

桜島噴火の空振と鳴動

安井 豊*

空振

今回の桜島火山の活動に際し今までに約10回の空振が観測員により体感され、又数多くの空振が自記微分気圧計に記録された。桜島火山周辺の島内ではさらに数多くの空振があったことが報告され、村人の伝える「島内有感地震」の多く、おそらくは最初の10月13日のを除く全部が空振の誤認であることが地震を体感したという人々に当時の模様を聴取することにより判明した。

鹿児島における爆発音の有無と体感空振の有無とは必ずしも一致しておらず、回数としては前者の方がやや少ないが、これは日中においては爆発音が周囲の雑音にまぎれて聴きとりがたいに反し、空振は窓硝子の振動に現われるため、看過されがたいことによるのであろう。

多量の噴煙が出たとて空振があるとは限らない。しかし鹿児島島のウーヘルト地震計に数十 μ の爆発地震を示すような爆発の多くには空振が記録されており、逆に鹿児島島のウーヘルト地震計に極微の地震記録しかないにもかかわらずかなりの強さの空振が記録されているのはただ1例に過ぎない。

鹿児島の自記微分気圧計の自記紙の送りは毎分1mmであるため、空振による変位を詳細に記録することはできないが、記象はすべて起点から上下に振動して復旧する1本の線分となっており、その継続時間はながくとも5秒以内である。その間に何回振動したかはわからないが、記象の濃度からみてベンが多数回往復したとはみえず、おそらくは多くて数回の振動に過ぎぬと思われる。ただし微分気圧計の性能上、実際の空気振動が数回しかなかったとは断定できぬが、一方空振時の窓硝子の振動を観察しているとやはり1~3秒ぐらいの間に数十回、毎秒10回ぐらいの窓硝子の鳴りがきこえるが、これとて窓硝子の共鳴振動を考えれば、窓硝子の振動回数が空気振動回数と一致するものとも思えぬ。しかし何れにせよ、空振は短時間で終り、その振動数は音の振動数よりも小であることは推定できる。浅間山空振の例からみて1~2秒に1回の割合で、2、3回の振動があったとみるのが至当であろう。

微分気圧計の記象はすべて上下対称ではなく、正圧方への変位が負圧方への変位より大きい、平均して大体3:2ぐらいである。総変位の最大は今まで(昭和31年2月~11月)のものでは0.3mb、正圧方への最大は0.2mb弱であり、窓硝子の振動等により空振が観測されたものでは総変位が0.15mb以上、正圧方への変位が0.1mb以

上であった。

鹿児島地方気象台の自記微分気圧計ではこのような短週期の気圧振動の自記紙上の変位(mb)は微分値ではなく、実際の気圧振動振幅を示すものとみてよい。

空振の伝播速度は地震計記象中に混じている空振波を識別することにより、その大体が計測できる。浅間山においては空振の伝播速度は340~344m/sと見積られている。(1)桜島火山については野田技官の計測によれば、火口より10km距離の鹿児島地方気象台への平均伝播速度は昭和30年10月13日の分では336m/s、昭和31年10月22日21時26分の方では354m/s、10月23日01時18分の方では342m/s、10月30日15時00分の方では362m/sとなり、何れもその時の音速よりはやや大きかった。しかしこれらはP波の走時を和達、鷺坂、品田の表により10kmで2.8秒としたので、実際には2.8秒よりは長いと考えられるし、又地震記象のP波の立上り微小のための見逃しを考えれば伝播速度はこの値よりも少くなるが、一方気圧波の経路⁽²⁾を考えると実際の伝播速度は以上のような直距離で測ったものよりはやや大きいであろう。何れにしても音速に近い値になるようである。

次に松沢先生が大森先生の浅間山の空振記録を整理された例⁽³⁾にならって、鹿児島における空振記録とその時の爆発初速の関係を調べてみた。

爆発火口と鹿児島地方気象台との距離を、 L 、火口の半径を l (但し、 $L \gg l$)、波の伝播速度を C 、火口からの上向きの空気運動の速度を $V(x, y, t)$ とし、さらに鹿児島における速度ポテンシャルを ϕ 、その時の気圧変位を P とすれば

$$\phi = - \int_0^t P dt$$

$$\phi = - \frac{1}{2\pi} \iint V \left\{ \left(t - \frac{L}{C} \right), x, y \right\} \frac{ds}{L} \doteq - \frac{1}{2\pi} \cdot \frac{\pi l^2}{L} V \left(t - \frac{L}{C} \right)$$

ただし積分は ds なる面積素分を全火口にわたって行う。この ϕ の値は前述の如く鹿児島の微分気圧計が早廻しでないために正確には知りえないが、浅間山の例からみて P の最大が0.2mbの時の ϕ の最大値も200cmとして大きな差はないようである。したがって

$$L = 10 \times 10^5 \text{ cm の時,}$$

$$V \text{ の最大値は } V = 10 \times 10^5 / l^2 \times 400 \text{ cm/s}$$

$$\text{これは } l = 10^3 \text{ cm で } V \doteq 4 \text{ m/s}$$

$$l = 2 \times 10^2 \text{ cm で } V \doteq 100 \text{ m/s}$$

* 鹿児島地方気象台—1957年1月7日受理—

なることを示す、勿論以上の計算には多くの仮定を含み、又火口からの気圧波は1度200m高の火口壁を越えて伝播するなどの関係もあって正確ではないが、かかる空振時の際の噴石の落下点の観測からして噴出初速が100m/s内外なることは確認できたのであるから、爆発火口は案外に小さなもの、おそらくは直径5m内外であろうと考えられる。我々は数多くの空中観測から火口底は直径約30mの磨鉢型としてきたが、遺憾ながら実際の爆発瞬間の火口を見ていない。しかし以上の如き論点から実際の爆発火口は小さなものであり、爆発後の火口観察の結果からしておそらく火口底の中心とそのやや北西寄り、南東寄りの3点にあるものと思える。さらに以上の結果から昭和30年10月13日の第1回爆発時の爆発火口も大きなものではなかったと考えられる。当時はまだ自記微分気圧計が配分されていなかったため鹿児島における気圧変動量は正確には知りえないが、自記気圧計記録からみてその変動量が1mb以上であったとは考えられない。一方その時の爆発初速が100m/s以上であったことは確認されているから、この時の爆発火口も大体直径10mぐらいのものであったろうと推定される。

噴石落下地点から計算した同じ程度の爆発初速に対し近來の空振が比較的大きいところからみて、火口は少しづつ大きく拡がりつつあるのではないかと考えられる。

村内必典氏は明神礁噴火活動について爆発源との距離 L なる地点の水面波高を H とすると、 $HL = \text{const.}$ なる関係のあることを利用された⁽⁴⁾。一方松沢先生の用いられた式は変形して $-L\phi = (\frac{3}{2})I^2V$ であり、ある面積よりある速度で爆発が生ずる際の気圧波高は近似的に距離に逆比例することを示しているのであるから、同一火口における異規模の爆発エネルギー、 W_1, W_2 と定地点での気圧波高 H_1, H_2 の間には村内氏の場合と同じように

$H_1/H_2 = (W_1/W_2)^{\frac{1}{6}}$ なる関係が成立してよいであろう。しかりとすれば $H_1 = 0.2\text{mb}$ 、 $H_2 = 0.1\text{mb}$ なる場合は $W_1 = 64W_2$ となり、この場合は爆発規模の観測からみてあまりにも過大であるから、桜島の噴火においては次第に爆発火口が拡がりつつあるとする方が妥当だと考えられる。

鳴動

今回の噴火においては数多くの鳴動が村人達によって報告されたが、その中にはジェット機の爆音、(黒神、有村方面からすれば)山の向側の鹿児島駅における操車音、悪天候時の爆発音と雷声の誤認等が多く混入し、確実に鳴動と認められる報告及び我々による鳴動の観測は比較的すくなかった。

鳴動は噴煙噴出に直結している。鳴動が数分隔きに発生した昭和31年4月5日にA火口の東方水平距離1.5km、海拔400mの点で我々が観測した時は平均して強い鳴動では開始後40~45秒、弱い鳴動では45~55秒でA火口よ

りの噴煙が火口壁を越えてあがるのが望みされ、六体鳴動が強ければ噴煙も強く、鳴動が弱ければ噴煙も弱勢であり、又強い鳴動は20秒ぐらい続き、弱い鳴動は5~10秒ぐらいしか続かないこと等が判明した。音を遠くを列車が走るが如く「ガジャガジャガジャ」のように聴かれたが、録音装置がないので、音の振動数を測定することはできなかった。さらに鳴動の中、強いものは地動として袴腰の石本式速度計に記象されていたが何れも最大振幅0.3 μ 、週期0.4秒ぐらい、継続時間40秒前後のものであり、その形は爆発に伴う火山性地震と異り相のみえない正弦波形を示していた。

鳴動は狭い火道でガスを上昇する時管壁に生ずる振動が地動として管口に達し、管口での地動が空気を振動せしめて生ぜしめるのであろうと考えられる。時間的に明らかに爆発音ではない。すなわち火口から観測点までの音響伝播所要時間(5秒ぐらい)と振動が火道を伝わる時間(これはごく短かくおそらく1秒以内)を無視すれば、鳴動が始まった時刻すなわちガス塊の上昇開始時とみられる。観測点で噴煙の先端が見えるのはA火口から噴煙が約200m上昇してからであり、この間噴石は全然認められず、測定した火口壁上の噴煙の上昇速度はいずれも5m/s前後であった。一方火口から1.5kmの距離の観測点で空振は人体には全然感じられず、これは前述の如き空振の式からみて火口から噴出する速度が10m/s以下なることを示すのであるから、平均して200mの上昇するのに

$$200 \div \frac{1}{2}(5+10) = 30\text{秒}$$

を要することとなり、音響の空中伝播時間5秒を加算して大体鳴動が始ってから火口にガス塊が上昇するに強い鳴動で15~20秒を要することとなる。火道内の上昇速度は火口よりの噴出速度よりやや大きいであろうが、これを15m/sとすると管長は15m \times 15又は20、すなわち2、300mとなり、そのあたりに爆発源があったとして大過あるまい。噴煙が弱い時は噴出速度が小さい時であるから、ガス塊の管内経過時間も長く、又火口から200mを上昇するにも余分の時間がかかる為、鳴動を聴いてから噴煙の認められるまでの時間が長くかかるのも当然であろうし、又弱い噴煙では管のごく下端のみで管口で鳴動を誘発するような大加速度の地動を起しうるのであろうから、鳴動の継続時間が強い噴煙時より短いのも当然であろう。

5月になってからは鳴動は微弱となり、回数も減少してきたが、その鳴動がきかれてから噴煙が見えるまでの時間差はいちぢるしく短くなり、大約20秒ぐらいとなった。これは熔岩頭が4月よりも上昇したのと活動が活潑になったためと思われる。

鳴動は火口が開いている時に生ずるものと考えられる、これに反し地鳴りは火口がつかまっている時に生ずるものであり、火山性地震に伴うものであろうと考えられ

るが⁽⁵⁾、まだ両者の区別は今回の噴火においては確認されていない。

爆発音

噴火時の爆発音の伝播についてはその時の高層気象より計算した値と、実際に報告された内聴域外聴域とがかなりよく一致することは既に報告した⁽⁶⁾。

爆発音を火口より1, 2 km の近距離で聴くと、短時間の爆発音の後に引続いて数回、数十回の「ザッザッ」又は「ザー」という弱い音がすることが多い。これは爆発により開口した後をやや強い噴煙が上昇する場合に生ずる前述の鳴動現象であると解される。

なお昭和31年1月25日には昭和火口の下方で、2月20日には中岳西方斜面で共に火口より1 km ぐらい離れた地点において、かなりの爆発の中間に、すなわち前の爆発のすぐ後か、次の爆発のすぐ前かに鋭く「カラカラカン」と響く、まるで2箇の金属塊を強く打ち合わせたような音が数回断続して聴かれた。音のする方向は空中よりでなく、地肌の向うですが如くであり、又かなりの反響を伴うものの如く感じられた。この音が何であったかは今日になってもわからないが、所謂「構造線」に

沿う地帯で聴いたことでもあり、あるいは地下空所内への岩漿またはガス塊の進入による音であるか、あるいは地下空所内で岩盤破壊が生じたための音かもしれない。単に爆発により南岳火口壁が崩れて、岩塊が底に転落しただけではあのような反響音を伴った高調子の音は生じないものと考えられる。

文 献

1. 福島孝治, 他, 1929: “昭和4年9月18日の浅間火山 II,” 地震 1,
2. 安井 豊, : “桜島噴火と異常聴域” 天気, 3,
3. 松沢武雄, : “或浅間噴火の圧力の波” 地震, 6,
4. 村内必典, : “昭和27年9月の明神礁噴火活動について” 地震 II, 5,
5. 永田武, 他, : “桜島噴火に伴う音響微動観測結果” 地震研究所彙報24号,
6. 安井 豊, : “桜島噴火と異常聴域” 天気, 3,

書 評

山 地 地 理 学

R・ビティ著 奥田彥・上野福男訳
農林協会 1955年12月刊, A 4 278頁 350円

ビティの Mountain Geography (1936) は、地理学においては知らぬ人もない名著である。ところが残念なことに、昨今は絶版で、古本として手に入りにくいことでも有名であった。この書を訳本として、わが国にえたことは限りない喜びである。

最近、山地における降水量、気温の問題は水理気象の面で脚光をあびているが、これが第1章、第2章をなし、風・日射などがそれに次いで述べられ、植物・耕作限界・森林などが詳述されている。社会経済的な面では放牧地・土地利用・人口・政治問題・生活などが述べられている。

山地のとくに気候条件の分析は、いまから20年も以前ではあるが非常に深い。おそらく山岳気候をまとめて論じたものとしては唯一の書ではなからうか。また、総合開発や、高冷地開発に関する諸問題を取り扱うにも、大層役にたつと考えられる。例はアルプスから求められていても、わが国の山地と別の山地について、決して論じているのではないことが、読むにつれ明瞭となる。山岳気象に関心をもつ研究者・役人・登山家すべて一書をそなえて、損はしないであろう。(吉野正敏)

吉田順五著 雪の一生

B 6 64頁 (楡書房) 1957 年 2 月 150 円

本書は北方文化写真シリーズの一つである、表題でわ
1957年6月

かるように、雪の結晶の出来方、積雪の粒子の変化、スキーの科学などを中心として、写真により解説したものである。岩波の写真文庫とよく以ているが、カバーには天然写真で積雪の断面図が入れてあり美しい。

著者は北大、低温科学研究所の所長であり、さすがにみごとな写真が沢山に挿入されている。多くの解説と図が入っており、雪に関する一通りの科学が平意にとかれている。一般の人が読んでも、眺めても楽しい本、否写真帳である。

肥沼寛一著 火災の日本

B 6 169頁 (地人書館) 1957 年 2 月 200 円

本書はいろいろの角度から日本の火災にメスを入れたものである。序論、日本の火災の実体、火事はなぜ起るか、燃焼の条件、日本の気象、火災と気象、火災と季節、大火と気象、火災の長期変動、火災の対策の十章よりなる縦組になっており、おそらく一般の教養書のつもりで書かれたのであろうが、一読した感じでは気象界ばかりでなく、消防関係の技術者にもよい参考となるものである。文献が省略されているのはそれだけおしまれる。文献、資料の所在をあげておいたならば後進の研究に非常に役に立ち、学術書としての価値をより高めたであろう。

ともあれ、予報部長といういそがしい管理職にありながら、よくこれだけまとめられたものだと感心させられる著書である。火災に関する著書も多くあるが、一冊でこのように各方面から眺めたものは少ない、図、表も豊富に入っている。(高橋浩一郎)