**Technical Manual for Land Use Allocation model**

April, 2015

NIES

Table of Contents

[1. はじめに - 3 -](#_Toc417564220)

[2. 土地利用分配モデルについて - 3 -](#_Toc417564221)

[2.1 土地利用分配モデルの概要 - 3 -](#_Toc417564222)

[2.2 基本的な考え方 - 3 -](#_Toc417564223)

[2.3 定式化 - 3 -](#_Toc417564224)

[2.4 パラメータの推定 - 4 -](#_Toc417564225)

[2.5 用いるデータ - 6 -](#_Toc417564226)

[2.6 記号一覧 - 6 -](#_Toc417564227)

[3. Reference - 7 -](#_Toc417564228)

この資料は、土地利用分配モデルについて記したものである。本モデルはMeiyappan *et al.* (2014)を基に改良を加えたモデルである。

# はじめに

# 土地利用分配モデルについて

## 土地利用分配モデルの概要

## 基本的な考え方

* 本モデルでは、土地所有者が経済合理性に基づき、各セルでの生産により得られる収益を最大化（費用最小化）するような土地利用の分配を決定する。ここで、収益を売上－費用と定義する。
* 農畜林産財を生産に要する土地の需要を外生的に与える。モデル内では、その需要を満たす土地利用の分布を探索する。
* 世界を17（もしくは106）に区分された国・地域ごとに最適化問題を解く。本モデル内では地域を越えたやり取りは考えない。
* 地理情報はすべて0.5°×0.5°のセルとして、各セルでの生産性（単位面積当たりの生産量）は、生物物理的条件を考慮して算定される。
* １年ステップの逐次モデルである。毎年の土地利用面積の結果を翌年に渡す。
* セル内の時間変化に伴う土地利用変化は、気候条件や土地利用改変に伴う費用などにより制御されるとする。この障壁を時系列方向の土地利用変化に慣性をもたせることによって表す。
* 隣接するセルは、気候条件などにより類似する土地利用をとる傾向があると考えられる。空間方向の土地利用変化に慣性をもたせることで、これを表す。

## 定式化

下記の定式は、特筆しない限り、ある年、ある地域についてである。すなわち、所与の土地利用面積（外生値）は例えば、



などとして、上で求めたを*Sr, t*について繰り返し与える。

費用と同一セルの前年の土地利用からの変化分、隣接するセルの土地利用からの変化分の、全セルについて総和を最小化する。

→Min. (EQOBJ)

セル*g*、土地利用*l*のt’年からt年(t’<t)への変化に対して、重み*al,g*により慣性を与える。さらに、セル*g*の土地利用と隣接するセルg’の土地利用の差分に対する重み*b*によりセル*g*の土地利用の変化と*g’* の変化に対し慣性を与える。

 (EQPRF(*l,g*))

セル内の各土地利用の面積のシェアが負値をとらないという制約条件を課す。

 (YLO(*l,g*))

セル内の各土地利用の面積がセルの面積を超えないという制約条件を課す。

 (EQTOTY (*g*))

各土地利用の合計面積が需要*LDMt,l*（外生）と等しくなるという制約条件を貸す

 (EQLDM(*l*))

## 

## パラメータの推定

1. 

はセルg,g’が隣接するかどうかを表す行列である。





図1 セル番号と隣接するセルのイメージ

これは次のように算定できる。

 (WG(*g,g’*))

ここで、MIJi,j,i’,j’はセル(i,j)とセル(i’,j’)との関係を表し、隣接する場合は１、隣接しない場合は0とする。

 (MIJ(*i,ji’,j’*))

1. 

重みは単位面積当たりの調整費用の収益に対する比を用いて下記のように表せる。

 (A(*l,g*))

パラメータaは2.4.(6)で推定する。

1. 

純利益（0～1）は土地利用*l*での生産活動による単位面積当たりの売上から単位面積当たりの費用を差し引いて求める。

売り上げは、単位面積当たりの生産量と生産者価格をかけたもの。費用は単位面積当たりの中間投入、労働、資本、生産税、補助金とする。



はセルgと地域rとの

パラメータは2.4.(6)で推定する。

1. 

はロジット関数で表す。



パラメータは2.4.(6)で推定する。

1. パラメータの推定（未完）

基準年のデータを用いて、最小二乗法により誤差最小化でパラメータを推定する。



推定したパラメータを用いて、将来の推計を行う。

非線形計画問題（NLP）で解く。

1. セルと国の対応表





MAPGIJ(g,i,j)は、セル番号*g*とセルの座標(*i,j*)の関係を表す行列で、次のように表す。

 (MGIJ(g,*i,j*))









ただし、

: 国番号 (1~357)

:国番号*rn*の通し番号(1~357)

: セル(*i,j*)についての国番号表

: 国番号*N*とセル(*i,j*)の対応表

: 国コードSrとセル(*i,j*)の対応表

: 国番号*N*と国コード*Sr*の対応表

:国コード*Sr*とセル*g*の対応表

:セルgの土地利用区分*l*の面積率（基準年）

: セルgの面積

: 国コードSr, 土地利用区分*l*の面積（基準年）

: *t*年, 国コード*r*, 土地利用区分*l*の面積

: *t*年, 国コードS*r*, 土地利用区分*l*の面積

: セルg, g’が隣接するかどうかを表す行列

## 計算方法

* CGEからの17地域別の土地面積を所与とする
* 17地域分類の地域別について最適化計算を行う

## 用いるデータ

1. 生産力マップ

* 植生モデルVISITによる出力 (Ito and Inatomi 2011; Ito and Inatomi 2012)

表　植生モデルVISITでの作物分類と本モデルでの対応表



1. 土地利用マップ

* 作物別農地：Monfreda *et al.* (2008)の作物175種。作物分類の対応は附表。
* エネルギー作物：
* 森林・牧草・定住地・ツンドラ・岩・水面：RCP
* 森林保護区：UNEP-WCMC (2015)

1. 土地重要面積

* CGEモデルの出力

1. 単位面積当たりの収益と消費

CGEモデルにより推計された社会会計表から作成

表　AIMCGEモデルでの産業分類と本モデルの分類の対応表



＜課題＞

休耕地：面積はCGEと同じ。収益は他の作物と同じ。土地マップがない？？

国土面積の割合

エネルギー作物

森林保護区のマップはDiegoさんが使っているものを使う。保護区は少なくとも守るとする。

【済】森林と牧草地ついては高い粘性((Meiyappan *et al.* 2014)の最大値）を与えた。

FAOから求めた炭素重量から作物重量への変換係数を用いて、VISITのデータを炭素重量から作物重量へ変換した。

Rammankuttyのforageを牧草地とするか？

## Q&A

Q: 森林保護区、都市の収益？

A: 森林保護区、都市は土地利用変換の対象としない。現状から将来に渡って変化しないとする。

## 記号一覧

サフィックス

g: セル番号。全セルに１から順にふられた通し番号。

i: マップ上での各セルの縦方向の位置を表す番号　（i = 1～360）

j: マップ上での各セルの横方向の位置を表す番号　（j = 1～720）

l: 土地利用区分

表　対象とする土地利用区分とコード一覧



記号

: グリッドサイズ[°]　(=0.5)

: セル*g*, 土地利用区分*l*の規模の拡大に対する収穫逓減率（0～1）（=）

: *t*年,セル*g*, 土地利用区分*l*の単位面積あたりの純利益（0～1）

:セル*g*, 土地利用区分*l*の単位面積当たりの調整費用

: ル*g*, 土地利用区分*l*の生産性・収益

: *t*年, セル*g*, 土地利用区分*l*の目的変数

: *t*年, セル*g*, 土地利用区分*l*の面積割合　（0～1）

: *t*年,土地利用区分*l*の土地の需要（外生変数）

: パラメータ

b: パラメータ

: パラメータ

: パラメータ

# Reference

Ito A and Inatomi M 2011 Water-Use Efficiency of the Terrestrial Biosphere: A Model Analysis Focusing on Interactions between the Global Carbon and Water Cycles *Journal of Hydrometeorology* 13, 2, 681-94.

Ito A and Inatomi M 2012 Use of a process-based model for assessing the methane budgets of global terrestrial ecosystems and evaluation of uncertainty *Biogeosciences* 9, 2, 759-73.

Lee H L, Hertel T W, Rose S and Avetisyan M 2009 An integrated global land use database for CGE analysis of climate policy options, in Economic analysis of land use in global climate change policy, Routledge, UK.

Meiyappan P, Dalton M, O’Neill B C and Jain A K 2014 Spatial modeling of agricultural land use change at global scale *Ecological Modelling* 291, 0, 152-74.

Monfreda C, Ramankutty N and Foley J A 2008 Farming the planet. Part 2: Geographic distribution of crop areas, yields, physiological types, and net primary production in the year 2000 *Global Biogeochemical Cycles* 22, 1.

UNEP-WCMC I a. 2015. *The World Database on Protected Areas (WDPA) [On-line], [May, 2015 of the version downloaded], Cambridge, UK: UNEP-WCMC. Available at:* [*www.protectedplanet.net*](http://www.protectedplanet.net)*.*

表　本モデルとMonfreda et al.(2008)の作物分類との対応表

