

江戸後期から現代日本における木造家屋の津波被害関数とその特徴に関する考察

今井健太郎 (海洋研究開発機構) ・ 行谷佑一 (産業総合技術研究所)
甲斐芳郎 (高知工科大学)

1. はじめに：これまでの歴史時代の津波痕跡高推定法



これまでの歴史津波研究における津波高は、
→史料に明白な浸水「点」の記載があることが前提



和歌山県串本町有田浦の津波高

宝永地震
“正覚寺屋敷一杯まで”
安政南海地震
“正覚寺等ハ残り其外皆流れ出しといふ…”
“正覚寺の石ダン三ツ四ツ残る (W18)”
“潮はお宮まで (W20)”
昭和南海地震
“階段2段目まで”
#宝永と安政南海は「有田浦庄屋地震津浪の記」

1. はじめに：浸水「点」以外の記載例



谷陵記 (宝永地震)

土佐藩で奥宮正明が藩の公的調査に基づいて記した、土佐国沿岸の合計211個所の被害の記録。

記載例

伊尾木 潮は山まで、家少し残る。
手結 亡所、潮は山まで。
下夜須 半亡所、潮は大宮 (夜須大宮八幡) の庭まで。
岸本 亡所、潮は山まで。
王子 潮は田丁まで、家は山上ゆえ無事。
赤岡 潮は田丁まで、流家は少なし。

歴史時代の家屋流失被害と津波高 (浸水深) を結びつける指標があれば、

“正覚寺等ハ残り 其外皆流れ出しといふ…”, “亡所”, “半亡所”

の記載から、津波高の下限を知ることができる可能性がある。

1. 既往研究：建物被害と津波高 (浸水深) の関係



津波高と被害との関係 (首藤, 1992)

津波強度	0	1	2	3	4	5
津波高 (m)	1	2	4	8	16	32
木造家屋被害	部分的破壊		全面破壊			
石造家屋被害	持ちこたえる		資料なし	全面破壊		
鉄筋コンクリートビルの被害	持ちこたえる		資料なし		全面破壊	
漁船被害			被害発生	被害率50%	被害率100%	

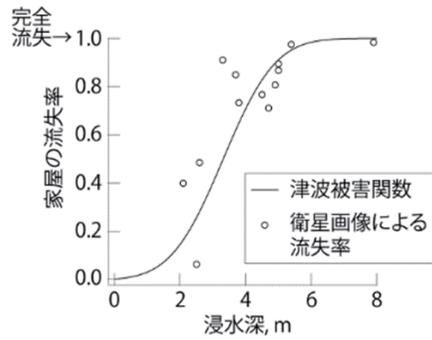
津波高とによる建物破壊基準 (飯塚・松富, 2000)

家屋の種類	中破			大破		
	浸水深 (m)	流速 (m/s)	抗力 (kN/m)	浸水深 (m)	流速 (m/s)	抗力 (kN/m)
鉄筋コンクリート造	-	-	-	7.0以上	9.1以上	332-603以上
コンクリート・ブロック造	3.0	6.0	60.7-111	7.0	9.1	332-603
木造	1.5	4.2	15.6-27.4	2.0	4.9	27.4-49.0
被害程度	柱は残存、壁の一部が破壊			壁と柱のかかなりの部分が破壊されるか流失		

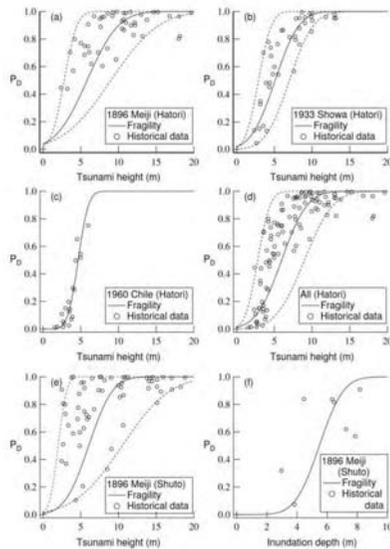
1. 既往研究：建物被害と津波高（浸水深）の関係



津波被害関数（越村・行谷・柳澤，2009）



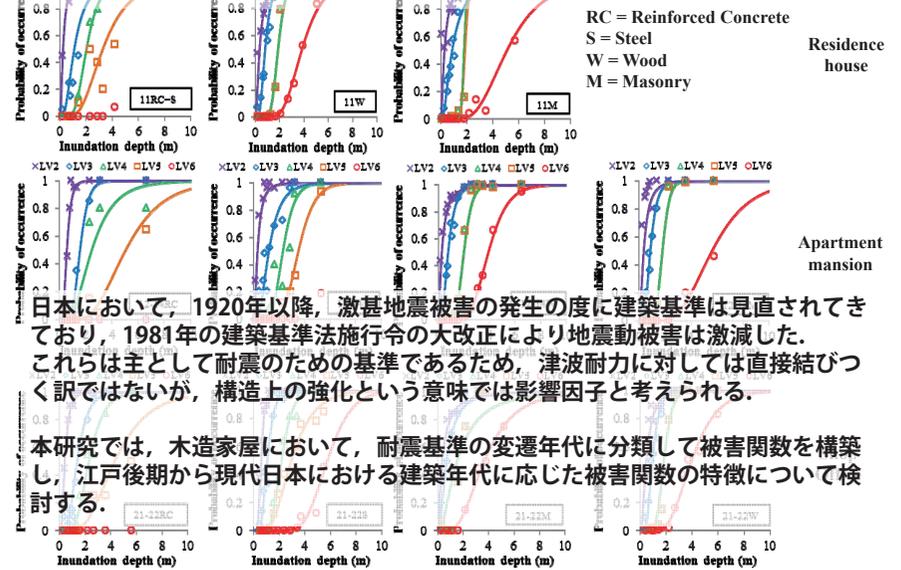
建物強度が不明な江戸時代での津波を対象とするのであれば、津波高（浸水深）と被害（流出）の関係を構築する方が、利便性が高そう。



1. 建物被害と津波高（浸水深）の関係



2011年東北津波の津波被害関数（例えばAnawat et al., 2013）



2. 江戸後期の建物被害と津波高（浸水深）の関係



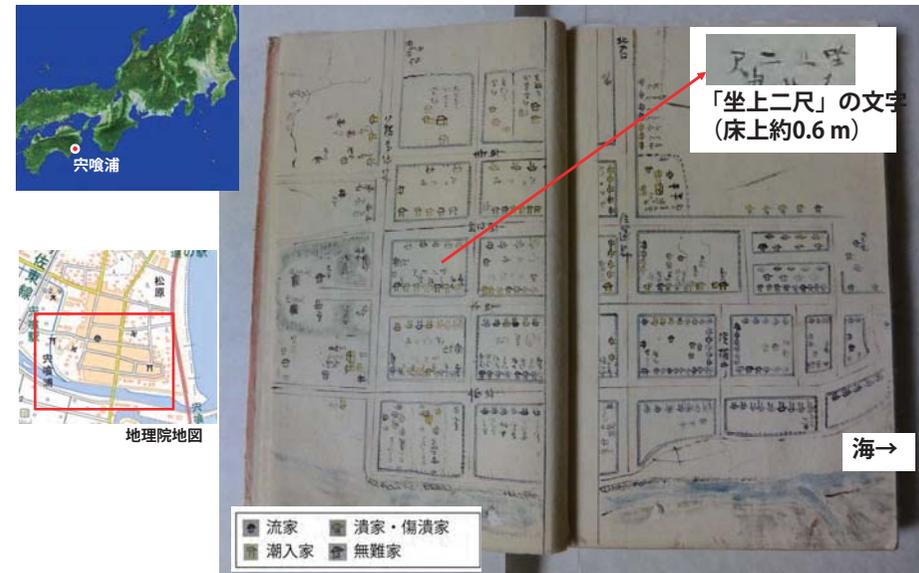
絵図の利用（穴喰浦荒図面『震潮記』田井家所蔵）



2. 江戸後期の建物被害と津波高（浸水深）の関係



絵図の利用（穴喰浦荒図面『震潮記』田井家所蔵）

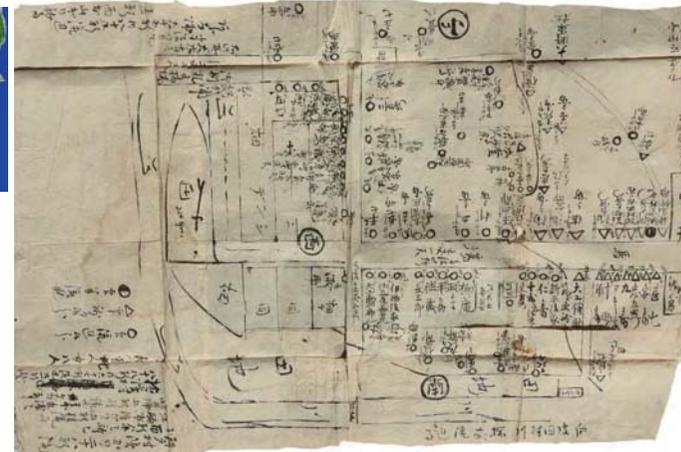


2. 江戸後期の建物被害と津波高（浸水深）の関係 絵図の利用（穴喰浦絵図『震潮記』田井家所蔵）



区画	浸水記録 (尺)	浸水記録 (m)	浸水深 (m)	流失	潰・傷	潮入	無難	総家数	被害率
A1	坐上二尺	0.61	1.0			8		8	0.00
A2	坐上二尺	0.61	1.0			15		15	0.00
A3	坐上二尺	0.61	1.0			13	1	14	0.00
A4	坐上一尺	0.30	0.7			8		8	0.00
A5	坐上三尺位	0.91	1.3			9		9	0.00
A6	坐上三尺位	0.91	1.3			8		8	0.00
A7	四尺位	1.21	1.6	5	2	1		8	0.63
A8	坐上三尺五寸位	1.06	1.5	11	2	5		18	0.61
A9	坐上三尺	0.91	1.3	2	2	3		7	0.29
A10	坐上四尺	1.21	1.6	2	1	4		7	0.29

2. 江戸後期の建物被害と津波高（浸水深）の関係 絵図の利用（由良浦被害『坂口俊夫家文書』坂口家所蔵）



2. 江戸後期の建物被害と津波高（浸水深）の関係 由良浦での被害率と浸水深



“光専寺本堂六尺”
 “同御タビ所当リハ六七尺位イ”
 “横浜ヒクキ所八浪ノ高サ一丈五尺”
 “御宮近辺ハ三尺位イ同所石段六段迄浪来ル”
 “念興寺残る但し寺地へ浪少シ入る”
 “網代浦御制札有場但し諸荷物水揚場也二丈五尺”

東大地震研 (1987)
 由良町 (1985)

2. 江戸後期の建物被害と津波高（浸水深）の関係 由良浦での被害率と浸水深

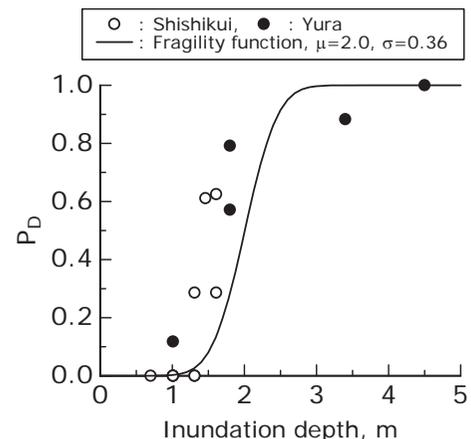
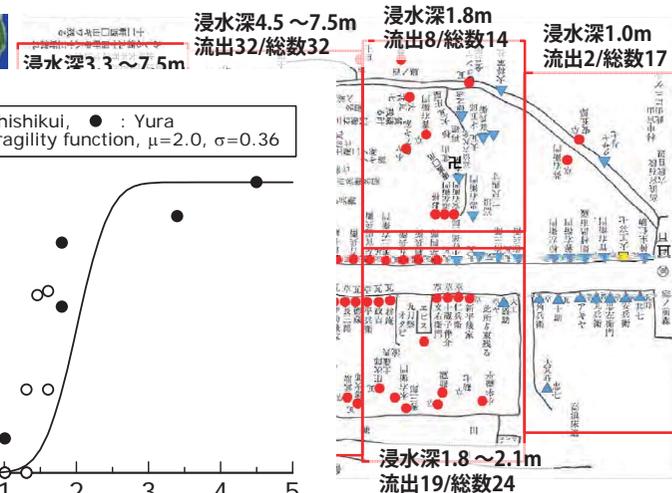


“光専寺本堂六尺”→W28：浸水深1.8 m
 “同御タビ所当リハ六七尺位イ”→W29：浸水深1.8～2.1 m
 “横浜ヒクキ所八浪ノ高サ一丈五尺”→W30：浸水深4.5 m
 “御宮近辺ハ三尺位イ同所石段六段迄浪来ル”→W31：浸水深0.9～1.0 m
 “網代浦御制札有場但し諸荷物水揚場也二丈五尺”→W32：浸水深7.5 m
 “念興寺残る但し寺地へ浪少シ入る”→W33：浸水深3.3 m（念興寺と道路の高低差）

2. 江戸後期の建物被害と津波高（浸水深）の関係 由良浦での被害率と浸水深



2. 江戸後期の建物被害と津波高（浸水深）の関係 流出被害関数（穴喰浦と由良浦）



2. 集落単位での建物被害と津波高（浸水深）の関係



建物被害が記録されている史料（1854年安政南海地震津波）



番号	集落名	総家数	被害家屋数				流出率	浸水深(m)
			流出	潰家	大破	無難		
1	橘浦	156	22	23	111	0.14	5.5	
2	西由岐浦	205	199	3	3	0.97	7-8	
3	阿部浦	160	7	4	63	0.0	5.5	
4	田井村	40	7	16	17	0.18	4.3	
5	木岐浦	203	190	6	7	0.94	6-7	
6	西牟岐浦	175	175			1.00	6-7	
7	牟岐之内中村	129	36	71	14	0.28	4.7-7	
8	日和佐村	207		32	62	113	0.0	2-3
9	出羽島浦	68	31	25	3	0.46	6	
10	浅川浦	260	257		3	0.99	7	
11	獅子喰(穴喰)村	500	300	20	180	0.6	4	

羽鳥 (1978) ・村上・他 (1996)

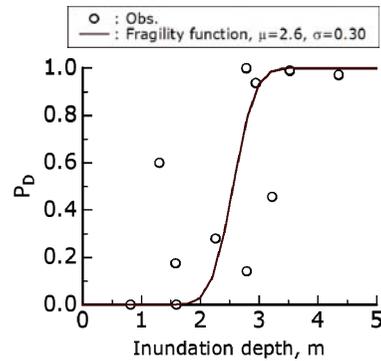
2. 集落単位での建物被害と津波高（浸水深）の関係 浸水深の推定（阿部浦の事例）



2. 集落単位での建物被害と津波高（浸水深）の関係 流出被害関数



番号	集落名	被害率	浸水深 (m)	推定浸水深 (m)
1	橋浦	0.14	5.5	2.8
2	西由岐浦	0.97	7-8	4.4
3	阿部浦	0.0	5.5	1.6
4	田井村	0.18	4.3	1.6
5	木岐浦	0.94	6-7	3.0
6	西牟岐浦	1.00	6-7	2.8
7	牟岐之内中村	0.28	4.7-7	2.3
8	日和佐村	0.0	2-3	0.8
9	出羽島浦	0.46	6	3.2
10	浅川浦	0.99	7	3.5
11	獅子喰（穴喰）村	0.6	4	1.3

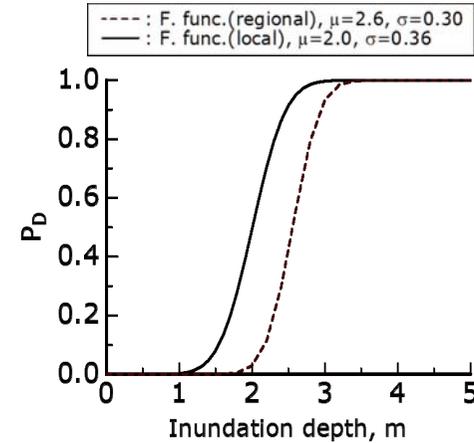


$$P_D(x) = \Phi\left[\frac{x - \mu}{\sigma}\right]$$

$$= \int_{-\infty}^x \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp\left[-\frac{(t - \mu)^2}{2\sigma^2}\right] dt$$

標準正規分布の累積確率分布関数で表現

3. 流出被害関数の比較 集落単位vs町単位



3. 現代（明治～）建築基準の変遷（主に木造建物）



- 1920年：市街地建築物法施行
構造基準が制定（耐震基準ではない）
- 1924年：市街地建築物法大改正
構造基準が改正され、耐震規定が新設
- 1950年：建築基準法制定（防火規定）
壁量規定の導入
床面積あたりの必要壁長さ、軸組の種類・倍率が定義
- 1959年：建築基準法制定における防火規定導入
壁量規定の改訂、床面積あたりの必要壁長さ、軸組の種類・倍率が改訂
- 1971年：基礎はコンクリート造またはRC造の布基礎
風圧力に対し見附面積に応じた必要壁量の規定
- 1981年：建築基準法施行令大改正、**新耐震設計基準**
壁量規定の改訂
床面積あたりの必要壁長さ、軸組の種類・倍率の改訂
- 1995年：建築基準法改正
接合金物等の奨励
- 2000年：建築基準法改正
地耐力に応じて基礎を特定、壁の配置バランスが規定
構造材とその場所に応じて継手・仕口の仕様が特定
#筋かいの端部と耐力壁の脇の柱頭・柱脚の仕様が規定
#壁倍率の高い壁の端部や出隅などの柱脚ではホールダウン金物が必須

参照：例えば、ホームズ君.com, <http://jutaku.homeskun.com/legacy/taishin/taishin/hensen.html>

3. 現代（明治～）建築基準の変遷（主に木造建物）



1920年：市街地建築物法施行
構造基準が制定（耐震基準ではない）

P1：～1980年

古民家の基礎部
<http://allabout.co.jp/gm/gc/408028/>

耐震規定が新設
規定）
長さ、軸組の種類・倍率が定義
る防火規定導入
積あたりの必要壁長さ、軸組の種類・倍率が改訂
またはRC造の布基礎
風圧力に対し見附面積に応じた必要壁量の規定

1981年：建築基準法施行令大改正、**新耐震設計基準**

**P2：1981年
～2000年**

ホールダウン金物
<http://mokuzo.seesaa.net/article/54507519.html>

長さ、軸組の種類・倍率の改訂

P3：2001年～

壁の配置バランスが規定
継手・仕口の仕様が特定
脇の柱頭・柱脚の仕様が規定
出隅などの柱脚ではホールダウン金物が必須

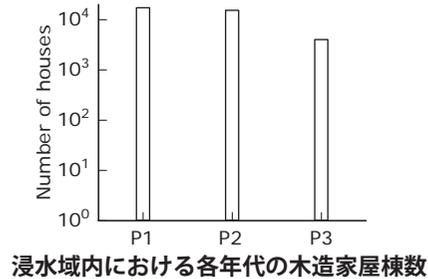
参照：例えば、有限会社ビュアホーム, <http://www.pure-home.jp/quake/zishin.html>

3. 国土交通省都市局による建物被害データ



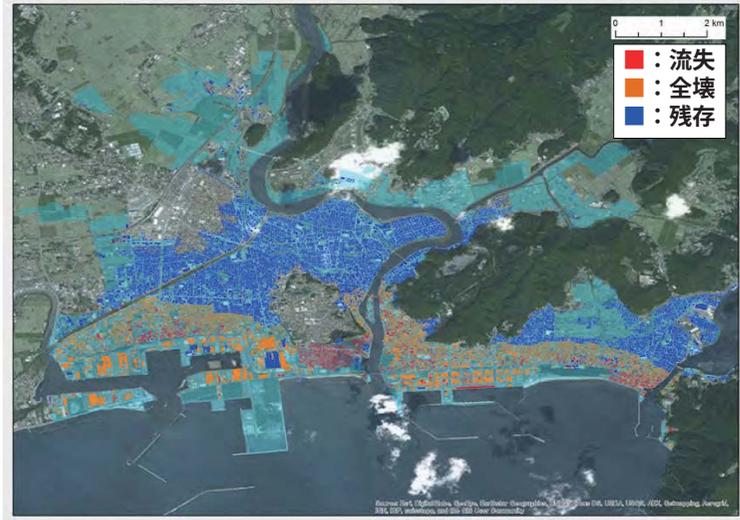
直線海岸を有する地域を対象

地域	浸水域内の全建物数	浸水深情報	建築構造情報	建築年代情報	建物階数情報	代表的な地形勾配	
宮城県	石巻市	68,596	68,596	53,557	618	32,451	1.15E-03
	東松島市	24,547	23,525	22,561	13,541	15,242	1.17E-03
	仙台市	11,683	11,486	9,650	8,006	9,575	1.36E-03
	名取市	5,333	5,333	4,242	2,466	4,242	7.99E-04
	岩沼市	5,237	4,499	3,069	225	3,069	4.93E-04
	亶理町	8,833	8,833	5,894	379	1,177	6.28E-04
	山元町	8,384	8,384	5,877	456	2,934	1.21E-03
福島県	新地町	1,512	1,512	761	361	498	4.71E-03
	相馬市	3,802	3,802	3,422	3,802	3,798	6.92E-03
	南相馬市	4,553	4,553	2,272	1,284	1,652	4.47E-03



浸水域内における各年代の木造家屋棟数

3. 国土交通省都市局による建物被害データ

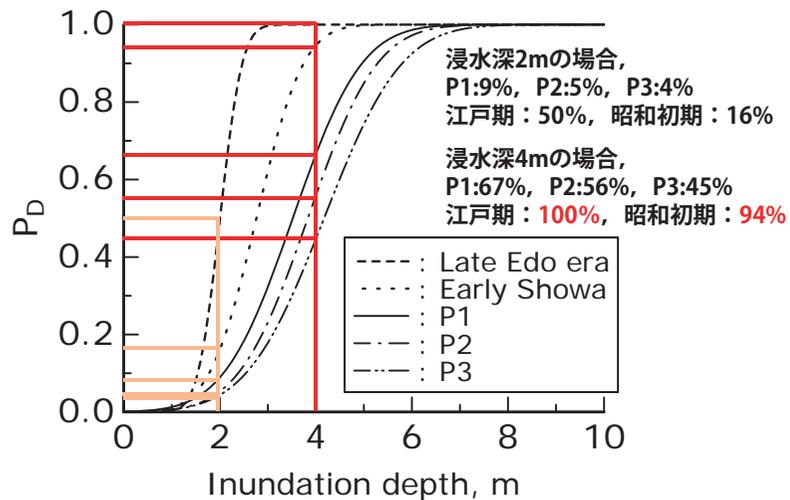


区分	状況	サンプル
全壊	住家流失	
全壊	昭和・平成 崩壊・倒壊 崩壊まで流失	
大規模半壊	床上浸水深 約 1 m	
半壊	床上浸水	
一部損壊	床下浸水	

3. 2011年東北地震津波の建物被害関数（流失被害）



昭和初期についてはHatori (1964)



4. まとめ



- 流失被害について、浸水深 2 m における被害率で比較を行うと、江戸後期で50%，昭和初期では16%，P1では9%，P2で5%，P3では4%となる。浸水深 4 m では、江戸後期や昭和初期の木造家屋はおおよそ全流失，P1では67%程度，P2で56%，P3では45%となる。
- 津波浸水深が 6 m を越える場合には木造の限界が、いずれの年代において全流失被害となる。
- 柱梁に係る各箇所にあった金物緊結、壁量やそのバランス規定が木造建物の津波耐力に影響していると考えられる。
- 歴史時代の津波被害関数の適用範囲についてはさらなるデータ収集・検討の上、津波痕跡高へ適用していく必要がある。