**Technical Manual for Land Use Allocation model**

April, 2015

NIES

Tomoko Hasegawa et al.

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 **エラー! ブックマークが定義されていません。**](#_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 - 9 -](#_Toc417564226)

[2.6 記号一覧 - 10 -](#_Toc417564227)

[3. Reference - 13 -](#_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

## 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。
* 収益は規模（土地面積）の拡大に伴い逓減する
* 単一の国・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。
* 農畜林産財を生産に要する土地の需要を外生的に与え、その需要を満たす土地利用の分布を探索する。
* １年ステップの逐次モデルである。毎年の土地利用分布の結果を翌年に渡す。
* あるセルの土地利用変化のしにくさを、時系列方向の土地利用の変化に慣性を与えることによって表す。
* 隣接するセルが類似する土地利用をとる傾向を、空間方向の土地利用の変化に慣性を与えることで表す。
* 地理情報は0.5°×0.5°のセルである。
* 各セルでの単位面積当たりの潜在的生産量（以下、生産力とよぶ）は、生物物理的条件を考慮して算定される。

## 定式化

下記の定式は、特筆しない限り、ある年、単一の国・地域についての計算を示す。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。

 (EQOBJ)

セル*g*、土地利用*l*の第t’年から第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. パラメータ推定（未完）

RCPの過去の土地利用データを用いてパラメータを推定する予定。

現段階では、Meiyappan *et al.* (2014)の下図からパラメータを読んで用いた。

a=15

b=-0.5

ただし、森林と牧草地ついては高い慣性(同図の最大値・最小値, a=50, b=-6)を与えた。



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*n*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*r*とセル(*i,j*)の対応表

: 国番号*N*と国コード*r*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 [ha]

: 国コード*r*, 土地利用区分*l*の面積（基準年）[ha]

: 第*t*年, 国コード*r*, 土地利用区分*l*の面積 [ha]

: セルg, g’が隣接するかどうかを表す行列

## 温室効果ガス排出量推計

上で得られた土地利用分配の推計結果を用い、土地利用変化に伴う温室効果ガス排出量を推計する。



図　時間の定義



: 第*t*年, セルgの土地利用区分*l*の面積率の変化[1/year]



ただし、



セルgの土地利用区分*l*での、第*t’*年の土地利用変化がもたらす,　第*t*年の単位面積当たりのバイオマスフロー量（吸収を負値で表す）[MgC/ha/year]

: セルgの第*t’*年に他の土地から転換された土地利用区分*l*での炭素フロー量（純吸収量, 吸収を負） [MgC/ha/year]

: セルgの第*t’*年に他の土地から転換された土地利用区分*l*での炭素ストック量 [MgC/ha]



表　バイオマスフロー量の算定方法



## 計算方法

* CGEからの17地域別の土地面積を土地需要量として所与とする
* 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)
* FAO (2013)から求めた作物別の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。

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に記す。
* エネルギー作物：なし
* 森林・牧草・定住地・ツンドラ・岩・水面：RCP (Hurtt *et al.* 2011)
* 休耕地：RCPの農地から(Monfreda *et al.* 2008)でカバーされているエリアを差し引いたものを休耕地とする。
* 森林保護区：UNEP-WCMC (2015)。森林保護区は将来に渡って固定する。
* ツンドラ、岩、水面についてはRCPのデータを将来に渡って固定する。

1. 土地需要量（）

* AIMCGEモデルによる推計値
* 基準年以降に増加する森林は二次林に計上する。

表　土地需要量の算定方法



表　AIMCGEモデルと本モデルの土地利用分類の対応表



1. 単位面積当たりの費用と価格（, ）

単位面積当たりの費用は、AIMCGEモデルにより推計された社会会計表から作成

価格はAIMCGEモデルにより推計値を用いた

自然林、草地、定住地、ツンドラ・水面など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。したがって、収益はゼロとする。

表　AIMCGEモデルでの産業分類と本モデルの分類の対応表



1. バイオマス固定量（）



表　バイオマス量（フロー）の算定方法



## Q&A

Q: バイオ作物の参照マップについて

A: バイオ作物の基準年のマップはない。参照するマップはないが、所与の土地需要を満たすよう、他の土地利用との競合を考慮しつつ、収益の高いグリッドから順に導入される。

## 今後の課題

バイオマス量・排出量の計算

【済】スケールファクター

土地需要量が変わらないときは土地利用変化がわからないとすべきか。

国土面積の割合

106, 17地域で扱うため、全球面積にもれがある。全球面積と合計が一致しない。

森林保護区は固定する。Shpファイルをcsvファイルへの変換が必要。

CGE出力データ処理関連

AIMCGEでの２次林の出力の扱い

エネルギー作物の生産量が入っておらず、収益の計算のところで価格が2005年ベースになっている

用いたデータの見直し

VISITデータのcrop intensity, crop calendar, 成長過程

Rammankuttyのforageを牧草地に分類するか

休耕地マップを算定する際の二毛作は考慮されていない

世界全体を試算したあと、RCPとCGEの出力値の値があうか確認

## 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*の規模拡大に伴う収穫逓減率（0～1）（=）

: 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

: セル*g*, 土地利用区分*l*の規模拡大に伴う収穫逓減の度合い

: セル*g*, 土地利用区分*l*の目的変数

: セル*g*, 土地利用区分*l*の面積割合　（0～1）

: 第*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

FAO. 2013. *FAOSTAT*. Retrieved from: <http://faostat.fao.org/default.aspx>.

Hurtt G C, Chini L P, Frolking S, Betts R A, Feddema J, Fischer G, Fisk J P, Hibbard K, Houghton R A, Janetos A, Jones C D, Kindermann G, Kinoshita T, Klein Goldewijk K, Riahi K, Shevliakova E, Smith S, Stehfest E, Thomson A, Thornton P, Vuuren D P and Wang Y P 2011 Harmonization of land-use scenarios for the period 1500–2100: 600 years of global gridded annual land-use transitions, wood harvest, and resulting secondary lands *Climatic Change* 109, 1-2, 117-61.

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.

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)*.*

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

