

箱根火山と地震

ゆくたけようへい
行竹洋平（神奈川県温泉地学研究所）

箱根火山は今からおよそ50万年前に噴火活動をはじめた、伊豆半島の北端に位置する火山です。周囲が直径約10kmの外輪山で囲まれる、カルデラ地形を有しています。外輪山の北側には金時山や明神ヶ岳が、カルデラの中央には中央火口丘を構成する神山、駒ヶ岳、早雲山などがそびえ立ち、カルデラの西部には芦ノ湖が広がります（図1）。また、中央火口丘の北側斜面の大涌谷や早雲山ではもくもくと湯気がたちあがる噴気活動が見られます。

雄大な地形に囲まれ魅力的な側面を持つ一方で、箱根は活火山であり自然の怖い一面もあわせ持っています。箱根で溶岩の噴出を伴う大規模な噴火が起こったのは、直近の活動では約3,000年前です。その後溶岩を噴き出す噴火は起こっていませんが、12世紀には大涌谷で水蒸気爆発が起きていたことが最近の研究で明らかになりました。

箱根火山は現在でも活動的で、カルデラの地殻内の非常に浅い場所で地震が発生しています。箱根は地震多発国である日本のなかでも特に地震が活発で、ここ17年間で発生した地震の数は14,000個を超えます。こうした背景から、温泉地学研究所（以下、温地研と呼びます）では長年にわたって箱根火山で発生する地震について、観測及び監視をするとともにその発生原因について研究してきました。ここでは、箱根の地震について焦点をあて、特徴や地震観測の歴史、最近の研究で明らかになってきた発生原因についてご紹介します。

箱根の地震の特徴

箱根で発生する地震の多くは、短時間に多数の地震が集中的に発生する



図1 カルデラ西部から箱根中央火口丘を望む。手前は芦ノ湖、左にそびえるのは駒ヶ岳。

特徴があります。こうした特徴をもつ地震活動のことを、群発地震と呼びます。このほかに本震－余震型と呼ばれる活動もあります。これは大きな地震（本震）が起こって、それに引き続いて余震が起こり時間の経過とともに減少していくというものです。箱根で主に発生する群発地震は、こうした本震－余震型の活動様式とは特徴が異なります。

箱根の地震は地震の規模を表すマグニチュードが1以下の微小なものが多く、たいていは揺れを感じることはありません。ただし、箱根の地震は非常に浅い場所で起こるので、たまにマグニチュードがもう少し大きな地震（概ねマグニチュードが1.5以上）が発生すると、カルデラ内にいる人には下から突き上げるような揺れを感じる場合があります。

地震観測の歴史

箱根の地震で最も古い記録は、江戸時代後期に杉田玄白が書いた「後見草」の中に記されています。その後何度も、鳴動、強震や崖崩れをとまなう群発地震が発生してきた記録がさまざまな文書に残っています。

箱根火山において最初に地震計のデータに基づいて震源位置を推定したのは、東京帝国大学（現在の東京大学）の大森房吉教授でした。彼は1917年の群発地震活動の際、箱根宮ノ下の富士屋ホテルに地震計をおいて地震を観測しました。その後、1959年から60年にかけての群発地震活動の際には、東京大学地震研究所の水上武教授らにより地震観測が行われ、その観測網の一部は神奈川県小田原土木事務所に引き継がれました。さらに、1966年に大きな群発地震活動が発生し、翌年に温泉の顕著な昇温現象が観測され、温泉と火山活動を総合的に研究することの重要性が認識されたため、1968年に地震観測網は神奈川県温泉研究所（現在の温地研）に移管されました。当時の観測網は中央火口丘中心に設置されていましたが、1989年に観測網が再整備され、カルデラ内およびその周辺域に地震観測網が拡大しました（図2）。

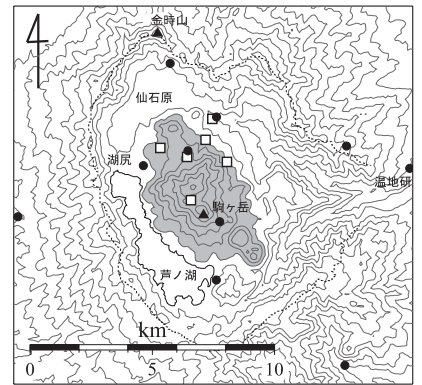


図2 箱根カルデラ内の地震観測網。□は1980年代までの、●は現在の地震観測点の位置を示す。

最近17年間の地震活動

現在の観測網が整備されてから、箱根で発生する群発地震の発生場所や規模が精度よく決定できるようになりました。図3は、温地研によって決定された1995年4月から2011年12月の期間に発生した、地震の震源分布を表します。この期間内に約14,000個の地震の震源位置が決定されました。地震はカルデラ内を北は金時山から南は芦ノ湖南岸の元箱根付近にかけて南北に帯状に分布する特徴があります。また一部の活動域は、芦ノ湖の西側まで延びています。ほとんどの地震が深さ6kmより浅い場所で発生します。こうした震源分布の特徴は、現在の地震観測網が構築された1989年以前の、1960年代や70年代においても類似していたことが最近の研究により明らかになっています。

次に、1995年4月から2011年12月までの地震の積算数の時間推移を図4に示します。図4(a)～(e)の灰色で記した期間は、特に活発な地震活動があった時期を表しています。これらのなかでも2001年の活動は、近代的な地震観測がはじまって以来、もっとも活発なものでした。このときは地震活動の活発化だけではなく、地表においても大涌谷の北側斜面に新たな噴気域が出現し、温泉を造成するための蒸気井が暴噴するといった現象がおきました。大涌谷の新たな噴気域については、現在も活動が続いています。また、2001年、2006年および2008年の活発な群

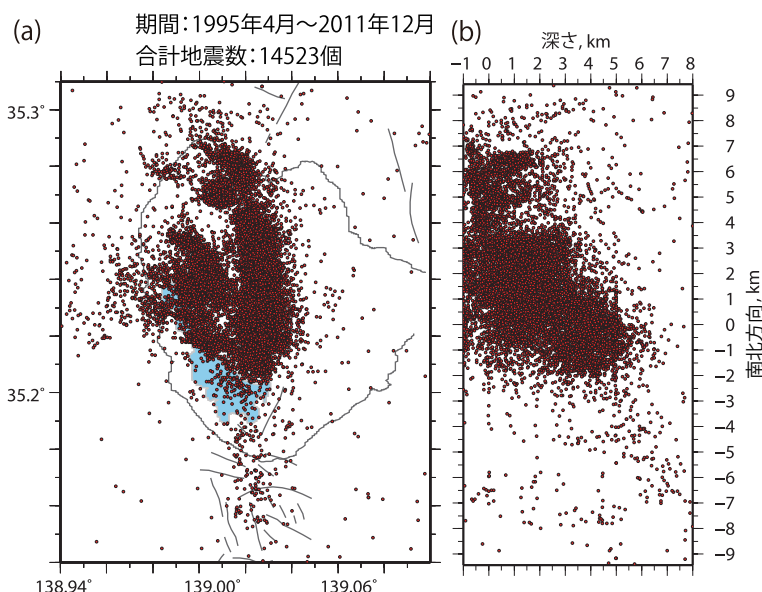


図3 1995年4月から2011年12月までに箱根火山で発生した地震の震源分布。赤丸○それぞれが一つの地震の震源位置を表す。(a)地図上プロット、(b)南北方向の断面に投影した震源分布図。

発地震の際には、箱根火山の山体が東西方向にわずかに膨張する地殻変動も観測されています。この地殻変動を引き起こした力源については、箱根火山の下深さ約10km付近にあることが分かっています。

最近では、2011年3月11日東北地方太平洋沖地震の直後から約2ヶ月間、箱根火山での地震活動が活発化しました。この地震活動は、これまで発生した地震活動の特徴とは異なる点があることが明らかになりました。地震の発生数が時間とともに急速に減少していくという、本震－余震型の特徴が見られました。この地震活動の原因は、東北地方太平洋沖地震の地震動により箱根火山が激しく揺らされたこと、東日本を中心に広い範囲で地盤が変形を受けたことだと考えられています。

地震の発生原因について

箱根の群発地震の発生原因については古くから議論されてきました。1970

年に当時の温地研の大木靖衛所長は、1966年の群発地震と温泉温度の異常な上昇との関係から、地震発生には、地下深部のマグマから発生した高温・高圧の熱水が重要な役割を果たしているとするモデルを提案しました。

最近になって、地震の観測技術が進歩し、非常に高精度に群発地震の震源位置が決定できるようになり、発生原因についての理解が深まってきました。図5の例は、2009年8月に箱根芦ノ湖の北岸湖尻で発生した活発な群発地震の震源位置を、高品質な地震観測データをもとに高精度に決定した結果です。この図からは、群発地震の震源が線状に並んで分布していることが明瞭に分かります。この図は震源位置を地図上に2次元プロットしたのですが、深さ方向も含めて3次元でプロットした場合には、地震はほぼ鉛直な面の上に集中して分布していることが分かりました。さらに、地震活動域の時間変化に着目すると、活動域が時間の経過とともに拡

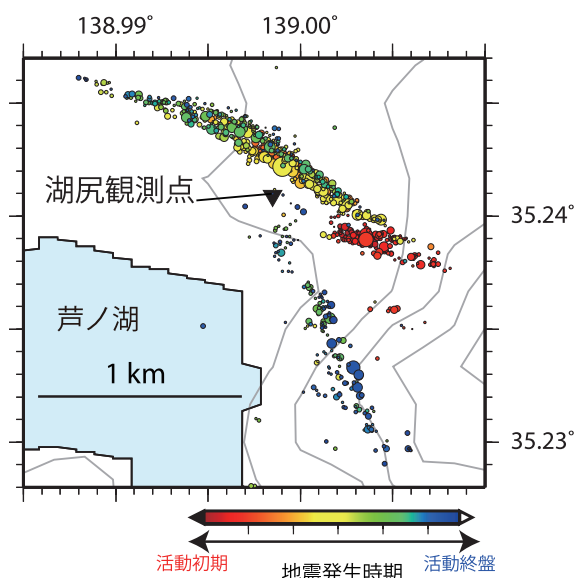


図5 2009年湖尻で発生した群発地震震源分布。○は震源位置、色は発生時期を表す。

散的に広がっていく様子が確認できたのです。このことから、微小な断層などの亀裂のなかを地下深部から供給された高温高圧の熱水が移動する過程で群発地震は起こるのではないかと考えられるようになりました。

一方、温泉分野の研究から、箱根の温泉には地下深くに存在するマグマ溜りから発生した物質が含まれているということが分かってきました。こうしたことから、地震を引き起こす原因となる高温の熱水は、地下深部のマグマ溜りから供給され、群発地震を起こしながら浅い場所に移動し、その一部は地表付近で地下水と混合し箱根の温泉の一部になっていると考えられます。群発地震活動は箱根火山の活動的な一面を象徴する現象ですが、一方で地下の深いところから温泉のもととなる熱水を地表まで供給し温泉の恵みを与えてくれている、ポンプのような働きもしているのかもしれない。

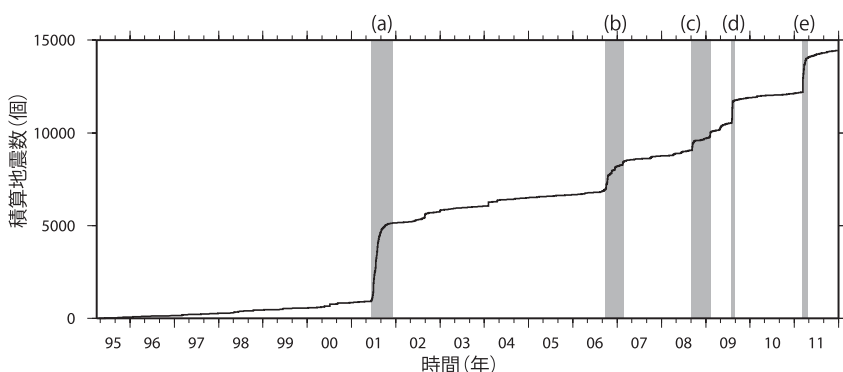


図4 図3で示した地震の積算数の時間変化。灰色は特に活動が活発な期間を表す。

自然科学のとびら

第18巻3号 (通巻70号)

2012年9月15日発行

発行者 神奈川県立生命の星・地球博物館
館長 斎藤靖二

〒250-0031 神奈川県小田原市入生田499

Tel: 0465-21-1515 Fax: 0465-23-8846

<http://nh.kanagawa-museum.jp/>

編集 企画普及課 山下浩之

印刷所 (株)あしがら印刷

© 2012 by the Kanagawa Prefectural Museum of Natural History.

R100

VEGETABLE
OIL INK