

衛星雨量データの土砂災害危険度分析への活用

清水孝一・岡積敏雄・石塚忠範

1. はじめに

一般に途上国では、地上雨量計のネットワークやレーダ雨量計などの水文観測情報が不足している。図-1は、我が国における土砂災害情報の収集と提供に関するシステムイメージである。我が国においては、図-1のようなシステムが国土全体に整備されているほか、地域レベルでの取り組みも実施されている。しかしながら、途上国においては、図-1左側の国土全体レベルや地域ブロックレベルでの防災情報収集システムの整備が十分でなく、図右側にある地域への情報提供も不十分である。このため、土砂災害防止の観点からODAなどのわが国の支援による観測所および通信網の整備が行われている。それに加えて、大井ら¹⁾により、図右下に示す地域レベルの警戒避難体制づくりのために、簡易かつ安価な警戒装置の開発と普及も進められている。

このような取り組みへの貢献を目指して、筆者らは大規模土砂災害時の危機管理対応を政府や国出先機関で迅速に行うことを目的として、衛星雨量データを土砂災害の危険度分析に活用する手法について研究している。本稿は、その成果を報告するものである。



図-1 土砂災害警戒情報に関するイメージ

2. 衛星雨量について

2.1 衛星雨量の概要

表-1に現在準リアルタイムに無償提供されている衛星雨量の製品を示す。それぞれ、利用しているセンサーの組み合わせとアルゴリズムが異なることにより、空間解像度および時間解像度が異なる。

表-1 リアルタイム人工衛星雨量の諸元

プロダクト名	3B42RT	CMORPH	QMorPH	GSMaP
提供元	米国航空宇宙局 (NASA/GSFC)	米国海洋大気庁 (NOAA/CPC)		日本宇宙航空研究開発機構 (JAXA/EORC)
対象範囲	50N~50S	60N~60S	60N~60S	60N~60S
空間解像度	0.25°	0.25°	0.25°	0.1°
時間解像度	3時間	3時間	0.5時間	1時間
配信遅れ時間	10時間	15時間	2.5時間	4時間
座標系	世界測地系 (WGS)			
データ期間	2000年3月以降	2002年12月以降	直近2日間	2000年3月以降
衛星雨量製品作成に利用している衛星センサー	TRMM/TMI Aqua/AMSR-E AMUS-B DMSP/SSM/IIR	TRMM/TMI Aqua/AMSR-E AMUS-B DMSP/SSM/IIR		TRMM/TMI Aqua/AMSR-E AMUS-B DMSP/SSM/IIR ADEOS-II/AMSR

2.2 衛星雨量の構成

衛星雨量²⁾は表-1最下段「衛星雨量製品作成に利用している衛星センサー」に示すように、複数の地球観測衛星のデータより算出されている。衛星雨量の作成に使用される観測センサーには、「可視赤外センサー」、「マイクロ波放射計」、「降水レーダ」の3種類のセンサーがある。

可視赤外センサーは、雲頂温度（すなわち、雲の高さ）と地表での降雨強度には統計的に一定の関係があるという仮定をもとに降雨量が算出される。

マイクロ波放射計（例えばTRMM/TMI）は、観測されたマイクロ波の輝度温度³⁾に対してセンサーの特性を反映した適切な降水強度を仮定した降水物理モデルと放射伝達方程式を元に割り出している。

降水レーダ（例えばTRMM/PR）は、自ら発射した電波が雨粒や雪粒子に当たり、反射して戻っ

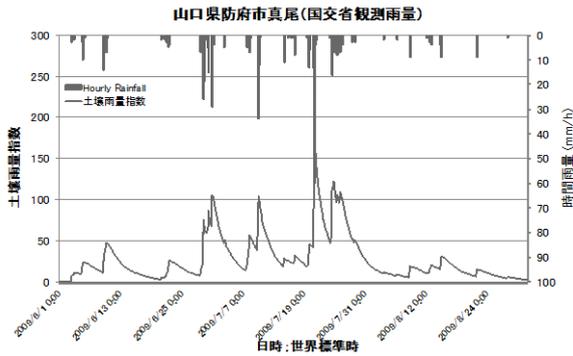


図-2 防府市真尾観測雨量 (Jun.2009~Aug.2009)

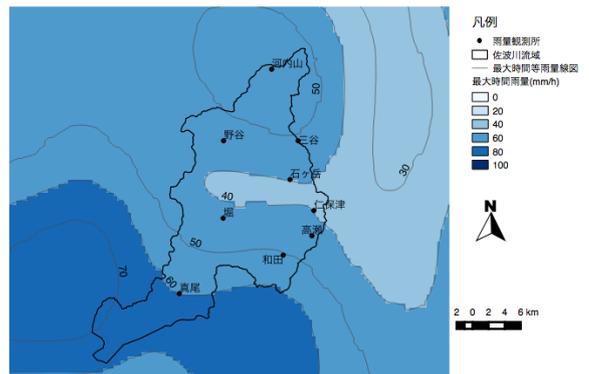


図-4 佐波川最大時間雨量分布図(2009.7.19~21)

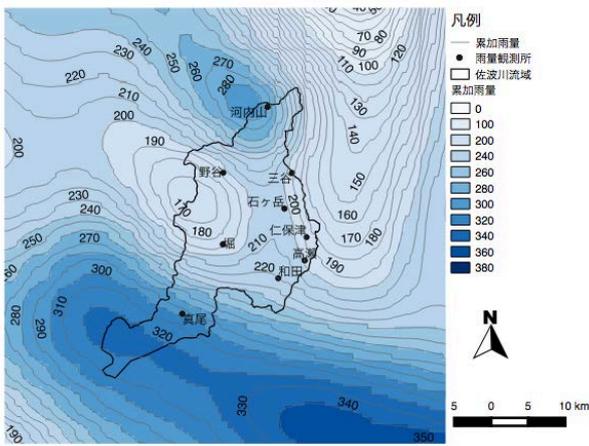


図-3 佐波川流域累加雨量分布図(2009.7.19~21)

グラフの作成には、多数の死者・負傷者が発生した山口県防府市真尾地先にある国土交通省の水文観測所のデータを用いた。

2009年7月の1ヶ月の雨量は688mmに達し、7月の平年値 294.9mm (1981~2110年(防府 AMeDAS)) を2倍以上上回る雨量を記録している。また、土砂災害が多発した平成21年7月21日以前においても30mm/hを超える時間雨量、7月1日から災害が発生した20日までの総雨量213mmを記録していた。

図-3に災害をもたらした一連の降雨期間を含む2009年7月19日から7月21日までの累加雨量(mm)分布図を示す。佐波川流域では北部の河内山、南部の防府市(図-3、4 真尾付近から南東に位置する)で累加雨量の多い範囲が分布しており、特に南部では、真尾をはじめとする土砂災害が集中して発生した範囲とほぼ重なることがわかった。

また、図-4に同期間の最大時間雨量分布を示す。累加雨量とほぼ同じ分布の傾向を示していることが分かる。

3.2 衛星雨量による土砂災害危険度分析

土砂災害が発生した一連降雨(2009年7月20日から7月23日)を対象に土砂災害警戒雨量の解析を行った。解析対象には、多数の死者・負傷者が発生した、山口県防府市真尾地先を含むセルの降雨データを採用した。

図-5に地上観測雨量および衛星雨量より作成したスネーク曲線(上段)、時間雨量・長期雨量指標(下段)のグラフを示す。グラフは実線:地上観測雨量、点線:3B42RTRT雨量、破線(紫):GSMaP補正雨量、破線(緑)GSMaP未補正雨量によるグラフを示している。

てきた電波(降水エコー)の強度から雨や雪の強さを推定する装置である。これまで観測がほとんどなかった海上での台風の3次元構造を捉えることにより、さらなる精度向上が図られているものである。

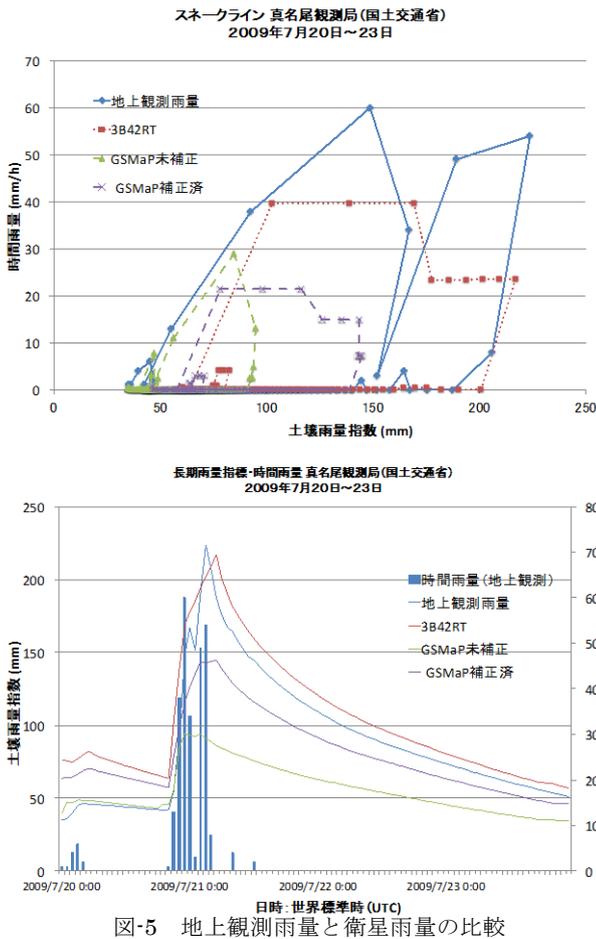
衛星雨量は、これらのデータを用い算出されているが、常時観測される静止衛星の可視赤外センサー観測データをベースにして、間欠的に観測される周回衛星観測データにより、周回衛星が観測していない時間帯のデータを補正して算出されている。

3. 衛星雨量による土砂災害危険度分析

衛星雨量を用いた土砂災害の危険度分析を、2009年7月に発生した山口県防府市土砂災害を事例として実施した。以下にその結果について述べる。

3.1 山口県防府市土砂災害の概要

図-2に災害の発生日時をはさむ、2009年6月初頭から8月末までを対象にした時間雨量および長期雨量指標(土壌雨量指数)をグラフに示す。なお、



GSMaPの補正とは、3時間累加雨量の各メッシュの分布状況から雨域の移動量を推定し、その量に応じて雨量に補正係数を乗ずる方法である⁴⁾。

衛星観測降雨量が実測値より過少に算出されていることから、スネーク曲線⁵⁾の形状が実測値のそれに比べ縦方向に縮んだ形状となっている。一方、長期雨量指標はその地上観測雨量値による時間毎のそれと時系列変化の形状が調和的であると見ることができる。

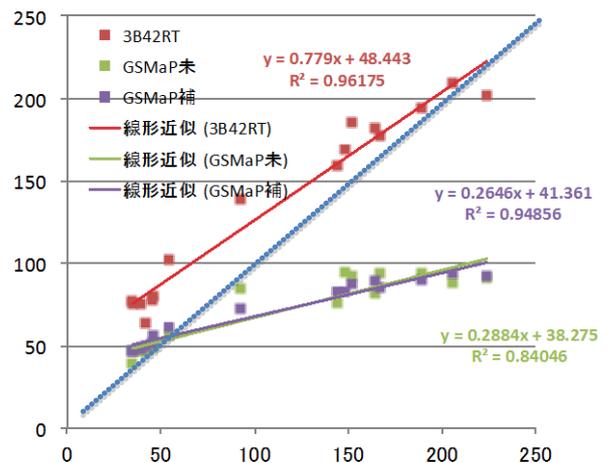
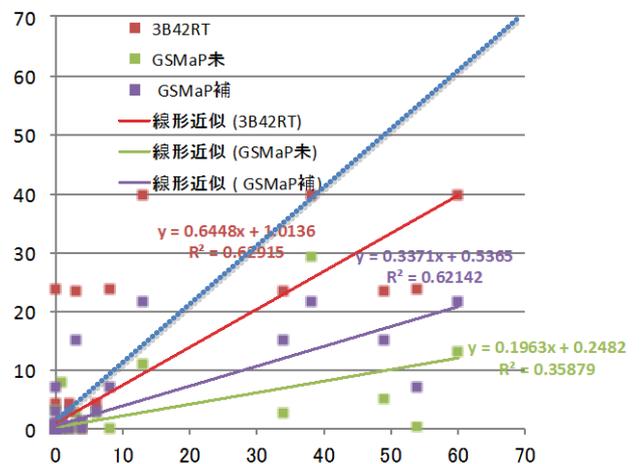
さらに、衛星雨量と地上観測雨量の関係を詳しく分析するために、横軸に地上観測雨量、縦軸に衛星雨量をとり、時間雨量および長期雨量指標(土壌雨量指数)について分散図を作成した(図-6および図-7)。

今回分析した山口県防府市真尾地先における一連降雨(2009年7月20日から23日)においては、図-6に示したように、線形近似すると時間雨量では地上観測雨量に対して衛星雨量は全て小さく算出されている。加えて、衛星雨量3B42RTと衛星雨量GSMaPの補正值に比べ、GSMaPの未補正值は地上雨量との相関がそれらに比べ低く算出され

ている。

一方、図-7の降雨時の長期雨量指標では、3B42RTにおいてはやや過大気味に算出される一方、GSMaPにおいては未補正、補正ともに過少に算出されることが分かる。

通常、長期雨量指標は一連降雨による土砂災害のポテンシャルを相対的に表現するものである。これに対し、短期雨量指標は1時間雨量による土砂災害発生のトリガーとなる強雨の継続傾向を示し、警戒避難における避難時期を判断するために用いられる。土砂災害の発生事例を基に発生基準を設定し、避難などのリードタイムを考慮して、警戒基準、避難基準を設定する。



今回の分析では、衛星雨量と地上観測雨量の長期雨量指標との高い相関が得られたことから、これを土砂災害発生のポテンシャル推定に利用でき

ると考えられる。

4. まとめ

土砂災害警戒情報において観測データが充実している我が国の状況と途上国の現状を比較した上で、衛星雨量データの活用可能性を整理した。それを踏まえて、2009年7月に山口県防府市に多大な被害をもたらす土砂災害が発生した一連降雨を対象としてフィージビリティスタディを行った。

結果として、短期雨量指標となる時間雨量は地上観測雨量に比較して衛星雨量が過少に算出されたばかりではなく、相関が低く土砂災害の警戒避難の判断に用いるには不適當であった。一方、長期雨量指標（今回は土壤雨量指数を用いた）は3B42RTでほぼ地上観測と同じで、GSMaPにおいては過少であったが、いずれも地上雨量との相関が高かったことから、土砂災害発生ポテンシャル推定に用いることが可能と考えられる。

これらを踏まえ、衛星雨量は観測から提供されるまで最短で4時間のタイムラグがあるため、2～3時間の警戒避難基準雨量に用いることはできないが、普通雨量観測やレーダ雨量観測等の機器およびネットワークが整備されていない途上国においては危機管理対応の初動を判断する有益な情報をもたらされるものと考えられる。

衛星雨量が10km四方の空間分解能で提供されることと合わせて考えると、溪流単位、地先単位での利用はできないことから、流域または水系単位の土砂災害ポテンシャル情報として、気象情報を

補足する土砂災害情報のような情報として利用することが考えられるが、具体的な利用方法は今後の課題である。

参考文献

- 1) 大井英臣：「警報器付簡易雨量計の開発」、砂防と治水、38(2)、pp.61～64、2005、全国治水砂防協会
- 2) 衛星雨量：例えばJAXA、全球降水観測計画“GPM”、<http://www.eorc.jaxa.jp/GPM/index.htm>、2014年8月時点
- 3) 輝度温度：例えば気象衛星センター、衛星プロダクト、海面水温、<http://mscweb.kishou.go.jp/panfu/product/product/sst/>、2014年8月時点
- 4) 深見和彦、杉浦友宣、猪俣広典：1.3人工衛星情報等を活用した洪水予警報のための基盤システム開発に関する研究、<http://www.pwri.go.jp/jpn/seika/project/2008/pdf/2008-1-3.pdf>、2014年8月時点
- 5) スネーク曲線：例えば長崎県土木部砂防課、わかりやすい土砂災害危険度判定図、http://www.kasen-sabo.pref.nagasaki.jp/hane/snake/snale_help.html、2014年8月時点
- 6) 土砂災害の警戒避難基準雨量：例えば瀬尾ら、土砂災害警戒避難基準雨量の課題と改良について、砂防学会誌、Vol.53、No.6、pp.37～44、2001
- 7) 土壤雨量指数：例えば岡田ら、土壤雨量指数、天気、Vol.48、No.5、pp.349～356、2001
- 8) 2009山口県防府市土砂災害；例えば西ら、平成21年7月中国・九州北部豪雨による山口県防府市の土砂災害、土木技術資料、第51巻、第9号、pp.4～7、2009
- 9) K. Okamoto, T. Iguchi, N. Takahashi, K. Iwanami and T. Ushio, 2005: The global satellite mapping of precipitation (GSMaP) project, 25th IGARSS Proceedings, pp. 3414-3416.

清水孝一



(独)土木研究所つくば中央研究所
土砂管理研究グループ火山・土
石流チーム 総括主任研究員
Yoshikazu SHIMIZU

岡積敏雄



国土交通省総合政策局海外プロ
ジェクト推進課国際建設管理官
(前 (独)土木研究所水災害・リ
スクマネジメント国際センター
水災害研究グループ席研究員)、
博士(工学)
Dr. Toshio OKAZUMI

石塚忠範



(独)土木研究所つくば中央研究所
土砂管理研究グループ火山・土
石流チーム 上席研究員
Tadanori ISHIDUKA