

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 23 日現在

機関番号：15101

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2010～2013

課題番号：22360215

研究課題名(和文)トポロジーデータモデルを利用したGISによるノンポイント汚染対策の評価手法の開発

研究課題名(英文)Evaluation Procedures for Diffuse Pollution Measures using GIS with Topological Data Model

研究代表者

増田 貴則(MASUDA, Takanori)

鳥取大学・工学(系)研究科(研究院)・准教授

研究者番号：20293897

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,800,000円、(間接経費) 4,140,000円

研究成果の概要(和文)：地理情報システム(GIS)において、河川、水路、圃場、利排水施設、流量や水質観測所などの位置を示す既存の地理情報と標高データを用いることで、相互の上下流関係や接続関係(トポロジーデータセット)を容易に取得し、水・汚濁物質の流路での流出を計算する手続きを構築することができた。また、その手続きにおいて、既存データソースの空間精度やある観測頻度に基づいた負荷流出係数が流出流量や流出負荷量へと与える影響を検討した結果、JPGIS2.1形式の国土数値情報を用いた現況再現が比較的良好であること、農業イベント時の観測頻度により耕作期間の負荷量の評価結果に数倍以上の差が出る場合があることを示した。

研究成果の概要(英文)：To evaluate various countermeasures for diffuse pollution from irrigation fields, some procedures were developed for making topology dataset from existing elevation data and geographical data in GIS. The procedures could identify the topological spatial relationships between geographical objects including rivers, drainage canals, agricultural irrigation fields, water intake and effluent facilities and observation stations for flow rate and water quality using the coordinate and elevation of the objects, and make topology dataset to use pollution runoff models. Evaluation of influences on runoff volume and pollutant amount were conducted based on the procedures using several type of existing geographical dataset having different spatial accuracy. From the analysis using specific pollutant coefficients made from field runoff observations with different time intervals, estimation of pollutant amount during irrigation season were several times higher according to the observation intervals.

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学・土木環境システム

キーワード：GIS ノンポイント汚染 水田

1. 研究開始当初の背景

(1) わが国の湖沼や閉鎖性水域の水質は依然として改善が見られず、OECD (2002) によりノンポイント汚染対策 (流出水対策) の遅れが指摘されている。また、2006 年の改正湖沼法の施行により、流出水対策地区の指定制度が盛り込まれ、ノンポイント汚染対策を具体的にやっていく必要が生じてきた。ノンポイント汚染源の中で水田等の農地は、大量の水と肥料を使用するため、流域に農地が広がっている場合、大きな負荷原因であると思われる。一方で、水や肥料の利用や排水路を流下する汚濁物質は、人為的にコントロール可能と考えられるため、他のノンポイント汚染源に比べ比較的容易に汚濁を制御できると考えられる。しかし、実際の農地では、カスケード型の水利用や反復型の水利用がなされているため、農業地域の河川・用排水路の水質・水量は場所及び時期によって細かく変化している。当然、それに応じて、流出対策を行うべき地域や、対策時期・対策手段についても変わってくるものと思われる。ところが現状ではこれらを評価する技術が不足しているために、施肥の減量や水管理の徹底などが一律に指導されているにすぎない。一様に流出水対策を実施することは、非効率な対策を行うことにつながりかねない。このようなことから、流出水対策の効果を正しく評価するための技術が求められている。

(2) GIS で容易に利用できるレベルの情報 (例えば国土数値情報) を用いて汚濁負荷を解析するという研究および実務面への利用は近年多く見られるが、モデルが必要とする地理的情報、農業イベント情報等のデータ精度の議論が十分になされていない。それらは現場の詳細な農業用水路・排水路網を組み込んで解析を行うといったことまではしていないため、農業利排水に起因する水量水質の季節変動や空間的な変動を再現することが難しいという問題がある。農業イベントの生起にあわせ、用排水路網を通じた農地への水利用や農地からの排水をモデルに取り込むことができれば、より再現性があがると考えられるが、メッシュ (グリッド) ベースの水・汚濁流出モデルでは農業用水路・排水路網を表現することが困難と考えられる。

そこで、GIS の分野において、ネットワーク状の地物の接続関係を表現するために発展してきたトポロジーデータセットを基に、水・汚濁流出モデルを構築すれば、利排水の位置や移動経路の曖昧さが無くなるため、用排水路網における物質移動を詳細に扱うことができると考えられる。ところが、GIS の分野においては道路網の最短距離解析にトポロジー情報を用いたネットワーク解析手法が知られているが、それを流域の用排水路の水循環把握、汚染対策評価に利用しようという試みはみられない。それは、河川や農業用排水路のネットワークを表現する地理情

報の整備が遅れていること、地物同士の接続関係 (リレーション) を読み取ってトポロジーデータセットを準備する労力が甚だしく大きいこと、トポロジーベースのモデルの優位性と必要なネットワーク情報や農作業データの時空間精度が議論されていないことが原因と考えられる。

なお、欧米など先進諸外国においては研究対象の多くが畑地に限られており、わが国のような灌漑農地を対象に汚濁機構と汚濁の制御手法を検討した例はほとんどない。また、中国・東南アジアではデータや資材不足のためモデル研究はあまり進んでおらず、先進の技術とデータの蓄積があるわが国で手法が開発されることが期待される。

2. 研究の目的

本研究は、GIS による水・汚濁物質移動解析モデルを発展させることにより、流域の農業地域において流出水 (ノンポイント汚染) に対する各種の対策手段の水質保全効果を詳細かつ容易に評価するシステムの開発を目的としている。具体的には、GIS 上で稼働するモデルをトポロジーデータモデルに適用するよう構築することで容易にデータ取得と利用を行う技術を開発するとともに、地図情報の空間精度や水路内の水量・水質データや農作業等の現場データの反映させ方が評価結果に与える影響を明らかにすることが目標である。

3. 研究の方法

(1) 流出モデルが必要とするトポロジーデータセットを地理情報から自動取得する方法を検討するとともに、精度やソースの異なる既存の地理情報に対してこの方法を適用した場合の再現性について評価を行った。

(2) 詳細水路網を用いた場合のトポロジーデータセットの取得方法を検討し、水質評価を行うとともに、データが詳細な場合と計算結果を比べ、空間精度による計算への影響を評価した。

(3) 流出水対策の効果を下流受水域の水質改善効果で判断するためのツール提供を目的に、受水域として各種栄養段階にある湖沼を想定した低次生態系水質モデルを作成した。ここではモデルパラメータ決定のための調査や計算検証作業を行うとともに、このモデルを用いた流出水対策の評価を想定し、流入負荷変動による水質影響の評価を行った。

(4) 用排水路の流下水および圃場からの流出水の現場観測を実施し、水量、水質の流出特性を調査分析し、農業イベント時の観測頻度が流出負荷のモデル分析に与える影響の評価を行った。

4. 研究成果

(1) トポロジーデータセットの作成と流出モデルの再現性評価

地理情報として、50m メッシュの標高データのみで河道網を作成する場合に加えて、国土数値情報（統一フォーマット）の河川、主要水系調査利水現況図数値データの河川をGISのレイヤとし河道網における接続関係・上下流関係、サブ流域界との接続関係、施設や農地など利排水が生起するオブジェクトとの接続関係（トポロジーデータセット）を、それぞれの位置関係と標高情報をもとに自動取得するためのプロシージャを作成し、それを適用した場合に正しく接続関係が再現されるかを検討した。

接続関係の再現がもっともよかったのは主要水系調査利水現況図数値データの河川データであったが、これを含む既存の情報では、流路の接続性および利排水施設と流路との接続性の認識に課題が残ることが確認された。

また、鳥取県東部の千代川流域を適用対象地域とし、これらのデータセットを用いてGIS上で利水配分および排水集積を計算していく手法を構築し、河川流路の水量・水質の計算を行い、観測地点における各流況の流量、水質が再現されているかを確認した。観測値と比較し、水量、水質が再現できているかをチェックしたところ、水量については精度良く、水質については概ね再現できることを確認した（図1、図2）。

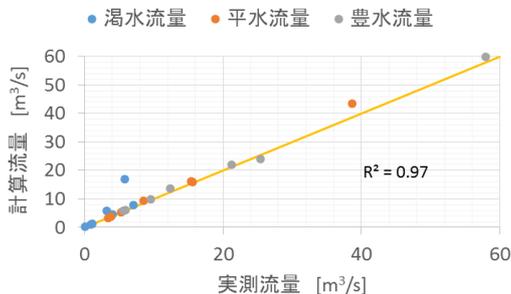
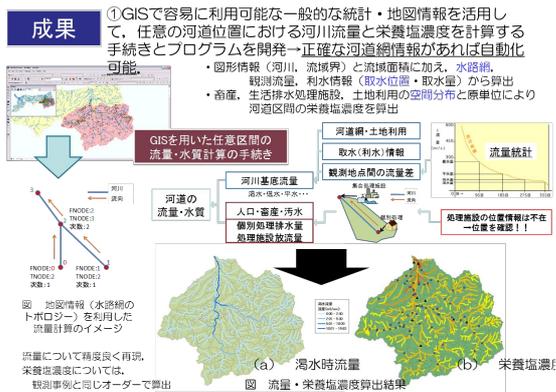


図2 実測流量と計算値の比較

(2) 詳細水路網における水質再現と空間精度の影響

農業用排水路網においては、既存のデータセット（河道網）には収録されていない部分が多く、また、水田農地などは平坦な領域に立地しているため、標高データを用いてトポロジーデータセットを自動作成することができない。そこで、紙地図と現地調査結果をもとに、河道ライン、用排水路網とその分岐・合流点、圃場ポリゴンデータをGISに入力し、それらの相互の位置関係および河川の流下方向情報から、用排水路網のトポロジーデータセットを作成する手法を考案した（図3）。

これに圃場からの汚濁流出を再現するモデルを組み込むことで、農業用排水路の汚濁流下を再現する計算を行った。鳥取県千代川の支流の農業用排水路網を対象に汚濁流下の再現計算を行った結果の一例を図4に示す。概ね観測結果の傾向を示すことが確認できた。

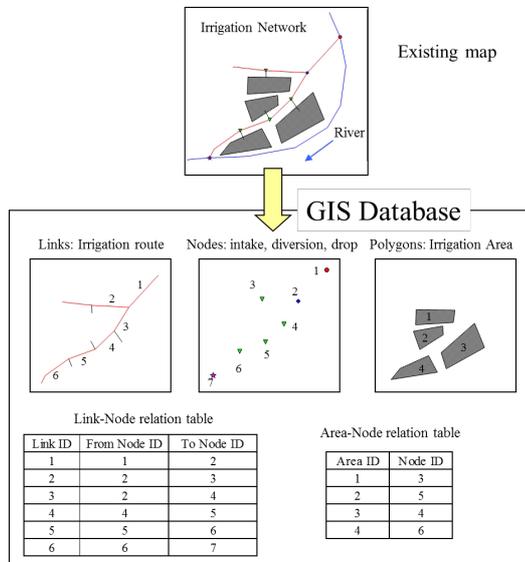


図3 用排水路網のデータ取得

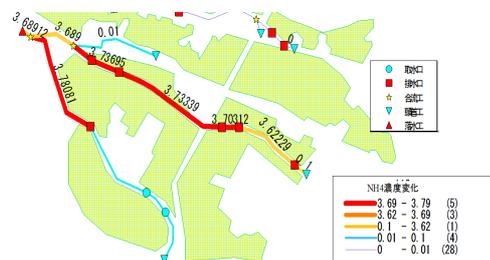


図4 水路網水質の計算結果

また、同じ流域をモデルの適用対象地域とし、空間精度の劣る簡易な地図情報を用いた場合の解析方法を検討するとともに、その再現精度は詳細データより劣ることが確認できた。

さらに、地図情報として新たなデータソー

ス(JPGIS2.1形式の流路等)の適用を試みるとともに、GISモデルをこれまで検討してきた千代川流域以外の流域に適用し、水量・水質の再現性の確認を行った(図5)。新たなデータソース、その他流域においても再現性は示されたが、あらためてその再現性はデータの質と量および空間配置に依存することが示され、データ取得法および流出モデルの適用限界を示すことができた。

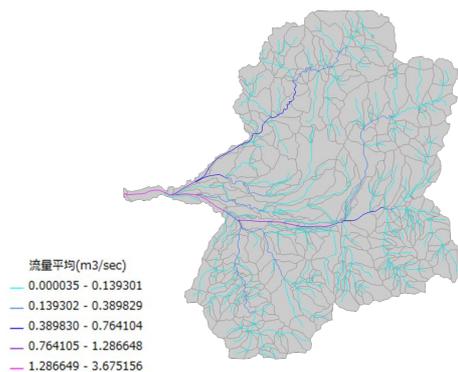


図5 他流域での流量再現結果

(3) 流出水対策評価モデルの作成と検証

流出水対策の効果を負荷量削減程度だけでなく下流受水域の水質改善効果で判断するための検討を行った。文献値や調査結果に基づき受水域生態系水質モデルの構成とパラメータの再検討を行うことで、各流入負荷量段階での再現性を示す適用範囲の広いモデルを得ることができた(図6)。そのうえで、流入水対策を模し受水域モデルへの流入負荷量を変動させたシミュレーションを実施した。一部条件で大きな水質変化があり、概ねは負荷量変動に応じた水質変動が見られたため、流域の情報や負荷評価の精度が無視できないと考えられた。

(4) 現場観測と農業イベント時の観測頻度の評価

モデルの適用対象地域において、観測ポイントを絞りこみ、用排水路の水質・流量を密に観測することで、農業イベントの影響把握を試みた。千代川の支流の用排水路を対象に、水路流水および圃場からの流出水の現場観測を実施し、水量、水質の流出特性を調査、分析した。

定期的な水質調査と降雨イベント時、農作業イベント時の水質調査を行い(水質分析項目はT-N、DTN、NO3-N、NH4-N、T-P、DTP、PO4-P、TOC、DOC、SS、VSS、粒度分布)、定期的な水質調査と農作業等のイベント時の調査データを分析した結果、農作業等のイベント時に水質の変化が大きく、簡易な負荷評価モデルを用いてその影響を検討したところ、期間別のトータル負荷量に与える影響が大きいことを明らかにすることができた(図7)。

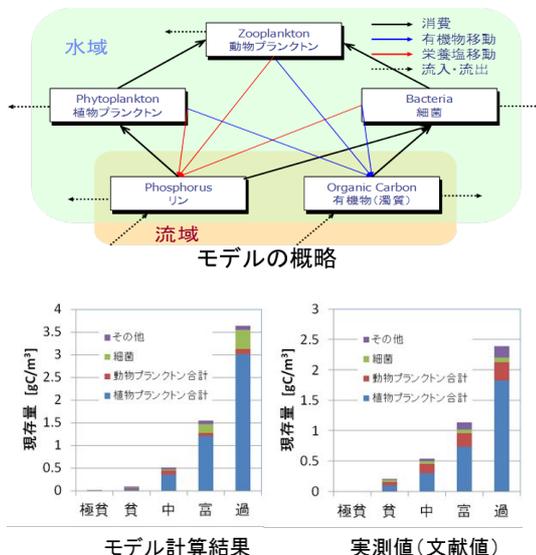


図6 受水域モデルの構造と検証結果

また、観測結果に基づき降雨時や農作業時期別の現場データの取り方が流出負荷量の推定結果に与える影響についてモンテカルロ法を用いて検討を行った結果、1回/日と1回/2週のデータ採取頻度では、耕作期の負荷総量に9倍程度の差が生じる項目があることが示された(図8)。結果、データ採取頻度により負荷総量に数倍の差が生じることが示された。代かき田植え時期や中干し時期など農作業の影響を受け排水濃度が高くなる時期に集中的な現場データ採取を行うべきことを示唆するものである。

また、降雨イベントの観測頻度と農地管理状態の違いによる流出水の水質特性を整理し、農地管理方法や現場データの取り方等が流出負荷量や水質の推定結果に与える影響について検討を行った結果、農地管理の状態によって、流出負荷量の大きな農地が存在することが整理できた。地図情報の空間精度のみならず属性情報の整備精度が評価結果に大きな影響を与えることが示唆された。

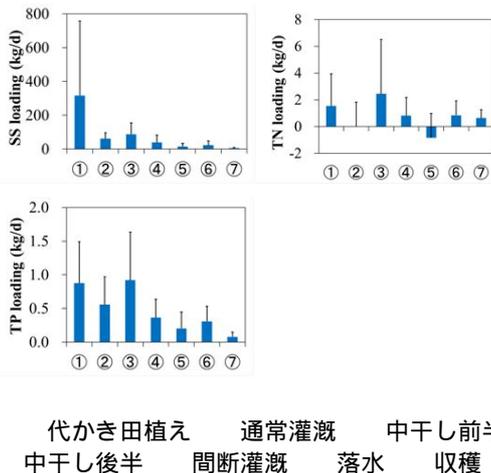


図7 農作業イベント別の年間日平均負荷量

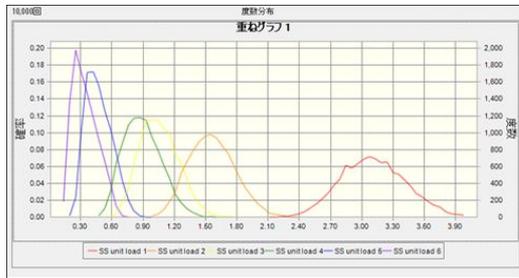


図8 データ採取頻度別の負荷量 (kg/ha・day)の発生分布

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 1 件)

Hyungjun Lee, Takanori Masuda, Hiroshi Yasuda, Yoshihiko Hosoi, The pollutant loads from a paddy field watershed due to agricultural activity, Paddy and Water Environment, 査読有, 2013
DOI:10.1007/s10333-013-0399-6

〔学会発表〕(計 3 件)

李衡峻, 増田貴則, 水田原単位の調査方法の検討と負荷推定時の問題点について, 第44回日本水環境学会年会, 2011年3月20日, 北海道大学
増田貴則, 湖山池の環境と水環境負荷を考える, 鳥取県農業試験場セミナー, 2010年10月27日, 鳥取県農業試験場
Hyungjun LEE, Takanori MASUDA, Yoshihiko HOSOI, Satoshi AKAO. Effect of surface condition of paddy field on pollutants runoff during non-irrigation period. Book of Abstracts, 14th International Conference, IWA Diffuse Pollution Specialist Groups: Diffuse Pollution and Eutrophication, 2010年9月14日, Quebec, Canada

〔その他〕

ホームページ等

<http://kaihatsu2.sse.tottori-u.ac.jp/dev/main/main.htm>

6. 研究組織

(1)研究代表者

増田 貴則 (MASUDA, Takanori)

鳥取大学・工学研究科・准教授

研究者番号: 20293897