

日本における地震工学の発展

柴田明徳

「理科年表」に示された日本及び世界の主な大地震・被害地震の回数

世紀	日本		西洋、東洋		備考
	時代	回数	時代	回数	
1	弥生時代		ローマ帝国、後漢	2	ヴェスビオ噴火(79)
2	弥生時代		ローマ帝国、後漢	2	張衡 地動儀(138)
3	弥生、古墳時代		ローマ帝国、三国	2	
4	古墳時代		ゲルマン、晋	3	
5	古墳時代	1	フランク、ペルシャ、胡	5	允恭5年地震(416)
6	古墳時代	1	フランク、イスラム	4	アヤソフィア寺院被害
7	飛鳥時代	2	サラセン、唐	1	
8	奈良時代	6	サラセン、唐	6	日本書紀
9	平安時代	15	サラセン、唐	9	貞観津波(869)
10	平安時代	3	ノルマン、宋	4	
11	平安時代	7	十字軍、宋	13	
12	源平時代	2	フランス、ドイツ、宋	18	京都地震(1185、方丈記)
13	鎌倉時代	8	イギリス、蒙古	15	
14	室町時代	7	ヨーロッパ、元	16	
15	室町時代	9	ポルトガル、明	16	
16	安土桃山時代	10	スペイン、明	25	華県地震(82万死)、三条伏見地震
17	江戸時代	56	アメリカ、清	55	寛文地震、慶長地震
18	江戸時代	66	アメリカ独立、清	71	リスボン地震(1755)、元禄地震
19	江戸、明治	98	産業革命、清	109	安政東海・南海地震、江戸地震、濃尾地震
20	明治、大正、昭和、平成	119	世界戦争、中国、ソビエト	285	サンフランシスコ地震、関東地震、阪神淡路大震災
21	平成	20	環境、資源、情報、格差	38	東日本大震災

日本書紀に現れた地震

日本書紀:720年舎人親王

415年(允恭5)

「地(ち)、震(ふる)う」

遠飛鳥宮(大和)

史書に現れた最初の地震

倭の五王

(5世紀、宋書倭国伝)

讚、珍、濟、興、武

濟→允恭(5世紀中頃)

武→雄略

古墳時代

599年(推古7)

「地(ない)動(ふ)りて、舎屋(やかず)

悉(ことごと)に破(こぼ)たれぬ。則(すなわ)ち

四方(よも)に令(のりごと)して、地震(ない)の

神(かみ)を祭(いの)らしむ」

大和

史書に現れた最初の地震被害

675年(天武7)

筑紫 巾2丈、長さ3千余丈の地割れ

684年(天武13)

土佐、南海・東海地方 山崩れ、大津波

菅原道真(845～903)

26歳の時(貞観12年)、方略試を受け、合格。問題「辨地震」。讒訴で大宰府へ左遷され死去。



貞観地震(869年、貞観11)

多賀城の津波被害。陸奥国と常陸国の境が最大被災地。

「日本三代実録」(時平、道真ら、893年編集開始、901年成立)

五月廿六日癸未。陸奥國地大震動。流光如晝隱映。頃之。人民叫呼。伏不能起。或屋仆壓死。或地裂埋殮。馬牛駭奔。或相舁踏。城郭倉庫。門櫓墻壁。頽落顛覆。不知其數。海口哮吼。聲似雷霆。驚濤涌潮。泝徊漲長。忽至城下。去海數十百里。浩々不弁其涯涘。原野道路。忽爲滄溟。乘船不違。登山難及。溺死者千許。資産苗稼。殆無子遺焉。(資料1 書き下し文)

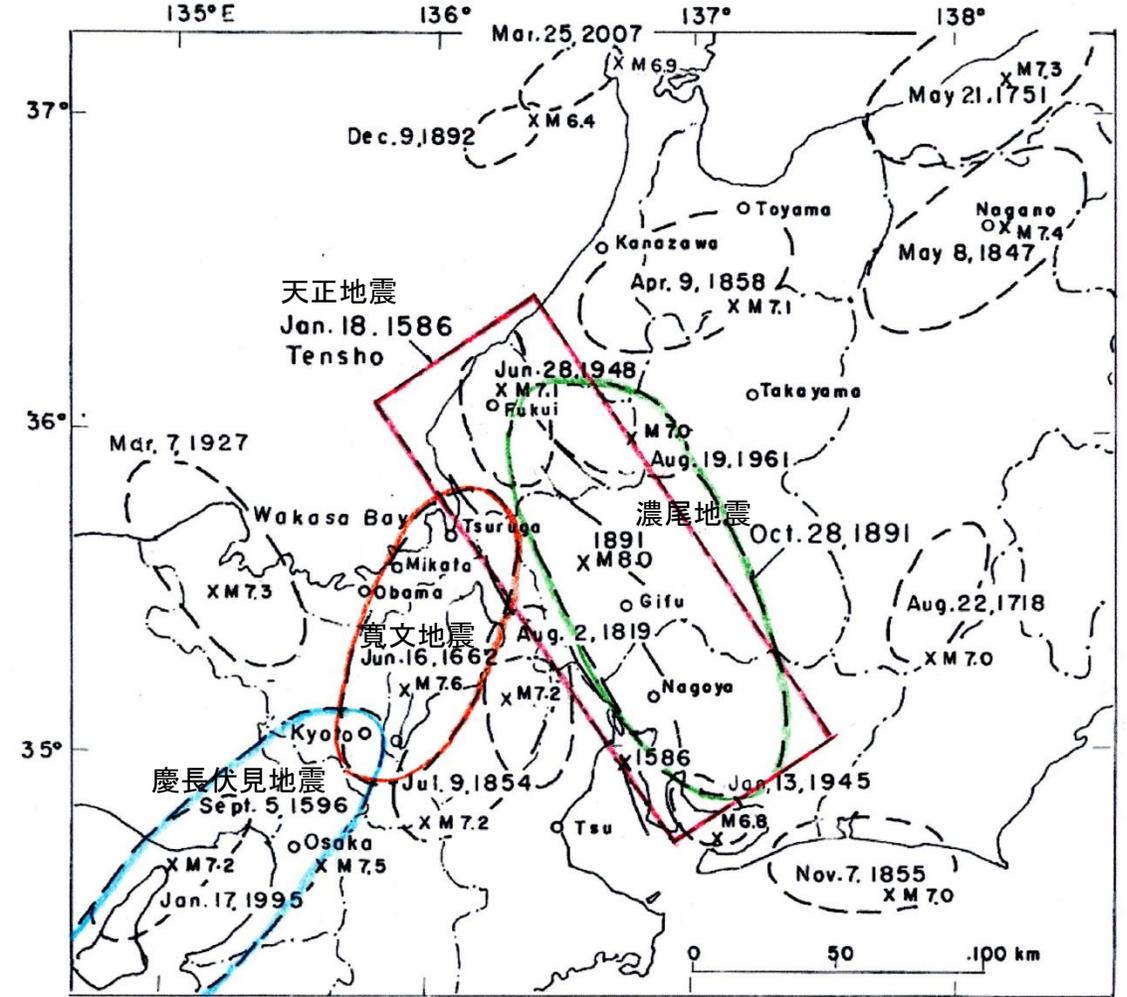
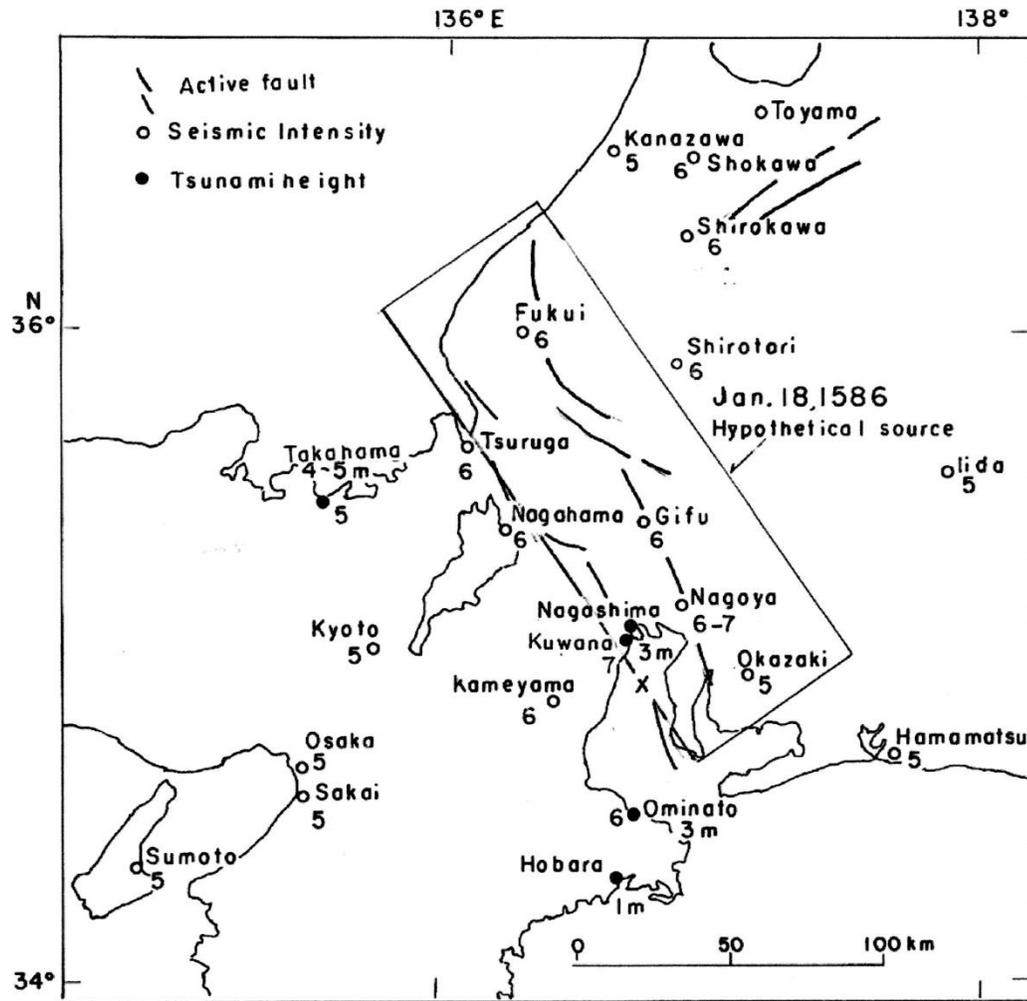


末の松山(矢印は2011東日本大震災の津波の痕跡。沖の石はこのすぐ下で、水没)



契りきなかたみに袖をしぼりつつ
末の松山波こさじとは
(清原元輔、百人一首、清少納言父)

天正地震(1585(6)、M=7.8~8.0)



羽島徳太郎、1586年天正地震の震源域と津波、歴史地震、2015



1586年(天正13)天正地震:長浜城は天守閣もろとも崩れ落ち、山内一豊と千代の一人娘・与祢(よね)姫が建物の下敷きになり即死。

1596年(文禄5)慶長伏見地震:秀吉の伏見城が倒壊、閉門中の加藤清正が駆け付け(地震加藤)

中国の地震

BC1831年
泰山地震
夏王朝
「竹書紀年」
中国最古の地震記録

AD1556年
華県地震(陝西)
死者83万人

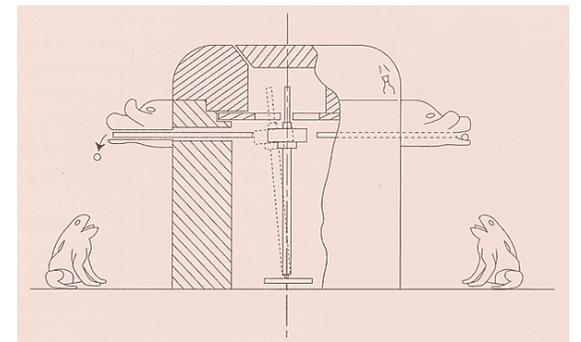
張衡の地動儀(AD132)



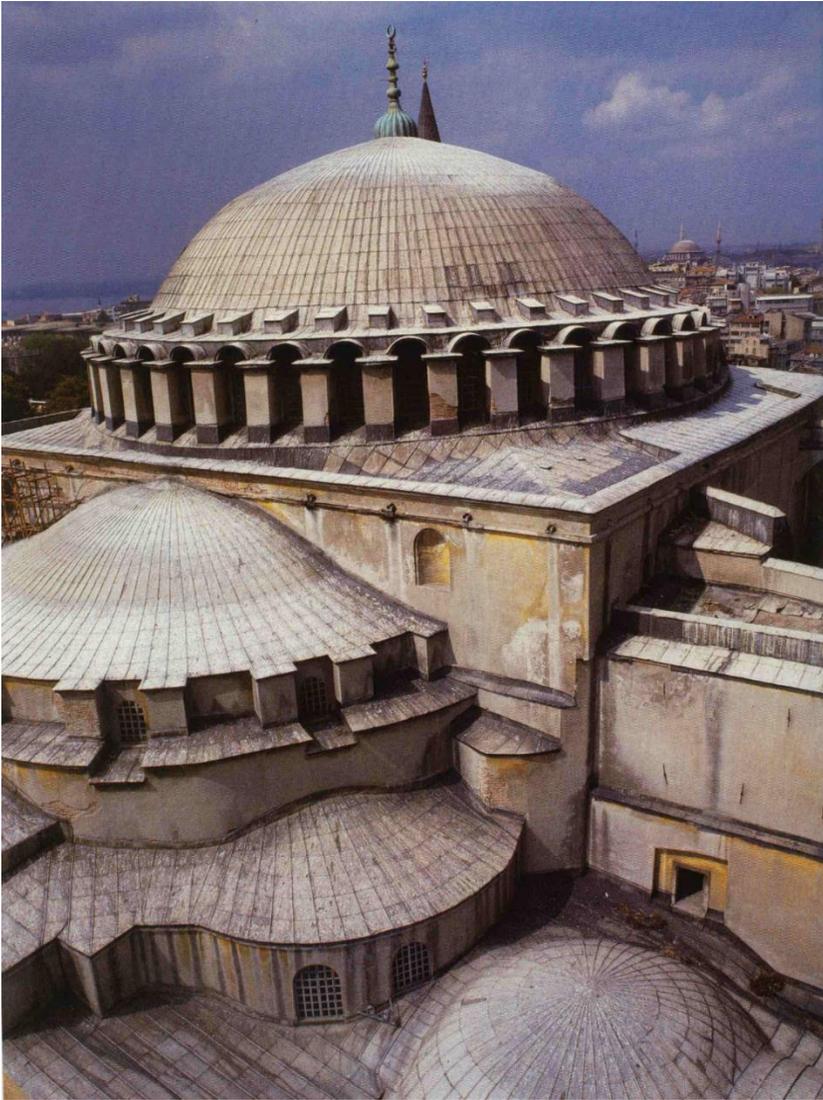
想像復元、国立科学博物館蔵
菅原道真の地震論でも言及



張衡(後漢、78—39)

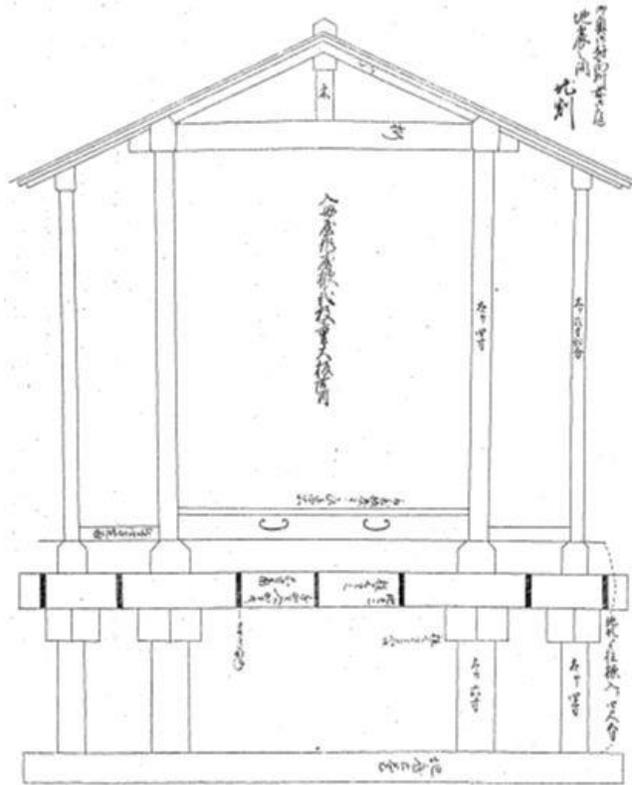


内部機構、推定



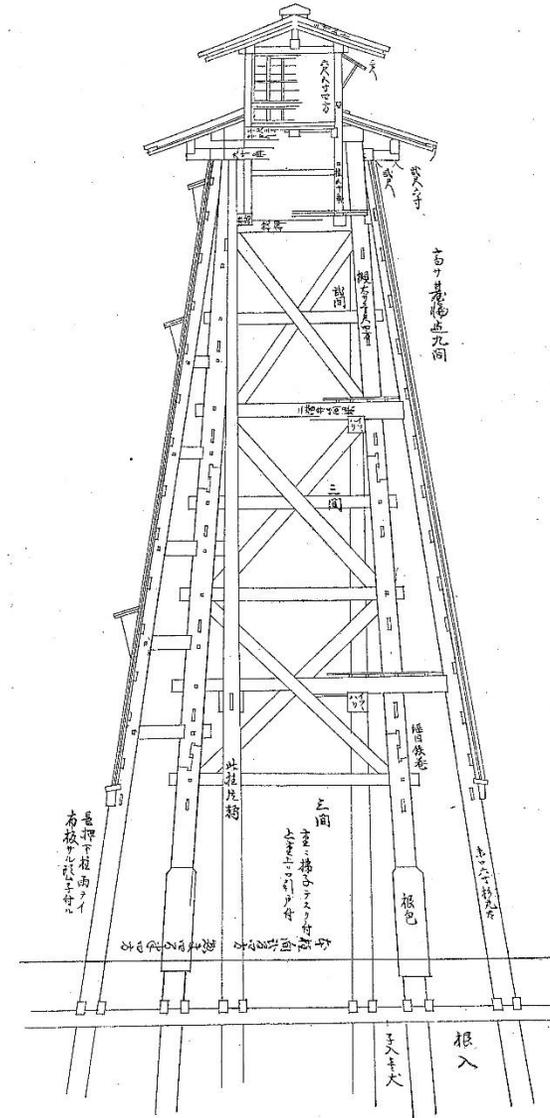
アヤソフィアのドームと東のセミドーム

- 537年:ユスティニアヌス帝
ハギアソフィア(アヤソフィア)を再建
- 553年:地震被害
- 557年:地震被害
- 558年:ドーム半分崩壊
- 741年:大地震
- 869年:地震
ドーム半分被害
- 989年:地震被害
セミドーム崩壊
- 1344年:地震被害
- 1346年:地震被害
ドーム一部崩壊
- 1453年:イスラムモスク
- 1766年:地震被害
- 1894年:地震被害(内部)
修理
- 1932年:モザイク修復開始
- 1935年:トルコ共和国
博物館

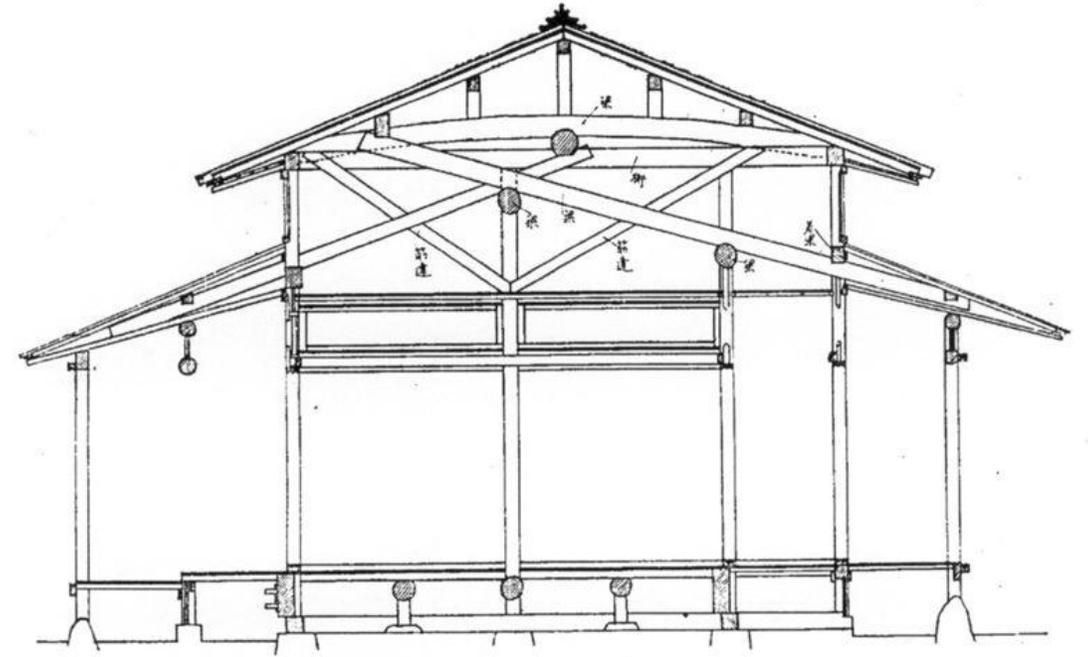


江戸城本丸地震の間(焼失)

大熊喜邦(1877~1952、国会議事堂建設)
 地震の間と耐震構造に対する概念、
 建築雑誌、29巻345号、1915年9月



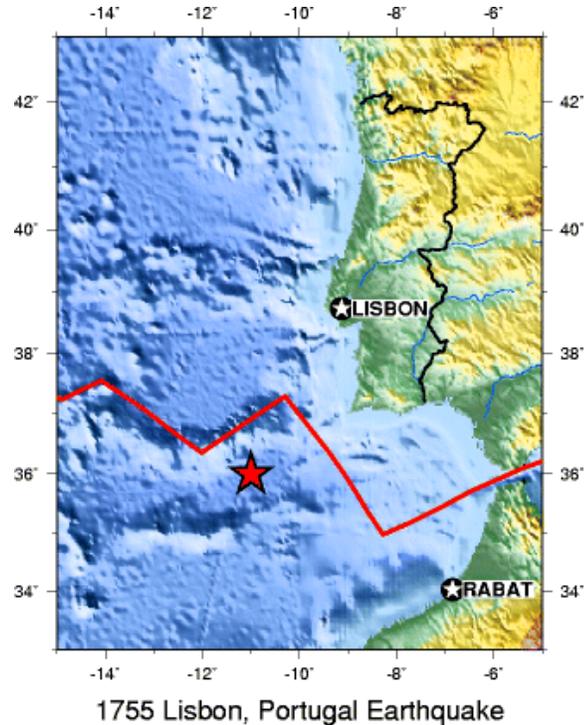
江戸火の見櫓の構造



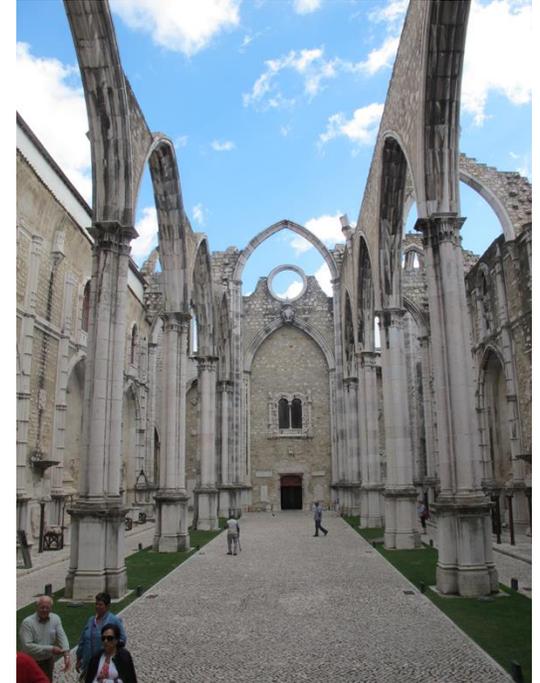
彦根城地震の間(1677年、滋賀県)

斎田時太郎、東京帝国大学地震研究所彙報、第18号、1940年

1755年リスボン地震



1755年11月1日朝9時20分
マグニチュード8.5
死者6万2千人
ポルトガル、スペイン、モロッコ。
フランス、スイス、北イタリアでも。
(ヴォルテール「カンディード」の
主人公がリスボン地震に遭遇。
カントは論文「地震の原因」、
「地震の報告」を書く。)



カルモ教会

2012年第15回世界地震工学会議
リスボン



セントロツホタワー(リスボン地震)



- 1-roof wood structure
(including windows)
- 2-masonry exterior walls
(main façade)
- 3-masonry exterior walls
(back façade)
- 4-wood floors and stairs
- 5-'gaiola' three-dimensional
wood structure
(St Andrew's Crosses)
- 6-vaults of block ceramic
masonry and stone archs
(ground floor)
- 7-wood piles



Marques de Pombal
(1699~1782)

Cardoso, M. Lopes, R. Bento, Earthquake Resistant Structures of Portuguese
d 'Pombalino' Buildings, 13th WCEE, Vancouver, Canada, 2004, Paper No.918



Gaiola Pompalina: Three dimensional wooden structure in masonry walls

1857年ナポリ大地震(バシリカ地震)

1857年12月16日

M7.0

死者1万人

(1861年ガリバルディのイタリア
統一の前、ナポリ王国の時代)

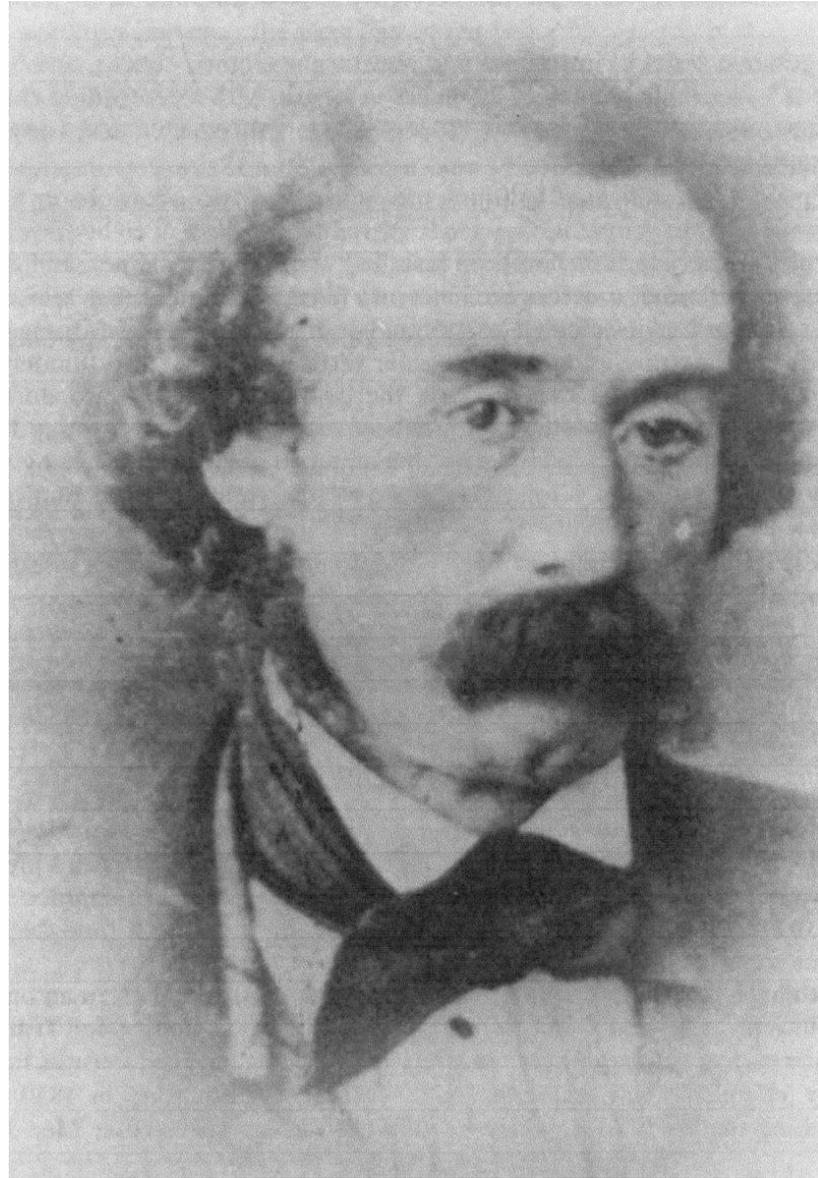
Robert Mallet

”Great Neapolitan earthquake of 1857:
The First Principles of Observational
Seismology”

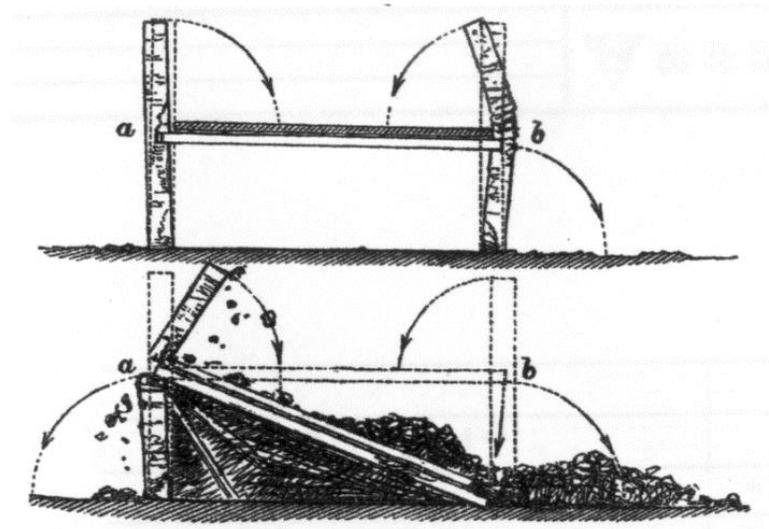
(日本地震工学会誌、「地震工学の今昔」、27号、
2016年2月 参照)



Luigi Palmieri (1807~1896)
ナポリ大学、Vesuvius火山研究
地震計を制作→丸の内キッテ



ロバート・マレット(1810-1881)



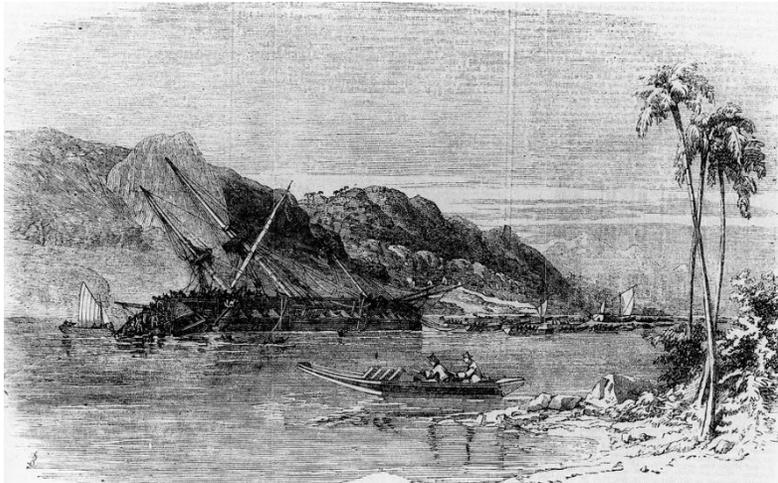
Great Neapolitan Earthquake of 1857



Mallet's Mortar (Crimean War, Not used)



1853年(嘉永6) ペリー提督黒船4隻来航、翌年9隻



1854年 安政津波でロシアディアナ号沈没(富士市沖)
(クリミア戦争 1853~1856年)

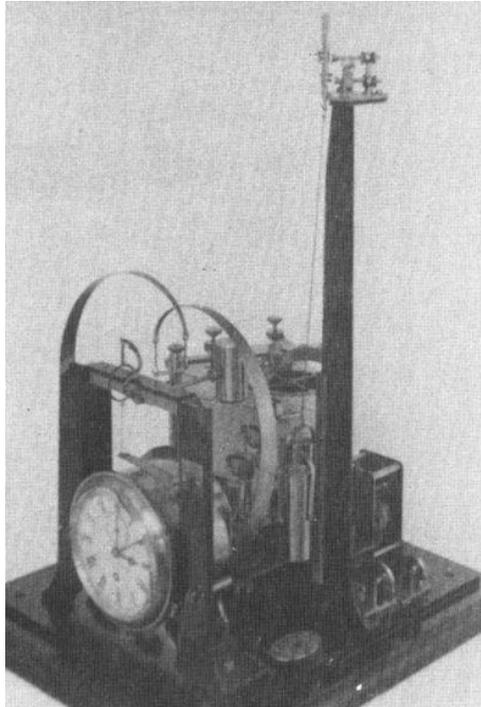


安政江戸地震 かわら版「大地震火事略図」

- 1854年 安政東海地震(死者2~3千人)
- 安政南海地震(32時間後、死者数千人)
- 1855年 安政江戸地震(死者4千余人、大火)



ジョン・ミルン(1850 - 1913)
滞日1876~1895(19年間)

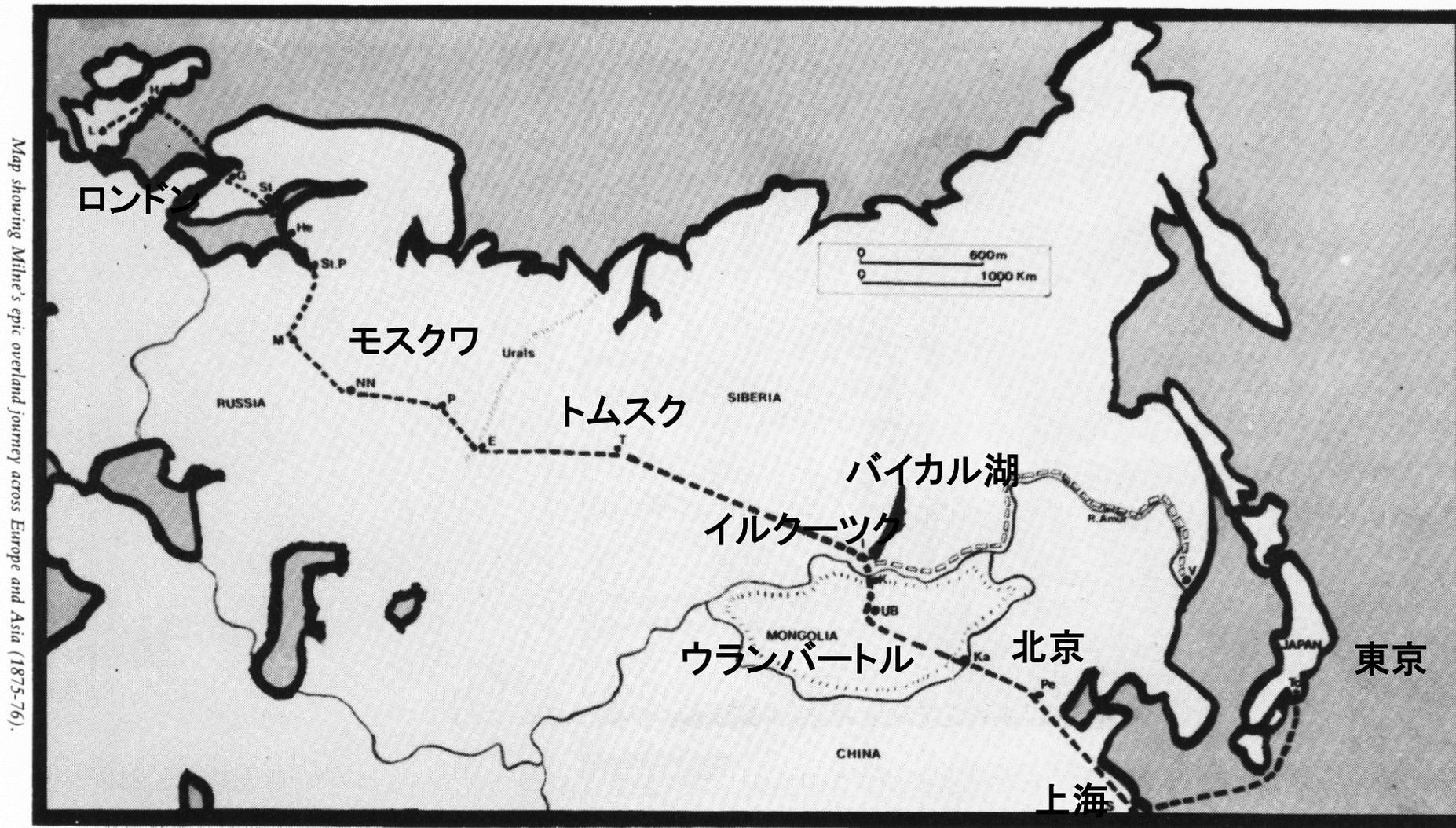


グレイ・ミルン地震計



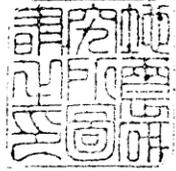
トネ・ミルン(1860- 1925)

ミルンは1876年(26才)、ロンドン - イルクーツク - モンゴル - 北京 - 上海を経て、汽車、船、馬車、駱駝などによる7ヶ月の大旅行の後、来日。1895年帰国。



Map showing Milne's epic overland journey across Europe and Asia (1875-76).

L — London, H — Hull, G — Gothenburg, St — Stockholm, H — Helsingfors (Helsinki), St.P — St. Petersburg, M — Moscow, NN — Ninji Novgorod (Gorki), P — Penn, E — Ekaterinburg (Sverdlovsk), T — Tomsk, I — Irkutsk, K — Kiachta, UB — Urga (Ulan Bator), Ka — Kalgan, Pe — Pekin, S — Shanghai, To — Tokyo.



TRANSACTIONS

OF THE

SEISMOLOGICAL SOCIETY
OF JAPAN.

VOL. I.—PARTS I & II,

APRIL—JUNE, 1880.

CONTENTS.

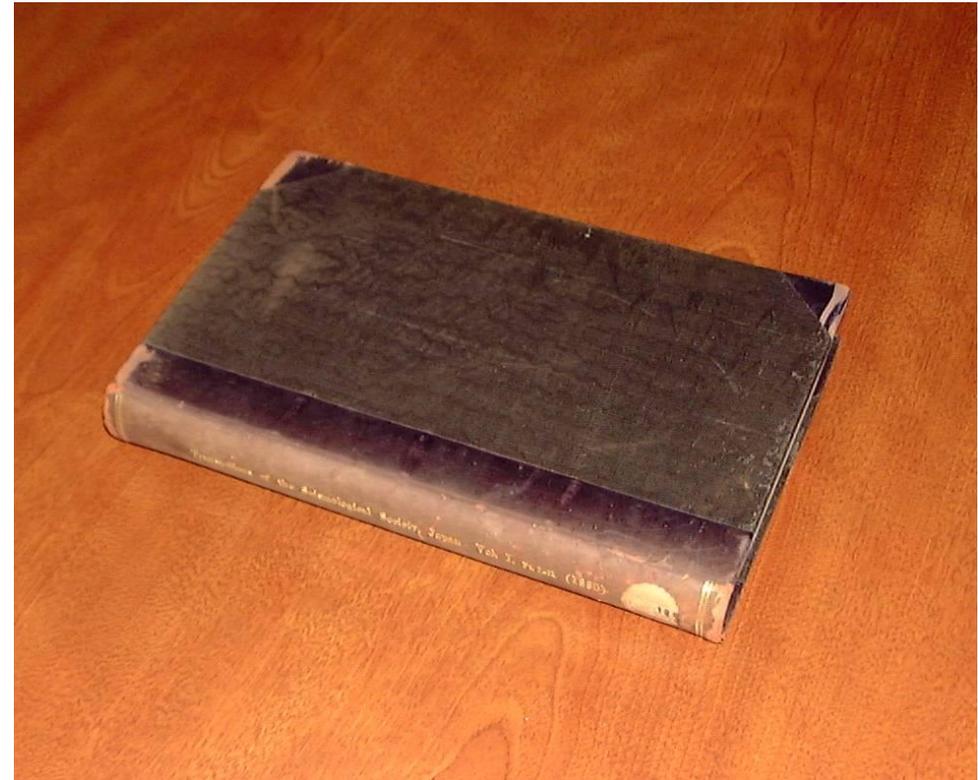
PART I.

	PAGE.
Seismic Science in Japan, by J. MILNE.....	3
A new form of Pendulum Seismograph, by J. A. EWING, B. Sc., F.R.S.E.....	38
On a Seismometer, by Dr. G. WAGNER.....	54
On a Seismometer and a Torsion Pendulum Seismograph, by T. GRAY.....	44
On a determination of the Acceleration due to the Force of Gravity at Tokio, by T. C. MENDENHALL....	52

PART II.

The Earthquake in Japan of February 22nd, 1880, by J. MILNE.....	1
--	---

Printed at the "Japan Gazette" Office.



1880年日本地震学会設立(服部一三、ジョン・ミルン)
Transactions of the Seismological Society of Japan
Vol. I. - Parts I & II, April - June, 1880

日本地震学会(日本地震工学会同時掲載)、
Vol.24 No.5 January 10, 2013、ジョン・ミルン特集
泊次郎、柴田明德



関谷清景(1854~1896)

日本地震學會報告第一冊

目次

地震學總論	ワヨ、ミルン
新案地震計	ワ、ウグチル
東京ニ於テ重力ノ測定	ヲキ、シー、メンデンホール
氷平動驗測ニ用ユル新案地震計	シエー、エー、イ、エウ、イング
明治十三年二月廿二日日本地震記	ワヨ、ン、ミルン
富士山頂擺子ノ實驗	ヲキ、シー、メンデンホール

8 80726

日本地震学会報告第一冊(英文は1880年)
1884年(明治17)

明治十七年二月八日御届
同年三月 出版

定價金十錢

編輯兼出版人 岐卓縣士族 關谷清景
山口縣士族 藤岡市助
芝區南佐久間附一丁目
三番地

印刷所 慶應義塾出版社
日本橋區通三丁目

賣捌所 丸屋善七
同通三丁目十四番地

1891年濃尾地震

1891年(明治24)10月18日

岐阜県西部

M8.0

死者7273人

建物全壊14万余

根尾谷断層 水鳥 上下6m、水平2m

1892年(明治25) 震災予防調査会

田中館愛橘、長岡半太郎、大森房吉

(ミルンは参加せず)

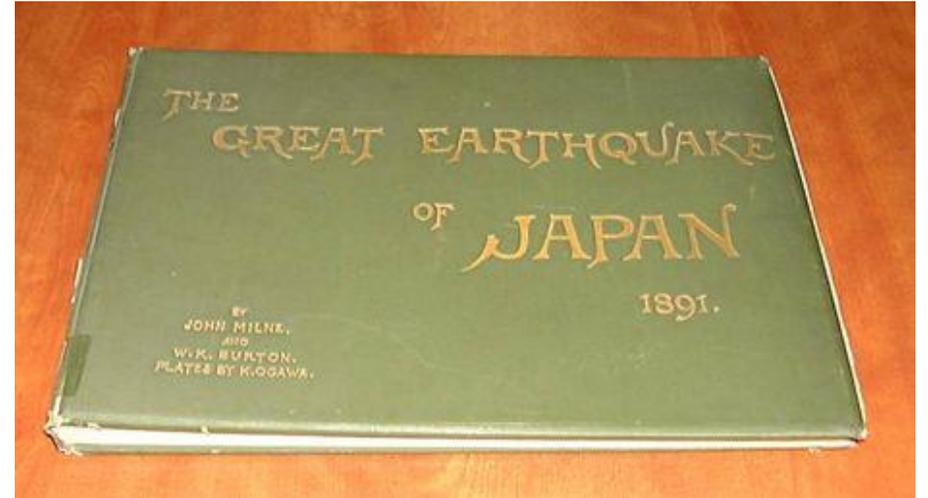
1912年 ウェーゲナー 大陸移動説

1950・60年代 プレートテクトニクス(マントル対流、海底拡大)

1980年代 大陸移動の実測(人工衛星)



上 濃尾地震による名古屋紡績工場の被害
右上 ミルン・バートン・小川 写真集(第1版)
右下 根尾谷断層 (写真集第2版、第1版にはない)



“The Great Earthquake of Japan 1891” by Milne, Burton, Ogawa



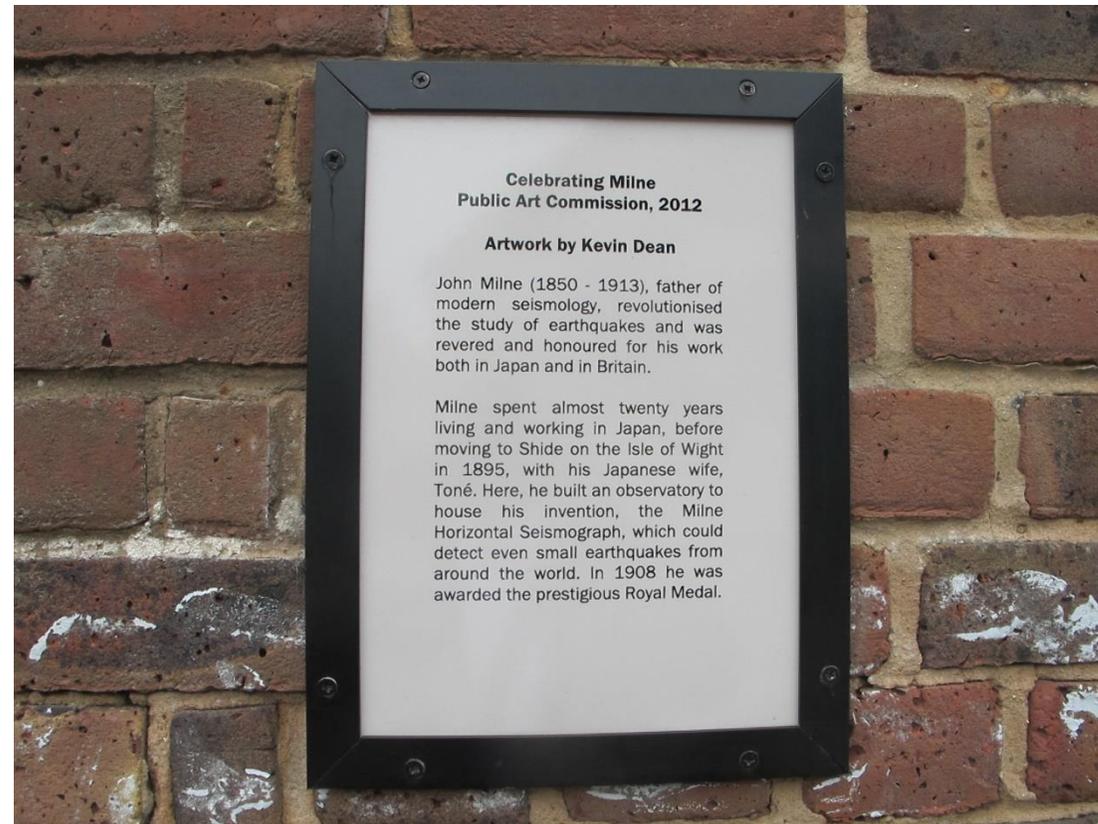
“The Neo Fault”



浅草と凌雲閣(1890～1923年、W.バートンの設計)
(ミルン所蔵スライド)



カリスブルックキャッスル博物館
ミルン資料の常設展示



ミルンの没後100年を記念してワイト島ニューポートの町に作られたパブリックアート(2012)



ミルンはゴルフに熱心だった。シャイドの家から坂道を少し登ると、ニューポートゴルフクラブがある。ミルンカップは今でも毎年続いている。

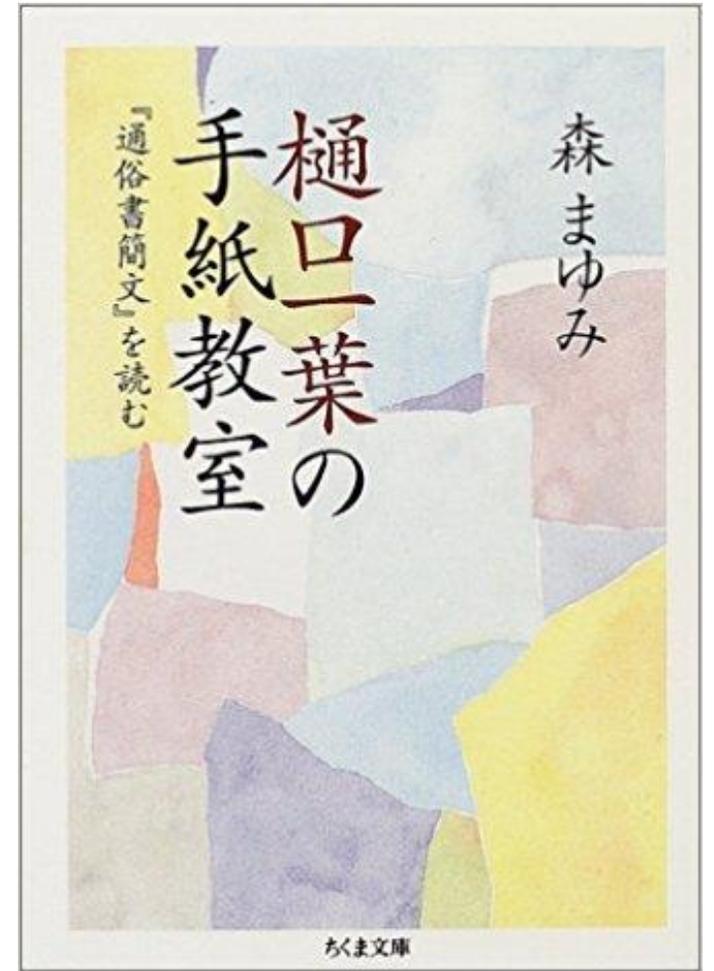
日本地震工学会HP→出版物・書庫→地震工学資料
ジョン・ミルンドキュメンタリー「The Man Who Mapped the Shaking Earth(日本語字幕版)」



台東区立一葉記念館
台東区龍泉寺3-18-4
電話03-3873-0004



樋口一葉(1872~1896)
濃尾地震(1891)
明治東京地震(1894)

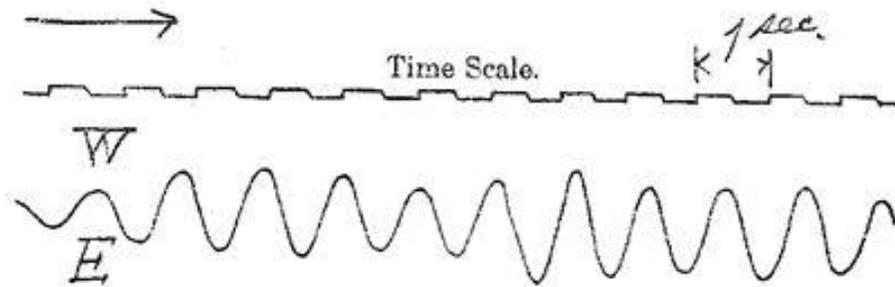


「通俗書簡文」
地震見舞いの文、同じ返事
(資料2)



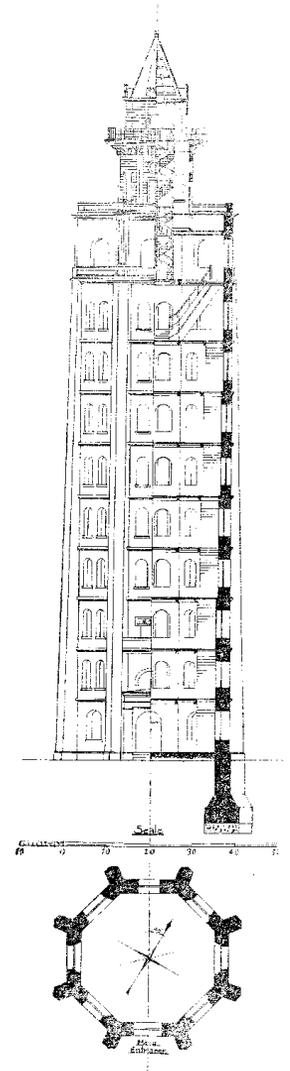
大森房吉(1868 - 1923)

大森式地震計
大森公式(余震、震源距離一規模)
人為振動台
構造物振動験測
大森一今村論争(関東地震)



凌雲閣の微動測定 ($T \approx 1.08s$)
震災予防調査会報告第97号(甲)1921年

大森先生資料館 福井市立郷土歴史博物館



第九圖 凌雲閣の構造(大森房吉、竹腰)

凌雲閣の構造
(52m、レンガ造)

1906年サンフランシスコ地震

1906年4月18日

M8.3

死者3000

佐野利器(1880-1956) 震災調査(26才)

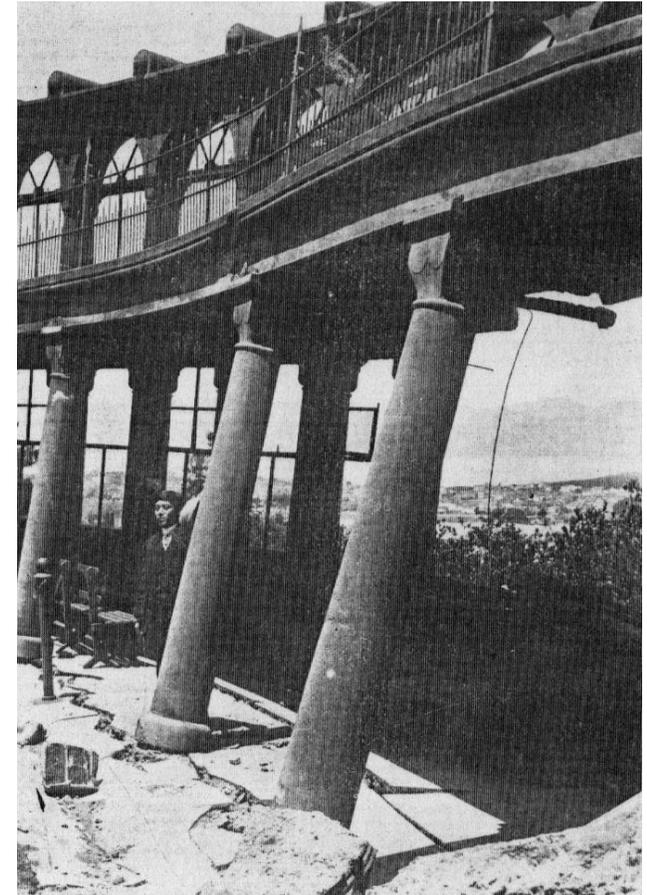
鉄骨造の耐震:真壁(煉瓦)式

RC造の耐震:パークパノラマ、粘靱性

→1914年佐野「家屋耐震構造論」

1956年 第1回世界地震工学会議

サンフランシスコ地震50周年





上 サンフランシスコ地震によるスタンフォード図書館の被害
右上 L. アガシ(1807-1873)
右下 アガシ教授石造の落下



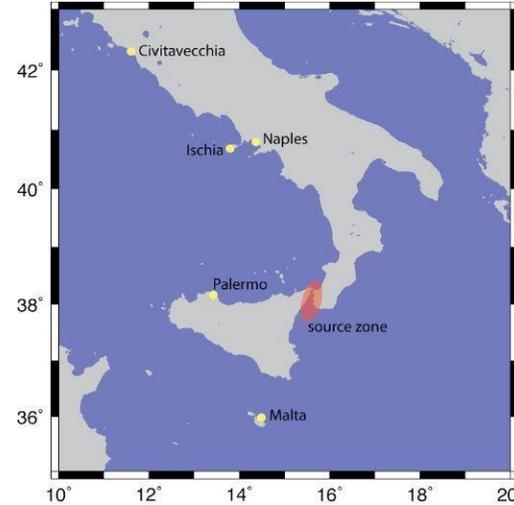


Stanford and the 1906 Earthquake, Centennial Commemoration
Earthquake Impacts on Prestige <http://quake06.stanford.edu/centennial/>

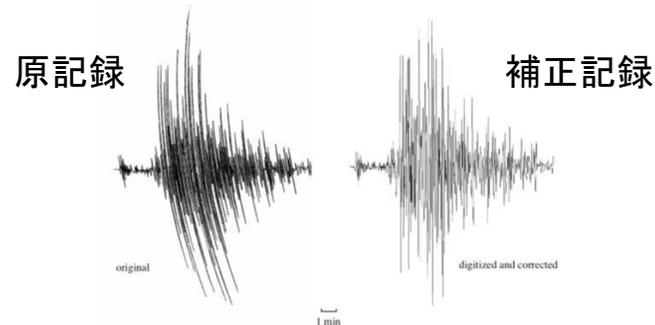
1908年メッシナ地震



レンガ造の被害 (CUREE Calendar)



震源域



ウィーヘルト地震計の記録(ドイツ)

(By Pino et.,2008)

1908年12月28日
メッシナ、レッキオ
M7.1
死者8万2千人
メッシナ市建物崩壊(93%)
津波(12m)

政府委員会
静的耐震設計法
(1層1/12、2層1/8)

1923年関東地震(関東大震災)

1923年(大正12)9月1日

神奈川県西部

M7.9

死者・不明 10万5千余人

住家全壊 10万9千余

焼失 21万2千余(全半壊後の焼失含む)

津波 熱海12m、相浜9.3m

1924年(大正13) 市街地建築物法に震度0.1

1925年(大正14) 東京大学地震研究所



佐野利器(1880~1956)
東京大学教授(1915~)
日大(1920(28)~)



上:横網町慰霊堂(伊東忠太)
下:横網町復興記念館(伊東他)

関東大震災—1



上:関東地震の大火
下:本所被服廠跡の死者
(約4万人)

スライド36



内外ビル(RC8階建)

関東大震災一2



上:内外ビル柱

下:吾妻橋麦酒工場鉄柱

(横網町復興記念館)



寺田寅彦 「Liber Studiorum」
(Book of Studies)



凌雲閣(浅草公園12階)



凌雲閣の崩壊

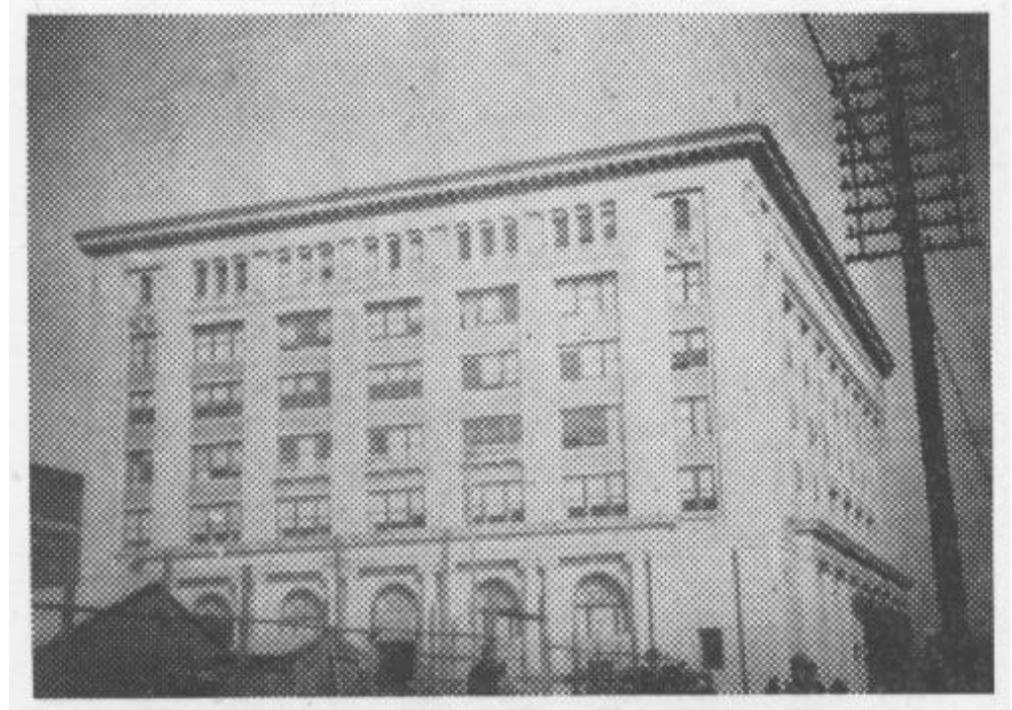


凌雲閣の工兵隊による爆破

関東大震災ー3



内藤多仲(1886~1970)



早稲田大学教授
日本興業銀行の構造設計(処女作)
→関東震災で無傷
東京タワーの構造設計



今村明恒(1870~1948)

大森一今村論争

1905年 今村明恒、雑誌「太陽」(関東地震の18年前)

1923年 大森房吉、シドニーで関東地震の揺れを地震計で見る。ただちに帰国し、その直後に没。

今村明恒、日本に於ける過去の地震活動について(増訂)、地震、第8巻、第12号、1936年(昭和11)

地震活動の旺盛期

上古(7C~9C、200年)

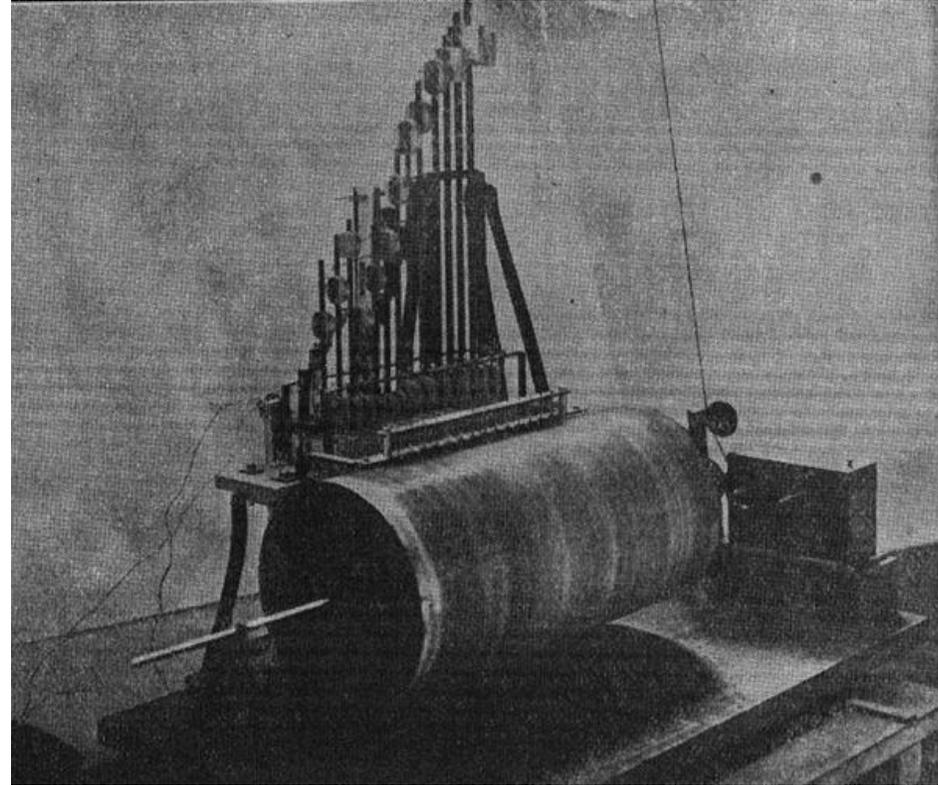
近古(16C末~18C初、120年)

近世(19C半~)

1929年(昭和4)地震学会再設立、「地震」(第1輯)刊行
南海地震を予想し、警告。「稲むらの火」の普及を支援。
和歌山県広川町に記念館(浜口悟陵)



末広恭二(1877~1932)



地震波分解器(1926)

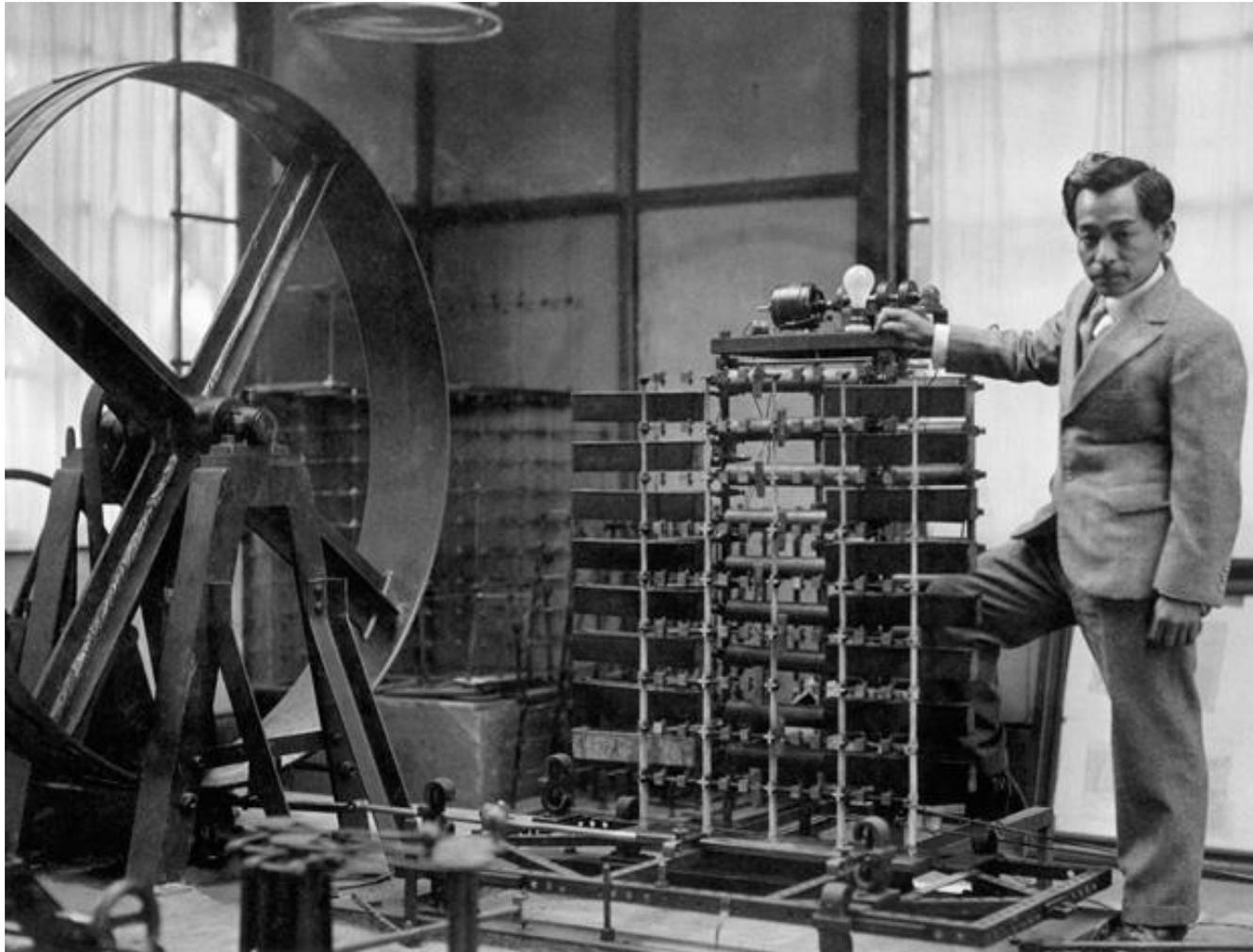
Engineering Seismology: Notes on American Lectures, Proc. ASCE, LVIII No.4, 1932
(1931年米国カリフォルニア大学、スタンフォード大学、CALTECH、MITで講演)



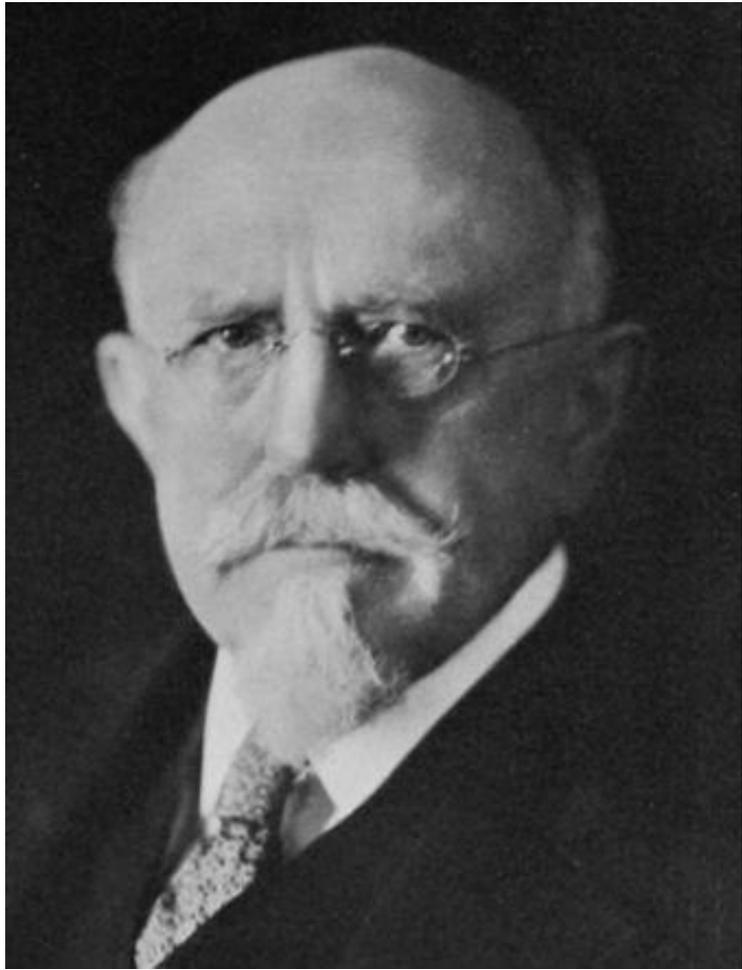
妹澤克惟(1895～1944)
東大船舶→地震研究所(末広の招き)
「振動学」(岩波、1932)
地震波動、逸散減衰



金井清(1907～2008)
「地震工学」(共立、1969)



谷口 忠(1900~1995)
東京工業大学(1928年設置)
谷口式(建物固有周期)



John. R. Freeman (1855~1932)
米国土木学会、機械学会会長
強震観測を推進

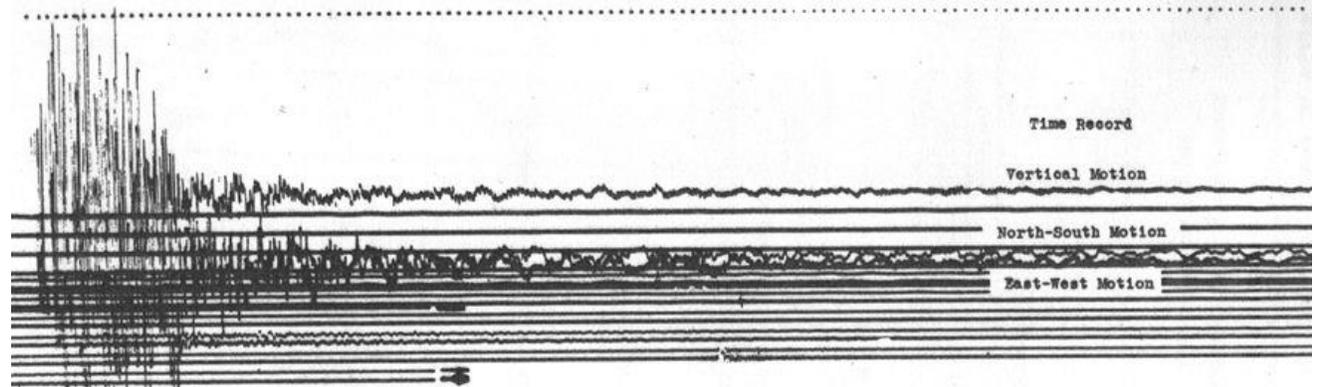
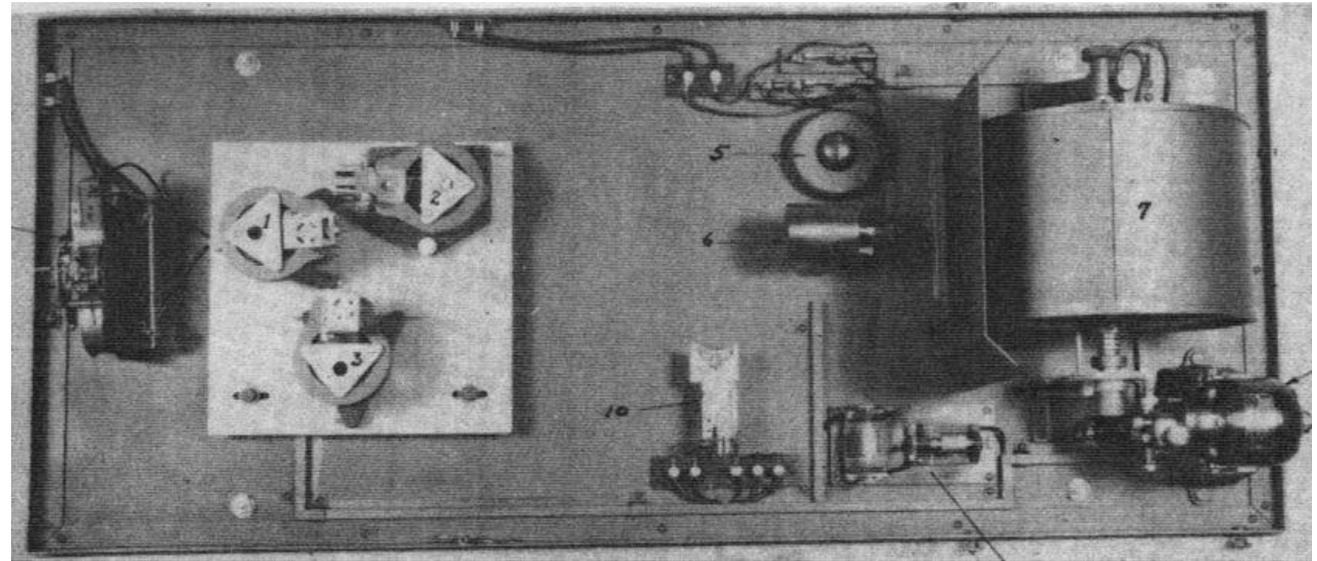


FIG. 7.—Original accelerogram of the earthquake of March 10, 1933, for Long Beach. Note the overlapping. A dash is made on the record every half-second.

上: US Coast and Geodetic Surveyが開発した強震計

下: 1933年ロングビーチ地震による最初の強震記録

1933年ロングビーチ地震

1933年(昭和8年)3月10日

Mw=6.4、死者120人

J. R. Freeman(1855-1932)

強震計の開発推進(USCGS)

1933年 世界最初の強震加速度記録(Vernon、 Δ 48km)

NS方向 0.13G

EW方向 0.15G

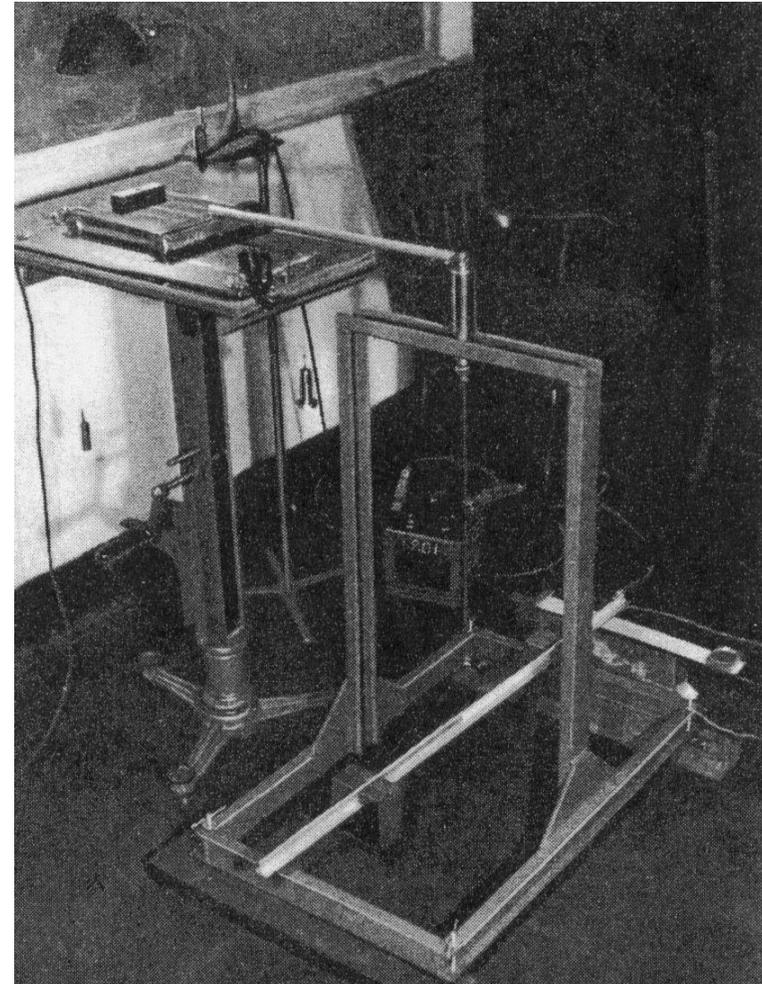
UD方向 0.15G

齊田時太郎(1893~1958)

「ロングビーチ震災による地震工学の収穫」、地震第1輯、1934年
(ロングビーチ地震記録3か所の紹介あり、末広博士の貢献の記述、末広とフリーマンは1932年に死去)



Maurice A. Biot (1905—1985)
Transient Oscillations in Elastic Systems,
Ph.D Thesis, 1932



ビオールの機械的アナライザー
(ねじれ振子、1941)



棚橋 諒(1907 - 1974)
京都大学

剛柔論争

1927～1935年(大正15～昭和10)

剛構造派

佐野利器、武藤 清

柔構造派

真島健三郎

ポテンシャルエネルギー派

棚橋 諒

強震記録による動的な知見の不足

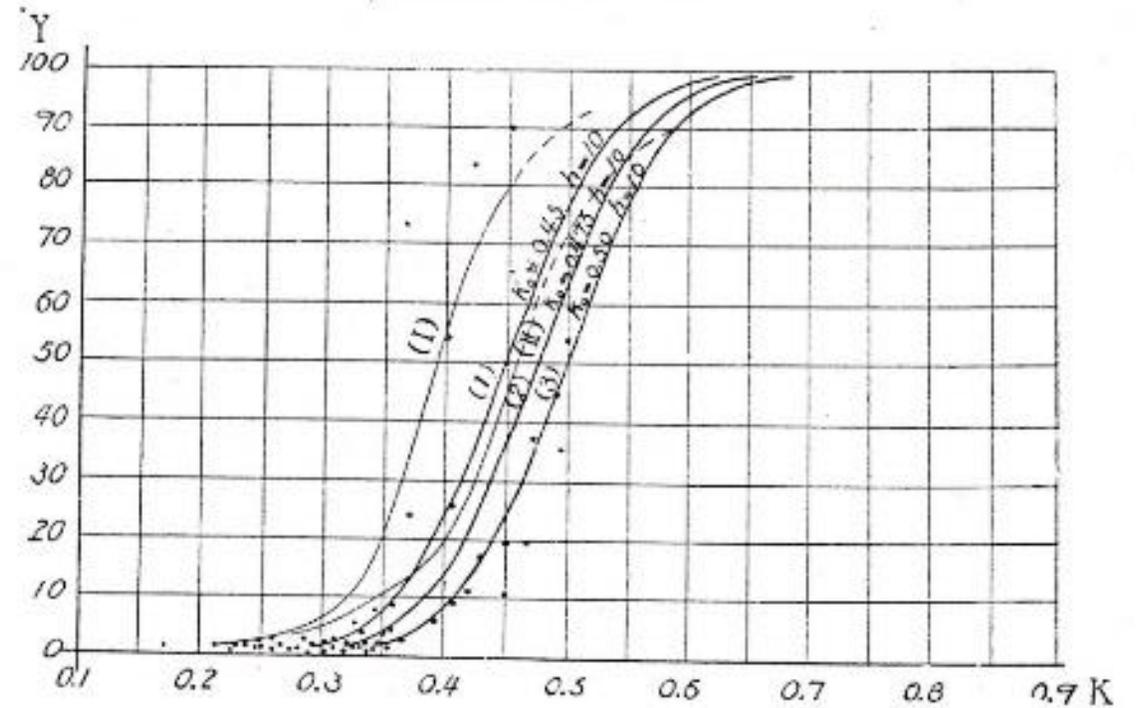
(Vernon記録 1933年)

(El Centro記録 1940年)

(ビオー応答スペクトル 1941年)



物部長穂(1888~1941)
「土木耐震学」(常盤書房、1933)
ダム、橋梁の耐震
秋田県大仙市に記念館



家屋倒壊率と合震度の関係

1948年福井地震

1948年(昭和23)6月28日

福井県北部

M7.1

死者3769人

家屋全壊 3万6千余

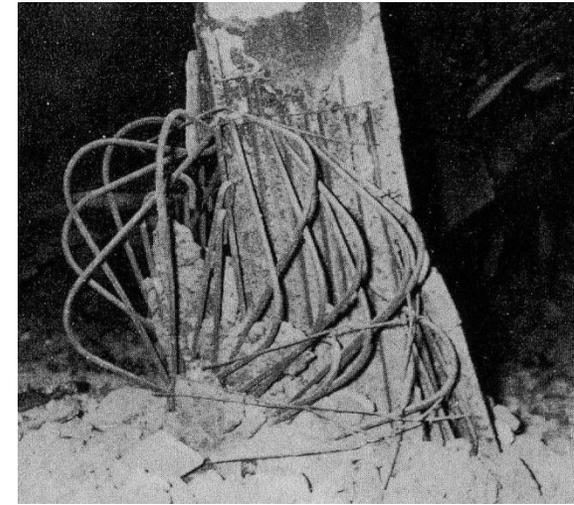
断層(地割れの連続) 延長約25km

1950年(昭和25)建築基準法 震度0.2

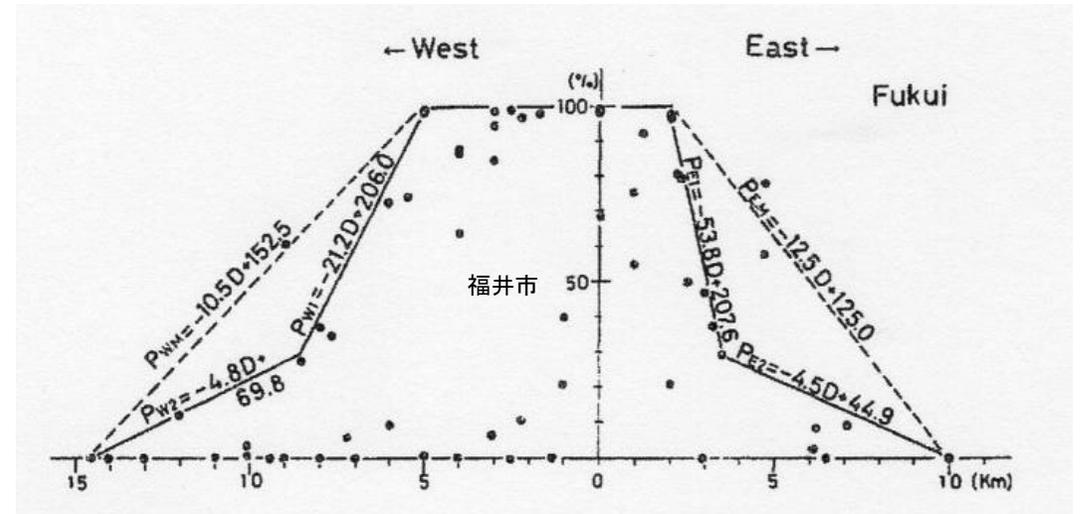
1951年(昭和26)京都大学防災研究所
(初代所長 棚橋諒)



大和デパート被害(RC造6階建)



大和デパート1階柱



市町村全壊率と断層からの距離(谷口・飯田)



小林啓美氏撮影・提供
ないふるNo.9, 1008.9



丸岡城天守(福井県坂井市)

築城年1576年(天正4)築城

1948年(昭和23)福井地震で倒壊、昭和26年再建工事着手

1955年(昭和30)再建修理工事完了、重要文化財



1959年伊勢湾台風被害(死者・不明5238人)

1963年 特定研究

1972年 特別研究

1987年 重点領域研究

1994年 総合研究A 1996～1999 都市直下地震(重点、土岐憲三)



長谷川万吉(1894－1970)

1960年 災害科学総合研究班
災害科学の総合的研究(文部)

1981年 自然災害科学会

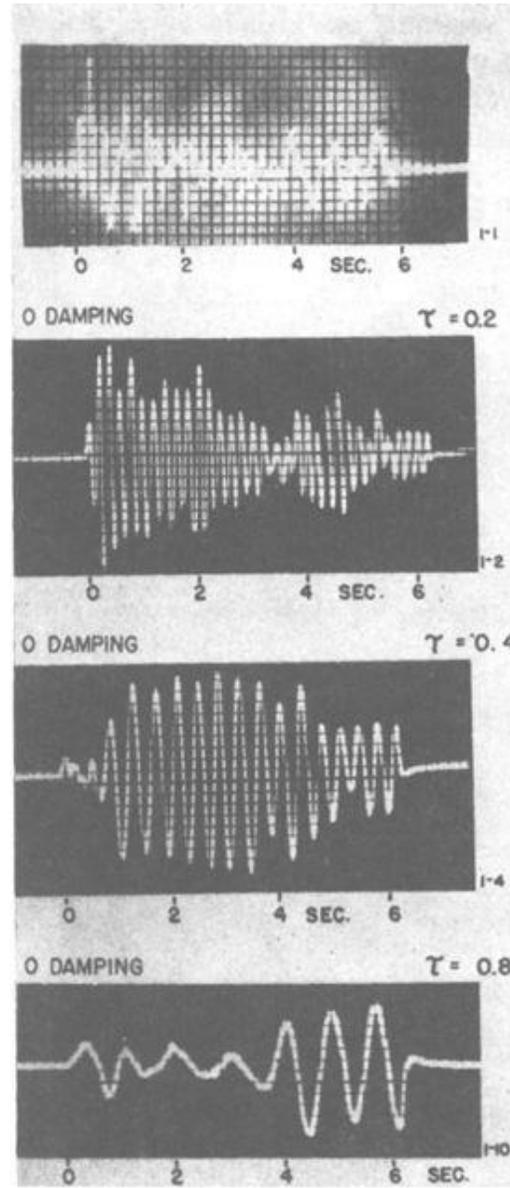
1986年 日本自然災害科学会

2000年 総合班終了

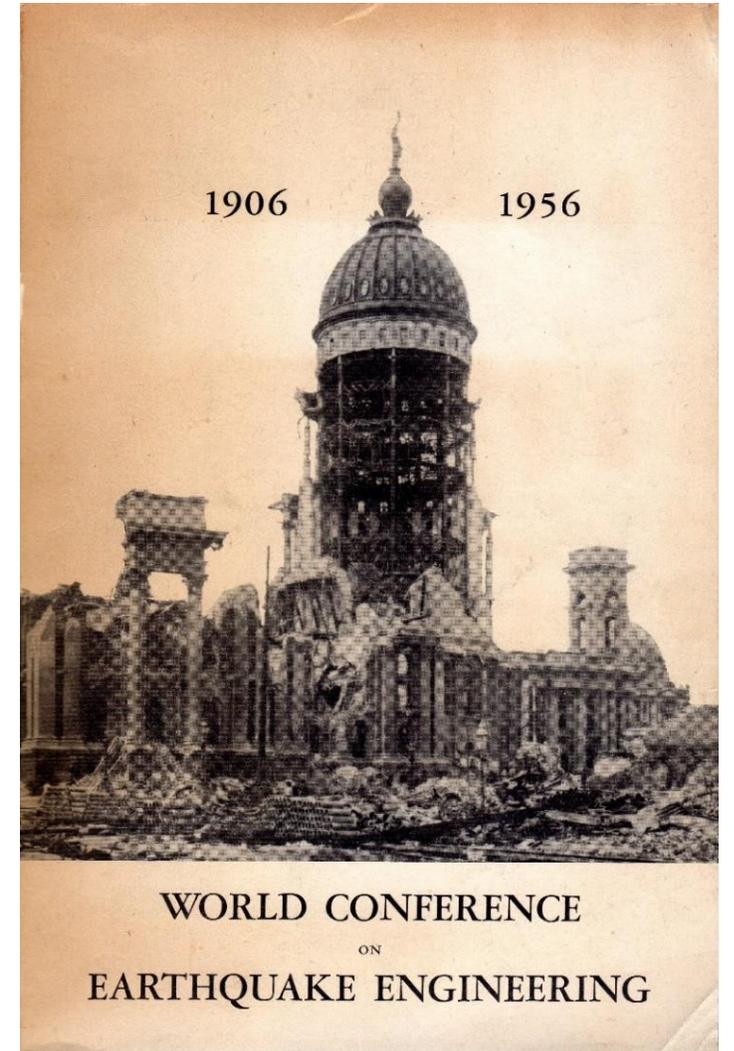
スライド50



G. W. Housner (1910~2008)
California Institute of Technology



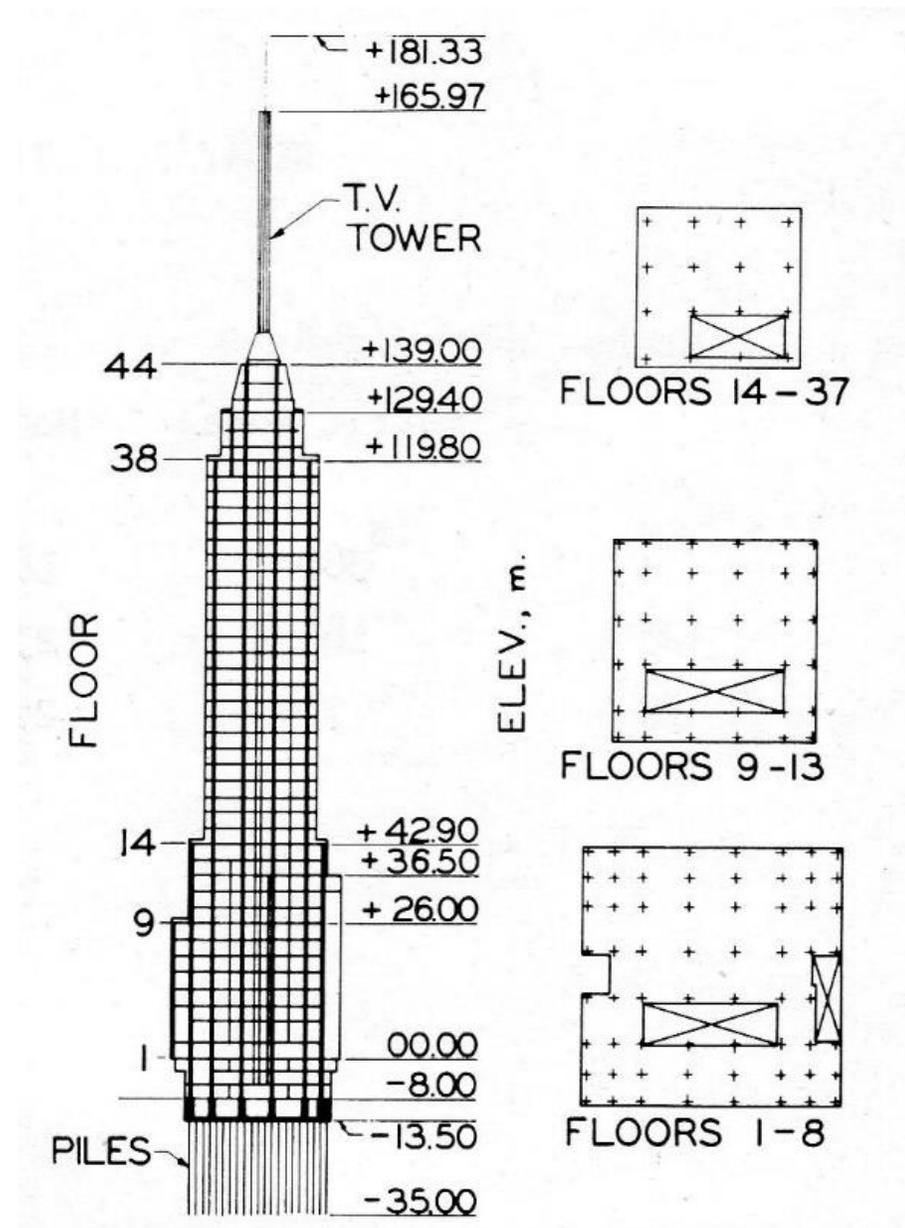
電子管アナログによる地震応答(1949)



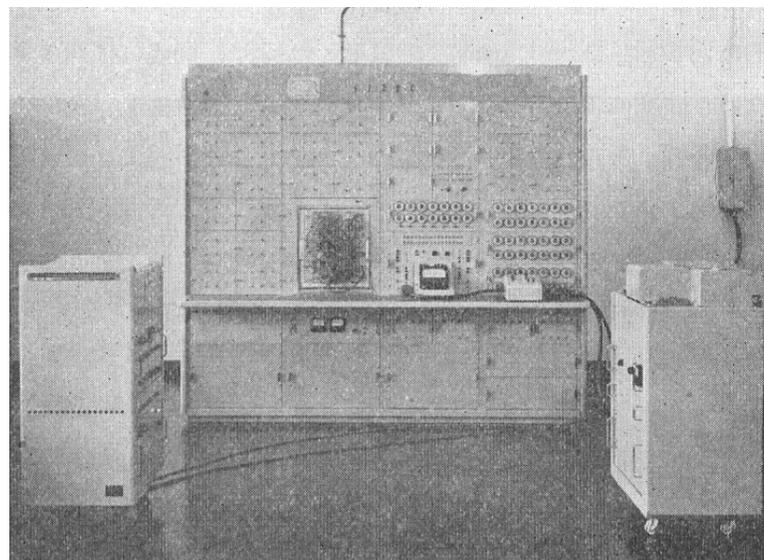
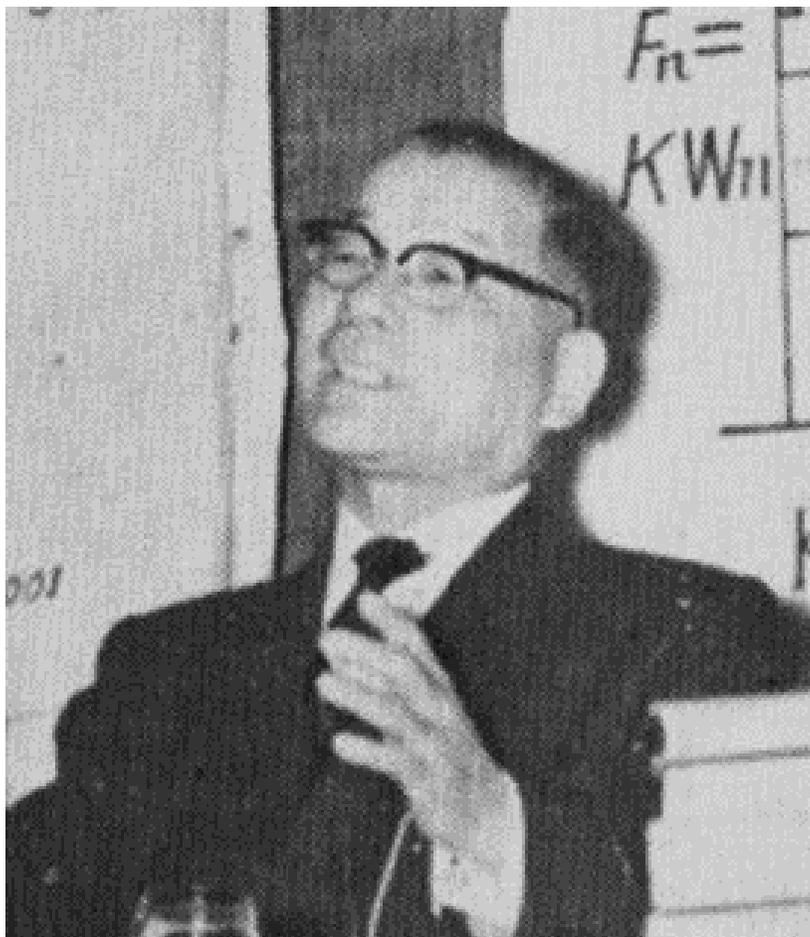
1956年世界地震工学会議論文集



N. M. Newmark (1910~1981)
University of Illinois



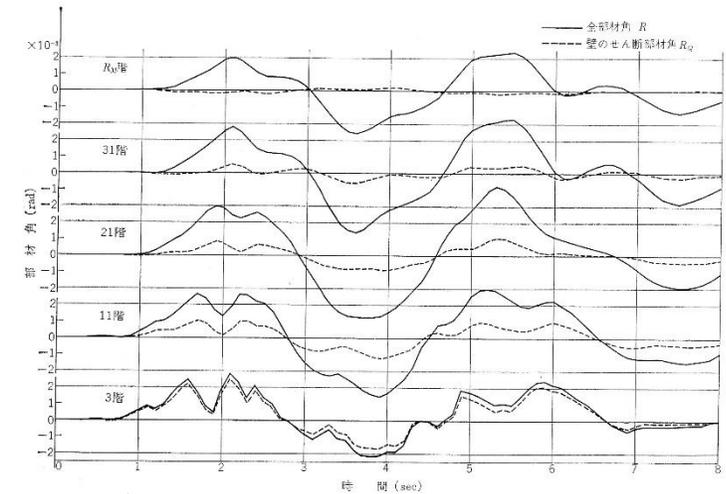
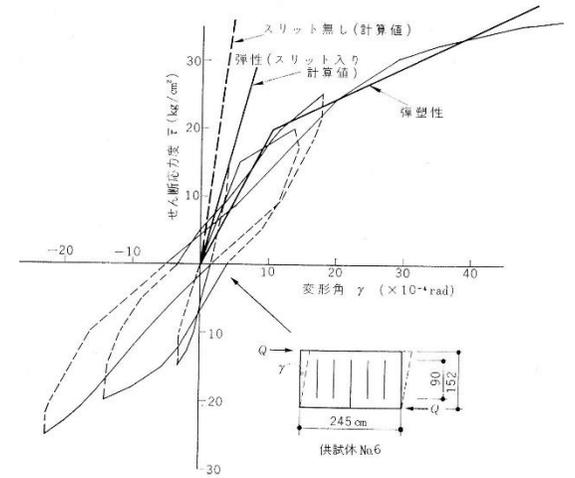
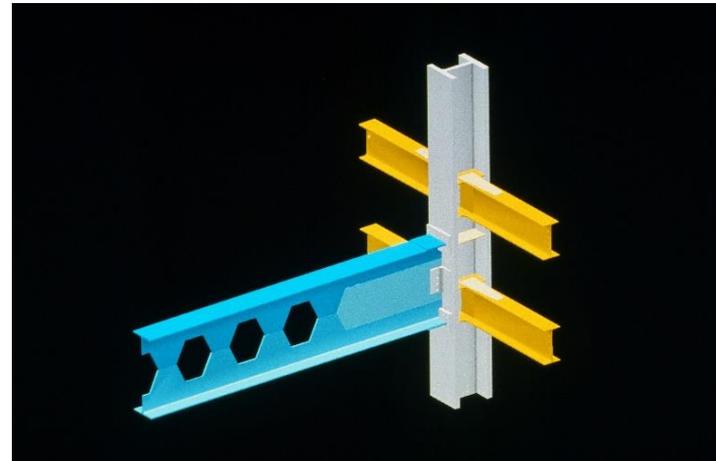
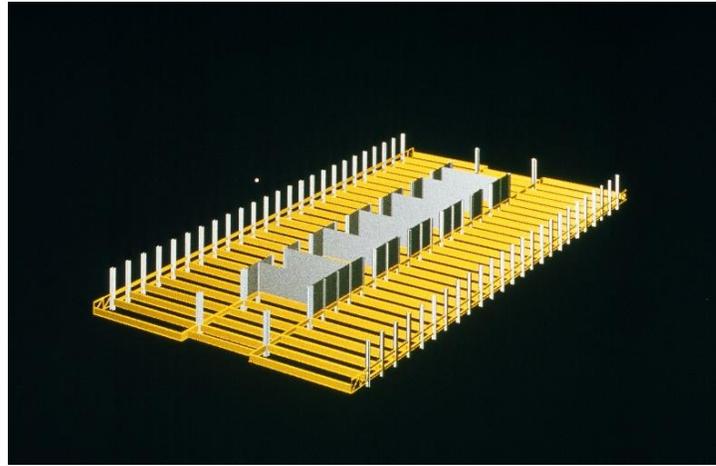
ラテノアメリカーナ タワー(1956)の構造



電子管低速型アナログ計算機SERAC



5質点応答波形



左:霞が関三井ビル(1968) 中上:骨組配置 中下:柱・梁部材 右上:スリット壁復元力 右下:地震応答波形
 (建築構造パースペクティブスライド集 建築学会 1994、超高层ビルへのアプローチ 鹿島出版会 1966)

小堀鐸二(1920~2007)

アナログコンピューター

建物・地盤相互作用、制震構造

京都大学



多治見宏(1924~2011)

構造物・地盤動的相互作用

「建築振動学」

日本大学



1968年十勝沖地震

1968年(昭和43)5月18日

青森県東方沖

M7.9

死者52人

建物全壊673

津波 三陸沿岸3～5m

鉄筋コンクリート造せん断破壊

耐震構造研究の加速



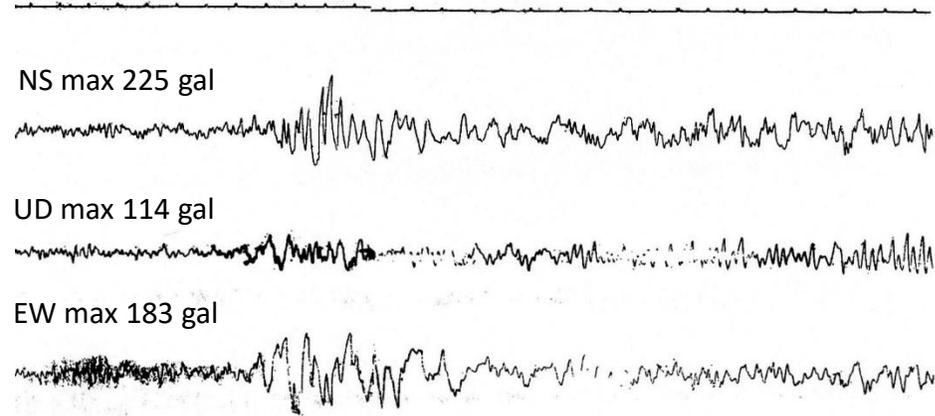
十勝沖地震による三沢高校1階柱のせん断破壊

mark 1sec

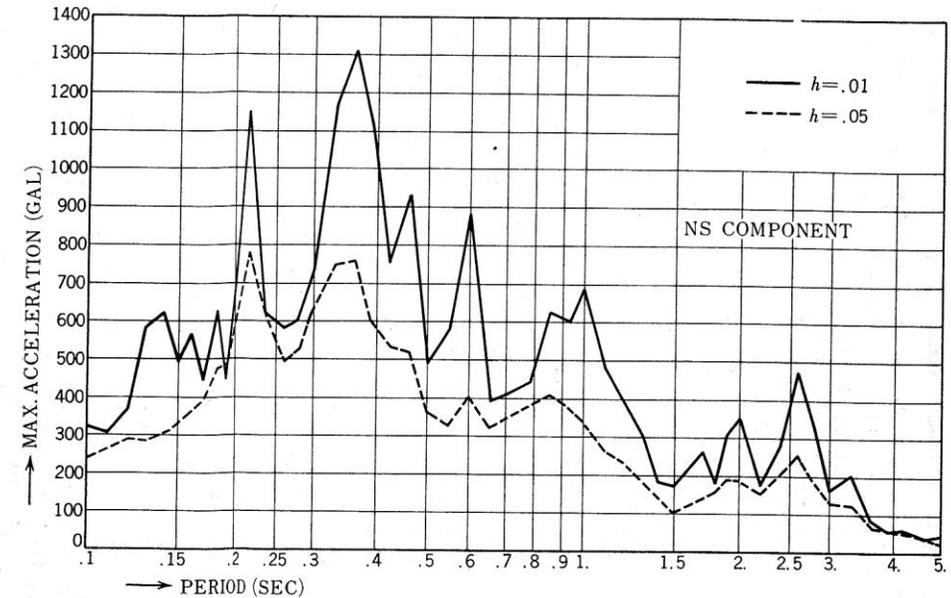
NS max 225 gal

UD max 114 gal

EW max 183 gal



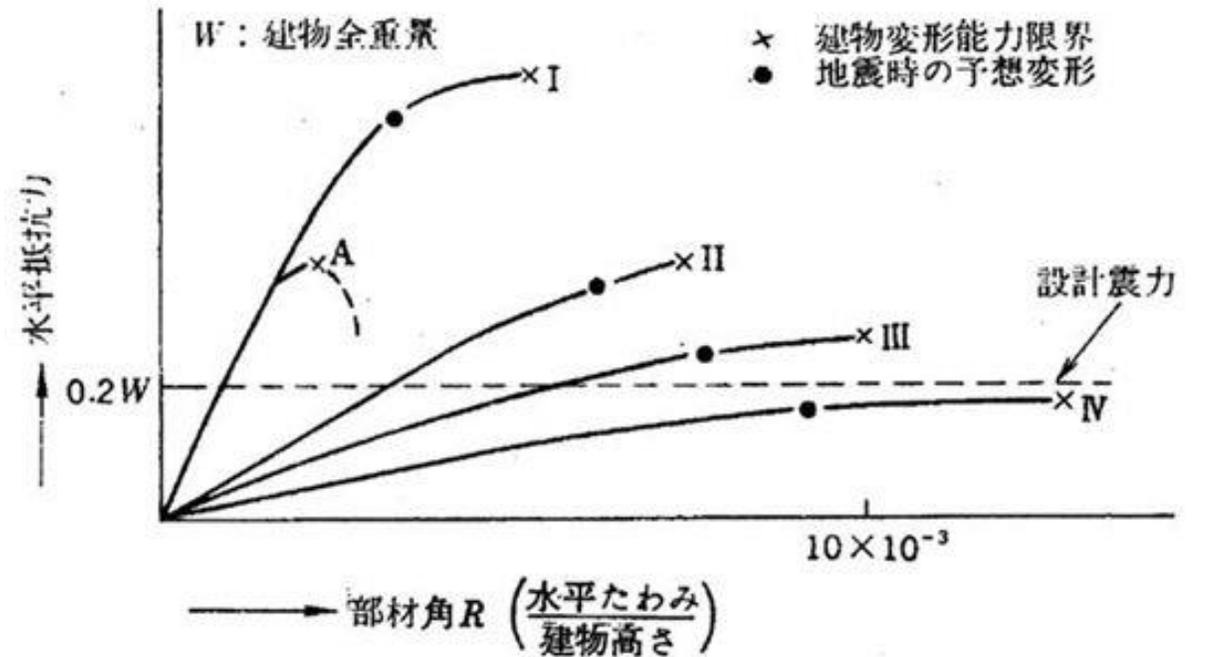
八戸港湾事務所強震記録



八戸記録の加速度応答スペクトル



梅村 魁(1918-1995)



- I: 壁が多くある剛性が高い建物
- II: 壁がある程度あるか、または剛性の高いラーメン式建物
- III: 壁のない純ラーメン構造
- IV: 超高層建物

建物の強度とじん性(初出 建築雑誌、1969年1月)

1978年宮城県沖地震

1978年(昭和53)6月12日

宮城県沖

M7.6

死者28人(ブロック塀18人)

住家全壊1183

都市機能被害(ライフライン)

造成宅地被害、杭被害

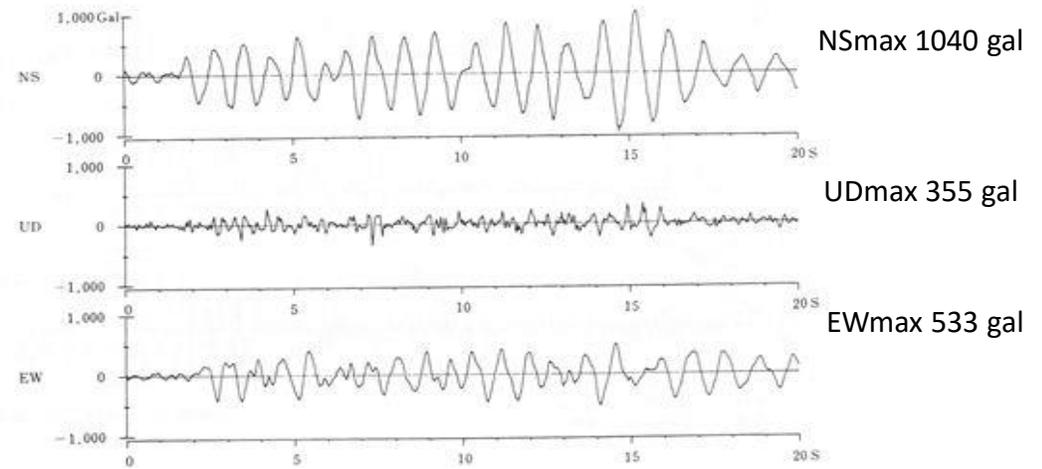
1981年(昭和56)新耐震設計法



宮城県沖地震による泉高校の
1階柱被害



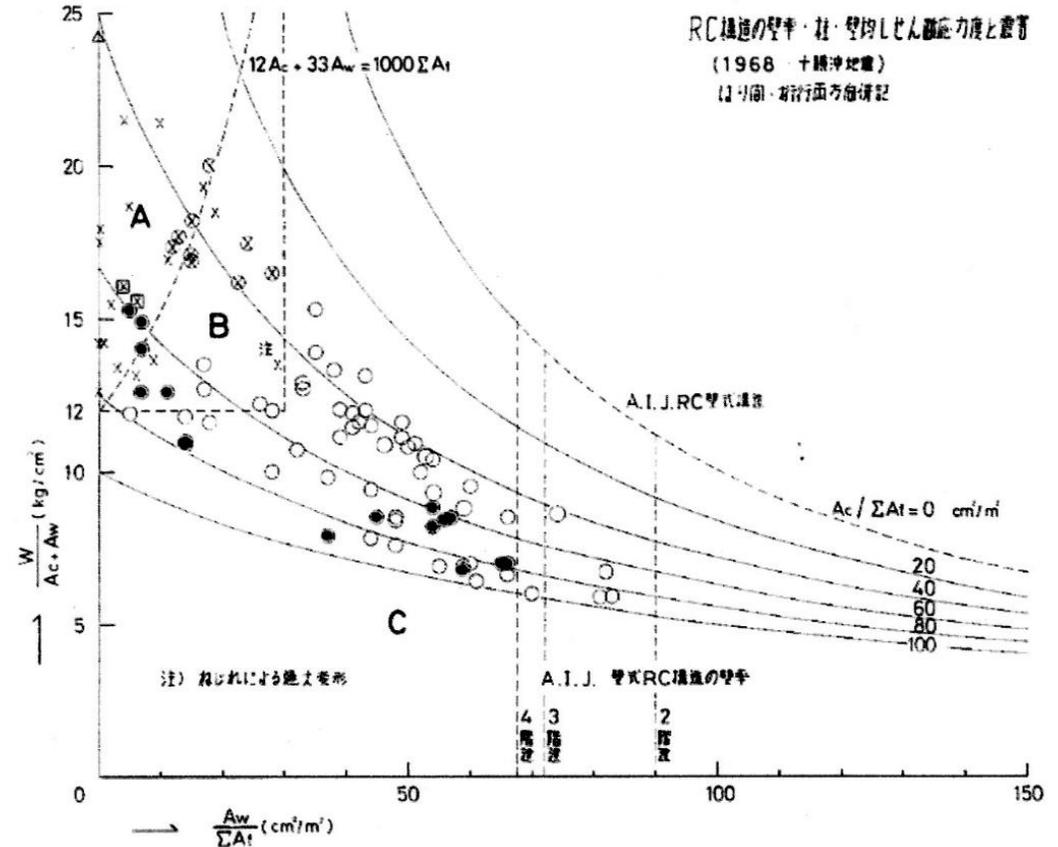
東北大学建設系建物 (SRC造、9階建て、1969年)



建設系建物の加速度応答記録波形 (9階)



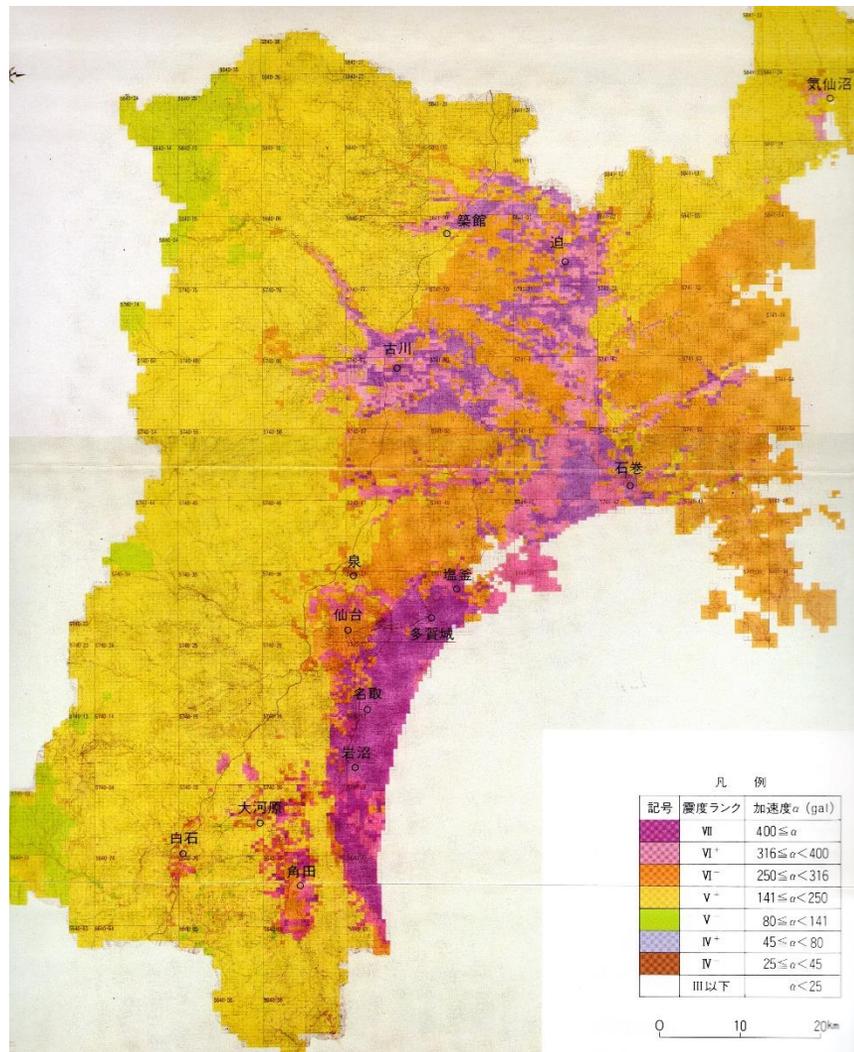
志賀敏男(1923-2009)
東北大学



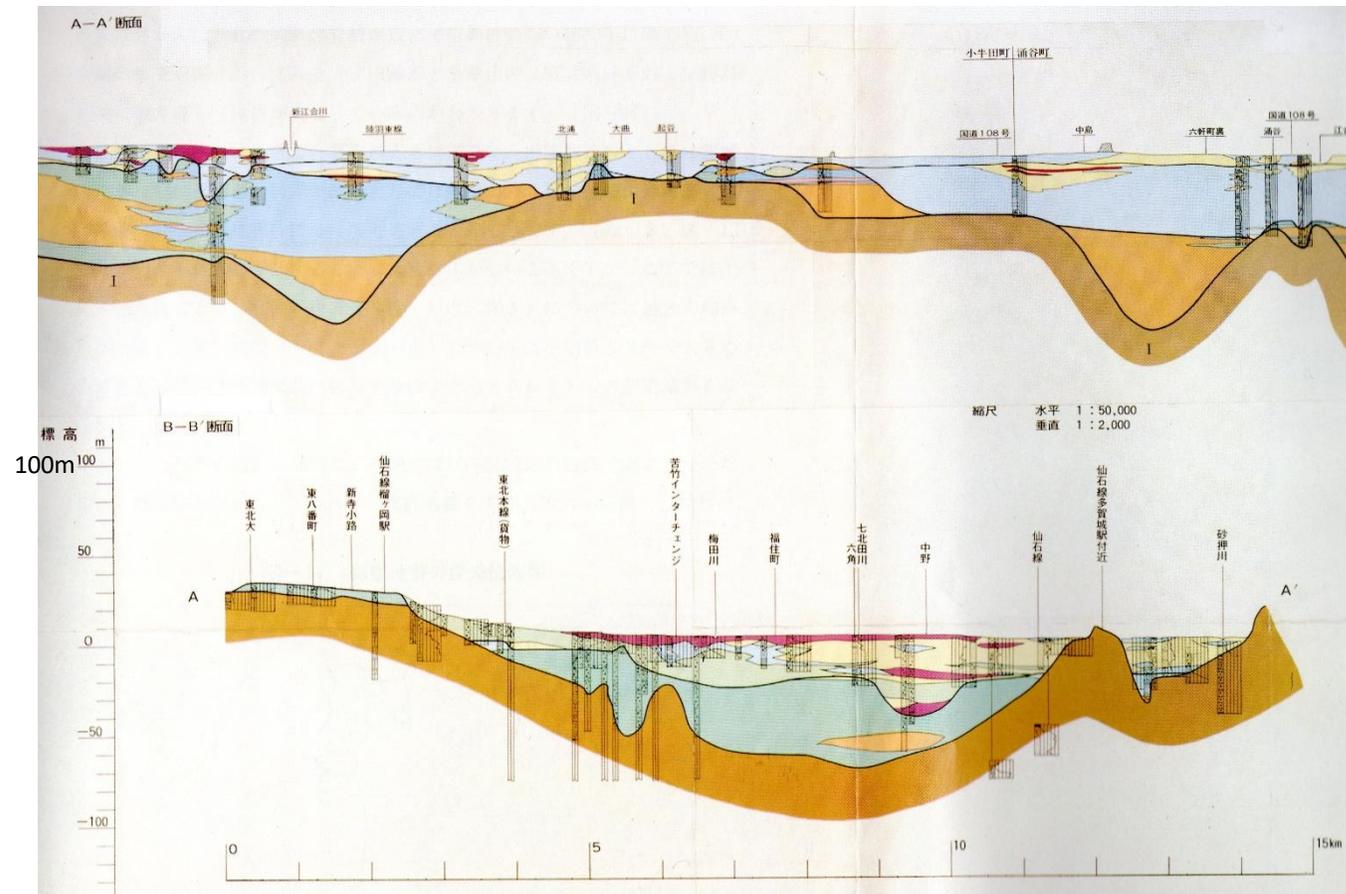
志賀マップ(1968年、十勝沖地震、RC低層建物)

○は無被害・軽微、●はC型校舎(3スパン)、⊗は小破、×は大破)

→宮城県沖地震でもよく適合



震度予測図 (想定金華山沖南部、M=7.5)



地質断面図 (上:古川付近、下:仙台付近)

15km

宮城県地震地盤図 (1985年 (昭和60))

東京地盤図(1959)

土質柱状図3431本



大崎順彦(1921~1999)

建築研究所、東京大学
基礎構造、地盤工学

宮城県地震地盤図(1985)

→宮城県地震被害想定

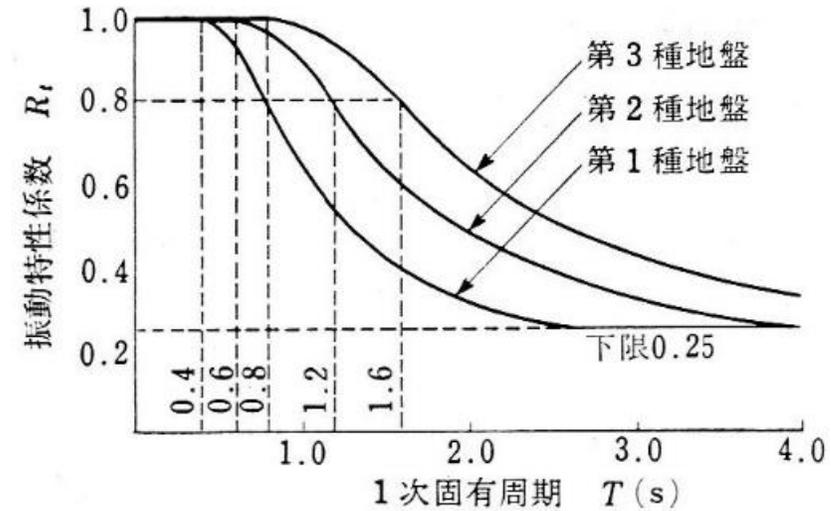


河上房義(1914~2000)

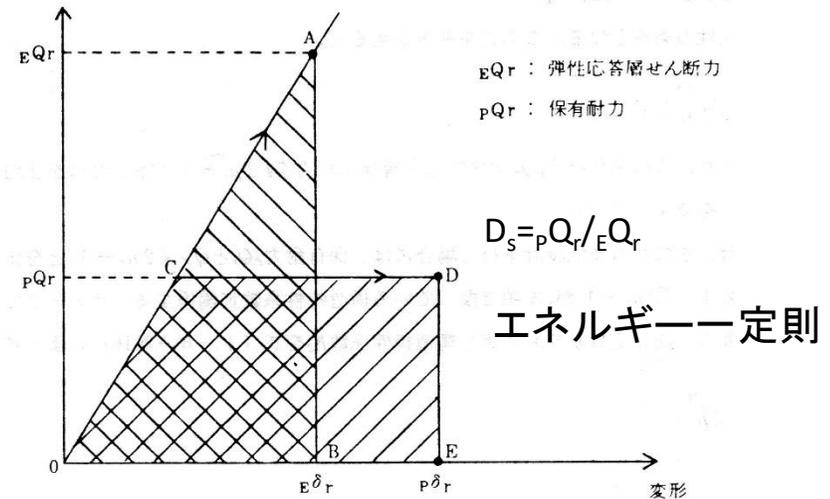
東北大学
土質工学

新耐震設計法(1980)

- ・大地震時の現実的な応答を考慮
地震力 $C_0=1.0$
固有周期の考慮(R_t)
- ・弾塑性挙動を考慮
許容じん性に応じた耐力低減(D_s)
ルート3(保有耐力検討)
- ・壁・柱率による設計ルート
ルート1、ルート2(志賀マップ)
- ・不整形性の考慮
偏心率(F_e)、剛性率(F_s)



振動特性係数 R_t (地震力に建物の固有周期を考慮)



構造特性係数 D_s (建物のじん性を考慮した必要耐力)



1976年唐山地震(市内中心部の建物倒壊)
死者24万4千人(公式)



1985年メキシコ地震
21階S造政府合同庁舎の倒壊
(後ろは同じ21階建物で傾斜)
死者9500人以上

1995年兵庫県南部地震(阪神・淡路大震災)

1995年(平成7)1月17日

淡路島付近、直下型

M7.3、震度7(最初)

死者6434人(多くは倒壊と火災)

住家全壊10万4906

建築物(旧基準)被害、道路橋被害など

1995年(平成7)耐震改修促進法

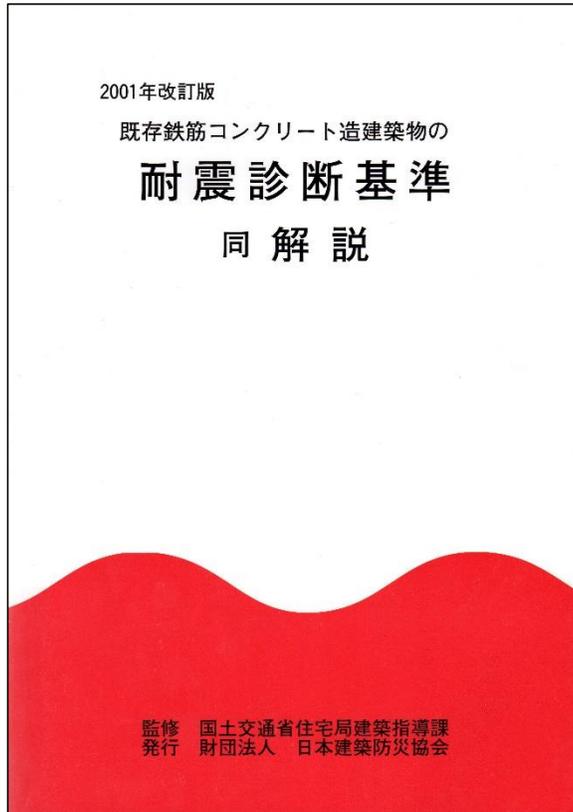
旧基準による建物の耐震診断・改修



神戸市庁舎(8階建、5階までSRC、6階からRC造)
6層部分崩壊(6層より上を撤去して再使用)
新庁舎(S造30階建):無被害

1994年ノースリッジ地震 高速道路橋の落下

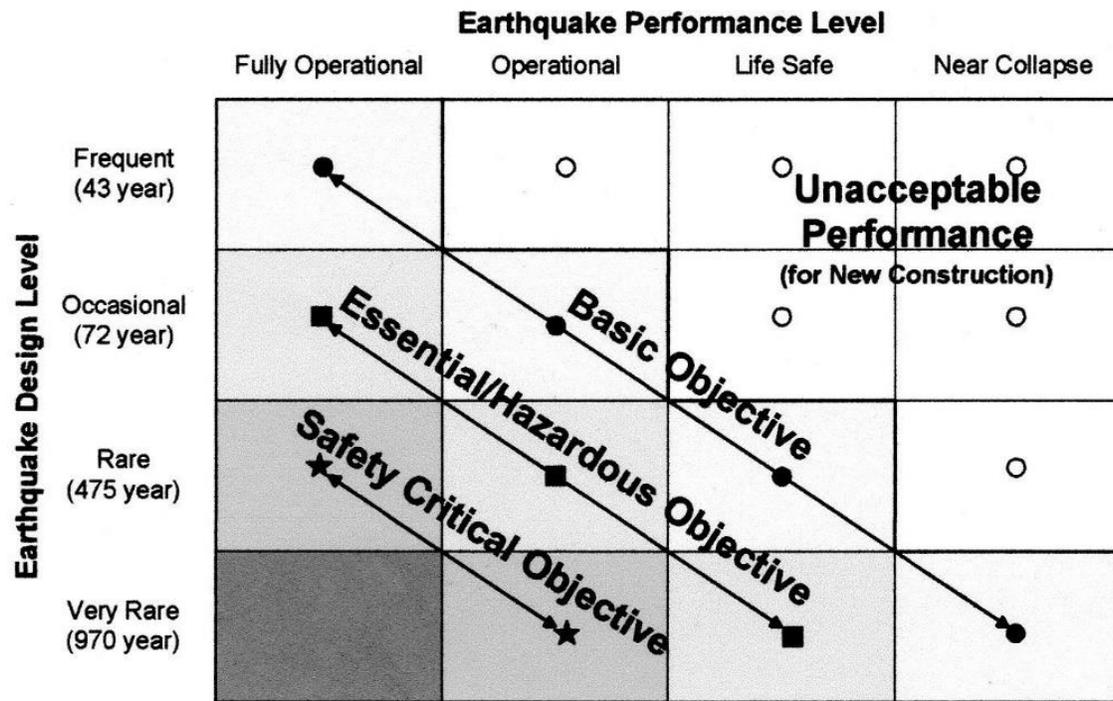




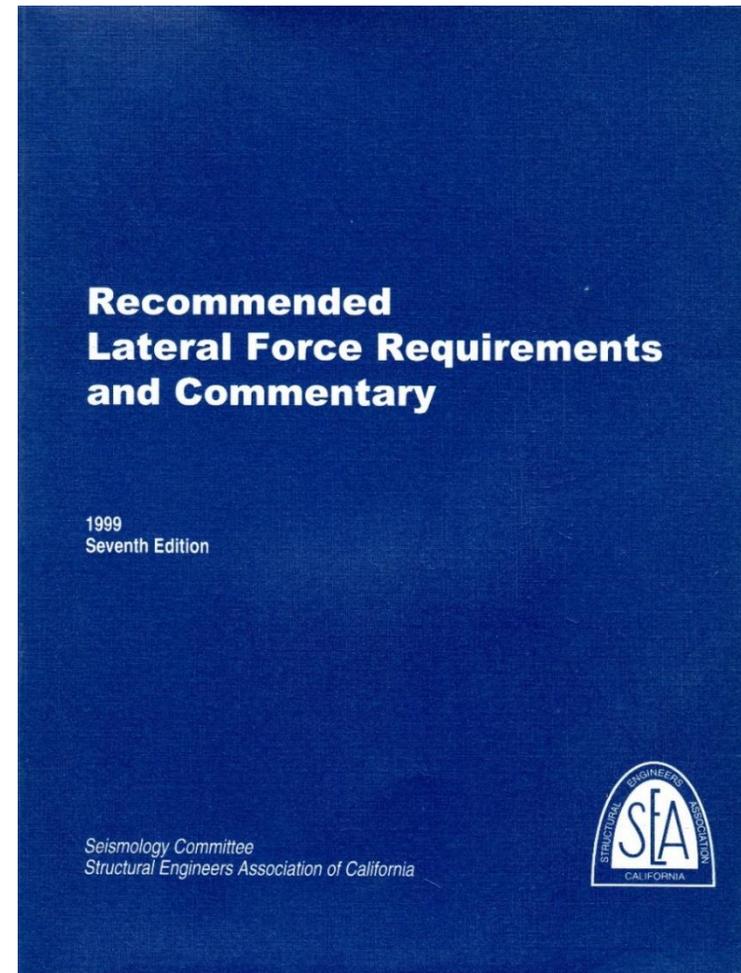
日本建築防災協会、岡田恒男
1977年初版、1990年改訂
2001年改訂



人と防災未来センター 神戸市 2002年
センター長 河田恵昭

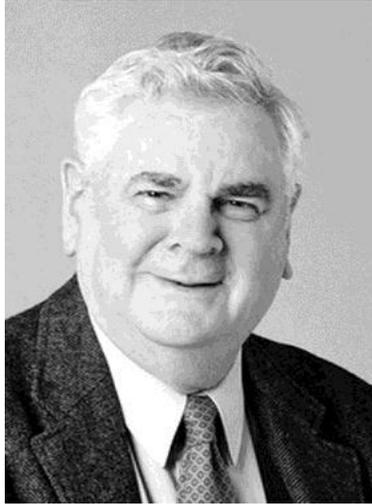


SEAOC Vision 2000 (1995)における地震レベルー性能レベルの表
(Performance-Based Seismic Design)



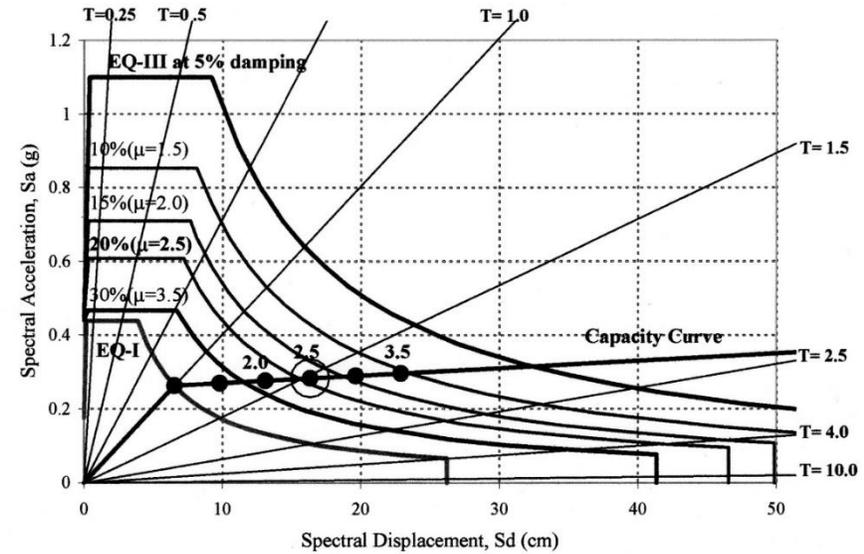
SEAOC Blue Book 耐震設計基準(1999)

Sigmund A. Freeman



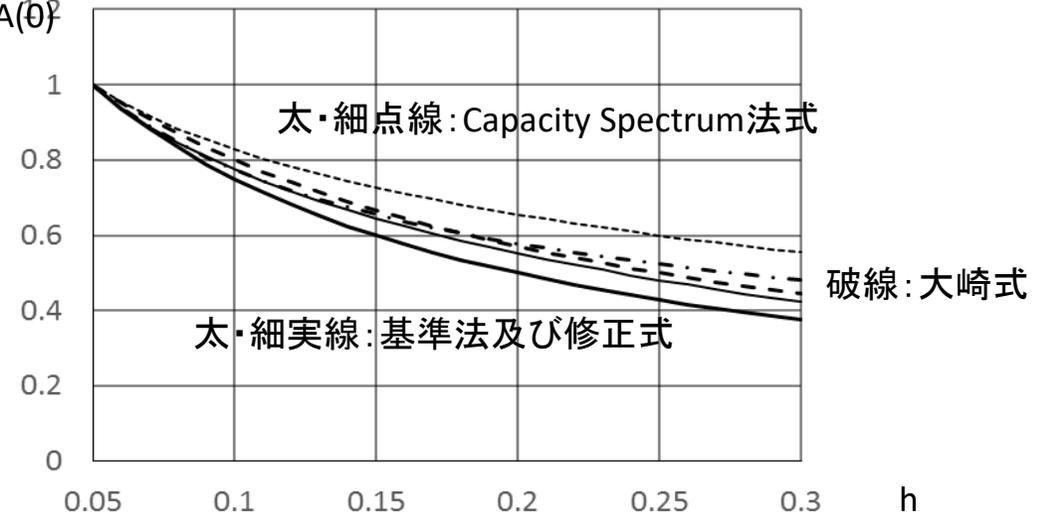
Structural Engineer
 Senior Principal, Wiss, Janney,
 Elstner Associates, Inc.
 UC Berkeley, BS(Civil) 1955
 MS(Civil) 1957

Capacity Spectrum Method

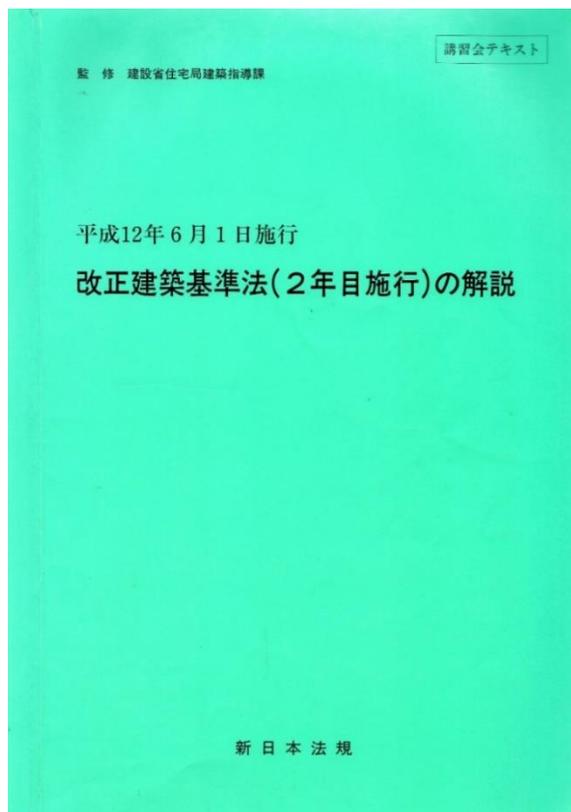


加速度-変位応答スペクトル(ADRS)

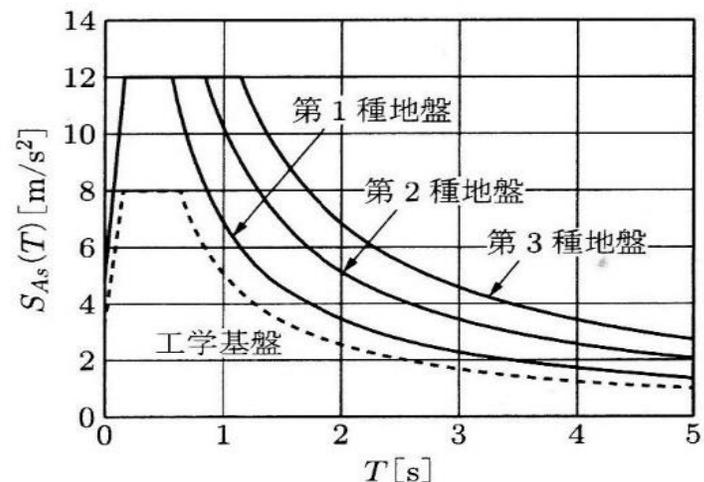
$SA(h)/SA(0)^2$



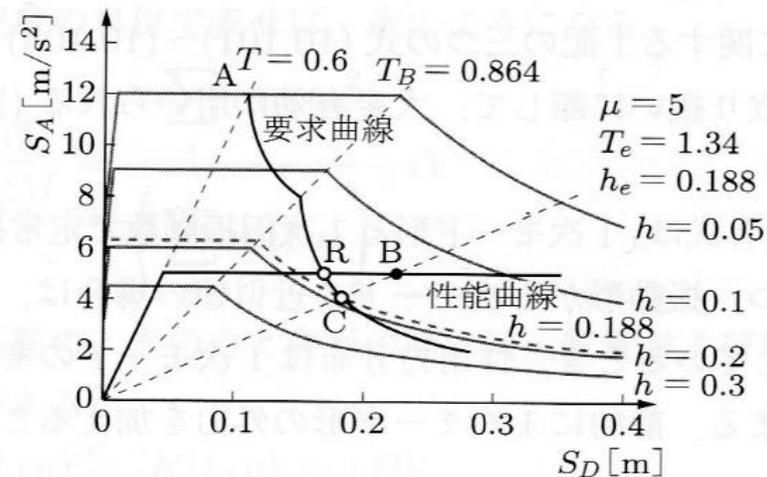
減衰による応答低減率



1998/2000年基準法改正(性能規定化)
限界耐力計算の導入
 2005年耐震偽装事件
 2007年基準法改正



設計用加速度スペクトル



R:応答点、B:保有耐力(限界状態)、C:要求耐力

限界耐力計算(保有耐力 $B \geq$ 要求耐力C)

2011年東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)

2011年(平成23)3月11日

三陸沖中部～茨城県沖、逆断層型超巨大地震

M9.0、震源域約500km×約200km、綾里40m高

死者・不明21176(死者の90%以上が水死)

住家全壊128801

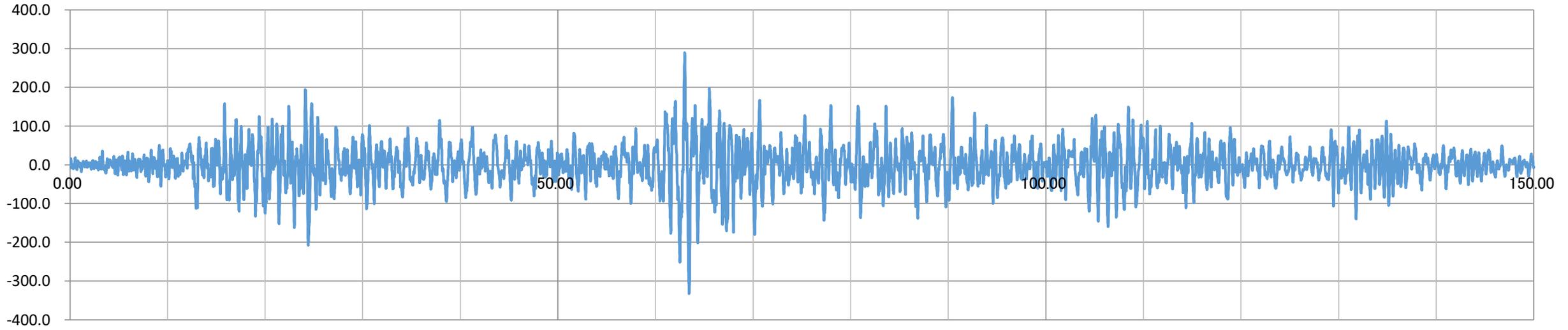
(869年貞観津波、1896年明治三陸津波死者21959)

福島原発事故(津波による電源喪失)

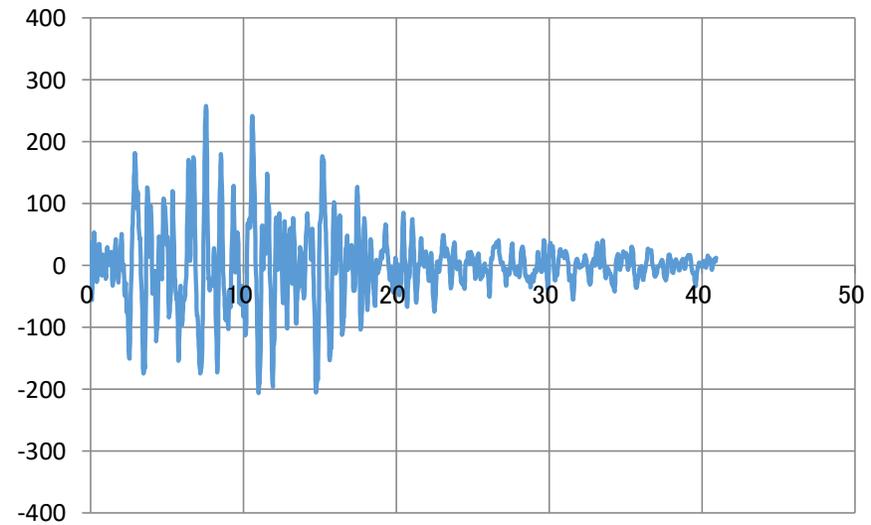
非構造被害、設備被害、宅地被害、地盤と震害

2014年 東北大学災害科学国際研究所

2011年3月11日 東北大学1階 NS Max 333gal



1978年6月12日 東北大学1階 NS Max 258gal





津波前の荒浜と荒浜小学校、仙台市



仙台市HP
仙台市荒浜小学校(RC4階建)、320人避難、全員へり救助



津波後の荒浜と荒浜小学校(浸水は2階床上)
家屋はほぼ流失

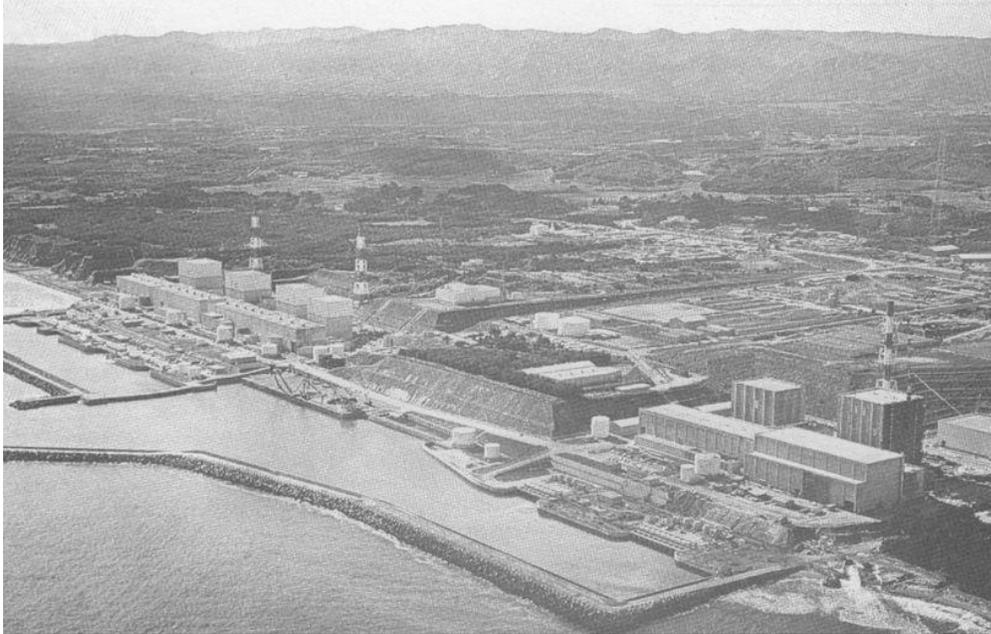


仙台市メディアテークの天井落下(メディアテークH.P)



東北大建設系建物 上:旧建物(1969)、下:被災

建設系新棟 上:2014年完成、RC造5階建
下:免震装置



福島第一原子力発電所の全景(1978年当時)

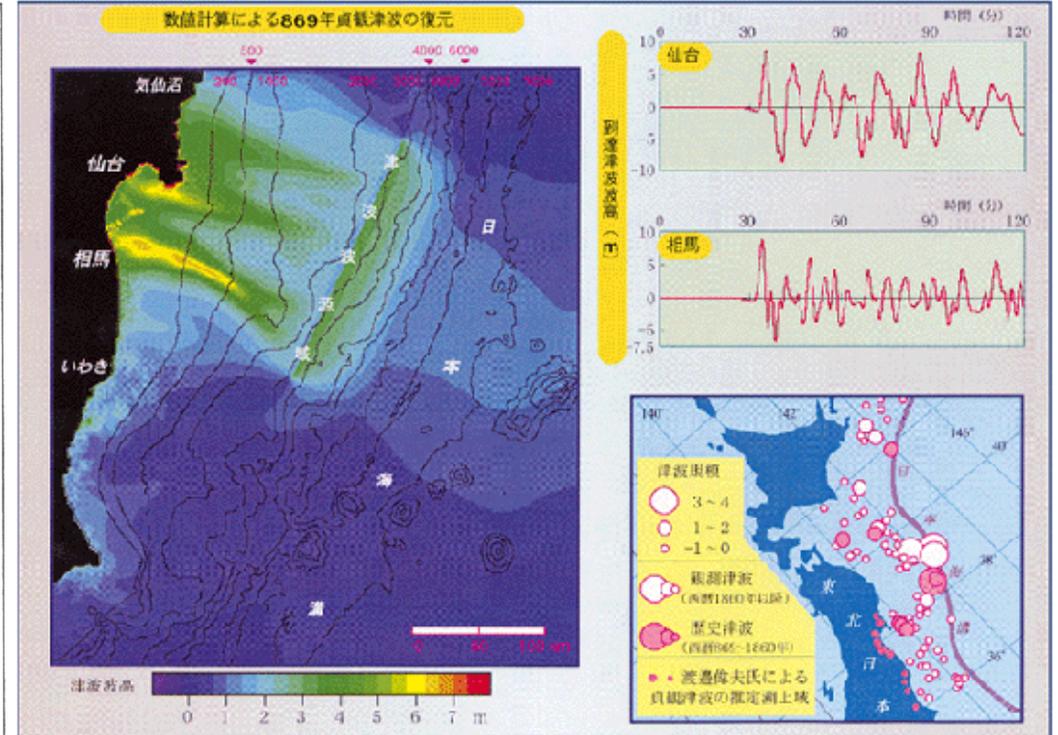
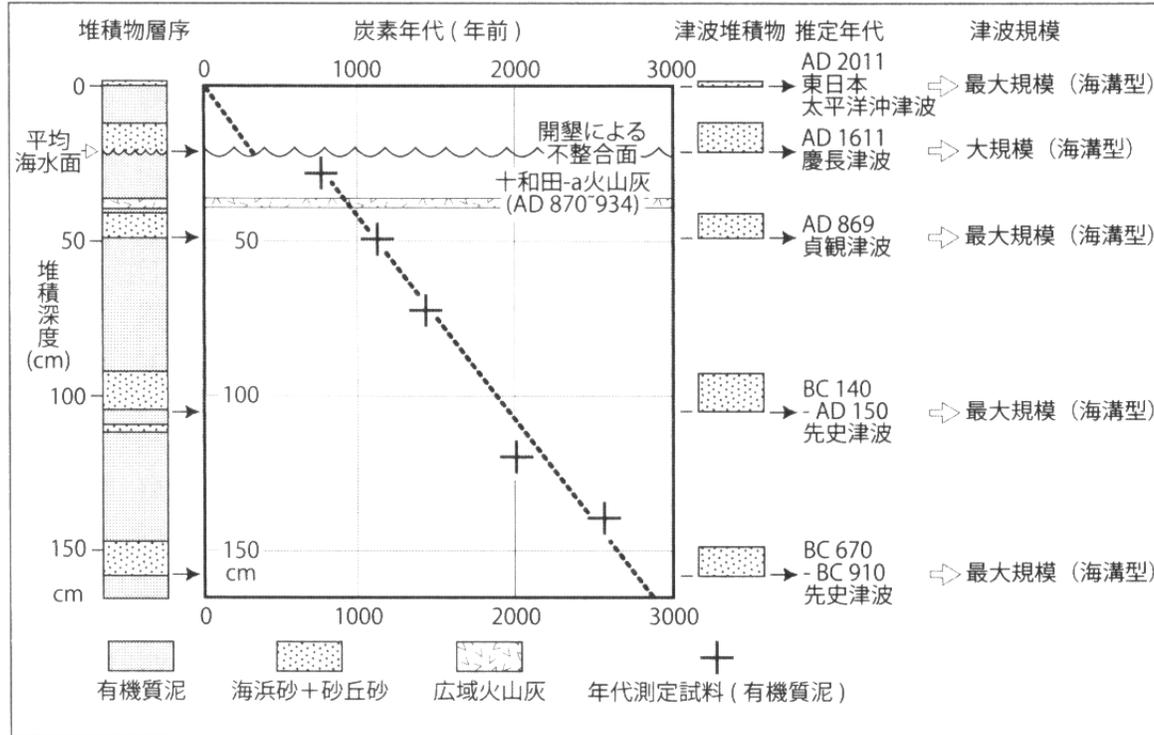
左から、4号、3号、2号、1号機、少し離れて5号、6号機。
写真の左端に元の敷地高さの丘陵が見える。

(Reconnaissance Report, Miyagi-Ken-Oki Japan Earthquake,
June 12, 1978, Earthquake Engineering Research Institute,
1978 に掲載された写真、Yanev氏)

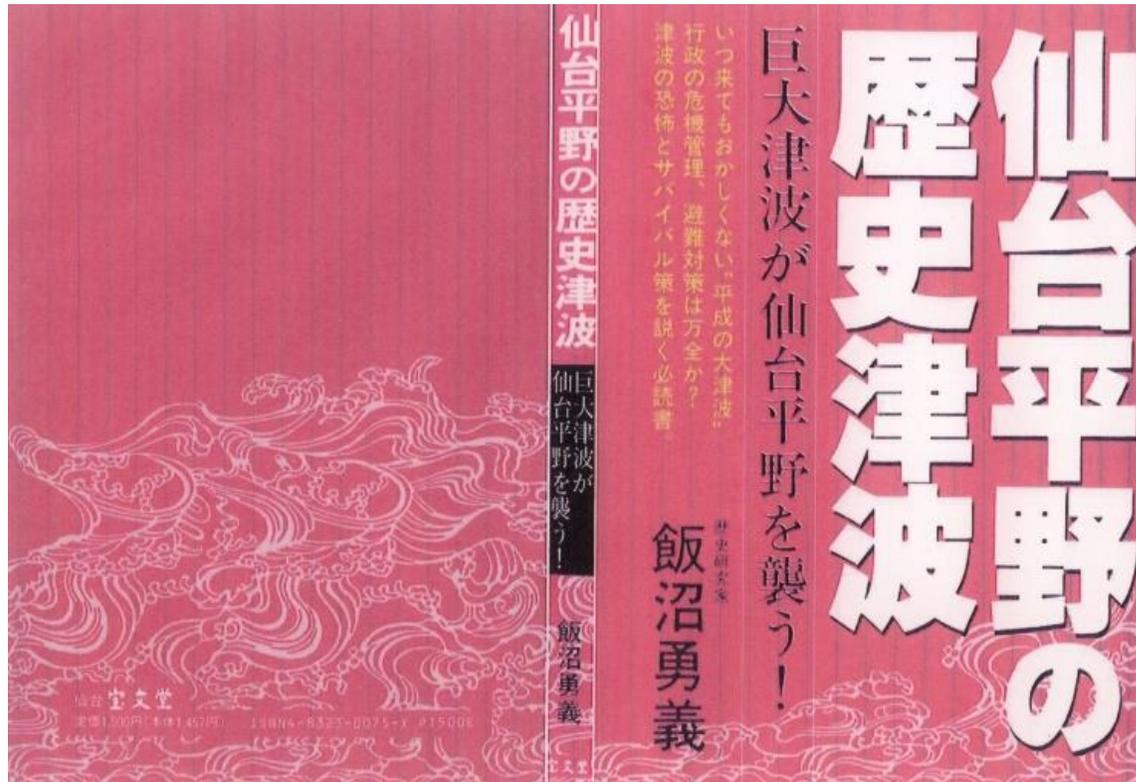


福島第一原子力発電所事故

左から4号機、3号機、2号機、1号機。
1号～3号機で全電源喪失、炉心溶融。
1号、3号、4号機で水素ガス爆発による建屋損壊。
(2011年3月16日撮影、Wikipedia)



Minoura K. et., Traces of tsunami preserved in inter-tidal lacustrine and marsh deposits, Some examples from Northeastern Japan, Journal of Geology, Vol.99, No.2, 1991
 箕浦幸治、津波災害は繰り返す、東北大学広報誌 まなびの森、No.16、2001夏、平成13年6月特集
 箕浦幸治、古津波の研究、学会月報、No.890、2011



869年貞観地震

1611年慶長地震

1896年明治三陸津波

1933年昭和三陸津波

2011年東日本大震災

飯沼勇義 「仙台平野の歴史津波」(1995、宝文堂)

「3・11 その日を忘れない。」(2011、鳥影社)

東北大学災害科学国際研究所

(International Research Institute of Disaster Science, IRIDeS)



災害科学国際研究所新棟
(2014年、青葉山、免震)

2012年4月 設立

初代所長 平川 新 (2012～2014年、近世江戸史)

2代所長 今村文彦 (2014年～、津波工学)

7研究部門(37研究分野)

災害リスク、人間社会対応、地域・都市再生、
災害医学、災害理学、情報管理・社会連携、寄付

ロゴマーク



東北大学



IRIDeS
International Research Institute
of Disaster Science
災害科学国際研究所

あやめ、かきつばた、虹の女神: iris (複数形はirises、目の虹彩の意味の時はirides)

2003年宮城県北部地震、2005年宮城県沖地震、2008年岩手・宮城内陸地震

2007年東北大学防災研究拠点(代表 平川、文系と理系を総合した実践防災学)



磯田道史の

備える歴史学

徳島の津波①

前回まで高知県の津波をみてきた。県境を越えて、徳島県の津波をみたい。

今はじめて明かすのだが、私書くには、すぐあるプライベートな理由がある。

私の母方の家系は、徳島県の牟岐という所から出ている。そこは日本有数の津波常襲地である。大津波が何度もきて、そのたびに村人は屍体の山を築き、津波から逃げきれただけが子孫を残してきた土地である。私のDNAも、猛烈な大津波をかいくぐって、生き延びてきたものである。

山に逃げ登った2歳の母

くわした。そのとき、母はまだ2歳であった。岡山に住んでいたのだが、妹が生まれたばかりで、牟岐の祖父母の家に一時的に預けられていた。大地震が起きたのはそのときで、母のもっとも古い記憶は、この地震のあたりから、ぼんやりと、はじまる。2歳だから、よく覚えてないそうだが、あとで大人たちにその時の様子を聞かされたらしい。

それによると、まだ暗い時分に、揺れがきた。牟岐の住民は親代々、大地震が来たら山へ上がれと言いつづかされてきた。「山へ逃げる」の一声で、一家全員が、めいめい裏山へ駆け出した。ところが、山に上がってみると、2歳の私の母だけがい

「かずちゃんがない」
大人たちは青くなった。このとき、牟岐の町は津波に襲われ、流失家屋は1000戸を超え、死者52人、重傷9人がでている。幼児を見失った大人が顔色を失うのは当然であった。

ところが、意外にも、母は生きていた。どうしたわけか、大人たちよりも、すばやく、一人で一目散に山に逃げ登っていた。幼い足でよく逃げたものだと思うが、2歳の母は、とにかく、ニコニコ機嫌よくほほえみながら、山の階段を上から降りてきて、大人たちに愛嬌を振りまいた、という。

私は、幼時から、この話をくりかえし聞かされて育った。どうも、私には、ややこしい血統的家庭的背景があるらしい。津波をかくぐって来た祖先たちが関係しているのか、「危ない」を事前に察知する話に、どうしても、関心をもってしまっているのである。

磯田道史さんが、なぜいきなり、防災史を書きはじめたの？と、よく聞かれるが、実は、私は、いきなり防災史をはじめたわけではない。大学1年生のときから、地震や津波の古文書を見ると、コピーしてファイルする癖があった。

ただ、東日本大震災を目の当たりにして、これまでに蓄積した災害に関する古文書の知識を、自分の頭だけに死蔵しておいてはいけないと感じて表に出し始めただけのことである。

そういえば、思い出した。まだ震災など思いもよらぬ8年前、私のもとに、母が突然、電話をかけてきた。用向きは変わったものだった。「新聞に、徳島の突撃町(当時)の津波の古文書を現代語訳した本が自費出版されたとある。取り寄せようか」

突撃は牟岐のごく近くの町だから、私はそれを取り寄せ、読むことにした。送られてきた本の題名は『震潮記』。次回から、この牟岐や突撃を襲った津波を生き抜いた人の話をする。

磯田道史 天災から日本史を読みなおす」

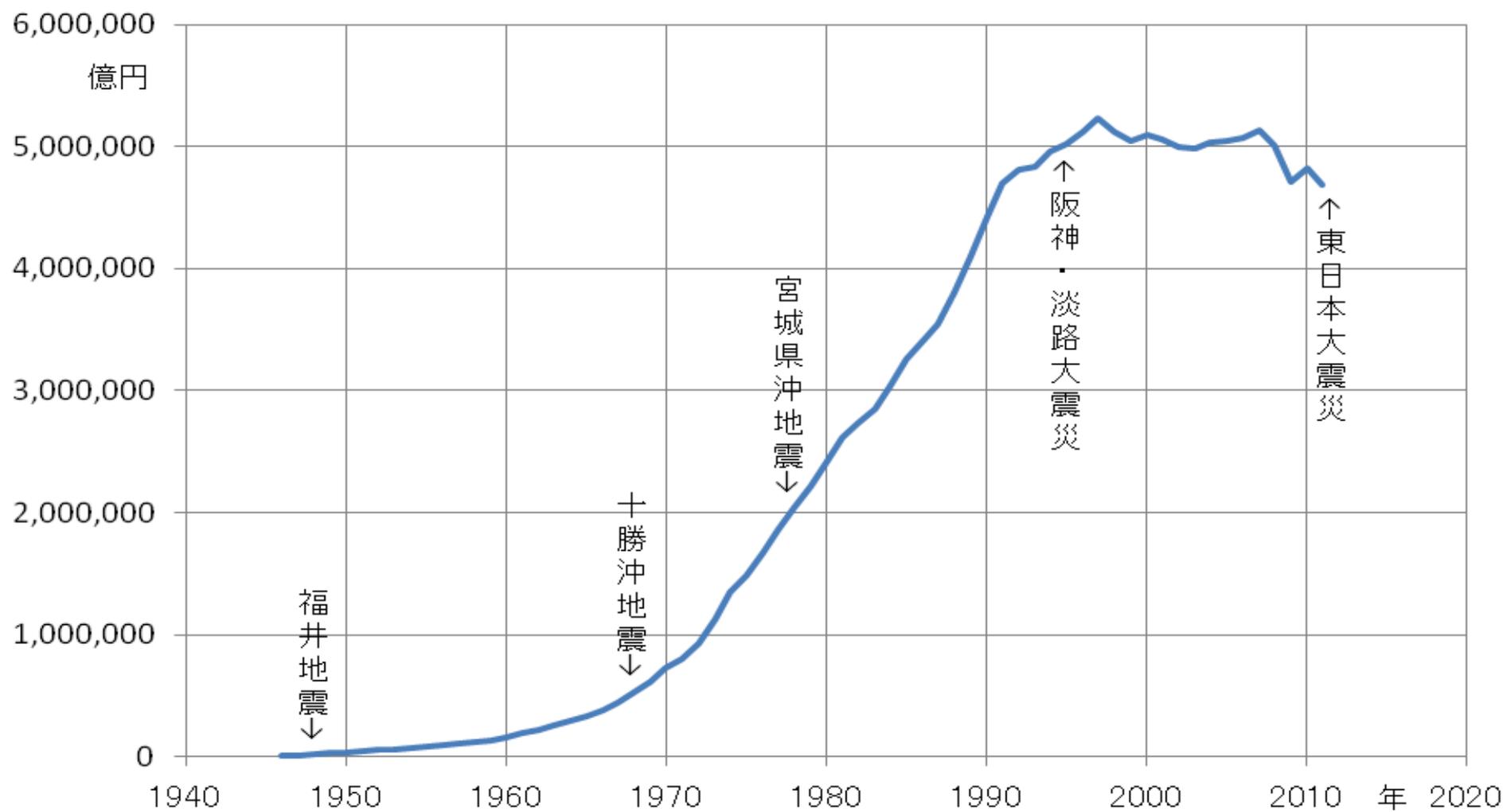
中公新書 2015年

磯田道史 歴史の愉しみ方」 中央公論新社

第4章 震災の歴史に学ぶ 2012年

磯田道史 無私の日本人」 文芸春秋

仙台藩吉岡宿、穀田屋十三郎 2012年



戦後の日本経済の推移と大地震

1946-1954:GNP

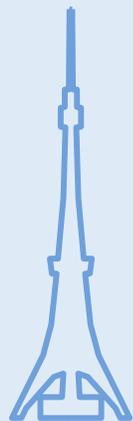
1955-2011:GDP(名目)

ありがとうございました

1890~1923
52m(1.08sec)



1958
333m(2.65sec)



2012
634m(about 10sec)



350m

2014
300m(5.6sec)



1968
147m(3.1sec)



1920
100尺

