

1994年ノースリッジ地震の震度評価(速報)

丸井 敦尚¹⁾・James M. Wilkinson²⁾

1. 地震の概要

1994年1月17日午前4時30分(日本時間17日午後9時30分), 米国カリフォルニア州で起こったノースリッジ地震は, サンタモニカやハリウッドなど日本人にもなじみの深い地域を中心にロスアンゼルス市とその周辺部に多大な被害をもたらした。地震発生時刻が未明であったため二次的な被害は最小限に抑えられたものの, 地震直後の悲惨な状況はテレビ・新聞を通じて世界中に報道された。地震後10日間に発生したマグニチュード2以上の余震は324回を数えており, 現地では今もなお不安を隠せないままである。

アメリカ地質調査所国立地震情報センター(NEIC)の発表によれば, 本地震の規模はマグニチュード6.7 (body wave magnitudeは6.2, vertical surface wave magnitudeは6.7), 震央はロスアンゼルス市の北西レゼダ地区(Reseda, 北緯34.217, 西経118.550, 震央は当初ノースリッジ地区と発表されたが, 後にレゼダ地区に修正), 震源深度は15 kmである。大都市の地下浅所を震源とする典型的な直下型地震であったと言える。なお震央の修正が行われた後も, 本地震はノースリッジ地震と呼称されている。

この地震はサンタモニカ山地下に伏在する断層の運動に伴うもので, 正確には二つの地震が発生した。すなわち, 午前4時30分55.3秒に深度19.4 kmを震源として発生した地震と, その2.5秒後に深度15.0 kmを震源として発生した地震の二つである。サンタモニカ山地下に伏在する断層は, これまで不活発であったため十分な地質学的研究がなされていないが, 今回の地震においてはサンタモニカ山地が乗り上げる形の逆断層として動いたと報告されている(アメリカ地質調査所の発表), この断層とカリフ

ォルニア州を貫くサンアンドレアス断層との直接の関係はないものとみられるが, 詳細については引き続き関係各機関が調査を行うとのことである。

2. 地震の震度による評価

アメリカにおいては通常リヒタースケール(マグニチュードで表すもの, 今回の地震の場合はマグニチュード6.7)を用いて地震の規模を評価する。そのため地震の影響範囲を知ることが難しいのが現状である。筆者らは, 日本で用いられている震度を適用して地震の影響範囲を評価しようと, 先のサンフランシスコの地震(1989年ロマブリータ地震)のときから準備を進めてきた。

このたびの地震に関しては, まず, 震源地より西に約100 km離れたサンタ・バーバラ市において日本の気象庁震度階級(第1表)を提示し, 同市に滞在する日本人および日本に在住した経験のない人(このうちの85%がアメリカ人)それぞれにインタビュー調査を実施した。

筆者らはサンタ・バーバラ市での震度を3とみているが, インタビュー調査では回答した日本人10人の平均体感震度は3.1, 在日経験のない人13人のそれは3.4という結果が得られた。わずかではあるが, この差を生じた主な原因として次のことが考えられる。

＊自動車盗難が頻発するアメリカでは自動車に盗難防止装置を付けることが多く, 大きな地震に際してこの装置が作動すると, ヘッドライトを点滅させながら周囲に響きわたる警報音を鳴らす。このため自動車盗難防止装置の作動で恐怖感を覚え易い(恐怖感を覚えるかどうかは震度3と4との判断基準の一つである)。

1) 地質調査所 環境地質部
2) アメリカ地質調査所

キーワード: ノースリッジ地震, ロスアンゼルス, 震度階級, GPS 観測

第1表 気象庁震度階級

気象庁震度階級		参 考 事 項
階級	説 明	
0	無感. 人体に感じない地震計に記録される程度.	吊り下げ物のわずかにゆれるのが目視されたりカタカタと音がきこえても, 体に揺れを感じなければ無感である.
I	微震. 静止している人や, 特に地震に注意深い人だけに感ずる程度の地震.	静かにしている場合に揺れをわずかに感じ, 立っでは感じない場合が多い.
II	軽震. 大勢の人に感ずる程度のもので, 戸障子がわずかに動くのがわかる程度の地震.	吊り下げ物の動くのがわかり, 立っでも揺れをわずかに感じるが, 動いている場合にはほとんど感じない. 眠っでも目をさますことがある.
III	弱震. 家屋がゆれ, 戸障子がガタガタと鳴動し, 電灯のような吊り下げ物は相当ゆれ, 器内の水面の動くのがわかる程度の地震.	ちょっと驚くほどに感じ, 眠っている人も目をさますが, 戸外に飛び出すまでもないし, 恐怖感はない. 戸外にいる人もかなりの人に感じるが, 歩いている場合感じない人もいる.
IV	中震. 家屋の動揺が激しく, すわりの悪い花瓶などは倒れ, 器内の水はあふれ出る. また, 歩いている人にも感じられ, 多くの人々は戸外に飛び出す程度の地震.	眠っている人は飛び起き, 恐怖感を覚える. 電柱・立木などのゆれるのがわかる. 一般の家屋の瓦がずれるのがあっても, まだ被害らしいものではない. 軽い目まいを覚える.
V	強震. 壁に割れ目が入り, 墓石, 石どうろうが倒れたり, 煙突・石垣などが破損する程度の地震	立っではかなりむずかしい. 一般家屋に軽微な被害が出はじめる. 軟弱な地盤では割れたり崩れたりする. すわりの悪い家具は倒れる.
VI	烈震. 家屋の倒壊は30%以下で, 山崩れが起き, 地割れを生じ, 多くの人々が立っることができない程度の地震.	歩行はむずかしく, はわないと動けない.
VII	激震. 家屋の倒壊が30%以上に及び, 山崩れ, 断層などを生じる.	

*アメリカにおいてはマットレスを2段に重ねたベッドを使用する人が多く, 日本の寝具に比べて就寝時の揺れを大きく感じ易い. 一方, 日本でよく見られる吊り下げ型の電灯をほとんど使用しないため, 日本の震度階級3を当てはめずらい.

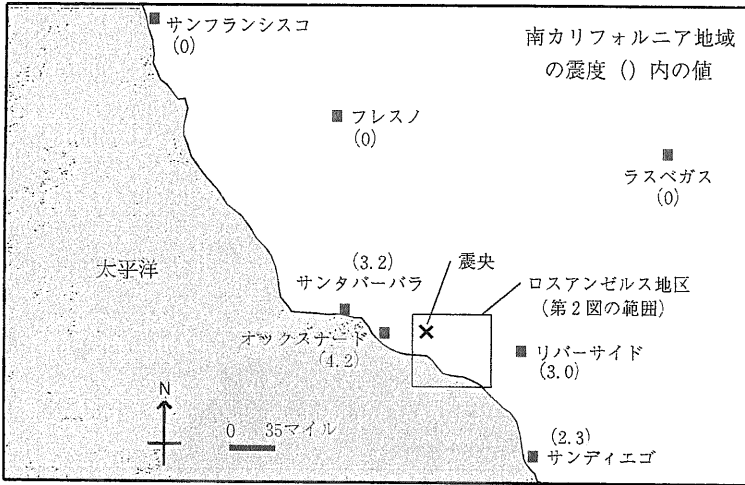
*さらに, 地震を数多く体験している日本人と比べ, アメリカ人は地震体験が少なく恐怖感を覚え易い.

*また, 日本とアメリカとの建築基準が異なるため, 震度6と7(震度7は建物の損壊が30%以上)の違いも単純には適用できない.

これらの点を考慮すると, サンタ・バーバラ市において行ったインタビューの結果で日本人と在日経験のない人との間にできた体感震度の差は有意ではないと判断された. そこで気象庁震度階級の説明の

中から「恐怖感」という言葉と震度7全部を削除したアンケート用紙を作成し, 体感震度を尋ねる調査をロスアンゼルス市とその近隣地域, およびカリフォルニア州の幾つかの都市で本格的に実施した. アンケートの主な手段は電話ファクスと郵便である. その際, 先にサンタ・バーバラ市で行ったインタビューの結果に基づいて国籍, 在日経験の有無に関係なく調査を実施した.

アンケートの有効回答数118件のまとめを第1図と第2図に示す. 地震の程度を震度によって評価すると, おおむね震源地域から離れるにしたがって震度が小さくなる傾向にある. ロスアンゼルスから北西300 km に位置する都市フレズノや500 km 以上も離れたサンフランシスコ, あるいは北東に400 km 近く隔てたラスベガスでは震度0の無感である. しかし, 南東方200 km ほどのところにあるサンディエゴでは震度2程度の軽震を感じている(第



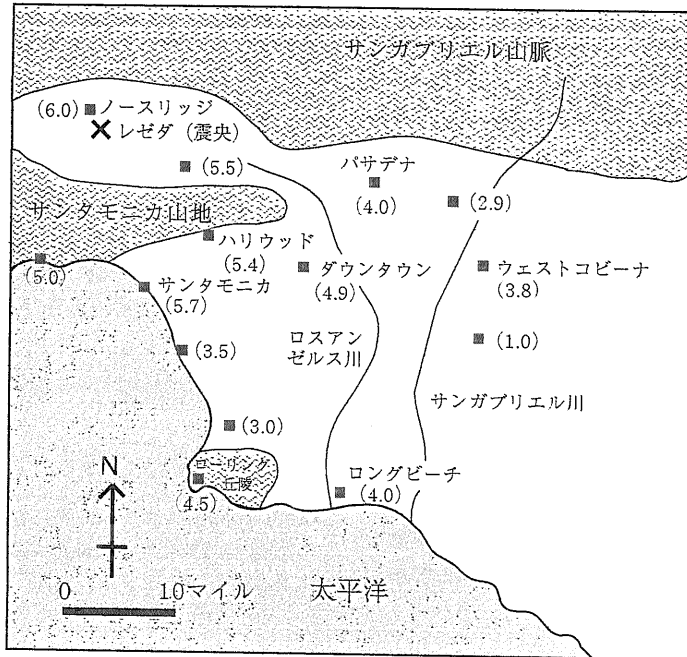
第1図
ノースリッジ地震による南カリフォルニア各地の震度(ラスベガスのみネバダ州). アンケートによって得た震度をカッコ内に示す. 震度は通常整数値で表すが, ここではアンケートの回答値を平均して記した.

1 図).

一方, ロサンゼルス市などにおいては, 震源地域に当たるノースリッジ(第2図中のレゼダのすぐ北に位置する)で最大震度, すなわち烈震の震度6を記録した. このノースリッジを中心に強震相当の震度5の地域がハリウッドやサンタモニカに分布している. これらの地域は先に述べた地震断層が伏在するとみられるサンタモニカ山地が横たわるとこ

ろであり, ノースリッジと並んで大きな地震被害を受けている. 特に人口が密集するサンタモニカなどに被害が大きく出ている.

震度の分布は必ずしも震源地域を中心とする同心円状にはならず, ノースリッジから南東に約25 km 離れたロングビーチでも震度4の中震が記録された. この結果には, やはり地域ごとの地質構成やそれに伴う地盤の強度が関係しているのであろう.



第2図 ロサンゼルス地域各地の震度. アンケートによって得た震度をカッコ内に示す.

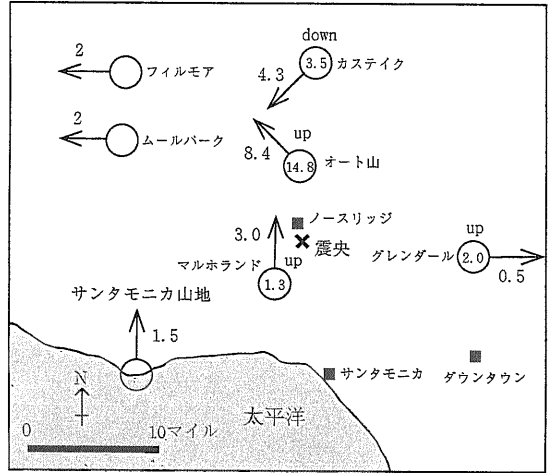
3. GPS を用いた地形変化(地塊移動)調査

アメリカ地質調査所では、地震のメカニズムと地震の影響範囲を明らかにするため、地震直後よりGPS(グローバルポジショニングシステム)を利用して震央周辺の地形の変化を観測している。通常のGPS観測で測定精度を数センチオーダーにすることは困難であるが、今回の観測ではペンタゴン(アメリカ国防省)の協力を得て、複数箇所複数回の連続観測を行うことにより誤差1インチ(2.5 cm)程度の計測を実現した。この観測結果を第3図に示す。

第3図においては、各地点での隆起量(up)と沈下量(down)が○内にインチ単位で示され、また水平方向の移動量も移動方向を示す矢印とともに同じくインチ単位で示されている。なお、上下動が観測されなかった箇所では○内は空白のままとなっている。ノースリッジ地震に伴う変動に関しては、震央から約10 km 北に位置するオート(Oat)山山頂で観測された移動量が最も大きく、14.8インチ(37 cm)の隆起と北西方向への8.4インチ(21 cm)の水平移動を記録した。ちなみに、サンアンドレアス断層はオート山を横切っている。

各地点の変動を概観すると、マルホランドやオート山のようにサンタモニカ山地の周辺に当たる地域では、地塊が隆起し、おおむね北に向かう移動傾向を示している。一方、より北側のカステイクでは、あたかもサンタモニカ山地の下にもぐり込むような沈下と南方向への移動が認められている。これらは先に述べた、サンタモニカ山地が乗り上げる形の逆断層の動きがあり地震が発生したとする見解を支持する。震央を挟む東西の地域では、例えば西側のムールパークやフィルモアは西方向への移動、東側のグレンダールは東方向への移動と、東西へ広がるような水平移動が求められていることも興味深い。

なお、GPSによる調査は、市街地においてはノイズが大きく精度が低下するため、人口が疎な震央北部地域で重点的な観測がなされている。この観点からみると、筆者らの震度評価とGPSによる高精度の地形変動観測を同時に行えないことが残念である。



(アメリカ地質調査所の資料による)

第3図 GPS観測により求められた震央付近の地塊の変動量(単位はインチ)。上下の変動量を○内に、水平方向の移動量を移動方向の矢印とともに示す。なお、移動方向は8方位の表示である。up: 隆起, down: 沈降

4. ま と め

1994年1月17日未明に発生したノースリッジ地震について、日本で慣用されている気象庁震度階級を適用して地震の影響範囲をアンケート調査により確認した。生活習慣や建築基準の違いから、日本の震度階級をそのまま当てはめるには幾ばくかの問題や困難もあったが、従来リヒタースケールしか使われていなかったアメリカにおいて地震を震度の側面から評価したことで、今回の地震に新たな視点を投げかけることができたと思われる。

謝辞: 今回のアンケート調査を実施するに当たり、カリフォルニア大学サンタバーバラ校(UCSB)および同ロスアンゼルス校(UCLA)、JTBインターナショナル・ロサンゼルスオフィスを始めとする日系各企業、並びにジョン・パウエル氏には多大なるご協力をいただいた。ここに記して感謝いたします。

MARUI Atsunao and James M. WILKINSON (1994): Evaluation of 1994 Northridge Quake by Japanese Shindo Scale



写真1 サンタモニカ地区に発生した崖崩れ。写真の住宅はサンタモニカビーチを眼下に見下ろすいわゆる高級住宅であったが、現在は居住できない状態である。当地では自然は自然のままにという志向があるため、日本で見られる法面保護工事を一般に施していない。

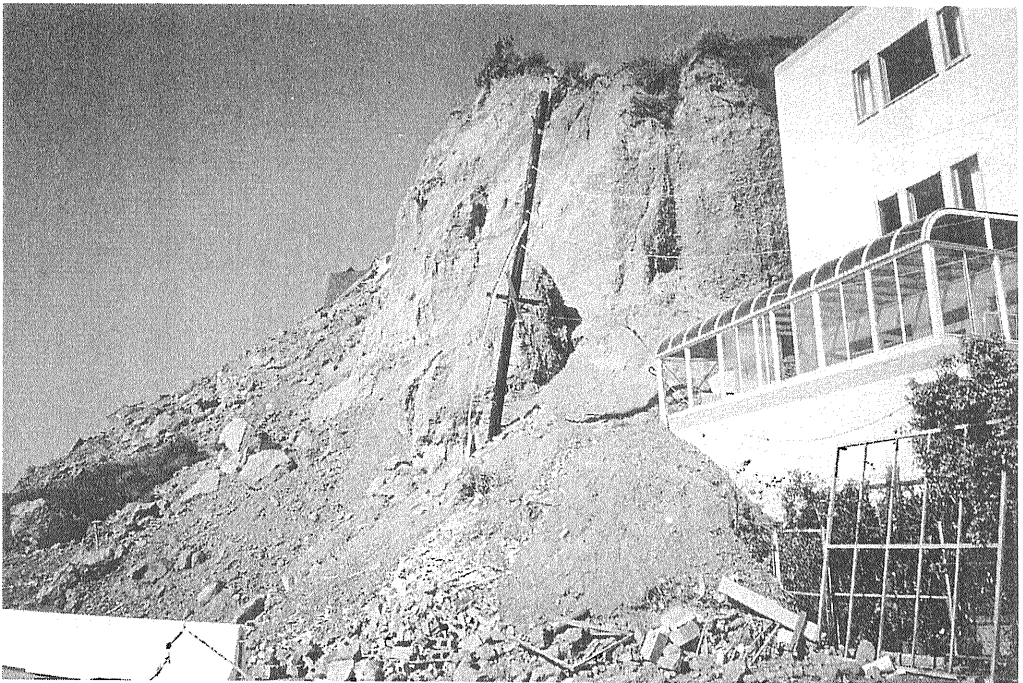


写真2 崩れた土砂に埋もれたレストランの一部と電柱(サンタモニカにて撮影)。

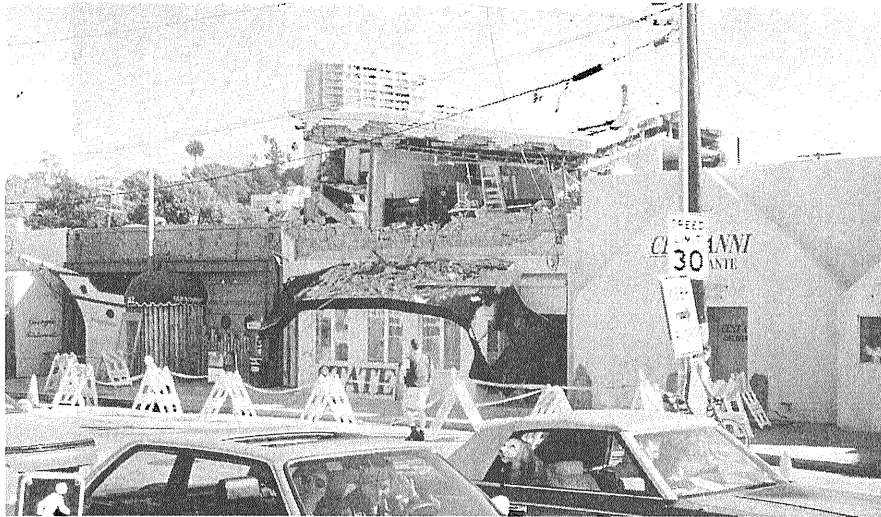


写真3
2階部分が崩壊したレンガ造りの家屋(サンタモニカにて撮影).

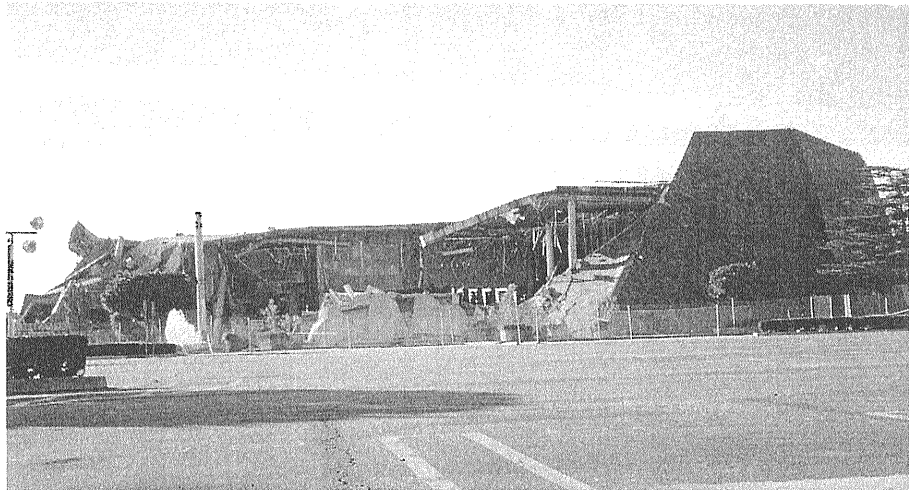


写真4 震央から約3 km北の地点にある崩壊したデパート. このデパートは1階部分が完全に潰され、高さが半分になっている.



写真5
歩道側に倒れたブロック塀(ノースリッジにて撮影). ブロック内に支柱がなく、宮城県沖地震(1978年)の際、指摘されたことがそのまま当てはまる.