

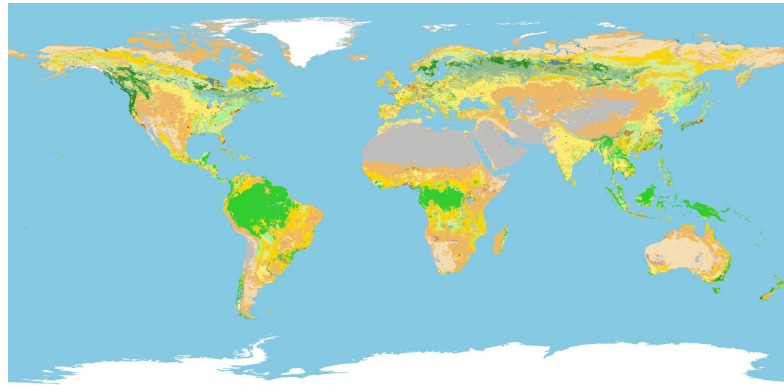
# 環境研究のイノベーション

## 衛星からサプライチェーンまで

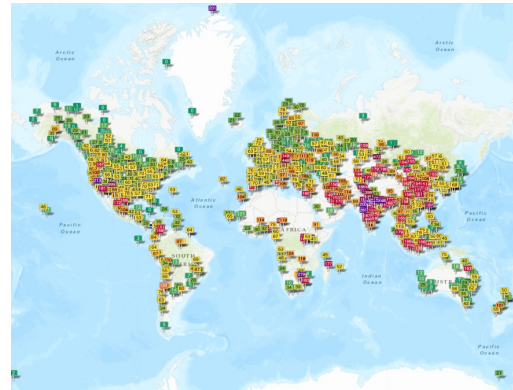
総合地球環境学研究所・東北大学

金本圭一郎

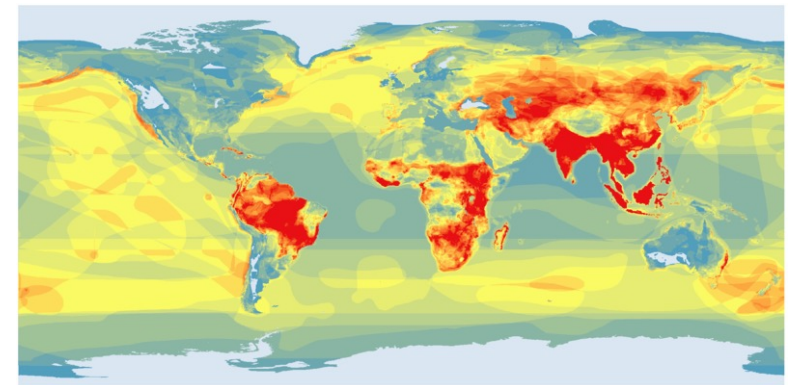
# 地球環境モニタリング



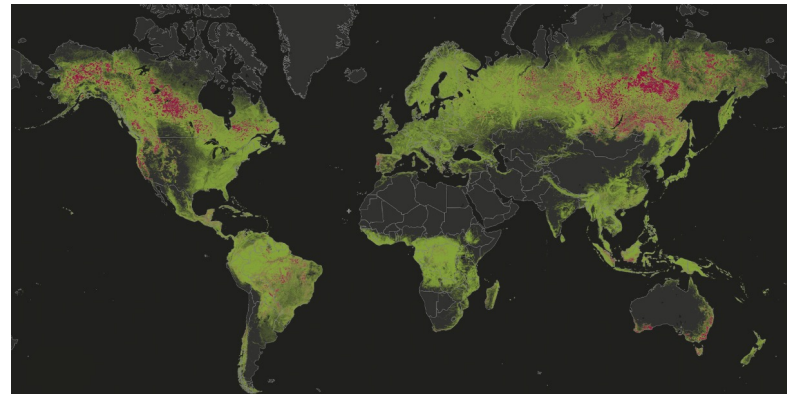
土地利用 (MODIS)



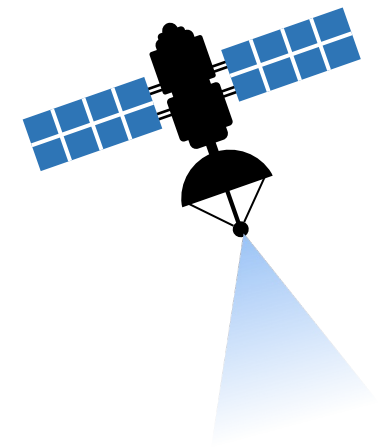
大気汚染モニタリング 種の分布 (IUCN)  
(World Air Quality Project)



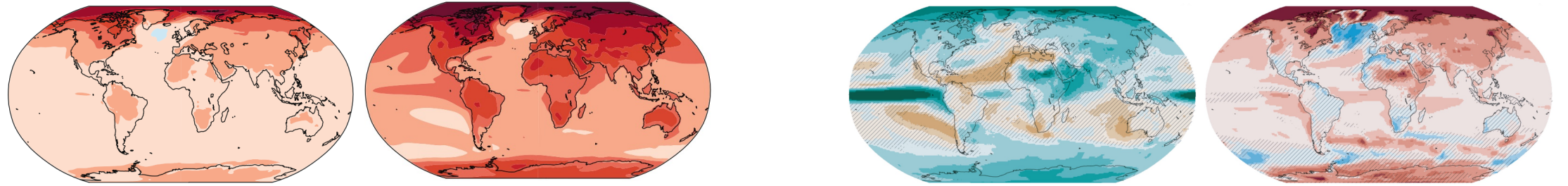
標高 (NCEI, NOAA)



森林伐採 (GFW)

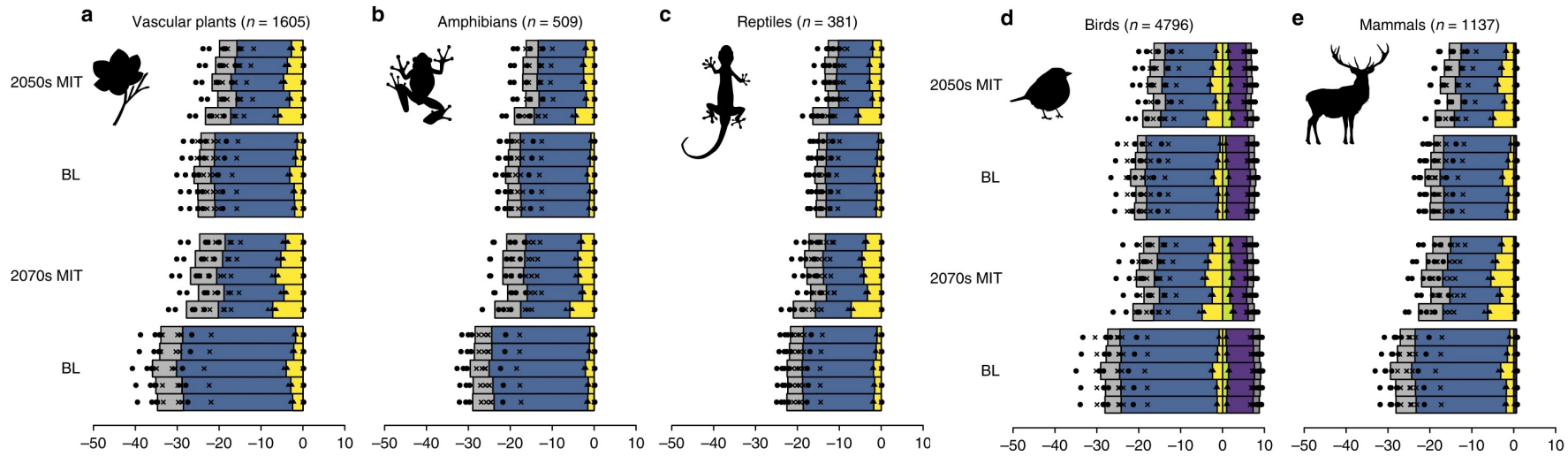


# 環境モデリング



気候変動モデリング (IPCC AR6 WG1)

将来の降水量・蒸発散量 (IPCC AR6 WG1)



気候変動下における生物の増減 (Ohashi et al. 2019)

# 環境問題への理解と緩和へのアクション

- 地球環境モニタリング・モデリングは、環境問題への理解の増進に貢献
- 地球環境モニタリングは、環境問題の理解・モデリングのために収集?  
環境問題の緩和アクションのために収集?
- 環境問題の緩和アクションのためにはどのような地球環境モニタリングが必要なのか
  - 地球環境モニタリング → 生産、貿易、消費

# TCFD/TNFDとスコープ3排出量

- 企業は数十年前から環境問題に対応
  - ホンダは1998年から様々な環境問題に対応 (電気自動車、水素自動車なども)
- これまでの取り組みは、企業間で比較不可能
- 企業にとって、気候変動問題はTCFD (気候関連財務情報開示タスクフォース) 対応に
  - 企業のスコープ3排出量推計の必要性
  - プライム市場に上場する全企業は対応が必要
- 生物多様性損失問題はTNFDへの対応に



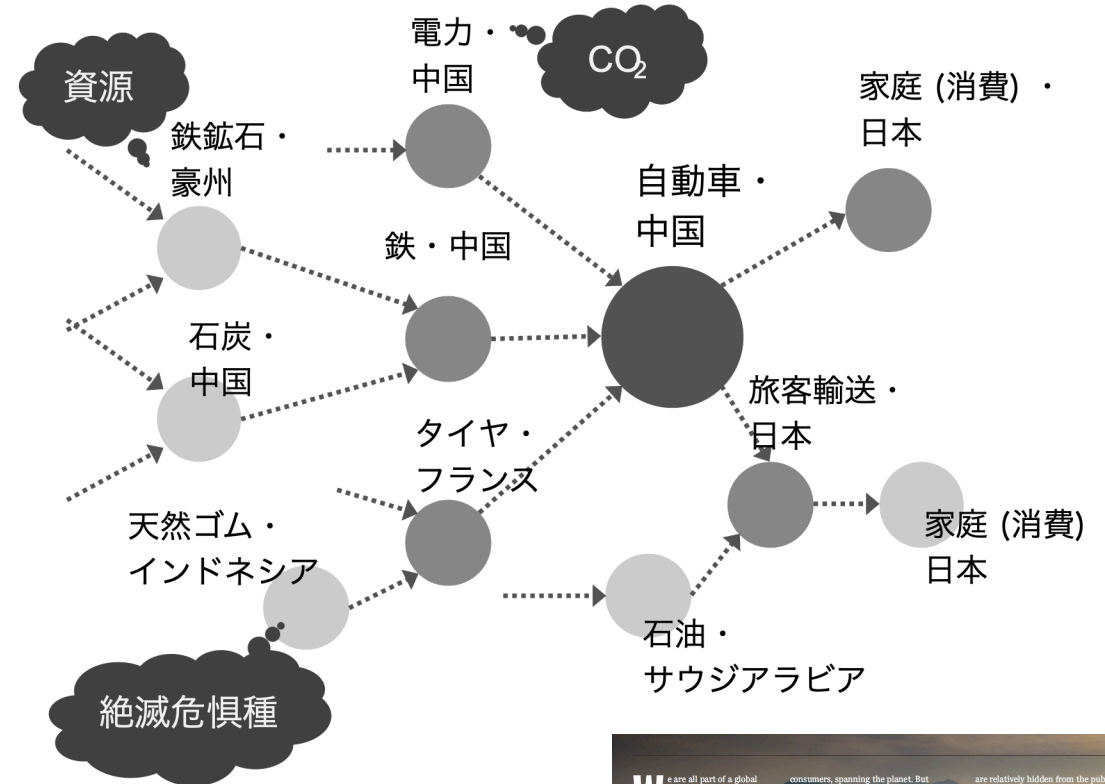
HONDA



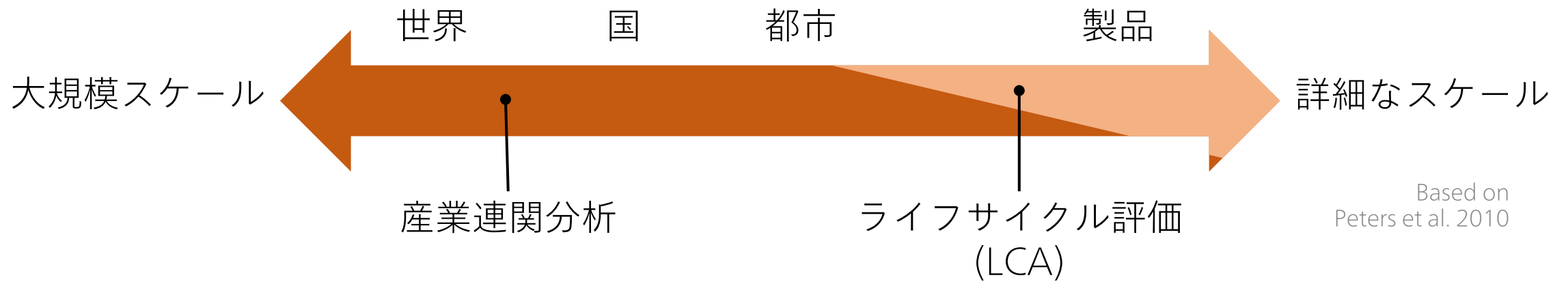
**Honda  
Sustainability  
Report  
2022**

# サプライチェーンを知るには

- ボトムアップ: **ライフサイクル評価**
  - 個別企業・製品での評価可能
  - 工学分野で主に構築・利用
- トップダウン: **産業連関分析**
  - 国民経済計算; GDP計算
  - 付加価値貿易
- 企業のスコープ3排出量の推計に広く利用
  - 企業の調達額 × サプライチェーンでの環境負荷排出源単位



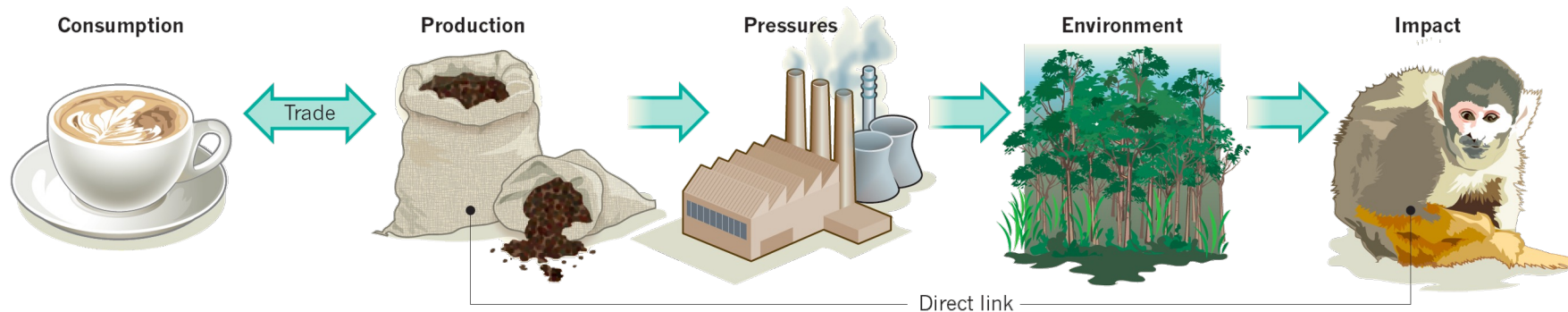
# 多地域間産業連関表とLCA



- 世界多地域間産業連関表
- Eora多地域間産業連関表; 190カ国, 15,000部門
  - 15,000部門間のサプライチェーンを追跡可能
  - <https://worldmrio.com/>

# 生物多様性と貿易

- ワシントン条約（絶滅のおそれのある野生動植物の種の国際取引に関する条約），1975年
  - 例: 象牙、ワニ・ヘビ革製品、ペット等
- 種を絶滅の危機に晒して作られた製品は規制の対象外
  - 例: スパイダーモンキーの棲家である森林を伐採した場所で作られた大豆の貿易は規制の対象外
- 製品がどのように生産され、どの程度生物多様性に悪影響を与えているのか



Hertwich (2012)



# データと方法論

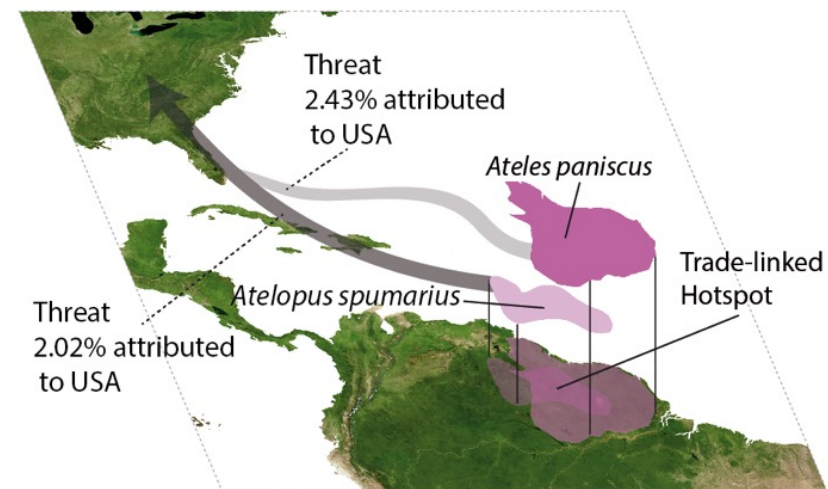
- 二酸化炭素 → t-CO<sub>2</sub>
- 生物多様性 → 危惧種の種数
  - IUCN Red List  
(25,000の絶滅危惧種とその原因、生息域)

## 絶滅危惧の原因

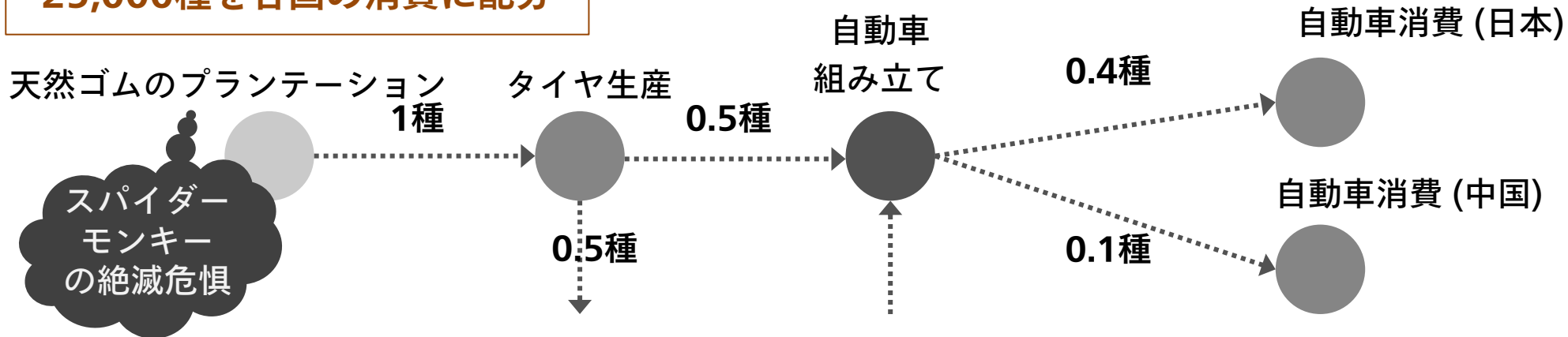
漁獲  
気候変動  
ダム建設  
森林伐採  
...

## 産業連関表の部門

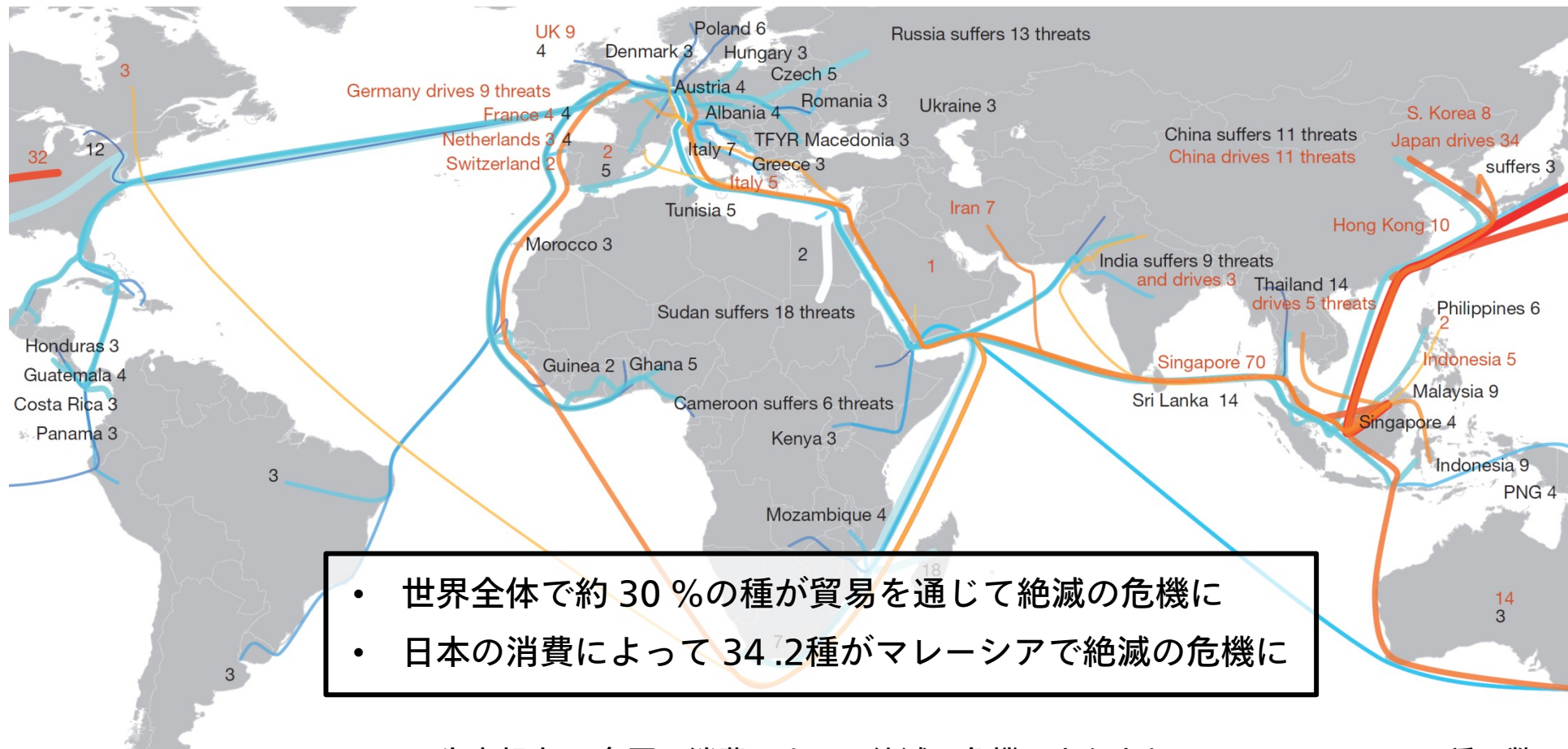
農業  
漁業  
鉱業  
製造業  
サービス



## 25,000種を各国の消費に配分



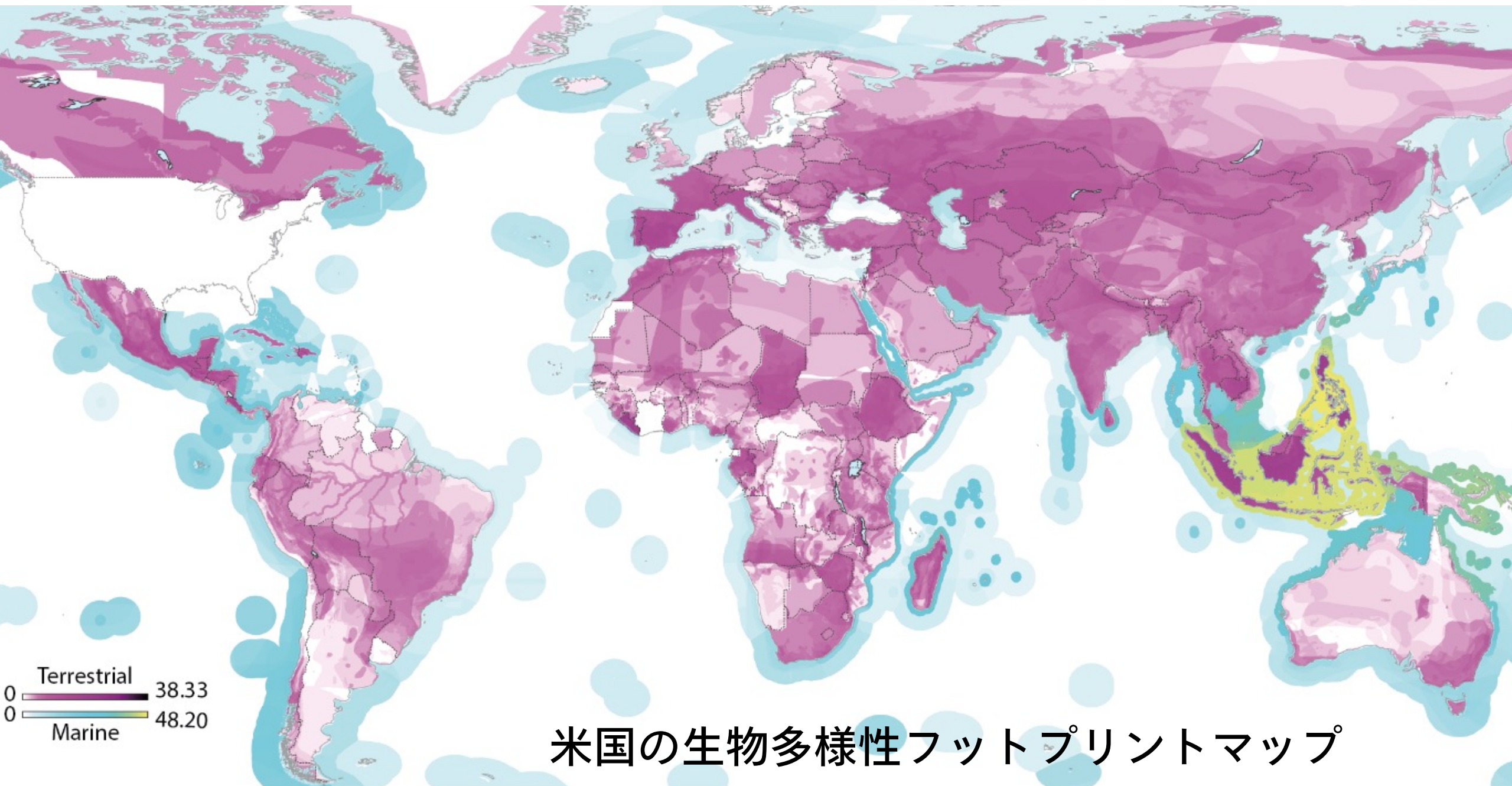
# 絶滅危惧種のフローマップ



- 世界全体で約 30 %の種が貿易を通じて絶滅の危機に
- 日本の消費によって 34.2種がマレーシアで絶滅の危機に

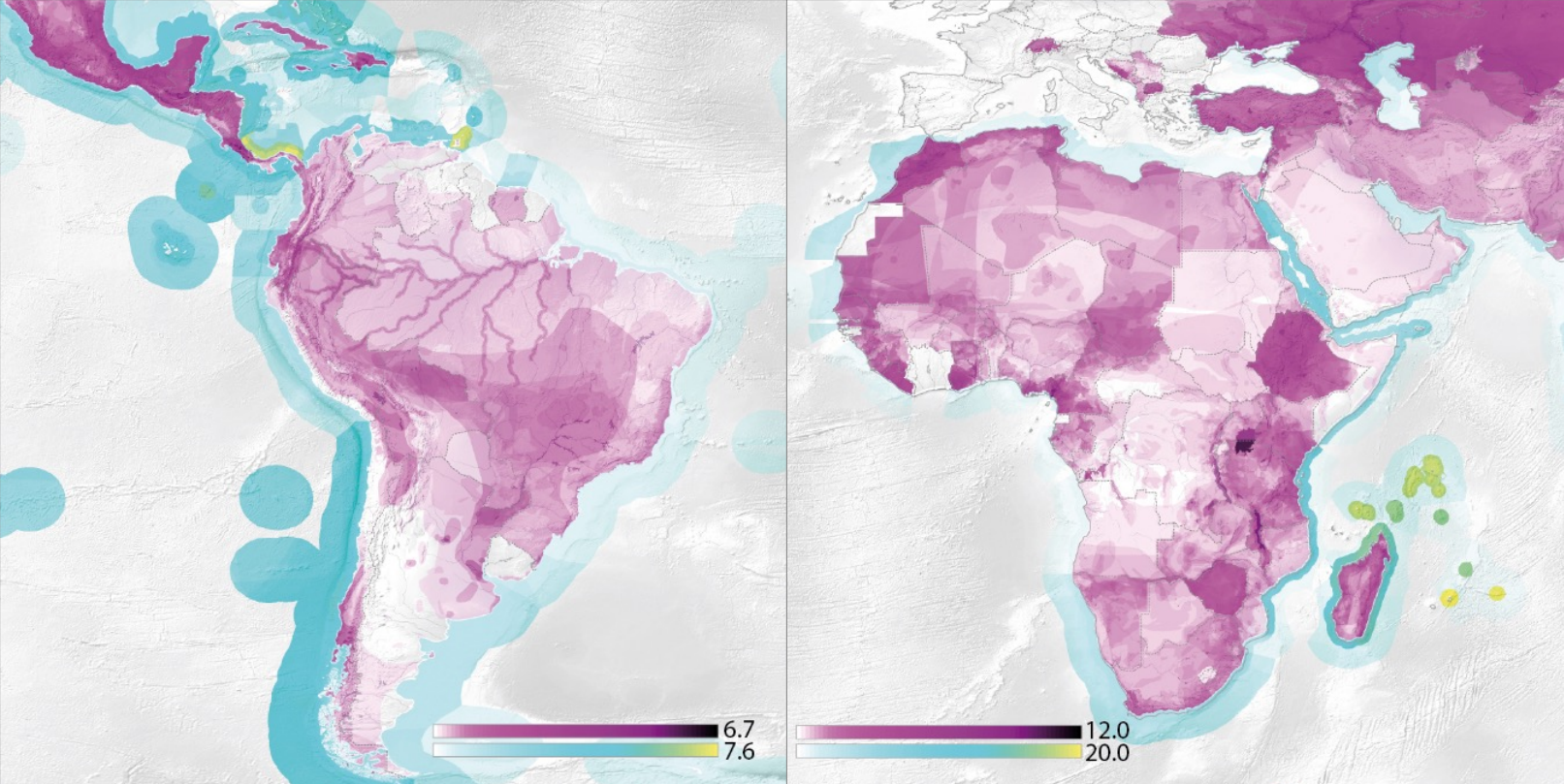


マレーシア生産起点：各国の消費によって絶滅の危機にさらされているマレーシアの種の数  
 ドイツの消費起点：ドイツの消費によって各国で絶滅の危機にさらされている種



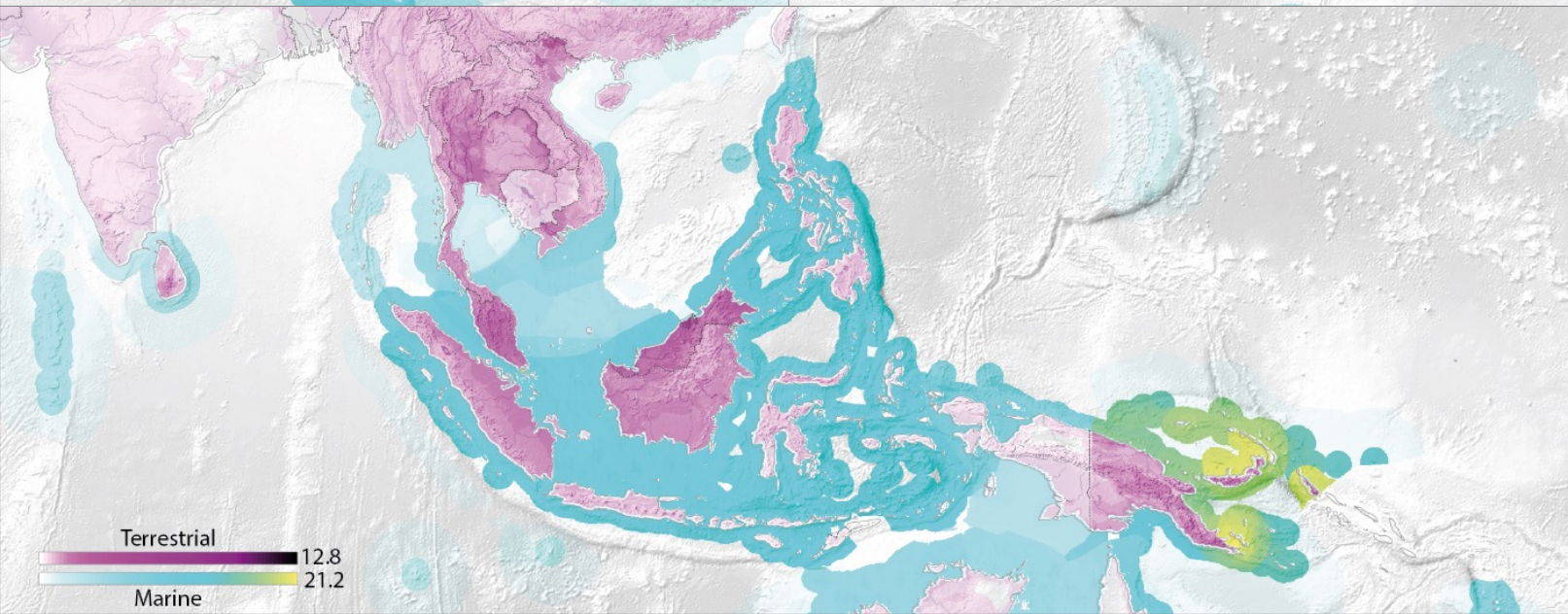
## 米国の生物多様性フットプリントマップ

Daniel Moran, Keiichiro Kanemoto. "Identifying Species Threat Hotspots from Global Supply Chains" *Nature Ecology & Evolution*, 1(1), 0023, 2017



## 空間的生物多様性 フットプリント

米国の消費による中南米での影響、  
EU27カ国によるアフリカ諸国での  
影響、日本の消費による東南アジア  
での影響



Daniel Moran, Keiichiro Kanemoto. "Identifying Species Threat Hotspots from Global Supply Chains" *Nature Ecology & Evolution*, 1(1), 0023, 2017

# 自然科学と経済・社会データ統合のギャップ

- 生態学者が構築したIUCN Red List
  - 42,000の絶滅危惧度別に種の生息域、絶滅の危機の原因を作成
  - 絶滅の危機の原因は、「農業」、「漁業」、「森林伐採」など
- 経済政策に用いられる経済・社会データ
  - ブラジルの大豆の輸出先とトムモロコシ、コーヒーの輸出先は相違
  - 企業のブラジル南部からの大豆の調達と北部からの調達は、全く異なる生物多様性への影響
- 生物多様性と貿易に関する研究では、ある生物が大豆の生産が原因で絶滅の危機に晒されていても、農作物平均の最終的な輸入先に影響 (企業の調達ではより細かな農作物・場所)

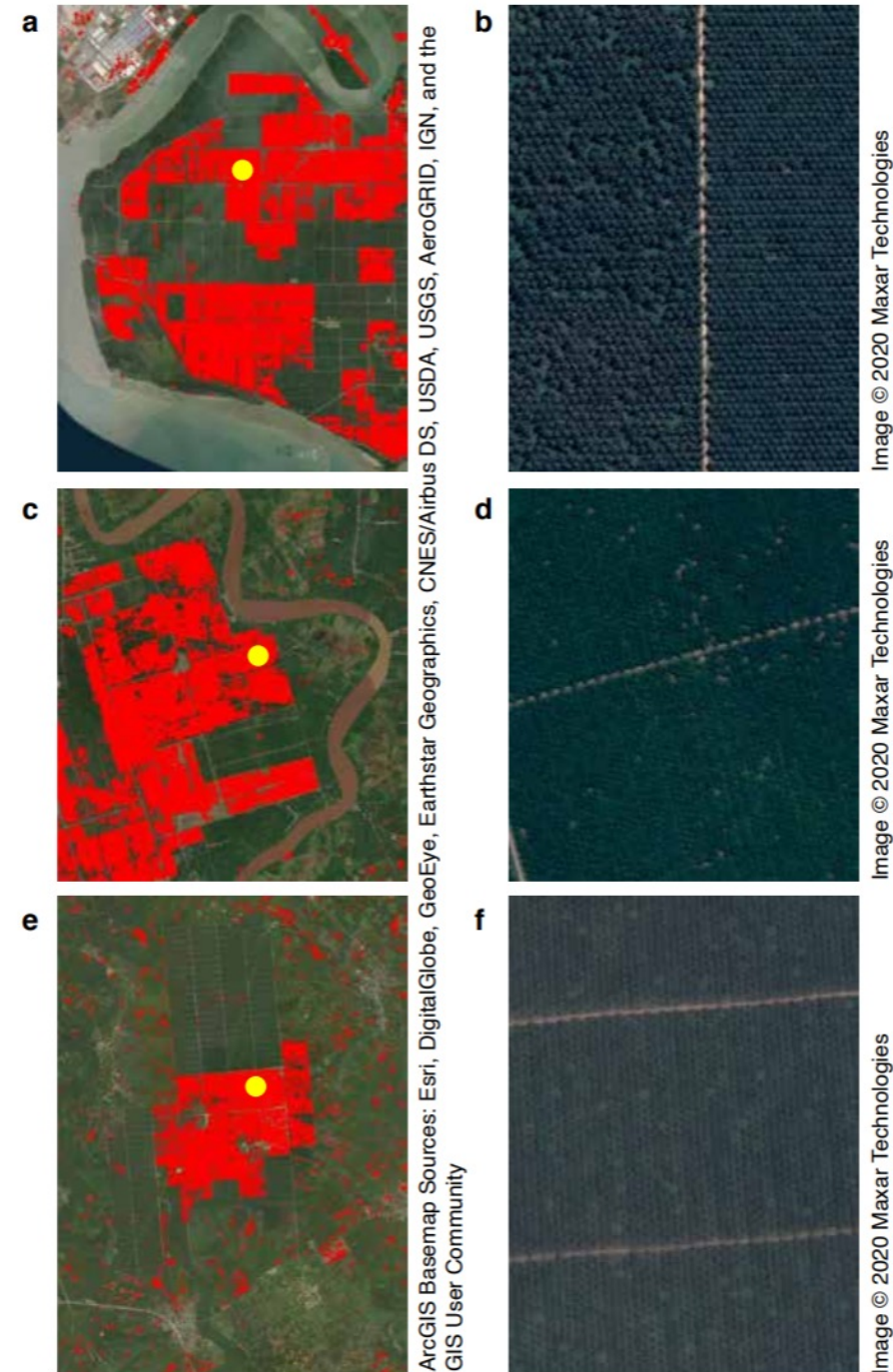


# 衛星画像を用いた土地利用推定

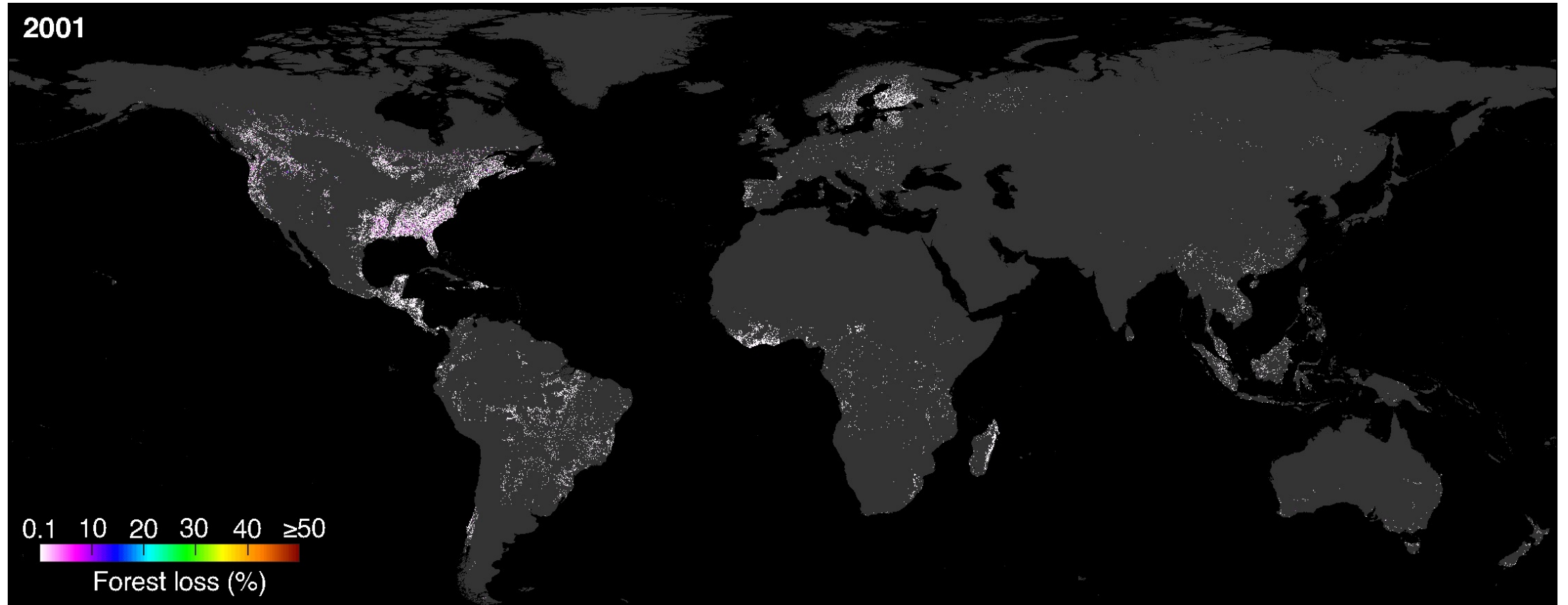
- GFWは世界の森林伐採を推定 (アブラヤシ等は森林と認識)
- Google EarthやGoogle Street Viewを使って、東南アジアのアブラヤシ (パーム油)、ゴムの木の位置を2,000箇所を作成 (正解データ)
- 正解データ、衛星画像、機械学習を使って、他の地域のアブラヤシ (パーム油)、ゴムの木の土地利用を推定

Classification result (pixels)	Ground truth data (pixels)			Total (pixels)	User's accuracy (%)
	Primary forest	Oil palm	Rubber		
Primary forest	3,959,150	80,609	4,582	4,044,341	97.89
Oil palm	84,505	309,456	4,783	398,744	77.61
Rubber	33,904	5,032	26,388	65,324	40.40
Total (pixels)	4,077,559	395,097	35,753	4,508,409	
Producer's accuracy (%)	97.10	78.32	73.81		

Nguyen Tien Hoang, Keiichiro Kanemoto. "Mapping the deforestation footprint of nations reveals growing threat to tropical forests" Nature Ecology & Evolution, 5(6), 845–853, 2021

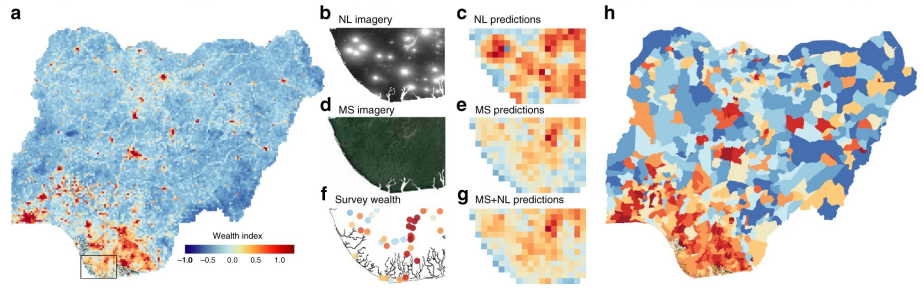


# 米国の森林伐採フットプリントの変化

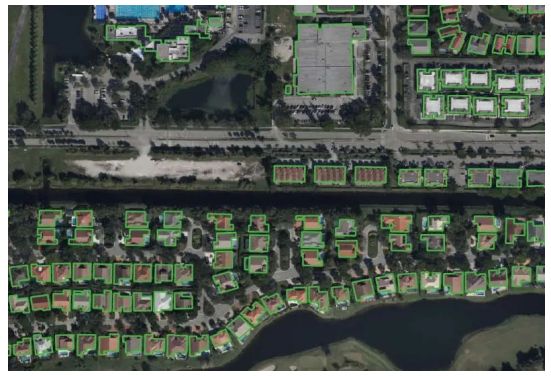


Nguyen Tien Hoang, Keiichiro Kanemoto. "Mapping the deforestation footprint of nations reveals growing threat to tropical forests" *Nature Ecology & Evolution*, 5(6), 845–853, 2021

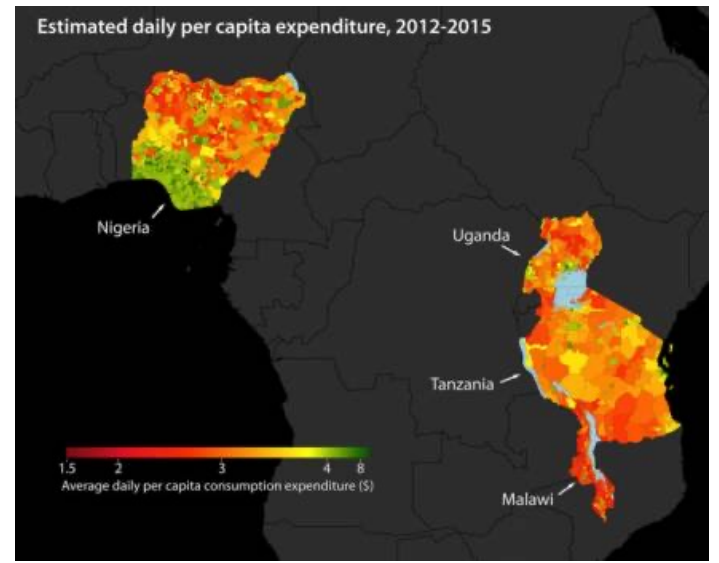
# 衛星画像の経済への応用



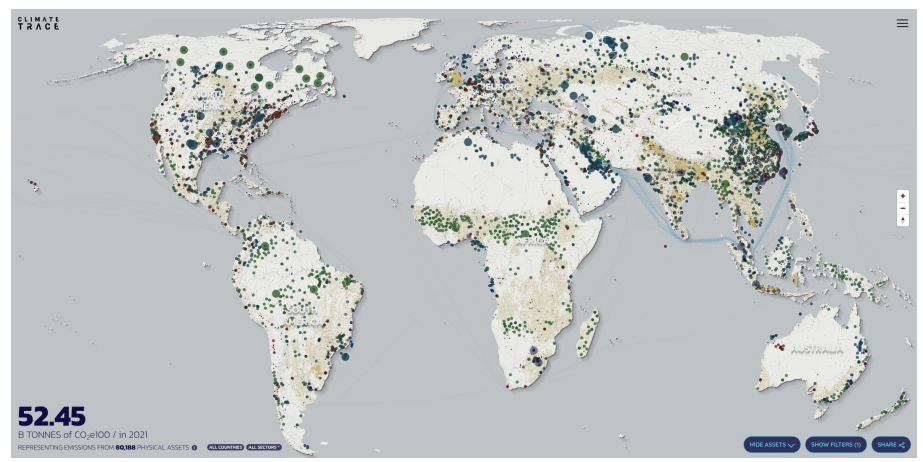
Spatial extent of imagery allows wealth predictions at scale  
*Nature Communications* volume 11, Article number: 2583 (2020)



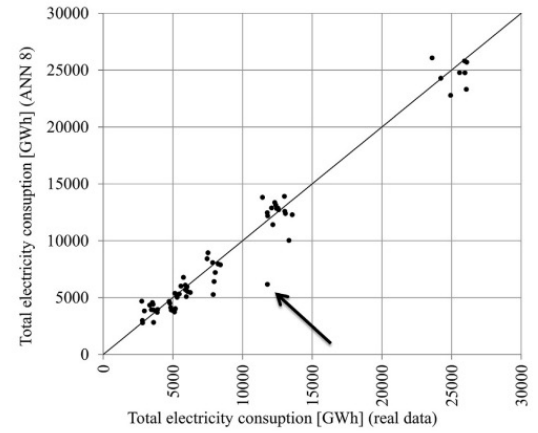
Building Footprints  
 Microsoft  
<https://www.microsoft.com/en-us/maps/building-footprints>



Estimates of per capita consumption in four African countries  
*Science* 19 Vol 353, Issue 6301 pp. 790-794 (2016)



Satellite-based 70,000 Location Emissions  
 Climate Trace <https://climatetrace.org/>



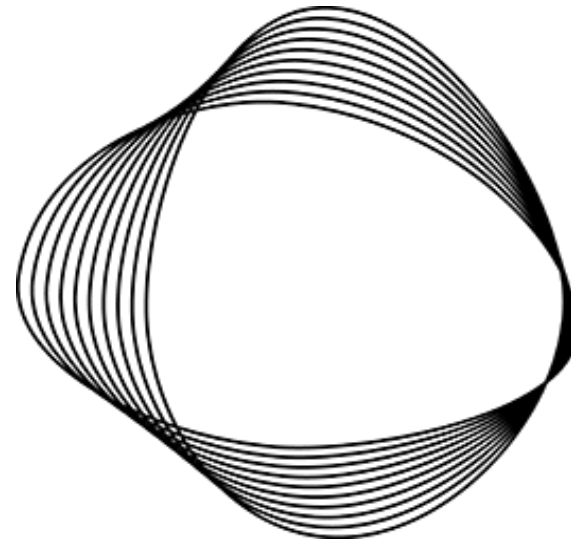
Modeling electricity consumption using nighttime light images and artificial neural networks  
*Energy* Volume 179, 15 July 2019, Pages 831-842



# Trase.Earth & Climate Trace



<https://supplychains.trase.earth/>



**CLIMATE  
TRACE.**

<https://climatetrace.org/map>



# 本発表の概要

- **本研究の概要**

- サプライチェーンモデル + 生物多様性のGISデータ

- **今後の研究の可能性**

- 衛星画像 + 様々な経済政策への応用

- **自然科学 + 社会科学を進展させるためには**

- 今後新たに利用可能となるハイパースペクトル画像/高解像度衛星画像を活用
- 経済学などの社会学者が自然科学者が主導するGISデータの作成に関与
- 緩和アクション研究のための環境モニタリング