

## (2) 1985メキシコ地震におけるメキシコ市の微細震度分布のアンケート調査

愛知工業大学 正木和明

### 1. はじめに

1985年9月19日地震におけるメキシコ市内の被害は湖成ゾーン、とりわけソカロを中心とした旧市街地に集中している。また、市南部のCoyoacanとEstrellaの丘との間(Texcoco, Xochimilco両湖が接する陸峡)においても被害が見られる。メキシコメトロポリタン大学のIglesiasは建物被害から震度を逆算しこの地域の震度が大きかったことを指摘し「強震ゾーン」と呼ぶことを提案した。その後、メキシコ市内に高密度に設置された強震計ネットにより1988年2月の地震の強震記録が得られ「強震ゾーン」で地震動が大きく増幅されていることが明かとなった。ここに改めて1985地震における震度分布に関心が集まった。

本研究は1985地震におけるメキシコ市の震度分布をアンケート調査により詳細に調査し、震動特性、被害分布との関係を追求し、合わせて地震時の人間行動についても調査するものである。

### 2. 既往の調査・研究

①望月他は、1985年11月太田方式(一部改変)による約250枚のアンケート調査を実施しメキシコ市内の震度は3.6~5.6であることを報告している。

②メキシコ大学工学研究所のマルチネスとハビエルは300枚のアンケートを実施し、メキシコ全域の震度を決定している。この調査によるとメキシコ市の震度は8~9(MMスケール)となっている。

### 3. 調査方法

①調査用紙 アンケート用紙は、従来日本で多くの実績をもつ太田方式を、日本・メキシコ両国の建築様式の違い、感情表現の違いなどを考慮して一部改変し、スペイン語に翻訳したものを使用した。翻訳は研究所の院生(かなり日本語ができる)、研究員に手伝っていただいた。例えば「大変」を「Mucho」、「絶望的になった」を「Fue tal el miedo que me desesperé」等と訳したが多少両語のニュアンスの違いはあるものと思われる。

②配布方法 震度に関するこのような大規模なアンケート調査(前述のように望月他が約250枚の調査を実施しているが)を行うのはメキシコでは初めてなので、次の配布方法についてまず検討を行った。

●郵送 回答者の位置を正確に決定できる。回収率はあまり期待できない。

●学校 高回収率が期待できる。学校当局との交渉をどのようにおこなうか。

●自治会 メキシコの組織不明。団地にはあるが場所が限定される。

●政府機関 依頼交渉をどのように行うかがポイントとなる。

結局、●●の方法を採用した。

#### (1) 郵送による方法

メキシコ市内電話帳はアルハベット順のもの住所別のものと2種類ある。住所別の電話帳には各「区毎」「通り毎」に電話加入者の番地・氏名が記されている。Guia Roji社発行の市内地図には約1kmのメッシュがひかれているが、特に被害の著しかった110メッシュを対象とし、各メッシュ内のCalle(通り)を選択し、上記電話住所帳を用いて10~20名の回答者を選び、アンケート用紙を郵送した。

#### (2) 学校を通しての配布

2つの私立大学付属高校(La Universidad de Salle, Colegio Tepeyac del Valle)と4つのメキシコ国立大学付属高校(Preparatoria Nacional de la UNAM)及び二つの小学校の当局に依頼し、担任から生徒に配布してもらった。家庭に持ち帰り、家族に記入してもらうことを期待したが、高校生は自分で記入した者が多かった。メキシコ国立大学工学部の学生にも授業担当教授を通じ配布した。

#### (3) メキシコ工学研究所職員への配布

職員100名に各3枚配布し本人・友人に記入してもらうよう依頼した。

③回答者の位置の決定のための工夫 メキシコ市の人口は1800万人であり極めて巨大な都市である。住所は複雑であり、さらに同名の通り名も多い。従って住所から回答者の位置を決定することは極めて困難と予想された。幸いメキシコには最近新しい郵便番号制度が導入されており、各コロニアル(日本の町、通りに当る)は5桁の数字で表されている。回答用紙にこの郵便番号を記入し、あわせて区、コロニアル名も記入してもらうこととした(これは郵便番号とコロニアルを後でチェックするためである)。

#### 4. 回収結果

表1に配布方法及び回収率を示す。配布枚数は責任者に渡した枚数であり、配布数そのものではない。実際の回収率はこれより高い。郵送による方法の回収率が低い。これは住民のアンケートに対する意識が低く、また地震後住所の大幅な移動があったこと（メキシコの場合門札は使用されておらず番地のみによって配達されるので宛名人不在の場合返送される率は低い）、によるものと考えられる。日本の場合50~80%の回収率が得られるのと同対照的である。

#### 5. 性別、年齢別頻度分布

①性別頻度分布 表2に得られた震度を男女別に示す。男の感じた震度4.2に対し、女は4.4と高く地震に敏感であることがわかる。図1に頻度分布を示す。左右対称の分布となったが高い震度にかかなりの分布が見られ一部では強い震動となったことが伺われる。

②年齢別頻度分布 表3に得られた震度を年齢別に示す。20才以下で4.3、20才台4.2であるのに対し、30才以上では4.4~4.7と高く地震に敏感であることが分かる。図2に頻度分布を示す。

③平均震度 回答者全員の平均震度は4.3となった。これは予想された震度よりかなり低い。その原因は、震度の低い地域も含んだ値であること、男性かつ若い者の回答が多いこと、地震後2年半が経過し記憶が薄れこと、等によると推察される。

#### 6. メッシュ別震度分布

①震度分布 図3に得られた震度分布を示す（但し、隣接メッシュの震度も考慮してスムージングしてある）。図3にはメキシコでよく用いられている地盤区分及び内環状線も記入されている。

得られた震度分布は岩盤ゾーンで震度は低く、湖成ゾーンで高い。特に市中心部で高く、この地域で被害が大きかったことと対応している（周辺地域では回答数が少な（やや精度が低い）。環状線の内部及びその東の一部地域、ソチミル地域（図右下）では震度4.5以上となっている。またソカロ付近では震度5.0以上となっている。望月他の調査ではこの地域の震度5.2~5.6となっており今回の調査で得られた震度はこれらよりやや低い。

#### 7. 強震記録との関係

①1985地震記録との比較 表4に1985年の地震で得られた強震記録の最大加速度との比較を示す。トラワックを除けば凡その対応は良い。

表1 配布・回収状況

配布方法	配布枚数	回収枚数	回収率
郵送	1,855	124	6.7%
小学校(2校)	460	396	86.1
高校(6校)	5,500	3,773	68.6
大学(1校)	1,800	1,144	63.6
研究所(1所)	300	7	2.3
合計	9,915	5,444 (内有効回答)	54.9
		3,320	33.5

表2 男女別震度

	回収枚数	平均震度(気象庁震度階)
男	1,959	4.21
女	1,084	4.44
計	3,323	4.28

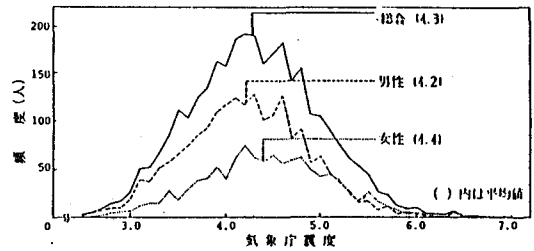


図1 アンケート震度の頻度分布(性別)

表3 年齢別震度

年齢	回収枚数	平均震度(気象庁震度階)
20才以下	2,024	4.27
20~29	821	4.18
30~39	196	4.67
40~49	80	4.57
50~59	49	4.40
60才以上	27	4.65

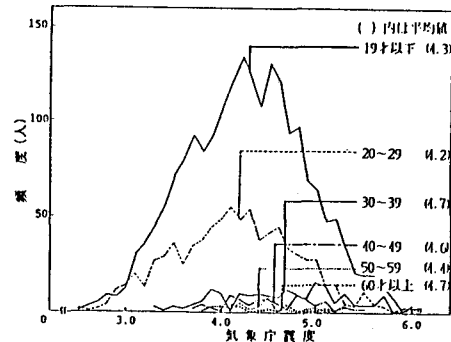


図2 アンケート震度の頻度分布(年齢別)

表4 強震記録とアンケートより得られた震度

地点	観測最大加速度	対応する震度	アンケート震度
メキシコ	30~40ガル	4	3.8
コヨアカン	44	4	4.0
中央市場	69~95	4~5	4.3
通信運輸省	98~168	5	4.3
イダルゴ	34	4	3.9
タクパヤ	33	4	3.9
トラワック	107~136	5	4.2

②1988年地震記録との比較 1985年地震後メキシコ市内約40地点に強震計が設置された。この強震計ネットにより1988年2月8日の地震 (M=5.8, A=300km)の記録が収録された。図4に得られた最大加速度 (gal) を示す。破線線内がIglesiasによる強震ゾーンであるが、この地域で加速度が大きいことが分かる。図3に示された震度4.5以上の地域をハッチで示す。ハッチで示した地域の加速度は大きいことが分かる。つまりアンケートから求めた高震度域、Iglesiasが指摘する強震ゾーンおよび1988地震高加速度域は一致する。但しEstrellaの丘とCoyoacanの間の地域 (図中央やや下) のアンケートから求めた震度は余り高くない。

### 8. 被害との関係

①低構造物被害との比較 図5にメキシコ市当局(DDF)が12,000戸の4階以下の被害家屋から求めた被害率を示す。環状線内及びその東北地域で高い被害率となっている。ハッチで示した地域は図3の震度4.5以上の地域を示しているが、両者は極めてよい一致を示しており、被害が強震動によって引き起こされたことを伺わせる。

②大被害構造物との関係 図6にメキシコ大学の調査による大被害建築物の分布を示す。被害はソカロ付近に集中しているがEstrellaの丘とCoyoacanの間の地域にも見られIglesiasが提案する強震ゾーンと一致している。図3に示されたアンケートによる高震度域は、

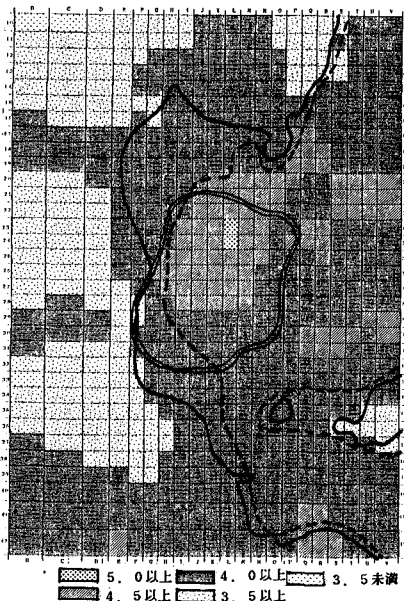


図3 アンケートによって得られた震度分布 (各メッシュごとに得られた震度をスムージングしてある)。岩盤、漸移、湖成の各ゾーン境界と内環状線も示されている。

ハッチで示されている。中心部の被害集中域はこのハッチ域に含まれており被害が強震動によってもたらされたことを伺わせるが、南部地域では震度が必ずしも高くないのに被害が生じていることが分かる。

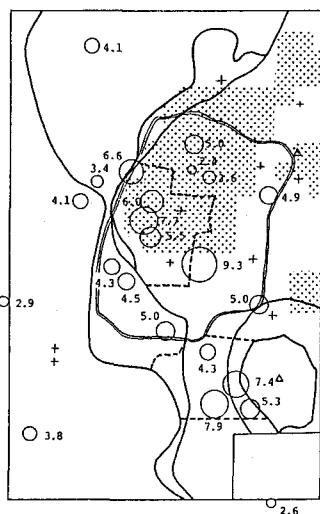


図4 1988年2月8日の地震における最大加速度 (gal)。ハッチはアンケートによる震度4.5以上の地域。

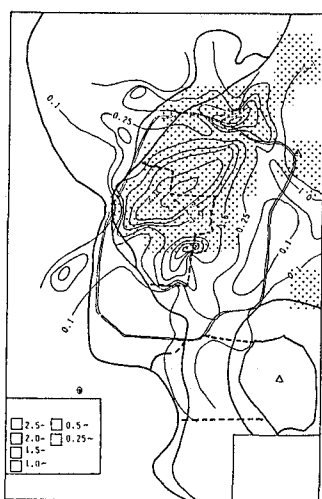


図5 4階以下の建物の被害率 (DDFによる)。ハッチは図4と同じ。

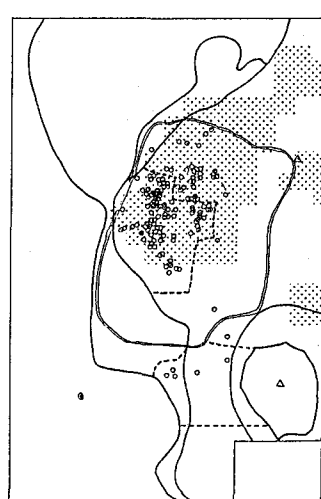


図6 メキシコ大学の調査による大被害を受けた構造物。ハッチは図4と同じ。

9. 震動継続時間と被害との関連

図7に「地震の揺れている時間をどのように感じましたか」の問いに「長かった」、「非常に長かった」「いつ終わるとも知れなかった」との回答が多かった地域を示す。被害が集中した市中心部で震動が長かったことは勿論であるが、南部の被害地域でも震動が長かったことは注目される。中央市場の強震記録に長い後続相が見られたこととも一致している。



図7 震動継続時間と大被害構造物。ハッチはアンケートで「長かった」「いつ終わるとも知れなかった」等と回答した地域。

10. 地震時の行動

- ①地震時の意識 震度5ではまだ「意識的」行動をとる余裕があるが、6では「無意識的」「本能的」行動を取らざるをえないようである(図8)。
- ②火器に対する行動 震度5ではまだ消す行動をとっているが、6ではもはや消す余裕はない(図9)。
- ③とりうる行動 震度5を越えると「立っているのが困難」となり、6では「不可能」となる(図10)。
- ④自動車の運転 震度5を越えると「困難」になり、6では「運転不能」となる(図11)。

11. まとめ 本研究は次のように要約される。

- (1)3,320枚のアンケートを回収し1985メキシコ地震におけるメキシコ市の微細震度分布を求めた。
- (2)岩盤ゾーンでは震度3.5以下、湖成ゾーンでは4.0以上、ソカロを中心とする旧市街域では震度5以上の高震度域となった。
- (3)震度4.5以上の地域は高被害率地域、Igrciasの提案する強震ゾーン、強震計で観測された高加速度増幅地域と一致した。
- (4)地震時における人間行動と震度との関係を求めた。

1)Iglesias J., et al: Estudio de las Intensidades del Sismo del 19 de Septiembre en la Ciudad de Mexico, 1987.  
 2)Departamento del Distrito Federal, Secretaria General de Obras, Estudio Estadisticos, Intensidad de Danos en Inmuebles en la Distrito Federal Ocasionados por los Sismos de Septiembre de 1985, Primer Simposium Internacional los Sismos y sus Efectos en las Ciudades Septiembre de 1986.  
 3)Instituto de Ingenieria de la Universidad Nacional Autonoma de Mexico, El temblor del 19 de Septiembre de 1985 y sus Efectos en las Construcciones de la Ciudad de Mexico, 1985.  
 4)望月利男; 地震震動に関する各種議論: 震度分布, 1985年メキシコ地震災害調査報告, 建築学会, 124-132, 1987.

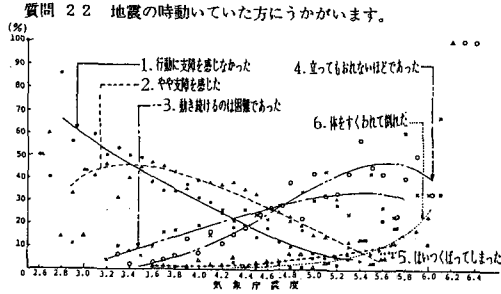


図10 地震時行動と震度との関係

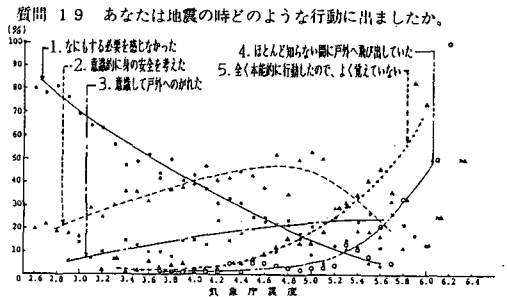


図8 地震時意識と震度との関係

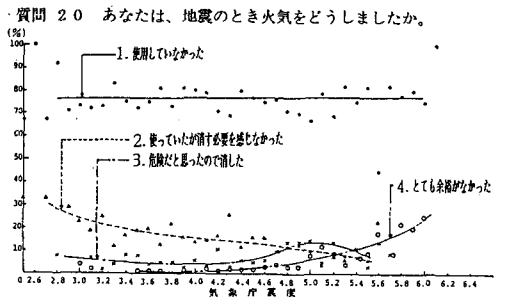


図9 火気に対する行動と震度との関係

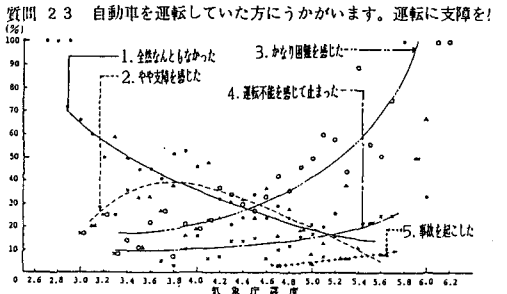


図11 自動車運転障害と震度との関係