

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 29 日現在

機関番号：17301

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2016

課題番号：25820226

研究課題名(和文) 衛星観測を活用した水災害の早期警戒システムの構築

研究課題名(英文) Development of early warning system for water-related disasters by using satellite remote sensing

研究代表者

瀬戸 心太 (SETO, Shinta)

長崎大学・工学研究科・准教授

研究者番号：50533618

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：人工衛星による観測を用いて、洪水などの水災害を検知し、防災に役立てるための研究を行った。衛星観測をもとに降水強度を推定した衛星降水マップを、日本の気象庁の雨量計による観測値を用いて検証した結果、20mm/hを境に弱い雨の推定は良好だが、強い雨の推定には改善の余地があることが示された。修正を行った衛星降水マップを用いて、大雨特別警報に相当する50年に一度程度の豪雨を検知できることが示された。そのほか、衛星観測による浸水域の検出や、九州地方を対象に高空間分解能で水資源のシミュレーションを行った。これらの成果を、今後は世界の他地域に応用し、水災害の減災に貢献することが十分期待できる。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study is to detect water-related disasters earlier and contribute to prevention and mitigation of water-related disasters by using satellite remote sensing. Satellite rainfall map is compared with Japan Meteorological Agency's rain gauge data, and it is found that estimates lower than 20 mm/h is basically reliable, but those higher than 20 mm/h are likely to be overestimated. Modified satellite rainfall map is successfully applied to detect heavy rainfall with the return period of 50 years or higher. Moreover, mapping of inundation area by using microwave radiometers and simulation of water resources with high spatial resolution in Kyushu Island are done in this study. These results will be applied to other regions than Japan and are expected to contribute to mitigation of water-related disasters.

研究分野：電波水文学

キーワード：水災害 衛星観測 降水レーダ マイクロ波放射計 水資源 浸水 大雨特別警報 豪雨

1. 研究開始当初の背景

衛星降水観測は、近年大きな発展を遂げている。衛星搭載のマイクロ波放射計を利用した降水観測は、陸上では、地表面からの射出が強いいため、高精度の降水観測は難しいとされてきた。1997年に、熱帯降雨観測衛星(TRMM)に降水レーダ(PR)が搭載され、陸上でも海上とほぼ同等の精度で降水量を観測できるようになった。また、PRを教師役とすることで、マイクロ波放射計による陸上での降水強度推定の研究が加速された。現在では、複数の研究グループにより、全世界(極域は除く)の降水量を10km・1時間といった高分解能で推定した衛星降水マップが開発されている。日本ではGSMaPを開発しアジアを中心に広く使われている。また、TRMMの後継機となる全球降水観測計画(GPM)の準備が進んでおり、二周波降水レーダ(DPR)を搭載した主衛星は2014年初め頃の打ち上げを予定している。

2. 研究の目的

衛星降水観測の重要な応用分野として、水災害があげられる。特に、雨量計や地上レーダによる地上の観測網が十分整備されていない途上国において、衛星降水観測に対する期待が高い。しかしながら、衛星降水観測の水災害分野への応用は、まだ緒に就いたばかりであり、実用化にはいくつかの大きな課題を抱えている。精度の改善のためには、衛星降水マップを構成する個別のセンサに対する降水強度推定アルゴリズムの検証と改良を地道に進めることが不可欠である。

その一方で、昨年発生したタイ・チャオプラヤ川流域の大規模な洪水(以下、タイ洪水)をみるに、衛星降水観測を活用することは急務であると感じる。衛星降水マップの改良と実利用を同時並行的に進める必要がある。

日本国内では、タイ洪水のような大規模な洪水氾濫は近年例がないが、比較的小規模な氾濫、都市部での水難事故、土砂災害は毎年発生している。背景として短時間豪雨の増加が指摘されており、都市部を中心にXバンドレーダの整備が急速に進んでいる。PRやDPRなどの衛星搭載降水レーダはXバンドレーダと同様に短時間豪雨をとらえるという点で高いポテンシャルを持っていることから、その情報を水災害対策に直接活用することを検討する必要がある。

3. 研究の方法

本研究では以下の(1)～(4)の項目に重点をおいて衛星降水観測の改良をすすめるとともに水災害対策への利用を検討する。

(1) 衛星降水観測の精度検証を、時間スケールに留意して、降水強度帯別に行うことにより、短時間豪雨に対する推定精度を明らかにする。衛星搭載降水レーダについては、既往

研究の発展として、DPRも含めて、より広範囲に検証する。衛星搭載降水レーダに比べて、マイクロ波放射計を中心に用いた衛星降水マップの短時間豪雨推定精度は低いと予測されるが、実際にそうであるならば、前者を活用した後者の改良法について検討する。

(2) 衛星降水観測をもとに作成した降水量を入力として、水文モデルおよび統計的手法を用いて、各種水災害(外水氾濫・内水氾濫・土砂災害)のリスク(災害発生確率・被害額の期待値)の算出を行う。水文モデルやリスク算出手法については、既存の方法を用いるが、雨量計などの降水量を入力した場合と比較して、降水量データの精度・分解能・時間スケールの違いがリスク算出結果に与える影響を詳細に検討し、必要に応じてモデルや手法の修正を行う。

(3) 衛星降水マップのさらなる精度向上のため、既往研究を発展させて、間接推定における定量的な降水量の推定手法を開発する。水文モデルで計算される表層土壌水分量および氾濫面積から輝度温度を計算するフォワードモデルおよびデータ同化手法を導入する。

(4) 以上の成果を「水災害の早期警戒システム」として実装し、日本またはタイを対象としてリアルタイム運用を行う。

4. 研究成果

研究の方法(1)～(4)に関連して、以下の成果が得られた。

(1) PRおよびGSMaPと地上気象観測1分値データの比較

PRによる地表面付近の降水強度推定値と雨量計による降水強度観測値(1分値)を比較した。0.5mm単位で記録される雨量計の1分値をmm/h単位に直すと、30mm/h単位となる。また、PRのフットプリントと雨量計の観測範囲には大きな違いがある。このため、PRの推定値1dBごとに、対応する雨量計の降水強度観測値を平均して比較を行った。また、PRの観測高度を考慮して、PRと雨量計のデータに時間差を与えて比較した。さらに、雨量計の1分値データを時間平均してから、PRと比較した。その結果、PRによる50mm/h以上の推定値は過大評価である可能性が高いことが示唆された。ただし、PRのversion6プロダクトに比べると、version7プロダクトでは過大評価の程度が緩和されている。また、PRと雨量計の時間差として、PRの観測高度250mに対して1分の時間差をつけると良いことが分かった。

同様の解析をGSMaPに対して行った。GSMaP_MVK(V5.222.1)を用いている。GSMaPは1時間単位のデータであるが、マイクロ波放射計による観測が使われている場合は、その観測時刻が示されており、それを利用した。マイクロ波放射計の観測がない時間帯は、評価対象外とした。比較する雨量計データは

GSMaP の観測時刻から 10 分平均を用いた。結果として、GSMaP が 20mm/h 以上の推定値を与えている場合は、強い過大評価をしていることが示唆された(図 1)。マイクロ波放射計の中でも、imager ではなく sounder が使われる場合、過大評価の程度が高い。雨量計補正を加えた GSMaP プロダクトで同様の解析をした場合、弱い雨については精度が向上したことが示されたが、強い雨についての過大評価傾向は変わらなかった。

以上のことから、PR や GSMaP で示される「強い雨」は、過大評価されている可能性が高く、極値統計として扱う場合には注意が必要であると言える。

(2) GSMaP を用いた大雨特別警報相当の豪雨判定

GSMaP を用いて、気象庁の大雨特別警報の基準の一つ(48 時間降水量が 50 年確率を超える)に相当する豪雨の判定手法を開発する。まず、GSMaP により、年最大 48 時間降水量の確率分布を求める。これから計算される 50 年確率の 48 時間降水量(R48_50_GSMaP)を、大雨特別警報に用いられる 48 時間降水量の 50 年に一度の値(R48_50_JMA)と比較した。多くの場所で、R48_50_GSMaP は、R48_50_JMA の半分程度の値であるが、北海道や東北の一部に R48_50_GSMaP の方が高い場所がみられる。これらの地域では、積雪を強い降水と誤って判定している可能性がある。積雪マスクを適用した結果、R48_50_GSMaP の方が高い場所はほとんどなくなった。

GSMaP の 48 時間降水量が R48_50_GSMaP を超える格子を求め、その格子数が多いケースを抽出した。最も多かったのは 2009 年 8 月 8 日 20 時～の 48 時間であり、熱帯低気圧と台風 9 号による豪雨で兵庫県佐用町などで被害が発生したケースである。このとき、GSMaP では、四国および兵庫県を中心に、48 時間降水量が R48_50_GSMaP を超える格子が多くみられており、豪雨域を正しくとらえることに成功している。また、2 番目に格子数の多かったケースは、平成 18 年 7 月豪雨による九州南部の豪雨を捉えている。一方で、平成 16 年 7 月福井豪雨のように降水継続時間が短かった事例は、GSMaP では捉えられてない。また、2015 年 9 月の関東・東北豪雨については、GSMaP のデータをそのまま使うのではなく、マイクロ波放射計による観測のある時間のみを用いて 48 時間降水量を算出すると、南北に延びる豪雨域を抽出することに成功した。

以上のことから、GSMaP のデータは積雪マスクやマイクロ波放射計による観測時間帯の利用などの修正をすることで、豪雨イベントやその発生域の抽出が可能である。

(3) 地表水マップの作成

マイクロ波放射計 AMSR-E を利用して地表

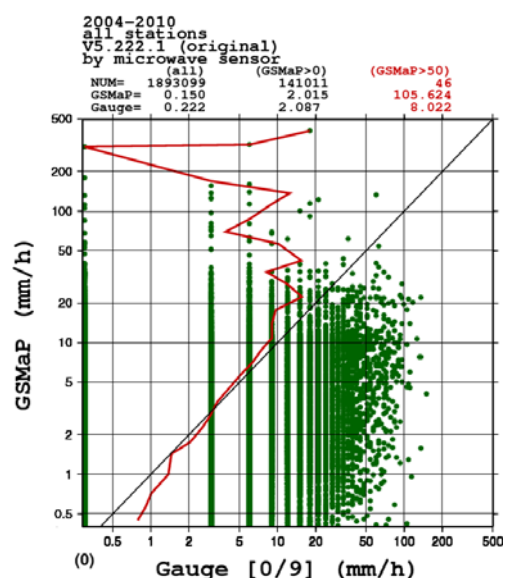


図 1 GSMaP(マイクロ波観測のある時間帯のみ)の降水強度推定値(縦軸)と雨量計(マイクロ波観測時刻から 10 分平均)観測値(横軸)の比較

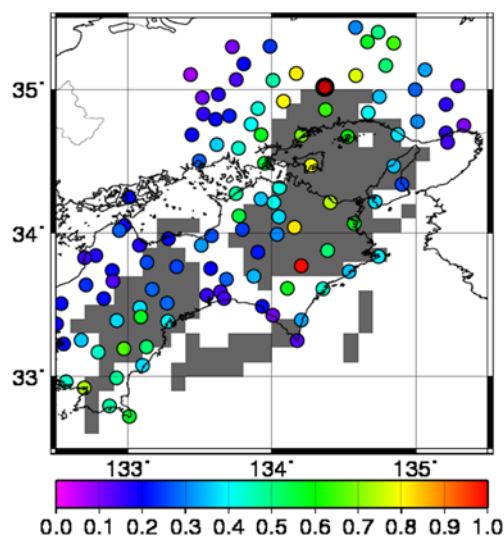


図 2 GSMaP による 48 時間降水量が 50 年確率を超える領域を灰色で示す。アメダスの雨量計による 48 時間降水量の大雨特別警報の基準値の比を○の色で示す。

水指標 NDFI、NDPI を求める竹内らの手法を、複数のマイクロ波放射計に適用し、6 時間ごとに地表水マップを作成した。マイクロ波放射計としては、GPM 主衛星搭載の GMI、GPM 副衛星群搭載の AMSR2、SSM/I(3 台)を利用する。GPM では、センサ間の補正を行った輝度温度データを公開しており、それを利用したが、地表水指標に直すとセンサ間のバイアスがみられたことから、改めて補正を行った。日本

域を対象に2015年1年分を試作した。その結果、関東・東北豪雨による鬼怒川の氾濫による地表水の変化を捉えることに成功した。(図3)

以上の手法を改良し、より広範囲(全球)・長期間での地表水マップの作成とその利用を目指し、新たな科学研究費課題を2017年度より開始した。

(4)九州地方における高解像度水文シミュレーション

全球統合水資源モデル H08 を、九州地方(31-34N、129-132E)に空間解像度1分で適用した。H08モデルでは、自然水循環だけでなく、農業用水利用、都市用水利用、ダムによる貯水の影響など人間活動による水循環も考慮して、河川流量を計算する。必要な入力データやマップデータを作成し、筑後川など主要な河川の流量を適切に再現することに成功した。

しかし、農業用水の取水量を過小評価している。これは、空間解像度1分で河道を表現するため、本流を含む格子以外では、農業用水が十分取水できないためであり、要は灌漑水路・導水路を表現できていないことが原因である。

「水災害の早期警戒システム」の実装には至っていないが、水資源モデルを高解像度でシミュレーションを行っている例は少なく、このシミュレーションをもとに、特に渇水災害についての対策(温暖化適応策を含む)に応用することが期待できる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計2件)

①瀬戸 心太、田口 諒、GSMaPを用いた大雨特別警報相当の豪雨判定、土木学会論文集B1(水工学)、査読有、72巻、2016、I_223-I_228 DOI:10.2208/jscejhe.72.I_223

②Shinta Seto、Toshio Iguchi、Nobuyuki Utsumi、Masashi Kiguchi、Taikan Oki、SOLA、査読有、9巻、2013、98-101 DOI:10.2151/sola.2013-022

[学会発表] (計12件)

①松島 匠、下妻 達也、瀬戸 心太、GSMaPを用いた治水計画の基本となる降水量の算出、GSMaPおよび衛星シミュレータ合同研究集会、2017年3月16日、名古屋大学環境総合館レクチャーホール(愛知県・名古屋市)

②峯 浩然、瀬戸 心太、複数のマイクロ波放射計を利用した全球地表水マップの作成、2016 土壌水分ワークショップ、2016年12月10日、広島大学東京オフィス(東京都・港区)

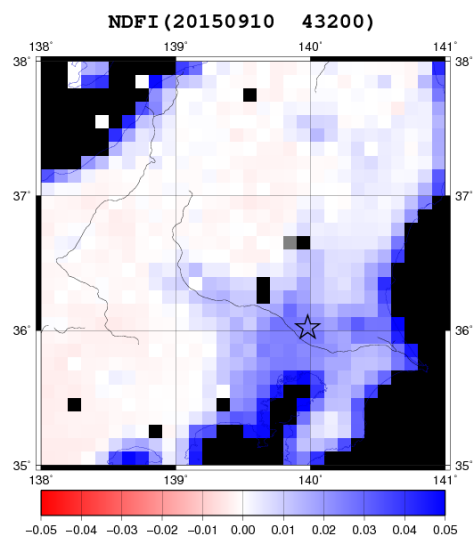


図3 2015年9月10日21時(日本時間)における地表水指標 NDFI

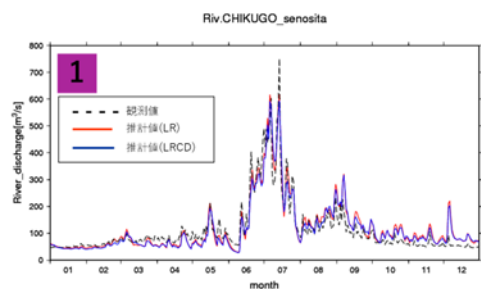


図4 筑後川瀬の下流量観測点における流量計算値(赤は自然水循環のみ、青は取水およびダムの効果を含む)と観測値(黒鎖線)の時系列(2001~2014年の平均)

③間地 暁洋、ジョン ジュンチャン、瀬戸 心太、H08 モデルを用いた九州地方における一級河川の河川流量の将来値推定、2016年9月17日、コラッセふくしま(福島県・福島市)

④峯 浩然、瀬戸 心太、複数の衛星マイクロ波放射計を用いた地表面水データセットの作成、水文・水資源学会2016年度研究発表会、2016年9月15日、コラッセふくしま(福島県・福島市)

⑤Junchang Jeon、Akihiro Maji、Shinta Seto、An automated system to simulate the river discharge in Kyushu Island using the H08 model、2015 AGU Fall Meeting、2015年12月14日、サンフランシスコ(アメリカ合衆国)

⑥Ryo Taguchi、Shinta Seto、Evaluation of the precision of return period calculated by GSMaP data、2015 AGU Fall Meeting、2015年12月14日、サンフランシスコ(アメリカ合衆国)

⑦田口 諒、瀬戸 心太、GSMaP データを用いた確率年降水量計算の精度評価、水文・水資源学会 2015 年度研究発表会、2015 年 9 月 9 日、首都大学東京南大沢キャンパス(東京都・八王子市)

⑧間地 暁洋、ジョン ジュンチャン、村本崇紘、瀬戸 心太、標高を考慮した九州の日単位気象グリッドデータの作成、水文・水資源学会 2015 年度研究発表会、2015 年 9 月 9 日、首都大学東京南大沢キャンパス(東京都・八王子市)

⑨林 翔太、瀬戸 心太、DPR におけるビーム内降水非一様性 (NUBF) の取り扱いに関する検討、第 58 回宇宙科学技術連合講演会、2014 年 11 月 13 日、長崎ブリックホール(長崎県・長崎市)

⑩林 翔太、瀬戸 心太、地上レーダデータを利用した TRMM-PR における降雨の非一様性補正手法の検討、日本気象学会 2014 年度秋季大会、2014 年 10 月 21 日、福岡国際会議場(福岡県・福岡市)

⑪田口 諒、瀬戸 心太、GSMaP データによる降水危険度の算出、2014 年度第 2 回 GSMap 研究会、2014 年 10 月 20 日、TKP カンファレンスシティ博多(福岡県・福岡市)

⑫ Shota Hayashi、Shinta Seto、NUBF correction for boundary of rain and no-rain area、AOGS 11th Annual Meeting、2014 年 7 月 30 日、ロイトン札幌ホテル(北海道・札幌市)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

瀬戸 心太 (SETO, Shinta)
長崎大学・工学研究科・准教授
研究者番号：5 0 5 3 3 6 1 8