

第2章 ニュージーランドの地震危険

1. 地震および噴火危険

(1) プレートテクトニクス

プレートテクトニクスとは、後に述べるプレート運動によって、地震や火山活動などの地学的諸現象を統一的に解釈しようとする考え方である。それによると、地球表面付近は、水と水に浮かぶ氷に例えることができる。氷（プレート）は水（アセノスフェア）に浮かんでおり、移動している（プレート運動）。浮かんでいる氷同士がぶつかり合うと、そこに何らかの現象が生じ、それが地震や火山活動の原因となる。この考え方は 1960 年代中頃に登場し、現在では地球科学の研究結果や GPS（グローバル・ポジショニング・システム）観測^{注3}などによって裏付けされ、多くの人々が支持している。図 2.1 に地殻の構造を示す。

プレートテクトニクスの考え方によると、地球の表面は図 2.2 に示すように、十数枚のプレートによって隙間なく覆われている。それらは、地殻とマントル最上部のリソスフェアと呼ばれる厚さ数十 km～百数十 km の岩石の層からなっており、冷えて固ま



図 2.1 地殻の構造

出典：地震調査研究推進本部ホームページ（加筆）



図 2.2 世界のプレート境界

出典：地震調査研究推進本部ホームページ（加筆）

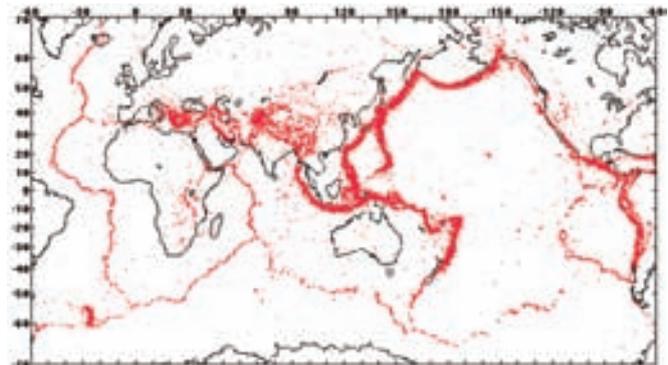


図 2.3 世界地震分布図

($M \geq 4.0$ 、深さ 100km 以下、1975-1994)

出典：理科年表 2006 CD-ROM

注3：GPS 観測

複数の人工衛星から発せられる電波の到達時間差を利用して、ある地点の位置を精密に測る技術で、カーナビゲーションなどにも応用されている。

って剛体的な性質を持っている。その下にはアセノスフェアと呼ばれる高温で流動性を持っている比較的軟らかい岩石の層がある。各プレートはアセノスフェアの上面を小さな抵抗で滑動することができ、それぞれの方向に相対的に年間数 cm～十数 cm の速度で移動している。この運動をプレート運動とよんでいる。こ

のため、各プレートの縁の部分（プレート境界）では、他のプレートとの力学的な関係から様々な現象が発生し、地震や火山活動はそれらの現象の一部と考えられている。図 2.2 と図 2.3 を比較するとプレート境界に沿ってたくさんの地震が発生していることがわかる。

プレート境界は、その相対的な運動の方向によって①収束型、②発散型、③横ずれ型の 3 種類に分けることができる。それらの模式図を図 2.4 に示す。

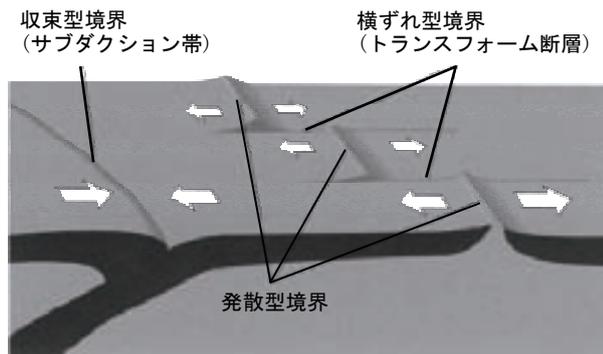


図 2.4 プレート境界の模式図

出典：地震調査研究推進本部ホームページ（加筆）

① 収束型境界は、2つのプレートが相対的に近づく方向に運動している境界であり、さらに(a)サブダクション帯と(b)衝突帯とに分けられる。

(a) サブダクション帯は、一方のプレートが他方のプレートの下方に潜り込み、マントル内に沈んでいく境界で、地球上で最も地震活動が盛んな場所であると考えられている。現在活動している火山の約 90%はサブダクション帯に存在し、また、全世界の地震エネルギー開放のほとんどはサブダクション帯の地震によるといわれている。北島および南島の一部の地域における地震は、オーストラリアプレートと太平洋プレート間のサブダクション帯の地震である。

(b) 衝突帯は2つのプレートが押し合い、褶曲（しゅうきょく）など、変形することによって相対運動を解決している地帯である。圧縮による変形は著しい造山運動となり、大規模な山脈や高原を出現させる。また、それにともなって断層を生み出し、地震を発生させる。ヒマラヤ・チベットはその代表的なもので、インド大陸をのせたインド・オーストラリアプレートの海洋部がユーラシアプレートの下に潜り込み、インド大陸が直接ユーラシア大陸と衝突している。日本では伊豆半島の北の地域で小規模な衝突帯を見ることができる。ここではフィリピン海プレートが北上し本州と衝突して伊豆衝突帯を形成している。

② 発散型境界は、収束型境界とは逆に、2つのプレートが相対的に離れていく方向に運動している境界である。リフトと呼ばれるプレート間の裂け目から新

しいプレートが生み出され、古いプレートに付加されている。大西洋中央海嶺などがその典型である。地震活動は収束型境界に比べて穏やかで、大規模のものは少なく、震源のごく浅いものが多い。

- ③ 横ずれ型はトランスフォーム断層と呼ばれる横ずれの大断層を生じさせる。トランスフォーム断層は境界と境界をつなぐ役目をする断層で、これを介してプレート境界が移り変わる。トランスフォーム断層には、収束型境界同士を結ぶもの、発散型境界同士を結ぶもの、あるいは収束型境界と発散型境界を結ぶものがある。大西洋中央海嶺や東太平洋海膨、インド洋中央海嶺などの大洋中央海嶺は発散型境界であるが、それらをステップ状につなぐ断層がトランスフォーム断層の代表例である。ニュージーランド南島の北東から南西にかけて貫いているアルパイン断層はサブダクション帯同士を結ぶトランスフォーム断層である。

(2) ニュージーランド周辺のプレートテクトニクスと地震・噴火危険

ニュージーランドには 150 以上の活断層の存在が知られている。図 2.5 は活断層の分布図である。活断層の多くは、北島南東部および南島北部に位置している。最大のものは、南島にひときわ長く延びているアルパイン断層（Alpine fault line）と呼ばれる右横ずれ断層で、その長さは 650km にもおよぶ。

図 2.5 に示されている都市は、人口が 10 万人以上の都市（2006）である。首都であるウェリントン（Wellington）はウェリントン断層（Wellington fault line）を始めとする多くの断層に周囲を囲まれていることが図から見てとれる。

ニュージーランド全国では M6 クラスの地震が少なくとも年 1 回、M7 クラスが 10 年に 1 回、M 8 クラスが 100 年に 1 回程度発生している。マグニチュードの算定方法が異なるため直接の比較はできないが、日本付近では理科年表に記載があるものだけでも 1900 年以降 M7.0~7.9 の地震が 45 回、M8 以上が 9 回発生している。地震活動の程度としては



図 2.5 活断層分布
出典：GNS ホームページ（加筆）

概して日本より低いといえる。

図 2.6 にニュージーランド周辺のプレートの動きを、図 2.7 に地震分布図を示す。北島中央部から南東部にかかる地域と南島の北部の地域は、オーストラリアプレートの下に太平洋プレートが沈み込んでいるサブダクション帯である。ここで発生する多くの地震の震源は太平洋プレートの沈み込み面に沿って、南東から北西にかけてその深度を増す。一方、地表近くの内陸活断層による地震も多く発生し、この地域はニュージーランドで最も地震活動が盛んである。また、北島中央部、ルアペフ山 (Mt. Ruapehu) からプレンティ湾 (Bay of Plenty) にいたるタウポ火山帯は、現在も火山活動が盛んな地域である。過去 100 年間の活動では火山灰と少量の溶岩が主の小規模のものがほとんどであるが、それ以前には非常に激しい噴火が起こっていたことが地質的に明らかになっており、そのような爆発的大噴火は今後再び発生する可能性があるといわれている。

タウポ火山地帯以外にも北島にはタラナキ山 (Mt. Taranaki) やオークランド周辺に多くの火山が存在する。これらの火山は長い間活動した形跡はないが、今後活動を再開する可能性がないわけではない。ニュージーランド最大の都市であるオー

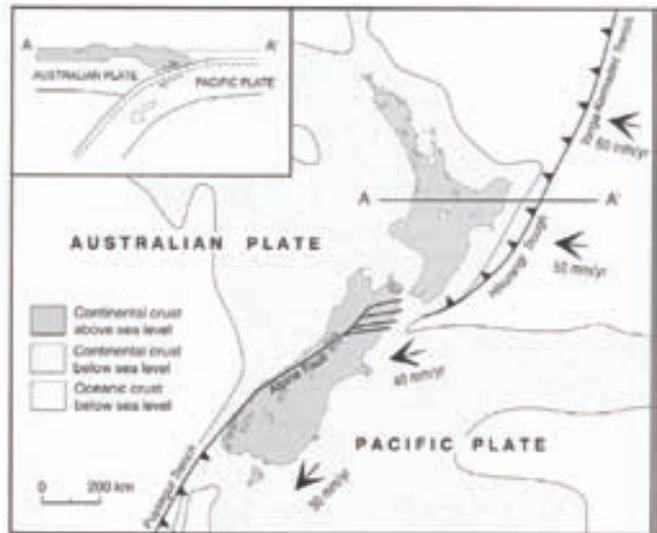


図 2.6 ニュージーランド周辺のプレートの動き
出典：ROCKED AND RUPTURED

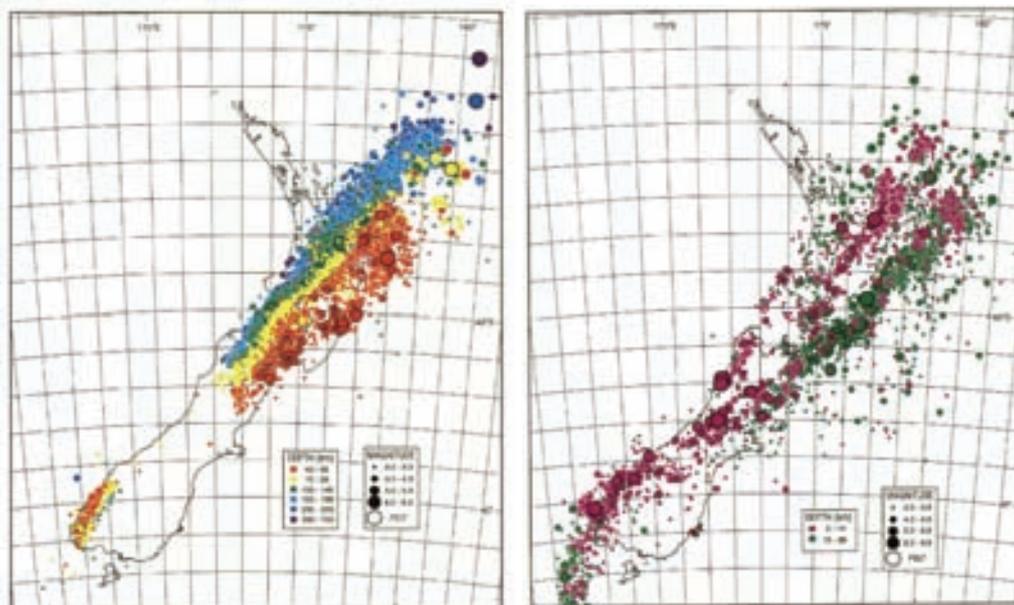


図 2.7 ニュージーランド周辺の地震分布図
(左) 震源の深さが 40km より深いもの、(右) 深さが 40km より浅いもの
出典：ROCKED AND RUPTURED

クランドは北島北部に位置しており、北島中央部から南東部にわたる地震の多発地帯とは距離があるため地震危険度は低いと考えられているが、上記のように噴火の潜在的な危険度は高いといえる。一方、国内第2の都市であり、首都でもあるウェリントンには地震多発地帯の真上に位置している。地震危険度が高く、特にウェリントン断層で発生する地震が危惧されている。この断層は人口集中地域のすぐそばを走っており、M7.5クラスの地震が500~770年間隔で発生し、最後の活動から350~500年程度経過していると考えられている。今後30年以内にこの断層による大きな地震が発生する確率は約15%と推定されている（文献：Rocked and Ruptured）。

南島南端は、北島周辺と同様にサブダクション帯であり、地震が多発している地帯である。しかし北島とは逆に太平洋プレートの下にオーストラリアプレートが沈み込んでいる。そのため、沈み込むオーストラリアプレートに沿って西から東にかけて地震の震源は深くなる。この地域には大きな都市は存在せず、地震による人的あるいは経済的危険度は低い。

ニュージーランド南北に存在する、地震多発地帯のサブダクション帯は北島、南島南端で沈み込むプレートが逆になっている。それらはトランスフォーム断層であるアルパイン断層によって結ばれている。アルパイン断層はミルフードサウンドからブレンハイムまで約650kmにおよび、オーストラリアプレートと太平洋プレートを区分する長大な断層である。最近の活動履歴は西暦1100年、1450年、1620年、1720年にM8クラスの地震を発生させたと考えられている。大きな地震のたびに水平方向に6~7m、上下方向に1~2mのずれを生じたと考えられており、これは年平均で相対的に30~40mm程度の変位速度となる。断層としての活動度はかなり高いが、歴史が短いためか大地震の記録はほとんどない。この地域は、サブダクション帯とは異なり深い震源の地震は少なく、発生する地震のほとんどは深さ15km未満と震源がきわめて浅いものが多い。

2. ニュージーランドにおける地震監視システム

(1) GeoNet プロジェクト

ニュージーランドでは、2001年6月よりGeoNetプロジェクトを設立し、地震、火山、地滑り、津波危険など地質学的ハザードに関する研究を行い、24時間体制で地震や火山活動などの地質学的ハザードの監視やデータ収集を行っており、非常時に素早い対応がとれるよう備えている。GeoNetプロジェクトは、地震委員会（Earthquake Commission；以下、EQCと略す。）、地質・原子力科学研究所（Institute of Geological & Nuclear Sciences；以下、GNSと略す。）、研究科学技術事業団（Foundation for Research, Science & Technology）といった政府機関を通じてニュージーランド政府により後援されている。

それ以前のニュージーランドにおける地震など自然現象の観測は、旧式の機器を用いたものであり、機器が設置された土地を所有している地元農家の人々が地震活

動を記録する磁気テープのカートリッジを交換していた。彼らによって毎週送られてくる磁気テープを読み取り、データ処理することにより観測記録が蓄積されてきた。大きい地震の場合には、送られてきたデータを処理するのに何週間もの時間を要していた。GeoNet プロジェクトでは、地質学的ハザードを監視する熟練したスタッフ、自動化されたソフトウェア、地球物理用の専門機材およびネットワークを有しており、地震、火山活動、大規模な地滑り、津波の前に起こるゆっくりとした異変を検知して、分析する。さらにデータセンターでは、地上観測や第三者から提供された地質学データを全て保存し、生データの基本処理やデータを蓄積しているほか、24 時間体制で地質学的ハザード情報を迅速に解析するリアルタイム応答能力を備えた特別チームを有している。

(2) 地震の検知

GeoNet プロジェクトでは、ニュージーランド全域で1年間に発生する約 14,000 地震に関する記録を保存し、震源を探し出し、分析している。地震の波形と震源位置はデータセンターを通じて、世界中からアクセスでき利用可能である。また、毎年ニュージーランドで発生する約 200 の有感地震について、地震が発生した1時間以内に地震の発生地域とマグニチュードを知らせる。

震源を確認するために、GeoNet プロジェクトではニュージーランド全体に及ぶ地震ステーションのネットワークが常時作動している。図 2.8 は、地震ステーションの分布である。各地震ステーションには、地震計（地面の揺れに対応して微小電流を発生させる繊細な機器で、流れた電流をデジタル化するもので、地震の規模など地震の特性を知ることができる。）が設置されている。地震計で検知されたデータはリアルタイムでデータセンターに送られ、自動的にデータが解析され、震源が確認される。

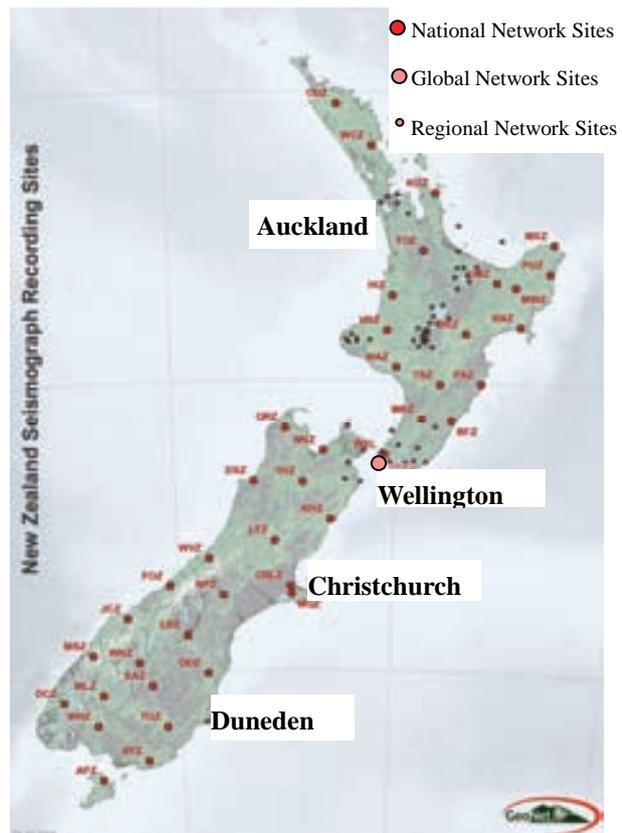


図 2.8 GeoNet の地震ステーション
出典：GeoNet ホームページ（加筆）

3. 主要都市における地震危険

(1) ウェリントンにおける地震危険と防災活動

先述したように、首都であるウェリントンはウェリントン断層をはじめとする多くの断層に周囲を囲まれている。特に、ウェリントン断層は市内中心部を南北に縦断しており、ニュージーランド国内でも最も地震危険にさらされている。図 2.9 はウェリントン市の航空写真であるが、ウェリントン断層の位置が谷になっているように見える。そのような中に国の中枢機関や高層ビルが並んでおり、地震が発生した後に大きな損害をもたらされる可能性が高い。

市のホームページでは断層地図（図 2.10）を公開している。現在、断層上に道路が走っている（図 2.11 は断層が通っているとされるグレンモア通り）。また EQC、GNS および民間企業が共同で TePapa という国立博物館を運営し、市民への地震教育を行っている。なお、博物館の入場は無料で、市民の防災意識の啓発活動といえる。ただし、市内の多くの一般住宅は木造建築であり、新築建物も多いが、中には古い建物も混在している。山間部にも多くの住居が点在し、地滑りの危険にさらされている印象を受ける。



図 2.9 ウェリントン航空写真
出典：Google Earth



図 2.10 断層マップ
出典：ウェリントン市ホームページ



図 2.11 断層が地下を走っている
グレンモア通り

(2) 主要都市における地震危険の比較

表 2.1 は、場所別に設定した震度が観測される確率を表したものである。つまり、再来年数が小さいほど頻繁に地震が発生すると考えてよい。たとえば、ウェリントンでは改正メルカリ震度階で震度Ⅷ（我が国の気象庁震度階級で震度 5 弱～5 強）の地震が 100 年に 1 度発生する、という意味である。一方、オークランドでは震度Ⅷの地震が 1300 年に 1 度発生すると推定されており、ウェリントンの地震危険度が高いことがわかる。図 2.9 は、表 2.1 の各震度ごとの再来年数を地図上にプロットしたものであるが、この図から再来年数はニュージーランドの北や南で大きく、中央部では小さい傾向がある。つまりニュージーランドの地震危険度は中央部で高いといえる。

表 2.1 ニュージーランドの主な都市における震度の推定再来年数
「ROCKED AND RUPTURED」および「震度を知る」から作成

Area		MM* VI	VII	VIII	IX
カイトアイア	Kaitaia	300	1200		[単位 年]
ワンガレイ	Whangarei	130	630		
オークランド	Auckland	57	240	1300	
タウランガ	Tauranga	5	21	89	420
ハミルトン	Hamilton	19	75	340	2200
ロトルア	Rotorua	5	23	97	460
ギズボーン	Gisborne	10	62	200	560
タウポ	Taupo	5	42	190	1100
ニュープリマス	New Plymouth	13	51	200	920
ネーピア	Napier / Hastings	11	62	210	640
ワンガヌイ	Wanganui	5	25	120	540
パーマストンノース	Palmerston North	8	35	130	440
ウェリントン	Wellington	8	32	100	370
ネルソン	Nelson	6	25	88	340
ウェストポート	Westport	12	40	140	580
クライストチャーチ	Christchurch	21	70	250	980
ティマルー	Timaru	36	130	470	2400
ミルフォードサウンド	Milford Sound	28	150	750	
ダニーデン	Dunedin	51	200	820	
インヴァーカークギル	Invercargil	31	120	460	2400

* MM は、改正メルカリ震度階（Modified Mercalli Intensity Scale）の略

Modified Mercalli Intensity Scale [1996]（改正メルカリ震度階）	
VI	全ての人に感ずる。家具が動き、しつこくにひびが入る。弱い煙突に被害が出ることもある。
VII	人々は驚き、立っていることが困難になる。弱い石造建築に被害が生じ、小規模の地滑りや落石が起こる。固定されていない貯水タンクが動き、漏水する。窓ガラスにひびが入る。
VIII	補強されていない煙突は倒れ、石あるいは煉瓦造の壁に被害が生じ、倒壊の恐れもある。中規模の地滑りが生じ、地割れ、液状化等も発生する。
IX	恐慌状態、石造建築は深刻な被害を受け、あるものは倒壊する。家が基礎から動くこともある。

【参考】 改正メルカリ震度階と気象庁震度の対応

Modified Mercalli Intensity Scale [1996]（改正メルカリ震度階）は、Modified Mercalli Intensity Scale [1956]をニュージーランドの環境に合わせて改正したもので、I～XII の 12 階級の震度階である。下図は改正メルカリ震度階と日本で使用している気象庁震度階級との比較図である。図はおおよその目安であって正確に対応するわけではない。

改正メルカリ震度階	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
気象庁震度階級	0	1	2	3	4	5-	5+	6-	6+	7		

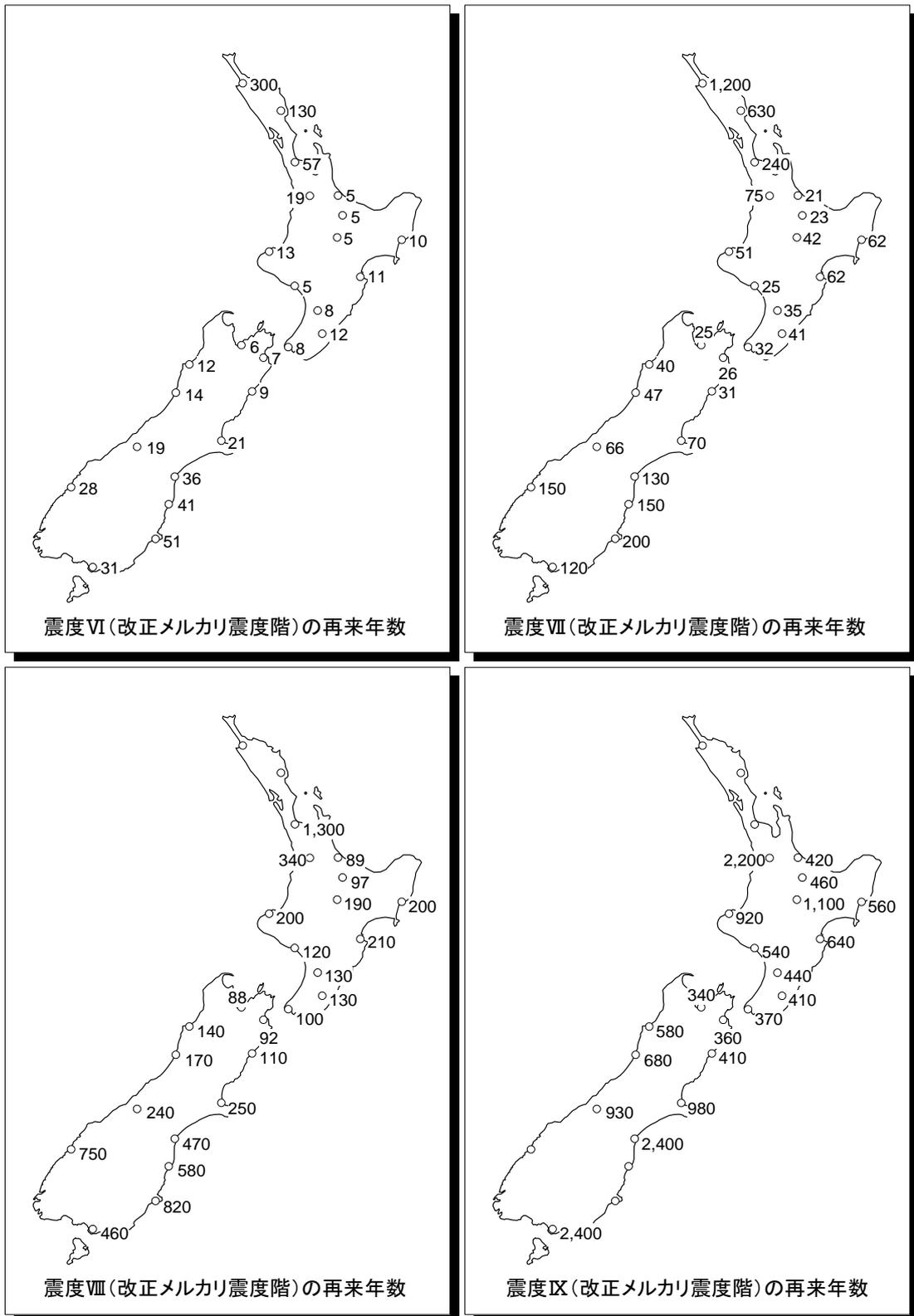


図 2.9 ニュージーランドの主な都市における震度の推定再来年数

出典：ROCKED AND RUPTURED