

## 成層火山の斜面に見る対数的調和関数性

### —富士山と開聞岳を例として—

中 嶋 文 雄\*

(2019年9月27日受付, 2020年1月14日受理)

#### 1 まえがき

1876年(明治9年)、日本政府によって招聘された英国の地理学者 John Milne 博士(1850-1913)は日本の火山の形に共通の特徴があることに興味を懷いた。彼は論文 [2] において、富士山の稜線の傾きの変化率をこの山の写真から数値的に表し、そこに対数関数性を見出すことを試みた。この試みは同時代のアメリカの物理学者の George Becker 博士によって論文 [1] において、理論的裏付けが考えられたが、その数学的基本部分に誤りがあり、従ってこの考えは未完と言わざるを得ない。しかしこの Becker の考えは示唆に富むものであり、参考のためここでそれを述べたい。先ず、彼は考察の対象となる火山を山頂の一点を通る鉛直線を軸とする回転体であると仮定する(ここで第5章の図1を参照する)。次に火山の底辺を水平面として、この水平面をこれと鉛直線との交点を原点とする  $(x, y)$  平面とする。このとき回転体の母線である山の稜線は水平面からの高さ  $z$  と回転軸 ( $z$  軸) からの水平距離  $r = \sqrt{x^2 + y^2}$  を用いて関数  $z = z(r)$  として表される。 $z(r)$  が実数  $C_1, C_2$  を用いて

$$z(r) = C_1 - C_2 \log r \quad (1)$$

と表されることと  $z(r)$  が調和関数であること、すなわち2次元ラプラスの方程式

$$\frac{\partial^2 z}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 z}{\partial y^2} = 0 \quad (2)$$

を満たすこととは同値であるので、Becker は (2) を火山の物理的意味から導こうとしたのである。

さて著者はこれらの研究から、一般に日本の火山の斜面の流麗な景観を呈する部分は、火山の山頂の一点を通る鉛直線を軸とする回転面の一部として表され、その母線は (1) のようになるのではないかと考えるに至った。実際、論文 [3] において、岩手山について日本国土地理院の2万5千分の1の等高線地図を統計的に考察しこの事を示した。本稿では、この論文の方法を更に改良して、富士山の東斜面と鹿児島県の開聞岳についてそれぞれ

---

\* 岩手大学教育学部 名誉教授

我々の主張が成立することを示す。

## 2 方法

本稿の方法を第5章の図2を参照にして解説する。図2は火山の等高線地図を模試化したものである。平面の原点 $O$ を火口の内部の一点に取り、考察する火山の斜面を $O$ を中心とする角領域 $AOB$ において、標高が $a$  mから $b$  mの間とし( $a > b$ )、この間には $c$  m毎に等高線が描かれているものとする。これら等高線の標高値を $\{z_n\}$ とする。すなわち、 $a = z_1 > z_2 > \cdots > z_{N+1} = b$ ,  $z_n - z_{n+1} = c$  ( $1 \leq n \leq N$ ),  $N = \frac{a-b}{c}$  とする。図2において曲線 $CD$ は標高 $z_n$ の等高線を表すものとする。角 $AOB$ を $O$ を中心として、等角度の $(d-1)$ 個に分割する。すなわち、半直線 $OA$ から $OB$ に向かって $O$ を始点として $d$ 本の半直線を角度 $AOB$ の $(d-1)$ 分の1ずつ傾きを減少させながら引く。これら $d$ 本の半直線と曲線 $CD$ との $d$ 個の交点に対し、 $O$ からのそれぞれの長さを測り、その数値の集合を $r_1, r_2, \dots, r_d$ とする。 $\{r_k\}$ の平均値を $\bar{r}_n$ とし、この $\bar{r}_n$ に対する $\{r_k\}$ の標準偏差値を $\sigma_n$ とする。すなわち

$$\bar{r}_n = \frac{r_1 + r_2 + \cdots + r_d}{d}$$

$$\sigma_n = \sqrt{\sum_{k=1}^d \frac{(r_k - \bar{r}_n)^2}{d}}$$

(1) の $z(r)$ を次のように定める

$$z(\bar{r}) = z_1 - \frac{c}{\alpha} \log\left(\frac{\bar{r}}{r_1}\right) \quad (\bar{r}_1 \leq \bar{r} \leq \bar{r}_{N+1}) \quad (3)$$

すなわち(1)において $C_1 = z_1 + C_2 \log \bar{r}_1$ ,  $C_2 = \frac{c}{\alpha}$ とおく。ここで

$$\begin{aligned} \alpha &= \frac{\alpha_1 + \alpha_2 + \cdots + \alpha_N}{N} \\ \alpha_n &= \log\left(\frac{\bar{r}_{n+1}}{\bar{r}_n}\right) \quad (1 \leq n \leq N) \end{aligned}$$

である。(3)の $z(r)$ に対し

$$\varepsilon_n = \frac{|z_n - z(\bar{r}_n)|}{c} \quad (1 \leq n \leq N+1) \quad (4)$$

とおく。 $\varepsilon_n$ は(3)の $z(\bar{r}_n)$ の $z_n$ に対する近似の度合いを表している。本稿において $\bar{r}_n$ および $\sigma_n$ の計算には計算機能のエクセルプログラムを用いた。

また $\frac{\sigma_n}{\bar{r}_n}$ と $\varepsilon_n$ は百分率で表す。

我々は次の三つの視点Ⅰ, Ⅱ, Ⅲを取る :

Ⅰ. 曲線 $CD$ の $z_n$ に対し $\frac{\sigma_n}{\bar{r}_n}$ が5%より小であれば、曲線 $CD$ は $O$ を中心とする半径 $\bar{r}_n$ の円周上にあると見なす。

Ⅱ.  $\frac{\sigma_n}{r_n}$  がすべての  $1 \leq n \leq N+1$  に対し 5 % より小であれば、角領域  $AOB$  に対応する斜面は  $O$  を通る鉛直線を軸とする回転面の上にあると見なす。

Ⅲ. 上のⅡが成立するとき、すべての  $1 \leq n \leq N+1$  に対し  $\varepsilon_n$  が 5 % より小であれば (3) はⅡの回転面の母線を表すと見なす。

(3) より明らかに  $z(\overline{r_1}) = z_1$  であるが、更に  $z(\overline{r_{N+1}}) = z_{N+1}$  が成立する。

実際、 $z(\overline{r_{N+1}}) = z_1 - \frac{c}{\alpha} \log\left(\frac{\overline{r_{N+1}}}{\overline{r_1}}\right)$  において

$$\log\left(\frac{\overline{r_{N+1}}}{\overline{r_1}}\right) = \log\left(\frac{\overline{r_2}}{\overline{r_1}}\right) + \log\left(\frac{\overline{r_3}}{\overline{r_2}}\right) + \cdots + \log\left(\frac{\overline{r_{N+1}}}{\overline{r_N}}\right) = \alpha_1 + \alpha_2 + \cdots + \alpha_N = \alpha N \text{ より、}$$

$z(\overline{r_{N+1}}) = z_1 - Nc = z_{N+1}$  となる。

従って

$$\varepsilon_1 = \varepsilon_{N+1} = 0 \quad (5)$$

このとき (4) は、 $z_n = z_1 - (n-1)c$  なので、次のようになる

$$\varepsilon_n = \left| \frac{1}{\alpha} \log\left(\frac{\overline{r_n}}{\overline{r_1}}\right) - n + 1 \right| \quad (1 \leq n \leq N+1) \quad (6)$$

### 3 富士山について

本章では富士山の斜面の中で比較的流麗に見えると思われる東斜面について考察する。第5章の図3は富士山の日本国土地院発行の2万5千分の1の地図である。実際には我々が用いたものはこの図を2倍に拡大したものであり、本章ではこれを基本的データとしている。従って、我々の図において長さ0.1mmは実際の距離では1.25mに相当する。考察する東斜面は、その平面図を図3として、山頂の点 $O$ を中心とし北東方向60度から右回りに90度展開する角領域を考え、その標高は3500mから1550mの間である。図3では50m毎に等高線が描かれているので(5)において $c=50$ とする。この角領域を $O$ を中心として角度2度の大きさに等分割する。すなわち、 $O$ を始点として傾きが2度ずつ減少する46本の半直線を第2章の方法に従って引く。次にこれら46本の半直線と曲線 $CD$ との46個の交点を求めて、 $O$ とこれらの交点との距離をそれぞれ測り、46個の数値 $r$ を得る。これら46個の $r$ の数値の集合をさらに次のように三つの部分集合に分ける。角 $AOB$ を $O$ を中心として30度の三つの部分領域に分け、これら三つの部分角領域にそれぞれ属する $r$ の集合が求める三つの集合であり、第5章における表1、表2、表3である。ここで $r$ の最小単位は0.1mmである。

以下において視点ⅡとⅢの成立について考察する。まずⅡは表1、表2、表3のすべてにおいて成立している。事実、これらのすべての表において  $\frac{\sigma_n}{r_n}$  は5%より小である。Ⅲについては各表についてそれぞれ考察する。

#### 表1について

Ⅲは次の標高  $z_n$  の場合 (i)  $n=17 \sim 22$ 、(ii)  $n=23 \sim 29$  ( $n=25$  は除く) において成立している。

(i)  $n = 17 \sim 22$  ( $z_{17} = 2700m, z_{22} = 2450m$ )。 (3) は次のようになる。

$$z(\overline{r_n}) = z_{17} - \frac{50}{\alpha} \log\left(\frac{\overline{r_n}}{r_{17}}\right) \quad (17 \leq n \leq 22)$$

すなわち、(3) において  $z_1$  に対応するものとして  $z_{17}$  を、 $\overline{r_1}$  に  $\overline{r_{17}}$  を、 $N = 5, \alpha_1 \sim \alpha_N$  に  $\alpha_{17} \sim \alpha_{21}$  を対応させ、 $\alpha$  を  $\alpha_{17} \sim \alpha_{21}$  の平均値とする。表 1 より  $\alpha = 0.042655$  が求まる。

(6) の計算より  $\varepsilon_n$  は次のようになり、その最大値は  $n = 19$  の 3.5 % である。

$n$	17	18	19	20	21	22
$\varepsilon_n$	0.0	2.3	3.5	3.0	0.2	0.0

以下、簡単のため (3) に対応する式において  $\overline{r_n}$  を  $r_n$  と記す。

(ii)  $n = 23 \sim 29$  ( $n = 25$  は除く。  $z_{23} = 2400m, z_{29} = 2100m$ )。 (3) は (i) と同様にして次のようになる。

$$z(r_n) = z_{23} - \frac{50}{\alpha} \log\left(\frac{r_n}{r_{23}}\right)$$

ここで  $\alpha$  は  $\alpha_{23} \sim \alpha_{28}$  の平均値で  $\alpha = 0.041767$  である。  $\varepsilon_n$  は次のようになり、その最大値は  $n = 25$  を除いて  $n = 24$  の 4% である。

$n$	23	24	25	26	27	28	29
$\varepsilon_n$	0.0	4.0	6.8	1.7	2.1	0.3	0.0

## 表 2 について

Ⅲは次の標高  $z_n$  の場合 (i)  $n = 9 \sim 13$ 、 (ii)  $n = 19 \sim 25$ 、 (iii)  $n = 35 \sim 39$  において成立している。

(i)  $n = 9 \sim 13$  ( $z_9 = 3100m, z_{13} = 2900m$ )。 (3) は次のようになる。

$$z(r_n) = z_9 - \frac{50}{\alpha} \log\left(\frac{r_n}{r_9}\right) \quad (9 \leq n \leq 13)$$

ここで  $\alpha$  は  $\alpha_9 \sim \alpha_{12}$  の平均値で表 2 より  $\alpha = 0.060016$  である。  $\varepsilon_n$  は次のようになり、その最大値は  $n = 10$  の 3.0 % である。

$n$	9	10	11	12	13
$\varepsilon_n$	0.0	3.0	2.6	2.6	0.0

(ii)  $n = 19 \sim 25$  ( $z_{19} = 2600m, z_{25} = 2300m$ )。 (3) に相当する式として次のものを考える。

$$z(r_n) = z_{19} - \frac{c}{\alpha} \log\left(\frac{r_n}{r_{19}}\right) \quad (19 \leq n \leq 25)$$



成層火山の斜面に見る対数的調和関数性

ここで  $\alpha$  は  $\alpha_{19} \sim \alpha_{23}$  の平均値で  $\alpha = 0.045714$  である。この式で  $n$  の適用範囲は  $n = 25$  も含む。 $\varepsilon_n$  は次のようになり、その最大値は  $n = 21$  の 4.2% である。

$n$	19	20	21	22	23	24	25
$\varepsilon_n$	0.0	0.4	4.2	1.6	2.7	0.0	2.7

(iii)  $n = 35 \sim 39$  ( $z_{35} = 1800m$ ,  $z_{39} = 1600m$ )。 (3) は次のようになる。

$$z(r_n) = z_{35} - \frac{50}{\alpha} \log\left(\frac{r_n}{r_{35}}\right) \quad (35 \leq n \leq 39)$$

ここで  $\alpha$  は  $\alpha_{35} \sim \alpha_{38}$  の平均値で  $\alpha = 0.049063$  である。 $\varepsilon_n$  は次のようになり、その最大値は  $n = 38$  の 3.8% である。

$n$	35	36	37	38	39
$\varepsilon_n$	0.0	0.9	2.1	3.8	0.0

表 3 について

Ⅲ は次の標高  $z_n$  の場合 (i)  $n = 22 \sim 27$ 、(ii)  $n = 30 \sim 40$  において成立している。

(i)  $n = 22 \sim 27$  ( $z_{22} = 2450m$ ,  $z_{27} = 2200m$ )。 (3) は次のようになる。

$$z(r_n) = z_{22} - \frac{50}{\alpha} \log\left(\frac{r_n}{r_{22}}\right) \quad (22 \leq n \leq 27)$$

ここで  $\alpha$  は  $\alpha_{22} \sim \alpha_{26}$  の平均値で  $\alpha = 0.043729$  である。 $\varepsilon_n$  は次のようになり、その最大値は  $n = 26$  の 2.1% である。

$n$	22	23	24	25	26	27
$\varepsilon_n$	0.0	0.9	1.5	1.4	2.1	0.0

(ii)  $n = 30 \sim 40$  ( $z_{30} = 2050m$ ,  $z_{40} = 1550m$ )。 (3) に相当する式として次のものを考える。

$$z(r_n) = z_{31} - \frac{50}{\alpha} \log\left(\frac{r_n}{r_{31}}\right) \quad (30 \leq n \leq 40)$$

ここで  $\alpha$  は  $\alpha_{31} \sim \alpha_{39}$  の平均値で  $\alpha = 0.040358$  である。この式で  $n$  の適用範囲は  $n = 30$  を含む。 $\varepsilon_n$  は次のようになり、その最大値は  $n = 30$  の 4.2% である。

$n$	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
$\varepsilon_n$	4.2	0.0	1.6	2.3	0.8	0.1	0.0	1.5	3.0	3.5	0.0

#### 付記

1. 表1～3において $\alpha$ は標高が $z_{17}=2450m$ 以降では $0.0403 < \alpha < 0.0490$ である。従って $\frac{\bar{r}_{n+1}}{\bar{r}_n} = e^\alpha$ と見て、 $1.04 < \frac{\bar{r}_{n+1}}{\bar{r}_n} < 1.05$ が成立している。
2. 表1～3において $n$ の範囲が連続して最長のものは表3の(ii)の $z_{30}=2050m$ と $z_{40}=1550m$ の間であり、富士山の景観はこの部分が最も流麗であると思われる。

#### 4 開聞岳について

第5章の図4は日本国土地院発行の開聞岳の2万5千分の1の地図である。実際、我々が用いたものはこの図を2倍に拡大したものであり、本章ではこれを基本的データとしている。従って、我々の図において長さ0.1mmは実際の長さでは1.25mに相当する。開聞岳は全方向を考察の対象として、その標高は800mから150mの間である。図には10m毎に等高線が引かれているので(3)に相当するものは $c=10$ となり

$$z = z_1 - \frac{10}{\alpha} \log\left(\frac{\bar{r}}{\bar{r}_1}\right) \quad (\bar{r}_1 \leq \bar{r}) \quad (7)$$

となる。さて、図4において山頂に一点 $O$ を定めこれを中心に全方向を角度10度に分割する。すなわち、 $O$ を始点として傾きが10度ずつ変化させながら36本の半直線を第2章の方法に従って引き、これらとそれぞれの等高線との36個の交点に対し $O$ からの距離を測り、これを $r$ とする。次に $r$ の数値の集合を $O$ を通る直線で傾きが北東方向20度のもので2つの集合に分ける。その中の北西部のものが第5章の表4であり、南東部のものが表5である。ここで $r$ の最小単位は0.1mmである。以下、表4と表5について視点ⅡとⅢの成立について考察する。

まずⅡについては表4において標高800mから150mの間で成立していて、表5においては $z=800m$ ,  $z=790m$ ,  $z=240m \sim 150m$ を除いたものについて成立している。Ⅲについては、以下それぞれ個別に考察する。

#### 表4について

Ⅲは次の標高 $z_n$ の場合 (i)  $n=14 \sim 20$  ( $n=16$ は除く)、 (ii)  $n=34 \sim 38$ 、 (iii)  $n=43 \sim 50$  ( $n=49$ は除く) において成立している。

(i)  $n=14 \sim 20$  ( $n=16$ は除く。  $z_{14}=670m$ ,  $z_{20}=610m$ )。 (7) は次のようになる。

$$z(\bar{r}_n) = z_{14} - \frac{10}{\alpha} \log\left(\frac{\bar{r}_n}{\bar{r}_{14}}\right) \quad (14 \leq n \leq 20)$$

ここで $\alpha$ は $\alpha_{14} \sim \alpha_{19}$ の平均値で表4より $\alpha=0.036628$ である。(6)は次のようになる

$$\varepsilon_n = \left| \frac{1}{\alpha} \log \left( \frac{\bar{r}_n}{r_{14}} \right) - (n - 14) \right| \quad (14 \leq n \leq 20) \quad (8)$$

(8) の計算より  $\varepsilon_n$  は次のようになり、その最大値は  $n = 16$  を除いて  $n = 18$  の 3.2% である。

$n$	14	15	16	17	18	19	20
$\varepsilon_n$	0.0	0.5	6.7	0.8	3.2	1.4	0.0

以下、簡単のため (7) に対応する式において  $\bar{r}_n$  を  $r_n$  と記す。

(ii)  $n = 34 \sim 38$  ( $z_{34} = 470m$ ,  $z_{38} = 430m$ )。 (7) は次のようになる。

$$z(r_n) = z_{34} - \frac{10}{\alpha} \log \left( \frac{r_n}{r_{34}} \right) \quad (34 \leq n \leq 38)$$

ここで  $\alpha$  は  $\alpha_{34} \sim \alpha_{37}$  の平均値で  $\alpha = 0.021006$  である。 $\varepsilon_n$  は次のようになる。すなわち、 $n = 37$  のとき  $\varepsilon_n = 2\%$  で、他の  $n$  に対し  $\varepsilon_n = 0.0$  である。

$n$	34	35	36	37	38
$\varepsilon_n$	0.0	0.0	0.0	2.0	0.0

(iii)  $n = 43 \sim 50$  ( $n = 49$  は除く。 $z_{43} = 380m$ ,  $z_{50} = 310m$ )。 (7) は次のようになる。

$$z(r_n) = z_{43} - \frac{10}{\alpha} \log \left( \frac{r_n}{r_{43}} \right) \quad (43 \leq n \leq 50)$$

ここで  $\alpha$  は  $\alpha_{43} \sim \alpha_{49}$  の平均値で  $\alpha = 0.017353$  である。 $\varepsilon_n$  は次のようになり、その最大値は  $n = 49$  を除いて  $n = 47$  の 3.9 % である。

$n$	43	44	45	46	47	48	49	50
$\varepsilon_n$	0.0	3.7	2.1	1.7	3.9	2.1	7.4	0.0

## 表5について

Ⅲは次の標高  $z_n$  の場合 (i)  $n = 23 \sim 31$  ( $n = 25$  は除く)、(ii)  $n = 47 \sim 53$  において成立している。

(i)  $n = 23 \sim 31$  ( $n = 25$  は除く、 $z_{23} = 580m$ ,  $z_{31} = 500m$ )。 (7) は次のようになる。

$$z(r_n) = z_{23} - \frac{10}{\alpha} \log \left( \frac{r_n}{r_{23}} \right) \quad (23 \leq n \leq 31)$$

ここで  $\alpha$  は  $\alpha_{23} \sim \alpha_{30}$  の平均値で表5より  $\alpha = 0.0247164$  である。 $\varepsilon_n$  は次のようにな

り、その最大値は  $n = 25$  を除いて  $n = 27$  の 2.8% である。

$n$	23	24	25	26	27	28	29	30	31
$\varepsilon_n$	0.0	1.6	7.8	0.7	2.8	0.4	0.6	1.5	0.0

(ii)  $n = 47 \sim 53$  ( $z_{47} = 340m, z_{53} = 280m$ )。 (7) は次のようになる。

$$z(r_n) = z_{47} - \frac{10}{\alpha} \log\left(\frac{r_n}{r_{47}}\right) \quad (47 \leq n \leq 53)$$

ここで  $\alpha$  は  $\alpha_{47} \sim \alpha_{52}$  の平均値で  $\alpha = 0.028938$  である。 $\varepsilon_n$  は次のようになり、その最大値は  $n = 50$  の 4.8% である。

$n$	47	48	49	50	51	52	53
$\varepsilon_n$	0.0	0.6	1.6	4.8	1.2	1.3	0.0

## 5 図と表

図 1

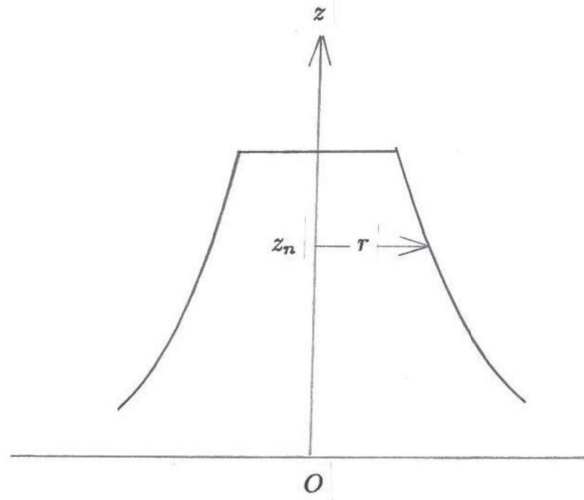


図 2

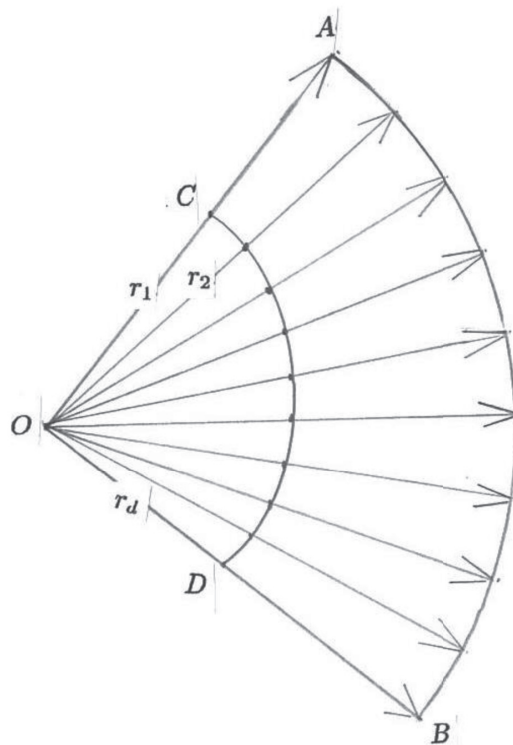
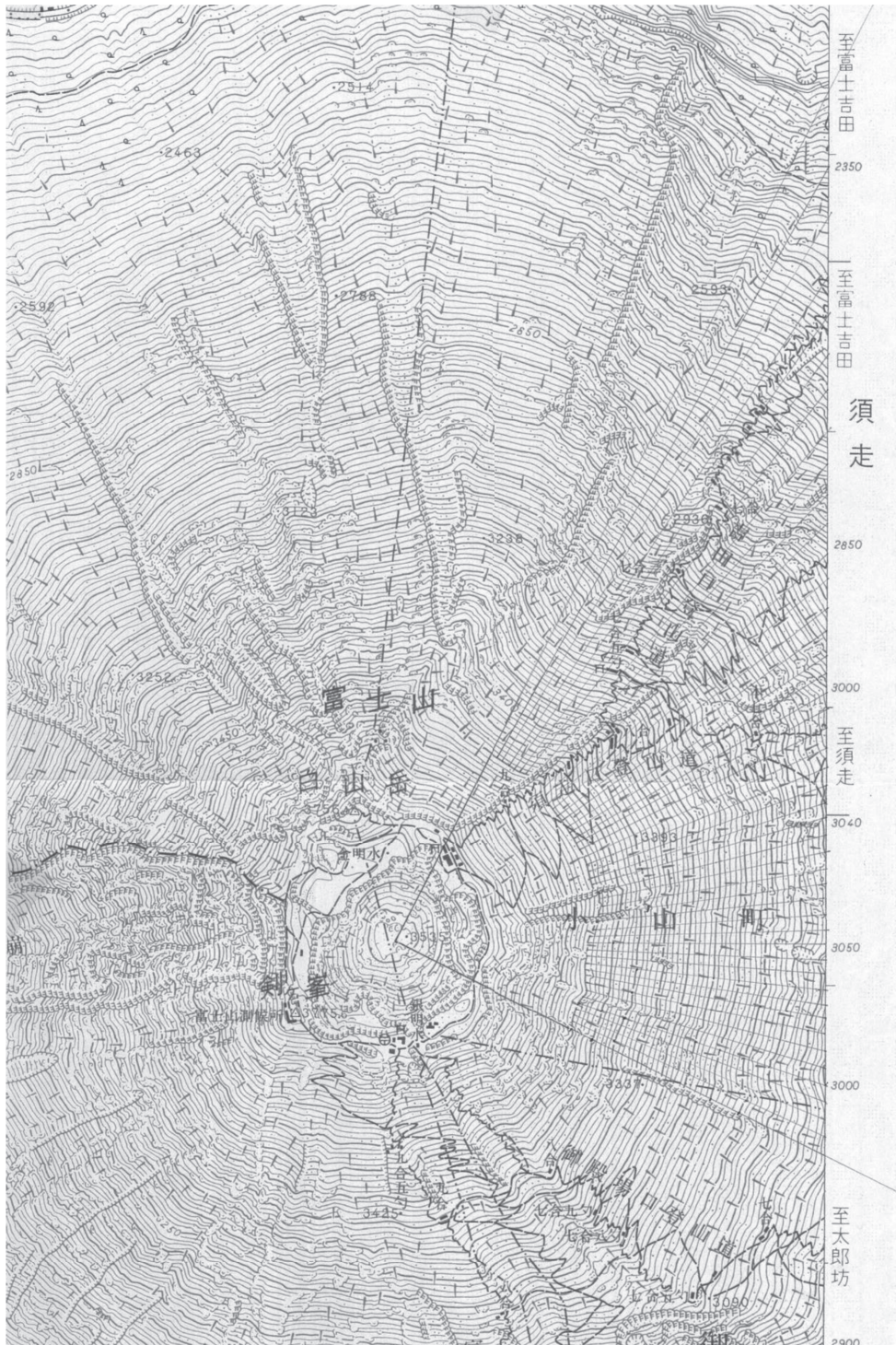




図3





成層火山の斜面に見る対数的調和関数性

図 4

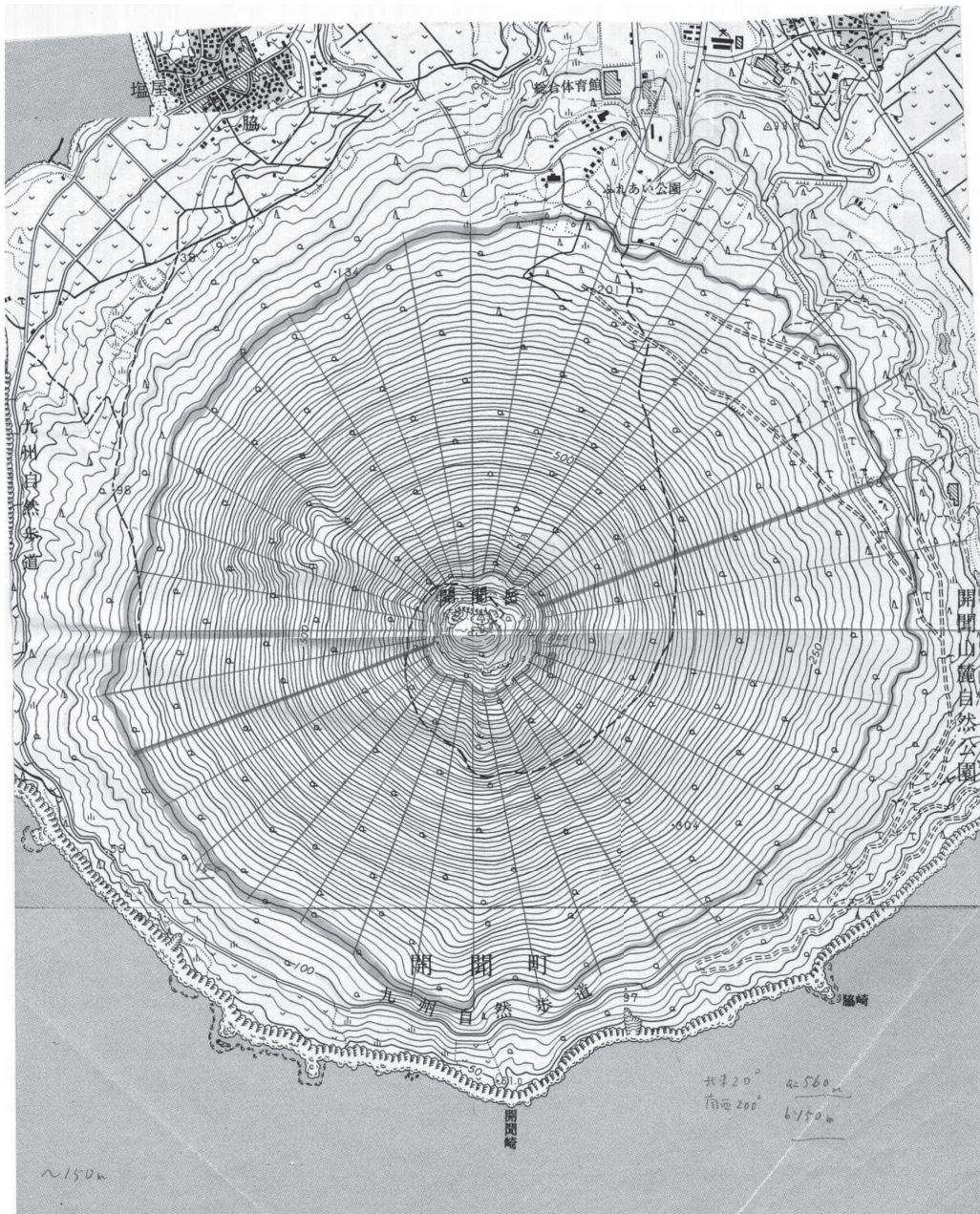


表 1

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
z	3500	3450	3400	3350	3300	3250	3200	3150	3100	3050	3000	2950	2900	2850	2800	2750	2700	2650	2600	2550
1	560	625	700	765	840	905	980	1055	1135	1205	1270	1350	1420	1505	1585	1675	1760	1855	1945	2035
2	560	625	695	765	825	895	965	1035	1115	1190	1260	1335	1415	1495	1570	1650	1730	1810	1900	1995
3	555	620	695	760	825	895	955	1025	1100	1180	1250	1330	1405	1485	1560	1645	1735	1825	1910	2005
4	560	630	695	765	830	900	970	1040	1105	1175	1245	1315	1380	1475	1560	1650	1740	1820	1920	2010
5	560	625	695	765	835	900	980	1040	1105	1185	1255	1325	1405	1515	1595	1680	1750	1805	1900	2005
6	560	625	695	765	835	910	980	1070	1125	1195	1275	1345	1460	1515	1595	1660	1725	1805	1885	1975
7	565	630	700	780	850	920	1005	1075	1155	1225	1310	1385	1455	1525	1595	1655	1725	1810	1885	1955
r	8	575	650	720	790	870	945	1010	1080	1155	1220	1295	1365	1425	1495	1565	1640	1715	1785	1860
9	580	660	740	805	875	940	1015	1085	1160	1225	1295	1365	1435	1510	1575	1660	1735	1805	1875	1955
10	570	670	750	810	890	960	1030	1100	1180	1240	1310	1385	1460	1535	1610	1695	1770	1830	1900	1960
11	560	660	750	830	900	970	1065	1115	1185	1255	1350	1420	1490	1560	1625	1695	1770	1835	1905	1975
12	550	635	725	825	905	980	1045	1110	1190	1260	1340	1395	1485	1565	1635	1710	1775	1855	1925	2000
13	550	620	705	800	895	975	1045	1110	1180	1250	1325	1395	1475	1550	1625	1710	1785	1865	1945	2015
14	550	620	705	780	870	960	1050	1105	1175	1245	1310	1390	1470	1545	1620	1695	1775	1855	1935	2015
15	550	620	705	780	855	940	1030	1105	1175	1245	1315	1390	1465	1540	1610	1685	1770	1850	1930	2010
16	550	625	695	775	855	935	1020	1110	1165	1235	1310	1390	1465	1540	1615	1695	1775	1855	1935	2025
$\bar{r}$	560.3125	633.75	710.625	785	859.6875	933.125	1009.063	1078.75	1150	1220.625	1294.688	1367.5	1445	1522.5	1597.188	1674.063	1750.938	1829.063	1909.688	1992.5
$\sigma$	10.21371	15.57713	18.8551	21.28241	25.80861	28.27777	31.95671	29.28059	30.04898	26.83683	30.31544	28.95229	31.48296	25.37947	22.09397	23.08711	21.97718	22.95896	23.91533	26.12189
$\bar{r}/\sigma$	1.82%	2.46%	2.65%	2.71%	3.00%	3.03%	3.17%	2.71%	2.61%	2.20%	2.34%	2.12%	2.18%	1.67%	1.38%	1.38%	1.26%	1.26%	1.25%	1.31%

n	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
z	2500	2450	2400	2350	2300	2250	2200	2150	2100	2050	2000	1950	1900	1850	1800	1750	1700	1650	1600	1550
1	2110	2180	2260	2350	2415	2520	2660	2820	2905	2980	3070	3170	3285	3405	3525	3650	3835	3980	4075	4435
2	2095	2210	2280	2370	2490	2620	2685	2805	2900	3000	3090	3175	3295	3415	3525	3730	3820	4075	4345	4455
3	2110	2215	2295	2430	2515	2620	2710	2815	2920	3015	3105	3230	3340	3455	3610	3695	3860	4075	4290	4315
4	2095	2200	2305	2405	2535	2630	2720	2825	2925	3020	3125	3245	3350	3475	3580	3760	3885	4140	4345	4570
5	2085	2175	2270	2370	2465	2615	2715	2805	2925	3040	3150	3275	3380	3525	3675	3815	3950	4065	4390	4635
6	2075	2165	2250	2350	2450	2535	2665	2765	2885	3005	3145	3300	3405	3535	3685	3875	4040	4210	4455	4675
7	2045	2110	2230	2320	2415	2520	2635	2730	2830	2915	3035	3250	3355	3515	3680	3890	4090	4280	4500	4725
r	8	2030	2115	2190	2255	2340	2455	2590	2735	2855	3090	3235	3370	3530	3705	3870	4115	4345	4605	4860
9	2030	2120	2200	2295	2405	2495	2605	2745	2855	2975	3080	3200	3335	3510	3680	3875	4095	4325	4635	4875
10	2045	2120	2205	2275	2345	2490	2605	2710	2830	2985	3055	3120	3345	3545	3675	3875	4075	4365	4645	4910
11	2055	2140	2215	2300	2380	2445	2555	2680	2855	3025	3110	3200	3320	3420	3715	3850	4035	4355	4675	4910
12	2080	2160	2240	2330	2450	2590	2680	2890	2915	3040	3185	3290	3440	3540	3660	3930	4110	4470	4655	4905
13	2100	2185	2275	2370	2495	2620	2785	2865	2980	3070	3165	3270	3350	3520	3710	3890	4115	4405	4675	4815
14	2095	2180	2265	2360	2435	2540	2685	2765	2880	3010	3150	3285	3415	3565	3680	4035	4130	4215	4470	4790
15	2085	2190	2280	2360	2460	2555	2650	2765	2915	3045	3150	3290	3460	3650	3900	4020	4130	4275	4500	4840
16	2095	2210	2300	2395	2495	2595	2710	2805	2955	3070	3180	3290	3380	3480	3675	3825	4065	4315	4560	5025
$\bar{r}$	2076.875	2167.188	2253.75	2345.938	2443.125	2552.813	2665.938	2777.5	2895.625	3009.688	3117.813	3237.188	3395.938	3505.313	3680	3851.563	4029.375	4243.438	4482.5	4733.75
$\sigma$	25.54552	33.8669	34.57728	44.76142	53.90283	58.23302	52.44658	45.50372	40.39784	38.78556	42.56375	48.50618	129.0716	58.94835	95.36308	100.3922	94.58695	132.7727	165.0401	190.2978
$\bar{r}/\sigma$	1.23%	1.56%	1.53%	1.91%	2.21%	2.28%	1.97%	1.64%	1.40%	1.29%	1.37%	1.50%	3.80%	1.68%	2.59%	2.61%	2.35%	3.13%	3.68%	4.02%



表 2

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
z	3500	3450	3400	3350	3300	3250	3200	3150	3100	3050	3000	2950	2900	2850	2800	2750	2700	2650	2600	2550
1	545	625	695	775	855	935	1020	1110	1165	1235	1310	1390	1465	1540	1615	1690	1775	1855	1935	2025
2	545	620	690	765	840	930	1010	1105	1190	1265	1325	1400	1470	1540	1615	1690	1775	1855	1945	2025
3	550	625	695	770	850	930	1015	1100	1185	1265	1335	1405	1485	1555	1625	1700	1785	1875	1960	2060
4	550	625	695	770	845	925	1010	1075	1180	1260	1330	1410	1490	1565	1640	1715	1805	1895	1975	2070
5	550	620	695	770	845	920	990	1070	1150	1230	1310	1405	1485	1565	1645	1725	1810	1915	2010	2080
6	550	620	695	775	850	925	990	1060	1145	1220	1320	1410	1500	1585	1675	1750	1830	1910	2005	2085
7	550	620	690	770	855	930	995	1060	1135	1225	1315	1405	1495	1585	1650	1730	1810	1905	1985	2090
8	545	615	690	760	845	920	1000	1065	1130	1210	1285	1370	1455	1555	1620	1710	1815	1890	1985	2075
9	550	615	685	760	835	910	980	1055	1135	1195	1265	1340	1425	1510	1605	1685	1785	1890	1995	2070
10	545	615	685	755	825	900	970	1050	1125	1185	1250	1330	1415	1495	1575	1665	1750	1845	1950	2040
11	555	615	680	750	815	890	955	1030	1100	1175	1250	1325	1405	1485	1560	1655	1740	1820	1905	2005
12	555	615	685	750	815	885	955	1025	1100	1170	1240	1310	1405	1480	1560	1645	1735	1835	1925	2015
13	555	610	685	735	805	875	945	1015	1100	1165	1225	1300	1375	1470	1555	1635	1725	1815	1910	2015
14	545	605	685	730	800	875	945	1020	1090	1160	1225	1305	1380	1470	1550	1640	1725	1815	1915	2005
15	540	600	655	720	790	860	935	1010	1085	1160	1225	1300	1375	1460	1550	1635	1725	1820	1915	2005
16	530	595	655	720	790	860	930	1010	1095	1155	1230	1300	1385	1460	1540	1630	1720	1810	1915	2010
$\bar{r}$	547.8125	615	685.625	754.6875	828.75	904.375	977.8125	1053.75	1131.25	1203.438	1277.5	1356.563	1438.125	1516.75	1598.75	1681.875	1769.375	1859.375	1951.875	2042.813
$\sigma$	5.933145	8.224783	12.11161	17.77877	21.72691	24.90423	28.39645	31.36596	33.75953	35.17681	40.07346	43.61323	44.2212	41.4977	40.34775	36.93695	35.68139	35.51615	34.25145	31.34104
$\bar{r}/\sigma$	1.08%	1.34%	1.77%	2.36%	2.62%	2.75%	2.90%	2.98%	2.98%	2.92%	3.14%	3.21%	3.07%	2.73%	2.52%	2.20%	2.02%	1.91%	1.75%	1.53%

n	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
z	2500	2450	2400	2350	2300	2250	2200	2150	2100	2050	2000	1950	1900	1850	1800	1750	1700	1650	1600	1550
1	2095	2210	2300	2395	2495	2595	2710	2805	2955	3070	3180	3280	3380	3480	3675	3875	4065	4315	4560	5025
2	2115	2230	2335	2540	2545	2650	2765	2875	2980	3090	3190	3280	3385	3505	3670	3875	4080	4315	4560	5055
3	2140	2255	2360	2450	2575	2680	2810	2915	3035	3125	3215	3335	3460	3555	3725	4020	4345	4480	4685	4970
4	2170	2275	2375	2495	2590	2690	2790	2875	3000	3085	3185	3275	3370	3610	3895	4065	4225	4435	4735	5080
5	2165	2250	2355	2450	2565	2670	2785	2830	2940	3035	3140	3275	3495	3650	3785	3950	4155	4595	4855	5120
6	2170	2255	2365	2475	2560	2645	2735	2805	2910	3045	3195	3395	3535	3675	3790	4140	4395	4625	4905	5140
7	2190	2285	2385	2475	2575	2670	2760	2875	2960	3095	3280	3410	3565	3705	3945	4145	4435	4610	4885	5045
8	2170	2285	2385	2485	2595	2710	2795	2895	3055	3200	3325	3460	3580	3835	4110	4255	4465	4645	4765	5050
9	2175	2275	2365	2485	2615	2725	2835	2925	3035	3185	3325	3455	3710	3975	4110	4255	4395	4670	4855	5160
10	2145	2240	2350	2465	2595	2715	2835	2915	3030	3165	3300	3525	3810	3935	4050	4425	4480	4705	4930	5115
11	2110	2210	2315	2455	2575	2715	2835	2925	3060	3220	3475	3680	3845	4025	4185	4325	4480	4665	4905	5135
12	2110	2215	2315	2430	2560	2690	2830	2945	3060	3205	3330	3475	3670	4075	4215	4340	4505	4700	4920	5115
13	2100	2220	2330	2440	2535	2665	2815	2935	3065	3230	3350	3495	3650	3835	3935	4300	4385	4590	4745	5020
14	2090	2180	2310	2405	2565	2690	2860	2970	3110	3255	3390	3530	3655	3815	3980	4140	4420	4585	4715	4985
15	2100	2200	2295	2400	2575	2675	2800	2920	3055	3220	3385	3515	3655	3815	3955	4125	4285	4430	4705	4865
16	2110	2210	2310	2405	2515	2655	2740	2890	2990	3140	3285	3500	3645	3800	3945	4090	4255	4420	4585	4775
$\bar{r}$	2134.688	2237.188	2340.625	2453.125	2564.688	2677.5	2792.5	2893.75	3014.375	3147.813	3284.375	3424.063	3568.125	3768.125	3934.375	4134.063	4335.625	4549.688	4787.5	5041.563
$\sigma$	32.24305	30.62913	28.74201	37.58856	28.77237	30.6786	40.36597	45.09793	51.87301	67.01595	87.74755	102.142	135.7661	170.543	162.9586	149.1271	134.2065	122.6721	110.7196	98.00538
$\bar{r}/\sigma$	1.51%	1.37%	1.23%	1.53%	1.12%	1.15%	1.45%	1.56%	1.72%	2.13%	2.67%	2.98%	3.78%	4.53%	4.14%	3.61%	3.10%	2.70%	2.31%	1.94%

表 3

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
z	3500	3450	3400	3350	3300	3250	3200	3150	3100	3050	3000	2950	2900	2850	2800	2750	2700	2650	2600	2550
1	530	595	655	720	790	860	930	1010	1085	1155	1225	1300	1385	1460	1540	1630	1720	1810	1915	2010
2	520	585	650	715	785	850	920	990	1060	1135	1210	1285	1365	1475	1555	1635	1730	1815	1905	2005
3	510	580	645	715	785	850	915	985	1060	1135	1215	1295	1385	1475	1555	1635	1715	1800	1890	1990
4	510	580	645	710	780	850	915	985	1060	1135	1215	1295	1380	1460	1540	1635	1705	1790	1875	1985
5	510	575	645	710	780	850	920	995	1065	1135	1200	1275	1360	1445	1535	1630	1715	1795	1880	1975
6	505	580	645	710	780	850	920	995	1060	1135	1200	1275	1355	1435	1515	1610	1690	1785	1875	1970
7	510	580	645	715	780	850	920	985	1060	1135	1200	1275	1355	1435	1515	1610	1690	1785	1875	1970
8	510	580	645	710	775	845	915	985	1055	1125	1195	1275	1360	1445	1535	1620	1710	1805	1890	1985
9	515	585	645	710	775	845	915	985	1055	1125	1195	1275	1360	1445	1535	1620	1710	1805	1890	1985
10	525	595	650	715	785	845	915	985	1055	1130	1205	1280	1360	1455	1545	1645	1730	1825	1915	2020
11	520	575	640	700	775	835	905	975	1055	1125	1190	1275	1375	1460	1545	1640	1735	1825	1920	2005
12	515	580	645	710	780	845	915	985	1060	1130	1205	1300	1395	1480	1565	1655	1750	1845	1940	2045
13	510	585	640	710	780	845	915	990	1065	1165	1245	1335	1420	1505	1590	1680	1775	1870	1975	2085
14	510	580	640	710	780	850	920	1000	1085	1185	1270	1355	1440	1520	1605	1700	1795	1895	2010	2100
15	515	585	640	715	785	855	930	1025	1105	1190	1275	1360	1445	1530	1615	1720	1820	1925	2015	2095
16	525	595	650	720	795	860	940	1025	1110	1205	1290	1370	1460	1555	1640	1740	1840	1930	2015	2105
$\bar{r}$	515	582.1875	645.3125	713.4375	781.875	849.0625	918.75	992.5	1070	1148.125	1223.438	1302.813	1389.063	1474.063	1557.813	1651.563	1742.5	1833.438	1927.188	2022.5
$\sigma$	6.642112	4.527287	4.010556	3.72541	5.109104	5.744243	7.952062	14.03776	17.90498	24.6669	29.24133	31.85301	32.77458	33.92113	34.16951	36.44975	40.43877	44.016	46.58859	45.08163
$\bar{r}/\sigma$	1.29%	0.78%	0.62%	0.52%	0.65%	0.68%	0.87%	1.41%	1.67%	2.15%	2.39%	2.44%	2.36%	2.30%	2.19%	2.21%	2.32%	2.40%	2.42%	2.23%

n	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
z	2500	2450	2400	2350	2300	2250	2200	2150	2100	2050	2000	1950	1900	1850	1800	1750	1700	1650	1600	1550
1	2110	2210	2310	2405	2515	2655	2740	2890	2980	3140	3285	3500	3645	3800	3945	4090	4255	4420	4585	4775
2	2100	2195	2295	2390	2505	2640	2775	2875	3025	3145	3280	3440	3580	3730	3900	4040	4235	4400	4595	4760
3	2075	2185	2285	2395	2510	2640	2785	2895	3025	3165	3295	3455	3610	3770	3925	4070	4255	4415	4595	4780
4	2075	2170	2265	2375	2500	2645	2790	2895	3025	3165	3295	3455	3610	3770	3925	4070	4255	4415	4595	4780
5	2065	2140	2255	2360	2480	2630	2775	2885	3010	3150	3270	3420	3570	3730	3880	3930	4100	4325	4495	4675
6	2065	2170	2270	2385	2500	2630	2785	2895	2985	3130	3265	3395	3525	3700	3850	3980	4110	4240	4390	4605
7	2075	2180	2285	2395	2515	2645	2790	2895	2985	3130	3265	3395	3525	3700	3850	3980	4115	4245	4405	4575
8	2090	2200	2305	2415	2520	2635	2740	2835	2955	3060	3200	3325	3440	3600	3750	3890	4035	4240	4400	4560
9	2110	2220	2320	2415	2520	2620	2735	2825	2925	3040	3125	3270	3410	3550	3700	3860	4035	4215	4410	4610
10	2120	2220	2320	2430	2530	2645	2765	2870	3000	3100	3205	3300	3400	3500	3705	3875	4035	4225	4390	4570
11	2105	2215	2325	2430	2535	2645	2745	2835	2965	3065	3160	3255	3365	3525	3720	3885	4040	4190	4330	4515
12	2155	2245	2340	2435	2535	2630	2720	2800	2915	3040	3160	3290	3420	3560	3725	3870	4025	4190	4355	4515
13	2175	2270	2365	2460	2550	2655	2760	2855	2975	3080	3200	3335	3470	3610	3790	3940	4075	4240	4385	4540
14	2190	2275	2370	2465	2560	2660	2770	2860	2975	3085	3205	3330	3470	3615	3795	3940	4075	4240	4370	4540
15	2185	2275	2365	2460	2555	2655	2765	2855	2965	3075	3195	3320	3460	3605	3785	3925	4075	4225	4415	4630
16	2195	2285	2380	2455	2570	2690	2800	2895	3010	3110	3215	3340	3490	3640	3800	3955	4140	4315	4510	4785
$\bar{r}$	2118.125	2215.938	2315.938	2416.875	2525	2641.875	2757.5	2860.625	2983.75	3102.188	3224.375	3359.375	3492.188	3640.625	3789.375	3945.313	4110.313	4271.875	4446.875	4636.563
$\sigma$	43.92088	40.95258	37.14909	30.67261	23.1999	21.48015	19.47849	28.94594	33.71594	37.68947	49.52346	66.66146	76.98298	79.1104	78.32577	71.42394	81.86195	80.34622	83.75165	91.75926
$\bar{r}/\sigma$	2.07%	1.85%	1.60%	1.27%	0.92%	0.81%	0.71%	1.01%	1.13%	1.21%	1.54%	1.98%	2.20%	2.17%	2.07%	1.81%	1.99%	1.88%	1.88%	1.98%

成層火山の斜面に見る対数的調和関数性

表 4

$n$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	
$z$	600	760	780	760	770	760	750	740	730	720	710	700	690	680	670	660	650	640	630	620	610	600	590	580	570	560	550	540	530	520	510	500	490	480
$r$	160	175	185	200	210	220	230	240	250	260	270	280	290	300	310	320	330	340	350	360	370	380	390	400	410	420	430	440	450	460	470	480	490	500
$T$	151.160	172.182	182.164	200.215	210.220	220.230	240.250	260.270	280.290	300.310	320.330	340.350	360.370	380.390	400.410	420.430	440.450	460.470	480.490	500.510	520.530	540.550	560.570	580.590	600.610	620.630	640.650	660.670	680.690	700.710	720.730	740.750	760.770	
$\sigma$	4.50261	6.0064	4.7707	5.74671	6.11742	5.8525	5.03843	5.3267	5.5907	5.90564	6.45397	6.2603	8.3193	8.3749	8.8541	10.127	11.4554	13.6677	17.245	17.844	19.092	4.598	4.208	3.985	4.66	4.66	4.66	4.66	4.66	4.66	4.66	4.66	4.66	
$F/G$	4.00%	3.50%	2.62%	2.95%	2.98%	2.95%	2.18%	2.11%	2.13%	2.15%	2.25%	2.25%	2.25%	2.25%	2.25%	2.25%	2.25%	2.25%	2.25%	2.25%	2.25%	2.25%	2.25%	2.25%	2.25%	2.25%	2.25%	2.25%	2.25%	2.25%	2.25%	2.25%	2.25%	

$n$	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66
$z$	470	460	450	440	430	420	410	400	390	380	370	360	350	340	330	320	310	300	290	280	270	260	250	240	230	220	210	200	190	180	170	160	150
$r$	590	605	620	635	650	665	680	695	710	725	740	755	770	785	800	815	830	845	860	875	890	905	920	935	950	965	980	995	1010	1025	1040	1055	1070
$T$	559.560	570.585	595.605	620.635	650.665	675.685	705.720	735.745	765.780	795.810	825.835	855.870	885.895	915.915	945.935	975.955	1005.935	1035.915	1065.895	1095.875	1125.855	1155.835	1185.815	1215.795	1245.775	1275.755	1305.735	1335.715	1365.695	1395.675	1425.655	1455.635	
$\sigma$	24.0113	23.9388	23.8617	23.7875	23.7155	23.6455	23.5775	23.5115	23.4475	23.3855	23.3255	23.2675	23.2115	23.1575	23.1055	23.0555	23.0075	22.9615	22.9175	22.8755	22.8355	22.7975	22.7615	22.7275	22.6955	22.6655	22.6375	22.6115	22.5875	22.5655	22.5455	22.5275	22.5115
$F/G$	4.18%	4.24%	3.34%	3.79%	3.85%	3.87%	3.08%	3.08%	3.11%	3.08%	3.11%	3.08%	3.11%	3.08%	3.11%	3.08%	3.11%	3.08%	3.11%	3.08%	3.11%	3.08%	3.11%	3.08%	3.11%	3.08%	3.11%	3.08%	3.11%	3.08%	3.11%	3.08%	3.11%

表 5

$n$	$z$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100																																																																																																																																																																																																																												
1	0.000	1.960	1.880	1.800	1.720	1.640	1.560	1.480	1.400	1.320	1.240	1.160	1.080	1.000	0.920	0.840	0.760	0.680	0.600	0.520	0.440	0.360	0.280	0.200	0.120	0.040	-0.040	-0.120	-0.200	-0.280	-0.360	-0.440	-0.520	-0.600	-0.680	-0.760	-0.840	-0.920	-1.000	-1.080	-1.160	-1.240	-1.320	-1.400	-1.480	-1.560	-1.640	-1.720	-1.800	-1.880	-1.960	-2.040	-2.120	-2.200	-2.280	-2.360	-2.440	-2.520	-2.600	-2.680	-2.760	-2.840	-2.920	-3.000	-3.080	-3.160	-3.240	-3.320	-3.400	-3.480	-3.560	-3.640	-3.720	-3.800	-3.880	-3.960	-4.040	-4.120	-4.200	-4.280	-4.360	-4.440	-4.520	-4.600	-4.680	-4.760	-4.840	-4.920	-5.000	-5.080	-5.160	-5.240	-5.320	-5.400	-5.480	-5.560	-5.640	-5.720	-5.800	-5.880	-5.960	-6.040	-6.120	-6.200	-6.280	-6.360	-6.440	-6.520	-6.600	-6.680	-6.760	-6.840	-6.920	-7.000	-7.080	-7.160	-7.240	-7.320	-7.400	-7.480	-7.560	-7.640	-7.720	-7.800	-7.880	-7.960	-8.040	-8.120	-8.200	-8.280	-8.360	-8.440	-8.520	-8.600	-8.680	-8.760	-8.840	-8.920	-9.000	-9.080	-9.160	-9.240	-9.320	-9.400	-9.480	-9.560	-9.640	-9.720	-9.800	-9.880	-9.960	-10.040	-10.120	-10.200	-10.280	-10.360	-10.440	-10.520	-10.600	-10.680	-10.760	-10.840	-10.920	-11.000	-11.080	-11.160	-11.240	-11.320	-11.400	-11.480	-11.560	-11.640	-11.720	-11.800	-11.880	-11.960	-12.040	-12.120	-12.200	-12.280	-12.360	-12.440	-12.520	-12.600	-12.680	-12.760	-12.840	-12.920	-13.000	-13.080	-13.160	-13.240	-13.320	-13.400	-13.480	-13.560	-13.640	-13.720	-13.800	-13.880	-13.960	-14.040	-14.120	-14.200	-14.280	-14.360	-14.440	-14.520	-14.600	-14.680	-14.760	-14.840	-14.920	-15.000	-15.080	-15.160	-15.240	-15.320	-15.400	-15.480	-15.560	-15.640	-15.720	-15.800	-15.880	-15.960	-16.040	-16.120	-16.200	-16.280	-16.360	-16.440	-16.520	-16.600	-16.680	-16.760	-16.840	-16.920	-17.000	-17.080	-17.160	-17.240	-17.320	-17.400	-17.480	-17.560	-17.640	-17.720	-17.800	-17.880	-17.960	-18.040	-18.120	-18.200	-18.280	-18.360	-18.440	-18.520	-18.600	-18.680	-18.760	-18.840	-18.920	-19.000	-19.080	-19.160	-19.240	-19.320	-19.400	-19.480	-19.560	-19.640	-19.720	-19.800	-19.880	-19.960	-20.040	-20.120	-20.200	-20.280	-20.360	-20.440	-20.520	-20.600	-20.680	-20.760	-20.840	-20.920	-21.000	-21.080	-21.160	-21.240	-21.320	-21.400	-21.480	-21.560	-21.640	-21.720	-21.800	-21.880	-21.960	-22.040	-22.120	-22.200	-22.280	-22.360	-22.440	-22.520	-22.600	-22.680	-22.760	-22.840	-22.920	-23.000	-23.080	-23.160	-23.240	-23.320	-23.400	-23.480	-

**謝辞：**著者は日本国土地理院インフォメーション館による本稿の富士山と開聞岳の地図の引用の許可に対し感謝の意を表すものである。また当紀要の査読者から有益な助言を頂いたことに対し感謝の意を表すものである。

#### 参考文献

- [1] Becker, G. F. (1885) The geometrical form of volcanic cones and the elastic limit of lava, *American Journal of Sciences*, 283-293.
- [2] Milne, J. (1878) On the form of volcanos, *Geological Magazine*, No.VIII, v.V, 338-345.
- [3] 中嶋文雄 (2016)、岩手山の形、岩手大学教育学部 研究年報、75, 105-114.