

箱根火山の地震観測と「10回・3時間ルール」

板寺一洋

(神奈川県温泉地学研究所)

■はじめに

箱根火山における火山災害対策にあたっては、2015年のような地震の急増をできる限り早い段階で把握することが重要です。そのため温泉地学研究所では、箱根火山の群発地震活動について「地震回数は1時間に10回以上、活動期間は前後3時間以上地震なしで区切る」とする独自の基準を設け(伊東・棚田、1999)、地震・地殻変動観測業務に取り組んでいます。

具体的には、まず、箱根火山で1時間に10回以上の地震が観測された場合を群発地震活動ととらえ、地震・地殻変動等を注意深く観測する体制に移行するとともに、観測結果について情報発信することとしています(10回ルール)。そして、その体制を地震発生間隔が3時間以上となるまで継続することとしています(3時間ルール)。

この「10回・3時間ルール」について、伊東・棚田(1999)は「観測結果から経験的に求めた最小単位の活動を区切るものと考えており、この最小単位を加え合わせた活動の取りまとめ方法などについては今後の課題である。」と述べています。ここでは、「10回・3時間ルール」の有効性や課題について、2012年から2017年までの地震観測データをもとに考えてみたいと思います。

■震源決定数と自動通知システム

箱根火山では、活動が活発化して

いない平常時でも火山性地震が発生しています。その大部分は、ごく小規模な微小地震であり、体に感じることはありません。それでも、箱根火山とその周辺地域には、比較的密に地震計が整備されているので、温泉地学研究所ではこれらの微小地震の多くを検知することが可能です。

一方、検知した地震の震源を特定するとすると、最低でも4カ所の地震観測点で地震波形データの読み取り(P波とS波の到達時刻の読み取り)が出来る必要がありますが、規模の小さな地震ほど、震源から離れた観測点の地震波形データの読み取りが難しくなり、震源決定ができないケースが出てきます。このため、震源決定数は地震検知数よりも少なくなります。

「10回ルール」は、以前は地震検知数により運用されていました。ところが、地震の検知作業は研究員が地震波形を目視して行うため、限られた人員では24時間連続かつリアルタイムでモニタリングすることが困難でした。やむなく、事後処理となることもあり、地震数の急増を把握するまでに遅れが生じる懸念がありました。

その課題を克服するため、温泉地学研究所では、コンピューター処理により自動で震源決定された地震数が一定の基準を超えた場合に、担当職員にその旨を自動通知するシステムを運用しています(伊東ほか、2005)。

さらに、2006年以降に進められた地震観測機器の強化(伊東、

2009)等により、より多くの火山性地震が検知できるようになり、なおかつ自動震源決定の能力も向上したことから、現在では、自動通知の運用基準を「震源決定数が1時間に10回を超えた場合」としています。

■ルールは有効か？

話をわかりやすくするため、以下の説明では震源決定された地震数を地震数と考えて、その発生頻度や発生間隔について考えることにします。

図1は、2012年1月から2017年12月までの箱根火山における1時間ごとの地震数の推移を示しています。なお、この地震数はコンピューター自動処理によるものではなく、研究員による波形読み取りを経て震源決定された地震カタログをもとに計算しています。

顕著な群発地震活動が発生した2013年や2015年は、1時間に数十回以上も地震が観測される状況が月単位で続きました(図1)が、このような活動の初期には地震数の急増が観測されました。2015年のケースでは、それまで多くても1日数個程度であった地震数が、4月25日に1時間に数個程度となり、翌26日には1時間に10回以上となりました。活動が活発な状況はその後も続き、5月中旬には地震数がピークとなり、さらに6月末には小規模ながら水蒸気噴火も発生しました。

一方で、1時間に10回以上の地震が観測されても、数時間程度で収

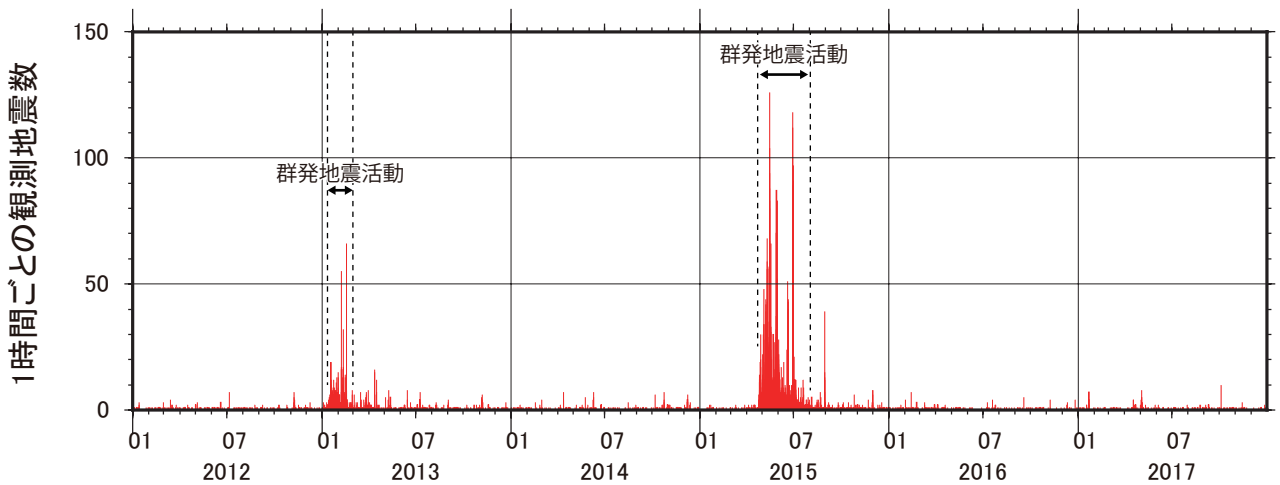


図1 2012年1月から2017年11月までの箱根火山における時間別観測地震数の推移。

まってしまう場合もあります。たとえば、2017年10月4日の11時頃から一時的な地震数の増加が観測されました。その活動は1時間ほどで終わり、その間の地震数は11個（最大のマグニチュードは1.5）でした（行竹ほか、2018）。

図2は、図1と同じ期間について箱根火山における1時間ごとの地震数の頻度分布を示しています。検討期間である2012年1月1日から2017年12月31日までの2192日×24＝52608時間のうち地震が観測された時間数は3753でした。したがって、期間中に地震が観測されたのは全体のわずか7%ほどの時間帯であり、ほとんどの時間帯では地震は観測されませんでした。図2から、1時間に10回以上の地震が観測された時間は、そのわずか7%のうちの10%未満、つまり、期間全体の1%にも満たない稀なケースだったことがわかります。

箱根火山では、地震数の増加が一時的なもので終わる場合もあれば、2015年の様に顕著な火山活動に至る場合もあります。両者の違いが何によるのかはよく分かっていませんが、地震観測によって火山活動が活発化する可能性のある事態をいち早くとらえることは、防災対応にとっ

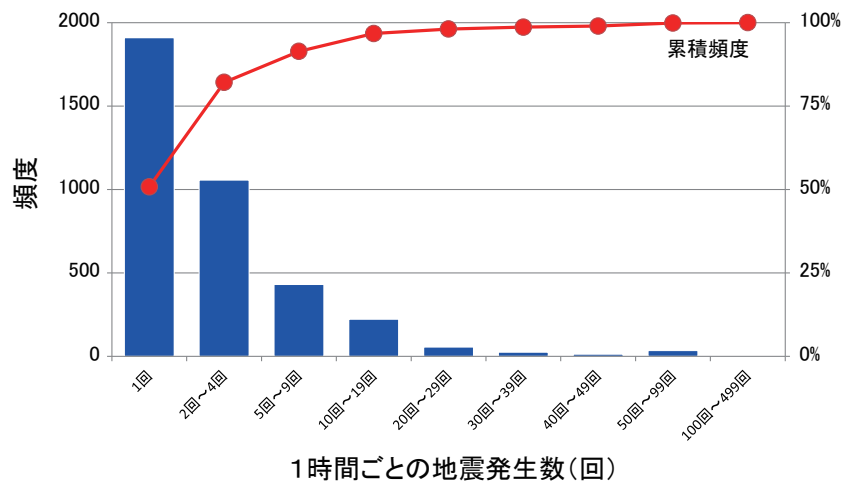


図2 時間別観測地震数の頻度分布。

てきわめて重要です。そうしたことを考えると、地震数が1時間に10回を超えるのを稀なケースにとらえ、地震・地殻変動等を注意深く観測する体制に切り替える「10回ルール」は有効だと言えそうです。

もう一つの「3時間ルール」についてはどうでしょうか。図3は、同じく2012年1月から2017年12月までに箱根火山で観測された地震について、ひとつ前の地震との発生時間間隔の頻度分布を示しています。期間中に観測された地震の総数は16156個で、そのうち、ひとつ前の地震から3時間以内に発生した地震は14782個と、全体の90%を超えており、なおかつ、そのほと

んどが2013年と2015年に発生した顕著な群発地震活動期間中のものでした。こうした結果から、群発地震活動の期間を前後3時間地震なしで区切るとする「3時間ルール」もある程度は妥当と言えそうです。

■ルールの課題

一方で、「10回・3時間ルール」には課題もあります。図4(a)および(b)は、それぞれ、箱根火山における2015年2月から4月までと、同年7月から9月までの時間別地震観測数の推移を示しています。図4(a)から、通常よりわずかに地震発生頻度が高い状況は、遅くとも4

月上旬ぐらいから認めることができます。この時点で、地震の発生頻度は高くてもせいぜい数時間に1回程度であり、もちろん一つ一つの地震発生間隔も3時間以上空いていましたが、すでに山体膨張を示す地殻変動は始まっており（原田ほか、2015）、一連の活動の初期段階にあったと見るべきでしょう。

2015年の活動は、「3時間ルール」により7月20日にいったん活動期間が区切られましたが、それ以降も地震活動が活発な状況は続き（図4(b)）、8月30日には、再び「10回ルール」を満たす地震活動も観測されました（行竹・本多、2016）。そうした状況を踏まえ、温泉地学研究所では、箱根山の噴火警戒レベルが1に引き下げられた11月20日までの間、地震・地殻変動等を注意深く観測する体制を継続しました。

伊東・棚田（1999）が指摘しているように、「10回・3時間ルール」は「経験的に求めた最小単位の活動を区切るもの」に過ぎず、2015年の様な火山活動の始まりや終わりを、それだけで線引きするのは適当ではありません。

■おわりに

火山活動の活発化は、火山性地震の多発だけでなく、地殻変動や火山ガス・噴気異常など、様々な変化を引き起こす可能性が考えられます。火山活動の活発化や終息について判断するためには、これら諸現象に関するデータも交えた総合的な分析が必要となることは言うまでもありません。

「10回・3時間ルール」が着目しているのは地震発生頻度だけであり、課題があるのは述べたとおりです。一方で地震発生頻度は比較的取り扱いが容易で、何より直感的に分かり

やすいというメリットがあり、それゆえ、地震観測によっていち早く火山活動の活発化をとらえるための指標の一つとして有効であると考えられます。

箱根火山では、2014年の御嶽山の火山災害や2015年の活発化を受けて、地震や地殻変動、地表面現象に関する新たな観測機器が整備されました（原田ほか、2016）。これらの観測結果を防災対策に十分活用するためにも、「10回・3時間ルール」

の課題を十分認識して、適切に運用することが必要なようです。

■参考文献

- 原田昌武・板寺一洋・本多 亮・行竹洋平・道家涼介（2015）2015年箱根火山活動に伴う地震活動と地殻変動の特徴（速報），温地研報告，47，1-10。
原田昌武・板寺一洋・伊藤正規・湯尾康成（2016）緊急的な火

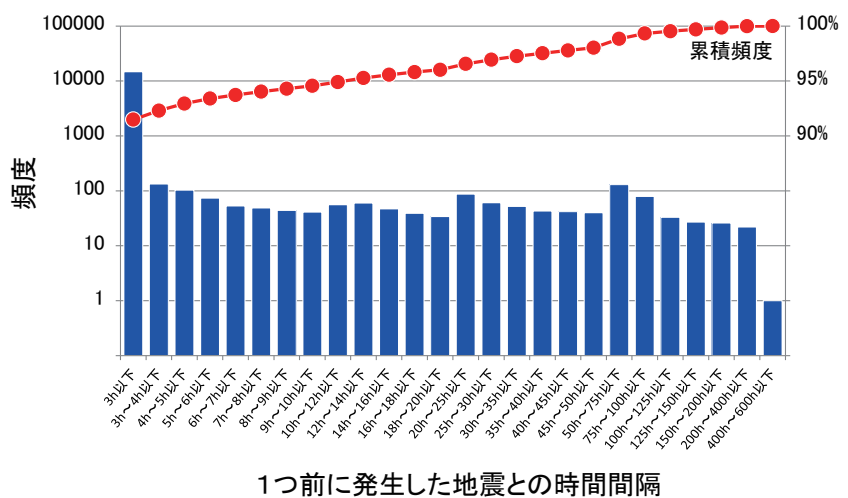


図3 地震発生間隔の頻度分布。

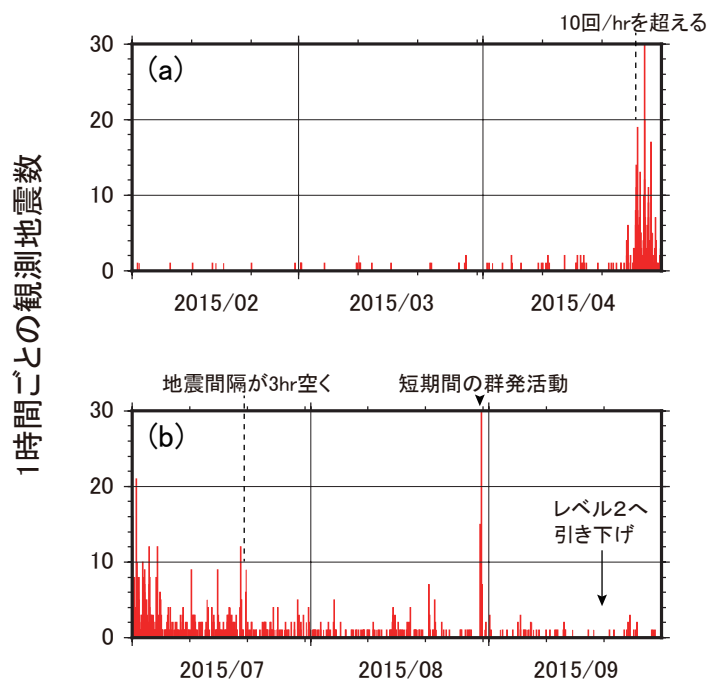


図4 (a)2015年2月から4月までと、(b)同年7月から9月までの箱根火山における時間別観測地震数の推移。

- | | | |
|---|--|---|
| <p>山観測施設の整備について～
2015年箱根火山活動への対応
録～，温地研観測だより，66，
85-92.</p> <p>伊東 博（2009）温泉地学研究所
における地震・地殻変動観測施
設の整備について、温地研観測
だより，59，9-12.</p> <p>伊東 博・棚田俊收（1999）箱</p> | <p>根火山における最近10年間
（1989～1998）の地震活動，
温地研報告，31（1），45-51.</p> <p>伊東 博・宮下雄次・棚田俊收・
代田寧・倉石隆介・加藤正造
（2005）新たな総合研究システ
ムについて，温地研観測だより，
55，23-34.</p> <p>行竹洋平・本多 亮（2016）神奈</p> | <p>川県およびその周辺における
2015（平成27）年の地震活動，
温地研観測だより，66，85-92.</p> <p>行竹洋平・本多 亮・安部祐希
（2018）神奈川県およびその周
辺における2017（平成29）年
の地震活動，温地研観測だより，
68，47-54.</p> |
|---|--|---|