

1995年メキシコ・コリマ地震の震度・被害調査

Seismic Intensity and Damages of the 1995 Colima Earthquake

正木和明

Kazuaki MASAKI

On October 9 of 1995, the destructive earthquake of magnitude Mw 7.9 occurred off shore of the Manzanillo, Colima state, Mexico. Due to this earthquake, RC structures Hotel in Manzanillo collapsed and 40 persons were buried. The Police office in Sanchiago also fell down and 8 persons died by this disaster. In 1996 and 1997, the questionnaire survey was performed for estimating seismic intensities in Colima and Jalisco states. Intensity in Manzanillo, epicentral area, was estimate to be 9 in MM scale, and in northwestern area and southeastern area were 8 and 7 respectively.

1. まえがき

死者2万人を出した1985年メキシコ地震（ミチョアカン地震）から10年が経過した1995年10月9日コリマにおいてMw=7.9の地震が発生した。被害は太平洋沿岸のマンサニージョ、マラケを中心としてコリマ州全域およびハリスコ州南部に発生した。1985年ミチョアカン地震ではメキシコ市で甚大な被害が発生したが、今回の地震のMはほぼ同じであったにもかかわらず被害は皆無であった。震央距離が600kmと前回の地震(400km)より遠かったこともあるがその原因究明が課題である。

今回地震が発生した地域は過去繰り返し巨大地震に襲われた地域である。特に1932年ハリスコ地震以来地震の発生がなく、近い将来被害地震が発生する確率が高いと予測されていた。筆者は、1993年から1994年にわたりメキシコ国立防災センターが企画したコリマ地震防災プロジェクトに参画した。その直後の地震発生であった。

この地震における震度分布については強震記録が少ないこともありよくわかっていない。本研究は、コリマ地震による被害調査、およびアンケートによって震度分布を調査するものである。

2. コリマ州における地震活動

図1にコリマ付近のテクトニクスを示す。カリフォルニア湾内から続く破砕帯が枝分かれして、一方は太平洋へと延びてリベラ・プレートを形成し、他の一方はそのまま東南方向に続延シタマヨ破砕帯を経てメキシコ大陸内部に入りサコアルコ破砕帯を形成する。サコアルコ破砕帯はグアダハラ付近で、東に続くチャバラ破砕帯と南に続くコリマ破砕帯へと枝分かれする。コリマ破砕帯中央にコリマ火山が形成され、さらに太平洋へと続く。この破砕帯はリベラ・プレートとココス・プレートを2分している。

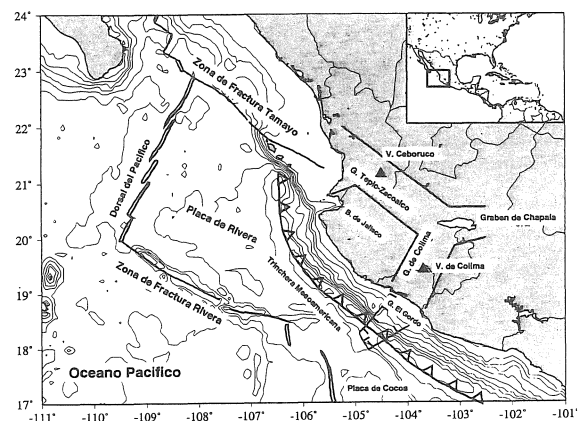


図1 コリマ、ハリスコ州沖のテクトニクス¹⁾

1932年6月3日ハリスコ州太平洋サブダクションゾーンでMs=8.2の地震が発生、1932年6月18日にはさらにその南地域でMs=7.8の地震が発生した。このふたつの地震によってリベラ・プレート・サブダクションゾーンは完全に破壊された。

今回のコリマ地震は1932年の地震による破壊ゾーンの南半分をカバーする領域で発生した。表1に地震の諸元を示す。

余震観測から求めた余震域は最大で170km×70km、深さの下限は約30kmである。本震は余震域の南東部にあり、深さは17kmである。

この地震により高さ約5m（最大10.9m）の津波が発生した。

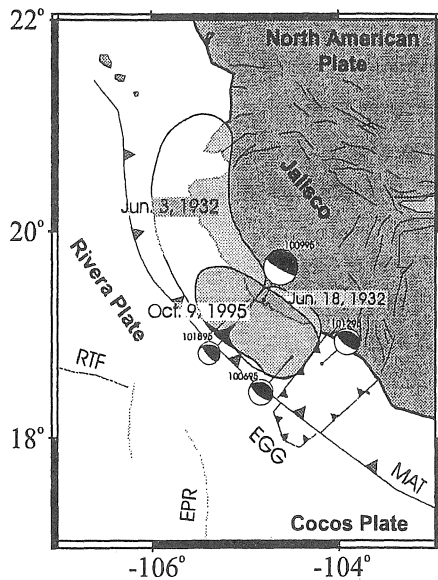


図2 1932年ハリスコ地震および1995年コリマ地震の破壊域¹⁾

表1 コリマ地震諸元¹⁾

発生年月日	発震時刻	北緯	西経	深さ	Mw
1995, 10, 09	15:35:51.4	18.79	104.47	17km	8.0

3. 被害調査

3・1 メラケ

多くの民家が被害を受けた。ホテル・カサグランデは海岸の砂浜から10mにあるが（写真1）、大きな被害を受けた。玄関棟の屋根が崩落（写真2）、RCラーメン枠組積造4階の客室棟同志が衝突し被

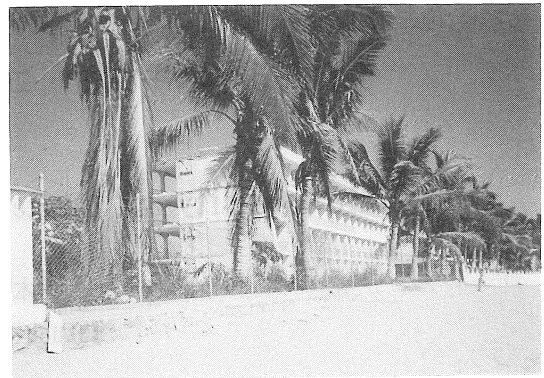


写真1 ホテル・カサグランデの被害



写真2 玄関棟屋根の崩落



写真3 客室同志の衝突による被害

害を受けた（写真3）。客室内は構造的被害はないが損傷が激しく、1年後も再開の目処は立っていなかった。同ホテルに隣接する4階RC造のコンドミニアムは無被害であった。

3・2 バラ・デ・ナビダード

道路に亀裂が見られた。枠組組積造の民家も多くが倒壊した。ホテル・トロピカル新館はRCラーメン枠組組積造4階建てであるが、構造的破壊はなく、仕上げ柱の一部が崩落した程度であった。別館3階建ての屋上に備え付けられていた給水タンクが落下し1階建て構造物を崩壊させた。

3・3 シウアルトラン

多くの住宅が倒壊・大破した。被害のもっとも甚大な地域である。特に村役場前の古い民家（1900年ごろに建築）は非枠組組積造であるため大きな被害を受けた（写真4）。RCラーメン枠組組積造2階建ての村役場は構造的被害は受けていないが壁が剥落した程度であった。隣接する教会は非枠組レンガ壁構造であるがドームとタワーに亀裂が入ったが倒壊は免れた（写真5）。

3・4 サンチャゴ

民家の被害はそれほど見られない。プラサ・サンチャゴには6棟の建物群がある。唯一2階建てのコリマ州警察の建物の屋根が落下し死者8名を出した。この建物は主体構造がS造であるが、外周のみRC造であり、これが被害を受けて2階部分落下につながったと推察される。隣接するメキシコ銀行建物1

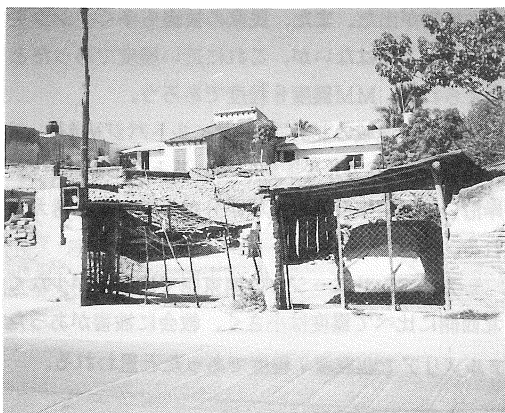


写真4 非枠組組積造民家の被害



写真5 シアウルトラン教会ドームの亀裂

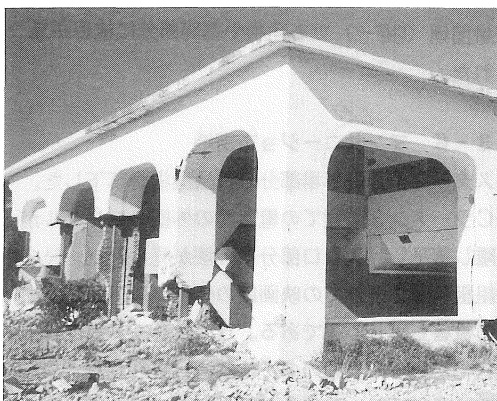


写真6 メキシコ銀行の被害

階建ては外壁の崩落が激しくとり壊された（写真6）。

3・5 マンサニージョ・西部

マンサニージョ湾に伸びだした砂州にホテル地域がある。

ホテル・コスタレアルが崩壊し死者40名の被害が出た。このホテルはRCラーメン造9階建てであり海岸から10mに建っている。1985年地震で仕切り壁に被害を受けた。また2階梁が2階以上の荷重を支え切れず剪断ひび割れを生じ、剪断補強が行なわれていたらしい。強度に問題のあった建物であった。地震後撤去された（写真7）。

ラスアダス・ホテルの給水塔に亀裂が入った。また付近のホテル・ラスプラスサスグロリアスの瓦屋根も落下した。

社会保障庁病院（IMSS）はRC枠組組積造である



写真7 マンサニージョのホテル・コスタの倒壊により多くの死者が出た。撤去後(1年後)の現場風景。

が柱を中心に構造的被害を受けた。また近くの家族医療団地(UMF-2)でも建物や基礎部分に被害が見られた。

3-6 マンサニージョ市街地

バスターミナル駐車場部分の折板屋根が落下した。RCラーメン3階建ての電話局の外壁のモルタルが剥離し落下し、入り口部分に破壊が見られた。RC枠組組積造2階建ての映画館の外壁が落下した。内部の被害も大きい様である。リベルタード地区では液状化が見られ民家の多くに被害が見られた。港湾の防波堤付近でも液状化が見られ、岸壁が数m迫り出した。

火力発電所の配電施設に落下が見られた。また液状化による岸壁の亀裂、はみ出しが見られた。

3-7 アルメリア

RCラーメン構造の新しい教会の2次壁に亀裂、落下が見られた。その他の被害は見られない。

3-8 コリマ

郊外のビジャデアルパレスにある教会の塔の一部が落下した程度である。

4. 震度分布

4-1 強震記録

震源に最も近いマンサニージョ火力発電所の強震計は上下303ガル, 南北388ガル, 東西387ガルを記録した。その他の地点における最大加速度を表2に示す。強震記録の数が少なく、震源近傍における震度

表2 1995年コリマ地震最大加速度(ガ)一覧

観測地点	方向不明	EW	NS	UD
Manzanillo		387	388	303
Puerto Vallarta	133			
Guadajarara	24			
Guzman	50			
Mexico city	2.2			
<hr/>				
El caracol		5	9	4
AguaMilpa		4	4	5
Santa Rosa		7	5	5
La Villita (右岸)		6	5	4
(左岸)		3	5	3
Infernillo (右岸)		4	4	5
(左岸)		9	6	6

分布に不明な点が多い。

4-2 被害からの推察

被害はマンサニージョからメラケの海岸沿いに集中している。特に、マンサニージョでは、ホテル・コスタレアル、IMSS病院などRC構造物に多くの構造的被害が見られ、また液状化現象も見られことから、大きな震度であったことは間違いない。火力発電所の最大加速度が400ガル近くあった事はその事を裏付けている。サンチアゴにおけるコリマ警察署の崩壊は構造物のは構造自体に問題があったと考えられるが、メキシコ銀行の建物も被害があり、これらを総合すると改正メルカリ震度(MM震度)9であったと推察される。

シウアトランは民家の多くが被害を受け、教会や村役場にも被害が出るなどあたりの地域に比べ被害が大きくMM震度は8程度と推察される。

メラケおよびバラデナビダードではRC造のホテルに被害が出た。また、民家の被害も多く、シウアトランほどではないが、これに近い震度であったと考えられる。MM震度8程度であろう。

これらの地域の北210kmのプエルトバジャルタの強震計が133ガルを記録しているところから、海岸沿いにMM震度8の地域が分布していたと考えられる。

一方、マンサニージョの南東側では被害が少なく北西側に比べて震度は小さく、教会に被害があったアルメリアでMM震度7程度であったと思われる。

4-3 アンケートによる震度調査

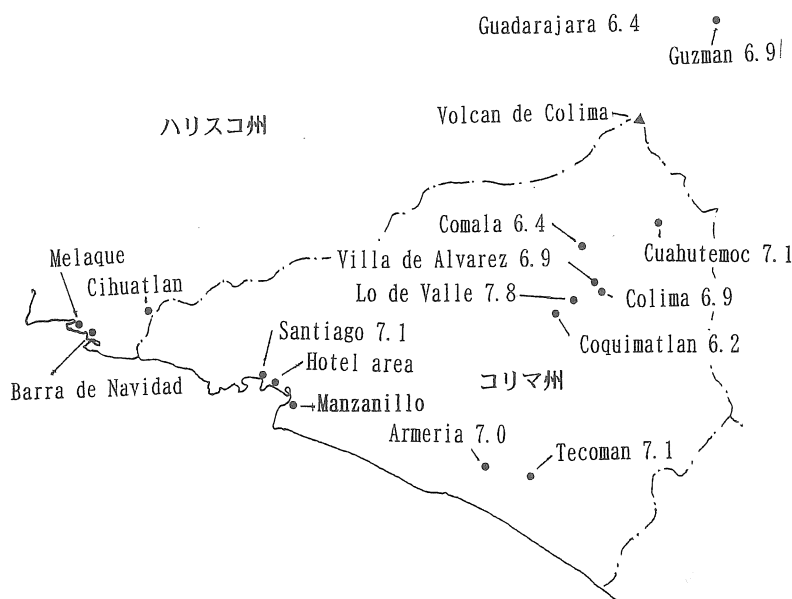


図3 アンケートから求めたMM震度

1997年1月および1998年1月に震度に関するアンケート調査を行なった。アンケート用紙は北大による調査用紙（太田他、1972）を基に、メキシコ用に改変・翻訳した調査用紙（正木、1990）を用いた。回収枚数は152枚、内有効回答は105枚であった。

表3に地域別解答数および震度を示す。旧気象庁震度から改正メルカリ震度への変換は以下の式を用いた。

$$I_{MM} = 0.5 + 1.5 \cdot I_{JMA} \quad (1)$$

震源地に近いテコマンでMM震度7.1、アルメリアで震度7.0、やや離れたコリマで震度6.9、グスマンで6.9、遠く離れたグアダラハラで震度6.4となった。強震計による最大加速度はグスマンで50ガル（MM震度7弱）、グアダラハラで20ガル（震度5強）であった。

被害からは震度9と推定されたサンチャゴは震度7.1と求まったが、回答数が1つしかないのではとも言えない。コマラ、コキマトランの震度は6.4、6.2と小さいが山にある村なので地盤がよく震度が小さくなったと考えられる。ロデバジェは解答数が1つしかないが、震度7.7と大きかった。

4・4 コリマ市内の震度分布

コリマ市（郊外のビジャデアルバレス市を含む）で合計83枚の有効回答を得た。図4に得られたMM震度の分布を示す。5.0から9.0に分布している。平均

表3 アンケート回答数・MM震度

地名	有効回答数	無効回答数	改正メルカリ震度
Colima	65	22	6.8
Alvarez	13	9	6.9
Lo de Valle	1	2	7.8
Cuahutemoc	4	2	7.1
Comala	5	2	6.4
Guzman	1	1	6.9
Coquimatlan	2	0	6.2
Tecoman	7	3	7.1
Armeria	1	0	7.0
Sanchiagio	1	0	7.1
Guadrajara	1	1	6.4

震度は6.87であった。

市内全域に配布回収したアンケート調査による震度調査から地域的特徴が見られることを期待したがそのような特徴は見られなかった。

コリマ市は、コリマ火山から流出した厚さ600~700m程度と見積られる砂礫層の上に発展した町である。粘土質の柔らかい地盤は存在しない。地盤の構造はよくわかっていないが、どの地域もおおよそ同じ構造をもっていると考えられている。市内2箇所で行われたP S検層結果によれば、深さ15mま

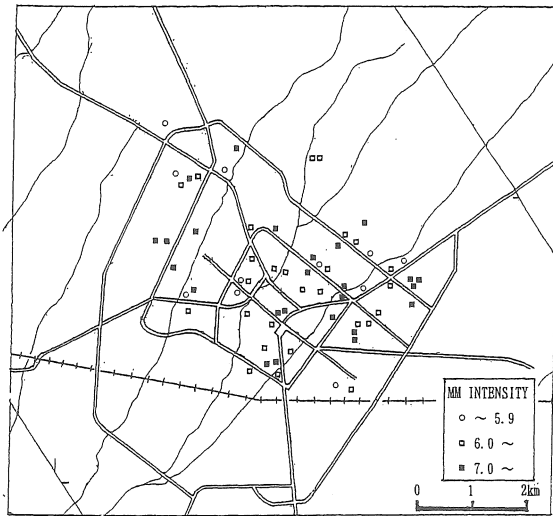


図4 コリマ市街地におけるアンケート震度分布
(太田他による方法から求められた気象庁
震度を式(1)により改正メルカリ震度に
換算した)

でS波速度250m/sの層があるが、その下部には500m/sの層が厚く堆積しているようである。

唯一教会の塔の一部落下の被害が見られた地点の震度は、すぐ近くに居た人(ただ一人ではあるが)へのアンケートによると震度5.4であり、特に大きな震度であった可能性は薄い。

5. まとめ

1995年10月9日に発生したコリマ地震の被害調査を行なった。被害は震央近くのマンサニージョ市においてRC構造9階建てのホテルの倒壊が見られた他RC構造を含む多くの構造物に被害が見られた。また液状化も見られた。サンチアゴでは州警察の建物が崩落した。シウアルトランでは多くの民家が被害を受けた。メラケではRC4階建てのホテルが大きな被害を受けた。マンサニージョにおける最大加速度は388ガルが記録されている。これらの被害および加速度からマンサニージョにおける震度は9と推

定される。マンサニージョから北西の海岸地域の震度は8、マンサニージョ南東地域は震度7程度と推定された。

アンケートによって震度を求めた。コリマ市では震度7、周辺山地では震度6と推定された。1985年の地震で被害があったグスマン市では震央距離が大きい割に震度はコリマ市と同じ7となった。

コリマ市街地についてアンケート震度分布図を作成した。特に特徴的なパターンは見られなかったがこれはコリマ市の地盤がコリマ火山からの流出物でできており特徴をもたないためと考えられる。

謝辞

コリマ大学地質研究所のガリンド教授にはアンケートの配布・回収にあたり多大なるご援助をいただいた。またメキシコ国立防災センターのカルロス・グテレス室長にはアンケートの実施方法についていつも討論していただいた。ここに甚大なる感謝の意を表します。

本研究は文部省科学研究費補助金(国際学術研究)No. 09041127(代表者:望月利男東京都立大学教授)による援助をいただいた。

参考文献

- 1) Jaime Dominguez Rivas et al: Seismology, El Macrosismo de Manzanillo del 9 de octubre de 1995, Sociedad Mexicana de Ingenieria Sismic, A. C., 1997
- 2) 太田 裕, 他: Mail SurveyによるSeismic micro zoning mapの作成, 災害科学総合シンポジウム論文集, 9, 241-246, 1972
- 3) 正木和明: 1985年9月19日メキシコ地震に関する研究(2), アンケート方式による震度・人間行動の調査, 愛知工業大学研究報告, No. 25, 129-137, 1990
- 4) 三雲 健: 1995年メキシコCopala地震およびColima-Jalisco地震概況報告, 地震工学振興会ニュース, No. 155, 22-35, 1997

(受理 平成11年3月20日)