

令和 4 年 6 月 22 日現在

機関番号：64303

研究種目：基盤研究(B)（特設分野研究）

研究期間：2018～2021

課題番号：18KT0004

研究課題名（和文）地球規模の空間情報を利用したサプライチェーンに伴う環境負荷の推計

研究課題名（英文）Estimation of supply chain emissions using global spatial data

研究代表者

金本 圭一郎（Kanemoto, Keiichiro）

総合地球環境学研究所・研究部・准教授

研究者番号：20736350

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,800,000円

研究成果の概要（和文）：消費とは全く異なる場所での環境負荷の発生や環境影響が問題となる中で、それを空間的に把握、分析する研究プロジェクトを行ってきた。従来の研究では、国と国との関係を分析したものが主であったが、近年、私たちの研究によって、私たちの消費が貿易を通じて、「どこで」環境問題を発生させているかを明らかにしてきた。このような背景の中で、さらに土地利用を組み込んだ空間的なフットプリント分析を行ってきた。研究成果は、Nature Ecology & Evolution誌、Environmental Research Letters誌などに掲載された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

研究成果は、Nature Ecology & Evolution誌、Environmental Research Letters誌などに掲載された。また、環境影響は地域によって大きく異なることがあり、本研究で構築してきた土地利用と統合されたサプライチェーンデータは非常に重要な役割を果たすものと考えられる。

研究成果の概要（英文）：As the environmental impacts and burdens are generated in places completely different from our consumption, we mapped global environmental footprints spatially. Whereas previous studies have mainly analyzed country-to-country supply chain relationships, in recent years we have revealed where our consumption generates environmental problems through international trade. In this context, we have extended spatial footprint analysis incorporating many types of land use datasets. We published papers on peer-reviewed journals including Nature Ecology & Evolution, Environmental Research Letters.

研究分野：産業エコロジー

キーワード：GIS サプライチェーン 空間情報 環境負荷

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

研究代表者らは、これまでの研究によって、地球環境問題をはじめとする「グローバル・イシュー」は、各国の貿易によって引き起こされてきたことを明らかにし、*Nature* 誌、*Nature Geoscience* 誌、*PNAS* 誌、*ES&T* 誌、*Global Environmental Change* 誌等に査読付き論文を掲載してきた。この中で例えば、*Nature* 誌に掲載された、各国の消費がどの程度生物多様性に影響を与えているのかを明らかにした論文では、187 カ国における 15,000 の製品生産、消費者を結ぶ 50 億以上のサプライチェーン、そして、25,000 の絶滅危惧種との関係を解明した。その結果、貿易が約 1/3 の種を絶滅の危機に晒していることを明らかにした。

さらに、2016 年から 2017 年にかけて、私たちの消費が貿易を通じて、「どこで」環境問題を発生させているのかを明らかにする新たな研究方法を生み出し、二酸化炭素、大気汚染物質、生物多様性に応用した。*Nature* 誌の姉妹誌の *Nature Ecology & Evolution* 誌に掲載された生物多様性に関する論文では、ある種の生息域と、その種の絶滅危惧の原因、そしてグローバルサプライチェーン情報を統合することで、ある国の消費が世界のどこで生物を絶滅の危機に晒しているのかを明らかにした。この研究は、*Nature* 誌の Research Highlight でも紹介された (*Nature*, **541** (7636), p.137, 2017)。また、この方法を二酸化炭素に応用した研究は、2016 年 10 月 14 日号の *Science* 誌の Editor's Choice に紹介されるなどしてきた (*Science*, **354** (6309), p.194, 2016)。これらの研究によって、ある国の消費が世界のどこで環境問題を引き起こしてきたのが非常に重要な課題として世界各国に浸透してきた。

しかしながら、この方法で応用可能な問題は限られており、多くの地球観測衛星データや研究者らが作成してきた空間情報データに応用することはできない。これは、この方法が、各産業の空間情報データを必要とするためである。この課題を解決するために、本研究では、すべての人為起源の空間情報データと結合可能な、空間的に拡張した世界多地域間産業連関表の構築及び環境問題や社会問題への応用を試みる。

これにより、「ある地域での環境問題や社会問題は、他のどこの国の消費によって引き起こされてきたのか」という問いに対して、多くの人に分かりやすい形で、空間情報としてそれを示すことで、ある問題の解決のために関わらなければならない国や産業の同定を容易にする。

2. 研究の目的

本研究では、様々な土地利用データを一つのフォーマットに統合し、多地域間産業連関モデルと結びつけることが目的である。より具体的には、

1. 地球空間上の「どこで」どのような土地利用がされ、その主体同士がどのような取引をしているのかを解明するため、空間的に拡張した世界多地域間産業連関表を構築すること
2. 1.および地球観測衛星データなどを統合することで、ある地域で発生した環境汚染はグローバルサプライチェーンを通じて、「どの国が」引き起こしているのかを解明することを目的として研究を行う。

3. 研究の方法

上記目的に従って、下記の研究を進める計画を立てた。

1. MODIS や国土数値情報からデータを収集し、それと産業連関表との対応を進める。
2. 1 と空間上の環境負荷データを利用して、サプライチェーンに伴う環境負荷を地図化する。

しかしながら、MODIS や国土数値情報以外の様々な土地利用データを利用することでより大きな研究に発展する可能性が高いため、様々な土地利用データを収集することとした。ただし、データの収集と産業連関表との統合には、時間が必要なため、土地利用データそれぞれで環境への応用研究を進める方法を用いた。そして、最終的に、ほぼすべての土地利用データの統合が完成後に、当初の目的としていた環境負荷に焦点を当てることとした。

4. 研究成果

本研究では、主に 5 つの研究成果を得た。第一に、森林の土地利用データを整備して、森林伐採に関する応用研究を行った。第二に、農地の土地利用データを整備して、生物多様性への応用研究を行った。第三に、交通の取引データの整備を行った。第四に、現在も継続中であるが、その他のデータを MODIS 等から収集し、最終的な統合研究を実施した。最後に、都市のフットプリントの地図化を行った。

最初の研究は、森林・森林伐採に関する研究である。土地利用の中でも約 30%を占めるのが森林である。また、森林は一部地域で急速に減少しており、様々な環境問題とも密接に結びついている。本研究では Global Forest Watch の森林データを主に利用し、森林との区別の難しいゴムの木やパーム油の元となるアブラヤシを別途機械学習により推定した。それらを森林伐採のマップをドライバー情報と統合し、世界多地域間産業連関表と結合し、各国の消費に伴う森林伐採をマップ化した (図 1 参照)。その結果、各国の消費が森林伐採に非常に大きな影響を与え、特に熱帯林の伐採を引き起こしていることが明らかになった。本研究は、*Nature Ecology & Evolution* 誌に出版された。また、The Guardian, The Economist, BBC, The Independent, Carbon Brief, AFP Mongabay, 共同通信などで報道され、Faculty Opinions でも取り上げられた。

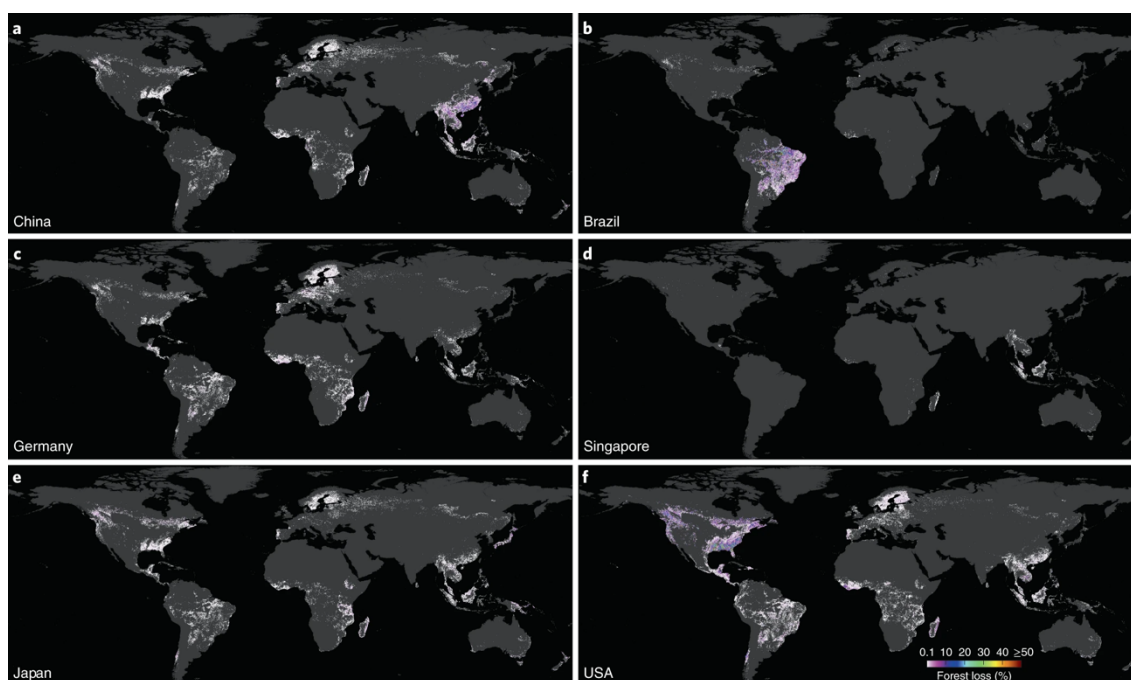


図 1: 中国、ブラジル、ドイツ、シンガポール、日本、米国の森林伐採フットプリントの地図

次に、森林に並ぶ土地利用である農地の土地利用データの整備を行った。MapSPAM のデータに加えて、Livestock Wiki の家畜数情報から、農作物および畜産物別の農地データを作成した。さらに、このデータと農作物の貿易データを生物多様性への影響分析に応用して、保全優先度と農作物との関係を明らかにした。

第三に、交通部分のサプライチェーンデータの整理を行った。交通データは土地利用データとしては整備が難しいが、サプライチェーンとしては非常に重要である。しかしながら、多地域間産業連関表では交通はマージン表として一部捉えることはできるものの、明示的に扱った研究はほとんどない。そこで、土地利用データと統合可能な海上、航空、道路交通、鉄道、水路の各輸送タイプ別の交通データの整備を行った。

そして、残りの土地利用については、世界レベルでは MODIS の土地利用データを中心に現在も整備中である。当初よりもデータの整備に予想以上の時間がかかったが、一部の土地利用について重要な成果が得られた。また、今後は統合データから数々の研究を行うことができるものと考え、引き続きこの研究テーマの研究を進める。

最後の研究は、当初の目的からは少し外れるが、別の研究で推計していた都市別のカーボンフットプリントを本研究の一部コードを利用して、都市のカーボンフットプリントのマップ化を実施した。都市のカーボンフットプリントをマップ化することで、その空間的な特徴などが明らかになった。例えば、灯油消費によるカーボンフットプリントの推計では、日本の北側と南側で大きく違うことが可視化された。研究論文は、*Environmental Research Letters* 誌に掲載された。

本研究で計画したすべてが達成されてはいないものの、より深掘りをすることで考えられていなかった知見を生み出すこともできた。また、環境影響は地域によって大きく異なることがあり、本研究で構築してきた土地利用と統合されたサプライチェーンデータは非常に重要な役割を果たすものとする。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Hoang Nguyen Tien, Kanemoto Keiichiro	4. 巻 In Press
2. 論文標題 Mapping the deforestation footprint of nations reveals growing threat to tropical forests	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Nature Ecology & Evolution	6. 最初と最後の頁 In Press
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1038/s41559-021-01417-z	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Kanemoto Keiichiro, Shigetomi Yosuke, Hoang Nguyen Tien, Okuoka Keijiro, Moran Daniel	4. 巻 15
2. 論文標題 Spatial variation in household consumption-based carbon emission inventories for 1200 Japanese cities	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Environmental Research Letters	6. 最初と最後の頁 114053 ~ 114053
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1088/1748-9326/abc045	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件/うち国際学会 1件）

1. 発表者名 金本圭一朗, 重富陽介, Nguyen Tien Hoang, 奥岡桂次郎, Daniel Moran
2. 発表標題 日本の1,200都市の消費ベースの排出量の推計
3. 学会等名 日本LCA学会学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 金本圭一朗, Jemyung Lee, 重富陽介
2. 発表標題 Carbon footprint of cities based on micro-consumption data
3. 学会等名 International Conference on Economic Structures（国際学会）
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担 者	奥岡 桂次郎 (Okuoka Keijiro) (90714436)	岐阜大学・社会システム経営学環・准教授 (13701)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------