

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 22 日現在

機関番号：33910

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2013～2014

課題番号：25889062

研究課題名(和文)複合システムにおける非線形伝搬の、地理空間上の定量化・可視化の研究

研究課題名(英文) Geospatial Quantification and Visualization of Nonlinear Propagation in Composite System

研究代表者

杉田 暁 (SUGITA, Satoru)

中部大学・中部高等学術研究所・講師

研究者番号：20650708

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,100,000円

研究成果の概要(和文)：(1)次世代バイオ燃料源の洋上プラント計画であるOMEGA計画国内候補地選定にあたり、必要となるモジュール数、港湾海水面占有面積、生産されるバイオ燃料の量の評価を行った。OMEGAで使用される微細藻類イカダモの培養条件の最適化と培養シミュレーションモデルの作成に取り組んだ。
(2)複雑なシステムにおける非線形的な伝搬プロセスを定量化・可視化する手法を開発した。非線形的な伝搬長は、ラグランジュ相関によって評価されることを示した。
(3)詳細な地形データを取得するためにドローンによる空撮とSfM(Structure from Motion)技術による、3次元詳細地形把握実験を行った。

研究成果の概要(英文)：(1) OMEGA is an innovative method to grow algae, clean wastewater, capture carbon dioxide and to ultimately produce biofuel. We estimated number of modules, occupation area, and amount of production of biofuel for selecting candidate site in Japan. We also performed optimization of cultivation condition of *Desmodesmus* sp., i.e. micro-algae used in OMEGA.
(2) We developed quantification and visualization method of nonlinear propagation in complex system. We showed that characteristic length in nonlinear propagation is estimated from Lagrange correlation.
(3) We experimentally performed correction of three-dimensional detailed terrain model using UAV photogrammetry and SfM (Structure from Motion) technique.

研究分野：プラズマ物理学 / 空間情報科学

キーワード：非線形伝搬 新エネルギー 地理情報システム 環境分析 ビッグデータ 国際情報交換

1. 研究開始当初の背景

今日の間人社会では、科学や産業技術の飛躍的な進歩が物質的な豊かさをもたらす一方で、地球温暖化や二酸化炭素排出、大気・海洋・土壌汚染に代表される環境問題や、先の阪神淡路大震災、東北地方太平洋沖地震とそれに伴う津波、福島第一原子力発電所事故のような複合広域災害に見られるように、地域レベルから地球レベルの様々なリスクを含む事象に直面している。これらの事象は、複雑に相互に関連し、単一の事象のみをそれぞれ扱う既存の研究フレームワークでは、モデリング・評価が不十分となる(マルチ・イベント)。また、相互に関連した事象・情報は、非線形的に、時空間的に波及・伝搬していくといった特徴を有している(非線形伝搬)。これも、既存の古典的な拡散モデルでは記述できない現象であり、このような事象と共存し、持続可能な社会を構築することは、人類社会に課せられた大きな課題である。

このような課題に取り組むためには、総合的問題の具体的なテーマを設定し、複合的な科学的アプローチを実際に構成して問題を解くことによって、研究の方法を進展させるプロセスが必須である。具体的な総合的問題の例として、OMEGA (Offshore Membrane Enclosures for Growing Algae) 計画を取り上げる。OMEGA は、NASA (米航空宇宙局) によって推進されている計画であり、洋上に柔軟性のある大きなチューブを浮かべ、その中で次世代バイオ燃料の原料となる淡水性の微細藻類を育成する。チューブには都市・工場排水が注がれ、その養分と太陽光から藻類は育ち、酸素を生成し排水を浄化する。チューブを集積したプラントで、風力発電や養殖漁業を行う。OMEGA は、実験室レベルでは既の実証され、原型実験を行うための候補地を選定中であるが、候補地に必要な条件は多数に及び、未だ有力な候補地は決まっていない。この条件を総合的に評価し、候補地選定に資する研究を行うために、デジタル地図情報、及びそれに付随する様々な時空間データベースを統合したシステム GIS (Geographic Information System) の活用は必至となる。中部大学国際 GIS センターでは、国内での候補地の選定についての意見が依頼されている。実験室レベルから原型実験へスケールアップするにあたって、複合したシステムのなかの非線形伝搬現象は、強いサイズ依存性を示すので、プラント運用のために評価するべきリスク伝搬の視点から、適否を決める特に重要な課題である。

2. 研究の目的

本研究では、複合システムにおいて相互作用する複数事象及び、システム中の非線形的な伝搬を、地理空間上に定量化・可視化する方法を開発することを目的とする。これは、既存の、単一の事象のみを扱うアプローチや局所的・古典的モデルを用いたのでは記述で

きない。本研究では、複合システムの具体例として、次世代バイオ燃料源の洋上プラントを取り上げ、解析を行う。その中で特に重要となる非線形伝搬のプロセスについては、伝染病の伝搬の統計データから伝搬モデルを抽出する方法を開発する。ここでは、人の流れに関するビッグデータと重ねあわせ、地理空間上でのモデリングを行う。複合システムにおける、リスクを含む複雑な事象の発達・発展の問題は、自然科学の広汎な領域で探求されている喫緊の課題であり、様々なリスクと共存する社会の構築のために重要である。

3. 研究の方法

本研究の初年度では、複合システムにおいて相互作用する複数関連事象の、地理空間上での統合的評価方法を開発する。まず、複数の評価指標を単独でそれぞれ地図上に可視化する。次にそれらの相互作用を考慮した複合モデルから得た評価を地図上に可視化し、評価を行う。次世代バイオ燃料源の洋上原型実験プラント建設・運用のための候補地選定の参考資料となるデータを求める。原型実験候補地に必要な条件は多数に及び、このような複合システムにおいて、動的な非線形伝搬現象は、特に重要な課題であるため、次年度では、前年度に定常状態で行っていた解析を、動的なシステムで行う。そのために地理空間上で、非平衡状態のシステムから、非線形伝搬現象を抽出する方法を開発する。リスクを含む事象の非線形伝搬現象の例として、伝染病伝搬について、人の流れについてのビッグデータを考慮に入れた地理空間上でのモデリングを行う。

4. 研究成果

(1) 複合システムの例として次世代バイオ燃料源の洋上プラント計画プロトタイプである OMEGA 計画を取り上げ、米 Natural Capital Project によって開発された、生態系サービスや環境指標を地図上に可視化するツール InVEST を利用した定常状態の生態系サービス評価 GIS データ、及び環境評価 GIS データの生成に取り組んだ。OMEGA 国内候補地として愛知県衣浦湾を選定し、排水処理施設から排出される排水の量から、必要となる OMEGA モジュール数、及び港湾海水面占有面積評価を行った。また、そこから生産されるバイオ燃料の量を評価した。2013 年度は、米 University of California, Santa Cruz に出張し、2014 年度は、名古屋市で開催された 5th Digital Earth Summit の基調講演で来日した、OMEGA 提唱者である Trent 博士と、OMEGA の日本国内候補地選定及び実現に関する詳細な打合せを行った。また、中部大学創造エネルギー理工学選考修士課程の学生と共同研究を推進し、OMEGA で使用される微細藻類 *Desmodesmus* sp. (和名: イカダモ、NIES-96) の培養条件の最適化と培養シミュレーションモデルの作成に取り組んだ。

(2) 複雑なシステムにおける非線形的な伝搬プロセスを定量化・可視化する手法を開発し、Plasma and Fusion Research 誌に論文として投稿、出版した。具体的な内容としては、3次元トーラス座標における乱流プラズマの径方向伝搬を例に取り、非拡散成分を抽出し、静的空間相関(オイラー相関)と動的空間相関(ラグランジュ相関)を定義し、その時空間構造を特性長、特性時間から評価した。非線形的な伝搬長は、既存の相関評価指標であるオイラー相関では十分評価できず、ラグランジュ相関によって評価されることを示した。

(3) 複合システムを評価する際に重要となる詳細な地形データを取得するために必要であるドローンによる空撮と SfM (Structure from Motion) 技術による、3次元詳細地形把握に取り組んだ。具体的な例として、社会的要請も踏まえ、土砂災害に見舞われた長野県南木曾町、岐阜県高山市などを対象とした。その成果を 5th Digital Earth Summit 等で発表した。また、同様の試みを、伊勢湾の海流による廃棄物の集積等が問題となっている答志島奈佐の浜に於いて行い、その成果について、第4回奈佐の浜シンポジウムなどで招待講演を行った。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 7 件)

Naohiro Kasuya, Satoru Sugita, Shigeru Inagaki, Kimitaka Itoh, Masatoshi Yagi, Sanae-I. Itoh. "Simulation Study of Hysteresis in the Gradient-Flux Relation in Toroidal Plasma Turbulence", Plasma Physics and Controlled Fusion Vol. 57, (2015), 044010 (8 pp.), Refereed.
DOI: 10.1088/0741-3335/57/4/044010

Katsumi Ida, Zhongbing Shi, Hong-Juan Sun, Shigeru Inagaki, Kensaku Kamiya, John Rice, Naoki Tamura, Patrick Diamond, G Dif-Pradalier, Xiao Zou, Kimitaka Itoh, Satoru Sugita, Ozgur Gurcan, Teresa Estrada, Carlos Hidalgo, Taik-Soo Hahm, Anthony Field, Xuanton Ding, Yoshiteru Sakamoto, Stella Oldenbuerger, Mikiro Yoshinuma, Tatsuya Kobayashi, Min Jiang, Sang-Hee Hahn, Young Jeon, Suk-Ho Hong, Yusuke Kosuga, Jiaqi Dong, and Sanae-I Itoh, "Towards an Emerging Understanding of Non-locality Phenomena and Non-local Transport", Nuclear Fusion Vol. 55, (2015), pp. 013022-1 - 013022-19, Refereed.
DOI: 10.1088/0029-5515/55/1/013022

Naohiro Kasuya, Satoru Sugita, Shigeru Inagaki, Kimitaka Itoh, Masatoshi Yagi, and Sanae-I. Itoh, "On Violation of Local Closure of Transport Relation in High-temperature Magnetized Plasmas", Physics of Plasmas Vol. 21, (2014), pp. 110701-1 - 110701-4, Refereed.
DOI: 10.1063/1.4902102

Satoru Sugita, Kiyoshi Takejima, and Hiromichi Fukui, "Aerial Photogrammetry of Damages by Heavy Intensive Rainfall in Nagiso and Takayama Using UAV", Program and Abstracts of the 5th Digital Earth Summit, (2014), pp. 60, Non-refereed.
<http://isde-j.com/summit2014/images/program20141104.pdf>

内山庄一郎、中田高、井上公、熊原康博、杉田暁、井筒潤、後藤秀昭、福井弘道、鈴木比奈子、谷口薫、「小型 UAV と SfM ソフトウェアを用いた断層変位地形把握の試み 根尾谷断層水鳥断層崖を例に」、活断層研究 40 号、(2014) pp. 35 - 42、査読有。
DOI: 10.11462/afr.2014.40_35

Satoru Sugita, Kimitaka Itoh, Sanae-I. Itoh, Masatoshi Yagi, Guillaume Fuhr, Peter Beyer, Sadruddin Benkadda, "Statistical Analysis of Ballistic Propagation Distance in Edge Turbulence", Plasma and Fusion Research Vol. 9, (2014), pp. 1203044-1 - 1203044-3, Refereed.
DOI: 10.1585/pfr.9.1203044

福井弘道、竹島喜芳、杉田暁、「ブータン王国におけ SMART (Sustainably Managed Agro-ecosystem and Rural Terrain) Village の実現に向けたプロジェクト」、環境情報科学 43 巻、1 号、(2014)、pp. 55、査読なし。
<http://www.ceis.or.jp/search/entries/article/1/43/10203>

[学会発表](計 11 件)

Satoru Sugita, Kiyoshi Takejima, and Hiromichi Fukui, "Aerial Photogrammetry of Damages by Heavy Intensive Rainfall in Nagiso and Takayama Using UAV", Invited Lecture, 2015 年 1 月 28 日, Department of Civil Engineering, SRM University, INDIA, Invited.

Satoru Sugita, Kiyoshi Takejima, and Hiromichi Fukui, "Aerial

Photogrammetry of Damages by Heavy Intensive Rainfall in Nagiso and Takayama Using UAV”, 5th Digital Earth Summit, 2014年11月9-11日, SP1-4, ウィンクあいち, Oral.

Satoru Sugita, Kiyoshi Takejima, and Hiromichi Fukui, “ Aerial Photogrammetry of Damages by Heavy Intensive Rainfall in Nagiso and Takayama Using UAV”, 5th Digital Earth Summit, 2014年11月9-11日, UAV-P2, ウィンクあいち, Poster.

杉田暁、「空中画像からみえる奈佐の浜」第4回奈佐の浜シンポジウム、2014年10月12日、三重県鳥羽市答志島桃取コミュニティセンター、招待講演。

杉田暁、「空中画像からみえる奈佐の浜」答志島奈佐の浜海岸清掃学生交流会、2014年10月12日、三重県鳥羽市答志島全漁連鳥羽磯部桃取支所、招待講演。

杉田暁、竹島喜芳、井筒潤、福井弘道、「南木曾、高山土砂災害」第3回低空撮技術活用研究会、2014年9月1-2日、中部大学研修センター、口頭発表。

内山庄一郎、中田高、井上公、熊原康博、杉田暁、井筒潤、後藤秀昭、福井弘道、鈴木比奈子、谷口薫、「小型 UAV と SfM による断層変位地形の詳細マッピング 根尾谷断層水鳥断層崖の事例」、日本地球惑星科学連合 連合大会 2014 年大会、2014年4月28日-5月2日、パシフィコ横浜、口頭発表。

南基泰、上野薫、宗宮弘明、杉田暁、福井弘道、ICT Karma、Tayan Raj Gurung、Tashi Samdup、「ブータン王国における陸水の理化学特性予備調査報告」、日本陸水学会東海支部会第17回総会・第16回研究発表会、2014年2月22-23日、民宿「寿々波」(鳥羽市答志島)、口頭発表。

杉田暁、井筒潤、福井弘道、「航空法と第三者賠償責任保険について」第2回低空撮技術活用研究会、2013年12月1日、防災科学技術研究所、口頭発表。

福井弘道、竹島喜芳、杉田暁「ブータン王国におけ SMART (Sustainably Managed Agro-ecosystem and Rural Terrain) Village の実現に向けたプロジェクト」第10回環境情報科学ポスターセッション、2013年12月6日、日本大学会館、ポスター発表。

Satoru Sugita and Hiromichi Fukui,

“Demonstration of Unmanned Aerial Vehicle”, Demonstration of Unmanned Aerial Vehicle, 2013年9月12日, ICIMOD, NEPAL, Invited.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

杉田 暁 (SUGITA, Satoru)

中部大学・中部高等学術研究所・講師

研究者番号：20650708