

防災工学

第1回

千葉大学 工学部 都市環境システムコース

丸山 喜久

<http://ares.tu.chiba-u.jp/marulab/index.html>

yamaruyam@tu.chiba-u.ac.jp

1

講義内容

曜限: 月曜4限(14:30-16:40)

講義室: 工17-212

担当: 丸山喜久(yamaruyam@faculty.chiba-u.jp)

居室: 工学系総合研究棟1 4階

オフィスアワー: 随時 メールで時間調整することが望ましい

成績評価: 中間試験, 期末試験

講義ノートは以下に掲載する. 印刷して持参すること

<http://ares.tu.chiba-u.jp/marulab/note/index.html>

2

講義内容

授業概要:

自然災害の発生メカニズムやそれによる構造物や人間社会への影響をについて講義し, その減災対策について解説する. 主として地震災害を対象とし, 地震の発生機構, 津波, 地震動と地盤振動, ライフライン地震工学, 都市防災などについて, 幅広い視野と知識修得のための講義を行う.

目的・目標:

地球物理学を基礎として, 地震や津波の発生メカニズム, 地震動の解析手法, 都市災害の予測・評価, 減災に向けた対策などの理論・手法の修得を目指す. 到達目標は, 基本的な理論や用語の意味を理解し, 防災工学に関連する数量的な指標の大まかな評価ができるようになること.

関連科目:

振動工学, 信頼性工学

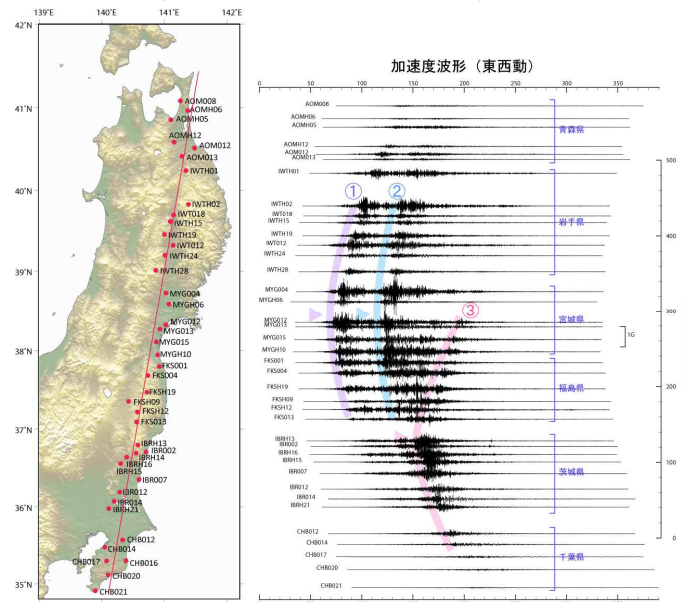
3

講義予定

- (1) 2019年10月7日(月) ガイダンス・防災工学で学ぶこと
- (2) 2019年10月16日(水) 災害リモートセンシング(劉ウェン先生代講)
- (3) 2019年10月21日(月) 地震の発生機構
- (4) 2019年10月28日(月) 地震波とその伝播, 震度
- (5) 2019年11月11日(月) 地震計の原理と地震観測
- (6) 2019年11月18日(月) 地震記録の分析・計測震度
- (7) 2019年11月25日(月) 中間試験
- (8) 2019年12月2日(月) 休講
- (9) 2019年12月9日(月) 地震応答スペクトル
- (10) 2019年12月16日(月) 地盤震動
- (11) 2019年12月23日(月) 地震ハザード評価
- (12) 2020年1月6日(月) 津波
- (13) 2020年1月14日(火) ライフライン防災
- (14) 2020年1月20日(月) 都市防災計画
- (15) 2020年1月27日(月) 期末試験

4

地震記録から分かる震源断層の破壊過程



主な海溝型地震の30年以内の発生確率

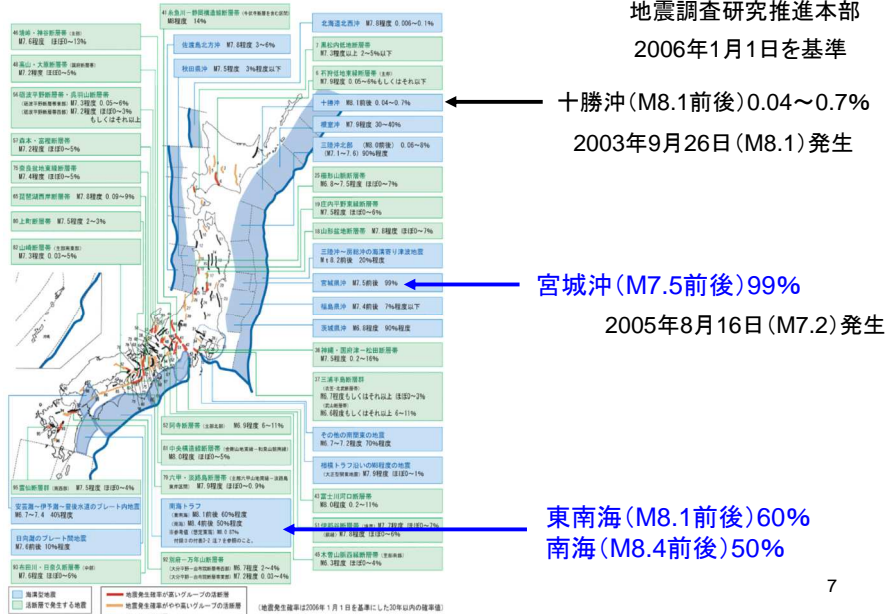
過去の地震活動のデータをもとに推定



地震調査研究推進本部(2008)5

今後30年以内に大地震の起こる可能性のある場所と発生確率

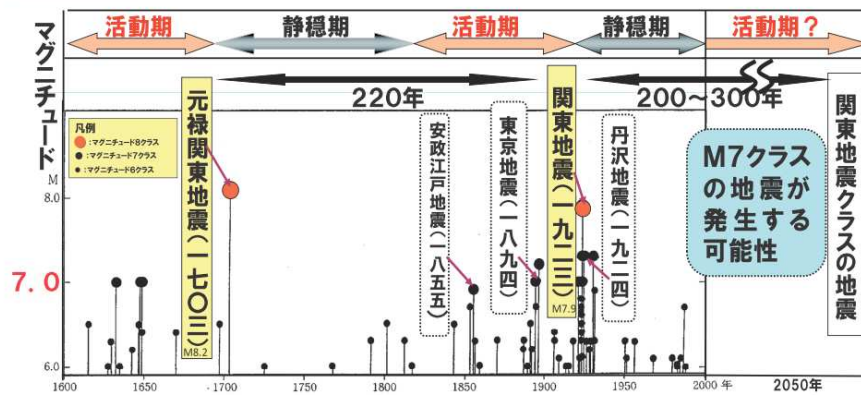
地震調査研究推進本部
2006年1月1日を基準



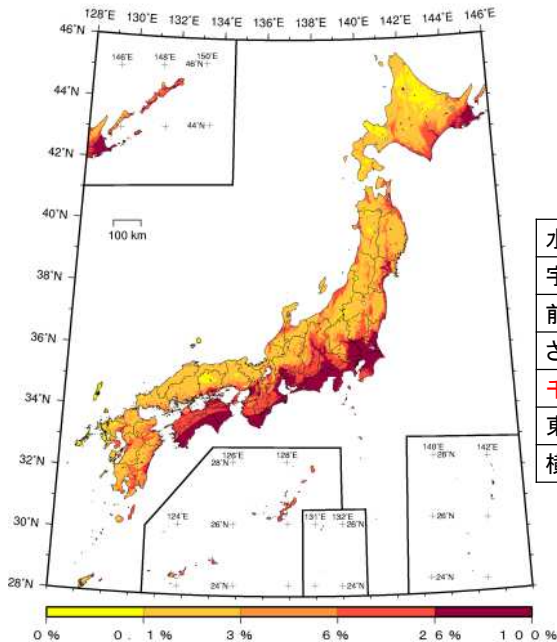
首都直下地震の切迫性

平成25年版
防災白書

図表 1-3-39 1600年以降に南関東で発生した地震 (M6以上)



出典：内閣府資料

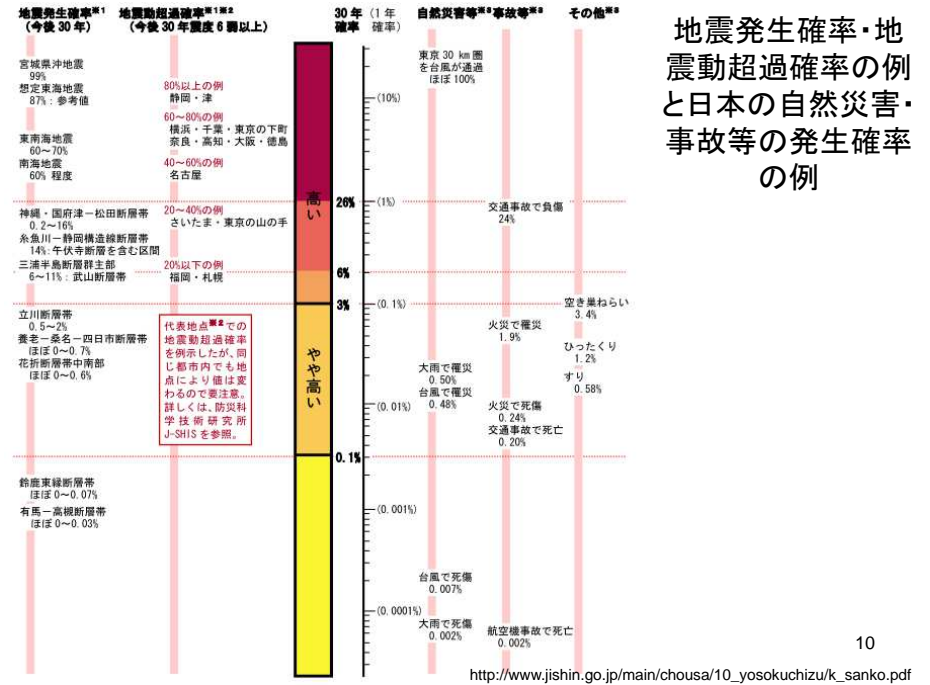


今後30年間に 震度6弱以上の揺れ に見舞われる確率

関東地方の県庁所在地の確率

水戸市	81%
宇都宮市	13%
前橋市	6.9%
さいたま市	55%
千葉市	85%
東京都庁	47%
横浜市	81%

地震調査研究推進本部(2016),



地震発生確率・地震動超過確率の例と日本の自然災害・事故等の発生確率の例

10

http://www.jishin.go.jp/main/chousa/10_yosokuchizu/k_sanko.pdf

兵庫県南部地震

1995年1月17日5時46分発生 ($M_{JMA}=7.3$)

関東大震災以来の

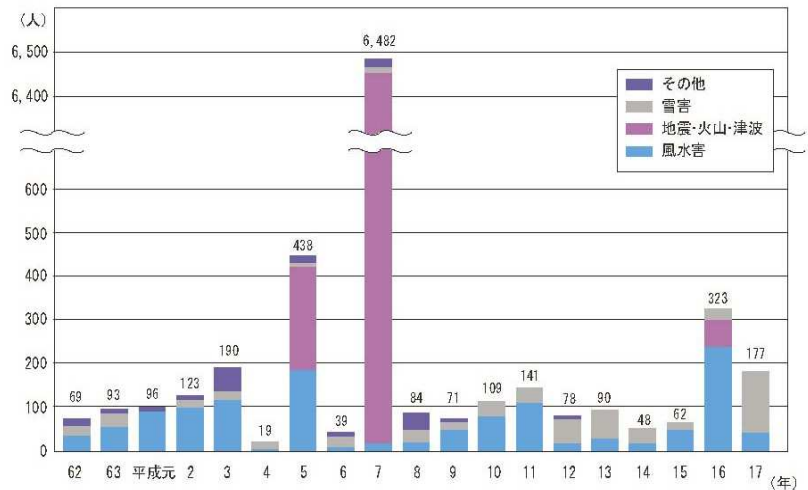
(被害) 2006年5月現在

- 死者: 6,434名 行方不明者: 3名 負傷者: 43,792名
- 住家被害: 全壊104,906棟、半壊144,274棟、全半壊合計約25万棟(約46万世帯)、一部損壊390,506棟
- 火災被害: 全焼7,036棟、半焼96棟、部分焼333棟
- その他被害: 道路7,245箇所、橋梁320箇所、河川774箇所、崖崩れ347箇所
- 被害総額: 10兆円規模

11

近年の災害による死者・行方不明者

H18 防災白書

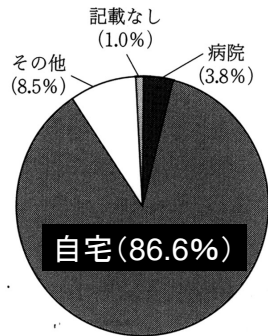


注) 消防庁資料をもとに内閣府において作成。地震には津波によるものを含む。
平成7年の死者のうち、阪神・淡路大震災の死者については、いわゆる関連死912名を含む。
平成17年の死者・行方不明者数は速報値。

兵庫県南部地震の犠牲者の特徴

「地震防災のはなし」(岡田恒男, 土岐憲三編)

亡くなった場所の内訳



(地震直後, 兵庫県監察医調査)

図 27-1 兵庫県南部地震による犠牲者(神戸市内)が亡くなった場所の内訳

犠牲者の年齢分布

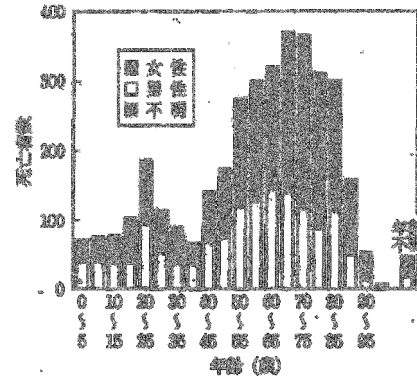


図 27-2 兵庫県南部地震による犠牲者(神戸市内)の年齢分布

兵庫県南部地震の犠牲者の特徴

「地震防災のはなし」(岡田恒男, 土岐憲三編)

救出された人々と生存率

1日目: 生存者数が死亡者数を上回る

ゴールデン24アワーズ

3日目まではある程度の比率で生存者が救出される

ゴールデン72アワーズ

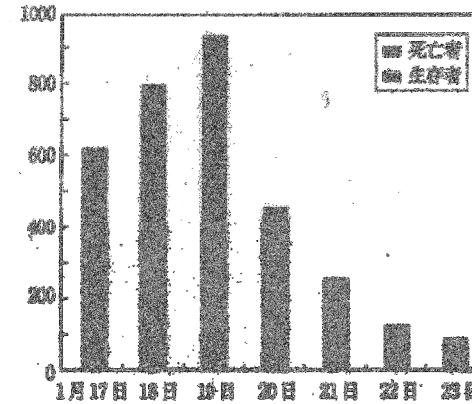


図 27-3 消防隊と自衛隊によって救出された人々と生存率

兵庫県南部地震の犠牲者の特徴

犠牲者の死亡原因

建物被害・家具の転倒

83.3%

火事による犠牲者

15.4%

原因	人数	割合
建物倒壊	1,967	53.9%
崩壊倒壊	857	
崩壊倒壊	435	
建物倒壊	108	
頭部・顔面・気道圧迫または閉塞	324	
原死因の記載なし	211	
その他	32	
圧死	452	12.4%
(窒息・溺死・全身の圧迫等)		
外傷性ショック	82	2.3%
(失血・打撲・挫傷・出血等による)		
溺死	124	3.4%
(外傷性くも膜下出血・脳挫傷等)		
内臓破裂	95	2.6%
(臓器または臓器破裂)		
窒息	68	1.9%
窒息・全身火傷	444	12.3%
(一酸化炭素中毒を含む)		
感染	15	0.4%
感染・溺死		
打撲・挫傷	82	2.3%
不明および不明	32	0.9%
(原因不明の死を含む)		
その他		
合計	3,631	100%

図 27-4 神戸市の犠牲者の死亡原因

「地震防災のはなし」(岡田恒男, 土岐憲三編)

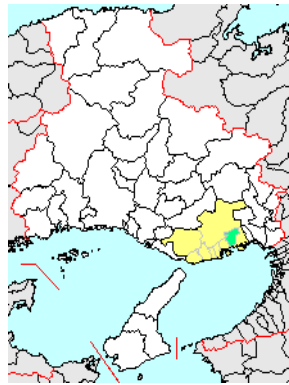
兵庫県南部地震の犠牲者の特徴

死亡日時	死亡者数		死亡者数累計		犠牲者の死亡推定時刻
	消防隊	累計	自衛隊	累計	
1/17	620	620 (91.9%)	73	693 (95.5%)	20:40 (90.5%)
~9:00	16	2237 (92.5%)	58	777 (62.9%)	3014 (82.6%)
~12:00	47	2284 (94.5%)	61	838 (67.9%)	3122 (85.5%)
~23:59	12	2296 (95.0%)	212	1050 (85.0%)	3345 (91.9%)
時刻不明	110	2406 (99.6%)	34	1124 (91.9%)	3440 (93.0%)
1/18	0	2406 (99.6%)	88	1212 (92.0%)	3528 (96.9%)
1/19	0	2406 (99.6%)	28	1240 (92.9%)	3556 (97.6%)
1/20	0	2406 (99.6%)	8	1248 (93.2%)	3564 (97.8%)
1/21	1	2407 (99.7%)	6	1254 (93.4%)	3570 (97.9%)
1/22	1	2408 (99.8%)	1	1255 (93.5%)	3571 (97.9%)
1/23	0	2408 (99.8%)	1	1256 (93.6%)	3572 (98.0%)
1/24	0	2408 (99.8%)	1	1257 (93.7%)	3573 (98.0%)
1/25	1	2409 (99.9%)	1	1258 (93.8%)	3574 (98.1%)
1/26	0	2409 (99.9%)	2	1260 (93.9%)	3576 (98.2%)
1/27	0	2409 (99.9%)	1	1261 (94.0%)	3577 (98.2%)
1/28	0	2409 (99.9%)	1	1262 (94.1%)	3578 (98.3%)
2/1	0	2409 (99.9%)	1	1263 (94.2%)	3579 (98.3%)
合計	823	2408 (99.9%)	44	1267 (94.3%)	3583 (98.4%)

「地震防災のはなし」(岡田恒男, 土岐憲三編)

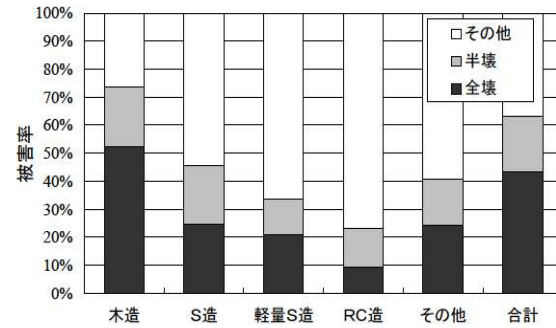
(兵庫県監察医調査による)

建物の構造別被害率(灘区)



村尾, 山崎(2000)

建物の構造別被害率



全壊:

半壊:

17

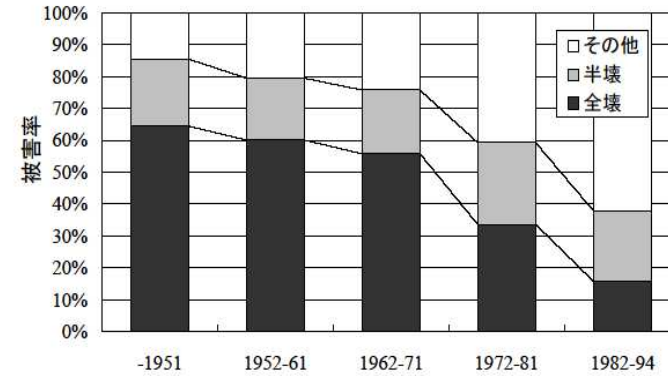
木造の建築年代別被害率(灘区)

村尾, 山崎(2000)

1950年(昭和25年)建築基準法制定

1978年 宮城県沖地震

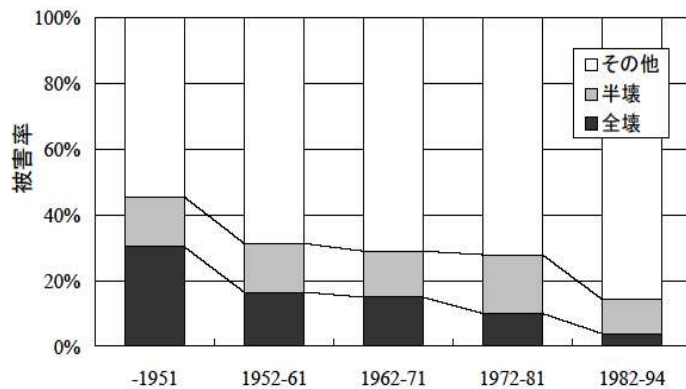
1981年(昭和56年)建築基準法施行令大改正 新耐震設計基準



古いものほど壊れやすい

18

RC造の建築年代別被害率(灘区)



19

建物はどこで壊れるか

建物はバランスが重要

神戸市役所(中間階の被害)
(兵庫県南部地震)

ピロティ部分の被害
(宮城県沖地震1978)

中間階崩壊に伴う渡り廊下の落下
(兵庫県南部地震)



<http://www.kajima.co.jp/tech/seismic/higai/030604.html>

建物の高さ方向で
対的にその階が弱点となる

になっていると, 相

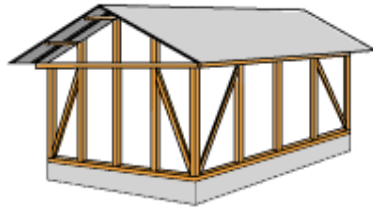
20

木造住宅の地震被害

兵庫県南部地震では

1975年頃より以前に建てられた

の木造住宅に大きな被害



在来軸組構法

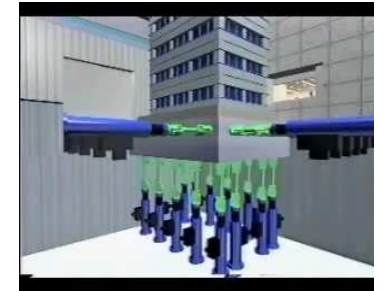
<http://www.janjan.jp/special/0503/0503164693/1.php>



と、地震時に負担が大きくなりがち

実大三次元震動破壊実験施設 E-ディフェンス

<http://www.bosai.go.jp/hyogo/index.htm>



「世界で初めて」実際に想定される地震により実物大構造物を破壊させ、その地震時挙動を再現することが可能