

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 16 日現在

機関番号：12605

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23380152

研究課題名(和文)カオス時空間解析法によるドングリ豊凶予測と生態系管理支援システムの構築

研究課題名(英文)Ecosystem Management System Based on SpatiTemporal Dynamics of Masting

研究代表者

酒井 憲司(Kenshi, Sakai)

東京農工大学・(連合)農学研究科(研究院)・教授

研究者番号：40192083

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 15,100,000円、(間接経費) 4,530,000円

研究成果の概要(和文)：広葉樹堅果豊凶野時空間ダイナミクスのモデリングを現場レベルにおいて可能とするために、GISベースで駆動するモデル構築を行った。対象区域は航空リモートセンシングによって取得・抽出された樹冠オブジェクト4703個に対してCMLを構成した。モデル出力は、距離相関関数としてMoran's IおよびPearsonの空間自己相関関数を用いた。また、同調性の検定は、個体間変動係数、年時間変動係数を用いた。これらの結果、従来の等間隔で設定したCMLとの相違を示すことができた。また、マルチエージェントモデルにおいて、広葉樹植生に時空間ダイナミクスを与えてGIS上に実装した。気象合図とRBMを融合モデルも開発した。

研究成果の概要(英文)：We developed a GIS-based mating modeling technique. Individual canopies were identified through airborne image segmentation, and CML was established with the segmented 4073 canopies. The dynamics of the acorn production of each tree is modeled as an oscillator in the CML. Coupling in this CML corresponds to pollen coupling between trees. To determine the features of the developed spatiotemporal dynamics, we employed a spatial autocorrelation function and conducted a parameter study by changing fundamental system parameters such as coupling strength. The output of the model was expressed in a GIS base to enable easy visualization of the spatiotemporal dynamics and spatial synchrony. Additionally, this approach was able to show the difference between conventional CML model and our GIS based CML model. We also improved RBM by employing with whether cue.

研究分野：農業工学

科研費の分科・細目：農業情報工学

キーワード：カオス 豊凶 ドングリ 堅果 マスティング 時空間ダイナミクス 生態系管理

1. 研究開始当初の背景

新・生物多様性国家戦略が平成14年3月に閣議決定されたように、生物多様性は生物種とそれを取り巻く国土環境・文化・社会のあり方まで対象とする広範な概念で、生物多様性国際条約ではその対象を”複雑・非線形・動的・時間遅れ・不確実性”などに特徴付けられる社会-生態系としている。Schafferは、カタストロフィックシフト概念を提示し(Catastrophic shift in ecosystems, Schaffer, et al., Nature, 413, 591-596)環境破壊に向かって進行している社会-生態系においては、緩やかな変化の後に一気に破滅的(カタストロフィック)変化に至り、修復・再生は不可逆的で莫大な時間と経費を必要とするとした。このような課題は極めて学際的であり、分野を超えて議論可能とする枠組みが必要とされた。

2. 研究の目的

農林生態系の保全・管理を科学的手法に立脚して行うため必要なシナリオ決定支援システムが求められている。自然修復・再生におけるエコシステムアプローチおよび順応的管理のために、社会-生態系(Socio-Ecological System)の時空間ダイナミクスの解明とモデリングに基づいて、里山再生・修復実験において必要となる生態系管理のためのシステム構築を行う。

3. 研究の方法

(1) 生態系時空間ダイナミクスによる空間同調現象の定量化のために、距離相関関数および各種変動係数を用いる。

(2) 生態系時空間ダイナミクスの階層的長期モニタリングにおいて、①堅果数の取得のため、模型自律飛行ヘリコプターによる樹冠内および樹冠直上でのイメージング撮影を行う。②ハイパースペクトルイメージングにおいて実景観に対しての相関行列画像の構成などを実施し、植生判別などに適用する。

(3) 生態系の時空間ダイナミクスのシミュレータをGISベースのマルチエージェントシステムとして実装する。

4. 研究成果

(1) 航空画像を用いたコナラ樹冠オブジェクト抽出(学会発表②)

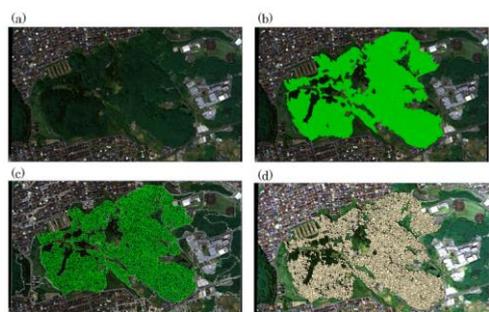


図1 航空画像から生成されたコナラ樹冠オブジェクト

堅果の時空間ダイナミクスのモデリングはCML(coupled map lattice:結合写像格子)を用いて行うが、個々の振動子は、コナラ樹木個体となる。現実の森林にこれを適用するためには、個体サイズに応じた振動子を構成する必要がある。ここでは、航空画像から個々の樹冠の情報を取り出すために、セグメンテーションを実施して効果的にオブジェクト抽出を行った(図2)。個々の樹木の堅果生成ダイナミクスはRBM(Resource Budget Model)を基盤とするが、モデルパラメータをオブジェクト毎に与えることができる。図2は光合成剰余 P_s を樹冠サイズに比例させて4703のオブジェクトに対して個別に与えたものである。(雑誌論文①)

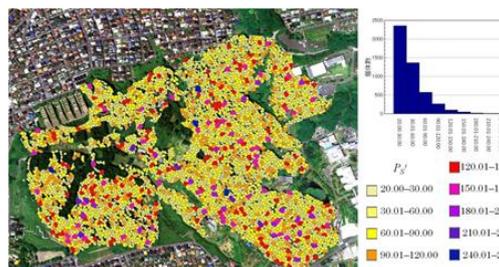


図2 光合成産物 P_s の空間分布および頻度分布(2)GISベースのマスティング時空間ダイナミクスの構築

一般に用いられているRBMをより現実の管理を想定して改良を行った。特に、花粉飛散パターンについてモデル化を行った。ここでは、図3のような正規分布関数を用いて、散布強度を標準偏差などで定量化可能とした。

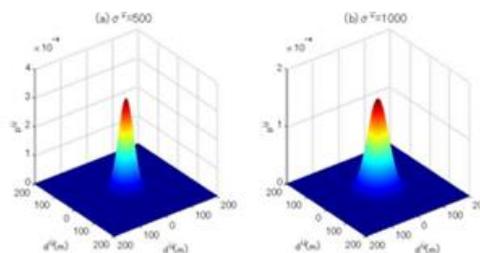


図3 設定した花粉分布関数

CMLにおける結合を図3で与えた関数によって行い、マスティングの空間同調についての数値実験を行った。図4のGIS上に示された空間同調パターンの一例を示した。赤が堅果数が多く、青が少ない。

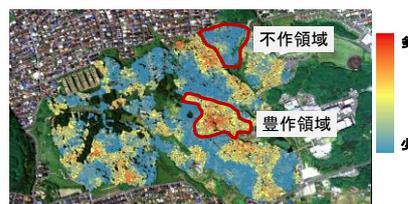


図4 堅果生産量の空間分布(3)パラメータスタディ(学会発表②⑨)

RBMの重要な制御パラメータであるコスト比 R_c によって、空間同調パターンが大きく変化する。同時に、花粉散布強度によっても同様である。さらに、虫害率、気象合図なども大きな影響を与える。以上のような主要なパラメータに対しての応答を系統的に調べた。図5は、一つのパラメータ設定における空間パターンの時間変動について示したものである。明瞭に年時間変動と、空間反動が得られている。

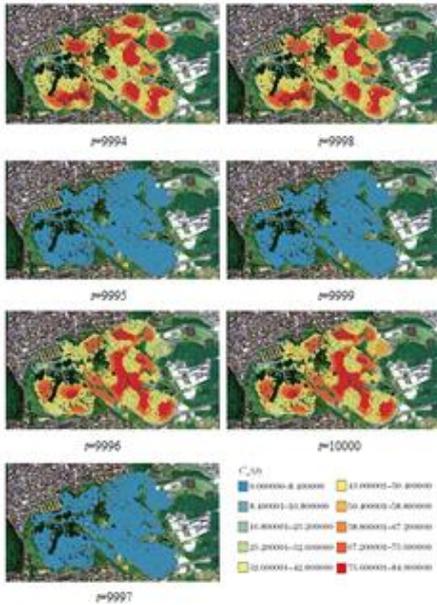


図5 空間パターンの年次変動

(4) RBMモデルの改良 (学会発表⑧)

従来のRBMはマスキングの内的要因説の主張のために用いられてきた。ここでは、生態系管理の現場において重要視される、気象合図、虫害を考慮したものに改良した。すなわち、より現実の豊凶現象に近づけるために、①花粉の拡散プロセスおよび昆虫による食害機能、②外部(気温等)のトリガー機能をCMLモデルに組み込んだモデルを構築した。

また、アンサンブル非線形ダイナミクスの再構成について、新たな手法を提案した。(雑誌論文④)

(5) 分光画像空撮システム (学会発表④)

小型ロボットヘリコプタによる分光画像航空撮影システム試作を23年度に集中的に行った。デジタルカメラを実装し、FM府中(農学部附属農場)において予備飛行実験を実施し、機体のペイロード、航行安定性、撮影制御システムなどが所期の性能を確保できるか否かを確認した。また、樹冠上5m程度の撮影により、堅果の識別が可能であることを確認した。

(6) RGB画像による植生バイオマス量の推定 (雑誌論文③)

植生バイオマス量の非接触計測手法をRGBデジタルカメラによる画像解析によって簡易におこなえることを確認した。基礎実験の対

象植物としては畑地の夏雑草(1年生草)をとし図5のように、明瞭なS字成長曲線を得た。

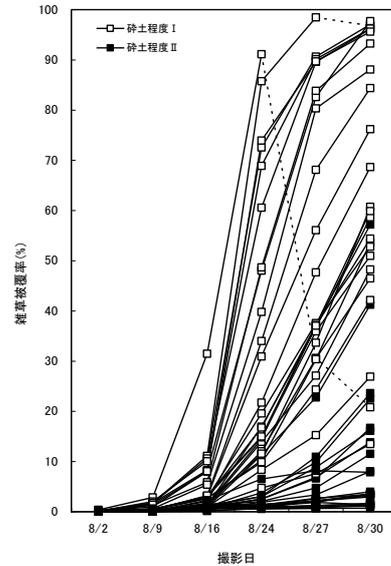


図5 RGB画像による植生バイオマス計測

(7) 景観生態系の分光イメージング

Two-Band Vegetation Index(TBVI)において選んだ2波長(λ_1 と λ_2)のすべての組み合わせの反射率を用いて計算する。まず、目的成分と関係する波長帯を明らかにするために、すべての2波長組み合わせで計算したTBVI値と目的成分との相関の絶対値を図示し相関行列を得た(図6左窒素、右炭素)。

窒素において最大の相関を示した波長組み合わせは、2004nmと2024nmであり、決定係数0.9933の予測が得られた。炭素において最大の相関を示した波長組み合わせは、2179.5nmと2226.5nmであり、決定係数0.9828の予測が得られた。この手法を樹冠計測に適用することが可能である。

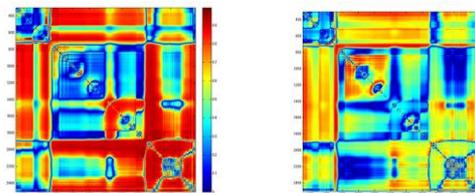


図6 TBVIを用いた分光相関行列 (学会発表③)

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5件)

①Takahiro Yamazaki, Kenshi Sakai, Modelling of Spatial Synchrony in Acorn Masting for Ecosystem Management, Proceedings of The 2014 International Symposium on Nonlinear

Theory and its Applications、査読有、2014、paperID6086 (in press)

②Xujun Ye , Kenshi Sakai、Limited and time-delayed internal resource allocation generates oscillations and chaos in the dynamics of citrus crops、Chaos、査読有、23 卷、2013、043124
<http://dx.doi.org/10.1063/1.4832617>

③榎原愛・酒井憲司、ロータリ耕による碎土程度が畑雑草の発生に与える影響、雑草研究、査読有、58(2)、2013、45-51
https://www.jstage.jst.go.jp/article/weed/58/2/58_45/_pdf

④Shen Gand, Kenshi Sakai, Koichi Kaji、Capturing landscape changes and ecological processes in Nikko National Park (Japan) by integrated use of remote sensing images、Landscape Ecol Eng、査読有、2013、9(1)、89-98
 DOI 10.1007/s11355-011-0180-1

⑤Gand Shen,Kenshi Sakai,Landscape Changes and Spatial Inclinations in the Satoyama of Sano, Japan by Aerial Photos、Remote Sensing, 2nd International Conference on Environment and Transportation Engineering (RSETE),査読有、2012、12931830
 10.1109/RSETE.2012.6260611

[学会発表] (計9件)

①酒井憲司他、マルチエージェントシステムによる生態系管理プラットフォーム、農業食料工学会、2013年9月3日-5日、帯広

②山崎崇広・酒井憲司、生態系管理を目的とした森林の豊凶現象のモデリング、農業食料工学会、2013年9月3日-5日、帯広

③松橋輝明・酒井憲司、ハイパースペクトルイメージングを用いたミカン樹木の栄養成分把握、2012.9.11-14、農業環境工学関連学会 2012 合同大会、宇都宮

④山崎崇広・酒井憲司、自動航行空撮ラジコンヘリを用いたコナラ林冠のフェノロジー記録、2012.9.11-13、農業環境工学関連学会 2012 合同大会、宇都宮

⑤山崎崇広・酒井憲司、GIS を用いた森林のマスティングの時空間モデリング、2012.9.11-13、農業環境工学関連学会 2012 合同大会、宇都宮

⑥榎原愛・酒井憲司、ロータリ耕による碎土程度が畑雑草の発生に与える影響、2012.9.11-13、農業環境工学関連学会 2012 合同大会、宇都宮

⑦森 俊勝・酒井憲司、社会・生態システムにおけるマルチエージェント・シミュレーション、2012.3.21、第59回日本生態学会大会大会、大津

⑧山崎崇広・酒井憲司、ブナ林の豊凶現象のモデリング-昆虫群集および気象要因を考慮して-、2011.9.28、第70回農業機械学会年次大会、弘前

⑨山崎崇広・酒井憲司、格子モデルを用いた

森林のマスティングと種子食害昆虫の時空間ダイナミクス、2011.3.8、第58回日本生態学会大会、札幌

[図書] (計1件)

Xujun Ye,Kenshi Sakai,Springer, Fruit Yield Estimation Through Multispectral Imaging in Advances in Citrus Nutrition (ed. Anoop Kumar Srivastava)、2012、453-473

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

名称：
 発明者：
 権利者：
 種類：
 番号：
 出願年月日：
 国内外の別：

○取得状況 (計 件)

名称：
 発明者：
 権利者：
 種類：
 番号：
 取得年月日：
 国内外の別：

[その他]

ホームページ等
<http://kenkyu-web.tuat.ac.jp/Profiles/1/0000021/profile.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

酒井憲司 (SAKAI, kenshi)

東京農工大学・大学院農学研究院・教授
 研究者番号：40192083

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：