サンフェルナンド地震について

——その実態と観測研究状況——

諏訪 彰*

関東南部の震災対策・異常地殻変動など、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、2月9日朝6時(日本では夜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。1906年のサンフランシスコ地震は、米国内はもとより日本などでも、地震学・地震工学を画期的に促進したが、今回の地震も同様な効果をおよぼすだけでなく、地震に対するより広範な防災体制の整備への契機にもなり得よう。

この地震のP波が、約9,000kmを隔てた松代の気象庁地震観測所の地震計に記録されたのは、地震が発生してから約12分後のことであつたが、日本の放送や新聞がこの震災を報じ始めたのは、翌10日の朝からである。そして、建設省を主軸とする政府合同調査団や東京・神奈川・大阪・横浜・川崎・名古屋・神戸などの都県市の調査団が相ついで現地へ派遣された。民間土建業者や報道関係者などを加えると、この地震のために日本から現地へ派遣された者は100名余を算した。

筆者も、政府合同調査団の唯一の地学専門家として、2月21日～3月4日、現地を踏査するとともに、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調査してきた。

この地震は、死者62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・水道などに惨害をもたらした。全壊ないし立ち入り禁止の建物は821棟を算し、また、バンノーマン・ダムが決潰にひんしたため、一時は約8万名の住民が緊急避難した。しかし、この災害状況や防災活動については、かなりよく報道されてい

るので、ここでは、地学関係の事項に限って報告する。

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カリフォルニア工業大学地震研究所が、それぞれ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地点は電話線で隔測している。この点では、日本の気象庁地震観測網と大同小異である。しかし、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いわゆる大・中・小地震($M \geq 3$)はほぼ洩れなく記録し、震源なども的確にきめられる。なお、気象庁も、同程度を目標に、地震予知研究計画による観測網の整備を推進しつつあるが、雑微動などの障害に悩まされている。

けれども、地震についての通報観測体制—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付けるのに約20分かかるといふが、気象庁では、このくらいの間に、地震情報や津波予報を出してしまう。もつとも、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・報道機関へ一般電話で順次個別的に通報している程度で、同時送信などの施設はないので、混雑して、なかなかかはかどらない。さらに、NHKのような

* 気象庁地震課 Akira SUWA

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. アレン教授は、滞日したこともあり、気象庁流の現業体制の整備を念願してはいたが、大学研究所としてなしうる限界があることも自覚していた。この仕事を、後述するように、近年、カリフォルニア州内に精密地震観測網を急速に展開しつつある USGS(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, 52, 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、被害地震が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つ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、延々 1,000km 余にわたる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、サンフランシスコにある NOAA の地震メカニズム研究所(所長は元カリフォルニア大学助教授の D. トーシャー博士)や、メンロパークにある USGS の国立地震研究センター(所長は元ハワイ火山観測所長の J. P. イートン博士)も、地震・地殻変動などの素晴らしい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、きわめて能率化・省力化されている。

例えば、国立地震センターは、おもに地震予知の研究のため、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。つまり、日本のいわゆる特定地域で諸大学などが常時観測施設を整備しつつある微小地震はもとより、機動観測班がねらう極微小地震まで、広大な地帯で常時観測している。なお、該センターでは、この付近一帯の地質構造などの精査も進めている。

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、地震観測点も約40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、1964年のアラスカ地震が皮切りであり、今回は2回目である。

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(所長は W. K. クラウド博士)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、諸大学などの専門家をも含めた、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。

とにかく、このように、今回の地震は、現在、各種の観測が世界で最も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。

今回の地震の実態と特徴

パサデナ地震研究所の2月22日の暫定発表によれば、この地震は、ロサンゼルス市中枢部の北約40kmの地下約10kmに発生し、 $M=6.6$ である。この発表当時には、震度分布などはまだとりまとめられていなかった。

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、かつ、大都市の近郊に発生したために相当の被害を出した。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、市の中枢部をはじめ、大部分の区域は軽微な被害ですまされた。それで、当初はロサンゼルス地震と称されていたが、後にサンフェルナンド地震と正式に命名された。

この暫定震央は、同市の北郊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

図1 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 $\geq$ 3の余震の震央(カリフォルニア工業大学地震研究所による)(注)
図中のローマ数字は気象庁震度階による本震の震度

付近一帯には、基盤の花崗岩～閃緑岩類が広く露頭しており、山腹や山麓部には新・旧の第三紀層もあり、震央の南方10~20km程度のサンフェルナンド地区(海拔400~300m程度)や、西方10km余のニューホール地区などの平坦地は沖積層でおおわれている。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300mm程度)、地下水面も深い乾燥地のため、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。このような気候のため、木造家屋などは軽量の屋根でこと足り、その災害の防止軽減にも役立ったようであ

る。

各地の震度は、暫定震央の南約5kmのパコイマ・ダムでは気象庁震度階で震度VII(強震計で測定された最大加速度は3成分とも1Gで、地震動の測定値としては世界新記録)、サンフェルナンド地区では震度VI、ロサンゼルス市中枢部では震度V、国際空港付近やロングビーチでは震度IVであった。なお、この地震は、カリフォルニア州のフレズノ(震央距離約320km)、ネバダ州のトノパ約460km)・ラスベガス(約380km)やメキシコ領のパジャカリフォルニアまで有感のいわゆる顕著地震で、同州のストックトン～サンフランシ

スコ (約 550~560km) でも、ビル上では感じた人もあるという。

この地震により、前記の暫定震央の南方 10~15km ほどのところを通り、ほぼ東西に走る雁行状の斜め移動の逆断層 (oblique-slip, reverse fault) が出現した。断層面の傾斜は、地表付近では北へ 60° 程度であるが、地下深くなるほど減少し、震源付近では 30° 程度と推定されている。断層線は長さ約 20km 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 2m である。この新断層は、カリフォルニア工業大学や USGS などの地質学者たちによつて精査されている。なお、震災はおもにこの断層線以北であつた。

パサデナ地震観測所の観測によると、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(最大のもので $M=5$)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。地震メカニズム研究所の観測でも、ほぼ同様な余震域が求められており、かつ、余震の震源は、ほぼ全部が今回出現した断層面にそつているとのことである。

アレン教授らによれば、従来、この州で起きた被害地震は、大部分が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に沿つて発生し、余震も該断層線の方向を長軸とするほぼ長円形の地域に起きたが、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のことであるが、いわゆる断層地帯内のことであり、日本では珍しくない。この地震は、サンガブリエル断層の系統の支脈に発生したものである。

また、日本では、これ以上の規模 M の地震が、近年も、平均、年 3~4 回ほどは起きているが、

内陸で発生したほぼ同規模の浅い地震としては、1949年栃木県今市付近 ($M=6.7$)、1962年宮城県北部 ($M=6.5$)、1969年岐阜県中部 ($M=6.6$) などがある。わが国では、この型の地震が大・中都市の近くで起きる恐れが多いだけでなく、1923年の関東地震のように $M7 \sim 8$ 級の大地震によつて、都市全域にわたつて惨害を生ずる恐れも多いことを銘記すべきであろう。現在、政府や東京都などが次に関東南部を襲う地震として想定し、その防災策や地震予知研究計画を推進しつつあるのは、むしろ、後者なのである。

この地震が大都市近郊で起きたにせよ被害は割合に少なく、かつ、いわゆるパニック状態がほとんど起らなかったのは、既にあるのべような自然条件や官民一致しての防災努力によることは勿論である。しかし、ロサンゼルス市が、東京都の23区の約2倍の面積に約3分の1の人口という、ゆとりのある都市形態をとっていること、発震時が朝6時というよい時刻であつたこと、バンノーマンダムが決潰も、寸前で辛うじて食い止められたこと、さらに、上述のような型の地震で、局所的には惨害を出したものの、市の大部分、特に中枢部が被害僅少であつたことなども幸いしたといえよう。

最も注目すべきことは、既述のように、世界のどこにも類例がないほど、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地域にもかかわらず、今回の地震が突発したことである。ただこの地域の各種観測は研究的性格が強いので、後日、諸観測の資料の詳細な解析により、多少の前兆的な異常現象が検出されないとも限らないであろう。とはいえ、この地域ですら、この程度の規模 M の地震を全く予知・予報できなかったことは、地震予知の科学技術上の難しさを如実に物語っているといわなければならない。