

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 21 日現在

機関番号：82101

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2016

課題番号：15K16164

研究課題名(和文) 極端現象による食料消費と飢餓リスクへの影響評価

研究課題名(英文) Global food security under extreme climate

研究代表者

長谷川 知子 (Hasegawa, Tomoko)

国立研究開発法人国立環境研究所・社会環境システム研究センター・研究員

研究者番号：60615524

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,200,000円

研究成果の概要(和文)：将来の気候変動による飢餓リスクへの影響は社会経済状況により大きく異なった。すなわち、分断された社会を表すシナリオでは飢餓リスクは現在より増加しより不確実なものとなるのに対し、なりゆきシナリオではリスクは継続的に減少し、不確実性は小さくなった。このような大きな不確実性のもとで対策を決めていくことが、政策決定者の課題となるだろう。また、100年に一度の極端現象下での必要な備蓄量を現在の備蓄と比較したところ、現在の世界の備蓄量は十分だが、影響を受ける地域では十分に備蓄されていなかった。これは、極端現象の発生時における食糧支援やそのための協力体制が飢餓リスクの軽減には重要であることを示唆している。

研究成果の概要(英文)：Future climate variability is a concern for food security. Although the uncertainty of food security under the mean climate state has been quantified in numerous studies, variability has rarely been taken into account. We clarified how projections of the risk of hunger are affected by potential changes in crop yields under climate variability and other major uncertainties expected to occur by the middle of this century. The results suggest that the magnitude of uncertainty increases over time regardless of socioeconomic developments. The results also suggest that better food storage or food aid systems are required in affected countries so that they can tolerate the worst case.

研究分野：システム工学

キーワード：気候変動 極端現象 栄養不足 食料消費 経済影響

## 1. 研究開始当初の背景

将来の気候変化による影響は、自然災害、水資源、農業、健康、海面水位の上昇、生態系など多岐に渡り、これらの影響は、将来気候変化の緩和策をとらない場合、大きくなると予想される。なかでも農業は食料供給という点で極めて重要な分野の一つであり、気候変化と農業・食料との関係については多くの研究が行われてきた。これまでの研究により、将来の気候変化は食料生産に大きな影響をもたらすこと、さらに、気候緩和策をとらない場合、作物収量（単位面積当たりの作物生産量）の変化がもたらす食料消費、飢餓リスクへの影響は避けられないことが明らかにされた。

近年、極端現象による影響について関心が高まっている。気候変動に関する政府間パネル(IPCC)が最新の研究成果をとりまとめた特別報告書(IPCC, 2011)によると、近年の極端現象の増加の一部は人間活動起源の気候変化が寄与している(中程度から高い確信度)。さらに、上述のような長期に渡るゆるやかな気候変化による影響と過去に起きた極端現象による被害に関する研究はこれまで行われてきたが、将来の極端現象による影響評価は国際的にもまだ始まったばかりであり、食料消費、飢餓リスクへの影響を評価した研究はない。

## 2. 研究の目的

本研究では世界を対象に将来の極端現象による食料消費と飢餓リスクへの影響を明らかにする。極端現象の中でも熱波や干ばつによる作物収量の低下を主たる要因として取り上げ、21世紀前半に起こりうる作物収量の低下が、食料消費カロリーと栄養不足人口におよぼす影響を明らかにした。さらに、適応策の一つとして、影響の軽減に必要な食料備蓄を明らかにした。

## 3. 研究の方法

本研究では、作物モデルと応用一般均衡(CGGE)モデルを用いた。将来の飢餓リスクに関する不確実性を考慮するため、SSPで代表される共通社会経済とRCPで代表される気候条件、さらに、5つの気候モデル、20年間分の気候の年変動、作物モデルのパラメータの不確実性を考慮し、将来の収量生起確率分布を作成した。それを、モンテカルロ法を用いてCGGEモデルに与え、分布を再現する十分な回数の繰り返し計算を行った。適応策として食料備蓄の必要量は、極端現象下における気候変動なしケースからの減少分を食料不足分とみなし、極端現象下でのリスクを軽減するために必要な食料備蓄として想定して算出した。

## 4. 研究成果

極端現象による飢餓リスクへの影響は将来の社会経済状況により大きく依存することが明らかとなった。すなわち、分断された社会を表すシナリオでは飢餓リスクは現在よりも増加し不確実なものとなるのに対し、なりゆきの社会を示すシナリオでは継続的に減少し、不確実性も小さくなった。これは、長期的な気候変化の影響だけではなく短期的な気候変動による影響も含むより大きな不確実性のもとでの意思決定を下すことが、政策決定者の課題となることを示している。また、100年に一度の極端現象下で必要な備蓄量を現在の備蓄と比較したところ、現在の世界の備蓄量は技術的に十分だが、極端気候条件下で必要とされる地域では十分に備蓄されていないことが明らかとなった。現在の備蓄は半数が中国、次いで20%米国であるのに対し、極端現象下において必要とされる地域は南アジア、中国、その他アフリカである。これは、極端現象が発生した際に地域横断的な食糧支援や協力体制が飢餓リスクの軽減には重要であることを示唆している。

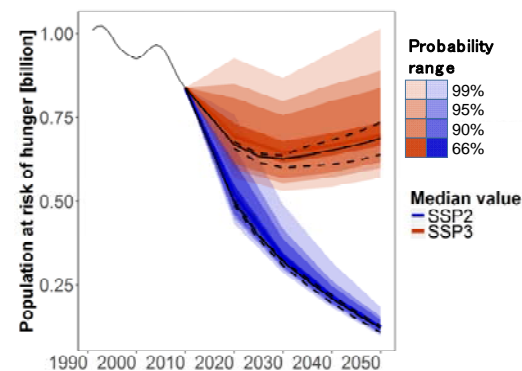


図 気候変動による世界の栄養不足人口の確率分布。なりゆき社会 (SSP2) と分断型社会 (SSP3) で最も気候変化が進んだシナリオ (SRCP8.5) を示す。CO2 施肥効果は考慮しないケース。点線は平均的な(10年移動平均)気候変化による結果を示す。黒実線は観測値および気候変化がないと想定したケースを示す。

以上の成果は現在国際誌に投稿中である。

## 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 16 件、査読有)

- 1) Hasegawa T., Fujimori S., Ito A., Takahashi K., Masui T. (2017) Global

- land-use allocation model linked to an integrated assessment model. *Science of The Total Environment*, 580, 787-796.
- 2) Fujimori S., Hasegawa T., Masui T., Takahashi K., Herran D.S., Dai H., Hijioka Y., Kainuma M. (2017) SSP3: AIM implementation of Shared Socioeconomic Pathways. *Global Environmental Change*, 42, 268-283
  - 3) Rao S., Klimont Z., Smith S.J., Dingenen R., Dentener F., Bouwman L., Riahi K., Amann M., Bodirsky B.L., Vuuren D.P., Reis L.A., Calvin K., Drouet L., Fricko O., Fujimori S., Gernaat D., Havlik P., Harmsen M., Hasegawa T., Heyes C., Hilaire J., Luderer G., Masui T., Stehfest E., Strefler J., Sluis S., Tavoni M. (2017) Future air pollution in the Shared Socio-economic Pathways. *Global Environmental Change*, 42, 346-358.
  - 4) Popp A., Calvin K., Fujimori S., Havlik P., Humpenoder F., Stehfest E., Bodirsky B.L., Dietrich J.P., Doelmann J.C., Gusti M., Hasegawa T., Kyle P., Obersteiner M., Tabeau A., Takahashi K., Valin H., Waldhoff S., Weindl I., Wise M., Kriegler E., Lotze-Campen H., Fricko O., Riahi K., Vuuren D.P. (2017) Land-use futures in the shared socio-economic pathways. *Global Environmental Change*, 42, 331-345.
  - 5) Riahi K., Vuuren D.P., Kriegler E., Edmonds J., O'Neill B.C., Fujimori S., Bauer N., Calvin K., Dellink R., Fricko O., Lutz W., Popp A., Cuaresma J.C., KC S., Leimbach M., Jiang L., Kram T., Rao S., Emmerling J., Ebi K., Hasegawa T., Havlik P., Humpenoder F., Silva L.A., Smith S., Stehfest E., Bosetti V., Eom J., Gernaat D., Masui T., Rogelj J., Strefler J., Drouet L., Krey V., Luderer G., Harmsen M., Takahashi K., Baumstark L., Doelman J.C., Kainuma M., Klimont Z., Marangoni G., Lotze-Campen H., Obersteiner M., Tabeau A., Tavoni M. (2017) The Shared Socioeconomic Pathways and their energy, land use, and greenhouse gas emissions implications: An overview. *Global Environmental Change*, 42, 153-168.
  - 6) Alexander P., Prestele R., Verburg P.H., Arneth A., Baranzelli C., Silva F.B., Brown C., Butler A., Calvin K., Dendoncker N., Doelman J.C., Dunford R., Engstrom K., Eitelberg D., Fujimori S., Harrison P.A., Hasegawa T., Havlik P., Holzhauser S., Humoenoder F., Jacobs-Crisioni C., Jain A. K., Krisztin T., Kyle P., Lavallo C., Lenton T., Liu J., Meiyappan P., POPP A., Powell T., Sands R.D., Schaldach R., Stehfest E., Steinbuks J., Tabeau A., Meijl H.V., Wise M.A., Rounsevell M.D.A. (2017) Assessing uncertainties in land cover projections. *Global Change Biology*, 2017 (23), 767-781.
  - 7) Fujimori S., Abe M., Kinoshita T., Hasegawa T., Kawase H., Kushida K., Masui T., Oka K., Shiogama H., Takahashi K., Tatebe H., Yoshikawa M. (2017) Downscaling Global Emissions and Its Implications Derived from Climate Model Experiments. *PLOS ONE*, 12 (1), e0169733-e0169733.
  - 8) Hasegawa T., Fujimori S., Boer R., Immanuel G.S., Masui T. (2016) Land-Based Mitigation Strategies under the Mid-Term Carbon Reduction Targets in Indonesia. *sustainability*, 8, 1283-1294.
  - 9) Hasegawa T., Chan P., Fujimori S., Takahashi K., Hijioka Y., Masui T. (2016) Quantifying the economic impact of changes in energy demand for space heating and cooling systems under varying climatic scenarios, *Palgrave Communications*, 2, 16013.

- 10) Hasegawa T., Fujimori S., Takahashi K., Yokohata T., Masui T. (2016) Economic implications of climate change impacts on human health through undernourishment. *Climatic Change* (136), 189–202.
  - 11) Hasegawa T., Fujimori S., Masui T., Matsuoka Y., (2016) Introducing detailed land-based mitigation measures into a computable general equilibrium model, *Journal of Cleaner Production*, 113, 233-242.
  - 12) Hasegawa T., Fujimori S., Shin Y., Tanaka A, Takahashi K, Masui T. (2015) Consequence of Climate Mitigation on the Risk of Hunger. *Environmental science & technology*, 49 (12), 7245-7253.
  - 13) 長谷川知子 (2015) 気候変化と低栄養. *環境技術*, 44 (12), 648-654.
  - 14) Hak M., Hasegawa T., Matsuoka Y. (2015) An assessment of GHG emissions and mitigation potential from Agriculture, Forestry and Other Land-Use in Cambodia. *J.Global Environ.Eng.*, 71 (5), 165-176.
  - 15) Jilani T, Hasegawa T., Matsuoka Y. (2015) The future role of agriculture and land use change for climate change mitigation in Bangladesh. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change* 20, 8, 1289-304.
  - 16) Su X., Takahashi K., Fujimori S., Hasegawa T., Emori S., Hijioka Y., Masui T. (2015) Assessment of greenhouse gas emission pathways by considering a possible climate sensitivity range under different socio-economic scenarios. *J.Global Environ.Eng.*, 71 (5), 205-216.
- [学会発表] (計 16 件)
- 1) Hasegawa T., Fujimori S., Ochi Y. (2016) Food security: multi-model comparison preliminary analysis. AgMIP economic modeling group meeting, 29-30th November 2016, National Institute for Environmental Studies (Ibaraki, Tsukuba).
  - 2) Hasegawa T., Takakura J., Fujimori S., Takahashi K., Masui T., Hijioka Y., Honda Y. (2016) Economic impact assessment of climate change impacts on human health using AIM/CGE: undernourishment and labor productivity. Assessment of human health impacts from climate change – steps forward, 11th November 2016, JRC Seville (Spain).
  - 3) Hasegawa T., Fujimori S., Ochi Y. (2016) Food security: multi - model comparison preliminary analysis. AgMIP6 Global workshop, 28-30th June 2016, Montpellier (France).
  - 4) Hasegawa T., Sakurai G., Fujimori S., Takahashi K., Hijioka Y., Masui T. (2016) Global food insecurity under climate volatility. Ninth Annual Meeting of the IAMC 2016, 1st-3rd, December, 2016, Begin (China).
  - 5) Fujimori S., Kubota I., Dai H., Takahashi K., Hasegawa T., Liu J., Hijioka Y., Masui T., Takimi M. (2016) Will International Emissions Trading Help Achieve the Objectives of the Paris Agreement?. Ninth Annual Meeting of the IAMC 2016, 1st-3rd, December, 2016, Begin (China).
  - 6) Park C., Hasegawa T., Fujimori S., Takakura J., Takahashi K., Hijioka Y., Masui T. (2016) Economic implications of limiting global temperature at 1.5 °C: the case of building energy use. Ninth Annual Meeting of the IAMC 2016, 1st-3rd, December, 2016, Begin (China).
  - 7) Takakura J., Fujimori S., Takahashi K., Hijioka Y., Hasegawa T., Honda Y., Masui T. (2016) Economic cost of workplace heatstroke prevention by

- following recommended work/rest cycles. Ninth Annual Meeting of the IAMC 2016, 1st-3rd, December, 2016, Begin (China).
- 8) Hasegawa T., Fujimori S., Shin Y., Tanaka A., Takahashi K., Masui T. (2016) Consequence of Climate Mitigation on the Risk of Hunger. CESM 2016 Winter Working Group Meetings, 8-11<sup>th</sup> February 2016, Bolder (United States).
- 9) Hasegawa T., Fujimori S., Takahashi K., Yokohata T., Masui T. (2015) Economic implications of climate change on human health through undernourishment. IAMC meeting 2015, 16-18<sup>th</sup> November 2015, Potsdam (Germany).
- 10) Hasegawa T., Fujimori S., Masui T., Matsuoka Y., Introducing detailed land-based mitigation technologies into a CGE model, The 18th Annual Conference on Global Economic Analysis, 17-19<sup>th</sup> June 2015, Melbourne (Australia).
- 11) Park C., Hasegawa T., Fujimori S., Takahashi K., Hijioka Y., Masui T. (2015) Economic consequences of climate-induced changes in the energy demand for heating and cooling. IAMC meeting 2015, 16-18<sup>th</sup> November 2015, Potsdam (Germany).
- 12) Fujimori S., Ron Sands, Hasegawa T. (2015) EMF33 bioenergy supply scenario CGE implementation issues: FARM and AIM approaches. EMF 33 meeting, 18-20<sup>th</sup> November 2015, Potsdam (Germany).
- 13) Fujimori S., Hasegawa T., Masui T., Takahashi K., Land use representation in a global CGE model for long-term simulation: CET vs. logit functions. The 18th Annual Conference on Global Economic Analysis, 17-19<sup>th</sup> June 2015, Melbourne (Australia).
- 14) 長谷川知子, 藤森真一郎, 高橋潔, 増井利彦 (2015) 気候緩和策による食料安全保障への影響分析. 第 32 回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス, 同予稿集, 105, 2016 年 2 月 2~3 日, 砂防会館(東京・千代田区) .
- 15) ハク マオ, 長谷川知子, 松岡 譲 (2015) An assessment of GHG emissions and mitigation potential from Agriculture, Forestry and Other Land-Use in Cambodia(カンボジアにおける農業・土地利用部門の温室効果ガス排出削減に関する検討) . 土木学会第 23 回地球環境シンポジウム, 土木学会論文集 G (環境) , 71(5), 165-176, 2015 年 9 月 2-4 日, 北海道大学 (北海道・札幌) .
- 16) 藤森真一郎, 長谷川知子, 増井利彦, 高橋潔, シェルバエランディエゴ, 戴瀚程, 脇岡靖明, 甲斐沼美紀子 (2015) AIM による新社会経済シナリオ SSP の定量化とそのシナリオの特徴. 第 43 回研究論文発表会, 土木学会論文集 G(環境), 71(6), II\_217-II\_228, 2015 年 9 月 2-4 日, 北海道大学 (北海道・札幌) .

[図書] (計 1 件)

- 1) Ahammad, H., Heyhoe E., Nelson G., Sands R., Fujimori S., Hasegawa T., van ver Mensbrugghe D., Blanc E., Havlik P., Valin H., Kyle P., Mason d’Croz D., van Meijl H., Schmitz C., Lotze-Campen H., von Lampe M., Tabeau A. (2015) The role of international trade under a changing climate: Insights from global economic modelling. In: Elbehr A.ed., Climate change and food systems: global assessments and implications for food security and trade, Food Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 294-309.

[その他]  
ホームページ等

世界のガス排出のダウンスケールと気候モデル実験から得られる含意

<http://www.nies.go.jp/social/abstracts1>

[5.html](#)

Global land-use allocation model linked to an IAM

<http://www.nies.go.jp/social/abstracts16.html>

Emissions trading help the Paris Agreement?

<http://www.nies.go.jp/social/abstracts17.html>

SSP3: AIM Implementation of SSPs

<http://www.nies.go.jp/social/abstracts20.html>

6. 研究組織  
(1) 研究代表者

国立開発研究法人 国立環境研究所 社会環境システム研究センター 研究員  
長谷川知子 (Tomoko Hasegawa)

研究者番号：60615524