

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 10 日現在

機関番号：13501

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24560619

研究課題名(和文) 高解像度衛星画像・数値地形情報を用いた大河川実河道データセットの開発

研究課題名(英文) Development of river network dataset for large river basins using high-resolution satellite images and digital elevation model

研究代表者

石平 博 (ISHIDAIRA, Hiroshi)

山梨大学・総合研究部・准教授

研究者番号：80293439

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,700,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、高解像度衛星画像と数値地形データを用いて、河幅や河岸地形情報を含み、かつ様々なスケールでの解析に利用できる新たな実河道データセットを作成する手法を開発した。また、開発した手法をアジア域の河川に適用し、現地観測で得られている河幅、河道の縦断・横断形状などのデータと、本研究で衛星・地理情報から作成したデータとの比較を通じて作成手法の妥当性を検証した。さらに、作成したデータからの河道特性(平面形状の特徴や縦断・横断形状など)の抽出とその河川間での比較を行うとともに、作成したデータセットを一次元河道モデルや分布型水文モデルへ導入し、その効果を確認した。

研究成果の概要(英文)：New methodology for constructing digital river network dataset is developed using globally available high resolution satellite observations and digital topography data. The digital river network dataset includes river morphological information (river width, river bank slope, etc.), and it can be used for hydrological application on regional to continental scale. The validity of the proposed methodology is verified through the comparison of cross-sectional and longitudinal elevation profile between observed and developed dataset.

The developed digital river network dataset is used for analysis of river morphological characteristics, and difference of these characteristics are discussed in several Asian rivers. The utility of the developed dataset for modeling work is also demonstrated through the numerical experiments using one-dimensional hydraulic model and distributed hydrological model.

研究分野：水文水資源学

キーワード：河道 衛星画像 地理情報システム

1. 研究開始当初の背景

合理的かつ公正・適切な河川管理を行うためには、各河川の特徴を十分に理解する必要があり、河川位置などの平面形状及び縦断・横断形状に関する情報(以下、河道データ)は、そのためのもっとも基礎的なデータの一つである。また、様々な水理・水文モデルの開発や適用を行う際にも、河道データは必要不可欠な情報の一つである。しかしながら、このような河道データは、必ずしも系統的・広域的に整備されておらず、特に、大陸規模の大河流域においては、上流から下流までの全域に対して現地観測に基づいた詳細な河道データを整備することは、人的資源や経費の面などから考えて、非常に困難である。

その一方で、衛星観測情報や地理情報システムなどを用いて大規模流域を対象とした河道データの整備も試みられている。これらのデータは、以下に示す「擬河道網」と「数値実河道網データ」の2つに大別される。

(1) 擬河道網データ：グリッド型数値標高データから得られる仮想的な流路網データであり、各標高グリッドから隣接するグリッドへの流下方向を連ねることで、表面流出の集積経路を表現するものである。全球規模の水文解析への適用を目的として作成された数十 km 解像度のもの(東京大学の TRIP、ニューハンプシャー大学の STN-30p など)に加え、流域スケールでの解析にも適用可能な HYDRO1K(解像度 1km)も整備・公開されている。さらに、近年では 90m 解像度の HydroSHEDS が公開されるなど、多種多様なデータが利用可能になってきている。また、HYDRO1K から主な河道を抽出し、流域情報の総合的なデータベース(世界流域データベース)の一部として整備したのも公開されている。

(2) 数値実河道データ：地図上に示されている河川網(河川中央線や河川水面の水際線)をデジタイザーなどで読み取ったベクトルデータである。世界の主要河川を対象とした World DataBank II やより詳細な支川、流路なども含む全球データセットである VMAP0 などがその代表的なものである。しかしながら、いずれのデータにも河幅や河道横断形状に関する情報は含まれていないため、河道の特徴を記述するデータとしては必ずしも十分なものではない。また、数値実河道データの多くは縮尺 1/50 万～1/100 万の地図上をもとに作成されているため、高い位置精度が得られているとは言い難い。したがって、河川周辺の地形など河道横断方向の形状に関する情報を含みかつ高い位置精度を有する新たな実河道データセットの作成を着想するに至った。

2. 研究の目的

本研究の目的は、高解像度衛星画像と数値地形データを用いて、河幅や河岸地形情報を含みかつ様々なスケールでの解析に利用で

きる新たな実河道データセットを作成することである。アジア地域の大河川を対象としてデータセットの作成を行うとともに、作成したデータからの河道特性(平面形状の特徴や縦断・横断形状など)の抽出とその河川間で比較や、数値モデルへの導入とその効果の検討を行う。具体的な検討項目は以下の通りである。

- 1) データセット作成手法の開発
- 2) 作成手法の検証及び改良
- 3) 河道特性の抽出と比較
- 4) 水文・水理モデルでの利用

3. 研究の方法

本研究で作成する実河道データセットの概要は以下の通りである。河道兩岸の水際線及び中央線のベクトルデータに加え、中央線に沿って等間隔に設けられる断面位置(ノード)に対して、河幅、集水面積、水際標高、流量(月平均気候値)、推定平均水深などの属性が付加される。また、各断面位置に対しては、河道横断方向の標高プロファイルデータが別ファイルとして整備される。このようなデータセットの整備とその応用研究を以下に示す方法により実施した。

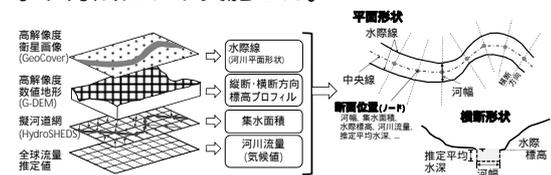


図-1 実河道データセットの概念図

1) データセット作成手法の開発

高解像度衛星画像(Landsat-TM)の雲除去モザイクデータである GeoCover と、全球陸域の高解像度数値標高データ ASTER G-DEM を基礎データとして、以下の手順により実河道データセットを構築する。

- ・衛星画像より、河川水面の水際線を抽出し、これをポリゴンデータとして保存する。これを河道区間ごとに行い、全ポリゴンを統合することで、上流から下流までをカバーする河川水面のポリゴンデータを作成する。また、上記のポリゴンデータを左岸線と右岸線のデータに分割し、兩岸水際線のラインデータを作成する。
- ・兩岸水際線から流路中央線を作成する。また、作成した中央線に沿って等間隔(例えば 1km 間隔)に断面位置を設定し、各断面位置における兩岸水際線の間の距離を計算することで、河川水面幅を求める。
- ・兩岸水際線と数値標高データをオーバーレイすることで、各断面位置における水際標高を抽出するとともに、河道横断方向の標高プロファイル(横断形状データ)を得る。
- ・各断面位置(ノード)に対して、集水面積、流量、平均水深などの属性を付加する。

なお、断面位置に付加される集水面積や流量に関する情報については、全球擬河道網である HydroSHEDS と 0.5 度グリッドの全球河川

流量推定値である UNH/GRDC Composite Monthly Runoff より抽出する。また、ASTER G-DEM においては、水面以下の地形情報が含まれていないことから、その部分の断面形状については矩形を仮定し、平均水深は Schulze et al.(2005)などに倣い、河川流量に基づき与える。

2) 作成手法の検証及び改良

現地測量や既存の地図から得られている河幅、河道の縦断・横断形状などのデータと、今回作成したデータとを比較することで、作成したデータの妥当性を検証する。検証には、山梨大学の研究グループが 2005 年に実施したメコン河本川の河川調査により得られた河道形状データや、タイ国王立灌漑局が作成したチャオプラヤ河の横断面測量結果などを用いる。また、水際線抽出などデータセット作成過程での作業を効率化する方法についても検討を行う。さらに、より高解像度の地形データである PRISM DSM の利用可能性についても検討する。

3) 河道特性の抽出と比較

作成したデータをもとに、曲率半径分布など河道の平面形状に関する特徴や河幅 - 集水面積関係及び河幅 - 流量関係のパラメータ、河岸地形の特徴などを抽出するとともに、アジア主要河川におけるこれら河道特性量の相互比較を行う。

4) 水文・水理モデルでの利用

作成した河道横断形状データを分布型水文モデルや 1 次元河道追跡モデルに導入し、その効果について検討を行う。従来の分布型水文モデルでは、各河道の幅については集水面積の関数として与えられることが多く、また流量の変化に対しても不変(矩形断面で一定河幅)として扱われている。しかしながら、このような断面形状の与え方では流速等の河道水理量を正しく再現することが難しく、河道を介した土砂や汚濁物質の輸送過程のモデリングにもその影響が及ぶことが知られている。ここでは、開発したデータセットを数値モデルに導入することで河道水理量の再現精度がどの程度向上するのかを明らかにする。

4. 研究成果

1) データセット作成手法の開発

高解像度衛星画像と全球陸域の高解像度数値標高データから、河幅や河岸地形情報を含む実河道データセットの作成手法を開発した。なお、このデータセット作成過程の大部分については、独自に開発するソフトウェアにより自動化することができた。また、開発した作成手法を複数のアジア主要河川(メコン河など)に適用してデータセットの試作を行い、データ作成ツールを含む手法全体が適切に機能することを確認した。

2) 作成手法の検証及び河道特性の抽出

現地観測で得られている河幅、河道の縦断・横断形状などのデータと、本研究で衛

星・地理情報から作成したデータとを比較することで、作成したデータの妥当性を検証した。検証には、山梨大学の研究グループが 2005 年に実施したメコン河本川の河川調査により得られた河道形状データや、タイ国王立灌漑局が作成したチャオプラヤ河の横断面測量結果などを用いた。その結果、本研究で作成したデータセット(及び作成手法)の妥当性が確認された(図 - 2、図 - 3)。その一方で、ASTER G-DEM の空間解像度(30m)の制約により、河幅が比較的小さい河道断面では、横断形状が十分に表現できていないケースがあることも明らかとなった。図 - 4 は、Chao Phraya 河流域内の 25 箇所の河道断面を対象として、実測横断面データから算出される通水断面積(A_0)と ASTER G-DEM から算出した通水断面積(A_G)の比較を行った結果である。なお、図中の傾き α とは、様々な河川水位に対して計算された A_0 と A_G の線形回帰直線の傾き(切片=0)であり、 $\alpha = 1$ に近づくほど A_G と A_0 が一致していることを示している。また、基準河川水面幅とは実測横断面データが取得されたときの河川水面幅である。河幅 250 ~ 300m 以上の河道区間については、 $\alpha = 1$ に近い値となっている一方、河幅がそれ以下の断面では、ASTER G-DEM から得られる通水断面積は過大になる傾向が確認された。

データセットの検証に加え、作成したデータをもとに、曲率半径分布など河道の平面形状に関する特徴や河幅 - 集水面積関係及び河幅 - 流量関係のパラメータ、河岸地形の特徴などを抽出するとともに、アジア主要河川におけるこれら河道特性量の相互比較を行い、違いを明らかにした(図 - 5)。

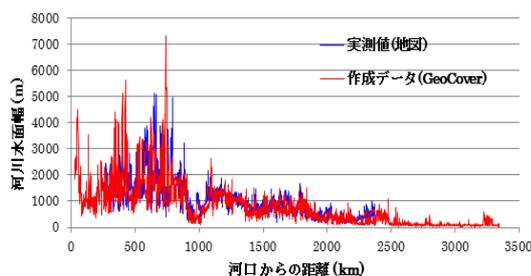


図 - 2 河川水面幅の比較

メコン河本川(Tan Chau ~ Chiang Sean 区間)における地図から算出した河川水面幅と GeoCover から抽出した河川水面幅の比較結果

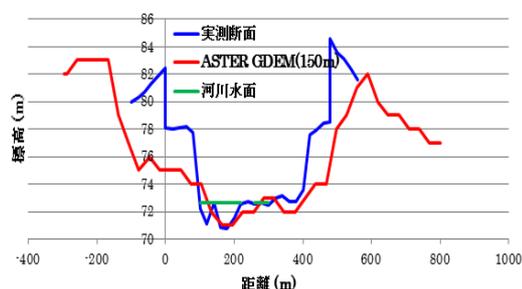


図 - 3 実測値と G-DEM の横断面比較

Chao Phraya 河流域(Ping 川下流部)における、実測の河川横断形状と ASTER G-DEM から抽出した横断形状(河岸地形)との比較結果

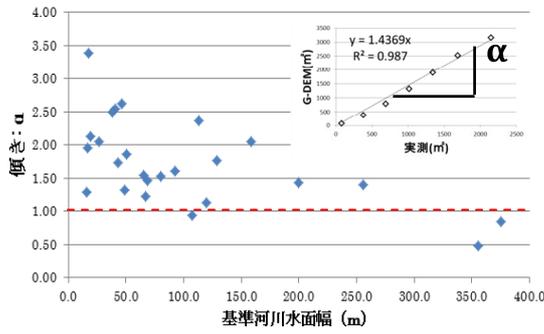


図 - 4 基準河川水面幅と傾き の関係

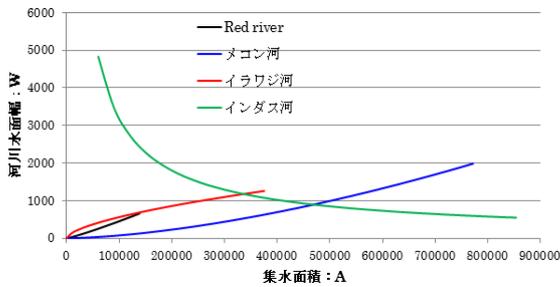


図 - 5 河幅 - 集水面積関係の流域間比較

3) 水文・水理モデリングへの応用

作成した河道横断形状データを1次元河道追跡モデル(HEC-RAS)に導入し、河道を介した洪水波伝播のモデリングに対する実河道情報の導入効果を評価した。具体的には、メコン河中流域のThakhek~Mukdahan区間(約100km)で次元不等流計算を行い、平均流速と河川水位を実測値との比較を行った。なお計算には以下の3つの横断面形状データを使用している。

- (1)本研究で作成したデータセット
- (2)集水面積からモデル化した河幅式を用いた矩形断面
- (3)河岸地形をASTER G-DEMで補った実測断面+ASTER G-DEMの断面データ

実測断面+ASTER G-DEMの断面データ解析条件として上流端に実測流量を入力した。流量データはLower Mekong Hydrologic Year Bookに記載されている1999~2002年までの4年間のデータを使用している。下流端には現地観測断面データから算出した摩擦勾配の値を入力している。粗度係数に関しては全地点一定の0.035とした。

図-6より、河川水位に関して本研究で開発したデータセットを用いたケースでは、ピーク時と低水時にやや再現性が低下する傾向が見られるものの、平均流速に関しては実測値に最も近い値を示している。総合的に見ると、作成したデータセットを用いたケースの方が、実測断面情報が全くない場合や分布型水文モデル等において一般的に使用されている矩形断面仮定よりも河道水理量の再現性が高いと判断される。

また、別の検討事例として、分布型降雨-流出-氾濫モデル(RRI)に衛星観測に基づく高

解像度数値地形モデル(PRISM DSM)から抽出した河道横断形状情報を導入した洪水解析の結果を図-7に示す。広域降雨流出氾濫モデル(RRI: 佐山ら, 2010)は、降雨を入力として河川流出から洪水氾濫までを一体的に解析できるモデルであり、今回は河道横断形状(堤防条件)が異なる計算ケース(表-1)についてRRIにより流出計算を行った。なお、対象流域は富士川清水端地点であり、過去30年で最も日降水量が多い日を含む洪水事象(2002年7月9日~11日)を解析対象とした。

図-7に示す通り、CASE2-1(実測横断)とCASE2-2(DSM)の2つのケースにおいてピーク流量、時刻はほぼ等しくなっている。これは、河道情報が得られていない場合においても、衛星観測 DSM による河道横断形状情報が実測断面情報のある程度代替できる可能性を示唆するものであり、少なくとも無堤防条件での計算と比較すると、ピーク流量等の推定精度が改善されることが確認された。

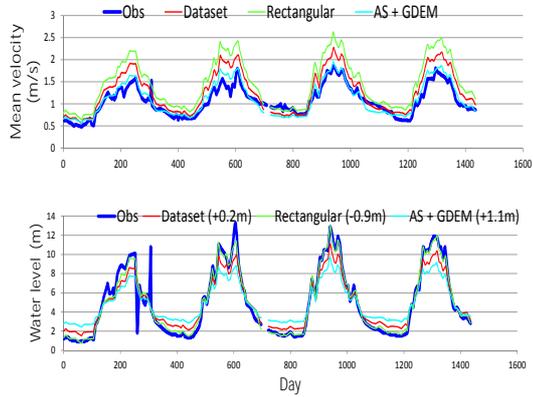


図 - 6 平均流速, 水位の計算結果
メコン河 Mukdahan 地点

表 - 1 計算条件

	Case1 (堤防無)	Case2-1 (横断)	Case2-2 (DSM)
堤防間 距離(W)	【全河道区間】 実測値に基づく A - W関係式で推定	【断面取得区間】 実測値を使用 【その他の河道区間】 実測値に基づく A - W関係式で推定	【断面取得区間】 衛星観測値を使用 【その他の河道区間】 衛星観測値に基づく A - W関係式で推定
堤防高 (H)	なし	【断面取得区間】 実測値を使用 【その他の河道区間】 実測値に基づく A - H関係式で推定	【断面取得区間】 衛星観測値を使用 【その他の河道区間】 衛星観測値に基づく A - H関係式で推定

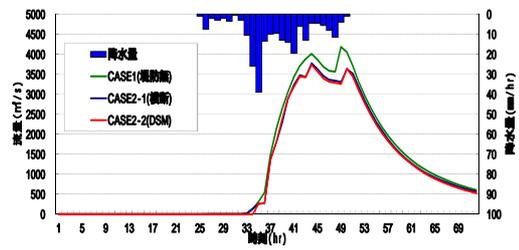


図 - 7 異なる堤防条件による流量計算結果
富士川清水端地点, 2002年7月9日~11日

さらに、実河道データセットのデータの改良方法や新たな利用可能性を探るために、国際的な水文・水資源関連会議等への参加を通じ、世界各国における実河道データセットを含む河川関連情報の整備状況やこの種のデータに対するニーズなどの情報を収集・分析した。その結果、衛星観測情報(降水量、陸域貯水量)を用いた洪水/濁水解析や未計測流域の水文予測(Prediction in Ungauged Basin)に関する研究が進展する中、このような流量予測値を河道水理量(水位、河川水面幅など)へ変換する際に、実河道データセットが重要な役割を果たす可能性があることを確認した。

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)

[学会発表](計 6 件)

Ning, S., Ishidaira, H., Wang, J. (2014): Calibration and evaluation of a semi-distributed model of main part of Red river basin using GRACE data, アメリカ地球物理学連合秋季大会 (AGU Fall Meeting), 2014 年 12 月 17 日, サンフランシスコ(米国)

Bui, T. H., Ishidaira, H. (2014): Evaluation of Merging Methods of Remotely Sensed and Gauged Precipitation for Rainfall Runoff Simulation in Da River Basin, Vietnam, アメリカ地球物理学連合秋季大会 (AGU Fall Meeting), 2014 年 12 月 16 日, サンフランシスコ(米国)

Bui, T. H., Ishidaira, H. (2014): Comprehensive Analysis of Hydrological Model Application with Remote Sensed Satellites Data in the Da River Basin, Vietnam, アジア大洋州地球科学連合大会 (AOGS), 2014 年 7 月 30 日, ロイトン札幌 (北海道・札幌市)

Udmale, P., Ichikawa, Y., Manandhar, S., Ishidaira, H. and Kiem, A. Ichikawa, Y., (2013): Farmers perception of drought impacts and adaptation strategies: Perspective from Maharashtra state, The 1st International Forum on Asian Water Environment Technology, Dec.18-20, 2013, ニューデリー(インド)

Sun, W., Ishidaira, H. (2012): Calibrating Hydrological Models Using Satellite Radar Altimetry Observations of River Water Level in Ungauged Basins, PUB SYMPOSIUM 2012, 2012 年 10 月 23 日, デルフト工科大学(オランダ)

大塚翔平, 石平 博(2012): 衛星画像・GIS を用いたアジア域の大河川実河道データの試作, 水文・水資源学会 2012 年度研究発表会, 2012 年 09 月 27 日, 広島西区民文化センター(広島県・広島市)

[その他]

ホームページ等

http://titan2.cce.yamanashi.ac.jp/~ishi/kaken/kiban_c_h24_26_ishi.html

6. 研究組織

(1) 研究代表者

石平博 (ISHIDAIRA, Hiroshi)

山梨大学・総合研究部・准教授

研究者番号: 80293439

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし