

資料5

第15回火山活動評価検討会 議事概要

日時) 平成25年1月29日(火) 13:30~16:00

場所) 気象庁講堂2F

出席者) 石原座長、井口(京大防災研)、今給黎(地理院)、植木(東北大)、鍵山(京大)
伊藤(海保代理)、川邊(産総研)、小林(鹿大)、棚田(防災科研)、中川(北大)、
中田(東大地震研)、藤井(会長)、吉松(砂防部代理)、渡辺(東京都)、
横田(気象研)、宇平・山里(気象庁)

オブザーバー) 安藤(文科省)、山本・高木・新堀(気象研)

事務局) 舟崎、松森、菅野、長谷川、坂井、菅井、藤原、林、小野(気象庁)

【議事録】

1. 開会

- ・大島委員及び藤山委員が欠席。砂防部山口委員欠席で吉松氏が代理予定だが少し遅れる。海保の加藤委員欠席で伊藤氏が代理。
本日の会議もいつもの通り、テレビ会議システムで札幌・仙台・福岡の各火山監視・情報センターと各火山官署の職員が傍聴している。
- ・配布資料について説明。
なお、第14回議事概要について、誤記があれば連絡お願いしたい。
- ・資料については、情報公開法に基づき行政文書として事務局で保存する。明らかな誤りがあるなど不適切な資料があれば、事務局に連絡いただきたい。

2. 議事

I. これまでの検討結果の概要について

- ・資料1に沿って、概要を説明。
今回の検討結果については火山噴火予知連絡会3/12の本会議において報告する予定。

II. 日本活火山総覧の編集について

- (1) 日本活火山総覧(英語版)編集打ち合わせ内容の報告
- (2) 今後のスケジュールについて

- ・資料2-1に沿って、進捗状況の説明。
日本語版については、製本作業も進んでおり、本年度中に刊行・配布の予定。
英語版については、昨年12月中旬に翻訳業者が決定した。まず桜島について翻訳したものを確認したのち、他の火山を訳すという順番で作業する予定。

桜島の日本語版と英語版の原稿は資料2-2、2-3として配布してあるので、確認していただきたい。桜島の原稿には全ての項目が含まれているので、他の火山もそれに準じて翻訳作業を進めていくつもりである。翻訳作業を3月中にほぼ完成させ、5月までに修正・微調整を終え、その後今年7月のIAVCEI等で配布する予定。

また、本日午前中、英語版の編集委員会を開催した。

- ・英語版の進捗状況。北海道・北方領土については、第1案が完成し、専門家の方々に現在確認していただいている。その後、九州地方、伊豆・小笠原、東北地方という順に、日本列島をいくつか区切って順次手がけていく予定。確認いただく専門家には、日本語版の際にお願いした先生を考えている。

- ・引用文献についての議論。

資料2-2（日本語版）では、P.16と最終ページ（P.49）の2箇所に引用文献を記載。

英語版については、P.16の表下の引用文献は削り、日本語版を参照願う旨の追記をする。最終ページの引用文献については、先生方にもう少し文献を精査して頂き、必要な文献は日本語タイトルや文章を英語にし、また引用されていなくても参考になるような重要な文献は追加する。

大まかなところは以上。細かい部分については、本日の午前中の編集委員会での検討をもとに進めていくつもりである。何かご意見があれば伺いたい。なお、既に日本語版の製本を進めており、誤りの修正については期限があるなど厳しいが、出来る限り努力したい。

- ・日本活火山総覧の今後の予定並びに、それぞれの編集状況進捗状況について説明して貰ったが、何か質問はないか。

日本語版の製本日程が決まっているということだが、途中で内容確認などはしないのか。

- ・初稿などは、通常の製本作業と同様に事務局で内容確認を行う。
- ・英語版の方で何か説明することはあるか。
- ・英語版は、各火山の担当者の名前を最後にカッコで入れる。そして、責任の所在を明らかにして担当者に責任を持ってチェックして貰う。できるだけ早く担当者には、どういうことをやって欲しいかという事を送る予定だ。

Ⅲ. 噴火現象の即時的な把握手法の検討について

(1) 概要について

- ・経緯など概要を説明。
- ・今日報告いただく項目について掻い摘んで要点の説明があつたが、ここまで何か質問はないか。無ければ、資料3-1から説明をお願いします。

(2) 弾道を描いて飛散する大きな噴石の予測手法について

- ・「弾道を描いて飛散する大きな噴石の予測方法について」は前回の検討会でいったんとりまとめたが、その際に頂いた色々なご意見や新たなデータを追加する事により、若干の変更があったため、今回改めて報告する。
資料3-1、差し替え資料に沿って「大きな噴石」の説明。
- ・差し替えた資料では、右側の図の下のスケールが変わっているが、具体的に説明して欲しい。
- ・補足させていただくが、今回の資料は、前回まで基準として使っていた気象台の瀬戸から京大のハルタ山に変更して作成し直しているが、瀬戸を基準とした値が残っていたため、差し替えた。そのため、差し替えた資料は右側の横軸及び中央の図の下の $k \cdot P_n$ の値が変わっている。
差し替え前の括弧の中の $k=52.2$ は間違いで、差し替え後の $k=149.1$ で計算するのが正しい。ちなみにこれは、1ページ目の資料のハルタ山基準を取ったときのヒストグラムにおけるメディアンで、一番右下の図の囲みである「中央値」という値に対比している。ご迷惑をお掛けした。
- ・1ページ目右側の一番下のところに、ハルタ山に統一するという説明について、要するに、観測点で中央値が違うという理解で良いのか。
- ・その通りである。縦に並んだ図を見れば分かるように観測点ごとに中央値が違っている。それを左下のハルタ山の中央値 149.1 に全ての観測点のヒストグラムの中央値が来るように、係数を掛けてある。
要するに、観測データにはサイトエフェクトがあると考えて係数を掛けている。係数とは、各観測点のメディアンをハルタ山のメディアンで割ったものであり、このようにメディアンをそろえたものが右側のヒストグラムになっている。
- ・それをやると中央値がそろえるのか。
- ・中央値は全部揃えて、横軸を合わせる。k倍ずらしたもので対応出来る。
- ・こういう考え方は非常に良いと思う。見えない時の噴石の最大の距離を与える。しかし、例えば噴煙が見えないと言う状況において噴石がどれだけ飛んだかを知る場合、殆どの場合において過剰な見積もりになることがある。その辺りの取り扱いはどうするのか。
- ・それはこれからの議論だが、基本的にはどれくらい飛んだかがわかるような分布表を作らないといけない。今は到達距離だけでの、つまり2ページ目の右側にある赤い線に相当するデータをヒストグラムのようにして、「平均的に見るとこのくらい、最大で何キロぐらいである」というような表現になると思われる。資料を整理して、具体的な情報を出していきたい。
- ・やはり、今の昭和火口の爆発を考えるが、空振だけでいくと例えば噴石の飛距離が2キロを越えてしまう、場合によっては今の空振でも3キロも最大予想できるという事だ。3キロも飛んだということになると、即噴火警戒レベルを上げざるを得なくなるので、実

際の時にどうするのか、懸念するところである。

- ・実際の業務で情報を使用するとき、どうするかということだ。
- ・その根拠になるようなものを、資料を整理し、実際の業務適用について相談をし、むしろその段階で過剰な常にマックスということの説明していることも、整理検討してみる。
- ・今回の検討の大きな成果は、特に他の火山でも似た傾向になるということである。桜島・浅間山・新燃岳以外の火山でも、また、自記気圧計時代のもっと古い噴火まで評価できる可能性が出てきた。そして、これまでに噴火の観測経験が無い火山でも、空振による噴火の評価、噴火警戒レベルの判定基準に盛り込むことも可能になった。レベルの判定基準という意味で使うなら、少し大きめでも構わない場合もある。しかし、実際噴火が起きた時に評価する場合は、違う扱いになるのかなという印象だ。
- ・結局、運用と言うのは実績ベースでやるべきだと思う。むしろ例えば、噴火観測の $k \cdot P_n$ の見積もりだとか、 V_{max} の推移を見ていく材料として使うべきだ。
- ・**site effect** として整理すると普遍的なものができるということまでは良いが、実際のフィールドで利用する時には、そこでもう一度焼き直す必要があるのではないか。
- ・出来るだけ複数の空振計の値を使って、平均的なものにする。1観測点ではなく複数観測点を使いたい。
それと、明らかに反応が悪いというところは少しの差でも幅が出てくるので、そういうところは出来るだけ除外する。それで整理をして空振計の使い方についても、最終的に使用していきたい。
- ・明らかに悪い点については、空振計は移設するのか。
- ・ V_{max} と P_n のうち、 P_n は1 km の圧力に換算しているということで良いか。また、 V_{max} は到達した距離で良いのか。
- ・調査においては映像から V_{max} を出した。 V_{max} と言うのは、映像から射出角を出してそれを真上に引き戻して算出した。
- ・着弾した地点の座標距離と到達するに要した時間、及び射出角とその方向への射出速度を出して、**Steinberg** の式に従って V_{max} を出したという事か。
- ・そのとおり。調査対象は桜島の昭和火口の爆発だけであり、火山によってシステム等違っているかもしれないので、機会があれば調査を進めて、検討して行かなければいけないと考えている。
- ・原則他の火山でも、空振計の記録が出れば計算できるということか。
- ・1キロではなくもう少し離れた距離にしたらどうか、と言うご意見もあるので、火口の近くではなく、もう少し離れた実際に空振計が設置されていそうな距離で換算することを検討したい。
- ・気象庁での具体的な業務への応用については、今後我々で整理検討していく。

(3) 「小さな噴石」の予測手法について(その2)

- ・ 前回の検討事項をふまえて、資料3-2の説明。
- ・ P.25の最後の論理が理解できない。
- ・ P.24で、それぞれの観測地点において実際色々な粒径があり、その中で必ずしも最大粒径の度数が多いとは限らないが、火山礫の落下予測するときは最大粒径で表現するということである。
- ・ 青いプロットが予測値か。
- ・ そうである。ただし、赤い矢印の観測値が最大粒径であるかどうかは不明である。(補足：ERIもしくはAISTと明示していないJMA-MOTの観測点については1サンプルの粒径)
- ・ 観測された最大粒径については、1 m²に5~10個ほど選び、その平均を取る。しかし、その中でも大きさのバラつきがあり、しかもその平均を出すので必ずしも最大粒径ではない。
- ・ 先ほどの質問「大きな噴石」と噴煙を火山灰の関係など、新堀さんの意見もうかがいたい。
- ・ 元々この課題が出てきたのは、気象庁の降灰予報の高度化に向けた検討会において、降灰の量的予測と同時に、火山礫の落下予測に関する情報についても検討が必要になったことによるので、どうかたちで情報に活かすかは、検討会の結果を踏まえない。
- ・ 降灰予報の高度化に向けた検討会を今年度立ち上げて石原先生にも参加検討していただいている最中である。まだ最終結果は出ておらず、来月の検討会で最終的な方向性がまとまりそうである。現在考えているのは、噴火直後に発表している降灰予報を量的なものにし、それを出来るだけ早く発表する速報と、移流拡散モデルを走らせるなどした詳細な情報の2段階で発表するという形である。その中で「小さい噴石」についても、特に速報の部分かと思われるが、発表できる可能性があるのではないかと検討中である。そして、現在例えば桜島や新燃岳で実施している高層風に関する情報も、ある一定以上の噴火があった時に火山灰の流れる方向、降灰範囲などの情報を発表したいと考えている。最終的には降灰予報の検討会で決まるが、その際に、本検討会での結果を利用させていただくつもりである。
- ・ 初期値の粒径分布が結果に大きく効いてくるように思うが、初期値の粒径分布はこれで妥当か。
- ・ 初期値の粒径分布は現在、中央粒径0.25mmの対数正規分布を仮定し、上限約10cmまで与えている。検証という観点では、2011年2月18日新燃岳噴火の事例だが、現地で短い時間間隔で観測した降灰のサンプルと、予測結果が比較的合っていることを確認している。
- ・ 噴火を繰り返す火山ではそれで良いが、検証をしていない火山においては適用可能か。

- ・噴煙柱モデルは、標準的なものを検討して必要があれば修正していくということだ。
- ・このモデルは、今の新燃岳の高度に見合ったものなのか。火山の標高が変わればモデルも対応可能なのか。
- ・そうである。
- ・ある粒径分布を図にすると、例えば6頁のような噴煙の形になっているが、大・中・小の粒径がどの程度含まれているかと言うのはわからないので、あることを前提に恐れがあるということを経験として出せないか、という考え方でよいか。
- ・平均的なところで情報を出すという事になれば、気象庁からこのくらいの降灰予測があり、どのくらいの粒径の火山灰が降るなどの情報が出てくると、自治体や警察としては判断がしやすい。
例えば2004年の浅間山でも、9月1日と9月半ばでは発泡度が変わっている。そういったことを監視に应用する際には、他火山の爆発事例を基に、粒径分布のパターンをいくつかに分け、それぞれに計算を行う。それが難しければ、例えば数パターンについて計算した時、予測がどのくらいばらつくかについて検討いただくと、実際に使えるのではないか。
- ・今ご指摘のことについては、イメージとしてはP.19~20。どのくらいあるのかは、すぐには把握できない。
- ・逆にそっちの精度が上がってくると、予測に使えるということがあるので、1~2日のうちにそのようなデータが情報として随時発表されると、もっと良い精度に変わっていくのではないかと。理想は高いのだが、例えば新燃岳では、これ以上大きな石はもう落下しない、などの情報が結構早い段階で出れば、それは非常に重要な情報だと思う。
- ・今検討している様な予報や警報を発表すると、実際の観測と検証を行い改善するために、自治体などの協力を求める事になる。そのような中で、今鍵山委員が言われた事なども出来るのではないかと。すぐに実用化とはいかないが、これまでの懸案事項に対して改良いただき、世間の評価も聞かなくてはならない。
- ・次の地震・火山噴火研究計画の中に入れていただければと思う。

(4) 噴煙の高さの即時的な把握手法について

- ・3-3資料と参考資料の説明。
- ・P.11のJohnson(2003)という式があるが、現在検討していることにこの式を適応する場合、プラスの定数項がないとまずいのではないかと。
- ・細かいところは考慮していない。定数項もあるかもしれないが、全体的なレベルを見るときにはあまり関係がないと考えている。
- ・その上のLighthillの式は理解できる。つまりfluxの揺らぎが音圧として出ることだが、その揺らぎを積分してもfluxは出てこず、定数項が出てくるはず。Johnson(2003)

は爆発的噴火の時に適応可能であるとしているので、 $E=0$ の時は flux も0であり、従って定数項は無視している。噴煙の時に使うと、定数項がかかってきて、定数項が全然評価されないで、そのまま使っているのではないかと思ったが。

- ・実はその懸念もある。本検討では連続的な monopole のソースを想定しているの、積分をするとゼロに近くなる。そこでここでは、負の部分は噴出に寄与してないと考え計算から外し、正の値の部分だけを使って積分をしている。メカニズムは不明だが、振動部分から算出した flux が結果的にこれだけ観測値とあうといことは、定常流部分と振動部分が何らかの比例関係を持っているものと思われる。
- ・たぶんそれで良いと思う。この式でいくと音圧の項が入っているので、音圧が大きいときは flux も大きいので、そのことを加えておくべきで、今のままでは誤りである。
- ・修正する。
- ・P.4の空振データについて、相関があるように見えるが実際は3つのグループに分かれている。これは地震データでも同様であり、相関係数として強引に求めるのは間違えではないか。

また、この手法で適用可能なのは、体積変化や震動現象が全て噴煙の上昇に関わっていくという時だけであって、いくつか噴火のパターンで分けないと難しいのではないか。

- ・ご指摘の通りである。実は、一番右側の端を見ていただくと、おそらく継続的なものについてはそのピークをみるにおいて、一番右側のところに線を引くというかたちでほんとは見られるのかもしれない。それぞれの時間経過についてはまさにばらつきがあるので、最終的には、噴火事例でもう少し分類して、単発の噴火についても整理したい。
- ・時間的に遅れが出るべきか。
- ・そうだと思っている。

地震データについては、比較的良くあっていると思われるが、ある程度噴火が継続している部分についてはもう整理が必要かもしれない。

- ・地震関係のデータを見ると、観測と解析で時間のずれがあるように見えるが、レーダによる噴煙の高さの把握のタイミングはどのようなものか。
- ・噴煙の高さを得るため、気象レーダーのボリュームスキャンで噴煙全体を観測し、5分後あるいは10分後に値を出力している。地震や空振などの解析結果も全ての前5分のデータで処理してプロットしているので、時間的には一応合っている。
- ・いずれも前5分のデータを使用しているということか。
- ・その通りである。ただ、flux のピークと噴煙高度のピークには、普通に考えても時間遅れが生じるはずと思うが、この検討で扱った5分、10分のレーダーの時間分解能ではそこまで議論できないと思う。
- ・データのピークがどう変わるかについて、空振、地震及び傾斜データを使って検証したい。ピークをみるという意味ではおおむね問題ないかと思うが、もう少し整理する。検

証する資料がなかなかないので、良い資料などがあつたらご教示いただきたい。

- ・(参考資料の) 三宅島について、スケールは新燃岳と同じにしてあるのか。空振と噴煙高度は時間的に対比が出来るようになっているのか。
- ・両者は比較的良く合うように適当に係数を合わせて示してある。また、配付資料にはないが、同じ手法で作った別の火山噴火を解析した資料もあるので、ディスプレイで報告する。

(2000年8月18日三宅島噴火の資料を前に掲示)

注目している点は、18時頃いったん噴煙高度が足踏みする時間帯がある。その時刻は、地震も空振も18時少し前にピークがあつたあと振幅が小さくなって再び増大していることを反映しているものと考えられ、このように短い時間帯で合うところもある。しかし、噴煙の高さ把握はそう簡単ではないので、単独の観測種目によるのではなく、複数の観測種目をを用いて総合的に検討していきたい。

- ・三宅島では、8月29日は火山性微動のみであるが、10日や18日はカルデラの中で地震が連続しておきているので機械的に計算するのは良くない。空振データでは、3観測点での空振の値から概ね1万メートルぐらいと推定されるが、実際は1万4千メートルで観測されている。新燃岳の地震・空振レベルは三宅島の2分の1か3分の2程度なので、大体合っていると思う。
- ・2000年の三宅島噴火は準ブリニー式ではなくマグマ水蒸気爆発である。つまり純粋なマグマ噴火と活動が違うので、同じケースとして比較する事はできない。火口ができてからの噴火を見ているのか、火口ができるときの噴火を見ているのかでも、やはり評価の仕方が違うはず。なお、写真の下の噴出量の単位は修正すべき。
- ・修正する。
- ・最後の説明で、やはり単発の噴火予測は難しいという話があつたが、他の火山についても手をつけて欲しい。桜島の場合は鹿児島地方気象台が噴煙高度をずっと観測しており、圧倒的多数の事例を持っているが、そういうデータを活用できないか。新燃岳や三宅島などを合わせても特殊事例を見ているだけに過ぎないのではないかと言う気がする。
- ・爆発現象について、例えば空振と最大振幅の相関をもみてもはっきりした関係はない。唯一、噴煙高度と震動継続時間にはおぼろげながら相関がある。おそらくうまくいかない原因の一つは、空振のソース、地震のソース、噴出形態、噴火場所、時間が違ったりすることが原因と思われる。爆発地震のエネルギーあるいはマグニチュードが求めることができれば興味深いですが、これまでの研究からすると関係の見えるものは限られて、どのデータを使用すればよいか絞込みができるような気がする。
- ・今までの研究自体が、突っこみが甘いと考える。これまでに圧倒的に多いデータ量があり、特に桜島などは噴石でフロントガラスが割れるという事は過去にいくらかでもあつたことで、この前の資料3-2の噴煙高度の予測というのは正に直接関わってくる問題である。是非検討をお願いしたい。

- 例えば、空振の継続時間は観測していない。
 - 資料はあるようなので整理を試みる。問題は、時系列でしっかりしたデータがあるかどうかである。どこまで過去に戻ることが可能か、ということもあるので、桜島について現在我々の持っているデータですぐできるかどうか、もう少し整理が必要である。
 - 現在の昭和火口の噴火は規模が小さく、南岳山頂噴火のデータをみた方が良い。昨年7月の南岳山頂噴火は噴煙量が多かった。当時気象庁は噴煙高度を発表できなかったのもう一度検証してほしい。
 - 爆発的噴火の場合、噴火が継続し噴煙を維持する成長させるものに作用するものかどうか、あるいはただ流れるだけなのか、そのあたり微妙ないろいろな影響が関係している。
 - 空振に関して、爆発的に立ち上がって後静かになる場合と、噴火が継続して中程度の振幅が続くという両者の評価を判別したあとで相関をとれば、噴火様式と評価の整合がとれると思われる。
 - 速やかに整理したい。
 - 長時間ありがとうございました。これまでの検討結果のうち、空振計や地震計などを用いた噴煙高度の推定については、まだまだ検討が必要であると思われるが、それ以外については概ね一定の結果が出たと考える。検討結果は来年度報告書のかたちでまとめたいが、まとめ方については石原座長と相談して決めたい。
- これで第15回火山活動評価検討会を終了する。次回については事務局からお知らせするのでよろしく願います。本日はありがとうございました。