

国内農地の食料供給能力の計測 －国民の効用最大化の観点から－

北星学園大学経済学部
高橋義文

1

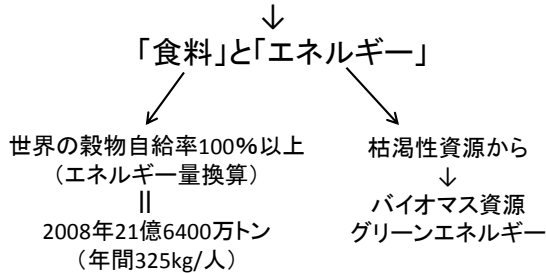
0. 研究の概要

- 研究背景
- IMAGEとAEM
- STELLAによるモデル図
- シミュレーション結果
- まとめ

2

1. 研究の背景

- 人口増加率と資源消費量の問題



3

1. 研究の背景

- 問題1: エネルギーベースでは
食料自給率100%
↓
人間の効用から考える必要がある
- 問題2: バイオマスエネルギー生産と
食料生産のトレード・オフ
↓
食料とエネルギー資源の最適解

4

1. 研究の背景

- 問題1: エネルギーベースでは
食料自給率100%
↓
人間の効用から考える必要がある。

エネルギー量 ≠ 健康維持 = PFC比率を考慮したエネルギー量
↓
満足(効用)

5

1. 研究の背景

PFC比率・・・人間の食料に必要なProtein, Fat, Carbohydrateのバランス

栄養学の観点から
“P:F:C=13:27:60”の割合がベスト

<PFCのエネルギー計算>

Pエネルギー比率 = P質量(g) × 4(kcal/g) / 総エネルギー量(100kcal)
Fエネルギー比率 = F質量(g) × 9(kcal/g) / 総エネルギー量(100kcal)
Cエネルギー比率 = 100 - (Pエネルギー比率 + Fエネルギー比率)

1. 研究の背景

問題2: バイオマスエネルギー生産と
食料生産のトレード・オフ

↓
食料とエネルギー資源の最適解

バイオマス資源 = 農地由来のケース多い
↓
農地利用の競合 (食料 v.s. バイオマス資源)

7

1. 研究の背景

競合が及ぼす問題点

生産者の望む生産量 = 消費者の望む消費量

生産者の利潤最大化ウェイト > 消費者の効用最大化ウェイト

8

1. 研究の背景

貨幣価値の問題点

メリット : 取引の媒介として万能の機能

デメリット : 貨幣1単位あたりの価値の問題

↓
先進国: 小麦100g = α kcal = β 円

|| ¥
途上国: 小麦100g = α kcal = γ 円

↓
物量単位での価値評価の方がRobustness

1. 研究の背景

本研究課題のポイント

- ① エネルギー量の観点のみからではなく PFC バランスを考慮したエネルギー量の観点から分析
- ② 人間の生活に必要であり、かつ農地利用の面で競合する「食料」と「バイオマスエネルギー」の効用最大化

10

1. 研究の背景

本研究課題

国内農地の資源供給能力 (食料とバイオマスエネルギー) が消費者の効用を満たしうるか否かのシミュレーション評価

条件: ① PFC バランスを考慮した形でのエネルギーベース, ② AEM を使用

11

2. IMAGEとAEM

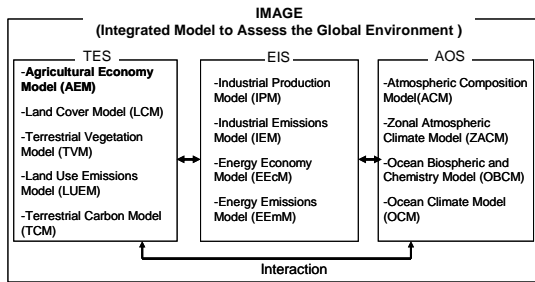
IMAGE・・・Integrated Model to Assess the Global Environment

AEM・・・Agricultural Economy Model

- ・RIVM (蘭国立研究所) によって開発
- ・気候変動に対応した地球環境評価のための統合モデル
- ・3つのシステムとその下部に存在する複数のサブモデルによって構成 (各システム, モデルは関連している)

12

2. IMAGEとAEM



EIS: Energy Industry Systems
TES: Terrestrial Environmental System
AOS: Atmosphere Ocean System

13

2. IMAGEとAEM

Going from →	Going to	提供される情報(データ)
●AEM	LCM	食料と飼料に対する需要量, 木材に対する需要量, バイオエネルギーに対する需要量
●AEM	LUEM	家畜の飼育頭数, 家畜による飼料の消費量
TVM	LCM	(潜在的な) 植生分布 (潜在的な) 農産物生産可能性分布
TVM	TCM	土壌水分
TVM	LUEM	土壌水分
LCM	●AEM	Land quality indicators*
LCM	TCM	土地被覆(変化率)
LCM	LUEM	土地被覆(変化率), (食用)耕作エリアの拡張 食用作物の生産
TCM	LCM	植生の炭素含有量
TCM	LUEM	バイオマス燃焼による炭素フラックス 植生の炭素含有量

14

2. IMAGEとAEM

AEMの概要

基本

経済学の効用理論に依拠したモデル

変更点

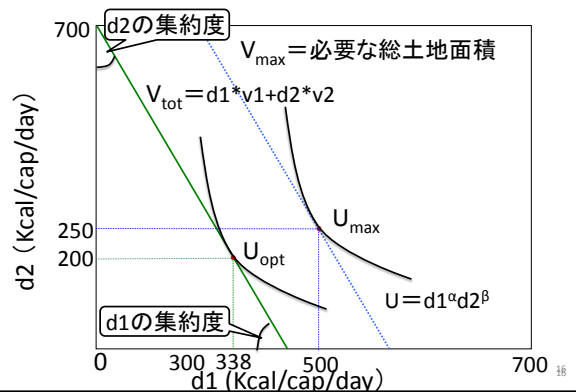
- ① 貨幣単位での計測ではなくエネルギー単位
- ② 食料需要(kcal/cap/day), 集約度(ha/cap/kcal), 既存の土地面積を利用して計測

改善点

飽和型効用関数 → コブ=ダグラス型効用関数
不飽和の仮定を緩和

15

2-1. RIVMIによるAEMの基本概念



16

2-1. RIVMIによるAEMの基本概念

<RIVMIによるAEMの問題点>

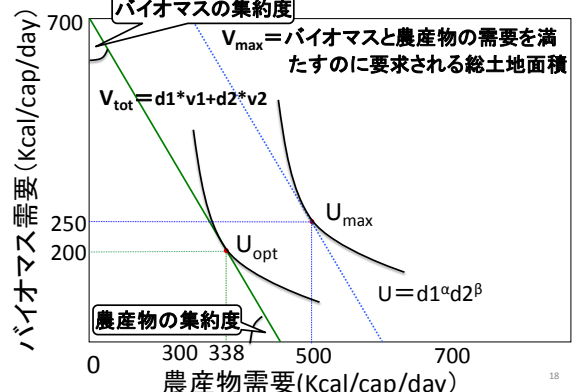
- ① エネルギー総量のみからの観点から分析
- ② バイオマス関連のエネルギーを同一モデル内で考慮していない

<本研究での改善点>

- ① エネルギー総量のみではなく栄養学の観点から, PFC/バランスを考慮した。
- ② バイオマス関連のエネルギーを同一モデル内に組み込んだ

17

2-2. 改善したAEMの基本概念



18

2-2. 改善したAEMの基本概念

$$\max U_r = (d_{pf}^r)^\alpha \times (d_{ff}^r)^\gamma \times (d_{cf}^r)^\varepsilon \times (d_g^r)^\beta$$

$$s.t. (d_{pf}^r \times v_{pf}^r) + (d_{ff}^r \times v_{ff}^r) + (d_{cf}^r \times v_{cf}^r) + (d_g^r \times v_g^r) \leq V_{\max}$$

f : 農産物 ($f=1, \dots, n$)
 g : バイオエタノール ($g=1, \dots, m$)
 r : 日本
 $d_{pf}^r, d_{ff}^r, d_{cf}^r, d_g^r$: d_{pf}^r は蛋白質, d_{ff}^r は脂質, d_{cf}^r は炭水化物, d_g^r はバイオエタノールの需要を表す (kcal/cap/day)
 $\max U_r$: 目的関数
 $v_{pf}^r, v_{ff}^r, v_{cf}^r, v_g^r$: v_{pf}^r は蛋白質, v_{ff}^r は脂質, v_{cf}^r は炭水化物, v_g^r はバイオエタノールの集約度 ($m^2/\text{kcal}/\text{year}$)

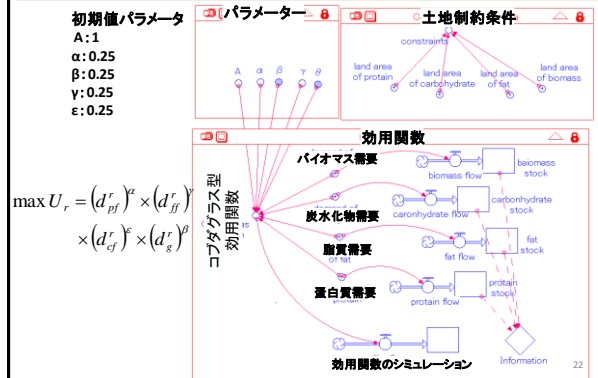
3. 分析データとSTELLA

- ①FAOのデータを元にしたRIVMのカテゴリーと同程度のものを再現
- ②15カテゴリー 45項目から構成
米, 麦, 豆類, いも, 雑穀, 野菜(緑黄色, 根菜など), 果樹類, 牛乳乳製品, 食肉など
(魚介類は農地を起源にした製品でないこと, 日本人の1日に必要な総カロリーに占める需要割合が低いため今回は考慮しなかった)
- ③バイオマス関連のデータが不足
飼料の需要量と集約度データで代用

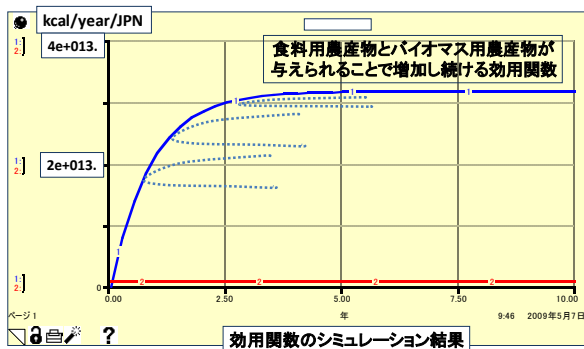
3. 分析データとSTELLA

D.メドウズ『成長の限界』→Dynamoの難解さ
↓
汎用型システムダイナミクスのシミュレーションツール
主に人口動態, 資源管理, 金融, 環境問題などのシミュレーションに利用

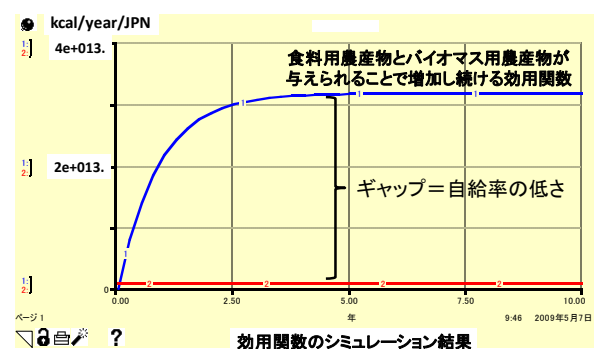
4. 分析モデル図



5. シミュレーション結果

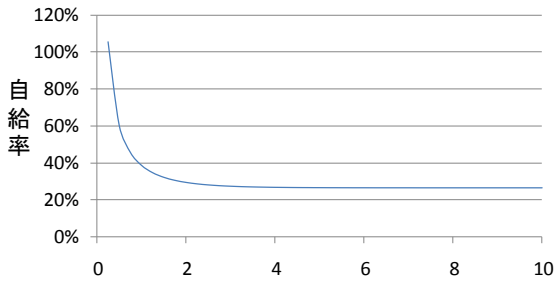


5. シミュレーション結果



5. シミュレーション結果

国土面積の供給可能性(kcal)/消費者の望む消費形態(kcal)



25

6. まとめ

- ・AEMを用いて日本のシミュレーション分析を行った。PFC比率を考慮した形でエネルギーの分析であり、農地利用の競合財としてバイオマス生産も加えた。

- ・その結果として、国民の消費を満たす消費形態を維持しつつ、効用を最大に満たす(限りなく増加が0に近いライン)には国土面積では限界がある。

- ・そしてその時に日本の国土面積が供給可能なエネルギー割合は26.4%程度である。

26

6. まとめ

- ・暫定的なものではあるが、国内の既存の農地では国民の効用を最大化させるエネルギー量のわずか26%を供給できるに過ぎない。

- ・多くは海外からの食料輸入に依存していることが明らかであり、国民の効用を最大化させるという観点から国内の食料供給状況を考えると、カロリー自給率から見た場合よりもさらに海外依存度が高まることを示すものである。

27

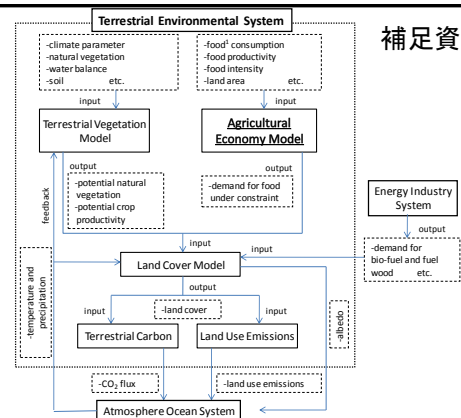
御清聴ありがとうございました。

28

補足資料

29

補足資料1



Source: Alkamo et al 1998, p.14.

1) food means crops, potatoes, starch, vegetables, fruits, meats, dairy products, and others. There are roughly 16 categories which we used.

30

補足資料2

Formula [3] is optimized within formula [4].
Lagrangian L is as below

$$L = (d_{pf}^r)^\alpha \times (d_{ff}^r)^\gamma \times (d_{cf}^r)^\epsilon \times (d_g^r)^\beta + \lambda \left(V_{\max} - (d_{pf}^r \times v_{pf}^r) - (d_{ff}^r \times v_{ff}^r) - (d_{cf}^r \times v_{cf}^r) - (d_g^r \times v_g^r) \right)$$

An essential condition is

$$\frac{\partial L}{\partial d_{pf}^r} = 0, \quad \frac{\partial L}{\partial d_{ff}^r} = 0, \quad \frac{\partial L}{\partial d_{cf}^r} = 0, \quad \frac{\partial L}{\partial d_g^r} = 0, \quad \frac{\partial L}{\partial \lambda} = 0,$$

Each estimation value in the optical point is as follows

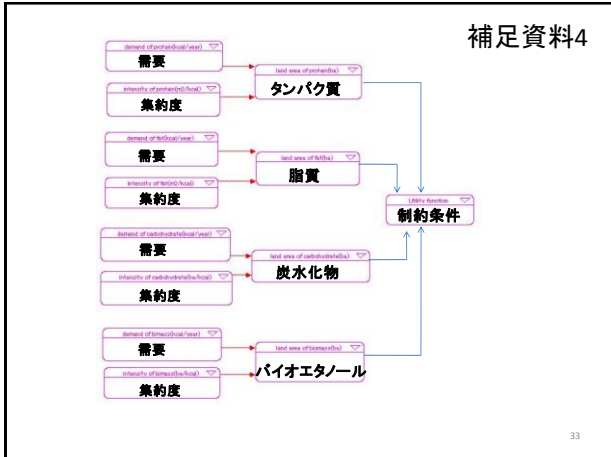
$$d_{pf}^r = \frac{\alpha}{\alpha + \beta + \gamma + \epsilon} \times \frac{V_{\max}}{v_{pf}^r}, \quad d_{ff}^r = \frac{\gamma}{\alpha + \beta + \gamma + \epsilon} \times \frac{V_{\max}}{v_{ff}^r},$$

$$d_{cf}^r = \frac{\epsilon}{\alpha + \beta + \gamma + \epsilon} \times \frac{V_{\max}}{v_{cf}^r}, \quad d_g^r = \frac{\beta}{\alpha + \beta + \gamma + \epsilon} \times \frac{V_{\max}}{v_g^r}$$

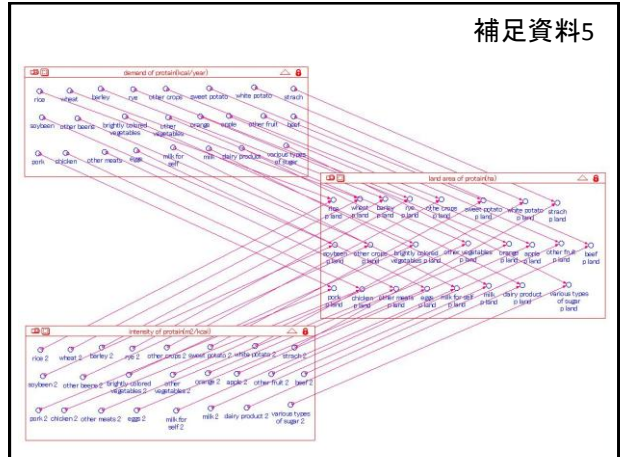
補足資料3

agricultural products item	
1. various types of crops	a. condensed milk b. rice c. wheat d. barley/corn e. soy f. Sorghum bicolor g. other crops
2. various types of potatoes	a. sweet potato b. white potato
3. starch	a. soybean b. other beans
4. pulses	a. soybean b. other beans
5. various types of vegetables	a. brightly colored vegetables b. other vegetables
6. various types of fruit	a. orange b. apple c. other fruits
7. various types of meat	a. beef b. pork c. chicken d. other meats e. whale
8. eggs	a. hen b. milk c. dairy product
9. milk and dairy products	a. self consumption b. milk c. dairy product
10. various types of fish/sea	a. fish b. shellfish c. other seafood d. other fish
11. various types of seaweeds	a. brown sugar b. refined sugar c. other sugar d. syrup
12. various types of sugar	a. vegetable fats and oils b. refined sugar c. other sugar d. syrup
13. oils and fats	a. vegetable fats and oils b. refined sugar c. other sugar d. syrup
14. soybean paste	a. soybean oil b. palm oil c. other oils
15. soy sauce	a. animal fats and oils b. fish oil c. beef tallow d. other oils
16. other foods	a. mushroom

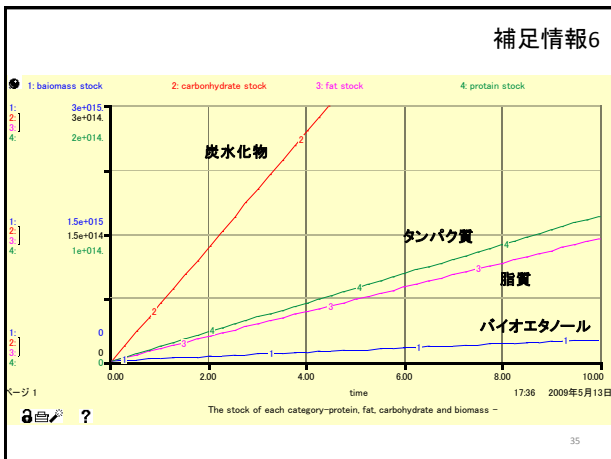
補足資料4



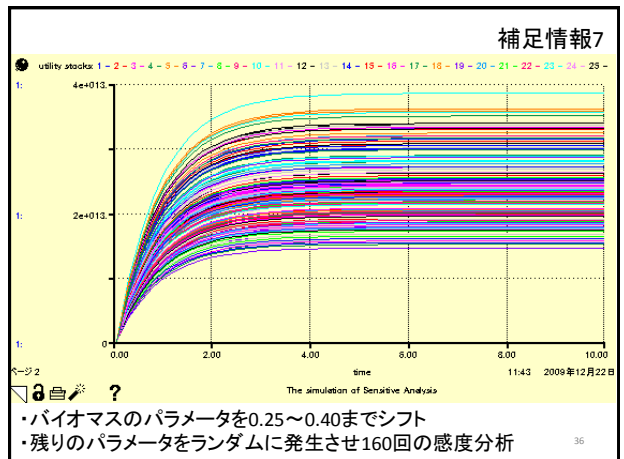
補足資料5



補足情報6



補足情報7



・バイオマスのパラメータを0.25~0.40までシフト
・残りのパラメータをランダムに発生させ160回の感度分析