

重 24 全球衛星観測雨量データの海外における土砂災害への活用技術に関する研究

研究予算：運営費交付金（一般勘定）

研究期間：平 23～平 25

担当チーム：水災害研究グループ（防災）、土砂管理研究グループ（火山土石流）

研究担当者：清水孝一、岡積敏雄、石塚忠範、バドリ・シュレスサ

【要旨】

本研究は、レーダ雨量計や気象観測点が密に整備されていない途上国において、多数の地上観測を必要としない、衛星観測雨量データを用い国全域あるいは地域レベルを対象とした土砂災害の危険度を推定する技術を開発することを目的としている。

平成 23 年度は平成 21 年に発生した台風 8 号（モラコット）により台湾南部で発生した大規模深層崩壊などの土砂災害を対象として衛星雨量の適用性について検討を行った。

キーワード：土砂災害、衛星雨量、GSMaP、モラコット、危険度推定手法

1. はじめに

近年、台風モラコットによる台湾での大規模深層崩壊（2009）、レイテ島での大規模地すべり（2004）など、集落がまるごと失われるような大規模土砂災害が発生している。

途上国においては、気象観測点が十分に整備されておらず、国および地方政府が管内の災害危険度を判断する情報が不十分である（図-1）。



図-1 我が国と途上国の土砂災害警戒情報に関するイメージ

一方、地域コミュニティレベルの警戒避難体制においては、現地ですべて入手可能な材料を用いた簡易かつ安価な雨量計および警報装置が開発され、その普及が進められているところである。

大規模土砂災害の危機管理対応のため、多数の地上観測を必要としない、国全域あるいは地域レベルを対象とした土砂災害の危険性を推定する技術が求められている。

本研究は、レーダ雨量計や気象観測点が密に整備されていない途上国において、多数の地上観測を必要としない、衛星観測雨量データを用い国全域あるいは地域レベルを対象とした土砂災害の危険度を推定する技術を開発することを目的としている。

2. 研究の内容

2.1 研究概要

本研究の概要は以下の通りである。

- ① 大規模な土砂災害の事例と、その原因となった降雨データ（衛星・計器等）を収集整理する。
- ② IFAS が有する補正された全球衛星観測雨量データを山岳地域に用いるための検証を行う。
- ③ 2009 年（平成 21 年）9 月に台湾で発生したモラコット台風災害と山口県防府市における土砂災害を対象に、全球衛星観測雨量データを用いた各種土砂災害の危険度解析を行いその結果を検証する。
- ④ 検証結果を評価し全球衛星観測雨量データを用いた土砂災害の危険度解析手法を提案する。

本年度は、台風モラコットによる台風災害に関する情報を収集するとともに、地上観測雨量と衛星雨量をもちいて、我が国で実用化されている土砂災害の警戒情報の

作成手法により得られた結果を比較検討した。

2. 2 衛星観測雨量

表1に現在準リアルタイムに無償提供されている衛星観測雨量の製品を示す。それぞれ、利用しているセンサの組み合わせと異なるアルゴリズムにより、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観測雨量の諸元

プロダクト名	3B42RT	CMORPH	QMORPH	GSMaP
提供元	NASA/GSFC	NOAA/CPC	NOAA/CPC	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	30分	1時間
配信遅れ時間	10時間	15時間	2.5時間	4h時間
座標系	WGS			
データ期間	Dec. 1997~	Dec. 2002~	Recent 2days	Dec.2007~
利用しているセンサ	TRMM/TMI Aqua/AMSR-E AMSU-B DMSP/SSM/I IR	Aqua/AMSR-E AMSU-B DMSP/SSM/I TRMM/TMI IR		TRMM/TMI Aqua/AMSR-E ADEOS-II/ AMSR SSM/I IR AMSU-B

本研究では空間解像度および時間解像度の高いJAXAが提供するGSMaP(1時間ごとに観測4時間遅れの提供)の使用を基本とするが、プロダクトの違いによる解析雨量の違いを検証するとともに、過去に遡って長期間の解析を行うことを想定してNASAが提供する3B42RT(3時間ごとの観測10時間遅れの提供)についても使用することとした。

3. 平成23年度に実施した研究内容と成果

3.1 台風モラコットの概要

台風モラコットは、2009年(平成21年)8月3日に発生、8月7日夜半東海岸に上陸し8月8日午後西海岸に抜け台湾南部を横断した。この間、8月7日から9日の3日間雨量は世界記録に匹敵する総降雨量を記録し、中南部に多大な洪水・土砂災害被害をもたらした。

なかでも、高雄県少林村において一集落丸ごと被災するような大規模な土砂災害が発生し、“深層崩壊”という事象を広く世界に認識させるに至った。

3.2 台風モラコットによる土砂災害分布図の作成

台風モラコットによる土砂災害は、少林村における深層崩壊ばかりでなく、多数のがけ崩れや土石流が集中して発生している事例が見られることから、ALOS(AVNIR-2)のモラコット台風災害前後の画像を比較し土砂災害分布図を作成した。使用した画像は表-2のとおりである。台湾は2008年シンラコウ、2009年モラコットと重ねて台風災害に見舞われており、解析に用いた画像の観測期間にこれら台風が来襲しているが、シンラコウでは台湾北・中部地域を中心に被害が記録されて

おり、対象地はモラコットによる災害がシンラコウによる災害をはるかに上回っていることからモラコットによる災害分布が得られるものとし画像を選定した。

表-2 解析画像の諸元

観測日	シーンID	軌道	フレーム	備考
2008/1/21	ALAV2A106053130	98	3130	台風前
2009/12/11	ALAV2A206703130	98	3130	台風後



解析画像範囲を図-2に示す。解析方法は、小山内ら(2009)によるものとした。(図-3)。図-2の囲み範囲が表-2に示した画像の範囲である。この範囲を基本フローにより解析を行い、その結果に対し傾斜3°以下、標高50m以下を傾斜・標高フィルタとシマスクし、得られた抽出範囲が囲み右側の描画範囲である。

図-2 土砂災害分布図作成範囲

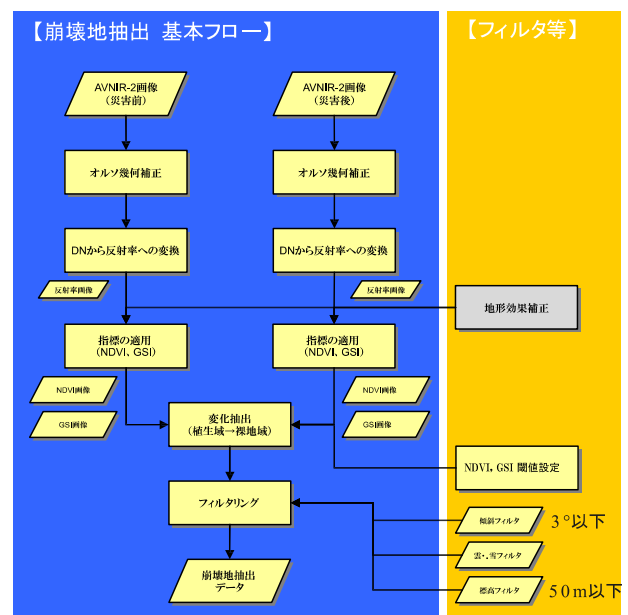


図-3 画像解析フロー

3.3 衛星雨量データの作成

衛星雨量データを作成した範囲を図-4に示す。衛星雨量データは、IFASのデータインポート機能を用い、インポートしたデータの欠損値の穴埋め、補正を実施した。IFASにはGSMaPデータを補正する機能を備えており、補正GSMaPデータを含む、4種類の雨量データを、衛星雨量GSMaPの空間解像度である10kmの大きさで出力した。図-4は2009年8月8日14時(GMT)のGSMaP

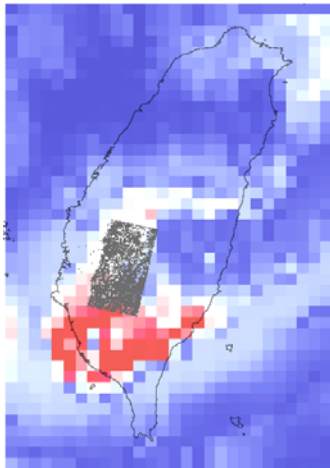


図-4 衛星雨量データ作成範囲

データを用いその作成範囲を示したものである。

雨量データには、3B42、GSMaP 未補正、GSMaP 補正に加え、これらの衛星雨量と比較検証するために台湾気象局より提供された地上観測雨量を用いた。なお、データ解析に用いた期間は、平成 21 年 8 月 7 日から 8 月 10 日までである。

3. 4 衛星雨量データの解析

3.3 で作成した雨量データを用い、我が国で運用されている土砂災害警戒避難基準雨量の連携案により解析を行い、その結果を比較分析した。

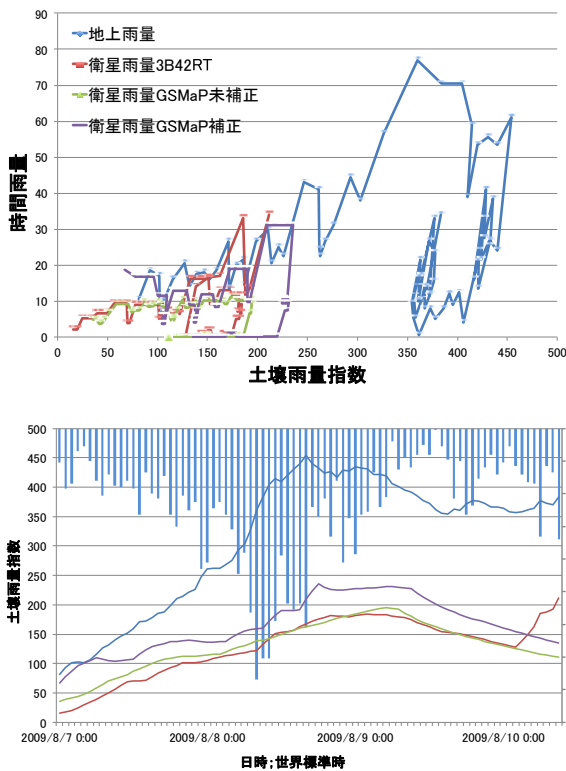


図-5 Xaolin における雨量解析結果

比較分析するのは、大規模な被害を発生させた少林村の深層崩壊が位置するピクセル(Xaolin)、小規模な斜面崩壊、土石流が集中して発生しているピクセル (Meishan)、2008 年のシンラコウにより土砂災害が多発した台中の九分二山を含むピクセル(Changxing-Qiao) の 3 つを対象とした。九分二山では、2004 年九九地震に

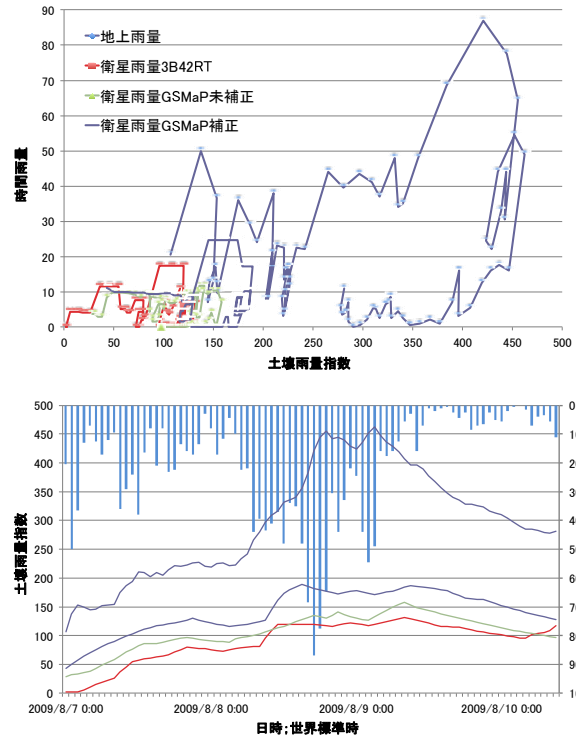


図-6 Meishan における雨量解析結果

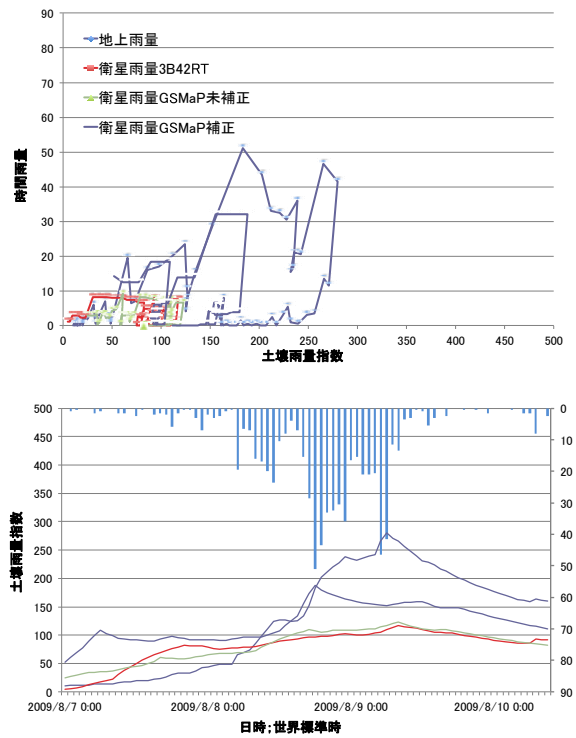


図-7 Changxing-Qiao における雨量解析結果

より大規模な地すべりが発生し、天然ダムが形成されたほか、表層崩壊が多数発生するなどの災害が発生している。しかしながら、モラコット台風では大きな被害は発生していない。

3. 5 解析結果の分析

前項の解析結果より、地上雨量に比較して衛星雨量がいずれも過少に算出されていることが分かる。この傾向は、これまでも衛星雨量に関する研究結果と調和的である。

この原因として考えられるのは、表-2に示したように衛星雨量データは複数の地球観測衛星データより算出されていることによるものと考えられる。衛星雨量データの算出には、「可視赤外センサ」、「マイクロ波放射計」、「降水レーダ」の3種類の衛星観測データが用いられている。このうち、可視赤外センサの主なもの気象衛星「ひまわり」のように静止衛星が挙げられる。静止衛星からは雲頂温度（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。軌道距離が約36,000kmあり、常時データを取得できる一方で、地上空間分解能が大きく、観測する雲の分布がすなわち降雨の分布とならない場合があることから、雨量算出時に大きな誤差を生ずることに繋がっている。

マイクロ波放射計は、地表面や大気、雨粒から自然に放射される微弱なマイクロ波を捉えることにより降雨や大気の状態などを観測する。可視赤外センサの弱点を補うものとして開発された。しかし、雲の分布と降雨の分布は必ずしも一致する訳ではなく、また雲頂温度と降雨強度の関係も必ずしも全球で一定ではないという課題がある。

降水レーダは、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。

マイクロ波放射計および降水レーダは、地球周回衛星に搭載され約600kmと静止衛星に比べ低い高度より観測することから、空間分解能が小さい観測データが得られるばかりでなく、用いているセンサの特質から可視赤外センサに比較して降雨量算出時の誤差が小さい。

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。

台風モラコットがもたらした降雨は、約3日間降り続き、世界記録に匹敵する総雨量を記録した。このように長期間強い雨が降り続く場合、周回衛星の観測頻度を高

める。あるいは降雨量算出アルゴリズムの改良などの対応策が必要とされる。

モラコットにより長期間降り続く大きな総降雨量を記録し、深層崩壊あるいは土砂災害が集中したXaolin(図-5)、Meishan(図-6)に比較して、今回災害の少なかったChangxing-Qiao(図-7)では、地上雨量観測と衛星雨量の差が小さくなっていることが確認される。

Changxing-Qiaoでは他の2箇所比べ小さいもののスネークカーブの軌跡、土壌雨量指数、時間雨量の差は地上観測雨量、衛星雨量のそれを比較して小さくなっていることが確認できる。

4. まとめ

台風モラコットを対象として、我が国の土砂災害警戒避難基準雨量算出方法による衛星雨量を用いた危険度評価の適用性について検討した。

その結果、深層崩壊など多大な被害が及んだエリアでは、地上観測雨量との差が大きく見られた。その差が小さかったChangxing-Qiaoのデータを精査すると、我が国で土砂災害をもたらす規模の雨が記録されており、モラコットのような極大雨量に適用することは難しいが、発生頻度が高い降雨では適用できる可能性が確認された。

今後、より長期間詳細な観測データや土砂災害の発生情報が得られる日本国内で適用性の検討を進める予定である。

参考文献

- 1) 衛星観測雨量；例えば、TRMM JAXA
http://www.eorc.jaxa.jp/TRMM/index_j.html
- 2) 2009台風Morakotによる台湾の災害；例えば藤田，2009年台風MORAKOTによる台湾水・土砂災害，京都大学防災研究所年報，第53号A．p.73-83，2010
- 3) 小山内ら，「地球観測衛星ALOS(だいち)による広域を対象とした崩壊地の抽出手法について(その1)」、「同(その2)」、平成21年度砂防学会研究発表会概要集,pp.420-423
- 4) 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，p.37-44，2001
- 5) 土壌雨量指数；例えば岡田ら，土壌雨量指数，天気，vol.48，no.5，pp.349-356，2001.

A STUDY ON PREDICTION OF SHALLOW-LANDSLIDE AND DEBRIS FLOW BY THE SATELITTE RAINFALL DATA

Budged : Grants for operating expenses

General account

Research Period : FY2011-2013

Research Team : Water Related Disaster Research Group(Disaster Prevention), Sediment Related Disaster Research Group (Volcano and Debris Flow Research Team)

Author : SHIMIZU Yoshikazu

OKAZUMI Toshio

ISHIZUKA Tadanori

SHRESTHA Badri

Abstract : In Asia, large-scale sediment-related disasters which can sweep away an entire settlement occur frequently. Leyte Island suffered from a huge landslide in 2004, and Typhoon Molakot in 2009 caused huge landslides in Taiwan. In the event of these sediment-related disasters, immediate responses by central and local governments are crucial in crisis management.

In developing countries, however, only limited rainfall information is available from regular and radar rain gauge networks.

This study confirmed that it is possible to deliver information on the risk level of sediment-related disasters such as shallow-landslides and debris flows by the satellite rainfall data. The prediction method tested in this study is expected to assist sparsely gauged areas in timely emergency responses to rainfall-induced natural disasters.

Key words : prediction, shallow-landslide, debris flow, satellite rainfall

