

変換関数法による全磁力地点差 (桜島・阿蘇)の補正について

加藤 誼 司

(1987年12月21日受付, 1988年1月4日改訂)

概 要

桜島, 阿蘇山は安山岩よりなり, 火山活動に伴う地磁気異常変化は, せいぜい数nTと考えられる. この様な微小な全磁力地点差の変動を把握するため, 外部擾乱磁場による全磁力地点差の変動を除去する必要がある. D.I補正を含んだ変換関数法による補正を行い, 短周期擾乱磁場, Sq磁場等の外部擾乱磁場による全磁力地点差の変動を, 約 $\frac{1}{3}$ に減少できた.

1, ま え が き

地磁気測所では, 地磁気観測による火山活動予知の基礎的研究を行うため, 1978年から桜島, 1979年から阿蘇山において, 地磁気による火山観測を始めた. 観測は2点での全磁力連続観測(桜島:白浜(SHI), 持木(MCH)阿蘇山:山麓(AHK), 山上(ASJ))と, 年2回実施の移動観測からなる. 地磁気観測の基準点である鹿屋からの距離は, 桜島で約50km, 阿蘇山で約350kmである(図1).

第二回桜島火山の集中総合観測報告, 第一回阿蘇山の集中総合観測報告では, 外部擾乱磁場による全磁力地点差の変動があることが報告されている. 例えば, 周期2時間程の外部擾乱磁場に対して, 桜島は鹿屋に比較して, 数%変化が小さく, また桜島島内の白浜, 持木の間でも差がある. 火山活動による地磁気異常変化を正確に把握するために, 様々な補正法を試みた. 第一回阿蘇山の集中総合観測報告, 加藤によると阿蘇地域においてはD.I補正により, 補正前にあった2~4 nTの日変化が, 補正後は0.2~0.4 nTになった. しかし阿蘇-鹿屋の全磁力地点差については, 赤道環電流によるDst磁場に起因する変動に対しては良く補正できたが, 短周期外部擾乱磁場に対しては不十分な結果であった. また, 桜島については, 重畳差法, D.I補正ともに殆んど効果がなかった(第3回桜島火山の集中総合観測). 第5回桜島火山の集中総合観測報告では, 変換関数法による補正を行い, 効果があることが判った.

一方, 日本活火山総覧によると, 桜島, 阿蘇山は安山岩よりなり(SiO₂の含有率:桜島52~54% 阿蘇山:57~67%), 玄武岩よりなる三宅島, 伊豆大島等の火山と比較して, 火山活動に伴う地磁気異常変化は小さいと考えられる. 火山活動による地磁気異常変化については, 加藤, 永野等により報告されているが, その一例を示す.

図2に, 阿蘇山で火山活動が活発であった1979年7月15日~28日, 8月24日~9月6日の山上-山麓の全磁力地点差と, 火山性微動の最大振幅とを示す. 全磁力地点差はD.I補

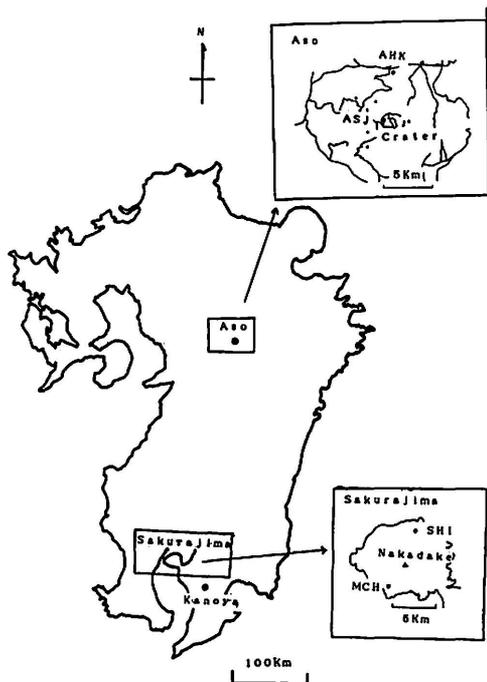


図1 測点の分布
 白浜：SHI 持木：MCH 山麓：AHK
 山上：ASJ

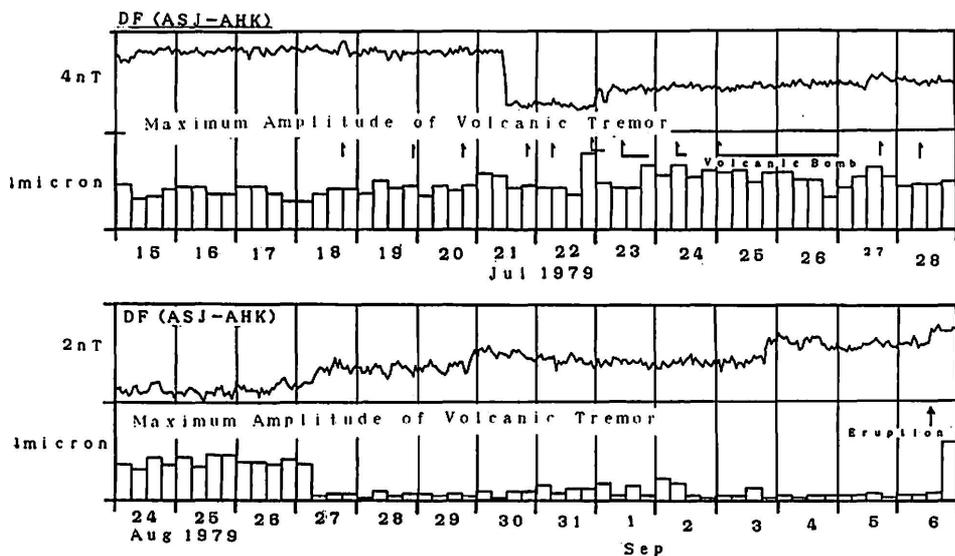


図2 D. I補正後の山上-山麓の全磁力地点差(毎時平均値)
 火山性微動の最大振幅は6時間毎の値である。矢印は噴火、噴石の放出を示す。

正後の値で、火山性微動は6時間毎の最大値である。火山活動の最も活発であった7月から8月にかけて1～2時間でドリフト状変化(例 7月21日)、この火山活動の期間中で最も大規模な噴火(9月6日)に伴ってギャップが、発生した。また、この噴火に先だって、火山性微動に異常変化があった8月27日、9月3日に山上-山麓の全磁力地点差に異常変化が発生した。定期火山情報9号(昭和54年)によると、阿蘇山は活発な火山活動をしていたが、台風等に伴った大雨による土砂の火道への流入のため、火道が閉塞され、火山性微動停止状態になった。閉塞に伴い火道内の圧力は増大したと考えられるが、火山性微動停止とほぼ同時に山上-山麓の全磁力地点差に異常増加が発生した。

以上、火山活動に伴ったと考えられる全磁力地点差の異常変化の例を示したが、異常変化量は0.5nT程度で、継続時間も短い。桜島、阿蘇山での地磁気観測による火山噴火予知のためには、日々の全磁力地点差の変化から、外部擾乱磁場による変動を除く事が必要で、そのためD.I補正を含んだ変換関数法による補正を行った。

2. 変換関数について

Kenneth等は全磁力地点差の補正に、Z成分も含んだ補正を行ったが、Z成分の基準点(鹿屋)と測点(桜島、阿蘇山)との差は、主に外部磁場の水平成分による誘導で、また水平成分の誘導部分も外部磁場の水平成分によるとし、水平成分(X, Y成分)のみを使った以下の式から、全磁力変換関数を求めた。

$$\Delta F(w) \cong AX(w) \cdot DX(w) + AY(w) \cdot DY(w) \quad (1)$$

w: 角周波数 AX(w), AY(w): X, Y成分の全磁力変換関数 $\Delta F(w)$, DX(w), DY(w): 全磁力地点差 $\Delta F(T)$, 鹿屋の地磁気X, Y成分DX(T), DY(T)のフーリエ変換

短周期部分(w=0.003/min以上)に対しては毎分値を、長周期部分(w≅0.003/min以下)に対しては、毎時平均値を使い、Power-Spectrum法を用いて変換関数を求めた(図3-1から図3-4)。

AX(w), AY(w)の実数部は4測点とも、周波数wに対する変化は、ほぼ同じ形をしている。AX(w)の実数部は全周波数領域で負で、w≅0.05に極小値(白浜:-0.12 持木:-0.10 山麓:-0.30 山上:-0.30)を持ち、周波数が低くなるにつれ、零に近づく。AY(w)の実数部はw≅0.03以下では負の値を持つ。w≅0.002に極小値(白浜:-0.03 持木:-0.03 山麓:-0.08 山上:-0.08)を持ち、周波数が低くなるとともに、零に近づく。

変換関数の虚数部については、桜島と阿蘇山では周波数に対して形が異なる。AX(w)の虚数部は白浜ではw≅0.003以上で正の値を持つ。持木では全周波数領域で負で、w≅0.003で極小値-0.03を持つ。山麓、山上は全周波数領域で負で、周波数が低くなると、零に近づく。AY(w)の虚数部は、白浜、持木ではw≅0.06以上で大きな負の値になっている。w≅0.06以下では、白浜は正で、w≅0.03で0.01の極大値を持つ。持木はw≅0.06以下では、ほぼ零である。一方、山麓、山上はw≅0.05以上で正で、w≅0.05以下では負であり、w≅0.002で極小値(山麓:-0.04 山上:-0.04)を持つ。

全磁力変換関数の測点による差は、桜島については第5回桜島火山の集中総合観測でのZ変換関数の結果と、阿蘇山については力武による九州地域のZ変換関数の分布と調和し

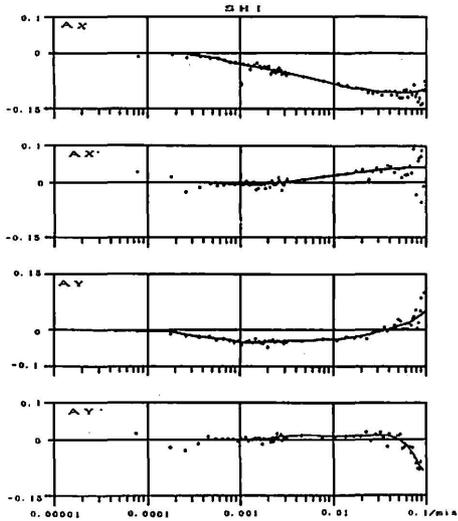


図3-1 白浜の全磁力変換関数
 黒丸：計算値 実線：近似式
 AX：X成分の全磁力変換関数の実数部
 AX*：X成分の全磁力変換関数の虚数部
 AY：Y成分の全磁力変換関数の実数部
 AY*：Y成分の全磁力変換関数の虚数部

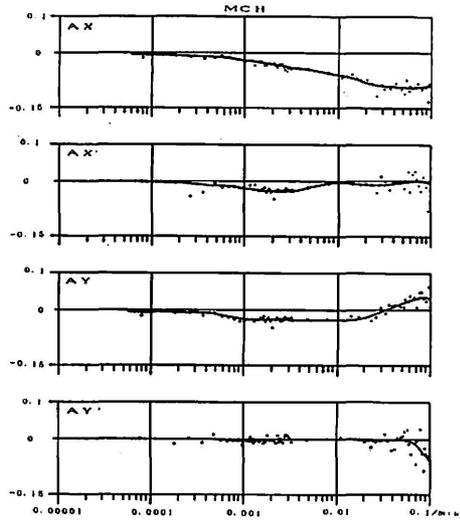


図3-2 持木の全磁力変換関数
 黒丸：計算値 実線：近似式
 AX：X成分の全磁力変換関数の実数部
 AX*：X成分の全磁力変換関数の虚数部
 AY：Y成分の全磁力変換関数の実数部
 AY*：Y成分の全磁力変換関数の虚数部

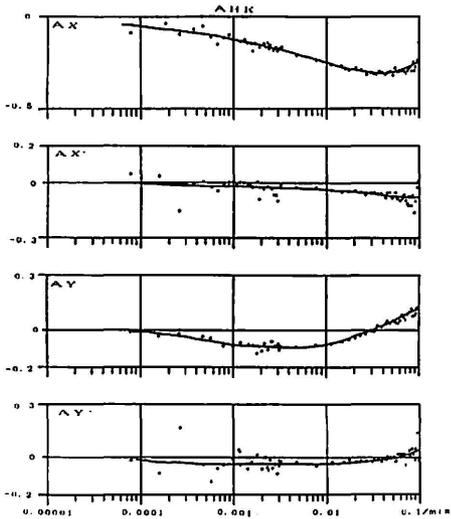


図3-3 山麓の全磁力変換関数
 黒丸：計算値 実線：近似式
 AX：X成分の全磁力変換関数の実数部
 AX*：X成分の全磁力変換関数の虚数部
 AY：Y成分の全磁力変換関数の実数部
 AY*：Y成分の全磁力変換関数の虚数部

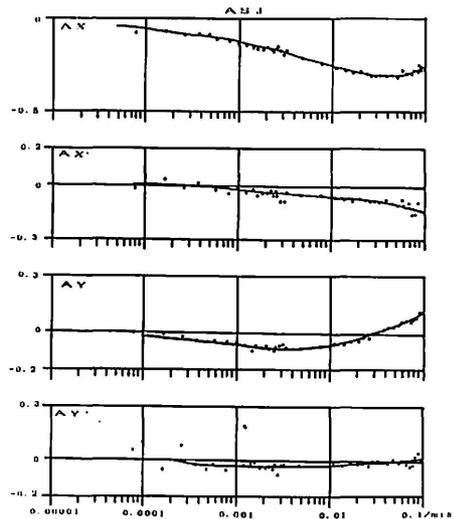


図3-4 山上の全磁力変換関数
 黒丸：計算値 実線：近似式
 AX：X成分の全磁力変換関数の実数部
 AX*：X成分の全磁力変換関数の虚数部
 AY：Y成分の全磁力変換関数の実数部
 AY*：Y成分の全磁力変換関数の虚数部

ている。全磁力変換関数の測点、周波数による変化は、主に九州地域の広域の地下電気構造を反映したものと考えられる。

3. 変換関数法による全磁力地点差の補正と結果について

(1)式から求めた変換関数をフーリエ逆変換して、補正関数 $ax(T)$ 、 $ay(T)$ を求めた。結果を $T=-60$ 分から $T=60$ 分の範囲について、図4-1から図4-4に示す。10分前後の範囲で比較的大きな値を持ち、山麓、山上では $ax(T)$ 、 $ay(T)$ ともに $T \cong 1$ 分にピークがある。白浜、持木では、 $ax(T)$ は $T \cong 1$ 分に、 $ay(T)$ は $T \cong 0.5$ 分にピークがある。

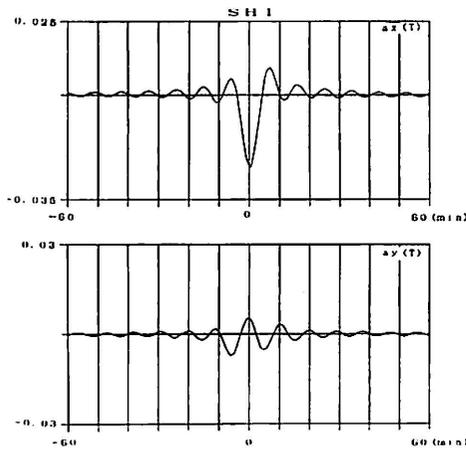


図4-1 白浜の補正関数
 $ax(T)$: X成分の補正関数,
 $ay(T)$: Y成分の補正関数

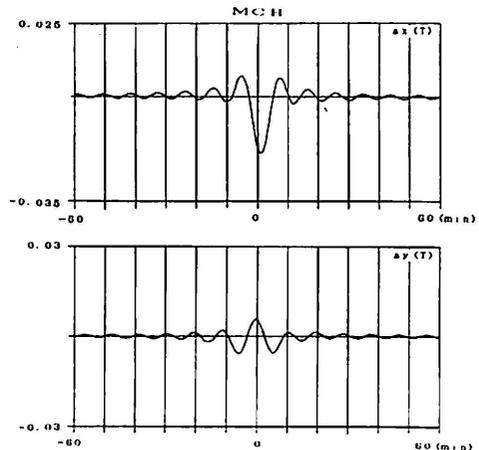


図4-2 持木の補正関数
 $ax(T)$: X成分の補正関数,
 $ay(T)$: Y成分の補正関数

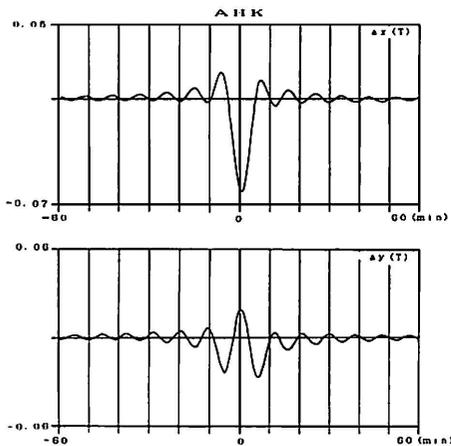


図4-3 山麓の補正関数
 $ax(T)$: X成分の補正関数,
 $ay(T)$: Y成分の補正関数

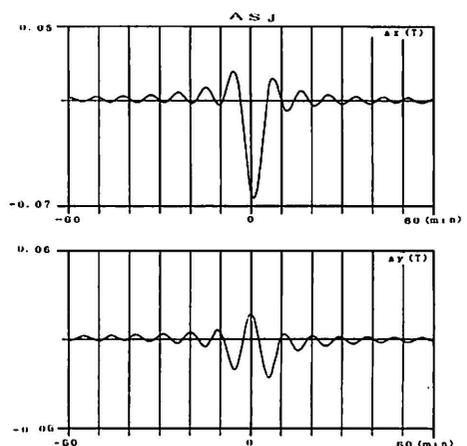


図4-4 山上の補正関数
 $ax(T)$: X成分の補正関数,
 $ay(T)$: Y成分の補正関数

補正には、D.I補正を含んだ以下の式を使った。

$$\Delta F_c(T) \cong \int_{-T}^T a_x(t-T) \cdot DX(t) dt + \int_{-T}^T a_y(t-T) \cdot DY(t) dt + DIX \cdot DX(T) + DIY \cdot DY(T) + DIZ \cdot DZ(T) \quad (2)$$

$\Delta F_c(T)$: 時刻Tの全磁力地点差の補正值

$a_x(T), a_y(T)$: X, Y成分の補正関数

$DX(T), DY(T), DZ(T)$: 鹿屋の地磁気X, Y成分の月平均値からの差

DIX, DIY, DIZ : X, Y, Z成分のD.I補正項で、基準点と測点との伏角、偏角の差に依存する。

(2)式による補正は、毎分値を使い、積分範囲は $T = -150$ 分から150分にとった。補正した結果を以下に示す。

図5-1, 2に、短周期外部擾乱磁場による全磁力地点差の変動と、その補正結果を示す。2月12日の例はBay-typeの外部擾乱磁場で、鹿屋の地磁気X成分の振幅は約50nTである。補正前は、白浜で5nT、持木で3nT、山麓、山上で11nTの全磁力地点差の変動があったが、補正により白浜で2.5nT、持木で1nT、山麓、山上で2.5nTに減少している。7月4日のSi-typeの外部擾乱磁場は、X成分で立ち上がりの振幅が約30nT、レンジが約

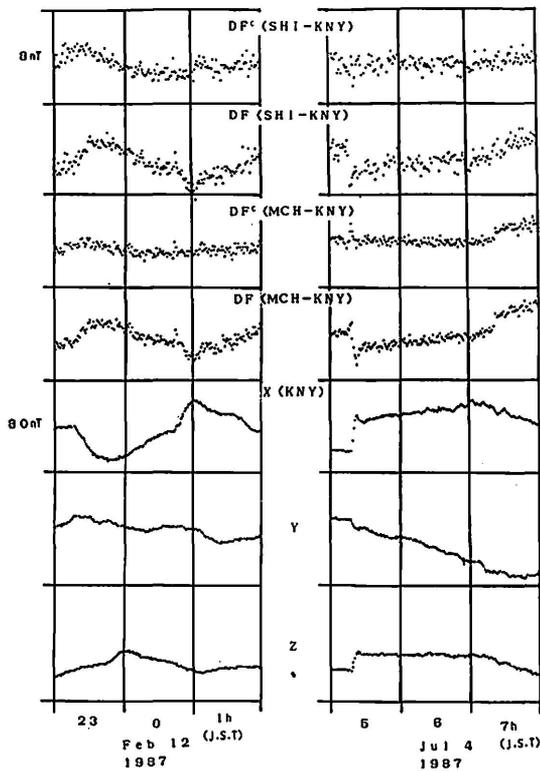


図5-1 短周期外部磁場変動による全磁力地点差の変動と補正結果(桜島、白浜、持木)
「上段が補正後、下段が補正前」

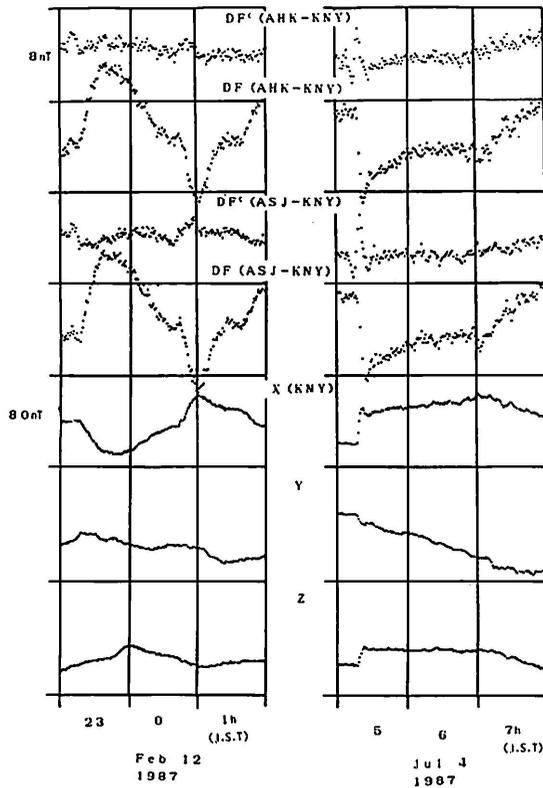


図5-2 短周期外部磁場変動による全磁力地点差の変動と補正結果(阿蘇, 山麓, 山上)
「上段が補正後, 下段が補正前」

40 nTあり, 各々に対する全磁力地点差の変動は, 白浜で 4 nT, 4 nT, 持木で 4 nT, 4 nT, 山麓で 8 nT, 6 nT, 山上で 8 nT, 6 nTあったが, 補正により, 白浜で 1 nT, 1 nT, 持木で 2 nT, 1 nT, 山麓で 5 nT, 3 nT, 山上で 5 nT, 1 nTに減少している. 立ち上がりの部分での補正の効果が少し劣る結果になっている(持木の7月4日7時20分項の変化は人工障害によるギャップである).

図6に白浜, 山上の全磁力地点差の夜間値(0-1時の平均値)への補正結果を示す. トレンドを除いた全磁力地点差の変動は, 白浜で最大2 nT, 山上で8 nTあったが, 補正により各々0.5 nT, 1 nTに減少している.

図7に全日の全磁力地点差に対する補正結果(7月2日~21日, 1987年)を示す. この期間の平均で, 白浜で2.5 nT, 持木で3 nT, 山麓で6.5 nT, 山上で8.5 nTの全磁力地点差の日変化があったが, 補正により, 各々1.3 nT, 1.0 nT, 2.9 nT, 3.5 nTに減少した. 持木の7月2日~3日, 7月7日~9日の変化は人工障害によるものである.

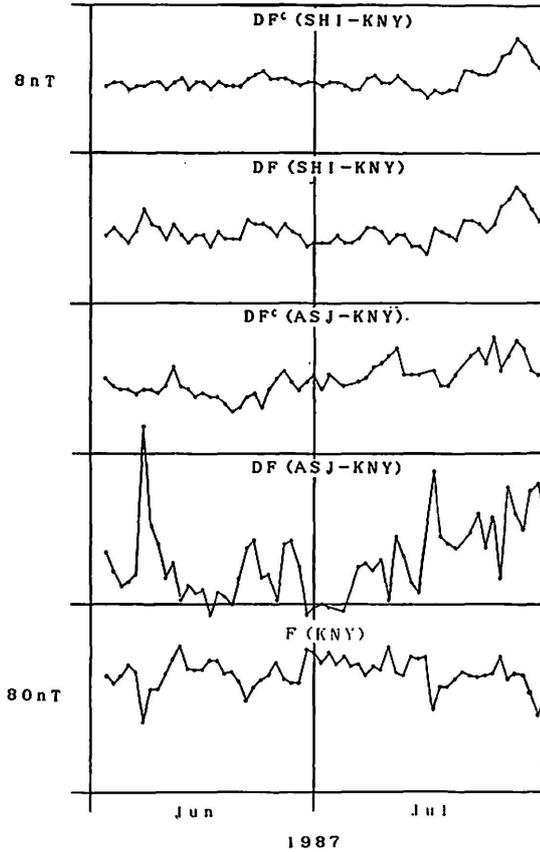


図6 白浜-鹿屋, 山上-鹿屋の全磁力地点差の夜間値(0-1時の平均値)とその補正結果
 「上段が補正後で, 下段が補正前である。また最下段は鹿屋の全磁力値である」。

4. あとがき

桜島(白浜, 持木), 阿蘇山(山麓, 山上)と鹿屋との全磁力地点差に, D.I補正を含んだ変換関数法による補正を行った結果, 短周期, Sq等の外部擾乱磁場による全磁力地点差の変動を, 約 $\frac{1}{2}$ に減少できた。

今回行った補正法によって, 桜島, 阿蘇山と鹿屋との全磁力地点差の補正精度は, D.I補正による山上と山麓の全磁力地点差の補正精度に及ばないものの, 桜島, 阿蘇山と鹿屋との全磁力地点差による火山活動予知の精度は向上したと考える。

謝 辞

この論文をまとめるにあたり, 阿蘇山山麓, 山上の全磁力連続点の保守を依頼している阿蘇測候所の職員御一同に感謝したい。

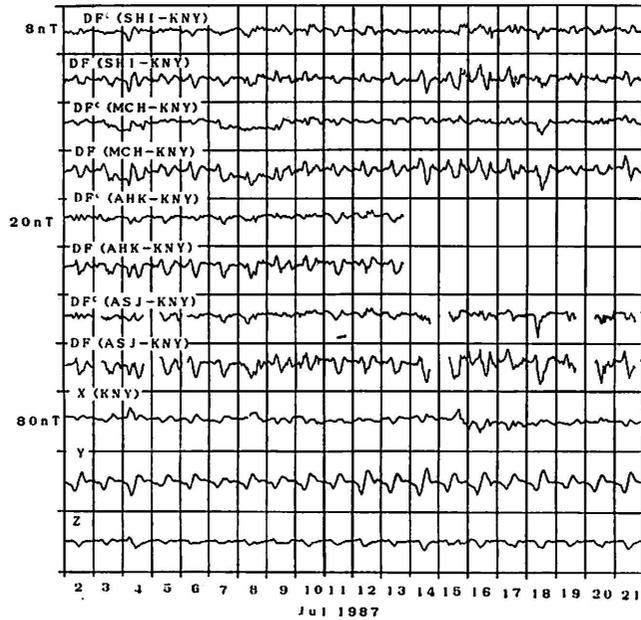


図7 全磁力地点差の日変化と補正結果
 上段が補正後で、下段が補正前である。7月3日、7月7日～9日、持木に、人工障害によるギャップがある。

引用文献

行武毅, 吉野登志男, 河村謙, 大島汎海, 田中良和, 田中秀文 (1977): 桜島およびその周辺地域での全磁力測量 (II), 第二回桜島火山の集中総合観測, 55~67

田中良和, 増田秀晴, 河村謙, 大地洗, 加藤誼司, 馬場広成, 吉野登志男 (1980): 阿蘇火山地域における全磁力測量, 阿蘇火山の集中総合観測 (第一回) 報告, 31-39

加藤誼司 (1985): 阿蘇火山の地磁気観測 (1), The Memoirs of Kakioka Magnetic Observatory Vol. 21, No 1, 31-46

河村謙, 永野哲郎, 加藤誼司, 馬場広成, 仲谷清, 行武毅, 吉野登志男, 歌田久司, 田中良和, 増田秀晴 (1980): 桜島およびその周辺地域での全磁力測量, 第三回桜島火山の集中総合観測報告, 41-54

原田朗, 大地洗, 加藤誼司, 仲谷清, 外谷健, 池田清, 河村謙, 永野哲郎, 行武毅, 吉野登志男, 歌田久司, 田中良和, 増田秀晴, 田中秀文 (1986): 桜島および周辺部における地磁気測定, 第5回桜島火山の集中総合観測, 34-41

気象庁 (1987): 日本活火山総覧, 337-354, 377-398

永野哲郎, 馬場広成 (1984): 阿蘇山噴火と地磁気変化, 技術報告71号, 111-122

阿蘇測候所 (1979): 定期火山情報 9号 (昭和54年)

Kenneth A. Poehlz and David D. Jackson (1978): Tectonomagnetic Event Detection Using Empirical Transfer Functions, Journal of Geophysical Research Vol. 83, No. 83, No. 810, 4933-4940

力武常次 (1972): 地球電磁気学, 353-358

The Transfer Function Method to Reduce the Noise
of the Geomagnetic Observation at Sakurajima
Volcano and Aso Volcano

by

Yoshiji Kato

Abstract

In order to make the fundamental research for prediction of volcanic explosions, geomagnetic observation start at Sakurajima volcano in 1978, at Aso volcano in 1979. Sakurajima volcano is apart about 50 km from Kanoya geomagnetic observatory, reference station for the geomagnetic observation at Sakurajima volcano and Aso volcano, Aso volcano about 350km. The geomagnetic total field is continuously measured at two stations. At sakurajima volcano, one of these stations, SHI (Shirahama) is situated at a distance of about 4 km at the north of Minamidake crater, the other, MCH (Mochiki) at a distance of about 5 km to the south-south-by-west of the crater. At Aso volcano, one of continuous observation stations, AHK (Aso Sanroku) is situated at a distance of about 5 km to the north of Nakadake crater and the other, ASJ (Aso Sanjijo) at a distance of about 0.8km to the north-west-by-west of the crater. The simple difference method in which data at a remote reference station are simply subtracted from those at observation site appear to include the noise due to the local difference of time-varying field of external origin. For the purpose of reducing the noise, the correction using transfer function method was made. As the results, the noise due to the external field was reduced to about one-third of the value before the correction applied.

The slight anomaly variations (about 0.5nT) in mutual difference between ASJ and AHK was observed before the explosion occurred Sep. 6 1979 at Aso volcano. For the purpose to detect such a slight volcano-magnetic effect in the mutual difference between Sakurajima, Aso and Kanoya this method is not sufficient, but the capability to detect volcano-magnetic effect is improved by this method.