

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 17 日現在

機関番号：32621

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2014

課題番号：23510052

研究課題名(和文) 温暖化被害緩和策に関する世界経済モデルによるシミュレーション分析

研究課題名(英文) A simulation analysis of adaptation for climate change using a global economic model

研究代表者

鷲田 豊明 (Washida, Toyoaki)

上智大学・地球環境学研究科・教授

研究者番号：50191739

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)： 研究開始から本年度までに、熱帯サイクロンに関して、温暖化ガスの影響が世界貿易に与える影響の分析、生物多様性が与える影響の分析、さらには、モデルを拡張し動的に世界の地域主体の行動が与える影響の分析も行った。サイクロン被害関数については、Narita(2009)論文に基づき再推計し、定式化した。さらに、温暖化による生物多様性の喪失が世界経済に与える影響を、特に、遺伝資源由来の医薬品産業に注目し、同産業の被害を計測することによって明らかにした。また、本モデルを基に、逐次均衡型の動的シミュレーションモデルも開発し、各地域がゲーム論的に戦略的行動をとった場合の世界経済への影響分析した。

研究成果の概要(英文)： We developed a recursive dynamic version of the applied general equilibrium model of global economy, Evaluation Model for Environmental Damage and Adaption (EMEDA) for analyzing GHG emissions pathways under cooperative and non-cooperative situations, respectively.

We measured regional and sectoral impacts of climate change under cooperative and non-cooperative situations according to the literature. By comparison, we find differences in CO2 emissions and economic impacts between cooperative and non-cooperative situations. For climate impacts of tropical cyclone, our paper "Computable General Equilibrium Analyses of Global Economic Impacts and Adaptation for Climate Change: the Case of Tropical Cyclones" is accepted in International Journal of Global Warming (IJGW). For biodiversity, we present economic impacts of climate change on a nostrum sector based on genetic resources (NGR) at the annual meeting of JEA.

研究分野：環境経済学

キーワード：適応策 地球温暖化 応用一般均衡モデル 世界貿易

1. 研究開始当初の背景

地球温暖化問題に対しては、温暖化ガス削減 (Mitigation) と被害緩和 (Adaptation) という二つの異なった方向での対策が必要である。国際的な取り組みは、問題の長期的性格もあり Mitigation を中心におこなわれている。しかし、人為的なものであるか否かに関わらず、温暖化に対する影響はすでに世界的に現れている。当面避けがたいこの温暖化に対して、効率的に対応することが、被害の経済的影響と人的・社会的影響を低下させるために必要である。

温暖化被害は、世界の様々な地域で現れる。しかも、その被害は該当地域にとどまらない影響を与える。世界経済のグローバル化が進めば進むほど、被害の拡散は速やかに、かつ広範に発生する。したがって、温暖化被害に対しては、当該地域の対策だけに目を奪われてはならない。

広域性をもつ温暖化被害については、まず、どのような依存関係を通して影響が広がるかを把握しなければならない。

温暖化によって発生する異常気象は、直接的に農業生産を変化させる。また、豪雨やハリケーン、台風による物流に対する影響を通じた産業の生産性にも影響を与え、さらに、健康に対する影響を通じた経済被害もある。これらの被害は、主要には貿易構造を通して世界に広がる。また、世界経済の相互依存関係の影響から、単一の市場だけを考慮するのにとどまることはできない。

すなわち、多数の地域 (国家、地域経済圏) と多数の市場を同時に考慮して被害の広がりをとらえなければならないのである。

このような影響を定量的にとらえるためには、経済の一般的市場均衡を考慮した世界モデルによるシミュレーションが不可欠である。また、概念的な議論ではなく、現実的な政策的含意を導くシミュレーションであるためには、地域分割と生産部門分割において、より詳細ものが求められる。しかし、これによって、モデルを加速度的に複雑なものとなる。また、モデルに被害をどのように組み込むかという点でも、自然科学的知見と経済的知見を結びつける難しさがある。

このような課題に応えるためには、応用一般均衡にもとづく世界モデルを構築し、それぞれの生産部門の生産関数に、農林水産業、インフラを通じた一般生産性、人的・社会的被害関数を組み込み、各国各地域への経済的被害を数量的にとらえることが必要である。被害の世界的な相互関係が把握できることによって、たとえば、農業の場合、ある地域の特定の産物 (小麦、米、トウモロコシ、林産物、漁業生産物等) の被害が、自国のこれらの生産物の生産に、直接間接に与える影響をとらえられ、自国の経済的厚生損失を可能な限り減少させる、政策的なオプションを明確化することが求められている。

2. 研究の目的

本研究の目的は、地球温暖化 (気候変動) によって世界規模で発生する被害が世界経済に与える影響を、産業間の依存関係、各国 (各地域) 間の相互関係によってどのように波及するのかを、産業及び地域を可能な限り分割 (disaggregate) した応用一般均衡世界モデルによってとらえ、貿易による被害の緩和、あるいは被害緩和政策の経済的効果を測定し、可能性と必要性を適切に評価することである。世界モデルではあるが、海外における被害が日本に与える影響については、特別な考慮をおこない、国内における被害策の費用と効果ばかりでなく、海外、特に途上国に対する被害緩和のための援助の費用と便益の測定によって、具体的な政策的含意を明確にする。

3. 研究の方法

本研究の基礎となる世界経済を 16 地域に分割し、各地域の産業を 16 部門に分割した静学的応用一般均衡モデル EMEDA を開発した。

世界モデル EMEDA は、日本国内の温暖化被害の経済的影響をとらえるだけではなく、温暖化が世界に与えた被害が貿易を通して日本に与える間接被害をも評価できる応用一般均衡モデルである。EMEDA の特徴としては、第一に、グローバルデータとして GTAP7 を用いることである。これによってバランスのとれた世界経済データを用意に利用できる。しかし、もう一方で、データの持っている誤差等の問題やデータの修正が難しいという短所も抱えることになった。

第二に、モデルには被害関数を組み込むことが主目的であるから、ベースモデルはできるだけコンパクトなものにし、モデルの振る舞いをとらえやすくするとともに、計算負荷を軽減した。被害関数を現実的なものとするためには、必要な部門分割を行う必要があり、それによる規模の増大を相殺するために、ベースモデルの段階で不必要な構造を刈り取る必要があった。

上記の静学モデルは、様々なパラメータの変更があった場合の、世界経済の定常状態の変化を見ることができ、定常状態は、理論的には、その状態が永遠に続くことを想定したものである。世界経済が、ダイナミックにどのような変化をするかは捉えられない。そこで、本研究では、さらに、モデルを動学化して、地球温暖化の影響を分析する方向に発展させた。

具体的には、第一に、世界経済について、均衡状態から求められる各年、各産業の投資量をその年の資本蓄積量に加えることによって、翌年の資本量とする形で、経済のダイナミックな変化を捉える。温暖化の影響を見るために、Nordhaus の DICE モデルに用いられている簡単な気候モデルを組み込むことによって、温室効果ガスの気候への影響、気

候変化がもたらす経済被害の定量化、さらには、温暖化削減コストの内部化などを行い、動学モデルを構築した。これによって、地球温暖化のダイナミックな影響、その適応策の評価が可能になった。

研究ではこのダイナミックモデルを用いて、地域間のゲーム論的な分析を行って、地域の戦略の選択がもたらす影響を分析することができるようになった。

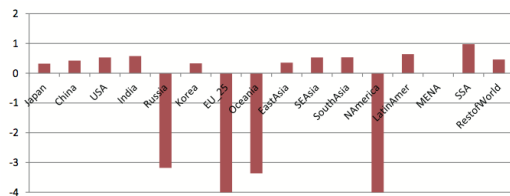
モデルの作成、あるいはシミュレーションの実行に当たって内外の著名な研究者を招待し、ワークショップを開催し専門的知見を得るとともに、この研究のレビューを行っていただいた。

4. 研究成果

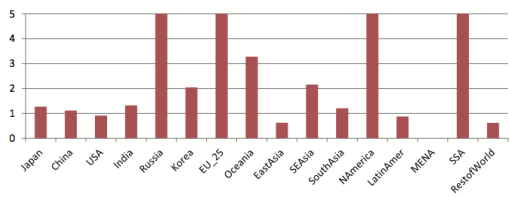
主要な研究成果を、3点に渡って記述する。(1) まず、熱帯サイクロンの世界経済への影響を静的EMEDAによって分析した。

地球温暖化による気温上昇で強められる熱帯低気圧によって生じる地域別・部門別の経済被害が推計された。分析手法としてはMEDAを用い、付加価値やGDPの変化を通じて熱帯低気圧による生産への各地域・各部門の直接被害が貿易を通じ最終的にどのように増減するか求めた。被害については、地球温暖化による熱帯低気圧の世界各地への直接被害を推計したNarita et al. (2009, Clim Res)の被害関数が改善され、先進国と途上国それぞれの部門間の被害の大きさの違いを考慮した調整が行われた。

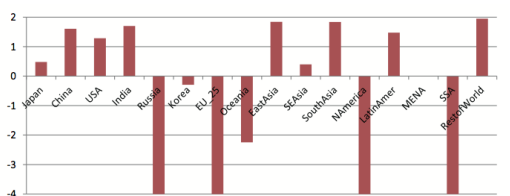
この分析により、第一次産業では16地



域中4地域で経済被害が緩和されたが他の地域では被害が増加し、第二次産業でも半

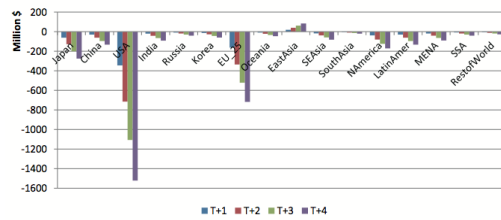


数の地域で被害がより悪化し、第三次産業



でも多くの地域で被害が増加し、ほぼ全地域で等価変分が減少した、という結果が得られた。

本研究の成果は、論文として、



International Journal of Global Warmingに掲載された。

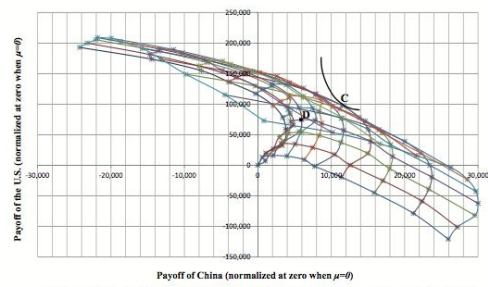
(2) 動学的EMEDAを用い、温暖化被害、緩和に関して、各地域(国家)の戦略的行動が与える影響について分析した。

この研究では各地域のCO2削減率を戦略としたゲームを構築し、利得の評価においてIAMを用いる。ゲームのプレイヤーは主要CO2排出国である中国と米国の2地域、それに日本を加えた3地域を考える。ゲームの戦略としては、各地域rが表明した排出削減目標をもとにシナリオを作成し、このシナリオでの削減率 μ_r にいくつかの達成率を乗じたものを戦略として用いる。また、統合評価モデルとしては、8地域8部門から成る改良された動学版EMEDAを用い、各地域の毎期の効用の割引現在価値総和をゲームの利得とする。

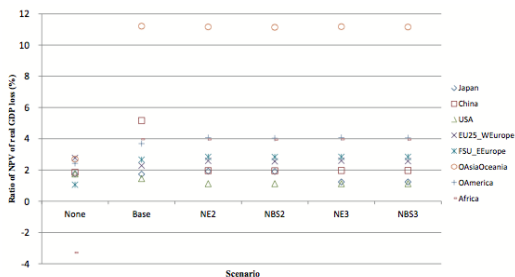
ゲームの解としては、非協調時の解であるナッシュ均衡(Nash, 1950a)と、協調時の解であるナッシュ交渉解(Nash, 1950b)の2つを考える。そして、それぞれの解におけるCO2削減率において計算された均衡をもとに、実質GDP変化の割引現在価値総和や産業別実質付加価値などを計算し、各地域や各産業の経済を比較する。

Rate of time preference	NE	NBS
1%	(7.5% μ_{China} , 20% μ_{USA})	(20% μ_{China} , 45% μ_{USA})
3%	(7.5% μ_{China} , 15% μ_{USA})	(15% μ_{China} , 35% μ_{USA})
5%	(7.5% μ_{China} , 15% μ_{USA})	(12.5% μ_{China} , 25% μ_{USA})
10%	(5% μ_{China} , 10% μ_{USA})	(7.5% μ_{China} , 15% μ_{USA})

CO2削減ゲームのシミュレーションによって、以下の結果を得た。各プレイヤーは、



全ての解において正のCO2削減率を選択する(表) 各プレイヤーは、ナッシュ均衡よりナッシュ交渉解の方でより高いCO2削減率を選択する(図、表)。割引率の上昇は、解におけるCO2削減率の低下をもたらす(表)。ゲームの解における削減率は、COP15などで各地域が表明した目標削減水準より低いCO2削減率を選択する事を示唆する(表)。CO2が削減されない場合とる



と、ゲームの解において日本、米国、EU の実質 GDP は増加するが、中国をはじめとした他の地域では実質 GDP が減少してしまう(図)。CO₂ が削減されない場合と比較すると、ゲームの解において各プレイヤーの重工業の実質付加価値は増加するが、重工業以外の産業における実質付加価値については減少してしまうプレイヤーがあらわれる。

本研究の成果は、論文として、International Journal of Global Warming への掲載が決定している。

(3) 温暖化の生物多様性への影響を、遺伝資源を利用した医薬品開発行動への影響として捉えて分析した。

研究では、まず、遺伝資源由来医薬品産業(NGR)部門の経済影響を見るために既存の16地域16部門EMEDA(鷲田2010)を、NGRを含んだ16地域17部門EMEDAに拡大した。GTAP7にNGR部門が存在しないため、化学・ゴム・プラスチック製品(CRP)部門から地域ごとに医薬品産業を取り出し、そこからNGRを独立させた。次に、地球温暖化での生物多様性の損失による遺伝資源減少の影響を分析するために、気温上昇による経済被害をEMEDAにおける影響指数として組み込みシミュレーションを行った。その際、経済被害はRICE2010のパラメータをEMEDAの16地域に適用させた。

EMEDAシミュレーションから、以下の結果を得た。NGRは17部門の中でも規模が小さく、わかりやすく影響を見るために、シミュレーション結果から米・小麦・穀物部門とのみ比較したものが図1である。ベースライン(気温上昇無し)との差を取っており、正の数値は、温暖化による被害を、負の数値は経済成長を表す。

1度の気温上昇では、17部門のうち比較的被害の小さい米・小麦・穀物部門と比較しても被害は小さい。また、10地域で1部門以上の経済成長が見込まれ、NGR部門でもアメリカ、ロシア、EU、オセアニアは経済成長がある。

2度の気温上昇では、部門別被害の規模が大きくなり、経済成長する部門も減少した。他部門と比較しても、遺伝資源由来医薬品部門の被害は小さいままである。しかし日本はNGR部門を含むほとんどの部門において成長している。

3~4度の気温上昇では一般に被害が増加し、ほとんどの地域で被害が増加した。

最後に地域ごとにNGR部門の気温

上昇の影響を見てみると、EUやアメリカが大きく被害を受けている。一方、ロシア、オセアニア、南アジアなどの遺伝資源提供国・地域では気温上昇に関わらず被害がほとんどないという興味深い結果を得た。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計3件)

Shin Sakaue, Koichi Yamaura, Toyoaki Washida, Regional and Sectoral Impacts of Climate Change Under International Climate Agreements, International Journal of Global Warming, 査読あり, (forthcoming).

Toyoaki Washida, Shin Sakaue, Koichi Yamaura, Working Paper "Dynamic EMEDA" (PDF), http://beta.genv.sophia.ac.jp/~emeda/Dynamic_EMEDA.pdf, 2013.

Toyoaki Washida, Koichi Yamaura, Shin Sakaue, Computable General Equilibrium Analyses of Global Economic Impacts and Adaptation for Climate Change: A Case of Tropical Cyclones, International Journal of Global Warming, 査読あり, Vol.6 No.4, 2014, 466-499
DOI: 10.1504/IJGW.2014.066050

鷲田豊明, 「応用一般均衡モデルによる温暖化被害と適応(Adaptation)の推計-農業分野」, 『地球環境学』, No.7. 2012年, 129-149.

[学会発表](計8件)

坂上紳(上智大学)、山浦紘一(東京農工大学)、鷲田豊明(上智大学), Regional and Sectoral Economic Impacts of Climate Change Under RCP and SSP Scenarios, 環境経済・政策学会2014年大会、2014年9月13日~14日、法政大学(東京都)

山浦紘一(東京農工大学)、鷲田豊明(上智大学)、坂上紳(上智大学)、ACGE Analysis of Global Warming Damage: A Case of Biodiversity, 日本経済学会2014年度春季大会、2014年6月14日~15日、同志社大学(京都市)

坂上紳(上智大学)、山浦紘一(東京農工大学)、鷲田豊明(上智大学), Regional and Sectoral Impact of Climate Change under International Climate Agreements: A Computable General Equilibrium Modeling for Non-Cooperative and Bargaining Solutions, 日本経済学会2014年度春季大会、2014年6月14日~15日、同志社大学(京都市)

鷲田豊明(上智大学)、山浦紘一(上

智大学) 坂上紳(上智大学) An Assessment of Global Warming and Biodiversity: CGE EMEDA Analysis, Sixth Annual Meeting of the IAMC, 2013年10月28日~30日、国立環境研究所(つくば市)

鷲田豊明(上智大学) 坂上紳(上智大学) 山浦紘一(上智大学) Computable General Equilibrium Analyses of Global Climate Agreements: A Game Approach, Sixth Annual Meeting of the IAMC, 2013年10月28~30日、国立環境研究所(つくば市)

鷲田豊明(上智大学) 山浦紘一(上智大学) 坂上紳(上智大学) 気候変動が遺伝資源由来医薬品産業に及ぼす影響評価: 応用一般均衡世界モデル EMEDA による分析、環境経済・政策学会 2013年大会、2013年9月21日~22日、神戸大学(神戸市)

鷲田豊明(上智大学) 坂上紳(上智大学) 山浦紘一(上智大学) Computable General Equilibrium Analyses of Global Climate Agreements: A Game Approach、環境経済・政策学会 2013年大会、2013年9月21日~22日、神戸大学(神戸市)

Toyoaki Washida, Computable General Equilibrium Analyses of Global Economic Impacts and Adaptation for Climate Change, Keynote Lecture, The 9th International Symposium on Novel Carbon Resource Sciences, Nov. 2-3, 2012, Fukuoka, Japan.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

鷲田 豊明 (WASHIDA, Toyoaki)

上智大学・大学院地球環境学研究科・教授

研究者番号: 50191739