log_{10} H_0 = 1.5M' - \log_{10} X - 9.68$

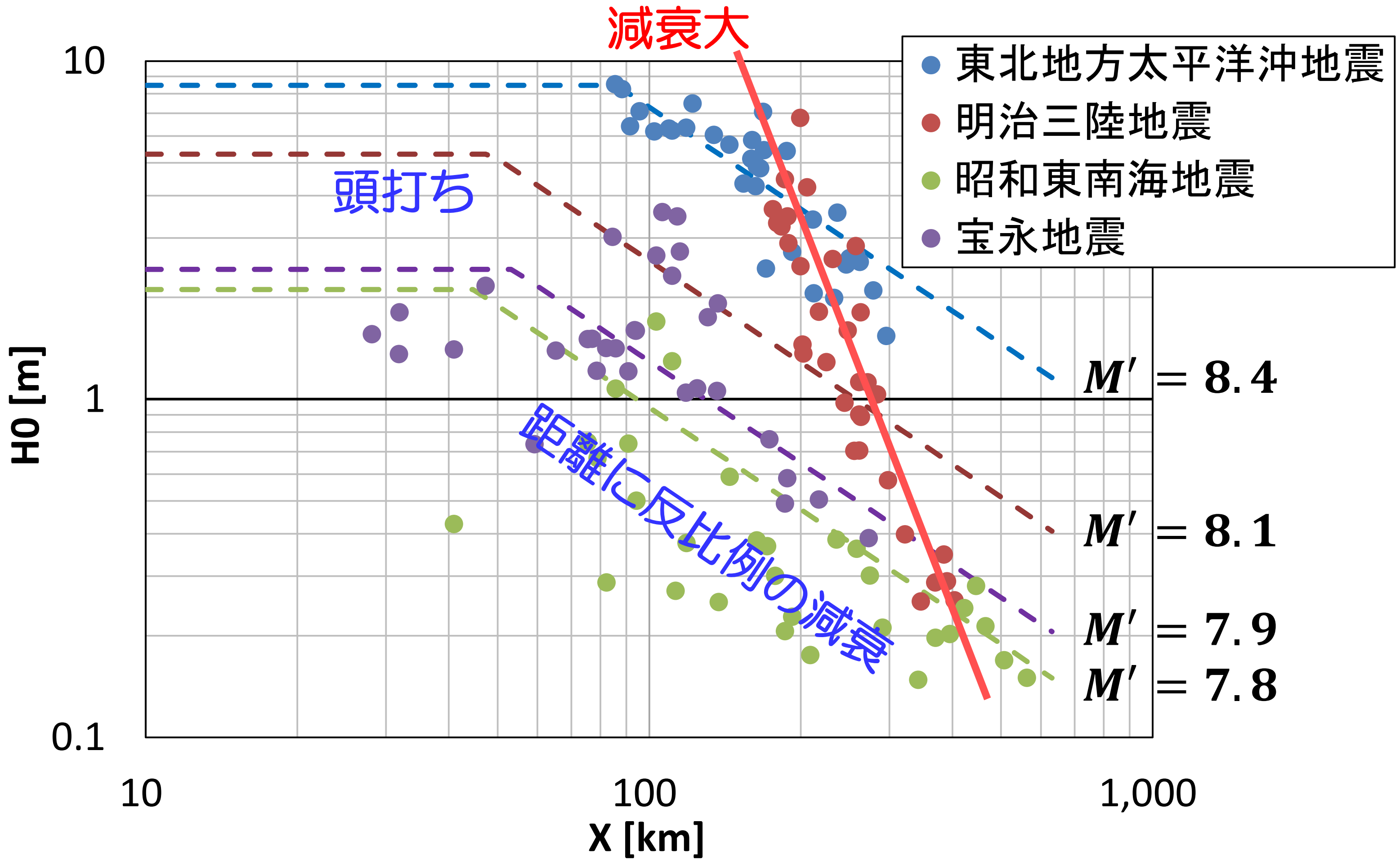
$X \leq r_0$ のとき $X = r_0$ とする

M' :すべりの鉛直成分のみ考慮した地震規模

r_0 :津波高が頭打ちになる距離

$\log_{10} r_0 = 0.5M_w - 2.25$

Abe(1981)



湾口部での流速の解析結果と公式の比較

長波の流速式

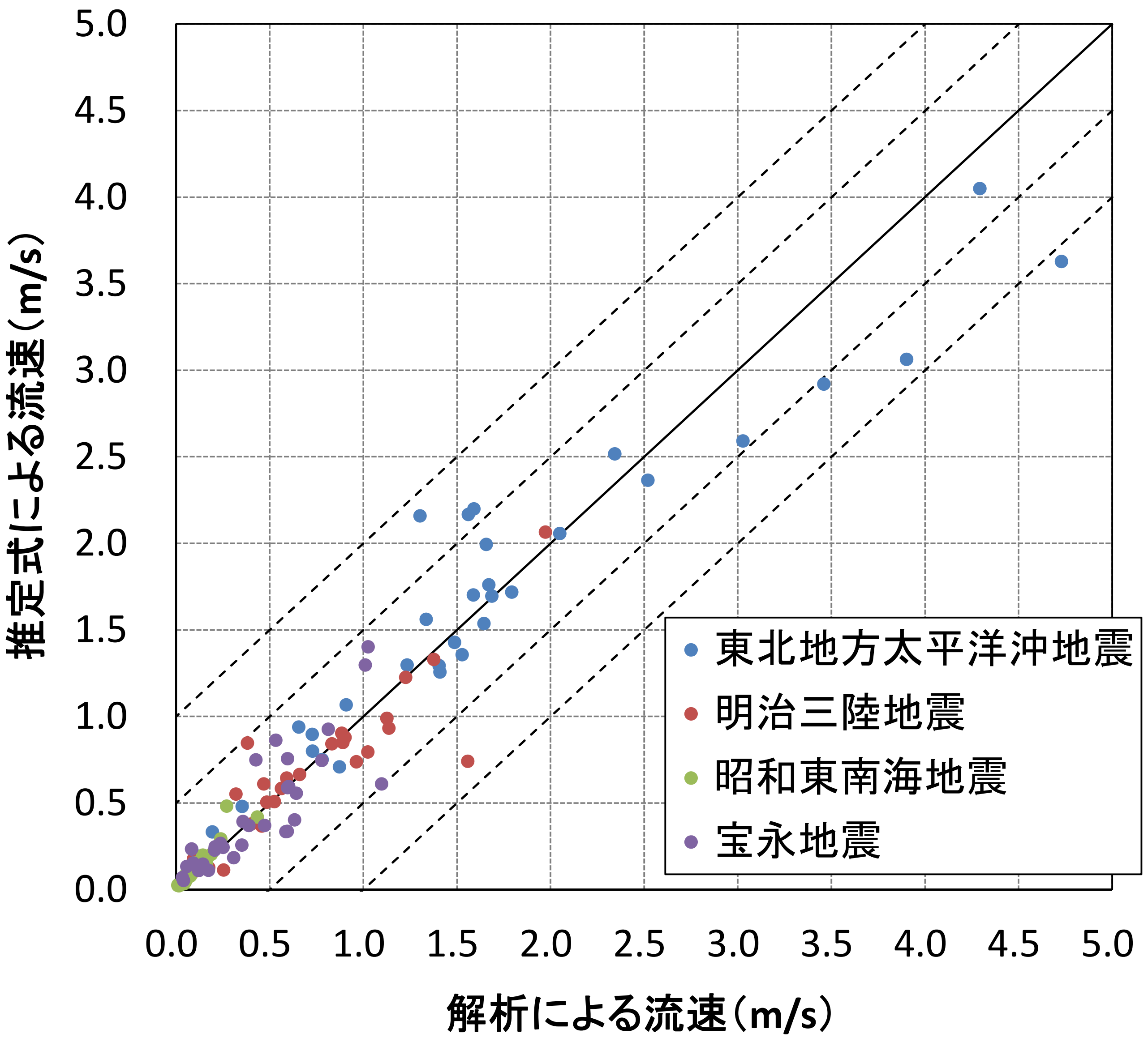
$$U = \eta\sqrt{\frac{g}{h}}$$

との比較

η：波高

g：重力加速度

h：水深



湾内での波高の増大

津波の波高に関するグリーンの式

（気象庁の津波予報でも使用）

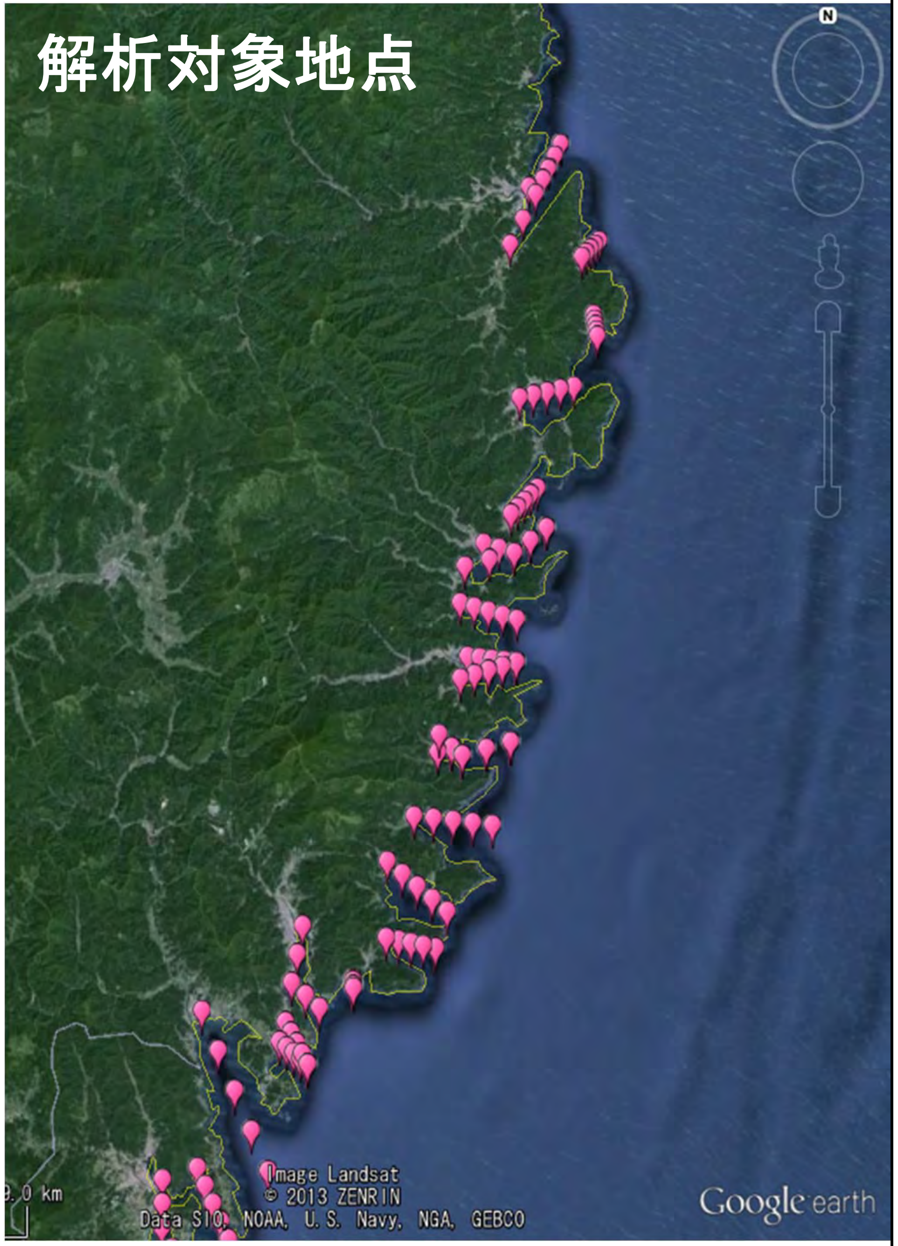
$$\frac{H_0}{H_1} = \left(\frac{B_1}{B_0}\right)^{\frac{1}{2}} \left(\frac{h_1}{h_0}\right)^{\frac{1}{4}}$$

H_0：推定地点の波高　H_1：基準点の波高

B_0：推定地点の湾幅　B_1：基準点の湾幅

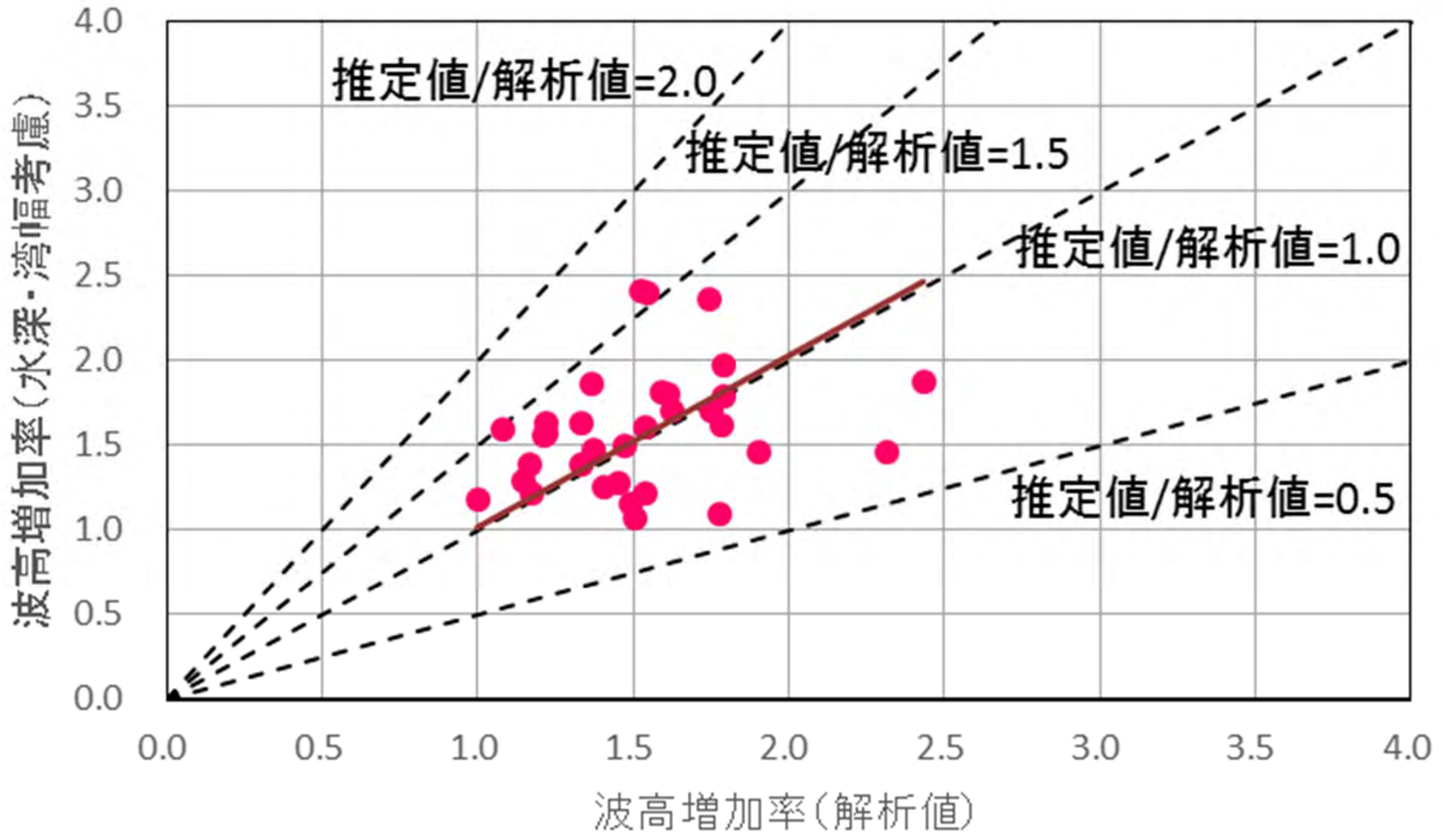
h_0：推定地点の水深　h_1：基準点の水深

湾が狭く、水深が浅くなると波高が増大



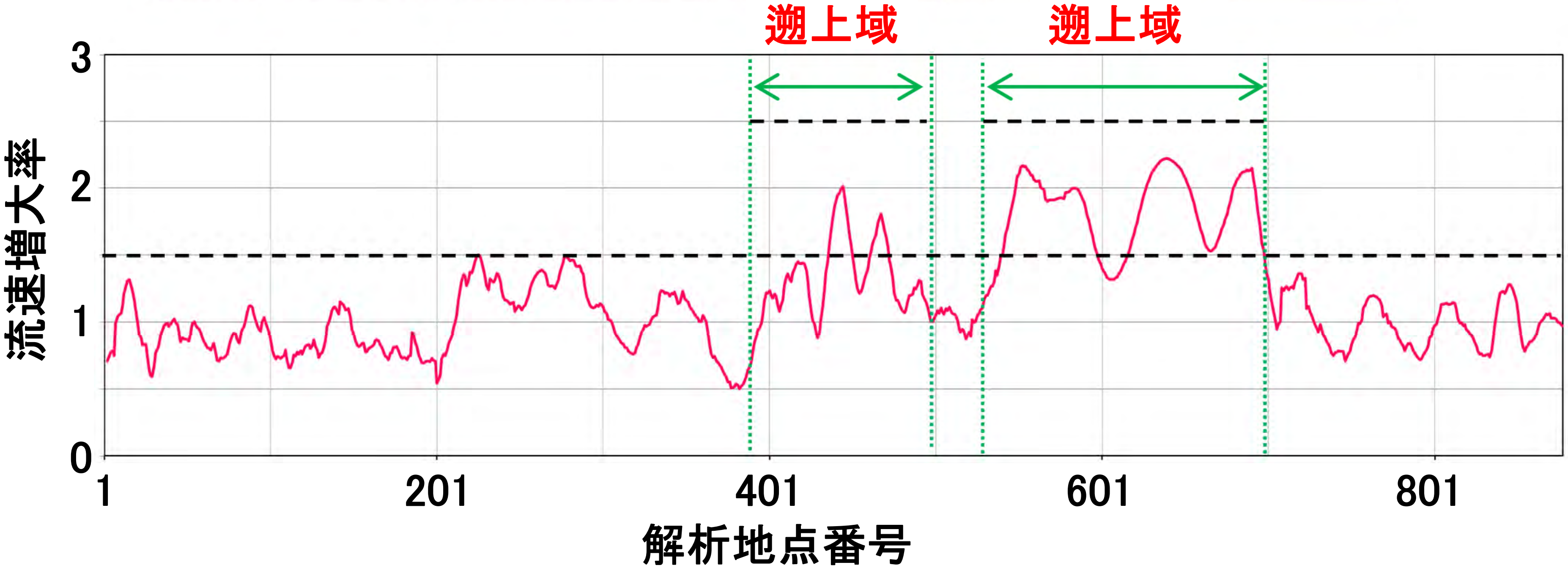
湾内の波高増加率の解析結果と公式の比較

グリーンの式により傾向はつかめるが、ばらつきも大きい



湾内での流速の増大

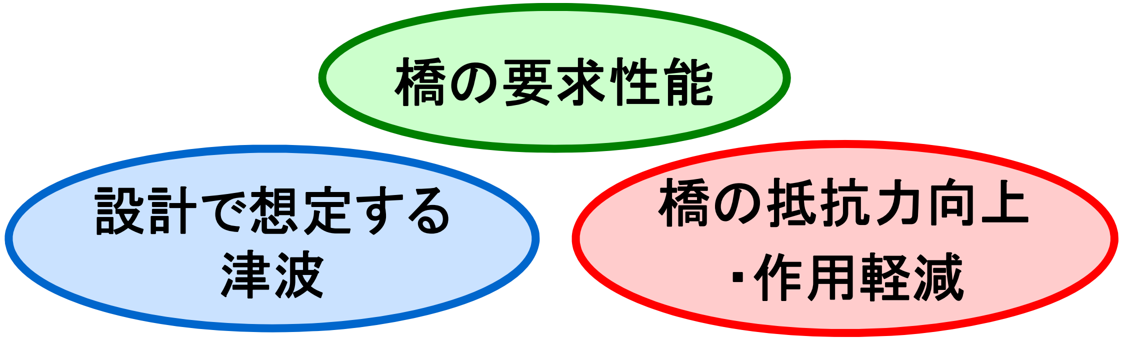
No-0640
No-0770
No-0878
No-0572
流速基準点
遡上域
No-0495
No-0001
No-0355
No-0144
No-0220



遡上域
遡上域
3
2
1
0
流速増大率
1
201
401
601
801
解析地点番号

まとめと今後の展望

- 災害時の道路交通ニーズとそれに応える道路構造物の対津波設計の考え方

- 津波浸水シミュレーションで得られた湾口部での波高・流速、湾内での波高・流速の増加率を水理公式等による推定値と比較　→　津波の基本特性の把握（課題あり）

- 総合的な防災・減災の一環としての対津波設計について今後も検討を進める