

5 - 2 サンフェルナンド地震について

On the San Fernando Earthquake of Feb., 9, 1971

気象庁地震課 諏訪 彰

Akira SUWA
Seismological Section,
Japan Meteorological Agency.

関東南部の地震対策・地震予知研究計画など、地震に対する官民の関心がにわかに高まっている折から、1971年2月9日朝6時（JSTでは夜23時）1分頃、ロサンゼルス市を襲った地震は、近代都市の地震対策を進めるために、他山の石として、学ぶべきことが実に多い。パサデナにあるCALTEC（カリフォルニア工業大学）の地震研究所によれば、この地震の規模Mは6.6、発震時は2月9日14時41.6秒（GMT）、震央は $34^{\circ}24.0'$ 、 $118^{\circ}23.7' W$ 、震源の深さは13.0 km（暫定発表では約10 km）であった。なお、震央距離約9,000 kmの長野市松代の気象庁地震観測所でも、P波は14時12分49秒GMT、S波は14時22分36秒GMTに記録された。

政府合同調査団や東京・大阪などの都府県市の調査団を始め、民間土建業者・報道関係者など、この地震のために日本からロサンゼルス市へ派遣された者は、総数約100名を算した。筆者も、政府合同調査団員として、2月21日～3月4日、現地を踏査すると共に、カリフォルニア州内の関係諸機関を歴訪し、今回の地震の実態、災害状況、観測研究体制、地震情報の作成・発令・伝達状況などをつぶさに視察してきた。この地震は、死者64名、傷者1,000余名を出し、家屋病院・学校・ダム・高速道路・変電所・ガス・水道などに惨害（約553,000,000ドル）をもたらした。また、バンノーマン・ダムが決壊にひんしたため、一時は、約50 km²の住民約8万名が緊急避難した。しかし、この災害状況や防災活動については、既にかなりよく報道されているので、紙面の都合もあり、ここでは、地学関係の事項に限って報告する。

(1) 観測研究状況と通報体制

カリフォルニア州の面積は日本の全国土にほぼ匹敵するが、かねてから、その北半部はバークレーのカリフォルニア大学地学部、南半部はパサデナのCALTEC地震研究所が、常時地震観測網をはり、地震が起きると、震源や規模Mなどに関する情報を発表する習わしである。

現在、後者は22地点で常時観測しており、うち9地点は隔測している。この点では、日本の気象庁地震観測網と大同小異であるが、その分布がよい上に、地盤がよく、雑微動などの障害も少ない観測適地を選んであるので、同州南半部に起きる $M \geq 3$ の地震はほぼ洩れなく記録し、震源なども的確にきめられる。しかし、通報観測体制（地震情報の作成・発表など）の点

では、気象庁のような業務的に一貫した現業体制はできていない。通例、感震器のベルで職員が住宅から駆けつけるのに約20分かかるといえるが、気象庁では、そのくらいの間に地震情報や津波予報を出してしまう。もっとも、今回は、偶然に大学院学生が出てきており、すぐに作業にとりかかったという。

地震情報の発表は、慣習的に関係行政機関・報道機関などへ一般電話で順次個別的に通報している程度で、同時送話などの施設はないので、混雑して、なかなかかかどらない。更に、BBCやNHKのような国営ないし公共放送がないことも、地震情報伝達上、都合が悪い。担当のC.R.Allen教授も、気象庁流の現業体制の整備を念願してはいたが、大学の研究所としてなし得る限界があることも自覚していた。さりとて、この仕事を、後述するUSGS（米国地質調査所）やNOAA（海洋大気庁）が肩代わりすることも難しそうである。ロサンゼルス市は、1933, 51, 71年と、このところ、19年間隔で震災を受けてきたが、州全体としては被害地震は日本ほど多くないことや、前述のような歴史的経緯などからみて、現状の大幅な変更はできそうもない。しかし、今回は、余震などについてのデマは、かなりよく防止できたという。これは、民間放送などもこぞって協力したことにもよるが、米国民一般の互助精神、コミュニティ意識の賜でもあるようである。

ところで、サンアンドレアス断層地帯、特にサンフランシスコ～ロサンゼルス間には、近年サンフランシスコにあるNOAAの発震機構研究所（D.Tocher 所長）やメンロパークにあるUSGSの国立地震研究センター（J.P.Eaton 所長）も、地震・地殻変動などの精密観測網を張りめぐらせている。両者とも、電話線による隔測、電算機による資料解析などで、ごく能率化・省力化されている。例えば、国立地震研究センターは、この地帯に、5～10km間隔で、約90地点の常時地震観測網を展開して、 $M \geq 0$ の地震は確実にとらえ、震源などもきめている。なお、該センターでは、この付近一帯の地質構造の精査なども進めている。

また、今回の地震発生後、即日、既述の3調査研究機関とコロンビア大学が、相連係して、各種の機動観測を展開し、地震観測も計約40地点増強した。このように、関係諸機関が相協力して、地震についての緊急観測を行なったのは、1946年のアラスカ地震が皮切りで、今回は2回目であるという。

更に、カリフォルニア州内のビル・橋梁・ダムなどには強震計・簡易強震計が各200余も設置されており、その半数はロサンゼルス地域にある。大部分は民有であるが、すべてを、サンフランシスコにあるNOAAの地震野外調査所（W.K.Cloud 所長）が管理し、記録の解析、資料の整理・刊行を行なっている。今回の強震記録の処理のためには、諸大学や民間などの専門家を含めた、特別の委員会も設けられた。なお、これらの強震記録のコピーは、天然資源の開発利用に関する日米政府間会議の耐震耐風専門部会のとりきめにより、追って、日本

(科学技術庁国立防災科学技術センター)へも寄贈されるはずである。とにかく、このように、今回の地震は、現在、各種の観測が極めてよく整備された地域で発生し、従って、世界史上、最もよく計測された地震といえるわけで、その観測研究の成果が特に期待される。

(2) 今回の地震の実態と特徴

この地震はさほど大規模なものではなく、いわゆる中地震であるが、震源が浅く、大都市の近郊(ロサンゼルス市中枢部の北約40 km)に発生したために、相当な被害を出した。しかし、惨害を受けたのは、同市北部の住宅地であるサンフェルナンド地区に限られ、市中枢部をはじめ、大部分の区域は軽微な被害ですまされた。それで、当時はロサンゼルス地震と称されたが、後にサンフェルナンド地震と正式に命名された。

この震央は、同市の北部をほぼ東西に走るサンガブリエル山脈(脊梁は海拔1,200m程度)の北斜面で、海拔600m程度の所である。震源地付近の地質構造はかなり複雑であるが、この地域には基盤の花崗岩～閃緑岩類が広く露頭している。震央の南10～20 kmのサンフェルナンド地区(海拔400～300m程度)や西方のニューホール地区などの平坦地は沖積層(サンフェルナンド地区で厚さ約100m)でおおわれている。京浜地方などに比べれば、かなりよい地盤である上に、この地方一帯は降水に乏しく(年間降水量は東京の約5分の1の300 mm程度)で、地下水面も深い(サンフェルナンド地区で地下12～15m)乾燥地のために、地震動の強さの割には、山崩れ、地すべりなどは少なくてすんだ。また、かような気候のため、木造家屋などは軽量の屋根でこと足り、その倒壊などの防止軽減にも役立った。

関係の人々から入手した情報を総合すると、気象庁震度階(注:米国では12階級の改正メルカリ震度階を使用)による各地の震度は、震央の南方約7 kmのパコイマ・ダムではⅦ(強震計で測定された最大速度は3成分とも約1Gで、地震動の測定値としては世界新記録)、サンフェルナンドなどではⅥ、北ハリウッドから市中枢部にかけてはⅤ、国際空港付近やロングビーチなどではⅣであった。また、遠方では、カリフォルニア州のフレズノ(震央距離約320 km)、ネバダ州のトノパ(460 km)、ラスベガス(約380 km)や、メキシコ領のバジャカリフォルニアまで有感であった。なお、同州のストックトン～サンフランシスコ(約550～560 km)でも、ビル上では感じた人もあるという。

この地震により、震央の南10～15 kmほどのところを通り、ほぼ東西に走る雁行状の左向き斜め移動の逆断層が出現した。断層面の傾斜は、地表付近では北へ60°～50°であるが、地下深くなるにつれて減少しているようである。この新断層線は十数 km にわたって認められ、上下・水平方向のずれは、それぞれ最大約2 m である。新断層の地質学的調査はCALTEC、USGSなどによって行なわれた。なお、震災はおもにこの断層線以北であった。

パサデナのCALTEC地震研究所の観測によると、余震は、回数・規模ともに、多少の消

長を示しながらも、急速かつ順調に減衰し、震災の拡大・人心の動揺の防止にも幸いした。2月21日までの $M \geq 3$ の余震（最大は本震に引き続いて発生した $M=5.1$ ）の震央分布は付図のとおりで径約35kmの地域内に起きており、本震の震央はその北端部にある。なお、この付図には新断層の位置や、気象庁震度階による各地の震度なども記入してある。

Allen教授らによれば、従来、この州で起きた大多数の被害地震は、サンアンドレアス断層などの既知の活断層ないし地質断層ぞいに発生し、余震も該断層線方向に伸長した区域に起きるのが常であったという。ところが、今回の地震で断層が出現した位置には、これまで、断層の存在は認められておらず、推定さえされていなかった。同州の被害地震としては異例だという。けれども、一大断層地帯内のことであり、同教授も知っていたように、日本では特に珍しい型の地震ではない。なお、新断層は、サンガブリエル断層の支脈にあたる。

日本では、これ以上の規模 M の地震が、近年も、平均年3～4回ほど発生している。戦後に内陸で起きたほぼ同規模のごく浅い地震としては、1949年12月26日の栃木県今市付近（ $M=6.7$ 、死者10、傷者162）、62年4月30日の宮城県北部（ $M=6.5$ 、死者3、傷者276）、69年9月9日の岐阜県中部（ $M=6.6$ 、死者1、傷者9）などがある。これらの場合、震央の至近距離に今回のような大都市がなく、さしたる被害はなかった。しかし、わが国では、このような中地震が大・中都市の近くでも発生する恐れがあるだけでなく、 $M7 \sim 8$ 級の大地震により、都市全域にわたって惨害を出す恐れもある。

今回の地震が大都市近郊で起きたにしては割合に被害が少なく、また、いわゆるパニック状態も起こらなかったのは、既にする述べたような自然条件や官民一致しての防災活動によるところが大きい。しかし、また、ロサンゼルス市が、東京都23区の約2倍の面積に約3分の1の人口という、ゆとりある都市形態をとっていること、発震時が朝6時頃というよい時刻だったこと、バンノーマン・ダムが決壊寸前で辛うじて食い止められたこと、更に、前述のような型の地震のため、局所的には惨害を出したが、市の大部分、特に中枢部はごく僅かな被害ですんだので、防災活動が円滑に行なえたことなども幸いしたといえるであろう。

なお、見過ごし得ないことは、既述のように、この地域には、世界でも珍しいほど、地震・地殻変動などの精密観測網が張りめぐらされていたにもかかわらず、今回の地震が全く寝耳に水に突発したことである。もっとも、この地震の規模 M はあまり大きくなく、かつ、該地域での諸観測は研究的性格が強いので、後日、それらの観測資料の詳細な解析によって、多少の前兆的な異常現象が検出されないとも限らない。とはいえ、この地域でさえ、この程度の地震を予報できなかったことは厳然たる事実である。地震予知の科学技術上の難しさを、如実に示しているといえよう。

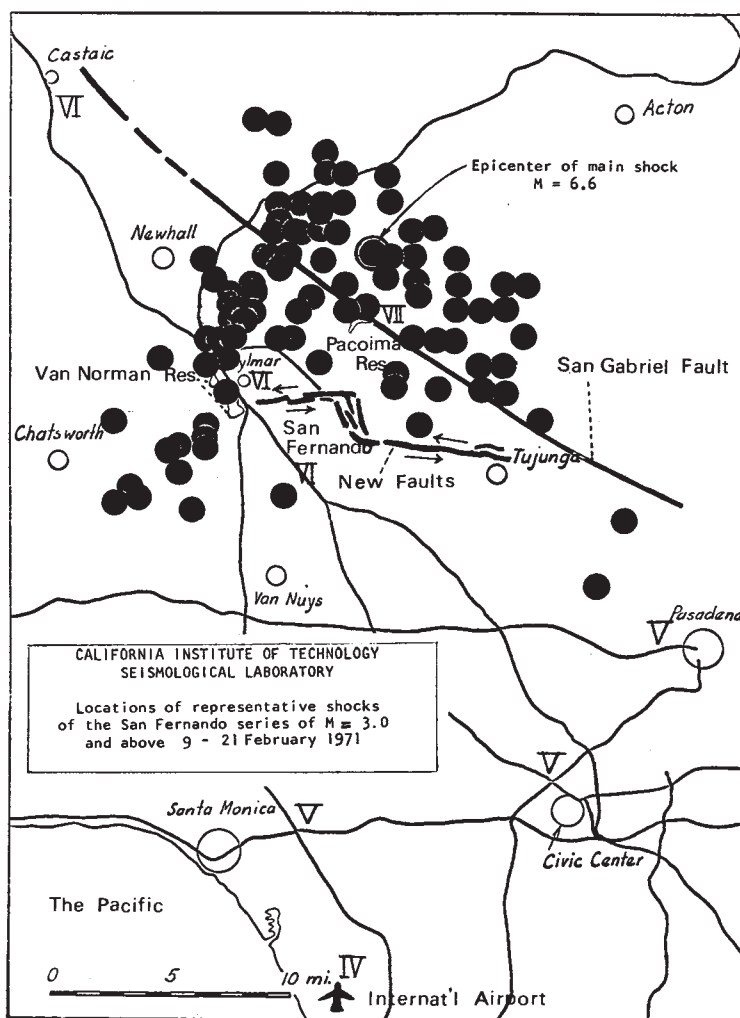
なお、政府合同調査団への筆者の参加が確定したのは出発の3日前で、米国の関係機関や知

友への事前連絡はほとんどとれなかった。しかも、短時日に専門別の調査目的をとげるため、大部分は単独行動した。まがりなりにも、使命を果し得たのは、米国の関係の方々の格別のはからいによるものであり、感謝の念を禁じ得ない。

(追記) 本稿は、第12回地震予知連絡会(1970年4月19日)で報告したが、その後、本稿で紹介したような諸調査研究機関の人々による各種の研究成果をとりまとめた、下記の総合報告書が、USGSとNOAAの協力で刊行され、今回の地震の全ぼうがほぼ明らかにされた。

THE SAN FERNANDO, CALIFORNIA,
EARTHQUAKE OF FEBRUARY 9, 1971.

(A preliminary report published jointly by the U.S.
Geological Survey and the National Oceanic and
Atmospheric Administration) (1971年刊)



1971年2月9日のサンフェルナンド地震と以後2月21日までのM ≥ 3の余震の震央(パサデナのCALTEC地震研究所による)。ローマ数字は気象庁震度階による震度