

サンフランシスコ(ロマプリータ)地震

衣笠善博¹⁾

1989年10月17日夕刻(日本時18日朝), 米国サンフランシスコ湾岸地域は激しい地震動に襲われた。その様子は、おりからの米国プロ野球ワールドシリーズ第3戦を衛星中継すべくサンフランシスコ郊外のキャンドルスティック球場に布陣していた報道陣によって、リアルタイムで日本に報じられた。

この地震に関しては日本から数多くの調査団が派遣され、調査結果が公表されている。筆者も政府調査団(団長: 岩崎敏男建設省土木研究所次長(当時))の一員として、米国関係機関からの情報収集, 地震に伴う諸現象, 各種施設の被害状況等の調査を行う機会を得た。いささか時期を失したきらいは否めないが, ここにその概要を書き止めておきたい。

ここで用いた資料は, 特記したものの他は政府調査団として入手したものであり, 出典等は調査団報告書(ロマプリータ地震政府調査団, 1989, 1990)を参照されたい。

1. 地震の諸元

1.1 本震

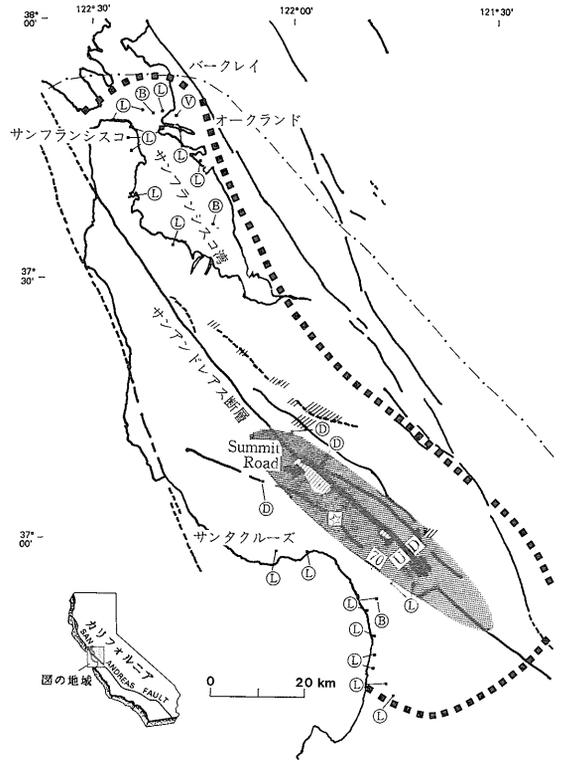
震源時(地震発生時刻): 1989年10月17日17時
04分15秒(現地時)

震央: 北緯37度02.19分 西経121度52.98分

深さ: 18.5km

マグニチュード: 7.1

震央はサンフランシスコの南約90km, サンタクルーズの北東約15kmのサンタクルーズ山地にあたり, 震央付近の標高約1,100mのロマプリータ山の名前にちなんでロマプリータ地震という名前がつけられた(被害の大きさ等からサンタクルーズ山地震あるいはサンフランシスコ湾岸地震と呼ばれることもある)。震央は見掛け上はザヤンテ断層の地表のトレースに一致するが, 後述するように, 南西に傾斜するサンアンドレアス断層の断層面上に位置する(第1図)。



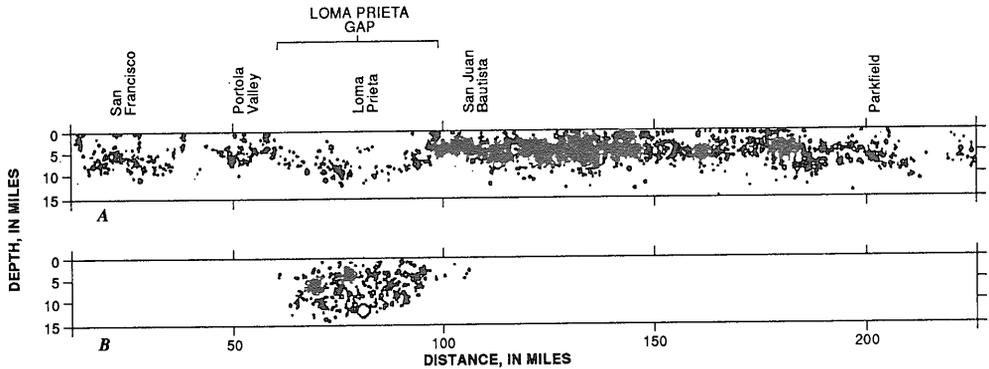
第1図 ロマプリータ地震の概要図。

実線: 活断層(U及びDは隆起及び沈降側), 破線: 活断層の推定位置, 鎖線: 崖崩れの分布域, 星印: 震央, 網部: 震源域であり地割りの多発域, 斜線部: 断層活動と関連すると見なされる地割れの集中域, 太点線: 構造物に被害があった範囲, L: 液状化の発生した地点, B: 橋の損壊地点, D: ダムの被害地点, V: 高架橋の被害地点(USGS Circular 1045による)

18.5km という深さはサンアンドレアス断層に沿う地震としては例外的に深い, 第2図に示されるように,

キーワード: サンフランシスコ, ロマプリータ(Loma Prieta), サンアンドレアス断層, 地震災害, 地盤の液状化, 地震予知

1) 地質調査所 環境地質部



第2図 サンアンドレアス断層沿いの地震活動。

図上半は地震発生前20年間の地震活動。ロマプリータ周辺は地震活動の空白域となっていた。下半は本震及び余震(1989年10月19日まで)。本震・余震活動域は図上半の空白域に一致する。(USGS Circular 1045)

平常時の地震活動にもその傾向が見受けられる。その原因については、岩質の違い、地殻熱流量の違いあるいはその両者による説明が可能であろうが、それらの説明を積極的に指示するデータが明らかになっているわけではない。

1.2 余震

本震に引続いて、現地時の10月18日にはマグニチュード5.2、10月19日にはマグニチュード5.0の余震が発生し、これらの余震による被害も発生した。

第3図は余震の空間的分布を示す。余震域は平面的にはサンアンドレアス断層にそって約50kmに及んでいる。サンアンドレアス断層に直交する断面では、本震及び余震活動はサンアンドレアス断層の地表のトレースを切り口とし、南西に約70度傾斜する面上に集中していることが読取れる。サンアンドレアス断層に平行する断面図には、本震は余震域の中央下端付近にあることが明瞭に示されている。

1.3 地殻変動

地震の直後に、光波測距とGPS(グローバル・ポジショニング・システム:衛星測地)によって地殻変動の検出が試みられた。それらの結果によるモデル計算によって、断層変位量は、右ずれ: $1.9 \pm 0.3\text{m}$ 、南西側隆起: $1.3 \pm 0.4\text{m}$ 、ネットスリップ: 約2.3mが求められた。地表での垂直変位量としては、南西側隆起: 45cm、北東側沈下: 15cmが求められた。

余震域の南限に近いサンワンバウティスタのアライメントレイ(断層の横ずれ変位を観測するための測量標識群)では1988年12月から地震直後の1989年10月20日の間に15mmの変位が記録されている。

サンタクルーズのヨットハーバーでは地震後0.4~0.5mの隆起があったとするレポート、地震の直後に小規模

な津波現象が見られたとするレポートもある(McNALLY *et al.*, 1989)。モントレーの驗潮所では地震の発生から約10分後に全振幅45cmの津波が記録された(SAKATE and KANAMORI, 1990)。

1.4 モデル

これらの観測等をもとに作られた今回の地震のモデルを第4図に示す。地震は北アメリカプレートと太平洋プレートを境するサンアンドレアス断層面上の地下18.5kmのところでも発生したが、破壊の進行は地表下6kmまでで止り、地表には達しなかった。

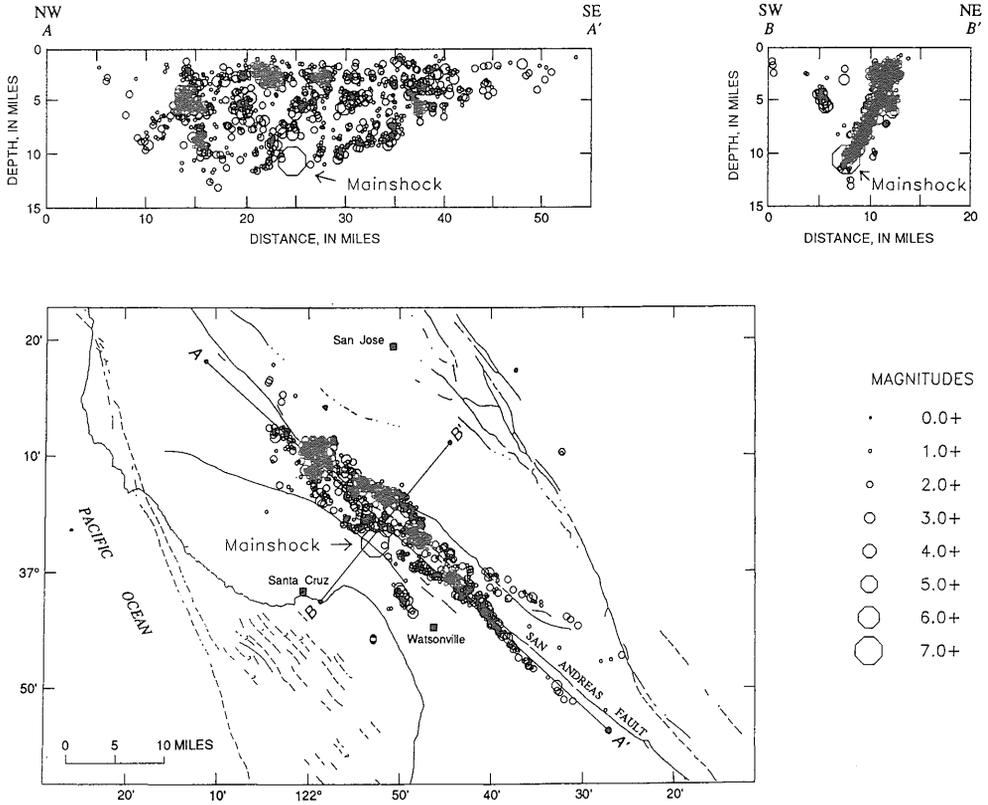
変位ベクトルが示すように、今回の地震による縦ずれ成分は横ずれ成分の70%近くに達し、断層面の傾斜も70°と逆断層の性質を強くおびている。このことはサンアンドレアス断層に沿う他の場所での断層運動の様式とは大きく異なる。今回の地震のセグメント(断層の諸特徴の差異によって区分される断層の部分)は、走向がサンアンドレアス断層の一般走向に比べてより西に振れるため、他の部分での純粋横ずれによる地殻の歪との適合性を満たすために、逆断層成分を持つものと解釈される。

2. 地表面象

今回の地震によって、震源域を中心とするかなり広い範囲で、地沁り、斜面崩壊、地盤の液状化等の地表面象が観察された。

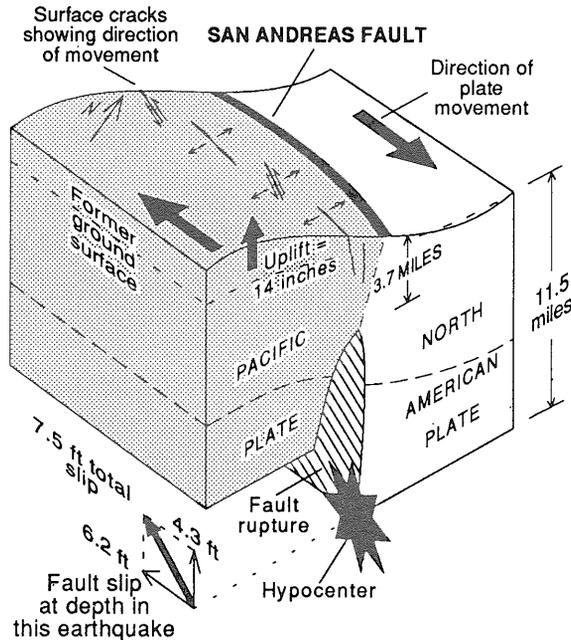
2.1 地震断層

今回の地震では地震断層は地表には達しなかった。その原因としては、前述のように、今回の地震を発生させたセグメントでは、岩質の違い、地殻熱流量の違いあるいはその両者によって、震源が他のセグメントより深く、結果として地表に達しなかったと説明されている。



第3図 余震活動の空間的分布。

図上半は図下半のA—A'，B—B'に沿う断面図。本震はサンアンドレアス断層の断層面上にあり，余震域の中央下端に位置する。(USGS Circular 1045)



第4図 ロマブリータ地震のモデル。(USGS Circular 1045)

また，震源域がサンアンドレアス断層とサージェント断層の接合部にあたり，さらに西側にはザヤンテ断層が存在する複雑な地質構造のため，地表では断層は多数の小断層に分枝し，単一の断層としては現れなかったとの説明も可能である。さらに，今回のセグメントでは1906年のサンフランシスコ大地震の時も明瞭な地震断層が記録されていないことから，そのような「くせ」のあるセグメントであるとする説明もなされている。

さらに別の説明として，地下に存在するデタッチメントサーフェス(分離面)によって，震源から上方への破壊の進行が抑止されたとする説明もなされている (ANDREWS, 1990)。

2.2 地割れ

明瞭な地震断層こそ観察されなかったが，震源域，特にサンアンドレアス断層に沿った地域で，数多くの地割れが生じた(写真2~4)。個々の地割れは，サンアンドレアス断層に平行するもの，地層面の走向・傾斜に一致する層面断層の性格を有するもの，個々の地点の斜面形状に左右されていると判断されるもの等様々である。



写真1 ロマプリータ地震による地割り。
 ロマプリータ地震ではサンタクルーズ山地、特にローレル地区には数多くの地割りが発生した。この地域はもともと地割り地として知られていた地域であり、今回の地震によっても、予想通りと言うべきか、その被害を免れることは出来なかった。

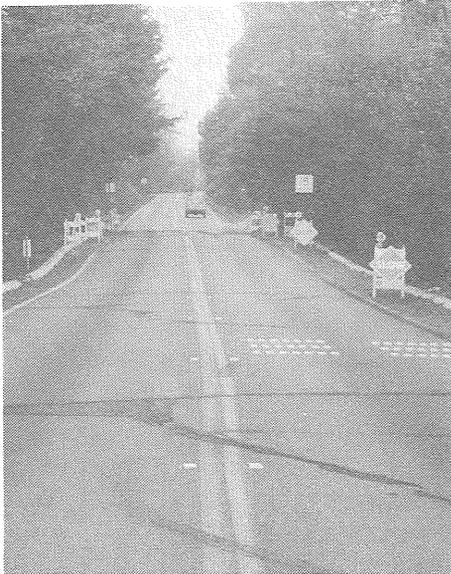


写真2 サンタクルーズ山地、サミット通りの地割れ。
 手前の地割れは右ずれであり、写真中央の大きな地割れは左ずれを示している。

写真4はサンアンドレアス断層直上で観察された地割れであるが、約30cmの左ずれを示している（サンアンドレアス断層は右ずれ）。この地点では1906年のサンフランシスコ大地震の時も約1mの左ずれを示す地割れが記録されている（LAWSON *et al.*, 1908）。

2.3 地割り

地割りは震源域であるサンタクルーズ山地、特にサンアンドレアス断層の上盤側にあたるローレル地区に多発した（写真1及び写真5）。この地域は第三系の脆弱な堆積岩からなり、地形が急峻なこと、海岸山地の海側斜面にあたり雨量が多いことなどから、地割り地域として知

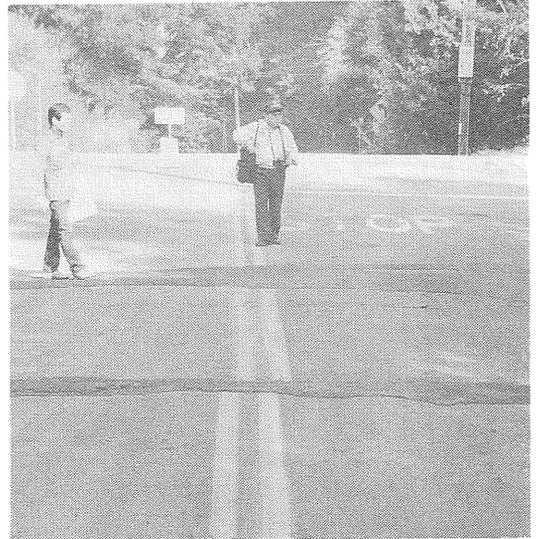


写真3 サミット通りと交差する小道の地割れ。
 走向はサンアンドレアス断層と平行で、右ずれを示している。

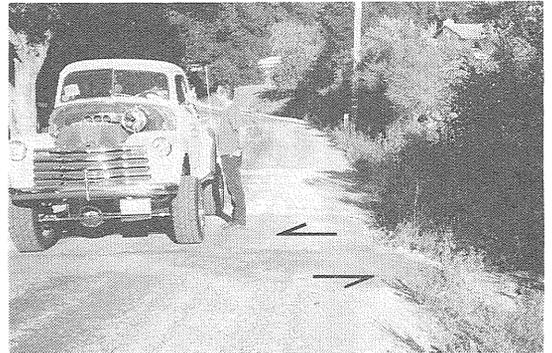


写真4 サンアンドレアス断層がモーリル通りを横断する地点の地割れ。
 写真中央部の道路修復部（車の前輪の所）を境に向う側が約30cm 左側にずれている。

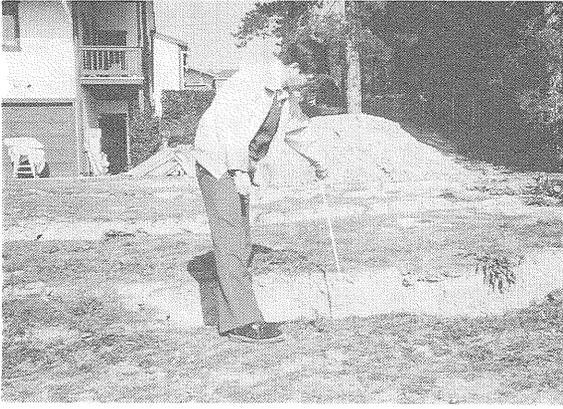


写真5 サンタクルーズ山地，ローレル地区の地盛り。

られている地域である。現地調査で観察することが出来たいくつかの地盛りも既存の地盛りの再活動であると見受けられた。

2.4 斜面崩壊

崖崩れ等の斜面災害は地盛り分布地域よりさらに広範囲に分布したが、最も大きな被害を被ったのはサンタクルーズ山地の南西斜面である。その原因としては、この地域が震源域に含まれていたことに加えて、地盛りと同様に、地質、斜面の発達状況及び降雨量等この地域の特性が挙げられよう。

発生した崖崩れの多くは 100m^3 以下のものであるが、 $1,000\text{m}^3$ から $10,000\text{m}^3$ のものもいくつか発生し、 $52,000\text{m}^3$ に達するものもあった。州高速道路17号線で発生した崖崩れ(写真6)によってこの高速道路は約1ヵ月間不通となった。

2.4 液状化

今回の地震の被害で特筆されるべきものとして地盤の液状化が挙げられる。



写真6 州高速道路17号線沿いの崖崩れ。(写真提供：USGS)

液状化は次の二つに分類される。すなわち、一つはサンフランシスコ、オークランド等湾岸地域の埋立地における液状化であり、もう一つはサンタクルーズ、ワトソンビル等の震源に近い地域の河川沿いの沖積地における液状化である。

前者については、サンフランシスコ市内のマリーナ地区、南マーケット地区等に特徴的に認められる。すなわち今回の地震で液状化を生じた地域は1906年サンフランシスコ大地震以後に湾岸のベイマッド(Bay mud)と呼ばれる軟弱な粘土層を埋立した地域であり、岩盤での地震動は小さかったが、ベイマッドの分布地域ではベイマッドによる増幅によって大きな地震動が作用し、埋立地盤の液状化に至った。表層地盤の差による地震動の差はサンフランシスコのマリーナ地区で行なわれた余震観測結果に見事に示されている(第5図)。

後者については、震源地に近いため大きな地震動が河

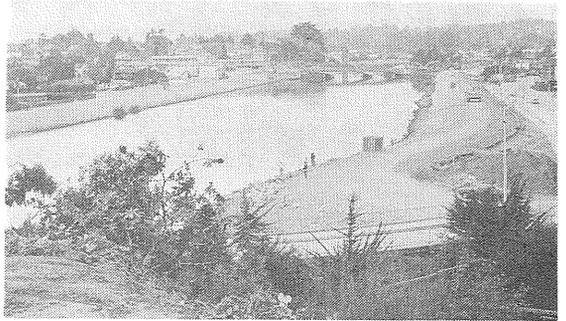


写真7 サンタクルーズ市内を流れるサンロレンツォ川の堤防の損壊。

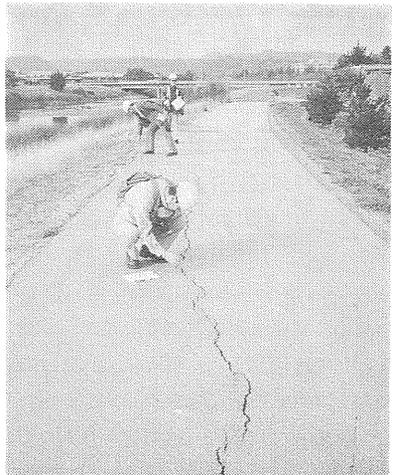
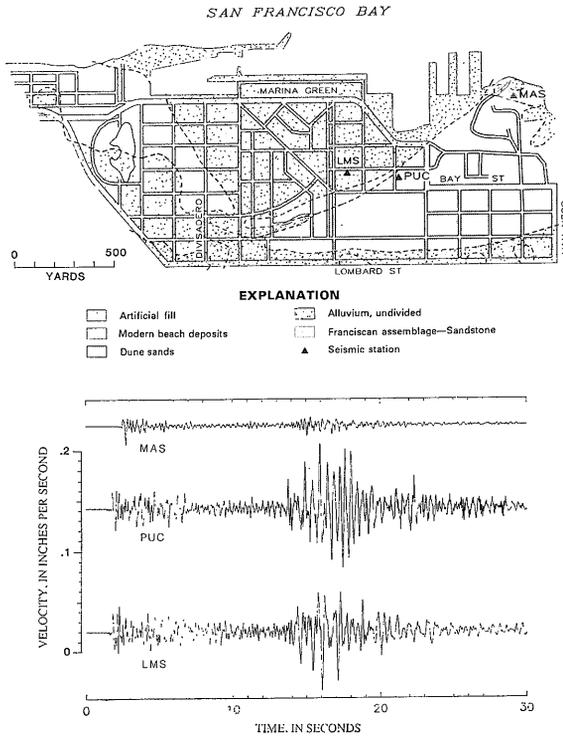


写真8 サンロレンツォ川の堤防の割れ目を調査する政府調査団。手前は尾田副団長(国土庁震災対策課長(当時))。



第5図 サンフランシスコ市内マリナ地区での観測された余震の波形。
 MASは岩盤上の観測点、PUCは砂丘上の観測点、LMSは埋立地。PUCとLMSの振幅(速度振幅)には大きな差はない。(USGS Circular 1045)

川沿いの砂地盤に作用したためである。液状化は現河川沿い及び旧河川沿いのごく限られた地区で発生しており、道路一つを隔てて一方は大きな被害を被っているのに他方は殆ど無傷であるといったケースが各地で認められた。

3. 地震動

カリフォルニア州における強震観測は米国地質調査所(USGS)と州鉱山地質局(CDMG)によって行なわれている。今回の地震に関しては、前者によって地盤での観測点21ヵ所、構造物での観測点17ヵ所の記録が回収され、その月のうちに米国地質調査所のオープンファイルレポートとして出版された(MALEY *et al.*, 1989)。後者は州内の約500点での観測を維持しているが、今回の地震に関しては地盤から53点、構造物から40点の記録を回収し、地震直後の19日と25日には Quick Report として公表している。BOORE *et al.*, (1989) は、これら両者及びその他の機関の記録のうち、地盤上に設置された86ヵ所の強震計の記録のとりまとめを行なっている(第6図)。

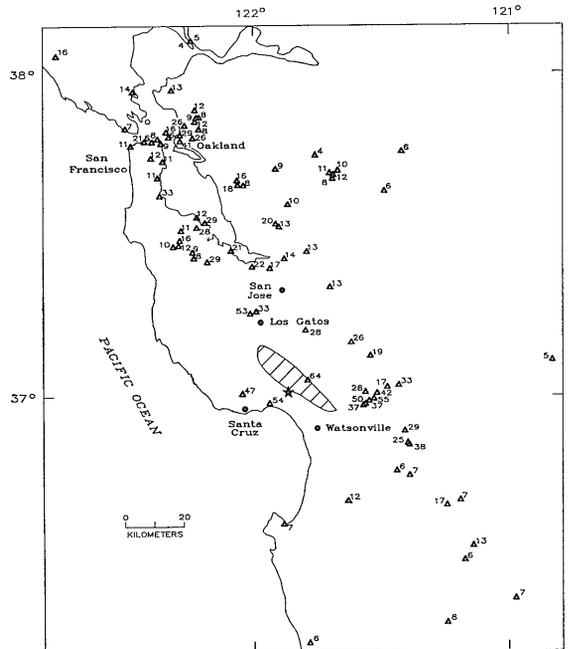
第7図は USGS によってまとめられた水平最大加速度の距離減衰を示す図である。この図では岩盤上の地点と沖積地あるいはベイマッドの地点を分けて図示されている。図中の実線は JOYNER and BOORE (1988) によって主として南カリフォルニアの地震の記録から求められ、米国で標準的な距離減衰式として使われているものを示し、破線は $\pm 1\sigma$ (標準偏差) を示す。この図からベイマッドの影響をうかがい知ることが出来る。さらに第8図は地盤の種類ごとに、今回の地震の観測値(Obs)と JOYNER and BOORE (1988) の経験式による加速度(JB88)との比較を示す図であり、ベイマッドの影響が如実に示されている。

強震観測による加速度の最大値はコラリトス(震央距離: 7 km)で 0.64 g が得られているが、梅田・RYMBR (1980) は震央近傍で、地震時に飛上った地表物体(主に石)の観察から、2~3 g の加速度があったとしている。

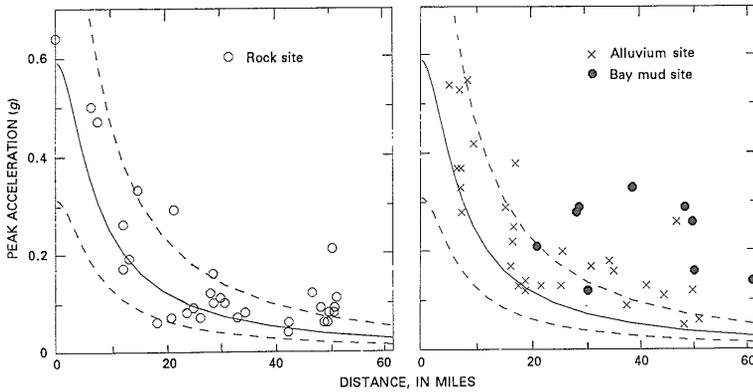
4. 地震災害

前節までは自然現象として今回の地震の概要を記述してきたが、ここでは地震災害の観点から今回の地震を記述する。

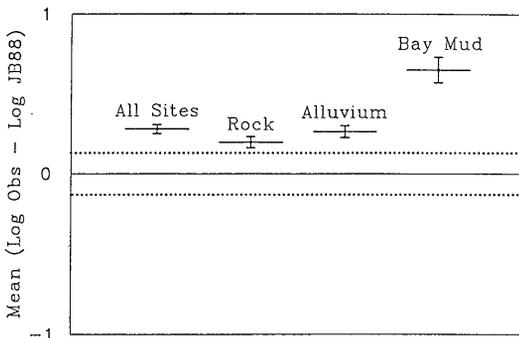
今回の地震による被害で日本にも大きく報道され、注



第6図 水平最大加速度の分布。
 単位はパーセントg、星印は本震の震央。(BOORE *et al.*, 1989)



第7図
水平最大加速度の距離減衰.
図左は岩盤上の地点の記録, 図右は沖積地及びベイマッド分布域での記録.
(USGS Circular 1045)



第8図 水平最大加速度の観測値 (Obs) と標準の距離減衰式から求められる加速度値 (JB88) の差.
ベイマッド上の地域での観測値は標準値を顕著に上回る. (BOORE *et al.*, 1989)

目されたのはサンフランシスコ市マリーナ地区の液状化、オークランド市サイプレス地区の高速道路 880 号線（通称ミニッツフリーウェイ）の崩壊とサンフランシスコとオークランドを結ぶベイブリッジの落橋である。ベイブリッジの落橋は地盤災害というより、もっぱら工学的問題であるのでここではふれない。

4.1 マリーナ地区の液状化

マリーナ地区はサンフランシスコ半島の北端のウォーターフロントにあたり、ゴールデンゲートブリッジを望む高級住宅街となっている。この地域はかつては入江とそれを取巻く干潟であった。干潟は1849年に始まるゴールドラッシュ以後順次埋立が行なわれた。1906年のサンフランシスコ大地震ではこの埋立部に大きな被害が発生した (LAWSON *et al.*, 1908)。

サンフランシスコ大地震の復興を記念して1915年に博覧会が開催された。その会場として選ばれたのは当時まだ埋立が及んでいなかった入江部であり、会場用地として埋立が行なわれた。埋立用土に関する記録はないが、海岸近くの砂丘砂と浅海部の砂が用いられたであろうこ

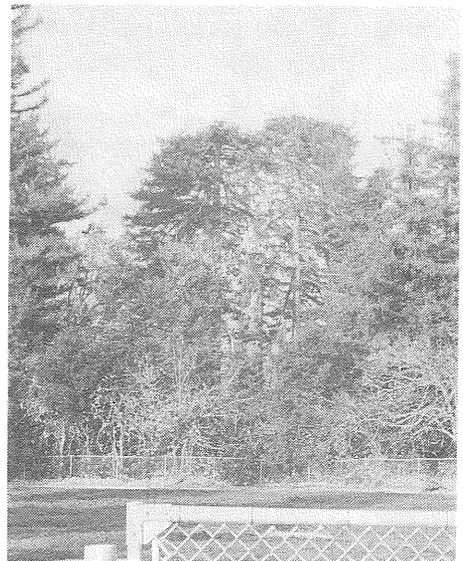


写真9 震央近くのロマプリータ小学校裏の松林。
激しい振動のため木の幹が途中で折れている。この木は今後成長が阻害され、年輪の幅が狭くなることによって、今回の地震の生き証人となるであろう。

とは想像に難くない。

第5図に示されるように、埋立地 (LMS) と砂丘砂の地域 (PUC) での地震動の大きさには大きな違いがない。一方両者での被害の程度には大きな差がある。このことは被害の程度は液状化の有無によって規制されたことを示している。

マリーナ地区の建造物の被害は木造4階建て1階をガレージにしている建物に集中的にあらわれた (写真10)。4階建てに集中したことに関しては、建物の固有周期で説明がなされるであろうし、1階をガレージにしている建物への集中は、ガレージとして1階部は開口部が大きく取られ、壁や筋違を入れる余裕が少なく、剛性が小さいことで説明がなされる。



写真10 サンフランシスコ市内マリナー地区の家屋の被害状況。被害は1906年サンフランシスコ大地震後の埋立地に位置し4階建て1階がガレージになっている建物に集中した。

震動が作用したことがうかがえる。

このような地区でありながら、この高架橋の設計は水平震度を0.06として行なわれた。その高架橋に今回の地震では0.26～0.29gの水平加速度が作用したと推定されており、橋の強度を超えた地震動が作用したことによる崩壊といえる。また、構造自体にも問題があったようで、同様の構造を持つサンフランシスコ市内エンバカデロ高架橋も崩壊には至らなかったものの大きな被害を受けた。

この他に橋梁の被害として注目されたのは、震央から約20km南西、ワトソンビル市南部の州道1号線にかかるストラブスルー橋である(写真13～14)。この橋は橋脚として湿地 (slough) に直径38cmの杭を打込み、その

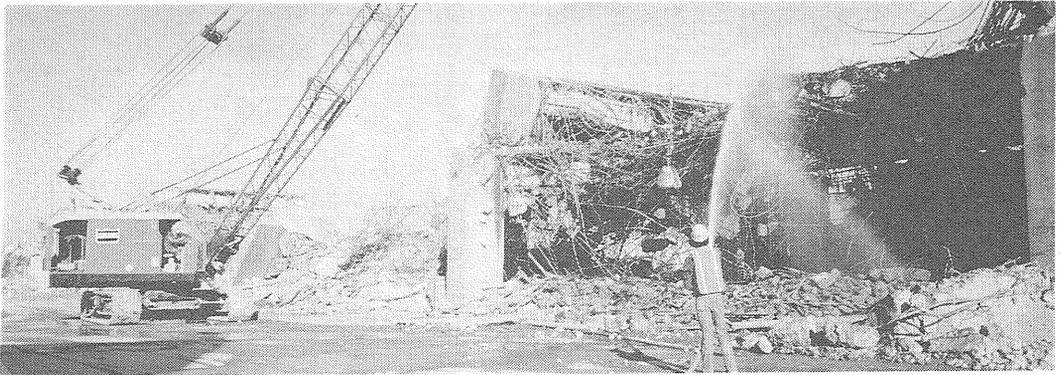


写真11 オークランド市内サイプレス地区の高速道路の崩壊。崩壊部分はダブルデッキとなっており、上層を支える柱部が破損し、上層の桁が下層の桁の上に落下した。

すなわち、マリナー地区の被害はベイマッドによる地震動の増幅、1906年以後の砂を使った埋立、建物の固有周期、剛性の小さい建築様式という悪条件が何重にも重なり合ったためと言える。

埋立地の液状化による被害はマリナー地区の他に、南マーケット地区、オークランド港、オークランド空港でも顕著であった。

4.2 高速道路880号線の崩壊 (写真11～12)

オークランド市サイプレス地区の高速道路 880 号 (通称ミッツフリーウェイ) 線の崩壊は死者 43 人を出す大惨事となった。崩壊現場周辺では崩壊と直接関連すると見られるような液状化現象は観察されなかった。崩壊現場周辺における余震観測からは、マリナー地区と同様に、ベイマッドによる地震動の増幅の様子が明らかにされている (HOUGH *et al.*, 1989, 第 9 図)。この図からは崩壊現場周辺でベイマッドを埋立た地域の構造物には大きな地

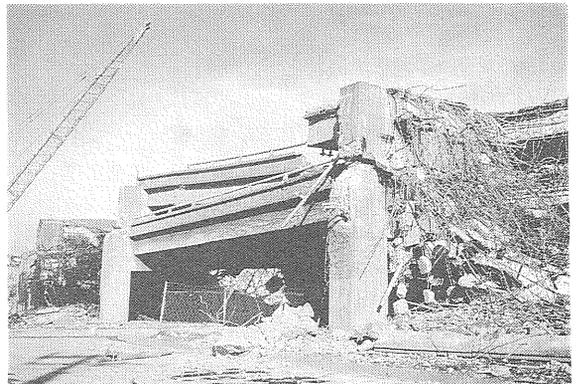
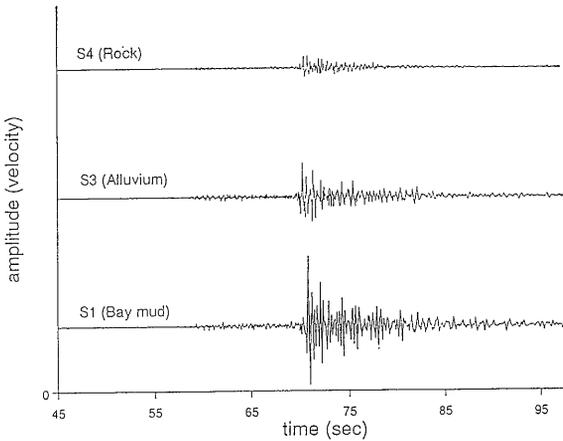


写真12 サイプレス地区の高速道路の崩壊。現場では取壊しが行なわれるとともに、崩壊をまぬがれた部分を使って強度試験が行なわれた。



第9図 オークランド市内で観測された余震の波形。
S4は岩盤上での記録，S3は沖積地，S1はベイマッド分布地での記録。(HOUGH *et al.*, 1989)

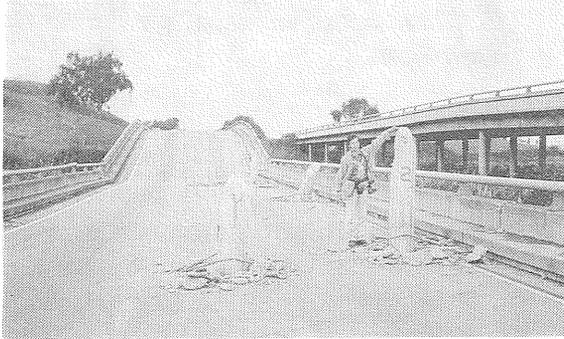


写真13 ワトソンビル市南部のストラブスルー橋の損壊状況。
橋脚が桁から外れ床版を突き破った。

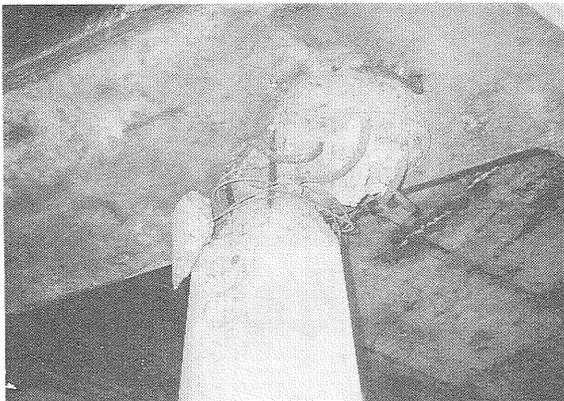


写真14 ストラブスルー橋。
橋脚の杭頭部の損壊状況。この部分では橋頭部は破損はしたものの辛うじて桁を支えている。あと10cmもずれれば、写真13のように橋頭は床版を突き破ったであろう。

杭頭を横桁に直接剛結するという構造である。震央からたかだか20kmの距離でしかも低湿地という条件から、大きな地震力が作用した。これに抗すべき地盤は軟弱であり、杭は変形に抵抗できなかった。このため杭頭で剪断破壊が生じ杭頭は横桁から外れ、床版を突き破ったと考えられる。

アメリカの耐震設計基準は1933年のロングビーチ地震を契機に定められたが、その基準では建築物の設計震度は0.02~0.1とされていた。これに従って、ベイブリッジは0.1で設計され、サイプレス地区の高架橋は0.06で設計された。1961年になって初めて道路橋の設計規定ができた。しかしそれでさえ設計震度は0.04~0.08というものであった。1971年のサンフェルナンド地震によって道路橋が大きな被害を受けたため、暫定的に設計震度を2~2.5倍にして運用された。その後回か基準の見直しが行なわれるとともに、既存の橋の耐震補強が行なわれてきた。サイプレス地区の高架橋も耐震補強が予定されていたが、地震はそれを待ってはくれなかった。

4.3 その他の地震災害

1989年11月中旬までに連邦危機管理庁 (FEMA)、州緊急災害対策局 (OES) 等から出された資料を総合すると、今回の地震による被害の概要は以下のとおりである。

- 1) 死者 62名 (地震による直接的犠牲者)
- 2) 負傷者 3,208名
- 3) 罹災者数 55,000名
- 4) 火災発生件数 約50件
- 5) 被害総額 70~80億ドル (1兆円~1兆1千億円)

また別の統計では、被災住宅数: 18,306棟、被災商用建物数: 2,575棟とされている。

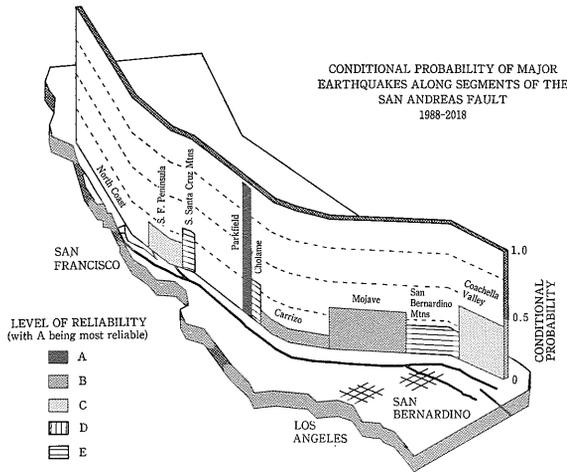
サンフランシスコは米国西海岸の中心的都市の一つであり、金融、サービス業の中心である。また観光も産業の一つとして大きな割合を占めている。これらに与えた影響は上記被害額には含まれていない。また地域住民の被った恐怖と不便は図り知れない。

5. 地震予知

この様な大きな被害を出した地震に対してどのような予知体制が取られていたのであろうか？

5.1 米国の予知

米国における本格的な地震予知への取り組みは全米地震災害軽減計画 (NEHRP) の主要な部分として1977年に開始された。その実施主体は米国地質調査所にあり、カリフォルニア州の北半だけで約350点の地震観測点を維持している。地震観測の他に、地殻変動観測 (測地測量)、



第10図 サンアンドレアス断層沿いの地震発生確率を示す図。
 今回の地震は S. Santa Cruz Mtns. として示された地域で発生した。一方地震予知のための観測は Parkfield 地域に集中していた。(USGS Open-File Report 88-398)

断層変位観測、地殻応力・歪観測、地下水観測等が行なわれている。また長期予知のための研究として活断層に関する様々な研究にも大きなウエイトがおかれている。

5.2 長期予知と観測体制

サンアンドレアス断層及びそれと密接な関係を有する湾岸地域の活断層の長期的平均変位速度、過去の活動の履歴等から、1988年を基準として以後30年間に発生する地震の規模及び発生確率が求められていた(USGS, 1988)。今回の地震活動の場となった南サンタクルーズ山地に関しては、マグニチュード6.5、発生確率30%、予測の信頼度は5段階で最下位のEランクとされた(第10図)。

一方さらに南方の、1966年のパークフィールド地震が発生した地域に関しては、マグニチュード6.0、発生確率90%以上、予測の信頼度は最高位のAランクとされた。このこともあって、地震予知の主力はパークフィールドにおかれていた。

このような事情から、今回の地震の活動の場となった南サンタクルーズ山地で行なわれていた観測は前述の地震観測と地殻変動観測(距離測量, GPS)のみであった。したがって今回の地震に関しては十分な地震予知体制はとられていなかったといえる。地震発生確率30%でその予測の信頼度が5段階で最下位のEランクの地域と発生確率90%以上で信頼度が最高位のAランクの地域があった場合、後者に観測を集中していたことを誰も非難することはできない。

5.3 前兆現象

上述のように、地震予知の主力はパークフィールドにおかれており、今回の地震の活動の場となった地域で行

なわれていた観測は地震観測と地殻変動観測のみであった。このため短期予知に直接つながるような前兆現象は得られていない。

地震観測によっては、前震活動として、以下の2つの地震が観測された。

1988年6月27日 37° 06.71' N, 121°54.67' W,
 H=14km, M=5.1

1988年8月8日 37°07.62' N, 121°56.86'W,
 H=17km, M=5.2

長期的には今回の地震の震源域は地震の空白域となっていた(第2図参照)。

地殻変動観測に関して、USGSは、前兆現象は検出されなかったとしている。

震央距離20kmにあり、今回の地震による最大の水平加速度が記録されたコラリトスで、磁場に前兆とも見られる変化があったことを Geotimes の1990年2月号は、“If it’s a real precursor, then it’s very exciting”(もしそれが本当に前兆現象なら興味深い)というサブタイトルとともに報じている。

6. 結 び

1989年10月に米国カリフォルニア州を襲ったロマプリータ地震の概要を記した。この地震に関しては、前兆現象の検出→短期予知という経過はたどらなかったものの、活断層の調査・研究から、その発生の予測がなされていた場所で発生した。地震災害の軽減の観点からは注目に値する。

今回の地震の現地調査にあたっては数多くの方々にお世話になった。これらすべての方々の名を記して御礼を申し上げるには紙面が足りないが、特に国土庁震災対策課の皆様、サンフランシスコ総領事館の皆様そして米国地質調査所の方々にはたいへんお世話になったことだけは書き止めておきたい。有難うございました。

主 要 参 考 文 献

[政府調査団報告]
 ロマプリータ地震政府調査団調査報告書(中間報告). 国土庁, 312p.
 1989年サンフランシスコ湾岸地震(ロマプリータ地震)の記録(ロマプリータ地震政府調査団, 国土庁監修). ぎょうせい, 302p.
 [その他の調査団の報告]
 ロマ・プリータ地震東京都調査団報告書. 東京都, 251p.
 1989年10月 LOMA PRIETA 地震災害調査報告書. 建築研究振興協会, 94p.
 LOMA PRIETA 地震調査報告書. 損害保険料率算定会・ロマ・プリータ地震損保調査団, 120p.

〔USGS 出版物〕

Probabilities of large earthquake occurring in California on the San Andreas fault. U. S. G. S. Open-File Report 88-398, 62p.

Lessons Learned from the Loma Prieta, California, Earthquake of October 17, 1989. U. S. G. S. Circular 1045, 48p.

U. S. Geological Survey Strong-Motion Records from the Northern California (Loma Prieta) Earthquake of October 17, 1989. U. S. G. S. Open-File Report 89-568, 85p.

The Loma Prieta Earthquake of October 17, 1989.

U. S. G. S. pamphlet, 16p.

これらの他に、地震直後からファクシミリで送られてきた資料、USGS の研究者から直接入手した資料を参考にした。

〔カリフォルニア州鉱山地質局出版物〕

CSMIP strong-motion records from the Santa Cruz Mountains (Loma Prieta), California earthquake of 17 October 1989. California Strong Motion Instrumentation Program Report No. OSMS 89-06, 159p.

〔強震等観測，上記の他に〕

MCNALLY, K. C. *et al.* (1989) : Santa Cruz Mountains (Loma Prieta) Earthquake. EOS, **70**, 1463, 1467.

HOUGH, S. E. *et al.* (1989) : Did Mud Cause Freeway Collapse? EOS, **70**, 1497, 1504.

BOORE, D. M. *et al.* (1989) : Peak Accelerations from the 17 October 1989 Loma Prieta Earthquake. Seis. Res. Lett. **60**, 151-166.

〔1906年サンフランシスコ大地震の記録〕

LAWSON, A. C. *et al.* (1908) : The California earthquake of April 18, 1906 : Report of the California State Earthquake Investigation Commission. Carnegie Inst. Pub. 87, **1**, 451p.

〔学会講演要旨〕 以下にはそれぞれの学会での講演要旨が掲載されており、そのいくつかを本文で引用した。

Seismological Research Letters. vol. 61, no. 1, Eastern Section Seismological Society of America.

地震学会講演予稿集No.1 (1990年春季大会)，地震学会。

KINUGASA Yoshihiro (1990) : San Francisco (Loma Prieta) earthquake.

<受付：1990年6月18日>

GEOLIS (日本地質文献データベース) 1989年版フロッピーディスク 公開のお知らせ

地質調査所が1986年より構築しております上記データベースを、フロッピーディスクにより無償配布いたします。1989年版のみか、1986—89版の4年分をお書きそえの上、下記の要領でお申込下さい。

なお、「地質調査所ソフトウェア利用申請書(暫定)」をフロッピーディスクに同封してお送りいたしますので、署名の上地質情報センター宛ご返送ください。

記

期 間：1990年9月末日まで

データ内容：日本地質文献目録(1986—89年) 約28,300論文

申込み方法：依頼文書(自由形式)

フロッピーディスク2枚または8枚(2HD, 5インチ)

返信用封筒(切手貼付, 返信先記入)を同封してご送付下さい。

申込み先：〒305 つくば市東1-1-3 地質調査所 地質情報センター

問い合わせ先：資料情報課(担当 本荘または菅原) Tel. 0298-54-3604

参 考：地質ニュース420号(1989年8月号)