

2014年11月13日

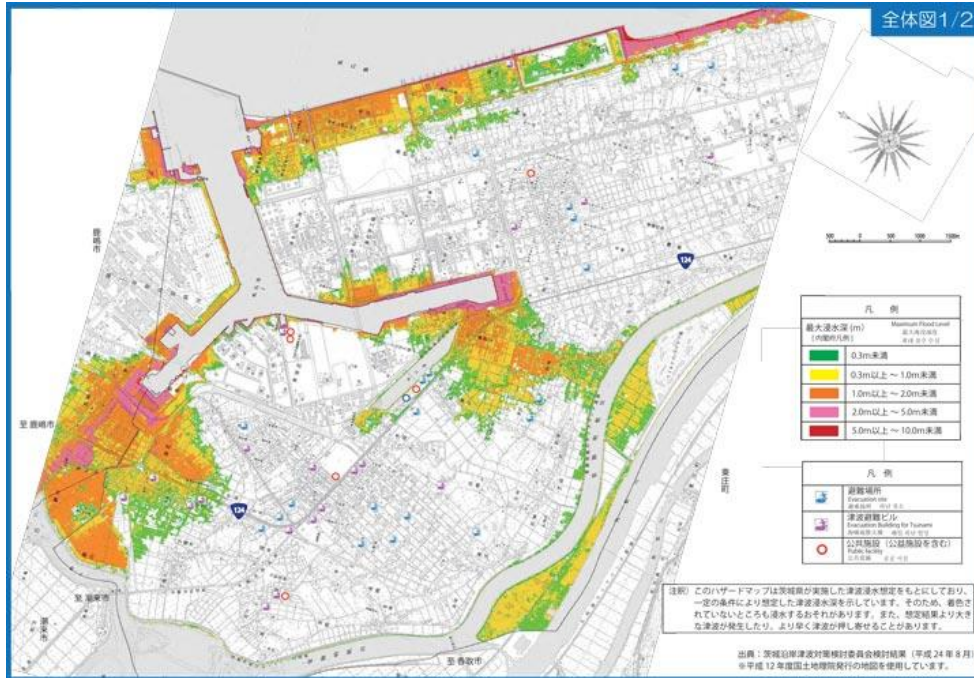
第61回 海岸工学講演会
(2-R4-2)

確率論的津波遡上評価と津波リスクの定量化

○福谷 陽
Suppasri Anawat
安倍 祥
今村 文彦

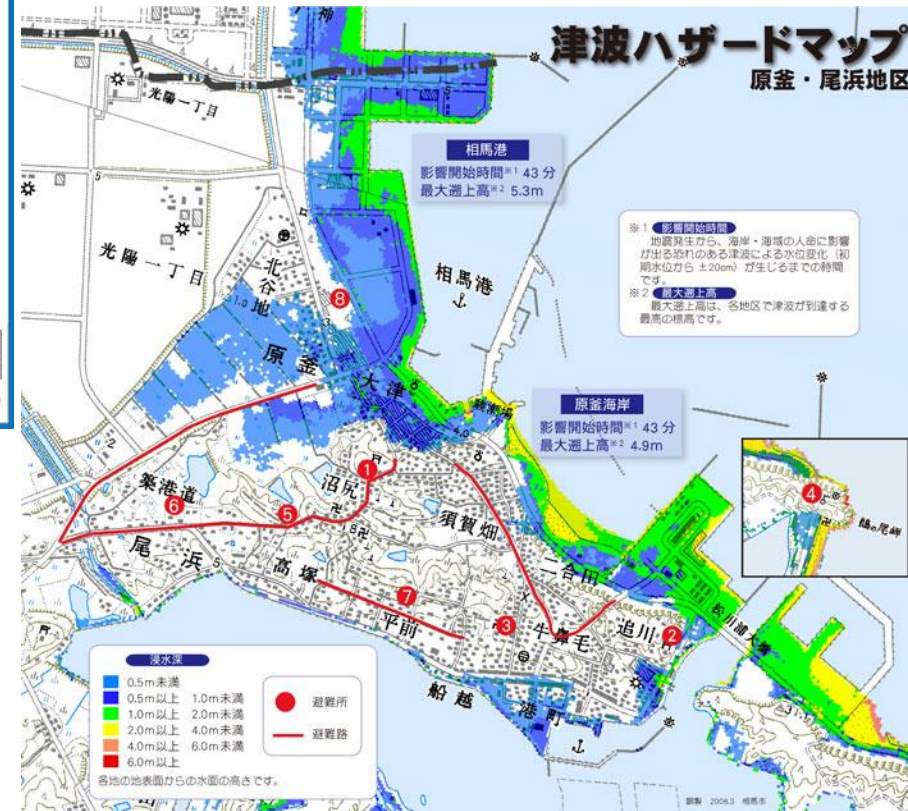
東北大学災害科学国際研究所
地震津波リスク評価（東京海上日動）寄附研究部門

これまでの津波ハザード評価（確定論的評価）



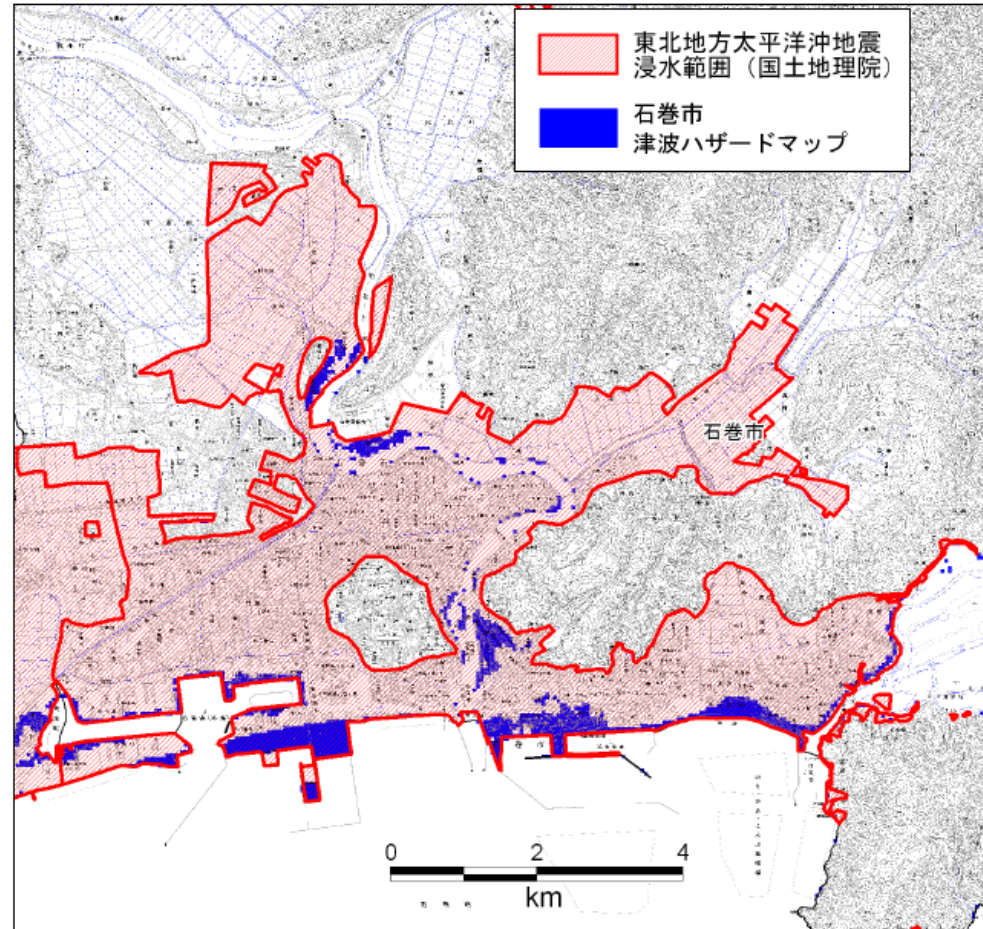
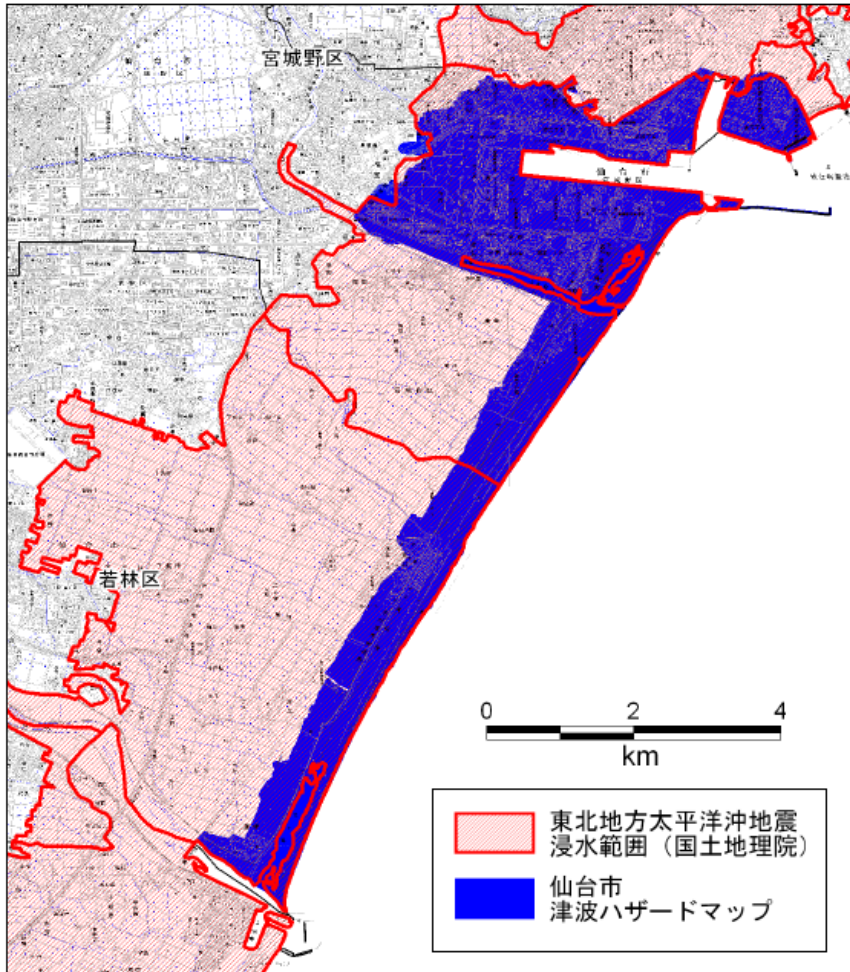
茨城県神栖市

ある地震を想定して作成された
 津波ハザードマップ



福島県相馬市

東北地方太平洋沖地震津波



(出典)・東北地方太平洋沖地震浸水範囲:国土地理院資料より作図
・ハザードマップ:仙台市「仙台市津波ハザードマップ」、石巻市「石巻市津波ハザードマップ」

津波ハザードマップの想定を超える津波が襲来

本研究の背景

◆東北地方太平洋沖地震発生以降、多数の地震シナリオを用いた**確率論的な津波ハザード評価手法**の研究が活発になってきている(平田ら,2014; (独法)原子力安全基盤機構, 2014)。

◆また、一方で、東北地方太平洋沖地震津波の被害データを用いた**建物のフラジリティ(脆弱性)評価**に関する研究も行われてきた(Suppasri ら, 2013など)

◆しかしながら、これら津波ハザード評価やフラジリティ評価に関する研究成果だけでは、実際に我々が生活している**建物の津波に対する危険度(リスク)を具体的に知ることは困難**である。

本研究の目的

Annaka ら(2007) が提案したロジックツリーを用いた確率論的津波ハザード評価の手法を応用し、陸上の地点における津波浸水深を確率論的に評価した後、津波による建物のフラジリティ評価の情報と結合させることで、**特定の地点に立地する特定の建物が保有する津波リスクを定量的に評価**することを目的とした。



研究の流れ

沿岸における確率論的津波波高の算出 (Annaka et al. (2007))



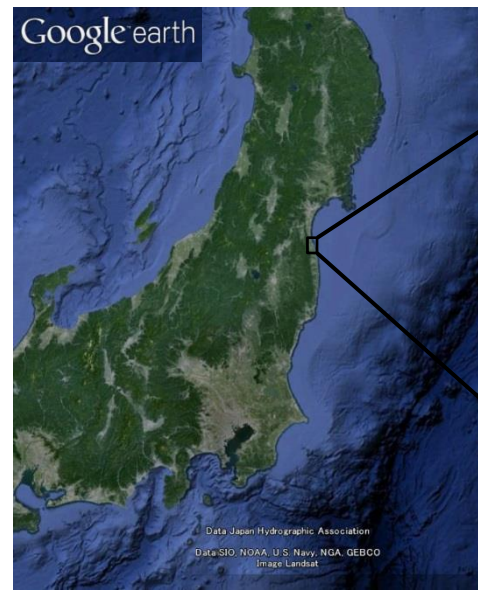
確率論的津波遡上評価



確率論的ハザード情報と脆弱性情報を用いた津波リスクの定量化

対象地域

福島県相馬港





研究の流れ

沿岸における確率論的津波波高の算出 (Annaka et al. (2007))



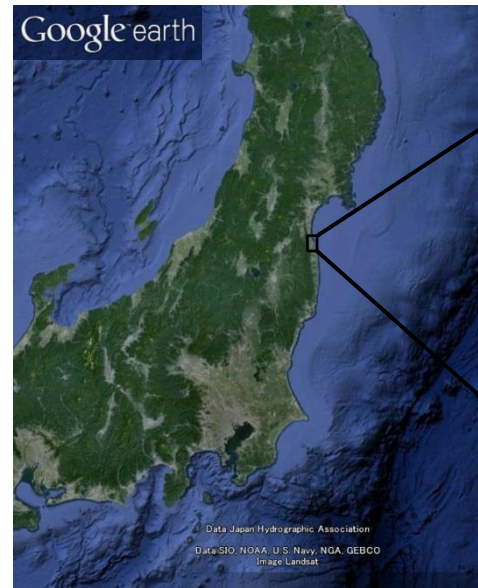
確率論的津波遡上評価



確率論的ハザード情報と脆弱性情報を用いた津波リスクの定量化

対象地域

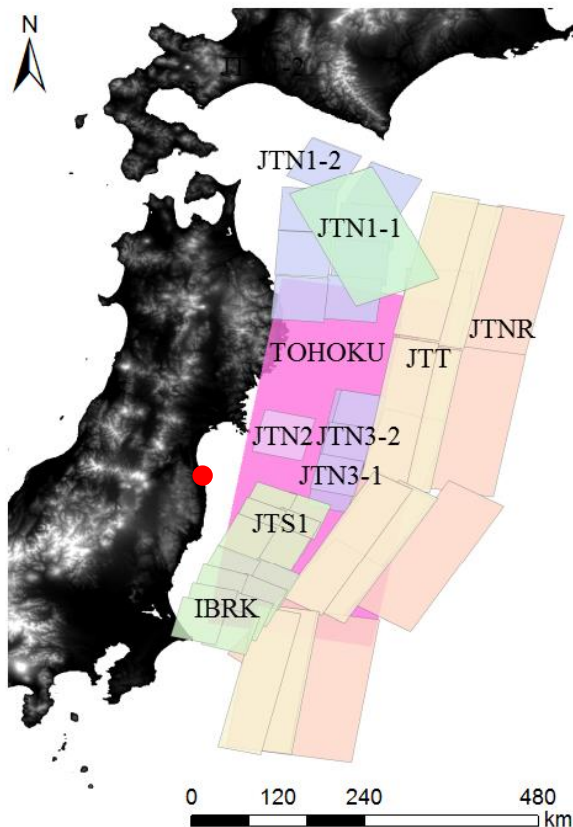
福島県相馬港



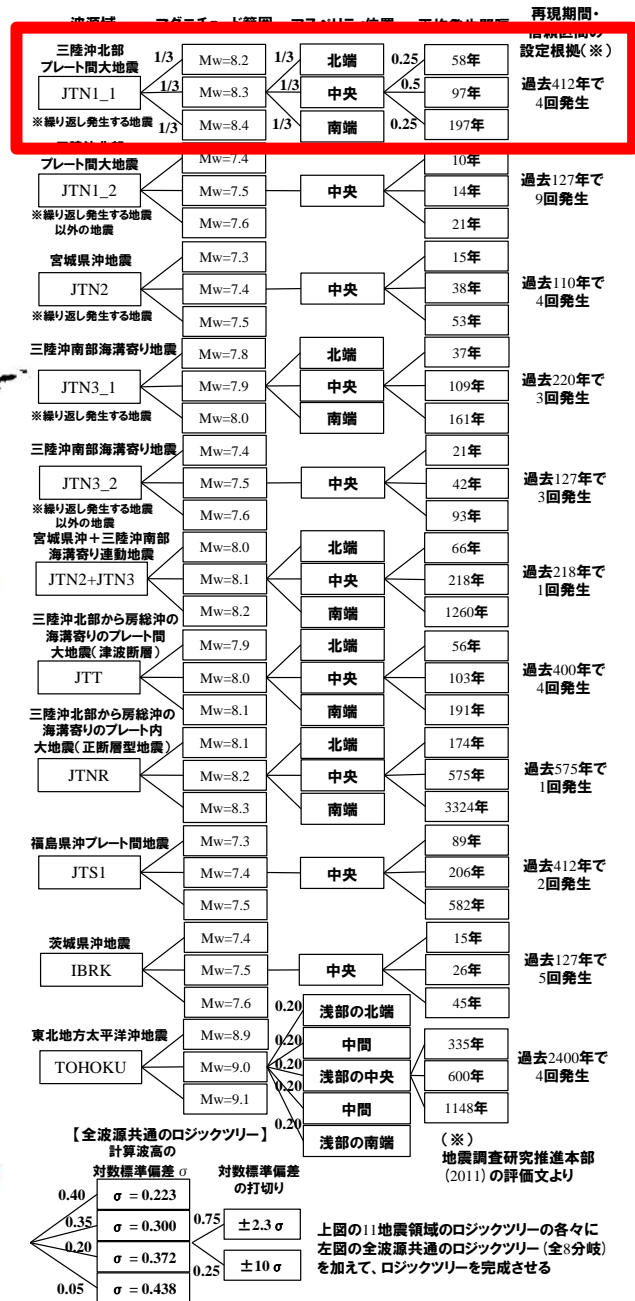
対象地震領域とロジックツリー

- ◆ 日本海溝沿いの11地震領域を選定した
- ◆ 地震領域は、防災科学技術研究所が公表する確率論的地震動予測地図で用いられている海溝型地震領域の一部を利用した

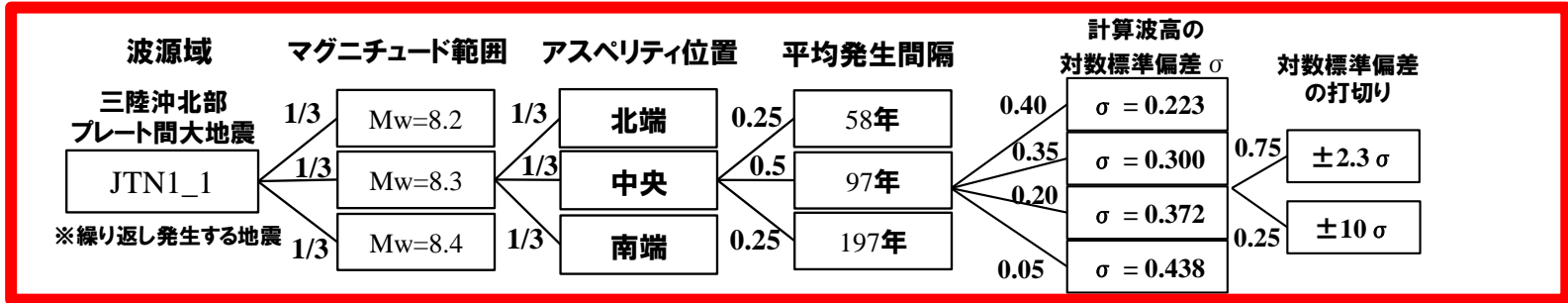
- ◆ 地震領域毎にロジックツリーを構築した
- ◆ ロジックツリーの分岐は全部で1800分岐



対象とした地震領域(上図)とロジックツリー(右図)



ロジックツリーの分岐の詳細



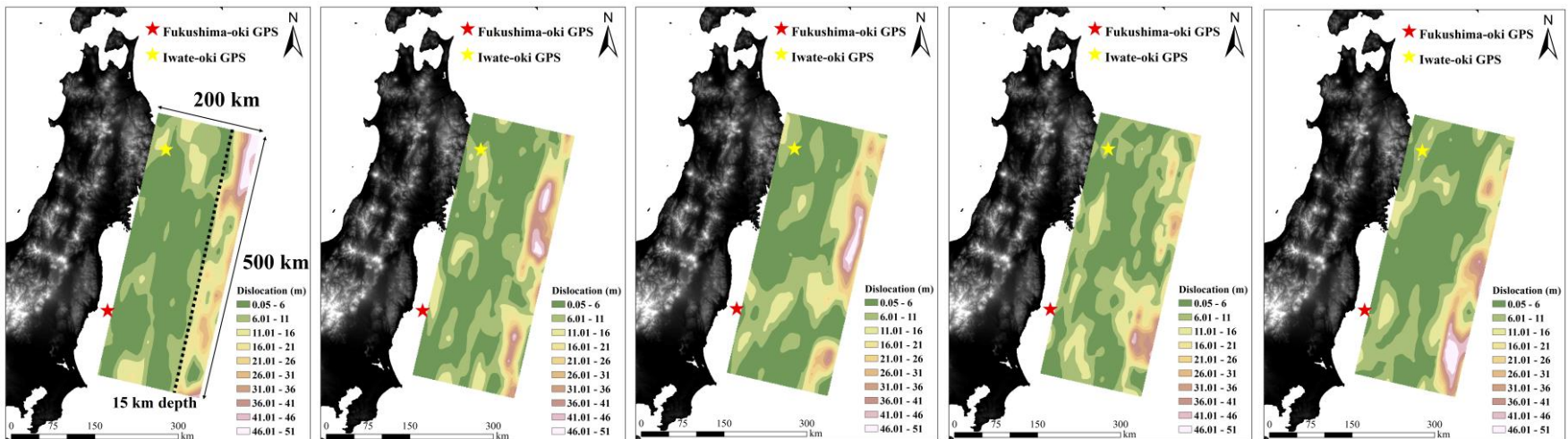
◆モーメントマグニチュード(Mw)

—地震動の長期評価で決定されたモーメントマグニチュード $\pm 0.1Mw$

◆アスペリティ位置

—断層の長さが150 km 以上の場合に、断層中心と断層の両端付近にアスペリティが位置する3通りの分岐を設定

—東北地方太平洋型地震領域については、間にアスペリティが位置するケースを加えて、5通りの分岐を設定



津波数値計算手法と計算領域

◆各ロジックツリーの分岐の条件から、断層パラメータを生成し、津波数値計算を行った。

【断層パラメータ】(9つ)

緯度、経度、長さ、幅、傾斜角、すべり角、すべり量、深さ、走行

方程式系	2次元非線形長波方程式 (東北大学TUNAMI model)
座標系	緯度経度座標系
数値積分法	Staggered leap-frog 差分法
メッシュサイズ	15秒(約450m)
時間刻み	1.2秒
地盤変位量計算	Okada(1985)式

津波数値計算の条件



津波数値計算の領域

沿岸における確率論的津波波高の算出

◆各地点の津波計算結果の最大値に対数標準偏差(ばらつき)を適用して、超過確率分布を描くことで、津波ハザードカーブを得る。(土木学会(2007))

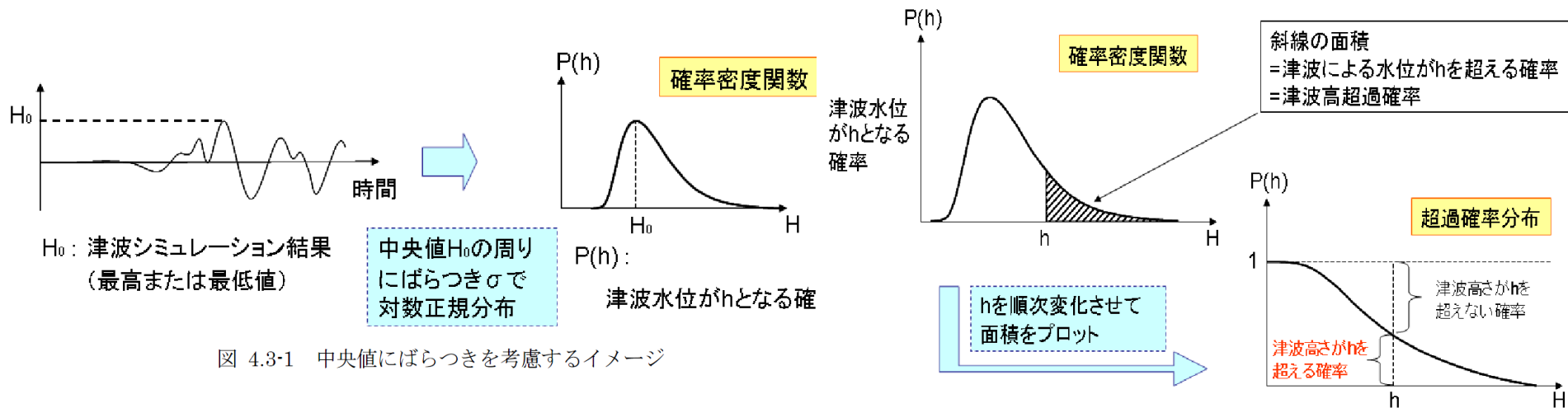


図 4.3-1 中央値にばらつきを考慮するイメージ

図 4.3-2 超過確率分布の概念

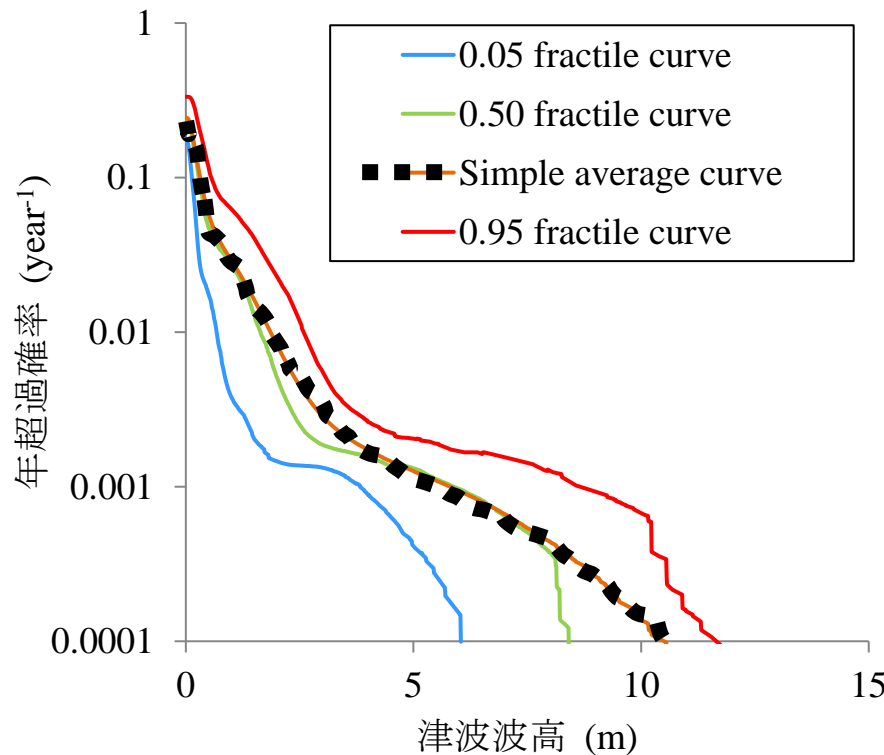
(土木学会(2007)より引用)

沿岸における確率論的津波波高の算出

- ◆1800本のロジックツリーから得られるハザードカーブを統計処理して、それぞれ、5%fractile点・50%fractile点・95%fractile点を繋いだ曲線、および、平均曲線を描いた
- ◆ハザードカーブを利用することで、ある地点において、ある再現期間で発生する津波を起こす地震領域を特定することが出来る。

表-1 再現期間上位 20 番目までの沿岸波高と断層領域
 (平均的な津波ハザードカーブの結果)

順位	波源域略称	モーメント マグニチュード	アスペリティ 箇所	沿岸波高 (m) (水深10m地点)	ハザードカーブ から算出した 再現期間(年)
1	TOHOKU	9.1	中央	8.582	3076
2	TOHOKU	9.1	中央と南端の間	7.840	2149
3	TOHOKU	9.1	南端	7.838	2142
4	TOHOKU	9.0	中央	7.103	1566
5	TOHOKU	9.1	中央と北端の間	6.779	1379
6	TOHOKU	9.0	南端	6.581	1291
7	TOHOKU	9.1	北端	6.509	1255
8	TOHOKU	9.0	中央と南端の間	6.482	1247
9	TOHOKU	9.0	中央と北端の間	5.492	913
10	TOHOKU	8.9	中央	5.435	898
11	TOHOKU	9.0	北端	5.418	893
12	TOHOKU	8.9	南端	5.281	861
13	TOHOKU	8.9	中央と南端の間	4.929	775
14	TOHOKU	8.9	中央と北端の間	4.395	663
15	TOHOKU	8.9	北端	4.084	596
16	JTNR	8.4	北端	2.497	220
17	JTNR	8.4	中央	2.467	213
18	JTNR	8.4	南端	2.368	191
19	JTN2 JTN3	8.2	中央	2.290	175
20	JTN2 JTN3	8.2	南端	2.263	169



相馬港沖合(水深10m地点)の津波ハザードカーブ

数値計算結果

ハザードカーブから読み取った再現期間



研究の流れ

沿岸における確率論的津波波高の算出 (Annaka et al. (2007))



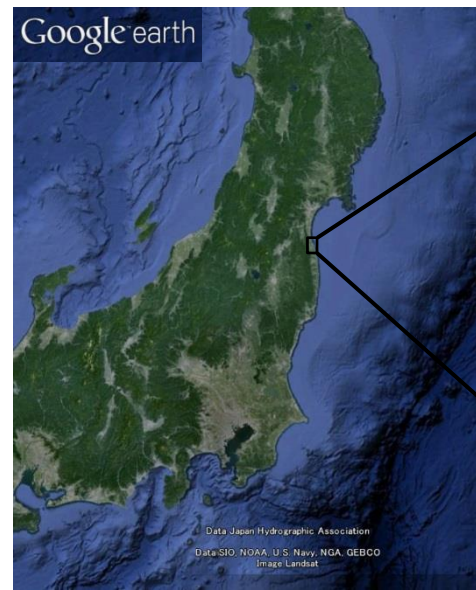
確率論的津波遡上評価



確率論的ハザード情報と脆弱性情報を用いた津波リスクの定量化

対象地域

福島県相馬港

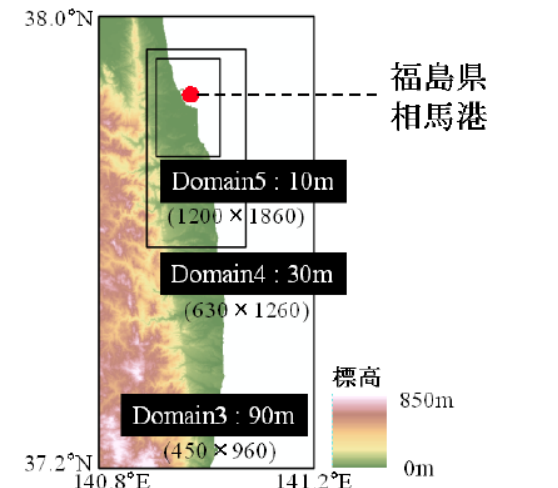
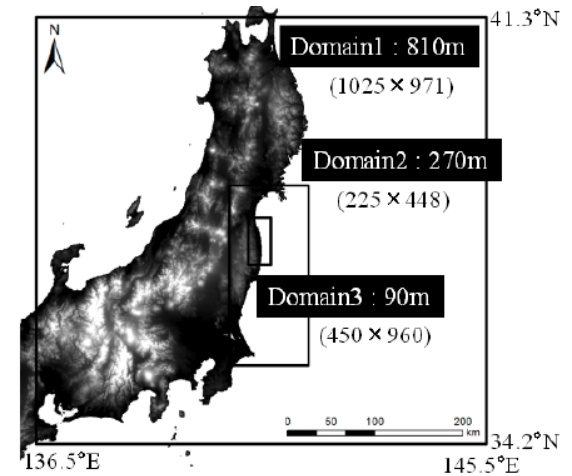


津波遡上計算手法と計算領域

◆各地震領域の断層パラメータを用いて、再度、津波数値計算を行い、遡上領域まで計算する

方程式系	2次元非線形長波方程式 (東北大学TUNAMI model)
座標系	日本平面直角座標系第IX系
数値積分法	Staggered leap-frog 差分法
メッシュサイズ	810m, 270m, 90m, 30m, 10mと5段階ネスティング
時間刻み	1.2秒→0.9秒→0.6秒→0.3秒 →0.1秒
地盤変位量計算	Okada(1985)式

津波数値計算の条件

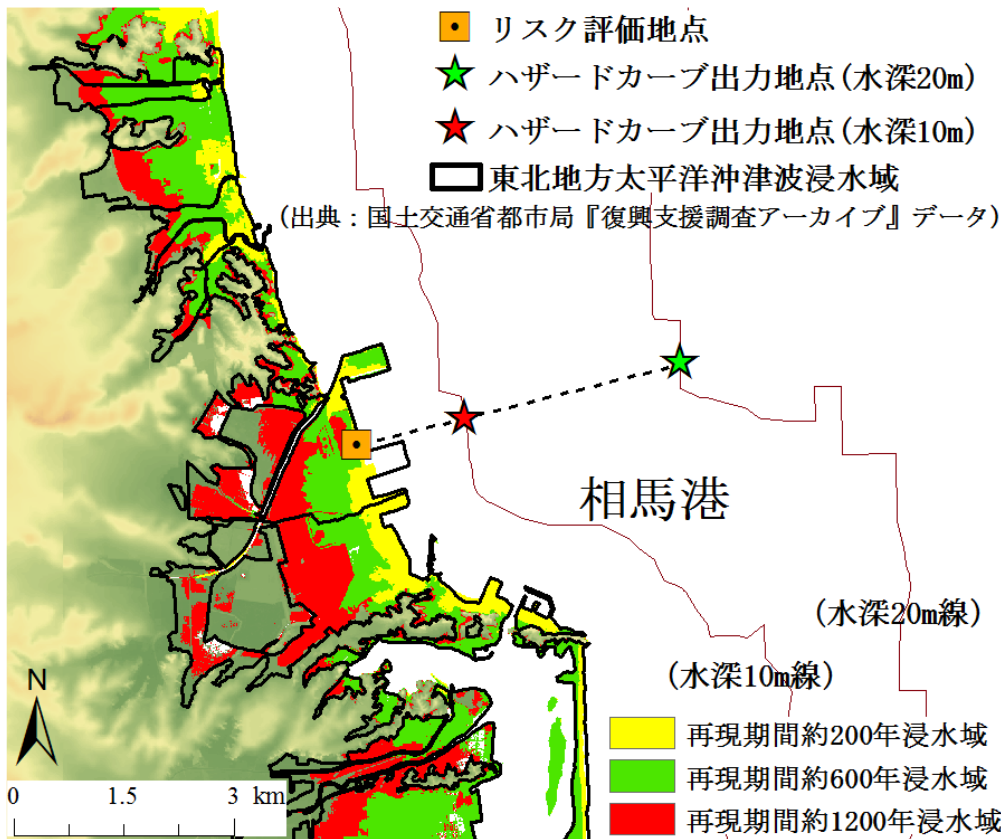


()内は (東西方向のメッシュ数×南北方向のメッシュ数) を表す

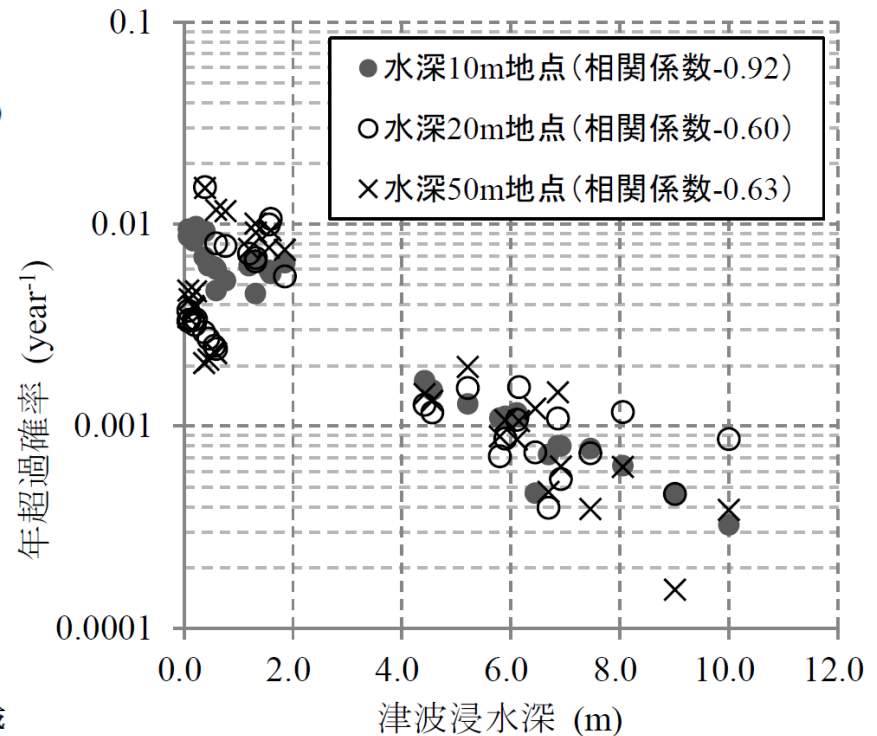
津波数値計算の領域

確率論的津波遡上評価

◆津波ハザードカーブによって、ある再現期間で発生する津波を起こす地震領域が特定出来ているので、その地震領域の断層パラメータを用いて計算した浸水域は、その再現期間の浸水域であると推定することができる。



確率論的津波ハザードマップ



リスク評価地点における浸水ハザード情報



研究の流れ

沿岸における確率論的津波波高の算出 (Annaka et al. (2007))



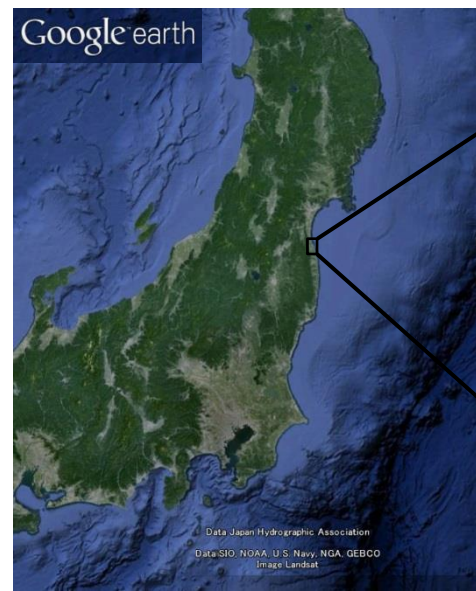
確率論的津波遡上評価



確率論的ハザード情報と脆弱性情報を用いた津波リスクの定量化

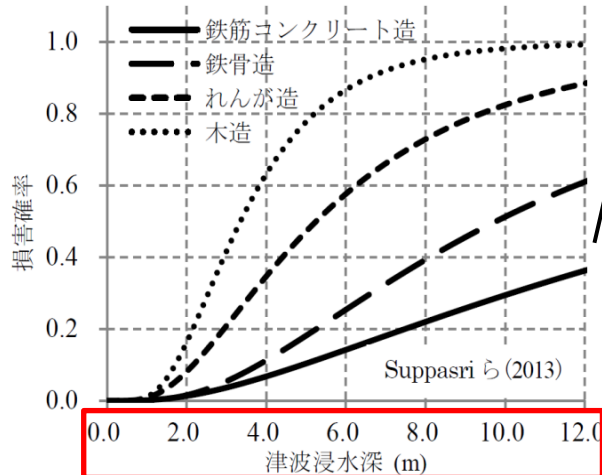
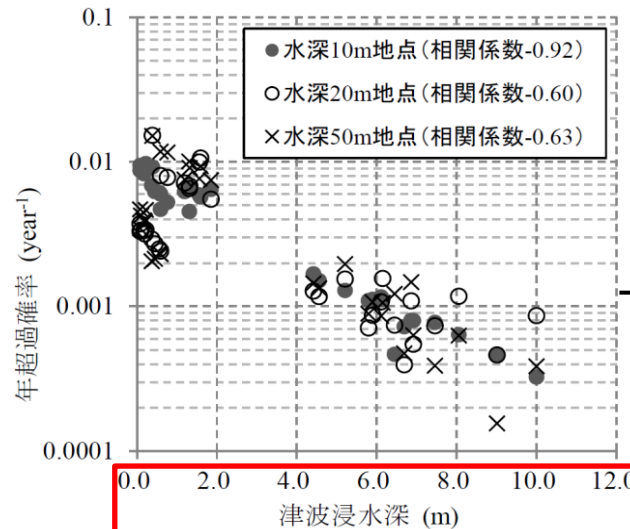
対象地域

福島県相馬港

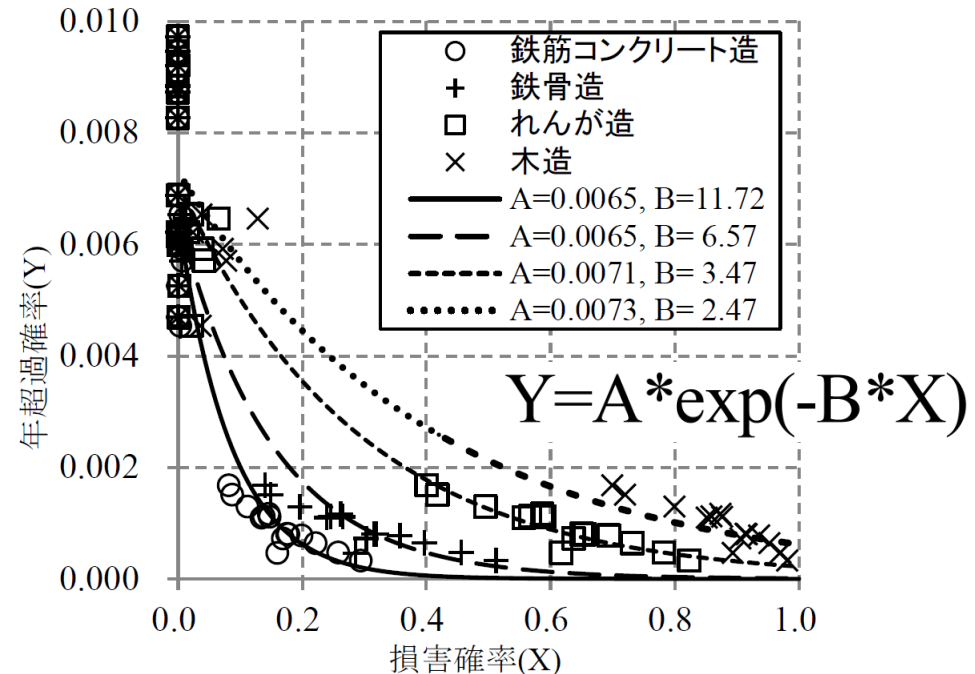


ハザード情報と脆弱性情報を用いた津波リスクの定量化

◆ 浸水ハザード情報と建物の脆弱性情報を用いることで、損害確率と再現期間で表されるリスクカーブを得ることができる。



建物構造別の脆弱性カーブ



一般的に「リスク」は「影響度・損失度」とその「発生頻度」の積
リスクカーブの下方の面積が津波リスクの期待値と言える

	鉄筋コンクリート造	鉄骨造	れんが造	木造
A	0.0065	0.0065	0.0071	0.0073
B	11.72	6.57	3.47	2.47
決定係数 R ²	0.94	0.94	0.96	0.94
積分結果	5.2×10^{-4}	9.6×10^{-4}	2.0×10^{-3}	2.7×10^{-3}

津波リスクの定量化(積分値)

結論

- ◆本研究では、ロジックツリーを用いた確率論的津波ハザード評価手法を応用して確率論的に津波遡上浸水深を評価し、脆弱性カーブの情報と結合させてリスクカーブを導出することで、津波リスクを定量化する手法を提案した。
- ◆津波リスクは、津波ハザード評価の情報や津波脆弱性評価の情報を個々に捉えていたのでは理解出来ず、これらの情報を組み合わせて考えることで初めて理解出来る。
- ◆今回提案した手法は、国内外を問わず別地域にも応用が可能であり、津波ハザードの大きさが相違する別地点に立地する建物が保有する津波リスクを定量的に評価して、今回の結果などと比較・検討することが可能である。
- ◆本研究で提案した津波リスクの定量化手法は、防災、土木・建築、不動産、保険等の分野における意志決定時の指標として、有効に活用されることが期待できる。