

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24年 6月11日現在

機関番号：24506

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2010～2011

課題番号：22710040

研究課題名（和文）温暖化による生態系変化及び適応策の経済評価に向けた空間的応用一般均衡モデルの開発

研究課題名（英文）Development of Spatial General Equilibrium Model for Economic Evaluation of Adaptation Policy and Biodiversity Change by Global Warming

研究代表者

中 一 憲 (KAZUNORI NAKAJIMA)

兵庫県立大学・環境人間学部・講師

研究者番号：70507699

研究成果の概要（和文）：

本研究は、気候変動による生態系サービスの変化に関する経済評価を行うために、経済モデルと物理モデルとの空間的・時間的スケールを整合した空間的応用一般均衡モデルの開発とシナリオを用いたシミュレーション分析を行うものである。本研究は、生産要素として土地を考慮し、生態系サービスの変化を土地利用の変化として捉えることにより、メッシュレベルで計算された土地利用量が増加した場合の経済的影響を捉えることが可能であることを示した。

研究成果の概要（英文）：

To evaluate the economic impacts of change in biodiversity services by climate change, the purposes of this study are to develop a spatial computable general equilibrium model consistent with temporal-spatial resolutions between economic model and physical model, and to analyze land-use change scenarios by numerical experiments. By taking into account the land use as one of the production factors and setting the biodiversity change as land-use change, this study shows that the economic impacts of land use changes calculated in mesh unit can be captured.

交付決定額

(金額単位：円)

| | 直接経費 | 間接経費 | 合 計 |
|---------|-----------|---------|-----------|
| 2010 年度 | 700,000 | 210,000 | 910,000 |
| 2011 年度 | 500,000 | 150,000 | 650,000 |
| 年度 | | | |
| 年度 | | | |
| 年度 | | | |
| 総 計 | 1,200,000 | 360,000 | 1,560,000 |

研究分野：社会科学

科研費の分科・細目：環境影響評価・環境政策

キーワード：気候変動，生態系，空間的応用一般均衡モデル，地域間産業連関表，時空間解像度，土地利用変化，シミュレーション分析，経済評価

1. 研究開始当初の背景

気候変動が自然環境や生態系，社会経済，人体等，様々な側面に影響を及ぼすことは，IPCC(2007)¹⁾の研究を含む多くの研究成果によって知られている。その中でも，生態系サービスの保護(あるいは悪化)が社会経済に

及ぼす影響の評価は，Stern(2006)²⁾による Stern Review の生態系版と謂われる TEEB(The Economics of Ecosystems and Biodiversity)において取り上げられ，その分析手法や評価手法の確立は急務であると考えられている。また，生態系サービスの経

済評価は2008年のCBD/COP9(生物多様性条約第9回締約国会議)を契機に世界中で大いに議論され、欧米では生物多様性オフセットやグリーン開発メカニズム(GDM: Green Development Mechanism)といった評価手法の研究が進められている(田中(2009)³⁾。しかしながら、2010年にCBD/COP10が名古屋で開催されるにもかかわらず、日本はこの分野において明らかに大きな遅れを取っているのが現状である。今後、生態系サービスや生物多様性の保護に関する政策や適応対策の経済評価を行うための分析ツールは、それら施策を費用効率性の観点から評価する上で必要であるため、その開発は急務であると考えられる。

これまでも生態系の環境経済的価値を測定した研究は数多く、玉置ら(2003)⁴⁾、大野ら(2009)⁵⁾はTCM(トラベルコスト法)やCVM(仮想市場評価法)を用いて干潟やブナ林の経済的価値を測定している。また、欧米では土地利用や気候変動が生態系へ及ぼす影響を定量的に評価したシミュレーションモデルが構築され、それを用いた経済分析が行われている(McRae *et al.* (2008)⁶⁾、木島(2008)⁷⁾。しかしながら、これらの研究において、前者は生態系そのものの経済的価値を測定するものであり、後者は経済活動をシナリオで外生的に与えることで生態系への影響を評価するものであるため、生態系の変化による地域別・産業部門別の経済活動への影響や波及効果を測定することはできない。一方、生態系を定量的に評価した研究として、我が国においても生態系サービスのポテンシャルを評価するためのHSI(Habitat Suitability Index)モデルを用いた研究が近年増加している(久喜ら(2004)⁸⁾、風間ら(2007)⁹⁾。特に、風間ら(2007)⁹⁾はメッシュレベルで評価された生態系サービスをGIS(地理情報システム)により視覚化している。しかしながら、これらの研究は生態系サービスを物理的に評価したものであるため、経済活動はシナリオで外生的に与えられるか、或いは経済分析は行っていない。さらに、生態系サービスや地理的变化を評価するための物理モデルの多くは、メッシュレベル・時間(日)単位といった詳細な空間的・時間的解像度を持つため、県(地域)レベル・年単位の経済モデルとの間に大きなギャップを持つ。そのため、両者の時空間解像度の変換なしでは物理モデルによる計算結果を経済モデルの入力データとして扱うことはできない。

2. 研究の目的

本研究の目的は、気候変動による生態系サービスの変化の経済評価を行うために、経済モデルと物理モデルとの空間的・時間的スケールを整合した空間的応用一般均衡モデル

(SCGE: Spatial Computable General Equilibrium model)の開発とシナリオを用いたシミュレーション分析を行うものである。

本研究における第1の目的は、生態系サービスの変化が社会経済活動に及ぼす影響を評価するために一般均衡分析の枠組みを有する空間的経済モデルを構築することである。

第2の目的は、経済モデルと生態系サービス及び地理的变化を記述するためのモデル(物理モデル)との時間的・空間的スケールを整合させるために、経済・物理連携モジュールを構築することである。

第3の目的は、生態系サービス変化の経済評価に向けて、シナリオ作成及びシミュレーション分析を行うことである。すなわち、生態系サービス変化を地理的变化に関連付けることにより、土地利用或いは土地被服の変化に着目したシナリオを作成し、それを用いたシミュレーション分析から経済活動に及ぼす影響及び対策オプションの比較検討を行うことを目的とする。地理的变化の要因である土地は生産要素としての側面があり、気候変動による水災害時等には大きな生産阻害要因となる。また、土地利用の変化は各産業部門の生産量に影響を及ぼす。このため、他分野からの洪水被害や土砂災害の計算結果や、シナリオによる土地利用変化といったメッシュレベルでの詳細な地理的变化を用いることによって、地理的变化の生じる期間と場所を特定化することが可能となり、それらの経済的影響を評価することが可能となる。

3. 研究の方法

本研究は経済モデルの構築、および経済・物理モジュールの構築とシミュレーション分析の2つから大別される。以下ではこれらの研究方法について示す。

(1) データベース及び経済モデルの構築

第1段階において、経済モデルの入力データの整備を行う。本研究では基準年の均衡状態を再現するために宮城ら(2003)¹⁰⁾、石川(2005)¹¹⁾によって作成された47都道府県間地域間産業連関表を用いる。この地域間産業連関表は非競争移入型・競争輸入型地域間産業連関表、2000年を基準年次、47都道府県対象、45産業部門分類となっている。本研究ではこの地域間産業連関表を基に、地域区分を47都道府県とし、産業部門分類は24部門に統合する。特に、生態系に関連すると考えられる第1次産業に関しては農業、林業、水産業を区分する。また、CO2排出に関連するエネルギー部門は電力、鉱業(鉱業、石炭、原油・天然ガス)、石油・石炭製品とする。

ここで、石炭部門と原油・天然ガス部門が鉱業部門に組み込まれ、また石油製品部門と石炭製品部門が石油・石炭製品部門に統合されており、より詳細な温室効果ガス排出に関する分析を行うためには、これらの部門を分割しなければならないが、本研究ではこれらの部門を分割することは行っていない。なお、都道府県別 CO2 排出量は都道府県別エネルギーバランス表を基に作成する。最終需要項目については、民間消費、民間投資、政府支出、域内純移出、純輸出によって把握する。

第2段階において、生態系サービス変化が経済活動に及ぼす影響を評価するための空間的応用一般均衡モデルを定式化する。本研究のモデルは基本的にこれまで多くの応用一般均衡モデルで用いられてきた仮定や構造を踏襲している。例えば、生産部門は中間財及び生産要素を投入し生産を行い、一方、家計部門は初期保有する生産要素を各生産要素に提供することによって得られる所得を制約として、自らの効用を最大化するように各財の消費量を決定する。政府部門は企業及び家計から税金を徴収し政府消費を行い、一方、投資部門は家計貯蓄や海外所得移転を原資として投資支出を行う。このような一般的な仮定や構造に対して、本研究のモデルは安藤ら(2006)¹²⁾を基礎として定式化を行うものの、本研究で対象とする生態系サービス変化を考慮するために関数形の見直しや生産要素としての土地を新たに考慮する点が特徴であると考えられる。第1に、企業の生産関数については多段入れ子型 CES (Constant Elasticity of Substitution) 関数を想定し、各要素の代替性を考慮したモデルを構築する。企業はある生産技術の下で非エネルギー財から成る中間投入財、合成付加価値財およびエネルギー財から成る合成付加価値・エネルギー財を生産要素として生産を行う。ここで合成付加価値財とは資本、労働および土地から成る財であり CES 関数を用いて表現される。本研究における国際貿易は、Hosoe *et al.* (2010)¹³⁾に従い定式化する。輸入財および国内財、輸出財および国内財については、これらの代替性に関して不完全代替を仮定した Armington の仮定を適用する。第2に、生態系サービスの変化を表現するために生産要素に土地を考慮する。土地は土地利用の空間パターン(開発地区、農地、林地)から各産業部門で生産要素として投入できる量が異なるものとし、土地利用の変化が各産業部門の生産量に影響を及ぼすと仮定する。

第3段階において、モデルのパラメータ推定、及びモデルの挙動確認を行う。パラメータ推定に関しては、基本的には産業連関表を用いたキャリブレーション法を用いる。ただし、CES 関数における代替弾力性パラメータについては、キャリブレーション法からは推

定できないため、暫定的に 2.0 と外生的に仮定している。また、モデルの挙動確認に関しては、構築したモデルを用いて基準年次の現況再現性を確認する。さらに、簡単なシミュレーション分析を行う。

(2) 経済・物理連携モジュールの構築と数値分析

第1段階において、メッシュ単位の情報を県単位の経済モデルへ入力可能な形式に変換するために、空間的・時間的スケールを整合する経済・物理連携モジュールを構築する。ここでは、安藤ら(2006)¹²⁾において構築された経済モデルと気候モデルとの理論的な時空間解像度の整合方法を基礎とする。すなわち、計算進捗が県レベル・年単位である経済モデルとメッシュレベル・日単位である物理モデルとの間のギャップが大きい場合、メッシュ単位の情報を県単位の統合(Upscaling)し、経済モデルへ投入可能な形式に変換するためのモジュールを構築する。本研究ではメッシュ単位の情報を県単位の入力情報として扱うことのみを想定しているため、アップスケール時には各メッシュの総和が県単位の入力情報となる。

第2段階において、生態系サービス変化を地理的变化に関連付けることにより、土地利用変化に着目したシナリオを作成する。本研究では生態系サービス変化を内生的に計算することはできないが、地理的变化による空間パターンの変化シナリオを用いることにより間接的に経済的影響と生態系サービスの影響を評価することができる。

第3段階において、土地利用変化シナリオによるシミュレーション分析を行い、ベースシナリオの結果と比較することによって、生態系サービスの変化がどのような経済的影響を及ぼすかということを検討する。

4. 研究成果

(1) 水害シナリオによる数値分析

本研究で構築したモデルの現況再現性は、基準年次のデータを再現することにより確認された。また、簡易シミュレーション分析として、水害による経済的影響に関するシミュレーション分析を行った。ここでは、水害被害を水害による資本ストックの損壊率として捉え、①2005年の水害被害、②過去10年間(1996年から2005年)の平均被害、③2004年に生じた過去10年間の最大被害の3つのシナリオを想定した。なお、都道府県別の水害被害による資本ストック損壊率に関しては、水害統計及び都道府県別経済財政モデル資料より作成した。水害によるシミュレーション分析の結果は次の通りである。過去の水害実績から各年における水害の大きさのばらつきが各地域で異なり、ある地域の水害が

相対的に大きいという傾向は読み取り難いものの、3つのいずれの水害シナリオにおいても、関東地方および近畿地方の水害被害は比較的大きいという結果が示された。このことは関東地方および近畿地方が有する資産額が他の地域より相対的に大きいことから、水害による経済的被害が大きくなることが原因であると考えられる。

(2) 土地利用変化シナリオによる数値分析

生態系サービスの変化が経済に及ぼす影響を評価するために、生態系サービスの変化を地理的変化として捉え、土地利用変化に着目したシナリオを作成した。ここでは、①農林水産業の土地利用量を削減し、農林水産業の土地利用削減分を他の産業部門の土地利用とする土地利用変化シナリオと、②土地利用モデルから計算されるポリネーション・サービスに対する直接支払がある場合及びない場合の土地利用変化シナリオの2つのシナリオを想定した。なお、ポリネーション・サービスに対する直接支払の有無に関しては、土地利用モデルによって計算された値を外生的に用いる。2つの土地利用変化シナリオによるシミュレーション分析の結果は次の通りである。①の土地利用変化シナリオでは、農林水産業関連の土地利用をサービス業関連に変更した場合、サービス業関連以外の産業部門への土地利用変更と比較して、サービス業関連の生産量は増加するものの、全体の生産量の増加分は相対的に小さいことが示された。一方、②の土地利用変化シナリオでは、ポリネーション・サービスに対する直接支払がある場合、生産量の減少率は相対的に大きいものの、二酸化炭素排出量の減少率も相対的に大きいことが示された。

(3) おわりに

本研究は、①日本 47 都道府県を対象とした空間応用一般均衡モデルの開発、②空間的・時間的スケールを整合する経済・物理連携モジュールの開発、③地理的変化を通じた生態系サービス変化シナリオによる経済評価を行うことを目的として分析を行った。①および②のテーマにより、時空間スケールを整合した応用一般均衡モデルを構築することにより、メッシュ単位で計算される他分野からの知見を組み込んだ経済評価が可能となる。また、③のテーマにより、対策の優先順位付け及び政策決定プロセスの透明性を担保した情報提供が可能である。これらは IPCC 第5次報告書や CBD/COP に向けた科学的知見として、また生物多様性オフセットや GDM の経済評価に大いに貢献することが期待される。

しかしながら、本研究は簡易的なシミュレーション分析にのみ留まったため、地域別お

よび産業部門別の経済評価や、費用便益分析による政策オプションの詳細な分析および評価は不十分である。今後は多くの生態系サービスの変化シナリオを想定し、より現実的な政策オプションの検討と分析結果の精査が必要であることは言うまでもない。また、時空間スケールを整合する経済・物理連携モジュールに関しても、本研究はメッシュ単位の情報を行政区域単位の入力情報としてアップスケールする場合しか想定していないが、行政区域単位の情報をメッシュ単位の入力情報としてダウンスケールする場合は、各メッシュに配分するための配分関数を考慮しなければならない。このように経済・物理連携モジュールに関しても更なる改善と精緻化が必要である。

引用文献

- 1) IPCC: Climate Change 2007: Mitigation of Climate Change, Contribution of Group III to the Fourth Assessment Report (AR4) of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, 2007.
- 2) Stern, N.: The Economics of Climate Change: The Stern Review, Cambridge University Press, 2006.
- 3) 田中章: “生物多様性オフセット”制度の諸外国における現状と地球生態系銀行, “アースバンク”の提言, 環境アセスメント学会誌 7(2), pp.1-7, 2009.
- 4) 玉置泰司: 漁場整備と都市交流による漁村活性化効果に関する研究, 水研センター研報, No.8, pp.22-111, 2003.
- 5) 大野栄治・森杉壽芳・林山泰久・中畷一憲: 干潟・ブナ林の生物多様性維持機能の経済評価: CVM によるアプローチ, 地球環境, Vol.14, No.2, pp.285-290, 2009.
- 6) McRae, B. C., N. H. Shumaker, McKane, R. B., Busing, R. T., Solomon, A. M. and Burdick, C. A.: A multi-model framework for simulating wildlife population response to land-use and climate change, Ecological Modeling 219, pp.77-91, 2008.
- 7) 木島真志: 統合的空間モデルを用いた野生動物生息地保全と木材生産のトレードオフ分析—オレゴン州における北マダラフクロウ (*Strix occidentalis caurina*) 生息地保全のケーススタディ, 環境情報科学論文集 22, pp.61-66, 2008.
- 8) 久喜伸晃・吉沢麻衣子・田中章: HSI モデルの傾向と今後の課題, 環境アセスメント学会 2004 年度研究発表会要旨集, pp.45-50, 2004.

- 9) 風間聡・松本哲・沢本正樹・浜本洋: HSIモデルによる生物生息場推定を利用した流域環境評価, 土木学会論文集 B, Vol. 63, No. 4, pp. 338-350, 2007.
- 10) 宮城俊彦・石川良文・由利昌平・土谷和之: 地域内産業連関表を用いた都道府県間産業連関表の作成, 土木計画学研究・論文集, Vol. 20, No. 1, pp. 87-95, 2003.
- 11) 石川良文: 地域産業連関分析における地域間交易推計のための Non-survey 手法の評価, 南山経済研究, 19-3, pp. 369-382, 2005.
- 12) 安藤朝夫・小尻利治・菊池祥子・中寫一憲: 地球温暖化の経済評価のためのリカーシブモデルの開発, 京都大学防災研究所年報, no. 49-B, pp. 755-770, 2006.
- 13) Hosoe, N., Gasawa, K. and Hashimoto, H.: Textbook of Computable General Equilibrium Modelling: Programming and Simulations, Palgrave Macmillan, 2010.

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4件)

1. 坂本直樹, 中寫一憲, レクリエーション需要関数の推定式から誘導した効用関数の応用一般均衡モデルへの適用, Institute for Policy Analysis and Social Innovation, University of Hyogo, 査読無, No. 41, 2011, 1-12.
2. 中寫一憲, 環境経済学から見た生物多様性: マクロ経済学によるアプローチ, 第58回日本生態学会講演要旨集, 査読無, 2011, 175-175.
3. 中寫一憲, 気候安定化政策の社会的便益の計測, 環境システム研究論文集, 査読有, Vol. 38, 2010, 239-246.
4. Kazunori Nakajima, Measurement of Social Net Benefit of Climate Stabilization Policy, Economics Bulletin, 査読有, Vol. 30, No. 4, 2010, 3066-3076.

[学会発表] (計3件)

1. 中寫一憲, 環境経済学から見た生物多様性: マクロ経済学によるアプローチ, 第58回日本生態学会, 2011年3月11日, 札幌コンベンションセンター.
2. 中寫一憲, 気候安定化政策の社会的便益の計測, 第38回環境システム研究論文発表会, 2010年10月24日, 広島修道大学.

3. 中寫一憲, 野原克仁, 環境経済学による政策分析, 土木計画の経済分析サマナーセミナー2010, 2010年8月4日, 東京大学工学部.

[その他]

ホームページ等

<http://www.u-hyogo.ac.jp/shse/nakajima/index.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

中寫 一憲 (KAZUNORI NAKAJIMA)

兵庫県立大学・環境人間学部・講師

研究者番号: 70507699