

東アフリカ地溝帯 Virunga 火山地域における比抵抗観測

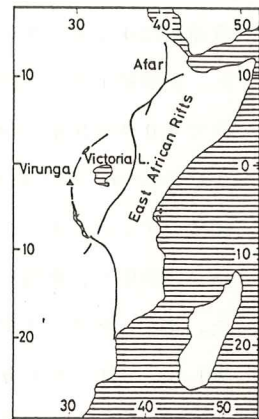
東北大学理学部 三品 正明

村上 栄寿

弘前大学理学部 田中 和夫

1. はじめに

アフリカ大陸東部を南北に走る東アフリカ地溝帯は、中央部で Victoria 湖を囲むように東西2つの地溝に分かれている。Virunga 火山地域は西部地溝の中央部に発達した火山群で、大小8つの火山体からなる。Nyiragongo 火山と Nyamuragira 火山とは、これらの火山群の中で現在最も活発な活動を続けている火山である(第1図)。Nyiragongo 火山は山頂火口に溶岩湖を有することで良く知られていて、1977年の噴火により一時消失した溶岩湖が1982年に再び生成した^{1,3)}。また、Nyamuragira 火山では、1938年以後に10回の側噴火が記録されている^{2,3)} 第2図にこれらの位置を示した。破線は、Nyiragongo 山頂火口と2つの側火口及び Nyamuragira 山頂火口を表わし、▲印は1938年以後の噴火地点である(1977年 Nyiragongo の山腹割れ目噴火を除く)。また、点を施した部分は地溝活動以前の古い地層の分布する地域であり、その他白い部分は第四紀以後の火山岩の分布する地域である。



第1図 東アフリカ地溝帯と Virunga 火山地域の位置

文部省科学研究費(海外学術調査)の交付を受けて実施されたこれら2つの火山の地球物理学的調査研究は、昭和52・54・56年度の3回に渡って現地調査が行われた。この調査研究は地震・測地測量・地球電磁気・重力等種々の項目について観測が実施され、その報告は Hamaguchi ed.³⁾の“Volcanoes Nyiragongo and Nyamuragira: Geophysical Aspects”にまとめられている。地球電磁気学的な調査では、プロトン磁力計による磁気測量と、ULF帯域のMT法による比抵抗観測とが実施された。ここでは後者の結果について報告する。

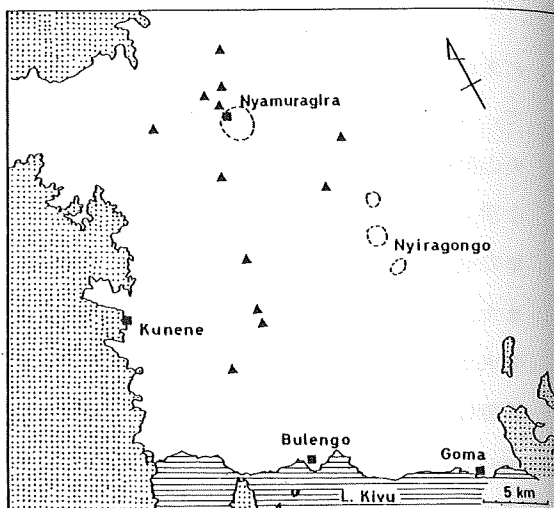
2. 観測及びデータ処理

観測装置は徒歩による移動が可能に大きさに制限されたので、磁場1成分と地電流1成分のみの観測を行い、2成分の記録計1台で記録するシステムを採用した。磁力計は自作の誘導磁

力計で、センサーは長さ50cmのパーマロイ積層コアに、110,000回巻きのコイルを組合わせてあり、周期20秒での増幅器を含めた感度は0.012 nT/sec/mVである。地電流観測は炭素棒電極を用い、電池により自然電位を打消して記録計に直接入力して記録した。使用した記録計は東亜電波工業製EPR-200Aである。

観測は、西部地溝の東西の縁の Goma 及び Kunene, 中心部の Bulengo 及び Nyamuragira の4ヶ所で行われた(第2図■印)。この地溝の走向がほぼ南北方向であること

から、それぞれの観測点で磁場を磁気的な南北方向、地電流を東西方向とする直交方向で測定した。電極間隔は Goma では50m, 他では100mとした。記録紙速度は40又は80mm/分で記録された。記録紙上での分解能は磁場は周期20秒で0.0005 nT/mm, 電場は15~30 μV/km/mmである。それぞれの記録は、ディジタイザーにより0.5~1.0mm毎に読取り、補間により毎秒値を求めた。使用したデータ長はS/N比等を考慮して、21~60分間である。



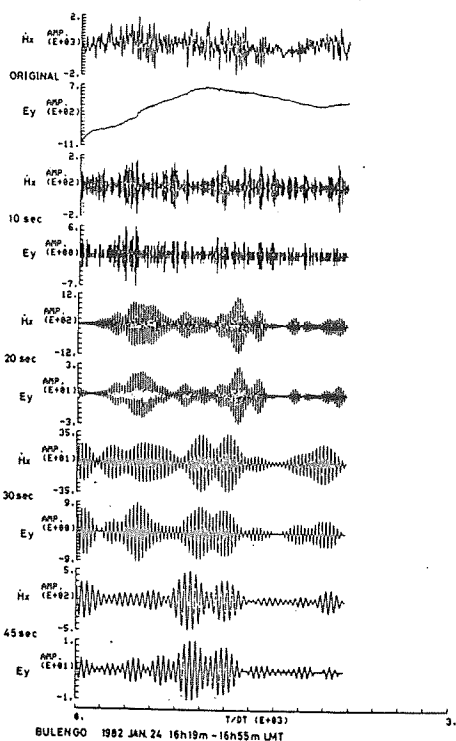
第2図 観測地域の地質・火山活動の分布と観測点の位置

電場・磁場各1成分のみの観測値しかないので、ここでは Cagniard⁴⁾の式

$$\rho_a = 0.2T \cdot (E_y / H_x)^2$$

に基いてみかけ比抵抗のみを求めた。ここに、 ρ_a はみかけ比抵抗 ($\Omega \cdot m$), T は周期 (秒), E_y は電場 (mV/km), H_x は磁場 (nT) である。

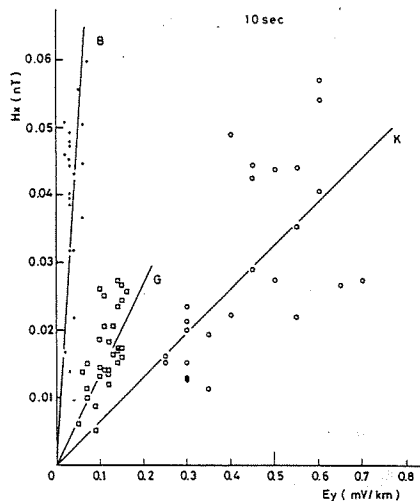
前述の手続きを経たデータを、中心周期が10, 20, 30, 45秒のデジタル・フィルターを通し、お互いの位相の対応の良い部分のみを使ってその振巾比を求めた。第3図に原記録とフィルターを通した後の記録例を示す。たて軸はそれぞれの振巾に合わせた相対的なものである。



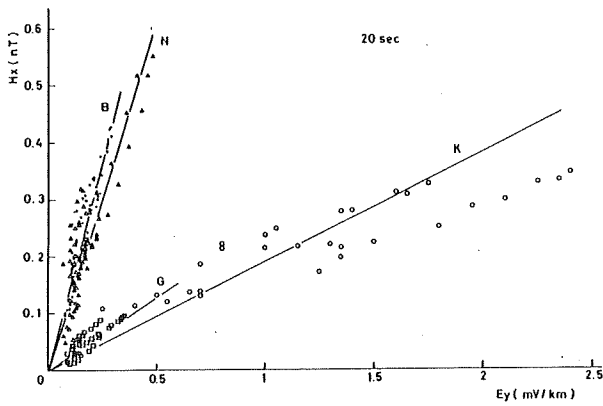
第3図 原記録及びフィルターを通した記録の例

3. 結 果

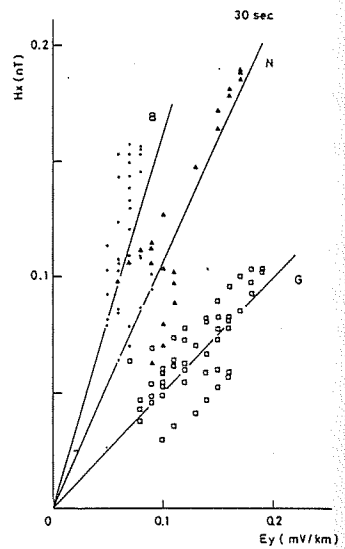
第4図(a)-(c)は、このようにして各周期で得られたE/H振巾比をプロットしたものである。各観測点での平均値をそれぞれ頭文字をつけた直線で示した。Nyamuragira 観測点での周期10秒及びKunene観測点での周期30秒では、解析に使えるような位相の対応の良い記録が得られなかったため、図(a)及び(c)には示されていない。この振巾比からそれぞれの周期で得られたみかけ比抵抗を第1表及び第5図に示した。第5図にはそれぞれの標準偏差も合わせて示してある。得られた結果は、地溝の中心部にある Bulengo



第4図 Ey-Hx関係図 (a)周期10秒



第4図 (b) 周期 20 秒



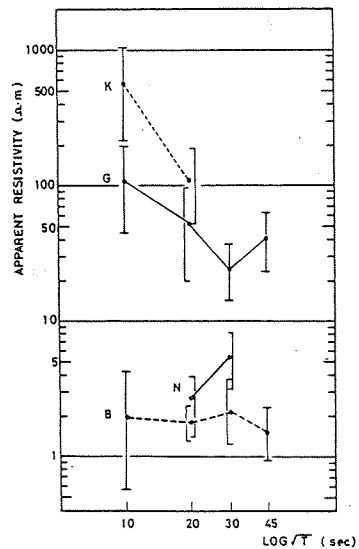
第4図 (c) 周期 30 秒

第1表 みかけ比抵抗

PERIOD (SEC)	APPARENT RESISTIVITY (Ωm)			
	NYAMURAGIRA	GOMA	KUNENE	BULENGO
10	—	108	566	2.0
20	2.7	51	107	1.8
30	5.4	24	—	2.3
45	—	41	—	1.6

及び Nyamuragira ではみかけ比抵抗が数 $\Omega \cdot m$ であるのに対し、地溝縁部の Kunene 及び Goma でのそれは周期 10 秒で 100 ~ 500 $\Omega \cdot m$ 、20 秒で 50 ~ 100 $\Omega \cdot m$ であり、10 倍以上の違いがあることを示している。

Bulengo の場合でみると、2 $\Omega \cdot m$ の層が 1 層だけならば、周期 10 秒の変化に対する skin depth は Cagniard⁴⁾ 式によれば高々数 km である。また、表層に 1 k $\Omega \cdot m$ の低比抵抗層という 2 層構造の場合、周期 10 秒でのみかけ比抵抗が数 $\Omega \cdot m$ になるためには、表面の高比



第5図 $\rho_a - T$ 曲線。

K:Kunene G:Goma
N:Nyamuragira B:Bulengo

抵抗層の厚さは高々数100 m程度でしかない。火山体上にある Nyamuragira 観測点はもちろん、近年の火山活動域の分布を考慮すれば、Bulengo 観測点もその地下に高温物質の存在が期待される地域に位置している。従って、ここで観測された低比抵抗層は高温起源のものでと考えて良からう。観測点数は少ないが、地溝底部(中心部)には、高温物質が広く存在するものと考えられる。

地溝縁部では、構造に起因する横方向の不均質が大きいものと考えられるので、Cagniardの式を適用することは妥当ではないが、近似的な値を与えるものとしてそれによって計算してみると、第2層に数 $Q \cdot m$ の低比抵抗層があると仮定しても、周期10~20秒でのみかけ比抵抗を説明するためには、表層の厚さは10 km以上あるものと推定される。これらの結果から、地溝内外の比抵抗の違いが明確なものであり、地溝内では数100 m程度の深さから高温になっているものと推定される。

地溝内での低比抵抗層の存在は、東アフリカ地溝帯の東部地溝に属するケニア・リフトやアイスランドなどで報告されている。前者では、地磁気変化の変換関数や誘導電流の研究から、地溝内に高伝導層が存在するものと推定されている。^{5,6)} 一方、アイスランドではMT法による観測から、地溝下部に低比抵抗層の存在が推定されている。⁷⁾

テクトニクスからは、今回の調査域もアイスランドやケニア・リフトと同様な成因による地溝帯の中にあり、低比抵抗層の存在もまた共通するものと考えられる。

追記 この研究は文部省科学研究費(海外学術調査)「Nyiragongo・Nyamuragira 火山の地球物理学的調査研究」の一環として実施された。ここに研究代表者浜口博之博士初め、現地での観測に種々御協力戴いた研究分担者笠原 稔及び植木貞人の両氏並びに Institut de Recherche Scientifique, Rep. du Zaïre の研究者 N. Zana (分担者), K. Sawasawa, 堀内茂木の各氏に深く感謝致します。また、この研究に参加する機会を与えて戴いた東北大学高木章教授に感謝致します。

参 考 文 献

- 1) SEAN Bull. Vol. 17, No. 7, 1982.
- 2) 浜口博之, ニイラゴンゴ・ニアムラギラ火山の火山性地震と微動について, アフリカ研究, 17, 74-85, 1978.
- 3) H. Hamaguchi ed., Volcanoes Nyiragongo and Nyamuragira: Geophysical Aspects, Faculty of Science, Tohoku Univ., 1983.

- 4) L.Cagniard, Basic Theory of the Magneto-telluric Method of Geophysical Prospecting, *Geophysics*, 18, 605-635, 1953.
- 5) R.J.Banks and P.Otley, Geomagnetic Deep Sounding in and around the Kenya Rift Valley, *Geophys. J. R. astr. Soc.*, 36, 321-335, 1974.
- 6) D.Beamish, The Mapping of Induced Currents around the Kenya Rift : A Comparison of Techniques, *Geophys. J. R. astr. Soc.*, 50, 311-332, 1977.
- 7) M.Bebblo and A.Björnsson, A Model of Electrical Resistivity beneath NE-Iceland, Correlation with Temperature, *J. Geophys.*, 47, 184-190, 1980.