

第2章 アイランドの地震危険

1. 地震のメカニズム

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。

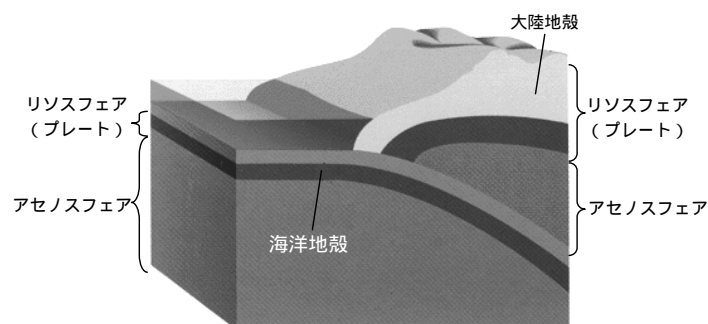


図2.1 地殻の構造

出典：地震調査研究推進本部ホームページ（加筆）

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。

³ 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。

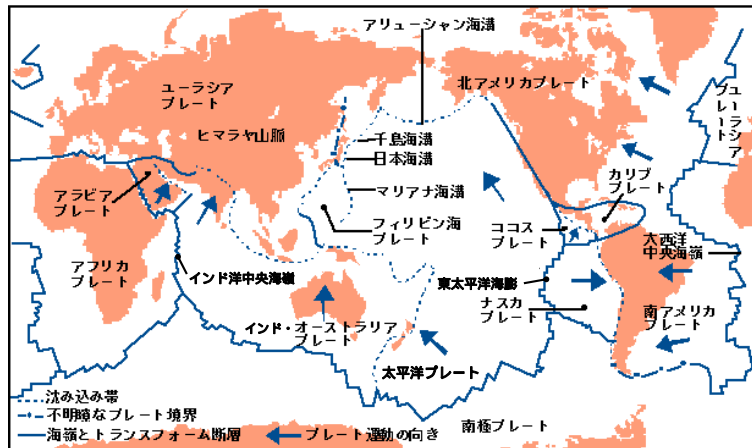


図 2.2 世界のプレート境界

出典：地震調査研究推進本部ホームページ（加筆）

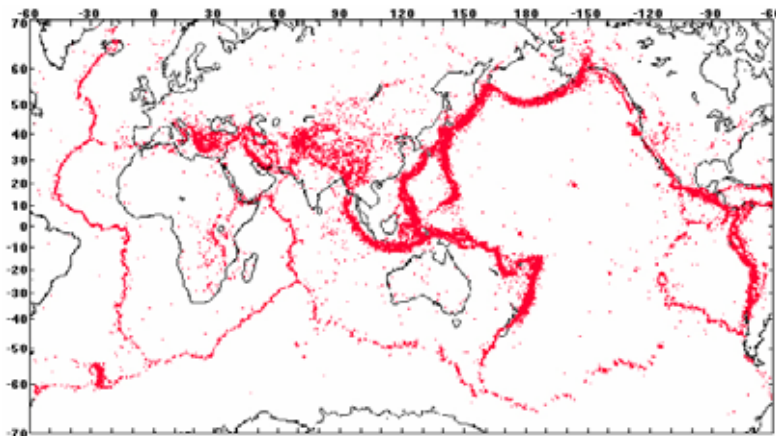


図 2.3 世界地震分布図

(M 4.0、深さ 100km 以下、1975-1994)

出典：理科年表 CD-ROM

プレート境界は、その相対的な運動の方向によって 収束型、 発散型、 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。

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。

(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、変形することにより、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、それと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。

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。

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。カリフォルニア州西岸を南北に縦断する、サンアンドレアス断層は、北アメリカプレートと太平洋プレートの間の特ランスフォーム断層である。

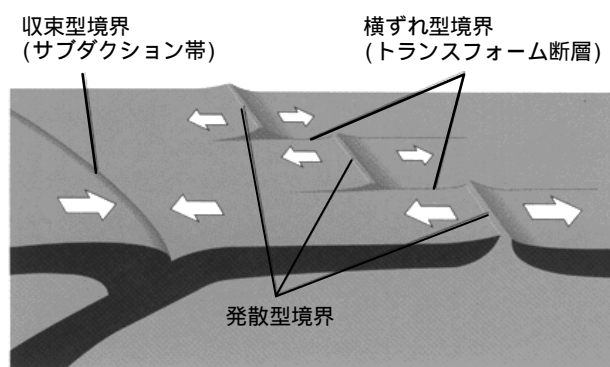


図 2.4 プレート境界の模式図

出典：地震調査研究推進本部ホームページ（加筆）

2. アイスランドの地震危険

(1) アイスランド周辺におけるプレートテクトニクスと地震・噴火危険

アイスランド最大の島であるアイスランド島の中央をユーラシアプレートと北アメリカプレートの境界線である大西洋中央海嶺が貫いている。このギャオと呼ばれるプレートの裂け目では、海洋プレートの生成を観察することができる。ギャオが広がることでアイスランドは成長を続けており、毎年2~3cmの速度でアイスランド島は東西に拡大している。また、アイスランドはホットスポット⁴と中央海嶺が一致した場所でもあり、5年に一度なんらかの火山活動がある。

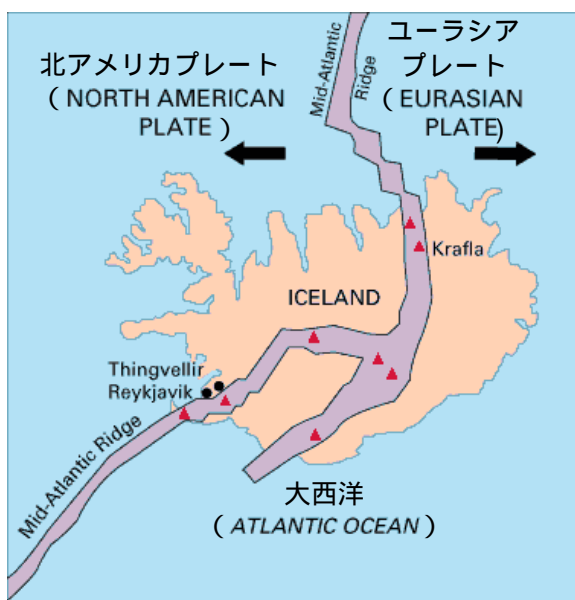


図 2.5 アイスランド上のプレート境界

出典：米国地質調査所 (USGS) ホームページ



図 2.6 アイスランドの主要火山

出典：米国地質調査所 (USGS) ホームページ

アイスランドの 10.3 万km²の面積の 3 分の 1 は、活火山地域に属する溶岩地となっている。アイスランドの主要な地震帯は、南部アイスランド地震帯 (SISZ: South Island Seismic Zone)、レイキャネース地震帯 (RSZ: Reykjanes Seismic Zone)、北部アイスランド地震帯 (NISZ: North Iceland Seismic Zone) の 3 つである。

⁴ 地球では、中心部にある核の持つエネルギーを逃がすため、核とマントルの境目から巨大な熱い上昇流が湧き上がっている。この上昇流が熱い物質として地下に溜まり火山が生まれる場所をホットスポットと呼ぶ。

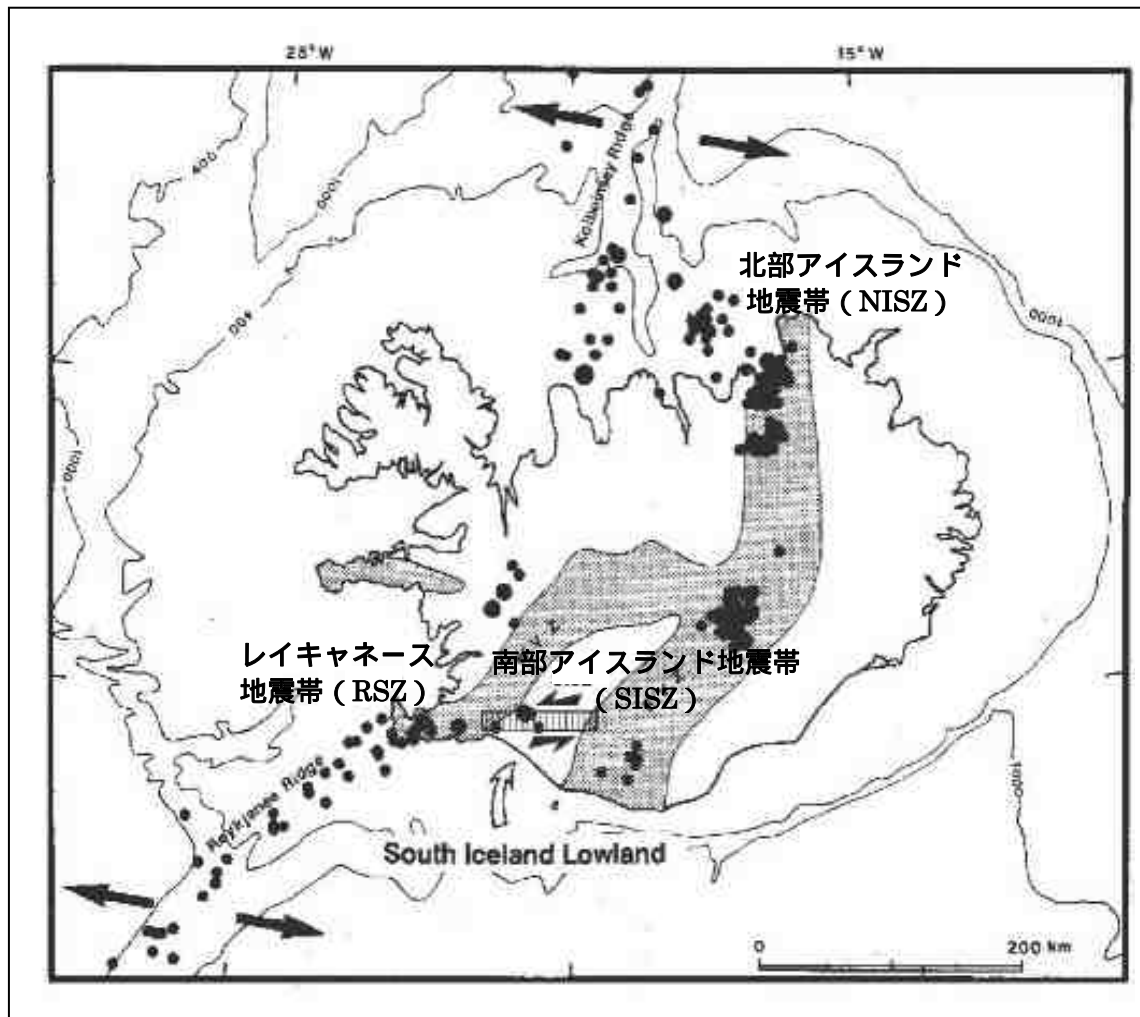


図 2.7 アイスランドの地震帯と火山帯

出典：Julius SOLNES, Ragnar SIGBJÖRNSSON and Jonas ELIASSON,
 Probabilistic Seismic Hazard Mapping Of Iceland: Proposed
 seismic zoning and de-aggregation mapping for EUROCODE

■ **南部アイスランド地震帯 (SISZ: South Island Seismic Zone):**

SISZ は、アイスランドの首都レイキャビクの東方にある Hengill および Ölfus 地方からさらに東方にある Rangárvellir にかけて東西約 70km、南北約 5~10km の地震帯である。アイスランドにおける大規模地震は歴史的にこの地震帯で発生しており、その周期は 45 年から 112 年である。過去 1,000 年に SISZ においてマグニチュード 7 以上の大規模地震が発生した年及び期間は、1294 年、1339 年、1389-91 年、1630-1633 年、1732-34 年、1784 年、1896 年そして 2000 年となっている。

■ **レイキャネース地震帯 (RSZ: Reykjanes Seismic Zone):**

RSZ は、首都レイキャビクが位置するレイキャネース半島にある地震帯である。レイ

キャネース地震帯は、人口が集中する首都レイキャビクおよび近郊に近接している。この地震帯における地震活動は主として 3 つの異なる地域に集中している。ひとつは、レイキャネース半島の付け根にある山脈帯である。残りの 2 つはレイキャビク圏から 25km 圏内にある。ただし、これらの地震帯で発生する地震は震源深さ 1~5km 程度であり、規模としては小さなものとなっている。

■ 北部アイスランド地震帯 (NISZ: North Iceland Seismic Zone):

NISZ は、アイスランド北岸海洋部の Kolbeinsey 海嶺から南方のアイスランド島北部 Axarfjörður の火山帯にかけて広がる、幅約 80km 長さ約 150km の地震帯である。震央は地震帯全域に散在しているが、中でも、北東部に震央が集中しており、北東部の方が西部よりも地震活動が活発である。

(2) アイスランドの地震履歴

アイスランド気象庁の統計によれば、アイスランドにおいて 1900 年から 1990 年までに発生したマグニチュード 4 以上の地震は 650 件である。そのうち、マグニチュード 5 - 6 のものは 70 件、6 - 7 のものは 17 件、7 以上のものは 3 件であった。図 2.8 から、アイスランドの地震は、南西部と北部に集中していることが分かる。

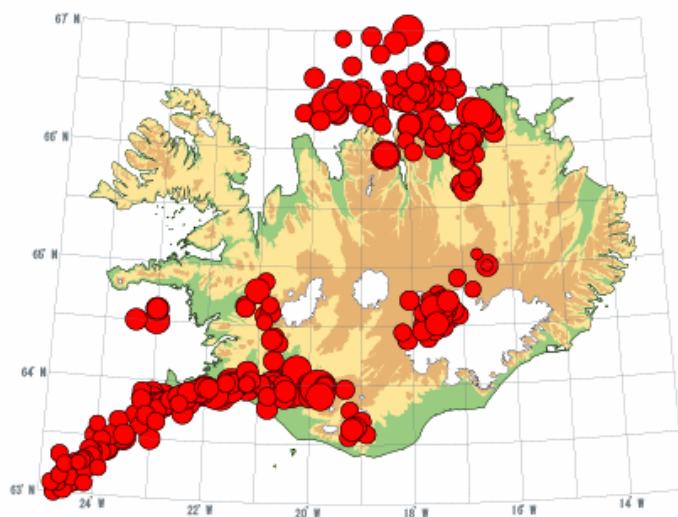


図 2.8 アイスランドで 1896-2000 に発生した地震の分布
(マグニチュード 4 以上)

出典: Julius SOLNES, Ragnar SIGBJÖRNSSON and Jonas ELIASSON,
Probabilistic Seismic Hazard Mapping Of Iceland: Proposed
seismic zoning and de-aggregation mapping for EUROCODE

南西部においては、南部アイスランド地震帯（SISZ）で発生するマグニチュード 7 以上の地震が歴史的に大きな被害を及ぼしてきた。SISZでは1896年にマグニチュード 6.9、1912年にマグニチュード 7.0の地震が発生して以来、1世紀近くにわたってマグニチュード 7級の地震が発生しなかったが、2000年に2件の大規模地震が発生した。2000年の地震は、2000年6月17日と同年6月21日に連続して発生しており、いずれも南部アイスランド地震帯（SISZ）で発生したものである。

(3) アイスランドの地震被害

アイスランドで近年でも歴史的にも最も大きな金銭的な損害を及ぼした自然災害は、2000年6月17日に発生した大地震である。この地震の損害額は2,500万米ドルにのぼったとされている。つづいて、同年6月21日に発生した大地震による被害も1,200万米ドルと、地震による被害としては歴代第二位となっている。一方、被害を受けた人々の統計を見ると、火山、洪水による影響の規模が大きい。2000年6月に発生した2件の大地震はそれぞれ100人前後に影響を及ぼしたが、1973年以降で最も多くの被害者を出したのは、1973年のヘイマエイ火山の噴火である。この火山噴火では、噴火したヘイマエイ火山の所在するヘイマエイ島の全島民約5,200人が被害を受けた。とはいえ、2000年6月に発生した2件の大地震も、1973年の火山噴火も、いずれも死者は1名も出ていない。

表 2.1 アイスランドの自然災害（1973年-2000年）
EM-DAT Emergency Disasters Data Base (<http://www.em-dat.net>)
およびアイスランド自然災害保険会社資料、一般報道等より作成

	発生日	場所および規模	損害額 (千米ドル)	被害者数 (カッコ内死者数)
地震	2000年 6月17日	ヘラ(SISZ) M6.6	25,000	91 (0)
	2000年 6月21日	ヘラ(SISZ) M6超	12,000	108 (0)
	1976年 1月13日	コウパスケル M6.2	—	7 (1)
火山	1973年 1月23日	ヘイマエイ火山	24,700	5,200 (0)
	1996年10月 1日	グジャラフ火山	16,500	0 (0)
	1983年 5月29日	グリムスポートン火山	—	0 (0)
	1984年 9月 5日	クラフラ火山	—	0 (0)
地滑り (雪崩)	1995年10月26日	フライトイリ(北西部)	3,360	58 (20)
	1995年 1月16日	スザグアイク(北西部)	2,249	59 (14)
	1974年12月20日	ネコイプスターズガル(東部)	—	12 (12)
	1983年 1月25日	パトルクスフィヨルズル	—	4 (4)
洪水 (氷河融解)	1988年 8月29日	ヨークス・アウ・フィヨットム	—	0 (0)

3 . アイスランドにおける地震監視システム

アイスランド気象庁は、43 箇所のデジタル地震観測点ネットワークを維持・管理している。デジタル地震観測点ネットワークは、アイスランド内陸部および沿岸地域を対象にほぼリアルタイムで地震観測を行っている。加えて、6 箇所のボアホール型ひずみ計と 17 箇所の GPS 観測ステーションから継続的にデジタル・データが受信されている。これらの地質学データは、アイスランドの地震、火山活動に関する独自の地殻変動過程の洞察を可能にしている。

さらに、アイスランド気象庁は、アイスランドにおけるより正確で検証可能な短・長期の地震災害予知を可能にするために、早期警報情報システム(EWIS: Early Warning and Information System) を開発中である。EWIS におけるこのような予知は主として時系列、リアルタイムの地質データの迅速可視分析を可能にしたインターネットベースの情報を通して行われる。EWIS の主なメリットは、多数のパラメータを持つ経年およびリアルタイムの地質学的データをスクリーン上で評価することができるという容易さと迅速さである。

EWIS では、このようにして加工されたフィールドデータが可視化されるというメリットに加え、データベースに対してシステムインターフェースからアクセス出来るというメリットがある。このデータベースは科学出版物やカスタマイズされた警報サマリー、自衛目的の処理前データ、注釈付の地図と写真情報で構成されている。

EWIS は主として、アイスランド気象庁によって利用されている。今後は、研究機関、治安当局関係者との提携が予想され、市民は地質情報や関連警報情報へインターネットからアクセス出来るようになる。しかし、情報の普及を確実にかつ効果的に行うために、様々なアクセスレベルを設定することが予定されている。