

メコンデルタ水路網における水理シミュレーションモデルの開発

Development of a hydraulic simulation model for the waterway network in the Mekong Delta

○井上慶士* 松野 裕** 木村匡臣** 福田信二***

○Keishi Inoue*, Yutaka Matsuno**, Masaomi Kimura**, Shinji Fukuda***

1. はじめに ベトナム南部のメコンデルタ地域では豊富な水資源により巨大な水路網が形成されているため、大規模な農業が特徴である。日常的な潮汐変動による塩分遡上に加えて、近年の上流でのダム建設による流量の低下や南シナ海からの海面上昇による塩分遡上を制御するため、適切な水門の操作が求められている。これらの課題を解決する糸口として、メコンデルタ水路網全体の流況および塩分動態を明確にする必要がある。本研究では上記の問題の解決の一助となることを目指し、メコンデルタ水路網内の水位、流量、塩分濃度の数値シミュレーションモデルの開発を目的とした。

2. 調査対象地の概要 ベトナム国南部のベンチェ省を本研究の調査対象地とした (Fig. 1)。対象地域は上流端を My Thuan 橋とし、下流端を北から Tien 川沿いの Vam Kenh, Binh Dai, Ba Lai 川河口, Ham Loung 川沿いの An Thuan, Co Chien 川沿いの Tra Vinh に囲まれたデルタ地帯とした。対象地域の水路網は、水路幅が狭い場所では 100 m 以下、広い場所では 2,000 m 以上である。

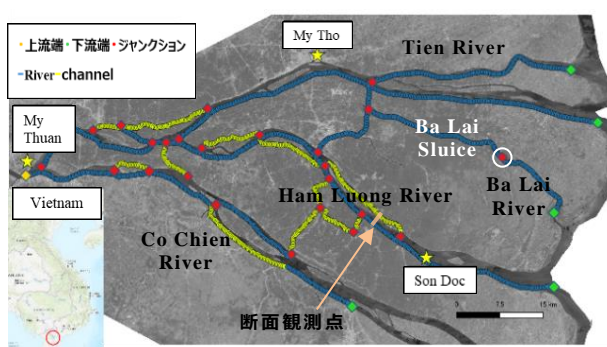


Fig. 1 調査対象地 (ベンチェ省)
Survey target area (Ben Tre province)

3. 使用データ 数値計算に用いるデータは水位、流量、塩分濃度、川幅、河床高であり、水位、流量、塩分濃度はベンチェ省にあるステーションで観測された 2016 年 1 月 1 日～2016 年 6 月 30 日までのデータであり、水位と流量は 1 時間おき、塩分濃度は 2 時間おきに観測、川幅と河床高はベンチェ省周辺の DTM¹⁾から 250m 間隔で測定。DTM から得た河床高には水域の大きさによって相関や誤差がある。そのため、2019 年 10 月、3 月に測定された 11 カ所の断面データを基に DTM の補正を行い使用した。Fig. 2 に断面観測点の補正結果の例を示す。パラメータである粗度係数と縦分散係数はシミュレーションの結果に応じて調整を行った。

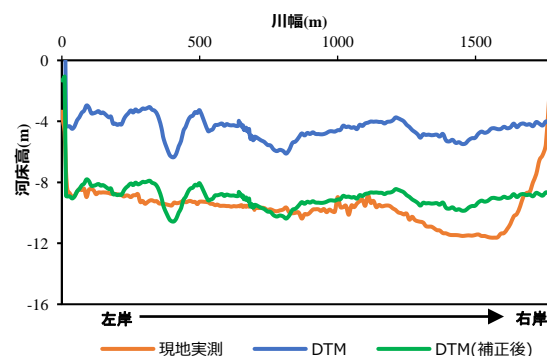


Fig. 2 DTM と断面観測点の比較
Comparison of DTM and across-sectional observation points

4. 数値計算 本研究では水位、流量を Saint-Venant 方程式と連続式から求め、塩分の濃度を移流拡散方程式から求めるモデルを採用した。

3 つの式の数値解を得るために差分法による離散化を行った。Saint-Venant 方程式と連続式を流束差分法 (FDS 法) により離散化し、流れを計算することで流積と流量を求めた。

*近畿大学大学院農学研究科 Graduate School of Agriculture, Kindai University, **近畿大学農学部 Faculty of Agriculture, Kindai University, ***東京農工大学大学院グローバルイノベーション研究院 Institute of Global Innovation Research, Tokyo University of Agriculture and Technology

キーワード：数値シミュレーション, DTM, 塩水遡上

塩分濃度は、移流拡散方程式に風上差分及び、中心差分を適用し、前述で求めた流積と流量を用いて計算を行った。

5. 結果および考察 パラメータを決定する順序は初めに粗度係数を決定し、次に塩分の縦分散係数を調整する方法で行った。シミュレーションの結果は正確なデータが残っている My Thuan の水位と流量, My Tho の水位, Son Doc の塩分濃度の比較を行った。シミュレーションは主要な水路のみを考慮した River パターンと、水域の大きい水路含めた River+channel パターンで行った(Fig.1)。2つのモデルともに、粗度係数を 0.014~0.016 程度と、小さくした方が水位、流量、塩分濃度がすべてにおいて振幅が表現され、観測値に

近づくことが分かった。My Thuan の水位では計算値が小さくなる傾向にあり、My Tho 水位(Fig.3)では計算値が大きく傾向にあったが、どちらも精度の高い結果が得られた。My Thuan の流量(Fig.4)の結果では観測値よりも小さく計算される傾向が見られた。また、River の方では急激に流量が増えている箇所があり、観測値とのずれが見られた。Son Doc の塩分濃度(Fig.5)の結果では、観測値と計算値は大きくずれており再現性は低いが、River と River+channel では違いが見られた。River では塩分濃度の振幅がほとんど確認できないが、River+channel では振幅が確認でき、観測値に近づいていることがわかる。Co Chien 川と Ham Loung 川の間水路を考慮したことにより、流況が変化し実際の水収支に近づいたと考えられる。また、観測値に比べ振幅は小さいが波長は合っているため、主要な水路をつなぐ支流を追加することで、より振幅が表現できる可能性がある。以上の結果より、メコンデルタ水路網において、主要な水路のみを考慮したモデルと水域の大きい支流を含めたモデルでは流量や塩分濃度の結果において違いが見られ、支流を考慮した方が実際の水収支が表現され再現性が高いことが分かった。特に塩分濃度では振幅の大きさに影響すると考えられる。しかし、メコンデルタ水路網のすべての水路を追加することは困難であるため、シミュレーション結果に影響する水域の大きさの把握や、実用化に向けて、取水の頃合いを因るために塩分濃度の鉛直方向の分布を明確にする必要がある。

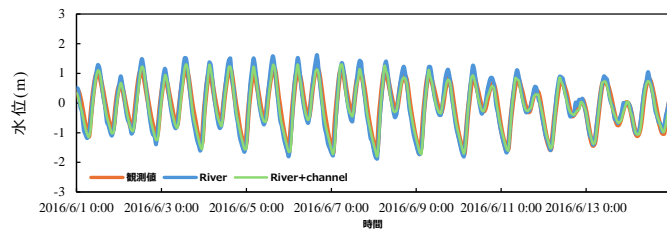


Fig.3 My Tho 水位(2016/6/1~6/15)の結果

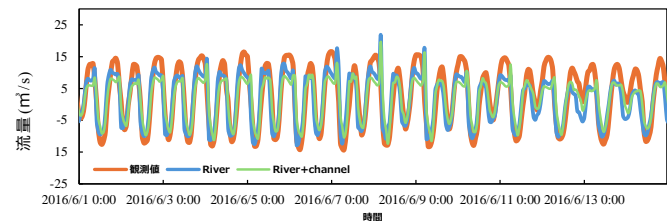


Fig.4 My Thuan 流量(2016/6/1~6/15)の結果

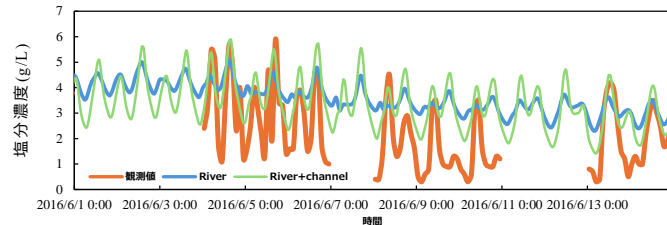


Fig.5 Son Doc 塩分濃度(2016/6/1~6/14)の結果

参考文献 1) A. Julzarika (2024): The Latest DTM: a Modified of Precision, Updated, and Dynamics Height Model (Topography & Bathymetry), DOI: 10.13140/RG.2.2.23834.66248.

謝辞 本研究は、JSPS 科研費 17H03886, 17H04631 の助成を受けたものである。調査の遂行にあたり、Trieu Anh Ngoc 氏、Vu Hai Son 氏 (Thuy Loi University, Vietnam) に多大なるご配慮を頂いた。また、Atriyon Julzarika 氏 (National Research and Innovation Agency, Indonesia) より DTM の提供を受けた。記して深謝の意を表する。