

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 27 日現在

機関番号： 10101

研究種目： 基盤研究(A)

研究期間： 2008 ～ 2012

課題番号： 20248027

研究課題名（和文） 空間情報を高度に活用した湖沼群の水環境形成機構の解明と制御

研究課題名（英文）

Control and analysis for formation of water environment using spatial information

研究代表者

野口 伸 (NOGUCHI NOBORU)

北海道大学・大学院農学研究院・教授

研究者番号： 40228309

研究成果の概要（和文）：

湖沼環境は生態系に大きな影響を与えるので、その維持・管理が生態系の保全に重要である。環境モニタリング法として近年、リモートセンシングが適用されているが、一般に湖沼の水質を時空間情報として効率的に取得できる方法論が確立していない。本研究ではリモートセンシングを用いた湖沼水質モニタリングシステムを開発することを目的とした。まず、水質観測用のロボットボートを開発して、湖沼水質を効率的にグリッドサンプリングできる技術を考案した。また、衛星リモートセンシングと低空リモートセンシングを併用することで、湖沼周辺の土地利用が水質に与える影響を考察できるシステム開発を行い、農業活動という人為的攪乱が湖沼水質に及ぼす影響を考察した。

研究成果の概要（英文）：

Marshes are important parts of ecosystems and play an important role in maintenance of ecosystems. In this research, serial methods were established to monitor water quality of lakes and marshes based on remote sensing and GIS. In addition, the relationship between the land use and water quality has been analyzed. Firstly, a robot boat was developed to automatically and efficiently acquire water quality by grid sampling. And low-altitude unmanned helicopter remote sensing platform and water quality model were also provided. The result of the relationship between water quality changes and land use shows that the deterioration of the water quality has become serious with the deepening of the planting season.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	11,500,000	3,450,000	14,950,000
2009年度	7,000,000	2,100,000	9,100,000
2010年度	7,000,000	2,100,000	9,100,000
2011年度	6,900,000	2,070,000	8,970,000
2012年度	3,500,000	1,050,000	4,550,000
総計	35,900,000	10,770,000	46,670,000

研究分野：農業環境工学

科研費の分科・細目：農業工学・農業環境工学

キーワード：農業生産環境、リモートセンシング、物質収支モデル、水環境

1. 研究開始当初の背景

湖沼環境は生態系に大きな影響を与えるので、その維持・管理が生態系の保全に重要である。環境モニタリング法として近年、リモートセンシングが適用されているが、一般に湖沼の水質を時空間情報として効率的に取得できる方法論が確立していないこと、また衛星リモートセンシングの場合、衛星搭載センサと地上分解能が制限要因となり、センシング対象に適否があるのは周知のとおりである。

2. 研究の目的

本研究ではリモートセンシングを用いた湖沼水質モニタリングシステムを開発することを目的とした。衛星リモートセンシングと低空リモートセンシングを併用することで、湖沼周辺の土地利用が水質に与える影響をも考察できるシステム開発を目指した。さらに農業活動という人為的攪乱が湖沼水質に及ぼす影響を考察することで開発システムの有効性を評価した。

3. 研究の方法

まず、研究目標を達成するためにリモートセンシングのグラウンドトゥールズとなる分光放射・水環境データを自動収集できる自律移動観測ボートシステム開発、水・物質収支のモニタリングと解析、衛星画像を用いた土地利用抽出のために新しいアルゴリズムの開発などを行った。

本研究では北海道美瑛市にある「宮島沼」を試験地とした。宮島沼は石狩泥炭地湖沼の一つでラムサール条約登録湿地となっている。低高度リモートセンシングプラットフォームとして無人ヘリコプタや有人ヘリコプタに分光放射計やマルチスペクトルイメージングセンサを搭載することにより、水質のスペクトルデータを得た。また、無人ロボットボートにより対応する水域の水質を計測した。水質のスペクトルデータのモデルはPLS回帰分析により得た。これにより、湖沼の水質変化と周囲の土地利用との関係を分析した。

4. 研究成果

(1) 湖沼水質観測用のロボットボートを開発した。D-GPSとGPSコンパスを誘導センサーとして使い、自動的に湖沼の任意の地点に誘導し、サンプリングが行えるようになった。無線LANによりベースステーションでロボットボートの監視が可能となった。自律移動ボートがリアルタイムに計測する項目はpH、DO、EC、濁度、温度、塩分、ORP（酸化還元電位）などである。また、自律移動観測ボートの性能試験および改良を実施し、それを用いて水質の空間情報を得ることに成

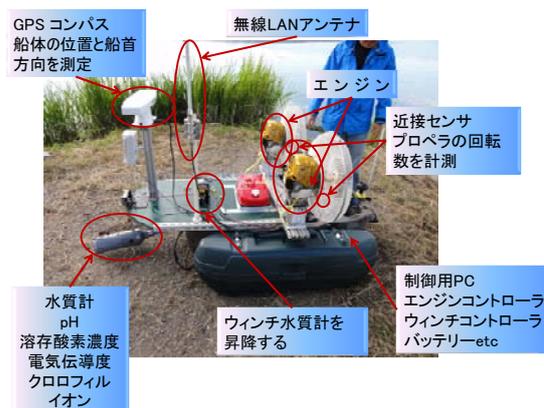


図1 湖沼水質観測用ロボットボート

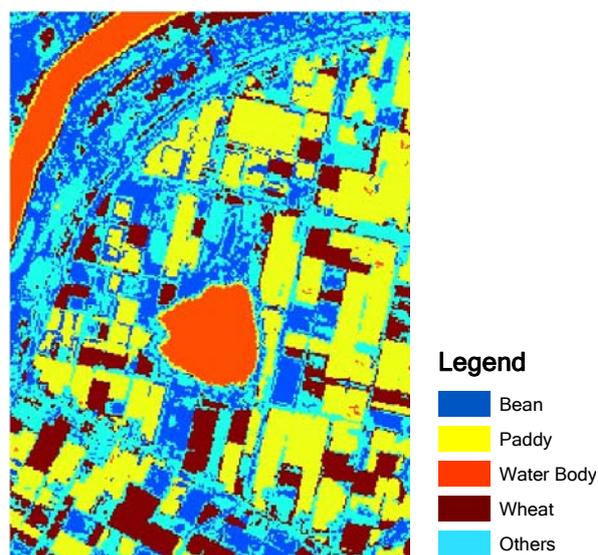


図2 LP-PSO-k-means法による湖沼周辺土地利用分類結果

功した。さらに、センサによる観測だけではなく、ボート搭載型の自動採水器を開発することで、採水機能を付加させた(図1)。

(2) SPOT5衛星画像を用いて湖沼周辺の土地利用情報を効率的に抽出するための画像解析アルゴリズムを開発した。このアルゴリズムはデジタル画像処理技術を駆使して3段階から構成されている。まず、画素レベルで「水稲」、「小麦」、「大豆」、「湖水」、「その他」に分類するために教師無し学習法であるK-means法を用いたクラスタリング法を採用した。しかし、K-means法が局所的なクラスタリング最適化法であるので分類精度に限界があった。そこで大局的最適化を図ることができる粒子群最適化(Particle Swarm Optimization; PSO)を付加してPSO-K-means法に発展させ分類精度の向上を図った。さら

に、画素レベルのノイズを除去するために、一筆ほ場には1作物だけが栽培されているという仮定を設けた「ほ場区画認識アルゴリズム(Land Parcel Extraction; LP)」を考案し、土地利用分類システムに追加実装した。その結果、従来から教師付きクラスタリング法として広く用いられている最小距離法が56.5%の分類精度であったのに対して、今回開発したLP-PSO-k-means法は93.7%まで分類精度を向上させた(図2)。

(3) 湖沼の水質情報を効率的に取得するため、産業用無人ヘリコプタを用いたリモートセンシングシステムを開発した。衛星画像の感度では湖沼水質を評価することができなかったことから、湖沼のスペクトルデータを湖面近接から取得できるよう分光放射計を産業用無人ヘリコプタに搭載して広波長領域(350~1350、1450~1,800nm)の分光データを取得できるシステムを試作した。合わせてグラウンドトゥルース(現地参照用データ)となる水質データを得るために、水質計を搭載したロボットボートを供試して湖沼全面の水質をグリッドサンプリングした。これらのデータを用いてPLS(Partial Least Squares)回帰分析により水質推定モデルを構築した。水質の変化が検出できる光波長帯を抽出して、クロロフィルa、EC、DO、ph、濁度について推定モデルを作成した。 R^2 はそ

れぞれ0.79、0.82、0.84、0.80、0.82であった。これらの推定モデルによって効率的な水質モニタリングが可能になり、湖沼水質の時空間ダイナミクスを考察できるようになった。

(4) 本研究で開発したモニタリングシステムを使用して作物栽培期間(5/23~8/29)に毎月1回、計4回水質を計測して、水質(EC、DO、濁度)の時空間ダイナミクスを考察した。栽培期間を通してECが上昇傾向にあることが示された(図3)。これは湖沼周辺農地に投入される肥料や農薬が湖沼に連続的に流入・蓄積したことが影響したと考えられた。さらに、GISによるマップ化により流入から出口までの水の流れが水質分布に影響することも確認できた。他方、非灌漑期においてECが流入から出口付近に集結することも把握できた。さらにDOと濁度が栽培後期に増加し、灌漑が水質の悪化の一原因であることがGISマップからも推察された(図4)。

(5) 本研究では、リモートセンシングとGISに基づいて湖沼水質をモニタリングできる一連の方法を提案した。無人ヘリコプタを用いた低高度リモートセンシングシステムで取得できる水質推定モデルは、その高効率性と推定精度から湖沼水質の時空間ダイナミクスが考察できた。水質変化と土地利用の関係の結果から、水質悪化は時間の経過とともに増大することも判明した。

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)

〔雑誌論文〕(計8件)

1) Su, B., Noguchi, N.: Discrimination of land use patterns in remote sensing image data using minimum distance algorithm and watershed algorithm. *Journal of Engineering in Agriculture, Environment and Food*, 6(2), 48-53, 2013. (査読有)

2) Su, B., Noguchi, N.: Agricultural land use information extraction in Miyajimanma wetland area based on remote sensing imagery, *Journal of Environment Control Biology*, 50(3), 277-282, 2012. (査読有)

3) Su, B., Mochizuki, R., Han-ya, I., Ishii, K., Noguchi, N.: Remote sensing imagery based agricultural land pattern extraction around Miyajimanuma wetland. *Proceedings of the 11th International Conference on Precision Agriculture*, 1165, 2012. (in CD) (査読有)

4) Su, B., Mochizuki, R., Han-ya, I., Ishii, K.,

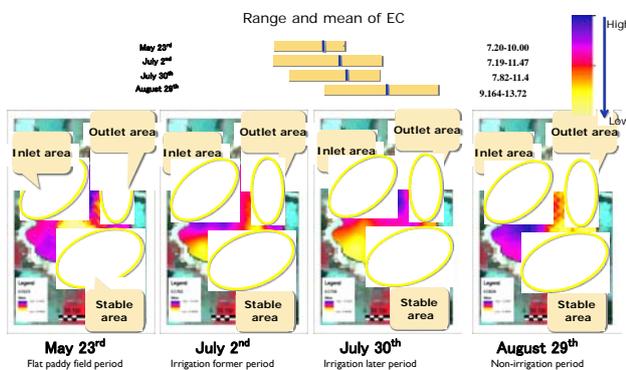


図3 湖沼水質のEC動態

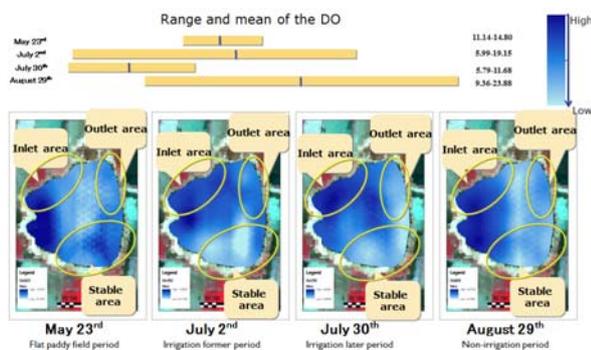


図4 湖沼水質のDO動態

Noguchi, N.: Wetland agri-environment information extraction based on remote sensing. *Proceedings of the IFAC International Workshop on Dynamics and Control in Agriculture and Food Processing*, ISBN:978-954-9641-54-7, 27-32, 2012. (査読有)

5) Kaizu, Y., Iio, M., Yamada, H., Noguchi, N.: Development of Unmanned Airboat for Water-Quality Mapping, *Biosystems Engineering*, 109(4), 338-347, 2011. (査読有)

6) Kizuka, T., Yamada, H., Hirano, T., Hydrological and chemical budgets of a mire pool formed on alluvial lowland, Hokkaido, northern Japan, *Journal of Hydrology*, 401(1-2), 106-116, 2011. (査読有)

7) Kawamura, T., Su, B., Han-ya, I., Ishii, K., Noguchi, N. (2010) Remote sensing of lakes and marshes using helicopter based system. *Proceeding of IFAC Agricontrol 2010*, No. 32 (published on CD), 2010. (査読有)

8) Noguchi, N.: Intelligent Bioproduction System towards Environment Protection, *Journal of Environmental Control in Biology*, 47(2), 111-120, 2009. (査読有)

[学会発表] (計9件)

1) 遊佐 健, 海津 裕, 野口 伸: ロボットボートによるレーザスキャナを用いた汀線マッピング, 農業環境工学関連学会 2012 年合同大会, 2012, 宇都宮大学, 宇都宮.

2) Su, B., Mochizuki, R., Han-ya, I., Ishii, K., Noguchi, N.: Land use classification of satellite imagery using minimum distance classifier. 4th Asian Conference on Precision Agriculture, 2011, Tokachi Plaza, Obihiro, Japan.

3) Mochizuki, R., Su, B., Han-ya, I., Ishii, K., Noguchi, N.: Low-altitude remote sensing for monitoring marsh and lake. 4th Asian Conference on Precision Agriculture, 2011, Tokachi Plaza, Obihiro, Japan.

4) Su, B., Mochizuki, R., Han-ya, I., Ishii, K., Noguchi, N.: K-means based land use supervised classification. CIGR International Symposium on "Sustainable Bioproduction--Water, Energy, and Food", 2011, Tower Hall Funabori, Tokyo, Japan.

5) Mochizuki, R., Su, B., Han-ya, I., Ishii, K., Noguchi, N.: Assessment of water quality of marsh by combing multiple remote sensing

platforms with GIS. Proceedings of the 2011 CIGR International Symposium on "Sustainable Bioproduction--Water, Energy, and Food", 2011, Tower Hall Funabori, Tokyo, Japan.

6) 藤島 洗・山田 浩之・中西一洋・若菜 勇, レジャー用サイドスキャンソナーを用いた阿寒湖の水生植物分布調査, 応用生態工学会第14回札幌大会, 2010, 北海道立道民活動センター, 札幌.

7) 望月 良真, 半谷一晴, 野口 伸: リモートセンシングとGISによる湖沼水質評価法に関する研究. 日本写真測量学会北海道支部平成22年度第29回学術講演会, 2010, 北海道立道民活動センター, 札幌.

8) Noguchi, N.: Precision and Automated Agricultural Systems to overcome a Global Tetralemma, The International Workshop on Agriculture & Mechanization - Challenge and Opportunity for Globalization, 2010, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand.

9) Kizuka, T., Yamada, H., Hirano, T.: Hydrological and chemical budgets of Akanuma Pool in Kushiro Mire, northern Japan, American Geophysical Union Fall Meeting, 2009, Moscone Convention Center, San Francisco, USA.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

野口 伸 (NOGUCHI NOBORU)
北海道大学・大学院農学研究院・教授
研究者番号: 40228309

(2) 研究分担者

平野 高司 (HIRANO TAKASHI)
北海道大学・大学院農学研究院・教授
研究者番号: 20208838

波多野 隆介 (HATANO RYUSUKE)
北海道大学・大学院農学研究院・教授
研究者番号: 40156344

山田 浩之 (YAMADA HIROYUKI)
北海道大学・大学院農学研究院・講師
研究者番号: 10374620

石井 一暢 (ISHII KAZUNOBU)
北海道大学・大学院農学研究院・准教授
研究者番号: 70301009

海津 裕 (KAIZU YUTAKA)
東京大学・大学院農学生命科学研究科・准教授
研究者番号: 70313070