

## 付録 A 粒径分布データ

### 1. はじめに

ここでは、降灰粒子の観測のために京都大学防災研究所が桜島に展開している光学式ディストロメータである Parsivel の観測データの整理から解析用データを抽出までの手順、および解析プログラムから得られる情報について説明する。

### 2. 解析用 PSD データの抽出

解析用 PSD データの作成手順は、Fig. A.1 に示したように「年間 PSD データの作成」、「解析用 PSD データの抽出」、「抽出条件ファイルの作成」の 3 つに分けられる。以下、それぞれの手順について説明する。

#### 2.1 年間 PSD データの作成

解析用データを作成する前に、各観測点の 1 年間分のデータを 1 つのファイルに編集する。編集結果が作成されるデータを「年間 PSD データ」と呼ぶことにする。21 台のパーシベルの中には、データ収録フォーマットが異なるものもあるので、編集作業の段階で、フォーマットをチェックし修正する。「年間 PSD データ」の保存は次のようにすると便利である。例えば、観測点 AKA で 2020 年に収集されたデータの場合、

`'¥parsivel_data¥2020_AKA.dat'`

などとする。

#### 2.2 噴火 PSD データ

「噴火 PSD データ」は、「噴火リスト」を参考にして「年間 PSD データ」から抽出された PSD データである。「噴火リスト」は、鹿児島地方気象台で作成された桜島噴火情報（噴火日時、噴煙高度、噴煙の向きなど）と国交省の垂水 XMP で観測されたレーダエコー情報（降雨エコーの有無、エコー分布の特徴

など）が記載された csv ファイルである。「噴火リスト」は、フォルダ

`'¥parsivel_data¥erplist'`内にある。

「噴火 PSD データ」の抽出は、プログラム `'scr_parsivel_retrieve_iku.m'` を用いておこなう。その際、次の条件が満たされるようにデータが抽出される (Fig. A.2 参照)。まず、「噴火リスト」に記載された噴火時刻から 1 時間以内に初めて PSD データが観測された場合にはそのデータは降灰によるものとし、その時刻を抽出開始時刻とする。一方、データが観測されない期間が連続して t 分間以上（デフォルト値は  $t=10$  min）あった場合、降灰が終了したと見なす。ここで注意しないといけないのは、抽出された噴火 PSD データには降水データが混在している可能性があることである。そこで、降灰と降水を区別するために、気象レーダの反射因子のエコー分布を参考にした。桜島島内に降水エコーがある場合や、降水エコーと降灰エコーが識別できない場合はそのデータは「rain」によるものとした。一方、降水エコーの中に降灰エコーが識別できることがあり、その場合には「ash,rain」とした。降灰のレーダエコー分布で火口から風下の離れた地域にエコーの極大値が現れる場合があるが、これは凝集効果によるものと考えられるので「agri」とした。その他、連続噴火の場合には「conti」、強風の場合や風の鉛直シアがエコー分布に認められる場合にはそれぞれ「strong wind」、「wind shear」とした。主観的な部分もあるが、これらの気象レーダエコーから得られる情報はパーシベルのデータの解析結果を解釈するときには有益であろう。「噴火 PSD データ」のフォーマットは「年間 PSD データ」のフォーマットと同じである。噴火リストの内容例を次に示す。

`'scr_parsivel_retrieve_iku.m'` プログラム実行後、「噴火 PSD データ」の他に「抽出 PSD リスト」が作成される。「抽出 PSD リスト」には、降灰の観測開始時刻や終了時刻、噴煙高度、降雨の有無等の情報が書き込まれている。

る．このリストは，次節以降で述べる解析用データを作成する上で重要である．

「噴火 PSD データ」の保存は次の様にする  
と便利である．例えば，2020 年に収集された  
データで噴煙高度が 3000m 以上のデータの保  
存先フォルダ名は，

’.¥parsivel\_data¥retrieved¥2020\_3000m’ な  
どとする．このフォルダの下に’AKA\_20-  
0369.txt’が収録される．ここで，20-0369 と  
は「噴火リスト」に記載された噴火 ID である．

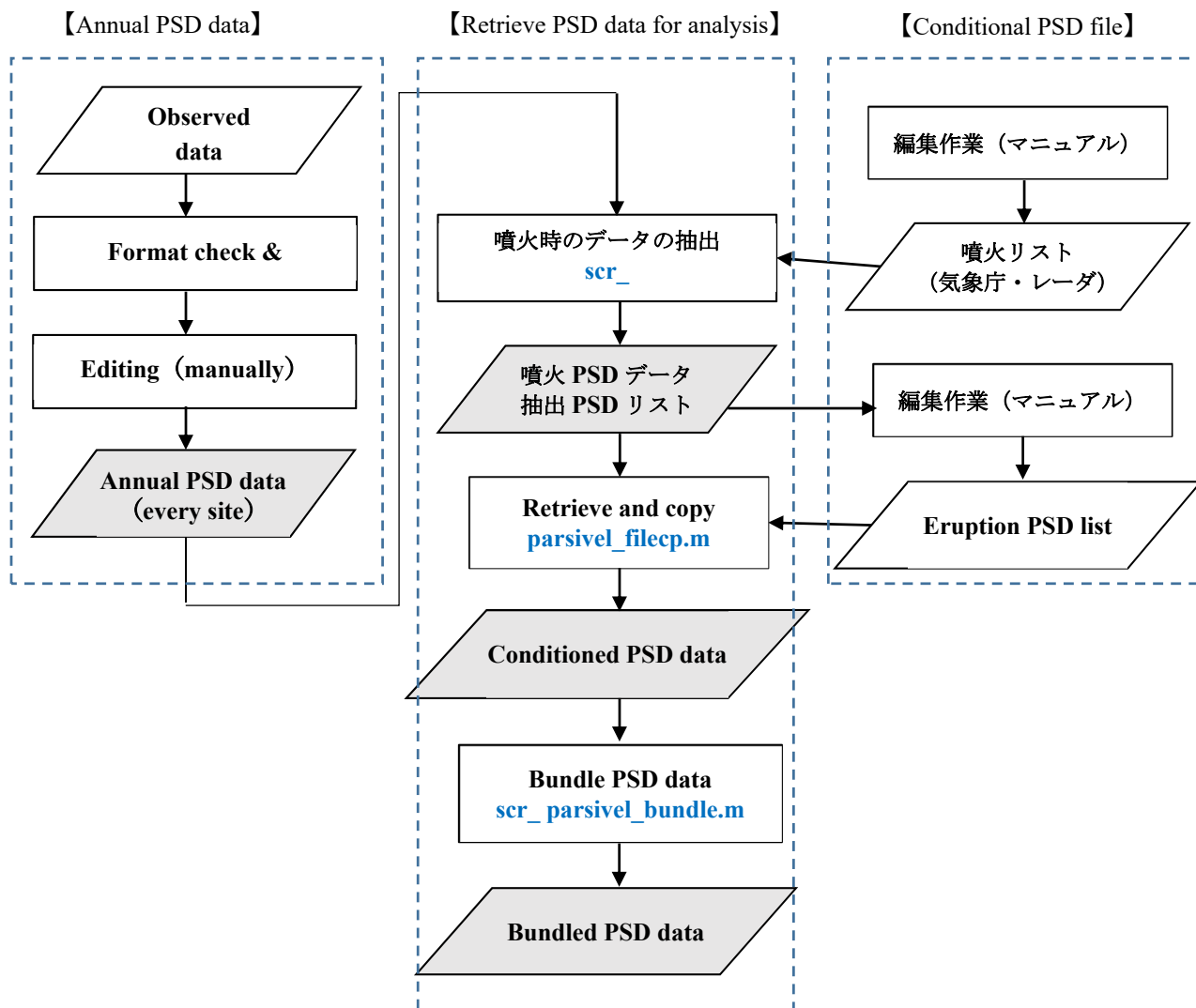


Fig. A.1 Procedures to retrieve ash fall PSD data for analyses.

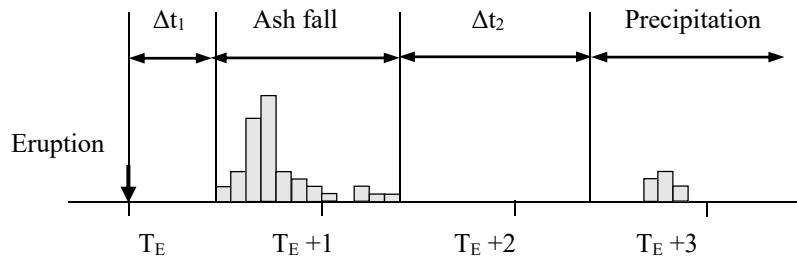


Fig. A.2 Schematic of temporal change of ash fall data and non-ash fall data.

### 2.3 条件付 PSD データ

‘scr\_parsivel\_filecp.m’は噴火 PSD データから降灰データのみを取り出して指定したフォルダへコピーするプログラムである。この時に参照されるファイルが「噴火 PSD コピーリスト」である。このリストファイルは、‘scr\_parsivel\_retrieve\_iku.m’実行時に作成される「噴火 PSD データリスト」を手作業で編集して作成されるエクセルファイルである。編集に際しては、年、観測点、噴煙高度、降灰観測時間、降雨の有無、などの抽出条件のもとでコピーリストを作ることができる。‘scr\_parsivel\_filecp.m’の実行後に出来るデータを「条件付 PSD データ」と呼ぶ。「条件付 PSD データ」のフォーマットは「年間 PSD データ」や「噴火 PSD データ」のフォーマットと同じである。このプログラムを用いれば、例えば、2018 年に発生した高度 3000m 以上の噴火で、地点‘AKA’で観測された、無降雨、10 分以上の降灰データを抽出するといったことができる。抽出されたデータは、選定条

件がわかるように‘2020\_3000m \_nrg\_10’などと名付けられたフォルダにコピーされる。例えば、

‘.¥parsivel\_data¥retrieved2¥2020\_3000m\_nrg\_10¥AKA\_20-0369.txt’などである。

### 2.4 結合データ

プログラム ‘scr\_parsivel\_bundle.m’ は ‘scr\_parsivel\_filecp.m’により選定された「条件付 PSD データ」を結合するスクリプトで、結合されたデータを「結合データ」と呼ぶ。「噴火 PSD データ」や「条件付 PSD データ」が、ある噴火事例の解析に用いられるのに対して「結合データ」はある条件のもとで選定された噴火事例の統計解析に用いられる。「結合データ」のフォーマットは「年間 PSD データ」、「噴火 PSD データ」、「条件付 PSD データ」のフォーマットと同じである。

## 付録 B 粒径分布データの解析プログラム

プログラム‘scr\_parsivel\_dpri.m’は Matlab ベースのスクリプトファイルで、「噴火 PSD データ」、「条件付き PSD データ」、「結合 PSD データ」のいずれかを入力データとして、次の解析結果を出力する（Fig. A.2 を参照）。

```
% target=1: parsivel01 Ash particle fall speed
% target=2: parsivel02 Ash particle size distribution
% target=3: parsivel03 Time change of PSDP
% target=4: parsivel04 Time change of RA and psd
% target=5: parsivel05 Scatter plot of RA-ZA
% target=6: parsivel06 Scatter plot of CA-ZA
% target=7: parsivel07 Scatter plot of CA-RA
% target=8: parsivel08 Scatter plot of SA-SZ
% target=9: parsivel09 Scatter plot of log10(RA/Nw)-log10Dm
% target=10: parsivel10 Histogram of psdp & intp
% target=11: parsivel11 Scatter plot of gamma PSD parameters
% target=12: parsivel12 Scatter plot of normalized PSD parameters
```

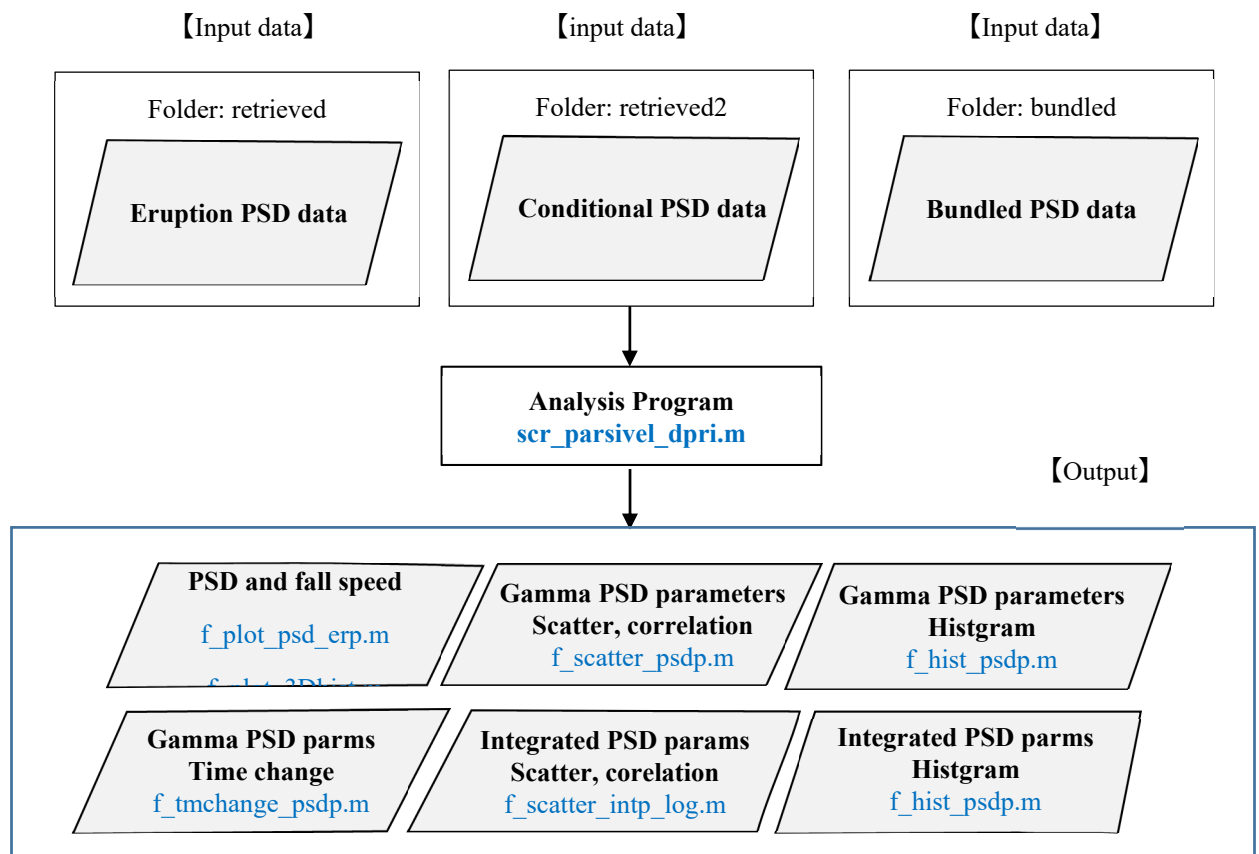


Fig. B.1 Outputs from the program 'scr\_parsivel\_dpri.m'.

## 付録 C 本文で使した記号のリスト

All symbols and units used in the present study are listed in Table C1. Conventional units in radar meteorology were used instead of Système international (SI) units.

Table C.1 List of symbols and units used in the present study.

Symbol	Description	Unit
$A_i$	Effective measured area of the $i$ -th size bin	mm <sup>2</sup>
$C_A$	Volcanic ash mass concentration	kg m <sup>-3</sup>
$C_{ij}$	Number of particles measured in $i$ -th diameter bin and $j$ -th Velocity bin	-
$D$	Particle diameter	mm
$D_0$	Median volume diameter	mm
$D_m$	Mass-weighted mean diameter	mm
$D_{\max}$	Maximum particle diameter	mm
$D_{\min}$	Minimum particle diameter	mm
$\Delta D_i$	Bin size of the $i$ -th diameter channel	mm
$N(D)$	Particle size distribution (PSD)	mm <sup>-1</sup> m <sup>-3</sup>
$N(D_i)$	Number of particles from $D_i$ to $D_i + \Delta D_i$ per unit volume	mm <sup>-1</sup> m <sup>-3</sup>
$N_0$	Intercept parameter of gamma PSD	mm <sup>-1-μ</sup> m <sup>-3</sup>
$N_T$	Total number of volcanic ash particles	m <sup>-3</sup>
$N_w$	Normalized intercept parameter of gamma PSD	mm <sup>-1</sup> m <sup>-3</sup>
$nd$	Number of diameter bins	-
$nv$	Number of velocity bins	-
$R_A$	Ash fall rate; (kg m <sup>-2</sup> h <sup>-1</sup> )= $\rho_p/\rho_b$ (mm h <sup>-1</sup> )	mm h <sup>-1</sup>
$\Delta t$	Sampling time (60 s)	s
$V_j$	Fall velocity measured at the $j$ -th velocity bin	m s <sup>-1</sup>
$V_t$	Fall velocity of a volcanic ash particle	m s <sup>-1</sup>
$Z$	Equivalent reflectivity factor	mm <sup>6</sup> m <sup>-3</sup>
$\lambda$	Slope parameter of gamma PSD	mm <sup>-1</sup>
$\mu$	Shape parameter of gamma PSD	-
$\rho_b$	Bulk density of ash deposits (= 1.0 × 10 <sup>3</sup> kg m <sup>-3</sup> )	kg m <sup>-3</sup>
$\rho_p$	Density of a solid ash particle (= 2.5 × 10 <sup>3</sup> kg m <sup>-3</sup> )	kg m <sup>-3</sup>