

大正十二年の
關東大地震に就て

鐵道省
大臣官房研究所

(大正十二年十二月二十五日)

大正十二年の關東大地震に就て

技師 鈴木益廣

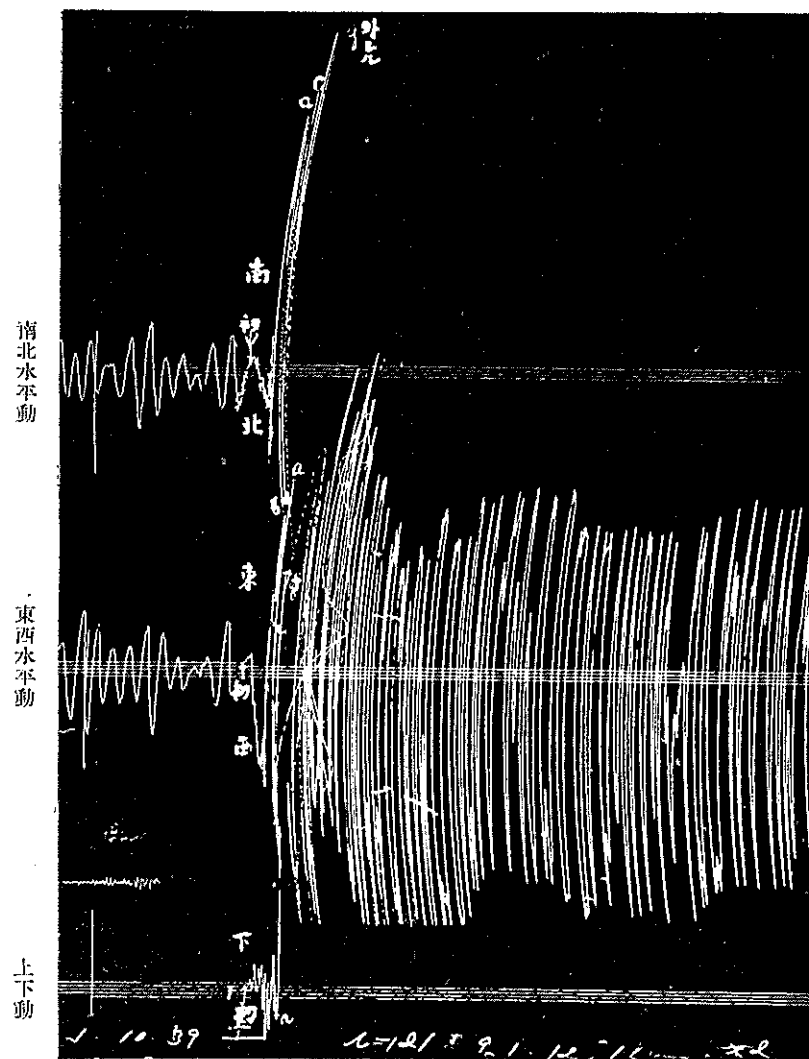
- (1) 大正の關東大地震とその震原地
- (2) 大正の關東大地震による地形の變化及被害
- (3) 大正の關東大地震に伴ふ餘震
- (4) 地震と建造物の倒壊
- (5) 地震と地質
- (6) 震波の傳播速度と地質
- (7) 大正の關東大地震の原因
- (8) 大正の關東大地震と往時の關東大地震との比較
- (9) 地震地帯と地震發起の週期

茲に記述せんとする事項は大正十二年九月一日の關東大地震以來東京帝國大學地震學教室の今村博士、中央氣象臺の中村博士から聴取した概要に、海軍水路部の調査報告並びに大森博士の發表せられた各種の記録を取纏めて御參考に供するつもりで執筆したものである。固より地震に對する經驗も地震學の素養も無いのであるが圖らずも今回の大地震による鐵道線路及橋梁の破壊、土地の崩壊、建造物の倒壊等の極めて慘なるに鑑みて、吾々鐵道職員が此の際地震に關しては聊か常識として、その概念を會得する必要があると云ふ那波研究所長の御注意に基いて敢て記載した次第である。此の拙稿に對して今村博士は、時未だ調査中にて御多用なるに不拘御校正の勞をとり下された事を多謝する次第である。

(1)大正の關東大地震とその震原地

帝大地震學教室の觀測によれば、今回の大地震は東京に於ては九月一日午前十一時五十八分四十四秒に發震し、今村式地震計による記録によれば、初動は北微東の上方動で、初期微動繼續時間は13.9秒を示して居る。主要動に這入つて全振幅103耗、週期1.5秒を示した頃には最も強烈なる震度を吾々は感知したのであらう。此の時刻の振動の加速度即ち其波動傳播速度の變化は、東京市街中、洪積の地から成つて居る山の手地方の或る場所に於て 890 mm/sec.^2 (重力の加速度gの十一分の一) 沖積の地より成つて居る下町の中殊に土地粗悪なる地方に於て 2400 mm/sec.^2 (gの四分の一) 位であつて、東京地方に於ては大激震と云ふべき程度のもものではなかつたかの如く思はれる。而して振動の方向は地震の強さの最も大なる時刻に於て $S38^\circ E$ を示して居る。主要動の益々繼續するにつれて、漸次全振幅は前記の約二倍即ち206耗位に達して吾々は大なる動揺を感じたのであるが、この時は既に週期が2.5秒位にも達して居たために震力としては餘り大ではなかつた。主要動の中振動が特に著しい部分の繼續時間は約三分間位であつて、建築物其他の倒壊、破壊は主として震度の最も大であつた主要動の始めの部分(主動に這入つて約一分位)に起つたものであらうが、本震突發後三分間後には早くも餘震の第一回が襲來したのであるから、是等前後の兩振動が相助け合つて動揺が大となつた爲めに因るのではなからうかと思はれる。是等の築造物の倒壊と地震に関する考察は、項を改めて記述することにする。

地震研究者にとつては、震災時に於ける唯一の羅針盤たるべき地震計が、今回は、不幸にも帝大及中央氣象臺の兩方共全部主要動の

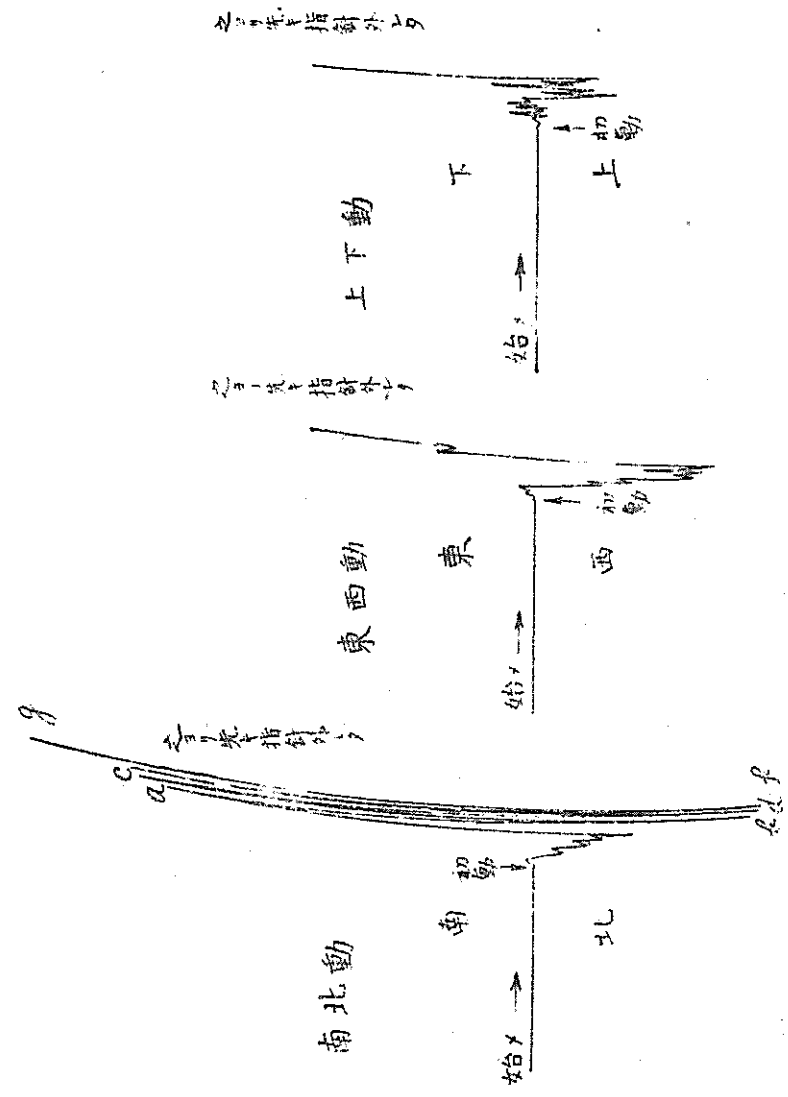


第一圖 大正十二年九月一日午前十一時五十八分四十四秒の大地震振動記録圖 實動の約3/4倍、地震學教室今村式地震計(二倍大)に據る

比較的始めの部分に於て或は指針はづれ、或は轉倒して地震計の用を果たさず、千歳一遇の機會に際會して地震の研究に多少の支障を惹起したのは千萬遺憾の至りである。

第一圖は東京帝國大學地震學教室に於ける今村式地震計によつて記録された今回の地震の振動曲線である。第二圖は第一圖と同様のものなれども唯だ判り易く示したに過ぎない。

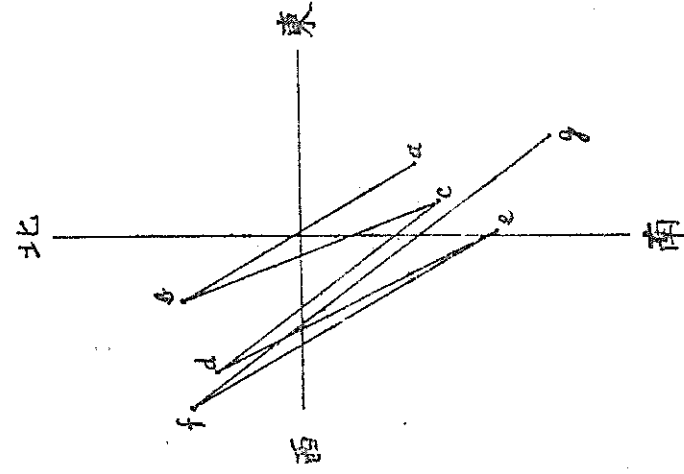
地震には普通遠震、近震及源震等の區別がある。遠震とは震央(震原の直上地面)より或距離の地面に於ける地震であつて、之れには初期微動、主要動及後期動の三段に區別して考へることが出来る。震央より餘り遠ざからない地面の地震即ち近震にも前、主、及後の三震相を伴ふけれども、此の場合には初期微動は細別すべからざる同種の小波より成つて、之れについで主要動が起るのである。次に源震即ち震央近接地の地震では前記三震相の區別がつかないで主、後の二震相より成り立つて居る。之れは震原が一番近いために震原より直接に傳播される波と、震原より震央に出てそれより地面に沿ふて傳はる波とが殆ど同時に到達するからである。而して是等三種の地震の中、源震が最も強く上下動を感じ、遠震に到つて漸く減少することは當然である。初期微動は主要動に比すると速度の大なる波であるから、震原地から直接觀測地點に傳達する震波である。主要動は震原より發した波動の中一度震央に達し更に地面に沿ふて傳達するものであつて、前者に比しては速度は小なれども、振幅大なる波動である。後期動は主要動の餘波とも見らるべきものである。更に初期微動中には前後の二部に區別し得ることがある。是は震波に縦横の二波あるためで、初部が其の速度の大なるところから見ると縦波で、後部は速度の小なるところから見ると横波であらう。從來の經驗に



第三圖 大正の大地震の振動記録圖(第一區を判り易くしたものの)

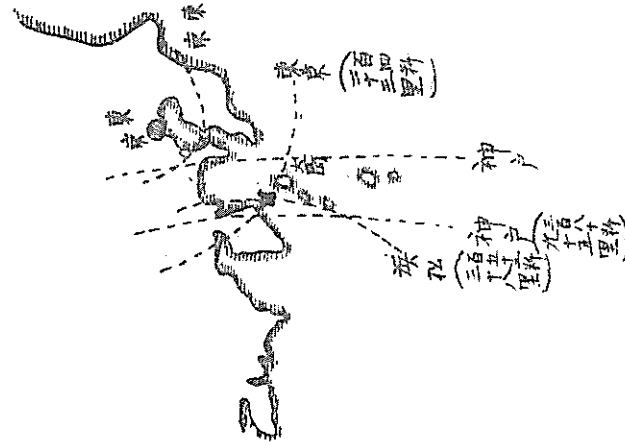
よれば、初期微動の波動の如く地殻内部の比較的密度大なる部分を通過するものの速度は一秒につき平均縦波は 7~13.7 糎位、横波は 3.5 糎位であつて、主要動の如く地面或はそれに平行に傳はる長い間接波は平均3.5 糎位である。故に同所より同時刻に發した縦波と横波との速度の差は地震計の記録にては、初期微動の繼續時間となつて表はれるから、之れによつて震原迄の距離を判定することが出来る。

一般に震原迄の距離は初期微動繼續時間に比例するものであつて、初期微動繼續時間に1.9を乗ずれば其の直線距離が直ちに里數で出て来る。今回の地震にては初期微動繼續時間は 13.9 秒であるから震原は東京を距る半徑 104 糎(26里)の圓周上にあると云ふことが判る。又初動即ち地震の第一波は速度の大なる縦波であつて、震原の方向を與へる特性を持つて居るから、地震計に示された E-W、S-N、上-下、の三分震の合成よりして大體の波動方向がわかる。故に震原の座標を決めるには外界からの報道を待つことなくしてでも大凡推定することが出来る。今回の大地震にては初動が北微東の上方動であるから震原は東京より南微西の方向と云ふことがわかる。若し初動が北微東の下方動であつたならば震原は東京よりそれと同方向の北微東である。故に前記の距離104糎と南微西と云ふ方向が判れば、震原位置は東京を距る南微西 104 糎大島附近だと云ふことが決定される。其の後幾多の記録と報道とを綜合して震原位置は大體東京を距る南微西 104 糎附近であつて伊豆初島の東方、大島の北方の海底に在ると云ふことが發表された。更に震原の位置判定には各地の観測點の観測よりしても決定することも出来る。即ち前記の如くして求めた震原迄の距離を半徑として、観測地點を中心とする圓を地圖の上に描き、是等圓の密集箇所を求むれば、其處が震原位



第四圖 振動の時々刻々の變化 (今村博士に據る)

緯度 $\dots\dots\dots 33^{\circ}E$
 2 amp. = 103 mm
 period = 1.5 Sec.



第三圖 大正の關東地震の震原位置推測圖(中央氣象臺)

點線は震原距離×は一日十一時五十八分の地震の原位置

置を表はすのである。第三圖は斯くして求めた震原位置であつて前記の位置とかなり一致して居る。斯くの如く初動は震原位置の判定に必要な量であるが普通の場合非常に小なるものであるから、感度大なる地震計に依らなければあまり判然せぬ事がある。地震學の今日迄述ぶるところによれば地殻はすべて等質物體 (Isotropic Substance) より形成されて居ると云ふ假定や、其他種々の推定などより出發して居るのであるから是等の方法には多少の誤差あるは免れ難い。何れにせよ今回の震原の正確なる位置の發表は後日に待たなければなるまい。

第四圖は地震學教室に於いて今回の地震の主要動の始め四秒半位に於ける各振動の時々刻々の方向の變化を示したもので、圖中fgは全振巾103耗の時の振巾に相當し、其の方向はS88°Eである。是は今村博士の作成にかかつたもので建造物の倒壊方向と震波の方向とを對照研究するに有用なものである。

(2) 大正の關東大地震による地形の變化及被害

關東の大地震による各震域地の被害のうち、鐵道線路、橋梁、隧道等の被害及震災による列車、車輛の脱線事故については既に研究所山田技師に於て各班を分ちて調査せられて居るのであるから是等を綜合して下に簡単に列記す。(第一、第二表參照)

【第一表】 鐵道線路被害狀況

線名	被害箇所	被害狀況
東海道線	東京—沼津	築堤鉄塊 龜裂多數、殊に下曾我を中心とし線路陥落したる箇所多し。 馬入川橋梁(70呎28連)二列(上り線四連下り線五連)を殲し其他の橋梁は全部抛下せられ、ヒヤーは倒壊す。 六郷川鐵橋小被害。

横須賀線	横須賀附近	山北駿河間隧道入口土砂崩壊多し。 譯の本屋倒壊 大船、藤澤、辻堂、茅ヶ崎、平塚、大磯、二宮、下曾我。
濱 濱 線	—	隧道入口土砂崩壊、築堤鉄塊、線路龜裂、橋梁傾斜。 京濱電車業越橋梁桁墜落、線路缺陥陥落、土砂崩壊、被害甚し
熱海線	岡府津 — — 小田原	線路殆ど原形を留めざる程陥落崩壊。 酒匂川は200呎の橋桁一連橋脚を放れて河中へ横倒す。早川以南被害最も甚しく就中根府川停車場は、本原並に附屬建物線路と共に山崩れのため八、九十尺の海中に運び去らる。
總武線	錦糸町—龜戸 (箱毛—城東) 千葉—江見 土氣—大網	線路龜裂せる箇所あり。 線路崩壊 龜裂、土地崩壊被害甚大、隧道崩壊。 土氣隧道煉瓦巻一部缺塊、土砂埋没、線路龜裂。
常磐線	日暮里—取手	線路陥落龜裂多數。利根川橋梁ヒヤー龜裂。
東北本線	—	荒川橋梁ヒヤー龜裂。
中央線	東京 新宿	土砂崩壊線路龜裂數箇所。 就中御茶水水道橋間、切取土砂と共に線路崩壊、神田川を閉塞す。
山手線	與瀬—上ノ原	與瀬隧道中央200呎崩壊土砂墜落閉塞す。 築堤鉄塊龜裂、比較的被害少し。 此の區間に於ける小建築物の倒壊したるもの多少あり。
建設線	被害箇所	被害狀況
安房線	第二工區	築堤の被害あり。
	第三工區	隧道、橋梁被害大。
熱海線	第七工區	停車場本屋並附屬屋被害甚大。築堤、隧道又被害あり。
	第八工區	橋梁、築堤、隧道被害あり。

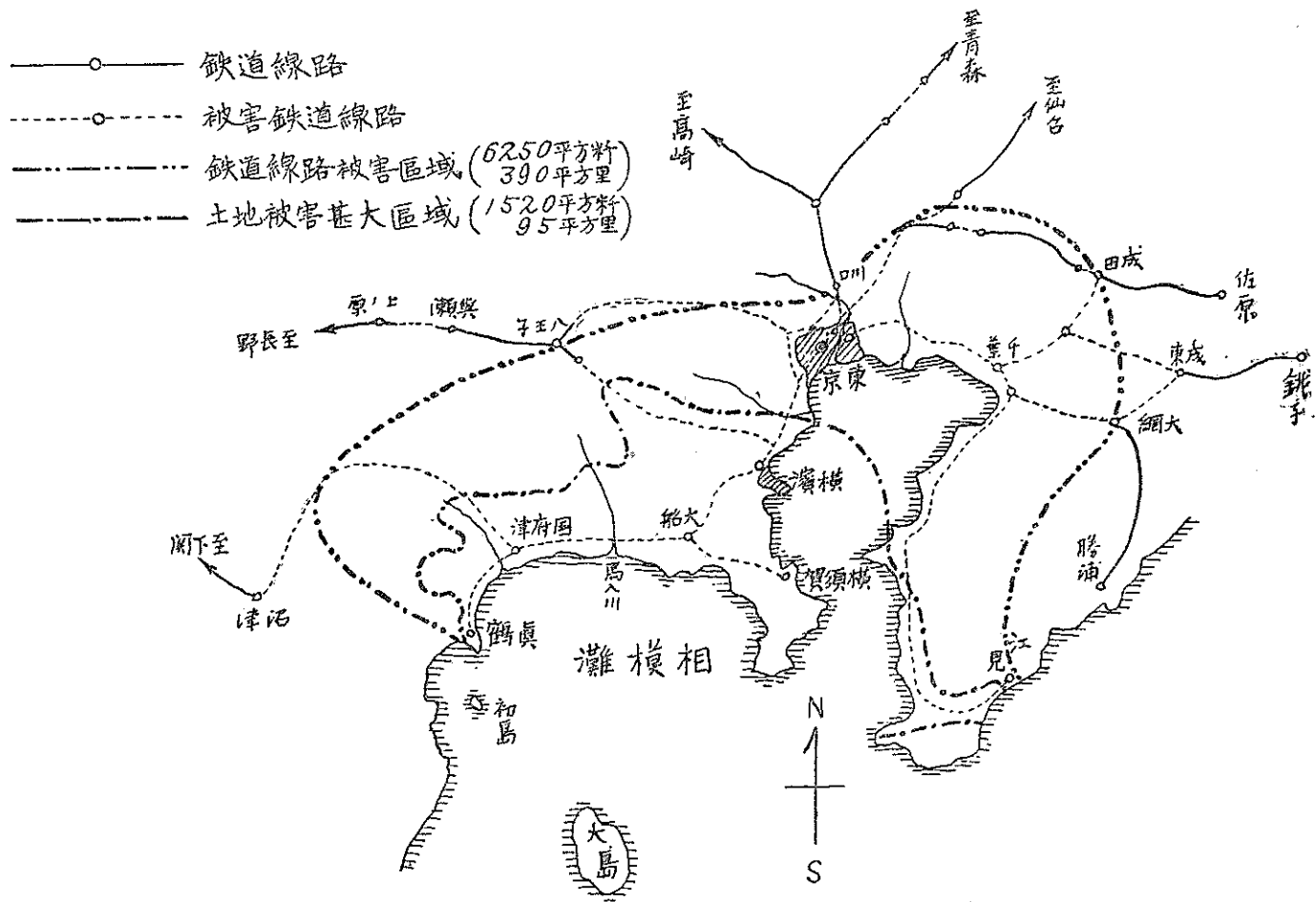
電氣關係被害 — 矢口、赤羽各發電所被害甚大發電不能に陥る。
被害甚大市町村 — 眞鶴、根府川(此の附近最も激甚)、小田原、松田、大磯、藤澤間、三浦半島、鎌倉、横濱、神奈川、厚木、館山、北條。

【第二表】 車 輛 事 故

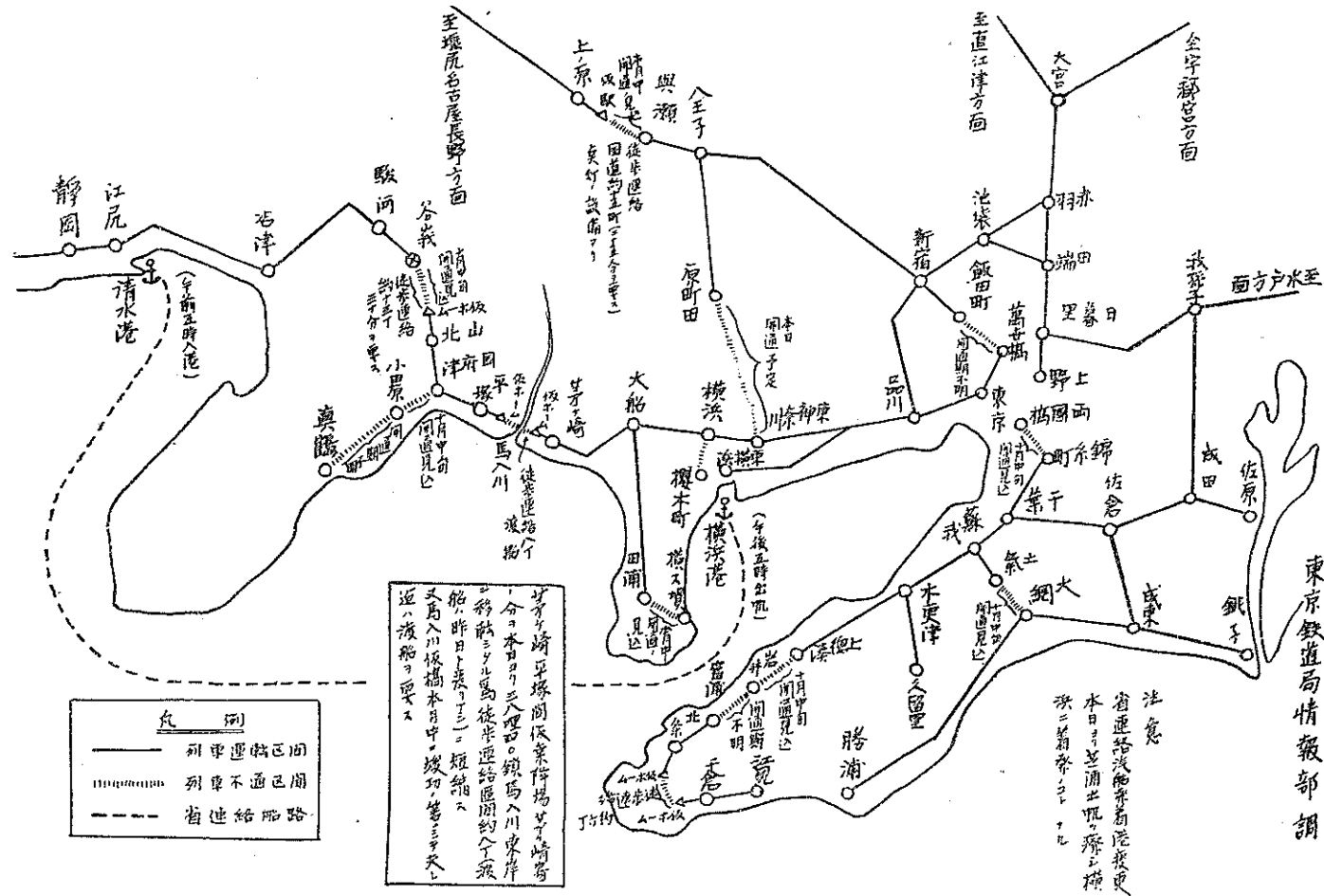
事故種別	場 所	列車	機関車	事故車輛	死傷者 死 傷	備 考
列車脱線	海神奈川	貨 441	50627	貨 5		激震のため1脱線、4傾覆大破、約10頓進行停止
"	戸塚大船	客 79	18858	客 10		踏墊激動又ははは落のため 9傾覆、1傾覆
"	大 藤	貨 605	—	貨 3	1	激震のため全輪脱線す、2傾覆、前部車掌死亡
"	藤 澤	" 600	28673	" 9		激震のため何れも傾
"	藤 澤一辻	" 403	28675	機1貨18客1	1	激震のため機1傾覆、7傾覆、10脱線、2傾斜、2傾斜、機師手負傷後死亡
"	茅 ヶ	" 626	50673	機1 貨5		震動のため機1貨3傾覆、貨2脱線
"	"	" 410	28685	機1 貨38		激震のため機1、貨28傾覆、貨5脱線
"	平 塚大磯	客 74	18936	機1 客6	客8客45	激震のため機1、 4傾覆、 2脱線
"	國府津一下管我	貨 603	8860	機1 貨36		激震と共に線路築堤陥落大破さるため1機、貨28傾覆、10脱線
"	下管我一松 田	" 602	28639	機1		激震のため線路陥落し、1脱線傾斜
"	山 北一谷 磯	" 428	9762	貨19		左方山腹より岩石又は土砂崩壊し来りしために13 3輛目分離し11傾覆、6全輪脱線、2一輪脱線
"	富士岡一御殿場	" 409	9753	貨9		下り貨車進行中激 震のため1個架装崩壊し38.0編目分離し39輛目以下(839—46)傾覆 1(47)脱線
"	山 北	" 412	—	貨1		激震のため脱線
"	根 府	客 109	679	機1 客8	約 110	山滑のため停止後建機と共に80下方の海中に押し出さる、死傷者、或は公衆の別不明
"	眞 徳一田 浦	" 116	979	機1	客 4客 3	上り列車ノ日隈道内進行中激震あり機関車は踏墊激震の崩壊土砂の上に乗りに乗上げ右方に傾斜停車す
"	鐵 倉	貨 32	68633	貨5		激震のため各一輪脱線
"	沼 間一田 浦	客 514	68636	客2	客 3	印刷土砂崩壊後客車に陥落したために同車脱線列位乗車之に乗上げた結果脱線
"	長津田一中 山	貨 852	68634	貨4		進行中激震のため全輪脱線

"	我孫子一柏	貨 922	58643	貨4	客 1客55	激震のため傾覆し後部車掌負傷す
"	東	客 814	98667	機1 客8		線路約2尺沈下のため、客2(最後の)牛は聯合機1、客6、全輪脱線、30傾斜
"	安房勝山一岩井	貨 261	6797	貨8		激震のため2傾覆 6脱線
"	安房北條一九重	客 211	6795	機1		激震のため第二動輪一輪脱線
"	新 宿	貨 733	8713	貨7		激震のため2輪脱線、5二輪脱線
車輛脱線	二 宮			貨1		激震のため全輪脱線
"	新 宿			機1 貨72		激震のため機二輪脱線、貨59全輪脱線、13一輪脱線
"	大 船			機1		激震のため第二動輪一輪脱線
"	藤 澤			客1 貨4		踏墊激動又ははは落のため、貨1傾覆、他は脱線
"	茅 ヶ			貨8		踏墊激動のため 3傾覆、1全輪脱線 3一輪脱線 1傾斜して側方貨車と接觸
"	國 府			貨3		激震のため海淵に傾覆
"	松 田			機1 客3		激震のため機客傾覆、 貨、全輪脱線
"	山 北			貨1		激震のため全客傾覆
"	駿 河			機13、貨20		機4、傾覆、5全輪脱線2三 線2脱線、貨19一輪脱線
"	小 田			貨7		激震のため脱線
"	原 倉			機2 貨4、		機1 傾覆、1脱線、客五、三、二、一輪各脱線、5貨10 全輪脱線 12一輪脱線 3傾覆又は傾倒
"	鎌 倉			貨2		激震のため1傾覆、1脱線
"	國 分 寺			貨4		激震のため 1全輪脱線、3一輪脱線

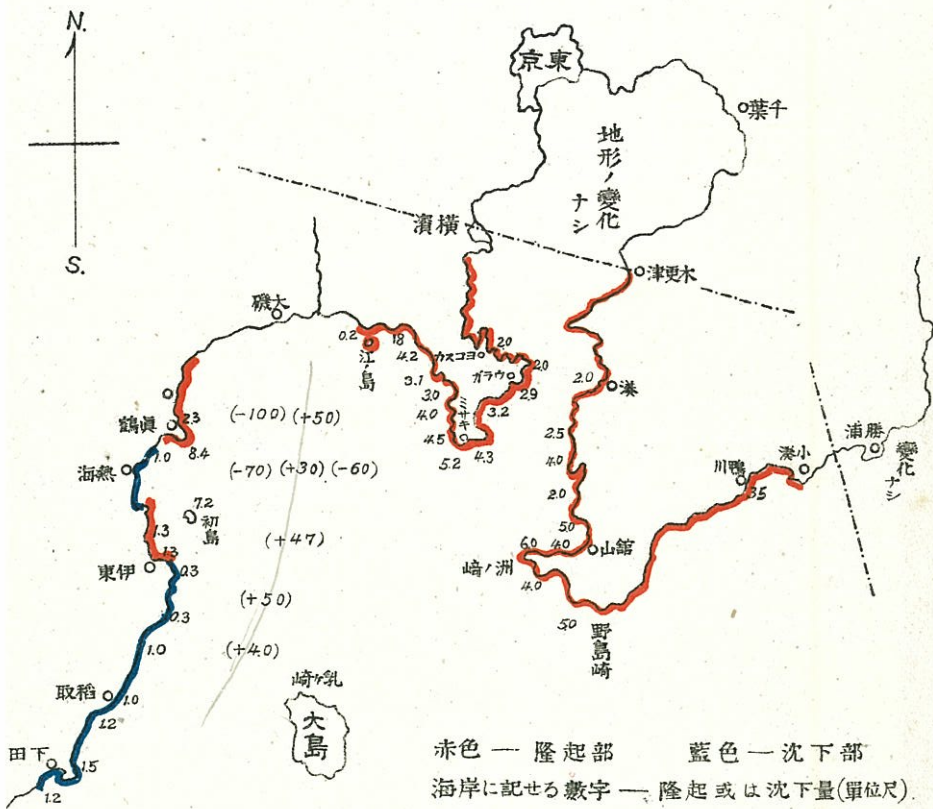
事故種別	場	所	列車	機関車	事故車輛	死傷者		備	考
						死	傷		
"	御	殿	貨 902	97601 9755	貨9			激震のため8輛覆、1—軸脱線	
"	"	"			貨5			激震のため各一軸脱線	
"	東	神奈川			機1、電1 客3、貨22			激震のため機脱線、14輛覆、13脱線	
"	海	神奈川			貨6			激震のため何れも覆	
"	程	ヶ	谷		貨14			激震のため8輛覆、6全軸脱線	
"	横	須	賀		貨1			激震のため覆	
"	大		磯		貨1			激震のため一軸脱線	
"	辻		堂		貨2			激震のため各覆	
"	高		島		機1 貨5			激震のため機脱線、貨12輛覆、23脱線、30脱線傾斜	
列車火災	横	濱一保ヶ谷	各 112		客8			激震のため停車中沿線火災のため	
"	櫻	木	電 832		電5			"	
"	水	道	" 335		電3			"	
"	飯	田	客 499		客3			"	
"	"	"	電 83		電3			"	



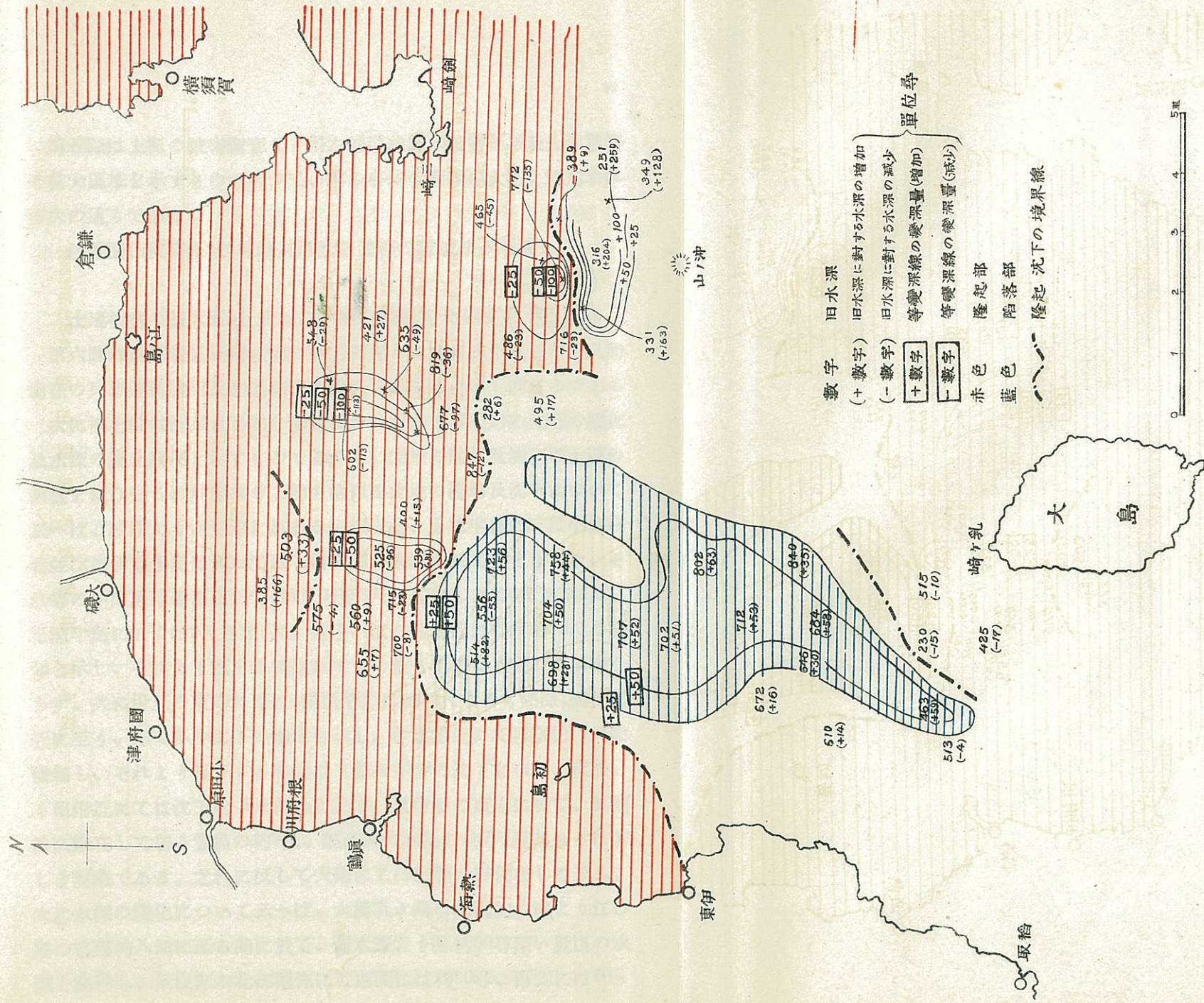
第五圖



第六圖 列車運轉狀況圖



第七圖 震災地附近地形及水深變化圖(海軍水路部調査)



數字 旧水深
 (+ 數字) 旧水深に對する水深の増加
 (- 數字) 旧水深に對する水深の減少
 + 數字 等變深線の變深量(増加)
 - 數字 等變深線の變深量(減少)
 赤色 隆起部
 藍色 陥落部
 境界線 隆起 沈下の境界線

單位尋

第八圖 相模灣水深變化圖 (海軍水雷部調査)

第五圖は上記の被害調査より得た鐵道線路の被害區域及土地被害の甚大區域を示すものであつて、其の各々の面積の大略を測定すれば次の通りである。

鐵道關係被害區域(線路、橋梁、隧道等の破壊せる區域)……

……………(6250平方軒
390平方里)

土地被害の甚大區域(土地の崩壞、龜裂甚大區域)(1520平方軒
95平方里)

第六圖は東京鐵道局情報部に於て調査した九月二十八日午前八時現在の列車運轉狀況及鐵道線路の被害不通箇所を示したものである

次に第七圖は海軍水路部の調査にかかると相模灘沿岸の地形の變化及水深の變化狀況を示すものであつて、土地の隆起及沈下の大體の模様を窺ひ知る事が出来る。即ち沿岸の土地の隆起及沈下について云へば、横濱より木更津を連ねる一線以北、房總半島にては小湊以北並びに伊豆半島に於いては下田以南は大體に於て變化なきも、それ等の中間房總半島に於ては2尺乃至3尺、甚だしきは5尺乃至6尺、三浦半島に於ては2尺乃至5尺、逗子、江の島附近にては約2尺の隆起を示し、それより西するに連れてその量も小となり従つて明瞭ならず。次に伊豆の東岸にては、眞鶴沿岸は約2尺なるも熱海、網代附近に至り、却て多少沈下の傾向を示し、伊東附近にて再び約1尺餘隆起し、それより南下するに従つて漸次多少の沈下を來し、稻取、下田附近にては沈下約1尺内外に達す。又伊豆の東岸に於て、眞鶴崎に接在して居る笠島の約8尺、熱海沖の初島の約7尺隆起せるは著しき現象である。之れに反して大島にては何等の變化なしと云ふ。次に水深の變化について云へば、大島乳ヶ崎の北西約六裡より江の島の南西約八裡に至る間に於て、舊水深よりも約50尋深い數箇の水深を測得し、陥没部の北部兩側に於て東側には約60尋、西側には70-

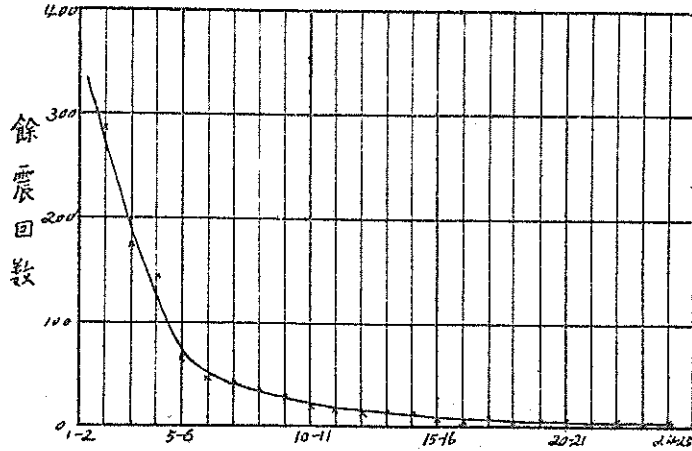
100 尋淺き水深を測得したのである。是等相模灘の水深の變化の詳細にして且つ稍確かと思はれるものは第八圖に示す通りである。即ち圖に於て赤色部は海底の隆起を示し藍色部は陥落部を示して居る。又圖中黒色數字は舊水深(單位尋)を示し(十數字)は舊水深に對する新水深の増、(一)は減を示す。

以上は水路部による相模灘の一部分の大體の調査結果であるが、同部にては、更に第二次精測を相模灘附近一帶に亘りて繼續中であるから、詳細の事はその結果に俟たなければならない。

是等大地震による確實なる地形の變化及それの依つて來る理由は追て専門學者に依つて發表される事であらう。

(3) 大正の關東大地震に伴ふ餘震

大地震が一度起れば、地殻の安定に到るまで、必ず餘震(After shock)の伴ふは周知の事實であつて、其の回数は大地震突發當時に



1—2は一日正午より二日正午迄24時間を表はす他之に準ず

第九圖 餘震回数と時日 (中央氣象臺測)

最も多く、今回の地震の如きも九月一日より二日正午迄には總數356

【第三表】 九月一日の大地震及主なる餘震の記録 (於東京帝國大學)

月日	發時	震刻	初期微動繼續時間	主要動繼續時間	震害動繼續時間	震害	風程	2振幅	週期	初方	動向	加速度 m.m./sec ²	震源地
9. 1.	A. M. 11. 58. 45"		13.9"	9'~3"		東京南微西 104軒	東京南微西 104軒	103耗	1.5"~2.5"	北微東上方動	北微東上方動	山手2400 下町 890	大島北方 初島東方
9. 1.	P. M. 0. 40. 20.		9.7"	2'		72"	72"	32"	2"	—	—	158	
9. 1.	P. M. 0. 48. 3.		12.4	—		92"	92"	22"	—	北微東上方動	北微東上方動	—	
9. 1.	P. M. 2. 32. 49.		12.7	1'		南々西 94"	南々西 94"	17"	1.5"	北々東上方動	北々東上方動	150	
9. 2.	A. M. 11. 46. 55.		13.4"	3'		南微東 100"	南微東 100"	57"	3.5"~4.5"	北微西上方動	北微西上方動	92	上總沖
9. 2.	P. M. 2. 12. 21.		5.0"	1'		南東 40"	南東 40"	12"	1.5"	北西上方動	北西上方動	105	東京灣
9. 2.	P. M. 6. 57. 4.		11.6"	3'		東南東 84"	東南東 84"	42"	3"	西北西上方動	西北西上方動	92	
9. 2.	P. M. 9. 29.		24.0"	3'		南東 178"	南東 178"	40"	5"	南東下方動	南東下方動	32	
9. 28.	A. M. 5. 24. 2.		14.6"	1'		108"	108"	26"	2.5"	北微東上方動	北微東上方動	82	島東 大北
10. 4.	A. M. 0. 54. 29.		11.1"	1'20"		83"	83"	10.2"	1.05"	E38°N上方動	E38°N上方動	182	
10. 5.	P. M. 5. 46.		9.3"	3'		69"	69"	3.7"	1.0"	E22.5°N上方動	E22.5°N上方動	75	
11. 5.	A. M. 5. 45. 51.		7.0"	1'		52"	52"	7.7"	0.5"	—	—	610	

回に及んで居る。それより以後は時日の経過につれて漸次減少し、人身に感知し得る程度のものは、数ヶ月の後には殆ん無くなるけれども、微震計に感ずる程度の餘震は約一ケ年位は繼續するものである。餘震回数と時日との關係については、統計地震學より出した大森博士などの實驗公式がある。是に依れば、其の曲線は、大體双曲線的に減少する。第九圖は中央氣象臺の調査にかかる今回の餘震回数と時日との關係曲線を示すもので、餘震は極めて順調に進みつつある事を示す。今九月一日の大震以來今日に至る間吾々の心膽を寒からしめた主なる餘震の、東京帝大に於ける、物理學的データを示せば第三表の如し。

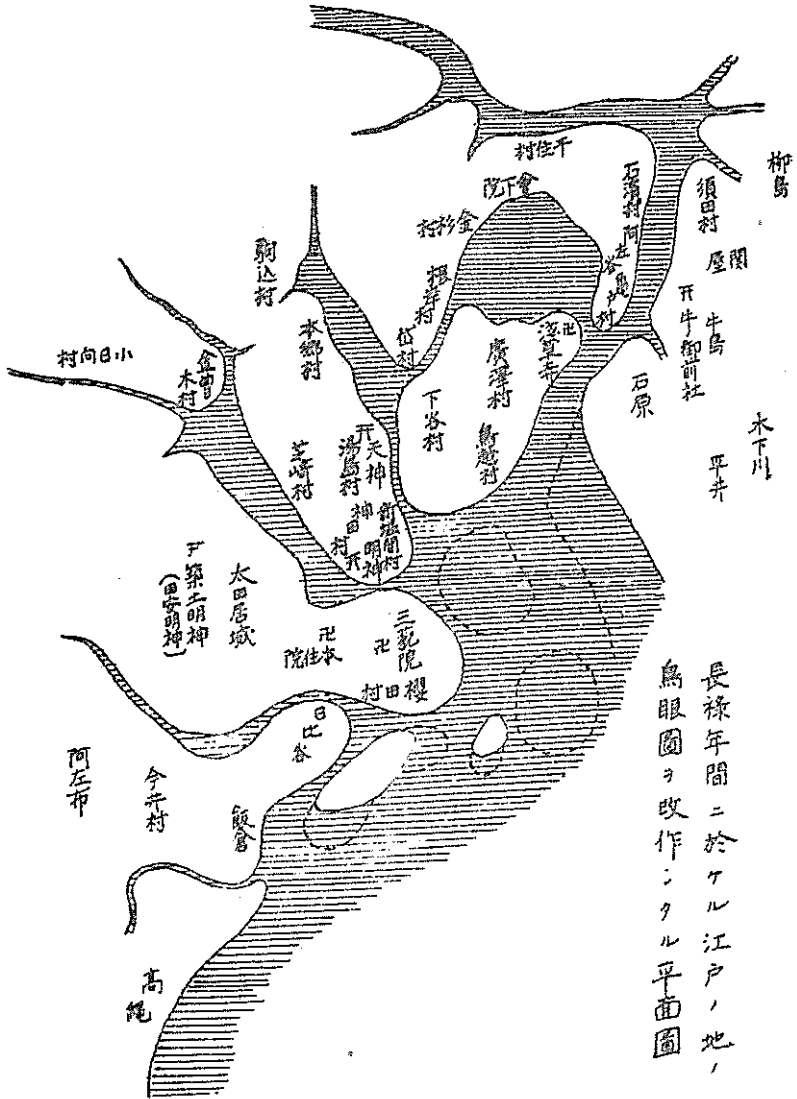
(4) 地震と建造物の倒壊

地震と建造物の倒壊に關しては、前述の如く地震の強さ即ち震波の傳播速度の激變、換言すれば、その加速度による事は勿論ではあるが、又地盤の強弱、地質の良否及地形等によること大である。又同一地質に於ても其の層の大小、厚薄によつて被害の程度の大小を生じる。地盤が震波に襲はれる際には或は上下に、或は水平に、或は斜めにと云ふ工合に極めて複雑な運動をすることは明かであるが其の上に築かれてある建造物も亦自然此の運動に従はねばならぬ。然るに物體が一運動から他の運動に變化する際、即ち加速度を生じる際には、必らずそれに惰力(Inertia)が伴ふて、その方向の急變を妨げやうとするから、是れがために鐵橋は壊れ建造物は倒れ或は龜裂を生じたりすると云ふことになる。而して惰力は其の物體の質量によつて大小あるから、充分に強さを考へない、杜撰の設計で、しかも、重量の大なる高層西洋建築等が重量の小なる日本建築、殊にトタン屋根等に比して損害の大なるは云ふ迄もない。加速度と家屋倒

壊に關しては大森博士の研究によれば(研究資料第十卷第二號記載)下の如し。

加 速 度	家屋倒壊率
2800 mm/Sec ²	2~3%
3400 "	15 "
3900 "	50 "
4500 "	80 "
∞	100 "

前述の如く今回の地震に於ては主要動の始めより一分間位の強度の最も大なる時に主として損害を蒙つたのであらうけれども、此の外今村博士の言によれば自己振動の週期比較的大なる高塔、大伽藍等は後部主要動の振幅大で週期長き振動に際して、倒壊したのもありはしないかと云ふことである。之れは畢竟自己振動の週期が地動のそれと調和するとき斯る現象が多く起り易いからである。轉倒物や破壊物等が一定の方向を示さないで、任意の方向に倒れて居るのも此のためではなからうかと思はれる。鐵橋のピヤーが震波に襲はれる際には、それを圍繞して居る土砂が非常に柔軟である場合にはその下部を中心として左右に強制振動をなすものであるから、此の合には打撃の中心(Centre of Percussion)を中心として振動する物理振子(Physical Pendulum)として論ずることが出来る。併し煙突などの如く高さがその横断面の直徑に比して非常に大なる場合には、その固有振動の影響を考へ入れなければならぬ。然るに馬入川鐵橋の如くピヤーの下部埋設部分が地上部分の優に數倍の長さを有し、しかも土砂が強固でその抵抗力が大なる場合にはピヤーの振動には打撃の中心を生ずることがなく一種のカンチレバー(Cantilever)として解くことが出来る。而して破壊は前者に於ては根本ではなく、打撃の中心附近で起るべく、後者の場合には撓みのモーメント



第十圖 (甲) (第十圖乙と對照せよ)



- | | | | | |
|---|-----|----|---|------|
| イ | 品川 | 驛 | キ | 本郷 |
| ロ | 泉岳 | 寺 | ノ | 上野 |
| ハ | 札ノ | 辻 | オ | 下谷 |
| ニ | 芝公 | 園 | ク | 兩國 |
| ホ | 古川 | 橋 | ヤ | 永代 |
| ヘ | 麻布 | 本村 | マ | 洲崎 |
| ト | 濱離 | 宮口 | ケ | 森下 |
| チ | 芝 | 張町 | フ | 龜澤 |
| リ | 銀座 | 地島 | コ | 猿江 |
| ヌ | 築月 | 橋 | エ | 浅草 |
| ル | 櫻 | 町 | テ | 柳 |
| ヲ | 茅場 | 橋 | ア | 麩 |
| カ | 吳服 | 橋 | サ | 吾妻 |
| コ | 東京 | 驛 | キ | 浅草 |
| ク | 小傳馬 | 町 | ユ | 南千住 |
| ケ | 須田 | 町 | メ | 三河島 |
| コ | 神田 | 錦 | ミ | 青山 |
| ク | 半藏 | 門 | シ | 澁谷 |
| ケ | 四谷 | 見附 | エ | 大塚 |
| コ | 牛込 | 柳 | ヒ | 小石川 |
| ク | 飯田 | 橋 | モ | 駒込 |
| ケ | 早稲 | 田 | セ | 日比谷 |
| コ | 砲兵 | 工廠 | ス | 赤坂 |
| | | | ン | 浅草今戸 |

第十圖(乙)東京市街地震震度分布圖

(Bending Moment)の極大なる根本に於て起るであらう。是等ビヤ一の破壊及倒壊に關しては他によつて詳細發表さるることとなつて居る。又地震に際して屢々石塔、紀念碑等が鉛直の周りに廻轉したのを目撃するが、此の同轉運動は地盤自身が廻轉運動したのではなく振動中にその重心が少しでも何れか一方に偏する様なことがあるか或は密着面の摩擦係数の大小によつて、上下振動によつては勿論、横から來た震波でも多少廻轉せしめることが出来る。墓場等の石塔の廻轉運動も恐らく此の理によるものであらう。

(5) 地震と地質

地盤も質が粗悪であればそれだけ地震を強く感じられる、故に泥土、砂礫の地は岩石の地よりも震度強く、又岩石の地でも緻密なる岩石は、裂け目その他間隙の多い岩石の地よりも震度は弱い。我が東京市の地質は到るところ泥土の地であるが、山の手地方の高臺は概して古い洪積の地であるだけ、下町の新しい沖積の地よりも震度が弱い。同じ山手地方にでも下町より粗悪の場所もあり、下町にも山手地方と等しい地質があるそうだから一概には云へない。第十圖(乙)は今村博士の調査にかゝる東京市街の震度分布圖であつて、市内各地の地質の強弱、加速度の大小等を一括して圖示したものである。圖中無地を震度の單位とすれば、(3)部は震度最も大なるところで單位震度の(3)倍、(2)部は(2)倍、(1)部は1.5倍になつてゐる。同博士は該圖の訂正を爲さんが爲め、目下實驗中である由。尤も震度は粗悪の地でもその層の厚薄によつて異なるものであるから、一概に地質の良否のみによるべきものではない。層が甚だ厚い場合には震波の傳播は却つて阻止せられて、その地面に達する頃には大いに弱められるやうな特別な場合がある事がある。今日迄の經驗に徴

しても地質の良好と思はれた場所が却つて軟弱なる沖積層よりも被害の大であつたのは蓋し此の理由によることであらう。

次に今回の大地震に於て地盤強固なる安山岩 (Andesite) の地に位置して居る筈の熱海線根府川地方が被害殊に激甚なのは、その地盤の表面が安山岩の朽ちた (Decompose) ものより成ること及地形其他の周圍條件に因ること大なれども、震災時に於ける地質研究者にとつては、獨り家屋の倒壊すらも見ることの出来なかつた被害僅少の梅澤地方 (國府津、二宮間の小區域) と相俟つて興味ある参考地域であらう。又地質の強固なる地に於ても地質構造線に當る所は局部的に被害の大なるを見ることが出来るさうである。此等震害と地質との關係については未だ専門家の實地調査中なれば、後日明白になることと思はれる。

(6) 震波の傳播速度と地質

今日迄の地震學にては地殻は等質物體より形成され、然かも震波は數學上最も處理し易き波動と假定して論じ來つたのであるが、事實は然らずして、地殻は密度の互に異なる岩石、砂礫、泥土等より成るは勿論、震波も弾性體内に於ける衝動の波動 (Impulsive wave) 或は其他の複雑な形の波動であつて、然かも、三元波 (Three dimensional wave) として處理されるべきものであらう。従來は弾性體内の弾性波 (Elastic wave) で其の中、表面波 (Surface wave) だけをとり考へられたのであるが、その正體は今以て正確ではない。東北帝國大學の日下部博士は、地震の研究には地殻を構成する岩石の弾性を研究する必要があると云ふ見地から種々の岩石の弾性率及剛性率を測定すると同時に、震波傳播の速度を計算された。第四、第五表は此の結果を參考迄に示したものである。これによれば縦波の速度は弾性率

に關係し、横波は剛性率に關係することが明かになつた。又地層は近世のものよりは古世の方が弾性係數及密度が共に大である。要するに震波速度は岩石、土砂の弾性係數が決定されるれば、その二乗根に比例すると云ふことが明かになつた。又震波の傳播速度は密度大なる岩石に於ては小なるものよりも大であるが、密度大なる岩石でも裂け目や、間隙の存在せるものに於ては、固より一律に論ずることとは出来まい。火薬試験にて、岩石内の波動の速度と、裂け目や間隙を有して居る岩石内の速度との差異 (横山又次郎氏著、地質學による) を參考までに示せば下の如し。

	速度 = 251.5 m/Sec.
1 湯 砂	" = 305. "
2 裂目多き花崗岩	" = 507.5 "
3 " 少き "	" = 646. "
4 寒武利亞紀大理石	" = 1190 "
5 二疊紀砂岩	" = 2000~2526 "
6 石炭紀緻密砂岩	" = 2450~3141 "
7 緻密花崗岩	

(7) 大正の關東大地震の原因

地震の原因となるべきものを大別すれば、火山の破裂、地殻の陥落、斷層、及地心の岩液が地殻中に突入する、所謂、潜火山等に區別することが出来るさうである。是等原因の決定については振動の性質、被害の狀況、地形の變化其他種々の周圍條件の考察を必要とする。今回の大地震の適確の原因は、未だ専門學者の調査中にある問題なれば知る由もなけれども、或る學者は大島の北方、初島の東方に位する海底の陥没及斷層の混合に原因するものであると發表し、海軍水路部にては前掲の第七圖の如く、震原地と想像された相模灣底水深の異常なる變化を測得したのである。是等を要するに震原は、相模灣底に一大地形の變化を生ぜしに因るものと思はれる。地震

【第四表】各種岩石の物理學性質(彈性率と縦波の速度)

年代	種別	產地	密度	彈性率	縦波の速度
大古(Arch.)	綠泥岩片岩(Chloriteschist)	秩父	2.96	11.09×10^{10} dynes/cm ²	6.12 Km./Sec.
"	蛇紋岩(Serpentine)	"	2.72	8.02	5.43
古世(Pal.)	結核岩(Clayalate)	江	2.71	9.05	5.73
"	石灰理(Lime stone)	赤坂	2.71	7.93	5.33
中世(Meso)	花崗石(Schabstine)	赤間關	2.78	6.49	4.85
"	砂岩(Sand stone)	九州	2.24	1.03	2.15
近世(Caino)	安山岩(Andesite)	信濃	2.61	4.36	4.09
"	凝灰岩(Tuff)	伊豆	1.92	0.78	2.03

【第五表】各種岩石の物理的性質(剛性率と横波の速度)

年代	種別	產地	密度	剛性率	横波の速度
大古(Arch.)	綠泥岩片岩(Chloriteschist)	秩父	2.82	2.0×10^{10}	2.70~2.89 Km./Sec.
"	蛇紋岩(Serpentine)	"	2.71	24.8~52.2	3.03~4.40
古世(Pal.)	輝石岩(Pyroxenite)	群馬	2.90	23.0~49.0	3.82~4.38
"	大理石(Marble)	九州	2.64	8.63~9.15	1.82~1.85
"	花崗岩(Granite)	御影	2.54	16.9	2.58
第三紀層(Tertiary)	砂岩(Sand stone)	千葉	2.20	0.41~2.69	0.43~1.09
洪積層(Diluvium)	安山岩(Andesite)	相模	2.59	8.02	1.76

の原因となるべき現象が如何なる誘因、動機によりて突發するかと云ふことは今なほ不明であつて、今後地震學者によつて大いに研究されなければならぬ一大事である。次に震原の深さに関しては未だその研究結果が乏しいけれども下に數例を擧げて参考にしよう。(横山氏地質學による)

年 月 日	場 所	國 名	震原の深さ
明治六年十二月二十二日	ベルツオーゲンラート地震	獨逸	13.5町
明治三十六年七月二十六日	エーゲル地震	洪牙利	1里9町
明治二十四年十月二十八日	濃尾地震	日本	1里27町~3里33町
明治三十一年七月二日	シンヤ地震	洪牙利	13里
明治三十年六月十二日	印 度 地震	印 度	40里

(8) 大正の關東大地震と往時の關東大地震(今村博士の説)

江戸開府以來最近に至る迄、東京に於て感じたる半壊的以上の地震は前後十七回であつて、その内殊に激しかつたのは下記三回である。

年 代	月 日	時 間	死 者	震 原 地
慶安二年(西曆1649)	6 20	A.M. 3.	數百人	江戸川東京灣地震帶
元禄十六年(" 1703)	11 23	A.M. 2.	5,233人	外側大地震帶
安政二年(" 1855)	10 2	P.M. 10.	6,757人	江戸川東京灣地震帶

今回の地震と安政二年のそれと比較せんに、東京に於ける強さは大差なく寧ろ今回の方が稍輕減されて居る様に思はれるが大きさに於ては、かなり優つて居る。又兩者の間には地の揺れ方が全く違ふので、後者は振動の主要部が一二回の往復振動の後に直ちに減衰したのに對し、前者は主要動が長く然かも其の後部に到つて却つて大なる併し緩漫なる振動を覺えたのであるから、随つて建造物の倒壊、破壊についても兩者自ら異なるを知るのである。以上は今回の

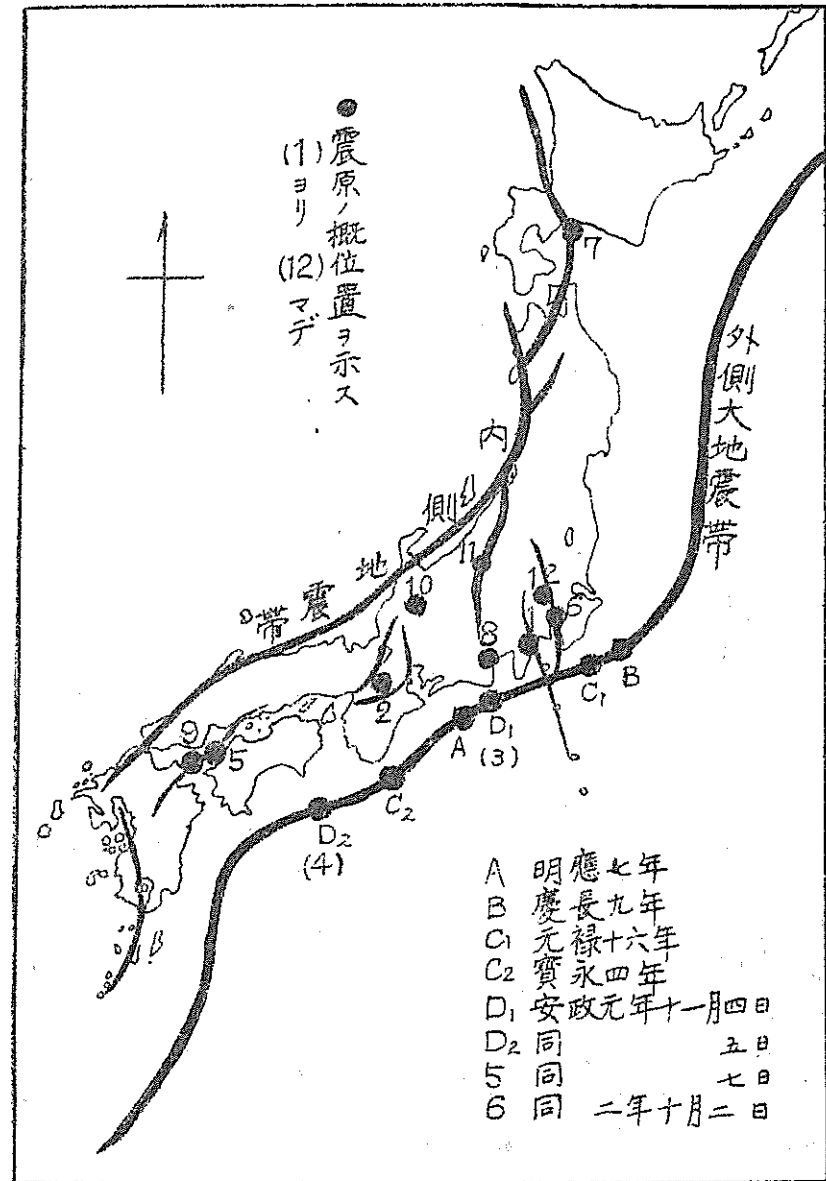
地震が安政型でなくて寧ろ元祿型であるべく察せらるるところである。又此の外湘南、伊豆の東海岸に於ける海嘯の状況や激震區域が房總半島の南部から横濱、酒匂川の流域及伊豆の東北海岸などを含むことは全く元祿型に類似して居る。次に参考迄に世界的大地震の記録を示す。

年 代	國 名	震 域	死 人
西曆1556年明の嘉靖三十五年	支 那	渭 水 流 域	820,000人
西曆1755年11月1日	ポルトガル	リスボン市	60,000人
“ 1693年	伊 太 利	シシリー島	100,000人
“ 1891年10月28日	日 本	濃 尾 地 方	7,273人
“ 1903年12月28日	伊 太 利	メツシナー市	140,000人
“ 1906年4月18日	米 國	サンフランシスコ市	—
“ 1923年9月1日	日 本	關 東 地 方	—

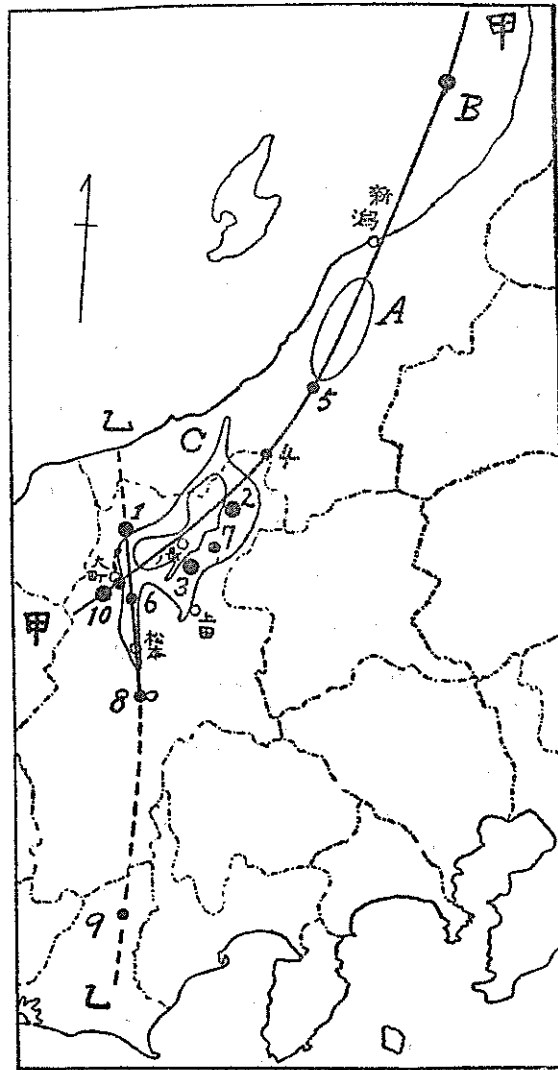
(9) 地震地帯と地震発起の週期

本項には、大森博士の所説を引用して、その大略を紹介した箇所が多い。

大地震或は局部破壊的地震は偶然任意の地方に現出するものではなくて、地殻の弱線即ち幾らかの延長を有する地震地帯より發起するのが常である。而して大地震が起る場所は地震地帯に屬する或部分であつて、然かも未だ嘗て自己の直下若くは直接附近に發起したことの無い地方に最も多い。これ等地震地帯(日本の部)に關しての所説は研究資料第十卷第二號に大森博士に依つて詳細掲載されてある。第十一十二、十三圖は、大森博士の發見にかゝる本邦の主なる地震地帯の一部及往時大地震の震央位置(震原直上地面)を示すものである。第十一圖は本邦太平洋岸に沿ふて北東より南西に走れる外側大地震地帯、内側地震地帯及二三の大地震の震央位置を示すもので、第十二圖

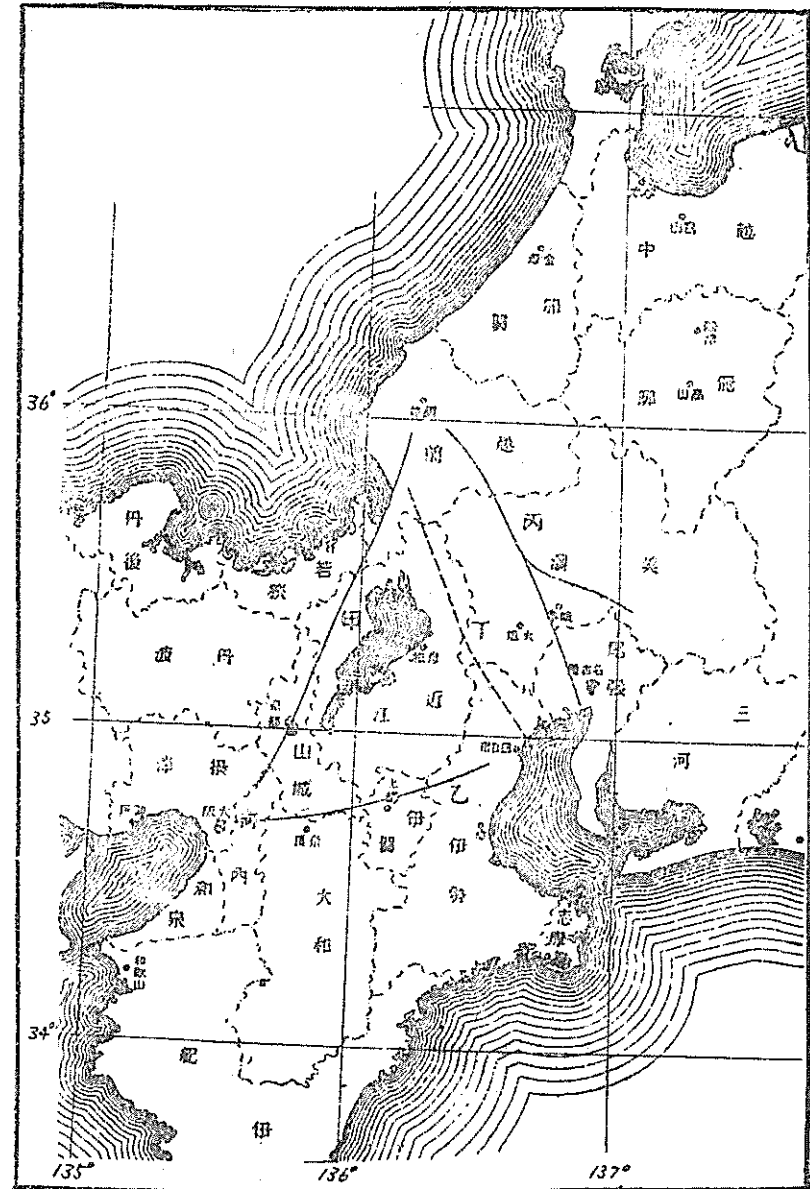


第十一圖 安政年間破壊的大地震

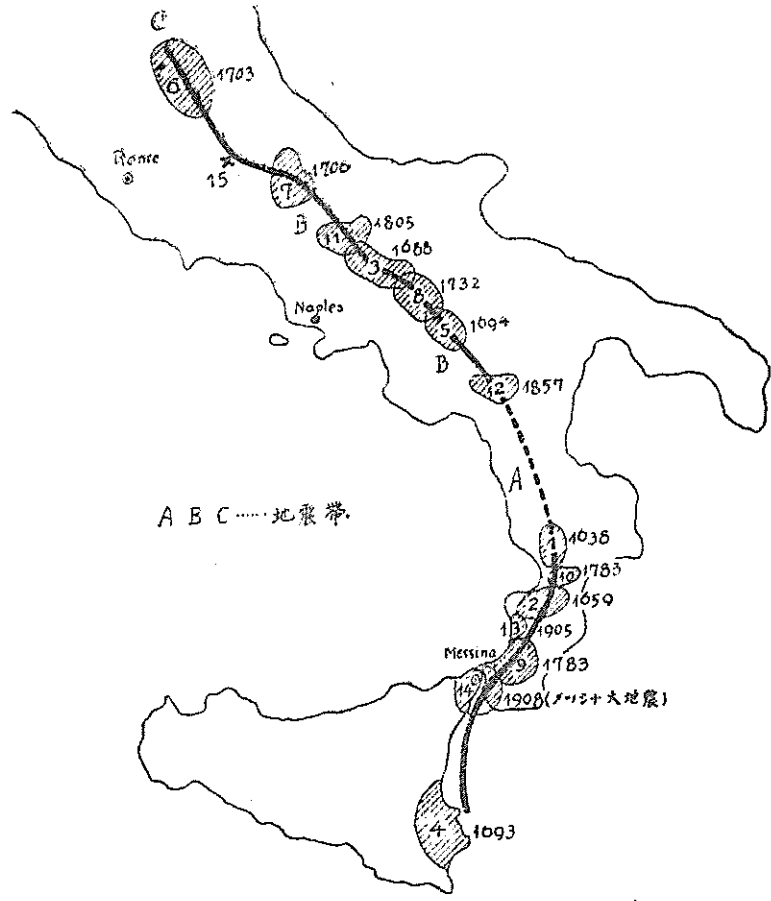


- (甲甲)信濃川流域大地震帯
- (乙乙)姫川天龍川地震帯
- (A) 三條地震破壊的區域
- (B) 天保四年地震の震央概位置
- (C) 善光寺大地震破壊的區域 (内側の曲線は被害の特に激烈なりし面積)
- (●) 局部的破壊地震の震央位置
- (1) 正徳四年大町組地震
- (2) 享保三年飯山地震
- (3) 安政五年松代地震
- (4) 明治十九年地震
- (5) 明治二十年地震
- (6) 明治二十三年地震
- (7) 明治三十年地震
- (8) 明治三十二年地震
- (9) 大正六年静岡縣下地震
- (10) 大正七年兩回の大町地震

第十二圖 信越地方及天龍川、姫川流域地震帯圖



第十三圖 本州中部の地震地帯



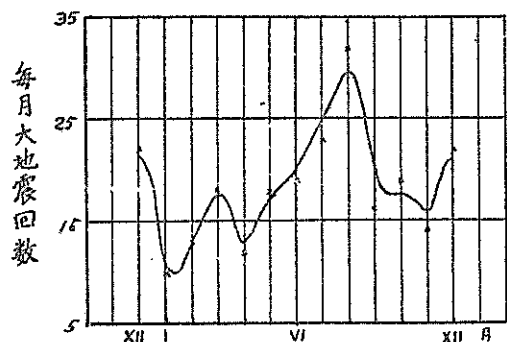
第十四圖 1638—1908年の伊太利地震十五回の區域圖

【第六表】 1500—1928年東京、京都及大阪に於ける地震統計表

西暦	1500	1600	1700	1800	1900
大阪	1510 永正7.2.5. 1586 天正13.11.29 1596 慶長1.7.9 1707 宝永4.10.4 1819 文政2.6.12 1834 天保1.1.15 1891 明治24.10.28	86年	115年	147年	
京都	1596 慶長1.7.9 1602 寛文2.5.11 1604 文政12.6.10 1605 享和5.5.12 1707 宝永4.10.4	147年	115年	147年	1830 天保17.2.12 1854 安政11.4
東京	1498 明和7.8.29 1563 永祿0.12.2 1615 元禄10.1 1630 元禄16.2.2 1647 元禄16.11.23 1649 元禄16.11.23 1659 元禄16.11.23 1671 元禄16.2.2 1673 元禄16.11.23 1675 元禄16.11.23 1676 元禄16.11.23 1677 元禄16.11.23 1678 元禄16.11.23 1679 元禄16.11.23 1680 元禄16.11.23 1681 元禄16.11.23 1682 元禄16.11.23 1683 元禄16.11.23 1684 元禄16.11.23 1685 元禄16.11.23 1686 元禄16.11.23 1687 元禄16.11.23 1688 元禄16.11.23 1689 元禄16.11.23 1690 元禄16.11.23 1691 元禄16.11.23 1692 元禄16.11.23 1693 元禄16.11.23 1694 元禄16.11.23 1695 元禄16.11.23 1696 元禄16.11.23 1697 元禄16.11.23 1698 元禄16.11.23 1699 元禄16.11.23 1700 元禄16.11.23 1701 元禄16.11.23 1702 元禄16.11.23 1703 元禄16.11.23 1704 元禄16.11.23 1705 元禄16.11.23 1706 元禄16.11.23 1707 元禄16.11.23 1708 元禄16.11.23 1709 元禄16.11.23 1710 元禄16.11.23 1711 元禄16.11.23 1712 元禄16.11.23 1713 元禄16.11.23 1714 元禄16.11.23 1715 元禄16.11.23 1716 元禄16.11.23 1717 元禄16.11.23 1718 元禄16.11.23 1719 元禄16.11.23 1720 元禄16.11.23 1721 元禄16.11.23 1722 元禄16.11.23 1723 元禄16.11.23 1724 元禄16.11.23 1725 元禄16.11.23 1726 元禄16.11.23 1727 元禄16.11.23 1728 元禄16.11.23	147年	115年	147年	152年

地方及天龍川、姫川流域の地震帯を示したものである。第十三圖は本州中部の地震帯圖であつて、明治二十四年の濃尾大地震の主なる震央は、越前國大野郡、今立郡地方より美濃國根尾谷を経て名古屋の西部に延長する濃尾越地震帯(丙)に發起したものである。

第十四圖は大森博士の調査研究によるもので、1638年より1908年に至る伊太利に於ける激震十五回の區域圖と、地震發起の順序(番號 1.2...にて示す)にその年號を附加したのである。これによれば地震はABCなる一の地震帯上に起り、然かも一度大地震に襲はれた地方には大體に於て再び同様の慘害を繰返すことなきを窺ひ知ることが出来る。是等の理論よりして大森博士の伊太利に於ける地震中14(1908)のメツシナ大地震及15の場所の豫報は的中したと云ふことである。是により察すれば地震帯上に於て未だ地震に襲はれない



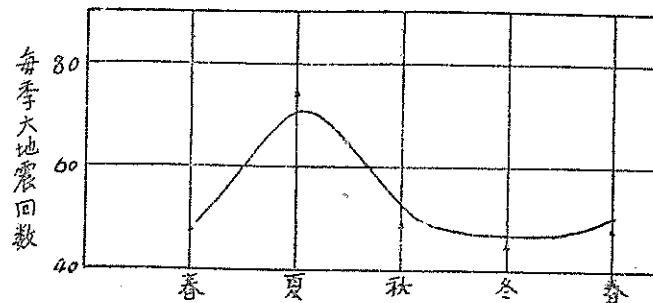
第十五圖 日本大地震二百十六回の一年中の分布

(少くとも歴史時代に於て) 部分は大地震の起るべき大なるプロバビリテ- (Probability) を有するものではなからうか。斯くの如く地震豫報てふ近き將來問題の中時の問題は暫く措き、場所の問題に關しては消息を得る迄

に進歩したと云ふことは誠に喜ばしい次第である。

次に第六表は西曆1500年(明應九年)以降今日に至る迄に東京、大阪、京都に起つた大地震の統計(震災豫防調査會報告第二十六號より摘録)を示したものである。これよりして、強いて各地に於ける

大地震發起の平均週期を計算するならば、大略東京に於て91年、大阪及京都に於ては120年となるが、是は大地震なるものの標準もなく又計算しやうによつては如何やうにもとれる。これ等平均週期を云々決定すると云ふことは、學術上何等證據もなく又信賴すべき價



第十六圖 日本大地震二百十六回の四季の分布

値あるものでないと云ふことを斷つておく。

更に本邦大地震發起の一年中(四季)の分布は、第十五、第十六圖に見るが如く、夏季(七月)に最も多く冬季(一月~二月)に最も少い。

要するに地震發起の豫報をすといふことは未だ不可能のことに屬して居ると思はれるが、その豫報を得て災害を軽減ならしむると云ふことは近き將來の大問題として非常に望ましい次第である。

終りに臨んで雇千葉孔氏の甚大なる御助力を謝す。(大正 12. 11. 5)

補 遺

九月一日の大地震に於ける各地の加速度

地名	加速度
東京市 山手地方(帝大).....	890 mm./sec. ²
同 下町(越中島附近).....	2150 "
同 丸ノ内附近.....	1470~1770 "
横浜市 海岸の粗悪地.....	3400 "
鎌倉 粗悪地.....	3900 "
同 第三紀層地.....	1470 "
横須賀市 粗悪地.....	4400 "
小田原地方.....	4900~5200 "