

平成 21 年 4 月 1 日現在

研究種目：基盤研究 (B)

研究期間：2005～2008

課題番号：17380192

研究課題名 (和文) マルチエージェントシステムによる循環型社会モデルの構築

研究課題名 (英文) Studies on zero-waste society model using multi agent systems

研究代表者

酒井 徹朗 (SAKAI TETSURO)

京都大学・大学院情報学研究科・教授

研究者番号：10101247

研究成果の概要：本研究では、マルチエージェントシステム(MAS)を用い、循環型社会モデルのサブモデルとなる幾つか社会経済モデルを構築した。そのシミュレーション結果の検証などとおし、循環型社会モデルの構築要件や、MAS の有用性を明らかにした。また、空間的広がりを持つモデルとして地理情報システム(GIS)の利用や、広域の資源環境情報収集手段としての衛星画像の利用などについても検討し、幾つかの分析手法を明らかにした。

交付額

	直接経費	間接経費	合計
2005年度	5,600,000	0	5,600,000
2006年度	3,700,000	0	3,700,000
2007年度	2,900,000	870,000	3,770,000
2008年度	2,400,000	720,000	3,120,000
年度			
総計	14,600,000	1,590,000	16,190,000

(金額単位：円)

研究分野：生物圏情報学

科研費の分科・細目：境界農学・環境農学

キーワード：循環型社会、マルチエージェント、シミュレーションモデル、GIS、

1. 研究開始当初の背景

地球温暖化に代表される環境問題に対処するため、循環型社会の形成が叫ばれている。循環型社会において再生産可能な資源生物が果たす役割は重要である。従来、資源生物に関する研究は縦割りの分野でおこなわれてきたが、様々な資源生物やその環境に関する研究では、相互関係を重視した横断的な分野間の連携が必要である。更に、社会・経済活動を加味した地域としての空間把握も必要である。一方、資源や環境に関する情報は多くの公的機関等から、インターネットなどとおして発信されており、全球的には地

球地図の整備が進行中である。本研究では、これらをベースに循環型社会モデルの資源・環境情報を、時空間的に共通的な情報基盤として構築する。そのためには複合的に各種情報を織り込んだ資源環境情報システムをベースにした地域(流域)モデルの研究を展開する必要がある。

一方、循環型社会では人間の様々な活動の関わりが重要になってくる。人間の社会・経済活動により、資源の配分や環境への影響等が異なる。これをモデルに反映させるため、意思決定者や利害関係者等をそれぞれのエージェントの行動として規定し、エージェン

ト同士の駆け引きにより、人間活動をシミュレートするマルチエージェントシステム (MAS) が有用である。この種のエージェント研究はまだ著に着的ばかりであり、従来の数理計画法とは異なる手法であり、社会モデルの分析として重要であると考えられる。

MAS と GIS を連動させた循環型社会モデルは、MAS によるシミュレーション結果を GIS の資源環境情報に反映させ、更新データを MAS の入力情報とする。個々のシステムが独立しており、柔軟性があり、相互に補完でき、適用範囲が広がると期待している。この循環型モデルが構築されると、資源・環境に関する情報をベースに、社会モデルと資源環境モデル、それぞれの立場から検討・研究できる意義があると考えられる。

2. 研究の目的

本研究は、生物圏を対象とした循環型社会モデルの提案を目的とする。循環型社会モデルは意思決定者や関係者からなるマルチエージェントシステム (MAS) と資源・環境情報を管理する地理情報システム (GIS) との連動で構築する。本研究では循環型社会モデルの構築要件を明らかにし、プロトタイプモデルを構築し、その適用性の検証をおこなうことを到達目標とする。MAS は資源配分や社会・経済活動をシミュレートするものであり、GIS は地球地図をベースに資源・環境情報を管理し、MAS による社会活動の結果を時系列的に反映させるとともに、MAS のための資源環境に関する入力情報を提供する。

3. 研究の方法

本研究の目標は、生物圏を対象とした MSA と GIS からなる循環型社会モデルを提案することである。そのため、それらの要件などについて調査研究する。

(1) マルチエージェントシステムに関するしては既存のマルチエージェントシステム構築支援ソフトを用い、各種の循環型生産モデルを構築する。さらにそれらを用いたシミュレーション結果を検証・分析することによりモデルの要件を明らかにする。いくつかの循環型生産モデルを連結し、地域(流域)における社会循環型モデルとする方法についても検討をおこなう。

(2) モデルに必要な基礎的なデータである資源・環境情報の収集について検討する。公開されている各種データベースの利用や、広域的な情報収集に有用であるリモートセンシングの利用について検討をおこなう。

4. 研究成果

本研究の成果は、MAS などによるモデルの構築とその検証、および広域の資源・環境情報取得のための衛星リモートセンシング手法の検討の2つに大別できる

(1) MAS などによるモデル構築とその検証

① 森林資源の持続的管理モデル

高知県で実施されている森林環境税を主たる財源とする森林の持続的管理施策を模したモデルを構築し、管理施策の検証をおこなった。この事業は森林資源の持続的管理を目指し、人工林の間伐などによる積極的な管理や施業を放棄した林分を広葉樹林として再生させるなどの持続的な森林管理を目指している。モデルでは森林所有者・事業者・行政の各エージェントを配し、それぞれに行動戦略と資金や能力などの制約条件を持たせた。このモデルによるシミュレーションの結果、行政戦略の違いにより放棄林分や経営林分の時系列的な面積変化が大きく異なる結果を得た。持続的な森林管理計画において、MAS による手法の有用性が確認できた。また、課題としてはエージェントの学習機能の検討、自然災害などの外乱要因の導入などが明らかになった。

② 地域間伐モデル

人工林の間伐と国産材の利用は森林バイオマス資源の循環型利用において重要な課題である。本モデルは複数の市町村からなる広域地域を対象に、川上である森林所有者から川下の木材加工業者を含めた。モデルでは森林所有者・素材生産者・木材加工業者のエージェントを、森林資源情報など属地情報を持たせた GIS 上に配し、それぞれのエージェントには経営戦略・取引価格・経営意識などの制約条件を持たせた。このモデルでのシミュレーションの結果、木材加工業者の買取価格はある程度間伐の促進に影響をあたえるが、買取価格を大幅に上昇にさせても間伐量の大幅な増加にはならなかった。これは経営意識や基盤整備の条件が制約になるためと考えられ、総合的な対策が必要であると考えられる。また価格形成に課題を絞り、売手と買手による価格交渉のモデルを構築した。そのシミュレーションの結果、流通コストの削減には直送が有利であるが、その生産契約における価格交渉では、販売者(山元)及び購入者(製材工場など)双方の自己価格への固執の強弱がキーとなることを明らかにした。双方ともに固執が強ければ、売買契約の成立が少なく、全体としての経済的な余剰が少なくなる。双方の固執が弱く、相手価格を考慮して価格の改定をおこなえば余剰が大きくなる

ことを明らかにした。

③間伐材生産モデル

森林バイオマス資源の循環型利用モデルの一部として間伐材生産モデルをMASで構築した。間伐材の生産システムはいわゆる「低コスト林業3点セット」を対象とした。列状の間伐や定性間伐をおこなうチェンソーによる伐倒および道路までの集材機（スイングヤーダやタワーヤーダ）による集材、プロセッサによる造材、フォワーダ等の作業車によるトラック土場までの運材、の3つの作業形態からなる。これらの作業はそれぞれ連携しておこなわれる。作業員や作業機械をエージェントとして空間に配置し、その連携作業をモデル化した。このモデルは様々な作業条件や作業標準工期をパラメータとして入力し、それぞれの条件下での適切な作業配分や、コストを考慮した合理的な作業計画を検討できるようにした。これにより生産に関しては適切な作業機械の組合せが重要であることが再確認され、合理的な作業計画について意思決定支援ができるようになった。

④中山間地域の耕作地モデル

中山間地域を対象とした循環型生産モデルに必要な要件として、耕作放棄地の取り扱いについて検討できるシステムを構築した。このシステムはシステムダイナミクスとAHPの手法を取り入れたものである。各農家の将来の収支や耕作面積の推移などをシステムダイナミクスで予測し、営農形態ごとにその経営のシミュレーションがおこなえる。また農家の営農に対する意思決定支援にはAHPの手法を用いた。専門家の意見及び当事者の判断をもとに、営農方針について検討できるようにした。また参考資料として公開されている営農に関する各種データベースを参照できるようにした。また、地域の合意形成支援として、各種情報の提示、ステークホルダーの意見集約などが重要であるとの立場から、それを支援するシステム要件について検討した。合意形成ができなくとも、意見の一致点及び相違点を関係者がともに共有することが大事であるとの結論を得た。

(2)衛星画像を用いた広域の資源・環境情報の収集について

①高解像度衛星写真の利用

イコノスにより取得された高解像度衛星写真の分類では、高解像度がゆえに生じる隣接画素の輝度値の大きな差異により、複数の画素を含む対象物が同一のものとして分類されない場合が生じる。そのため、従来の中解像度の衛星写真の分類手法をそのまま用いることでは不十分である。このよ

うな分類の不連続性や隣接画素の分類の差異を解決するため、従来のクラスター分析法に「確からしさの指標」を導入することを提案し検証した。その結果、ある程度緩和できることがわかり、この指標が有用であることがわかった。

②衛星画像とLidarデータの併用

高解像度衛星画像とLidarデータを併用した土地被覆分類法について検討した結果、反射輝度、NDVI、反射輝度のテクスチャー、凸凹量、凸凹量のテクスチャーなどの変数値を算出し分類に用いると有用であることがわかった。画像データとLidarデータの併用により詳細な分類ができ、地形情報を含めた土地被覆分類の手法が有用であることを示した。なお、Lidarデータが入手できない場合は、公開されているDEMデータからテクスチャー情報を算出し利用できる。

③ALOS画像の利用

最新の地球観測衛星ALOSの衛星画像を用いた、資源や環境情報収集法について検討した。AVNIR2は解像度が10mとランドサットなどに比較し高解像度であり、資源や環境情報把握に有用であり、今後の衛星画像データの蓄積に伴い一層有用になると考える。PALSARは平坦地における土地利用解析に有用であることが判った。これらの衛星画像の分析には従来の手法がほぼ踏襲できることが判った。また、AVNIR2とPRIZUMを併用することにより、解像度の高いより詳細な土地被覆情報を取得できる。

④デジタルアースの利用

インターネットに公開されているグーグルアースなどのデジタルアースサイトを利用した資源・環境情報の把握や、そのデータベースとして利用について検討した。地理情報システム(GIS)の情報をデジタルアースに登録できると共に、デジタルアースで用いられている高解像度の画像を利用し、資源・環境情報を収集でき、それらが有用であることを明らかにした

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19件)

① 酒井徹朗、情報と社会-シミュレーション手法、機械化林業、No. 662、pp27-32、2009、査読無

② Yasuyuki Tachiki Tetsuhiko Yoshimura Hisashi Hasegawa Tetsuro Sakai and Futoshi Nakamura, DeltaForest a navigation system

for the forest resources monitoring project using PDA and GPS, J. JPN. For. Eng. Soc., 23(2), pp41-52, 2008, 査読有

③ Hisashi Hasegawa Tetsuhiko Yoshimura, Estimation of GPS positional accuracy under different forest conditions using signal interruption probability, Journal of Forest Research, Vol.12, pp1-7, 2007, 査読有

④ 高橋由香・酒井徹朗、IKONOS データと LiDAR データを用いた針葉樹天然林推定精度の向上、システム農学、Vol. 23 (3)、pp237-244、2007、査読有

⑤ Tetsuro Sakai, Reclassification methods for the high-resolution satellite photograph by multi agents, Proc. of The International Precision Forestry Symposium, pp.77-84, 2006, 査読有

⑥ Tetsuhiko Yoshimura Mitsuhiro Nose Tetsuro Sakai, High-end GPS vs. Low-end GPS Comparing GPS positional accuracy in the forest environment, Proc. of The International Precision Forestry Symposium, pp.429-436, 2006, 査読有

⑦ Tetsuro Sakai Yuka Takahashi, Individual tree and forest information using the high-resolution satellite photograph, CD-ROM Proceedings of Asian Conference on Remote Sensing 2005, 2005、査読無

⑧ Yuka Takahashi K. Torii T. Sakai, Study on the grasp of forestry situation using IKONOS data and airborne LiDAR data, CD-ROM Proceedings of Asian Conference on Remote Sensing 2005, 2005, 査読無

⑨ Yasuyuki Tachiki, Tetsuhiko Yoshimura, Hisashi Hasegawa, Tomonori Mita, Tetsuro Sakai, and Futoshi Nakamura, Effects of polyline simplification of dynamic GPS data under forest canopy on area and perimeter estimations, Journal of Forest Research, Vol.10, pp419-427, 2005, 査読有

⑩ 小邨孝明・広岡博之・守屋和幸、肉牛肥育と飼料生産複合システムにおけるエネルギー消費モデルの Differential Evolution による最適化、システム農学、Vol.21(3)、pp. 217-224、2005、査読有

[学会発表] (計7件)

① 酒井徹朗、原木流通システムに関する研究、第120回日本森林学会大会、2009年3月27日、京都市

② 酒井徹朗、MAS による伐出計画、第119

回日本森林学会大会、2008年3月28日、府中市

③ 酒井徹朗、マルチエージェント手法とGISを用いた地域間伐シミュレーション、第118回日本森林学会大会、2007年、4月3日、福岡市

④ 酒井徹朗・松田孝仁、エージェントによる間伐計画における合意形成、第117回日本森林学会大会、2006年4月3日、東京都

[図書] (計2件)

① 秋山侃他編著、システム農学会、農業リモートセンシングハンドブック、2007、pp192-195(酒井徹朗)

② 今井裕編、京都大学出版会、家畜生産の新たな挑戦、2007、pp217-244、(守屋和幸・北川政幸)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

酒井 徹朗 (SAKAI TETSURO)
京都大学・大学院情報学研究科・教授
研究者番号：10101247

(2) 研究分担者

守屋 和幸 (MORIYA KAZUYUKI)
京都大学・大学院情報学研究科・教授
研究者番号：90159195
荒井 修亮 (ARAI NOBUHIRO)
京都大学・大学院情報学研究科・准教授
研究者番号：20252497
吉村 哲彦 (YOSHIMURA TETSUHIKO)
京都大学・大学院情報学研究科・准教授
研究者番号：40252499
小山 里奈 (KOYAMA RINA)
京都大学・大学院情報学研究科・助教
研究者番号：50378832

(3) 連携研究者

なし