

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 6 日現在

機関番号：13701

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25420519

研究課題名(和文) 衛星データと高解像度気象データを用いた実時間洪水予測手法の高度化に関する研究

研究課題名(英文) Improvement of real-time flood prediction with satellite images and high resolution climate data

研究代表者

児島 利治 (Kojima, Toshihaur)

岐阜大学・流域圏科学研究センター・准教授

研究者番号：90346057

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,700,000円

研究成果の概要(和文)：実時間洪水予測モデルの高度化を目的とし、衛星データによる植生分布の季節変動を加味した分布型降雨遮断モデルにより、豪雨時の降雨損失推定精度の向上を図った。MODISデータを用いた植生の季節変動情報を加えた分布型遮断モデルを構築し、その推定精度を検討したところ、残念ながら植生の季節変動を考慮しない解析結果よりも推定精度が悪くなるという結果となった。豪雨時に生じる降雨損失は、植生の季節変動による影響とは別の要因に大きく依存していることが示唆された。一方で、樹冠疎密度分布の年平均を用いた遮断率の推定結果は良好な精度を示し、本研究の提案手法は、流域の代表的な降雨損失の推定に有効であることが示された。

研究成果の概要(英文)：It is investigated to improve the estimation method of rainfall interception in order to improve a real-time flood prediction model with phenology by satellite images. The rainfall interception model with phenology information by MODIS NDIV images is developed. However the interception model with phenology information does not indicate better performance than another model with annual averaged crown densities distribution. It is suggested that canopy interception is not much affected by seasonal changes of canopy structures rather than other factors and the model is not suitable for real-time simulation. On the other hands, the produced interception model indicates better performance to estimate the interception loss with annual averaged crown densities information. It is suggested that the model is suitable to evaluate a typical interception loss for a specific basin.

研究分野：水文学

キーワード：林内水収支 樹冠疎密度 季節変動 降雨遮断モデル 高解像度植生分布

1. 研究開始当初の背景

気候変動の影響による集中豪雨の増加が問題視されており、実時間による洪水予測の重要性が増してきている。洪水予測に用いられる降雨-流出モデルは様々なものが実用化されており、有効雨量が既知であれば極めて高精度に予測が可能となっており、今後の実時間流出予測の精度向上には、降雨イベントごとに異なる流出率をいかに精度よく予測するかが大きな課題である。

雨量-保留量曲線や Horton の浸透能式のような土壌による浸透・貯留を基礎とした方法がよく利用される一方、総降雨量の 10~30% と有効雨量に大きく影響する要因である降雨遮断損失はあまり重要視されていない。樹冠による降雨遮断損失は気象条件と樹冠疎密度等の林分構造に影響されると考えられるが、詳細な過程についてはよく分かっていない。気象条件、林分構造の情報をモデルパラメータとした降雨遮断モデルの実用化により、降雨流出解析における有効雨量の推定精度、並びに実時間洪水予測の精度は飛躍的に向上すると考えられる。

2. 研究の目的

流域の空間的特性を取り入れた分布型降雨流出モデルが利用されるようになってきた。衛星データは広域情報の取得に有効であり、分布型流出モデルへの応用が期待されるが、主に標高データ、土地被覆・植生分布情報の活用にとどまっている。一方、日本の山地はほとんどが森林であり、林冠に阻まれて衛星より土壌の情報を得ることは非常に困難であるが、植生に関しては衛星データの利用価値は高い。また、気象庁では 2009 年以降日本周辺の 5km 格子のメソ客観解析データを配布している。岐阜大学では愛知県、岐阜県の 2 日先までの局地気象予報を 3km メッシュで公開しており、流域スケールでの高解像度気象情報の分布型流出モデルへの応用が可能となってきた。

本研究では、衛星データから得られた森林の構造に関する分布情報と高解像度気象データを用いた流域内の樹冠遮断量を評価する分布型樹冠遮断モデルを開発し、実時間洪水予測の精度向上を目的とする。

3. 研究の方法

本研究は岐阜県高山市の大八賀川流域 (60km²) を研究对象流域とする。対象流域下端では河川流出量の計測を実施している。また、流域内の落葉広葉樹、常緑針葉樹のコア観測サイトにおいて林内・林外雨量計及び微気象観測装置により、樹冠遮断現象の観測を継続して実施している。

本研究の実施項目は以下の通り。

(1) 樹冠遮断現象の現地観測と解析

観測サイトで樹冠通過雨を計測している観測機器の老朽化と今後の樹冠遮断計測の継続性も考慮し、気象庁アメダス雨量計と同

規格の雨量計の増設を行い観測データの精度向上を図る。また、一次元樹冠遮断モデルの構築、モデルパラメータ同定のため、観測データの整理、解析を行う。

(2) 衛星データによる遮断情報の解析

先行研究では、航空機搭載 Lidar データから得られた樹冠疎密度分布を林分構造データとして用いた。しかし航空機 Lidar はある一時期に撮影されたデータであり、植生の季節変動情報が付加されていない。本研究では観測回数が多く、植生の季節変動を把握することに適している MODIS データを用いることにより植生の季節変動情報が付加された遮断モデルの開発を実施する。また、植生タイプ別遮断モデル開発のため、高解像度衛星データによる植生タイプ分類を実施する。

(3) 遮断モデルの改良

先行研究では、常緑樹林観測サイトで得られたモデルパラメータを全流域に適用した。本研究では落葉樹林観測サイトで得られた現地観測データを用いて、植生タイプ別のモデルパラメータを同定し、モデルの改良を実施する。

(4) 分布型遮断モデルの構築

衛星データによる植生の季節変動情報、植生タイプ分布図及び高解像度気象データを利用した改良分布型遮断モデルを構築し、降雨イベントにおける遮断率の推定精度について検証する。

4. 研究成果

1) 樹冠遮断現象の現地観測と解析

大八賀川流域及び安食谷川流域 (30ha) で樹冠遮断現象の現地観測を実施した。研究代表者がこれまで継続して大八賀川流域で樹冠遮断現象の現地観測を実施してきたが、本研究では老朽化した観測機器を取り換え、観測の継続を行った。しかし、平成 26 年度の豪雪災害により、新たに設置した雨量計に多大に被害を蒙ったため、3) 以降の検討ではこれまでに蓄積した観測データを用いて研究を実施することとした。損害を免れた雨量計については観測は継続して実施している。被災した個所についての対策は検討中である。

2) 衛星データによる遮断情報の解析

航空機 Lidar により推定した樹冠疎密度 (LDCD) と MODIS データより得られた NDVI を比較し、 $LDCD=0.78NDVI+0.1$ の式を得た。これにより、MODIS データより植生の季節変動の情報を得る事が可能となった。MODIS データは雲による精度低下を避けるため、8 日間の合成画像で提供される。また、8 日間、降雨が継続している場合、その期間に該当する MODIS 画像の Quality は著しく低い場合がある。本研究では、解析に用いる降雨イベントの継続期間を考慮して、降雨イベントに直

表 1 降雨イベント期間と MODIS データ

Ev. no.	Start date	End date	MODIS DOY
1	2009/4/14	2009/4/20	97
2	2009/4/21	2009/4/24	(97+113)/2
3	2009/5/16	2009/5/22	129
4	2009/6/20	2009/6/29	(161+177)/2
5	2009/7/6	2009/7/13	(177+193)/2
6	2009/7/18	2009/7/20	193
7	2009/7/20	2009/7/24	193
8	2009/8/6	2009/8/9	209
9	2009/10/2	2009/10/5	273
10	2009/10/6	2009/10/14	(273+289)/2

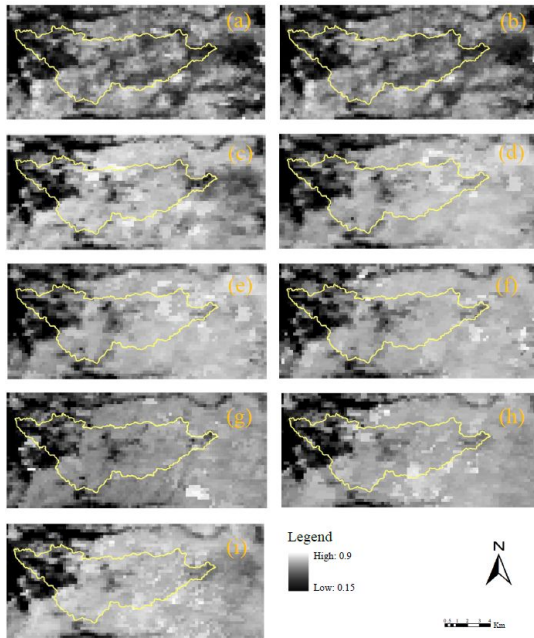


図 1 MODIS NDVI から作成した樹冠疎密度分布図 (a)DOY=97, (b) DOY=(97+113)/2, (c) DOY=129, (d)DOY=(167+177)/2, (e)DOY=(177+193)/2, (f)DOY=193, (g)DOY=209, (h)DOY=273, (i)DOY=(273+289)/2.

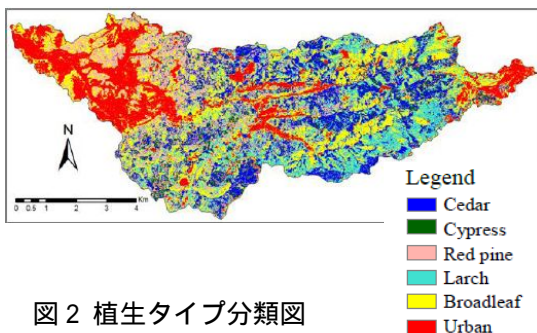


図 2 植生タイプ分類図

近の MODIS データを使う場合、降雨イベントの期間をはさむ前後の画像の平均値を使用する場合と分け、該当する降雨イベントにおける樹冠疎密度分布図を作成した。表 1 に降雨イベントの期間と利用した MODIS データの DOY を示す。また、図 1 に季節ごと (DOY ごと) の樹冠疎密度分布図を示す。

また、高解像度衛星画像 (QuickBird) を用いて、図 2 のような植生タイプ分類を実施した。分布型遮断モデルは、この植生タイプ分類図から常緑針葉樹 (スギ、ヒノキ、アカマツ)、落葉広葉樹、落葉針葉樹 (カラマツ)、都市域 (草地を含む) の領域を決定し、タイプごとにモデルパラメタを設定している。

3) 遮断モデルの改良

常緑針葉樹林サイト、落葉広葉樹林サイトでの遮断現象観測データより、針葉樹林、広葉樹林に対するモデルパラメタの同定を実施した。落葉針葉樹林では、常緑針葉樹林サイトで得られたモデルパラメタを利用する。落葉針葉樹林では MODIS データにより林分構造の季節変動情報が付加され、常緑針葉樹林とは異なる推定結果が得られる。

4) 分布型遮断モデルの構築

図 3 に、先行研究で実施した林分構造に航空機 Lidar による樹冠疎密度分布データを利用した解析結果を示す。縦軸は、大八賀川流域での観測ハイドログラフより、直接流出成分を抽出し、降雨イベント中の総降雨量で除した観測直接流出率である。横軸は遮断モデルにより、林床まで到達した正味総林内雨量を総降雨量で除した推定流出率 (すなわち 1.0-遮断率) である。遮断モデルによる推定流出率には土壌への浸透・貯留による流出の遅れ、損失が考慮されないため、縦軸・横軸は 1 対 1 の関係にはならないが、先行降雨条件による流域の湿り気度合を考慮すれば、ある程度線形の関係が見いだされると予想される。先行研究では、前 3 日間降水量が 12mm 以上のイベントと 0 mm のイベントで分類すると、ますますの精度で推定できることが示された。一方で、Lidar データは 10 月頃に撮影されたデータであり、落葉樹の樹冠疎密度は過小評価されている可能性が高いこと、季節変動が考慮されていないことから、MODIS データによる季節変動情報を付加することにより精度向上が期待された。

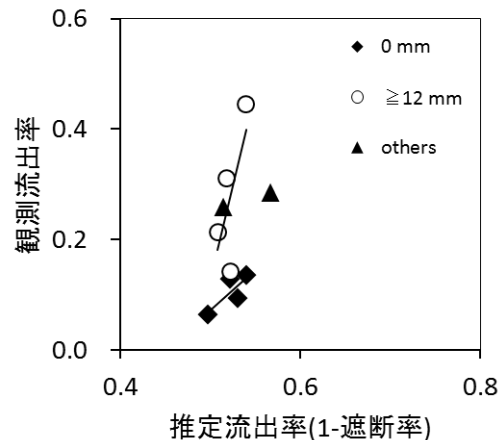


図 3 Lidar データによる樹冠疎密度分布を用いた樹冠遮断モデルの推定結果

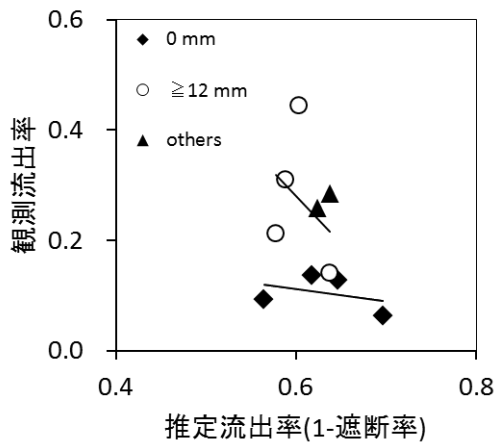


図 4 MODIS による樹冠疎密度分布を用いた樹冠遮断モデルの推定結果(季節変動有)

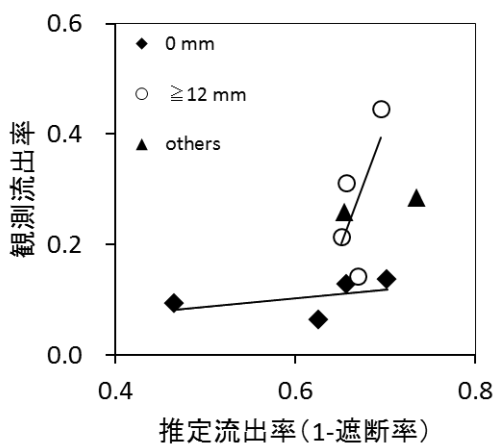


図 5 MODIS による樹冠疎密度分布を用いた樹冠遮断モデルの推定結果(季節変動無)

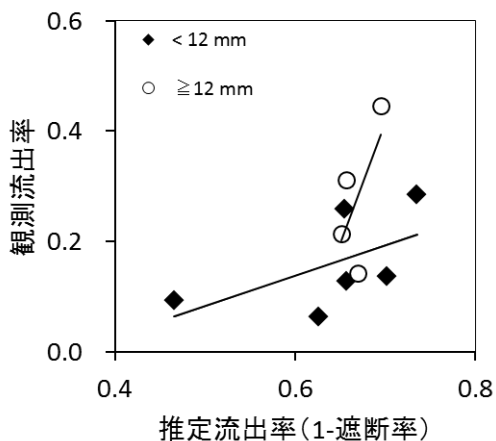


図 6 MODIS による樹冠疎密度分布を用いた樹冠遮断モデルの推定結果(季節変動無)

図 4 に MODIS で得られた樹冠疎密度分布を林分構造の情報として用いた解析結果を示す。しかし、逆に図 3 より精度が低下するという結果となった。先行降雨が 12mm 以上、及び 0mm のイベントの両方のグループで、逆相関の関係が見られた。次に得られた 1 年間

の MODIS データの年平均値を林分構造の情報として利用した解析結果を図 5 に示す。季節変動を考慮した結果よりむしろ精度が向上していることが分かる。図 6 に、降雨イベントを前 3 日間先行降雨が 12mm 以上、12mm 未満でグループ化した場合を示す。それぞれ、
12mm 以上： $R^2=0.414$
12mm 未満： $R^2=0.331$

の精度で推定されており、まずまずの精度であった。降雨イベントごとの樹冠遮断率は、降雨イベント発生時の林分構造よりも、他の影響が大きい事が示唆された。

流域の洪水流出予測を実施する際、その流域の特徴である流域全体の大まかな遮断率の評価には、流域の樹冠疎密度の年平均値を用いることが有効であることが示された。一方、降雨イベントごとに異なる流出率を予測できるほどの精度では無く、実時間洪水予測の精度向上に対しては、異なるアプローチの必要性が示唆された。

5) 追加検討

実時間洪水予測精度向上における樹冠遮断予測精度の向上を図るには、樹冠遮断現象の理解がまだ足りていないことが示唆された。そこで本科学研究費の期間内に追加検討として、雨滴が樹冠に衝突した際の挙動を調べる基礎実験を実施した。高速カメラ、雨滴粒径分布計を用いて、水滴が標的(スギの葉)に衝突した際の飛沫サイズを計測する基礎実験を実施したところ、衝突後に十分蒸発するほどの極小サイズ(100 μm 以下)へ分裂する飛沫の総体積量は、落下水滴の体積に対して小さく、10~30%といわれる遮断率を説明できる量では無い事が確認された。遮断現象のメカニズムとして、総降水量の 10~30%といわれる遮断損失分の水分がどこに消えているか、さらなる検討が必要であることが分かった。

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 0 件)

〔学会発表〕(計 3 件)

1) Edwina Zainal, Kojima Toshiharu, Investigation of long term evapotranspiration factor by using Hamon equation and NDVI data in forest area, Proceedings of 1st International Joint Conference

Indonesia-Malaysia-Bangladesh-Ireland 2015, Universitas Ubudiyah Indonesia, 27-28 April 2015, Banda Aceh, Indonesia, pp. 110-119, 2015.

2) 羽場智弘, 児島利治, Edwina Zainal, 大橋慶介, 篠田成郎, 山地森林小集水域の流域特性の長期変動に関する研究, 土木学会中部

支部研究発表会，2014.3.17，岐阜大学（岐阜県岐阜市）。

3) 大野有槻，児島利治，大橋慶介，篠田成郎，ハイスピードカメラを用いた樹冠遮断現象解明のための基礎実験，土木学会中部支部研究発表会，2014.3.17，岐阜大学（岐阜県岐阜市）。

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

6．研究組織

(1)研究代表者

児島 利治 (KOJIMA Toshiharu)

岐阜大学・流域圏科学研究センター・准教

授

研究者番号：90346057