

P4 インドネシア国メラピ火山における気象観測値と衛星データの比較

名古屋大学農学部 田中隆文

1 はじめに

筆者らは熱帯火山地域のひとつであるインドネシア国メラピ火山体の水循環を明らかにするため、水収支各項の推定に着手した。対象地域では局所的なスコール（写真-1）が観察されるなど、降雨および蒸発散の時空間分布の把握が重要である。本報告ではメラピ火山中腹部の1地点に設置した日射計のデータとGMSのISCCP-B2データを比較することにより、日射量の時空間変動を検討した。

本研究は科学技術庁から砂防学会への受託研究「火山地域における土砂災害の予測手法の開発に関する国際共同研究」のうち「火山体の水収支に関する研究」の一部としておこなった。

2 メラピ火山の概要

メラピ火山はインドネシア国ジャワ島の中部ジョグジャカルタ市の近郊にある標高2965mの成層火山である。雨季と乾季（5～10月）は明確に区別される。対象地域は南西麓を中心とする39×19kmの地域（S7°30'～40'，E110°15'～30'）であり、その内部には火砕流の発生・流下・堆積域、民家、田畑、森林が混在する。対象地域周辺には、日本のAMeDASのようなシステムや気象台のような多要素の気象観測を実施している機関はないが、気温データは火山観測所で、また雨量はSTC（Sabo Technical Center）により10余ヶ所で観測されている。

3 日射の地上観測

メラピ火山西麓の標高960.8mのG. Maronという地点に日射計を設置し、1991年12月末から観測を開始した。センサー高は地上から6mであり、障害物はない。1992年1月14日までは1分間隔で、以降は10分間隔でロギングされている。

4 GMSデータ

衛星データはGMSのISCCP（国際衛星雲気候計画）のB2データを用いた。空間分解能は約30km，時間分解能は3時間である。1992年1，3，5，7月の4期間内の、午前9，12，15時台に撮影開始された画像データを対象とした。

5 地上日射量とGMSデータの比較

5.1 日射量と反射量の比較

1992年1月の衛星可視データ（反射量）と地上日射量の関係を図-1に示す。地上データは9，12，15時台の1時間の各平均値を用い、(1)式により無次元化した。可視データは、9，12，15時台撮影時のデータからメラピ火山に最も近い各1画素の値を用い、(2)式により無次元化した。

$$\{\text{地上日射量}\} = \frac{\{\text{地上観測日射量}\} \times 100}{\{\text{地上直達日射量計算値（大気透過率＝1）}\}} \quad (1)$$

$$\{\text{反射量}\} = \frac{\{\text{衛星観測値}\} \times \{\text{大気圏外日射量計算値}\}}{\{\text{地上直達日射量計算値（大気透過率＝1）}\}} \quad (2)$$

図-1から降雨時の日射は35以下と低い値を示す。また、反射量が30以上でも地上日射量のばらつきは大きく、70前後に達することもある。これは雲が点在している場合などと考えられる。

図の右上部分では、日射観測点が周辺より晴れている場合であり地上日射は過大となる。図の左下部分では、日射観測点が周辺より曇っている場合で地上日射は過小となる。図の他の部分では、日射観測点も周辺も同じような日射状態であり、代表性は良いと考えられる。これら各場合のしきい値を決定できれば、代表性を定量的な評価とでき、日射観測点の代表性が低い場合の補正も可能となる。

5. 2 降雨域の広がりの影響

図-2では、可視データはメラピ火山周辺の9画素の反射量の最大値を用いた。1992年1月の08:00から17:00のデータの場合を示した。日射観測点のG. Maronが降雨中の場合を黒丸で、G. Maronでは無降雨でメラピ火山周辺の4ヶ所の雨量観測点（G. Plawangan, Mranggen, Girikerto, Babadanduwur）のいずれかが降雨中の場合を二重丸で、5ヶ所の観測点とも無降雨の場合を白丸で示した。GMS観測時の前後1時間以上を含む3時間中に1mm以上の降雨があった場合を降雨中とした。例えば9:40からの撮影の場合には8:00～11:00（現地時間）の3時間の降雨量を用いた。図-2から反射量が大きくなると5ヶ所の観測点のどこかで降雨中である割合が高くなることがわかる。

1992年1, 3, 5, 7月の8:00～17:00を対象として、GMS観測時に5ヶ所の雨量観測点のうち何ヶ所が降雨中かを調べた結果を、メラピ火山周辺の9画素の反射量の最大値の大きさ別に表-1に示す。反射量が19未満では降雨観測点が降雨中である割合は0.6%である。反射量が大きくなるにつれ、降雨中である割合は増大し、40～49の範囲では18.5%となり、50～59の範囲では38.8%, 60以上では47.3%となる。以上を図示したのが図-3である。

この割合は雨量観測点が降雨中である場合の時間的な割合であるが、これを降雨の空間的な割合に等しいとすれば、反射量の最大値が50未満のとき、降雨域はメラピ火山周辺の20%未満の面積に広がっていると考えることができる。このとき、日射観測点が降雨中であれば、日射観測値はせいぜい20%の面積における日射量しか代表しないことになる。逆に、日射観測点が無降雨であれば、80%以上の面積における日射量を代表する可能性をもつことになる。

5. 3 地上日射観測値の空間代表性

図-1の内、反射量の9画素の最大値が50未満で日射観測点が無降雨のものだけを示したのが図-4である。図-1の右上部分の点が消え、図-4に示した直線(3)式を考えることができる。

$$\{\text{地上日射量}\} = 100 - 1.67 \times \{\text{反射量(無次元)}\} \quad (3)$$

この直線(3)式上の点は、日射観測点での日射量がメラピ火山周辺（衛星データの1画素に対応する面積）での日射量を代表している場合と推定される。直線より下の点は、メラピ火山周辺に比べ日射観測点が曇っている場合と考えられる。図-4は1992年1月の場合であるが、同年3月、5月、7月についても(3)式を使用できた。(1)式と(2)式を(3)式に代入し得られる地上日射量の計算値を周辺日射量とよぶことにする。

$$\begin{aligned} \{\text{周辺日射量}\} &= \{\text{地上直達日射量(大気透過率=1)}\} \\ &- 1.67 \times \{\text{衛星観測値}\} / 100 \times \{\text{大気圏外日射量計算値}\} \end{aligned} \quad (4)$$

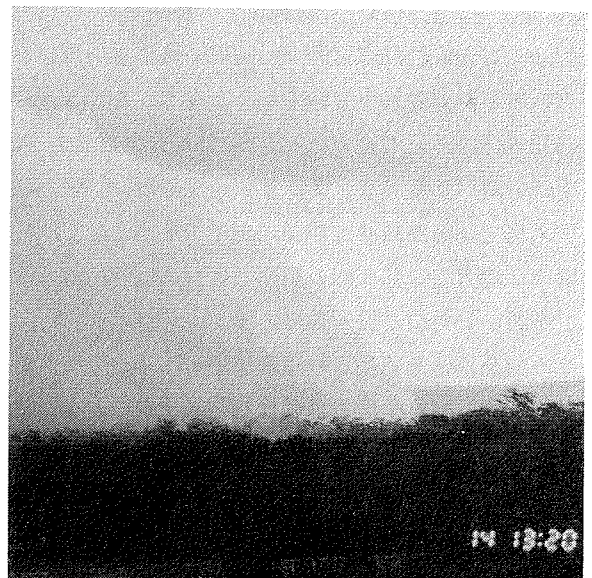
9, 12, 15時台の月間平均値を表－2に示した。周辺日射量は計算直達日射量（透過率1）の，雨季で約50%，乾季で約75%と推定された。地上日射量が周辺日射量より低い理由として，①地上日射量の観測がメラピ火山中腹であり，実際に周辺より雲が多い。②地上日射量の測器についた雨滴などの影響により，観測値が過小。③地上日射観測地がメラピ火山体の影に入る。④周辺日射量の計算が降雨域の広がりから判断しており，曇りのばらつきの検討が不十分。の4つを指摘できる。

6 おわりに

地上日射観測点の局地的な天候による観測値の空間代表性への影響に着目し，地上日射観測値と衛星データ（GMS）の関係を降雨域の広がりを利用して整理した。その結果メラピ火山周辺の日射量は計算直達日射量（透過率1）の，雨季で約50%，乾季で約75%と推定された。

表－1 反射量（無次元）と，5ヶ所の雨量観測点の降雨状態

反射量	降雨時の観測点	対象観測点	割合(%)
0～19	2	340	0.6
20～29	15	435	3.4
30～39	26	325	8.0
40～49	51	275	18.5
50～59	97	250	38.8
60～	97	205	47.3



写真－1 局所的なスコール

（G. Maron, 1992年1月14日筆者撮影）

表－2 地上日射観測値と周辺日射量推定値の9, 12, 15時台の月間平均値

（W/m ² ）	地上日射量	周辺日射量	計算直達日射	大気圏外日射
1992年1月	316 (29%)	498 (46%)	1094	1396
3月	334 (31%)	595 (55%)	1078	1365
5月	354 (38%)	696 (75%)	931	1323
7月	474 (53%)	697 (77%)	901	1310

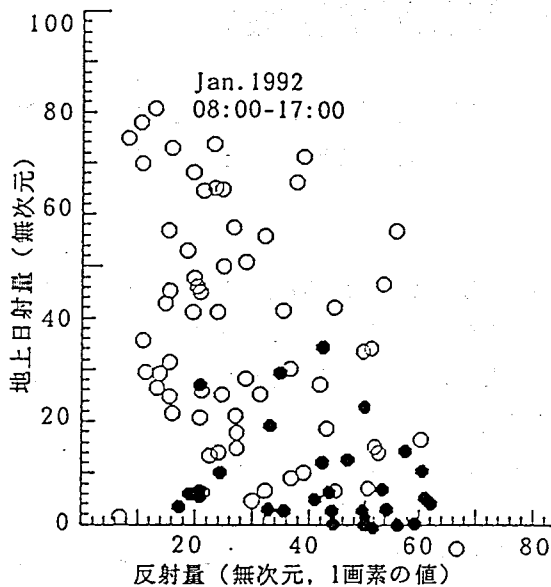


図-1 地上日射量と反射量(1画素の値)
 ● : 日射観測点が降雨時
 ○ : 無降雨時

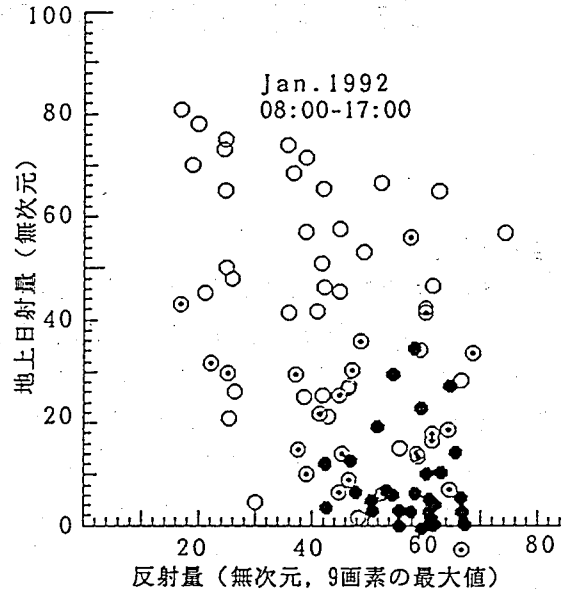


図-2 地上日射量と反射量(9画素最大値)
 ● : 日射観測点が降雨時
 ⊙ : 日射観測点は無降雨で他の4ヶ所の観測点のいずれかが降雨時
 ○ : 5ヶ所の観測点とも無降雨時

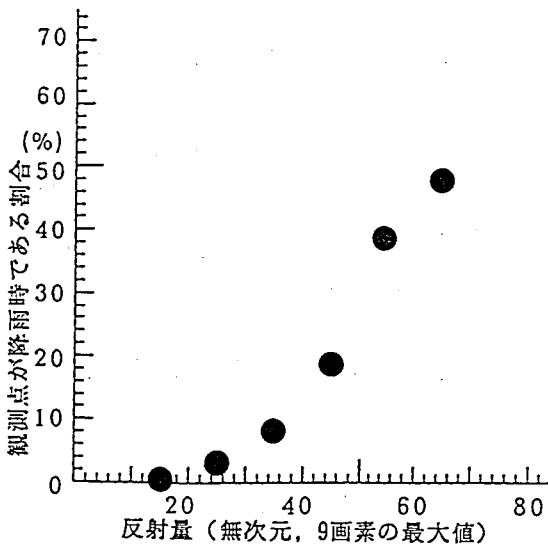


図-3 反射量(9画素最大値)と、5ヶ所の雨量観測点が降雨時である割合

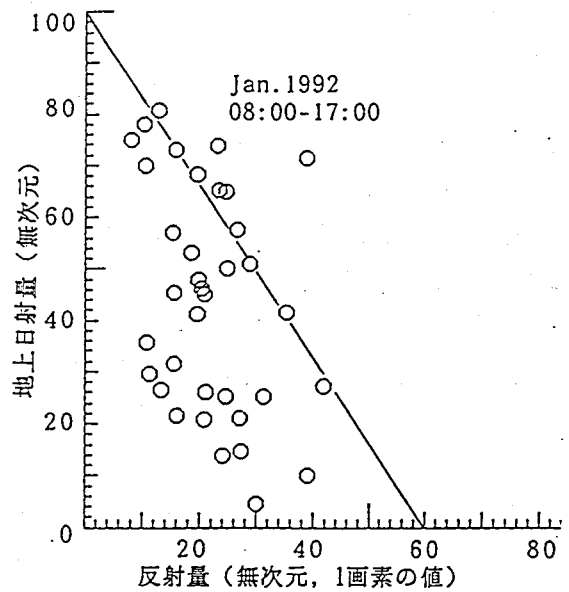


図-4 反射量(9画素最大値)が50未満で日射観測点が無降雨の場合の地上日射量とGMS可視データ(1画素)