

地球環境に及ぼす人間活動の影響を考慮した
社会経済シミュレーションへの人工衛星データの適用
Assimilation Use of Satellite Data for Socio-Economical Simulation
Considering Human Impact to Global Environment

後藤真太郎 ・ 若林宏明
Shintaro Goto, Wakabayashi Hiroaki

ABSTRACT ; A model to find a balance of human impacts and the global environment from the view point of food and energy is discussed. This model consists of satellite data and Edmonds & Reilly (E-R) model. The former combined with weather data and soil maps(ex. ISRIC data) can monitor the suitable place for cultivation and plantation and estimate the amount of CO₂ fixation. And the latter can estimate the CO₂ discharge. From the model proposed in this study we can find the CO₂ discharge when the population becomes the limit by E-R model, and can find the place for cultivation and plantation simultaneously

KEYWORDS ; remote sensing, vegetation, population, global GIS

1. はじめに

後藤ら¹⁾は地球環境の変動に及ぼす影響を食料の需給バランスの関係から人口の収容限界を推定することにより評価してきた。このモデルは人工衛星データを使用しているため、植生の地域分布が考慮できるものの、食料のみに着目しているためエネルギーに着目した人間活動と地球環境の変動との均衡は評価できない。

一方、エドモンド・レイリーモデル²⁾ (E-Rモデル) はエネルギー種別消費量とCO₂排出量を予測するモデルであり、エネルギー利用面での評価は可能であるものの、対象とする地域の最小単位を1つのポリゴンとした単位であるため、食料需給の地域格差は考慮できない。

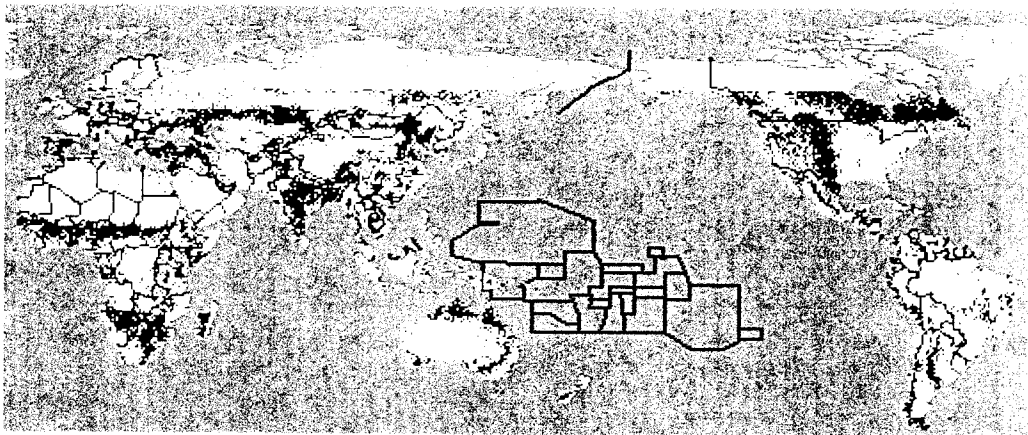
本研究は両者の欠点を補いつつ、食料およびエネルギーをパラメータとした人間活動と地球環境との均衡点を分析するためのモデルを構築するものである。

2. 分析モデル

2.1 人工衛星データによる人口収容限界の推定

これまでの著者らのモデルは、人間が穀類のみを消費することを前提で作成していたが、本研究では食肉からエネルギーを摂取することも考慮して新たに図1のフローに従い人口収容限界を求める。使用データを以下に示す。

- ・ 穀物生産量 (1990) : FAO³⁾
- ・ 食料消費量 (1987-1989) : FAO³⁾
- ・ 輸出入量(穀物) (1980) : FAO⁴⁾
- ・ 輸出入量(家畜) (1990) : FAO⁵⁾
- ・ 家畜屠殺頭数 (1990) : FAO⁵⁾
- ・ 潜在農地 : 後藤ら¹⁾



潜在農地

図1 潜在農地の分布

家畜からのエネルギーの摂取量は牛、豚、羊、山羊を対象とすれば十分であると考え飼料要求率を各家畜のカロリー数で重み平均して算出した。

$$\text{飼料要求率} = \text{飼料摂取率} / \text{食肉生産量} \quad \text{----- (1)}$$

表1は、家畜屠殺頭数を用い式(1)に従って家畜別飼料要求率の算出結果であり、平均すると5.3となった。これは家畜より1カロリーのエネルギーを摂取するためにはその家畜は5.3カロリーの飼料を消費しなければならないことを意味している。このデータを用い1990年の食料生産量、食料消費量、および家畜屠殺頭数を用い1990年における人口収容限界を求めた結果、約50億人となるので以下の計算ではこの値を用いるものとする。

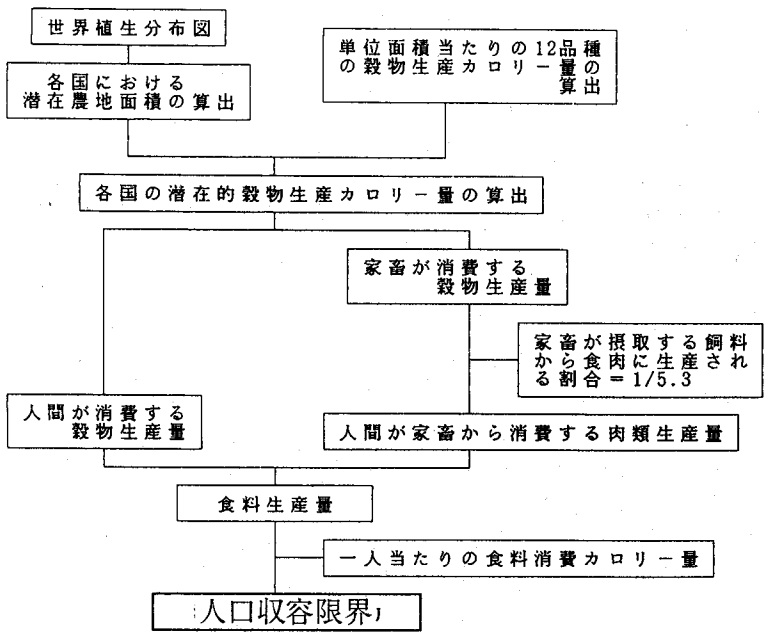


表1 食肉用家畜の飼料要求率

	飼料要求率
牛	8.4
豚	2.9
羊・山羊	2.5
鶏	2.2

図1 人口収容限界の算出フロー

2.2 E-Rモデル2)

E-RモデルはJ.EdmondとJ.Reillyにより開発されたものであり、世界を9地域に分割し地域ごとのエネルギー種別消費量よりCO2排出量を1975年から2100年まで25年間隔で予測するモデルである。図3はその構成を示したものである。また、計算手順は以下の通りである。

- 1) エネルギーの種別の需要と供給をそれぞれの価格の関数で表わす。
- 2) 価格を反復調整し需要と供給が一致する状態を見つける。
- 3) 2)の状態での化石燃料消費量に排出係数をかけてCO2排出量を地域ごとに計算する。

本来、E-Rモデルは1975年を予測開始年となるように設定されているが、本研究では1990年を予測開始年となるようモデルを変更した。

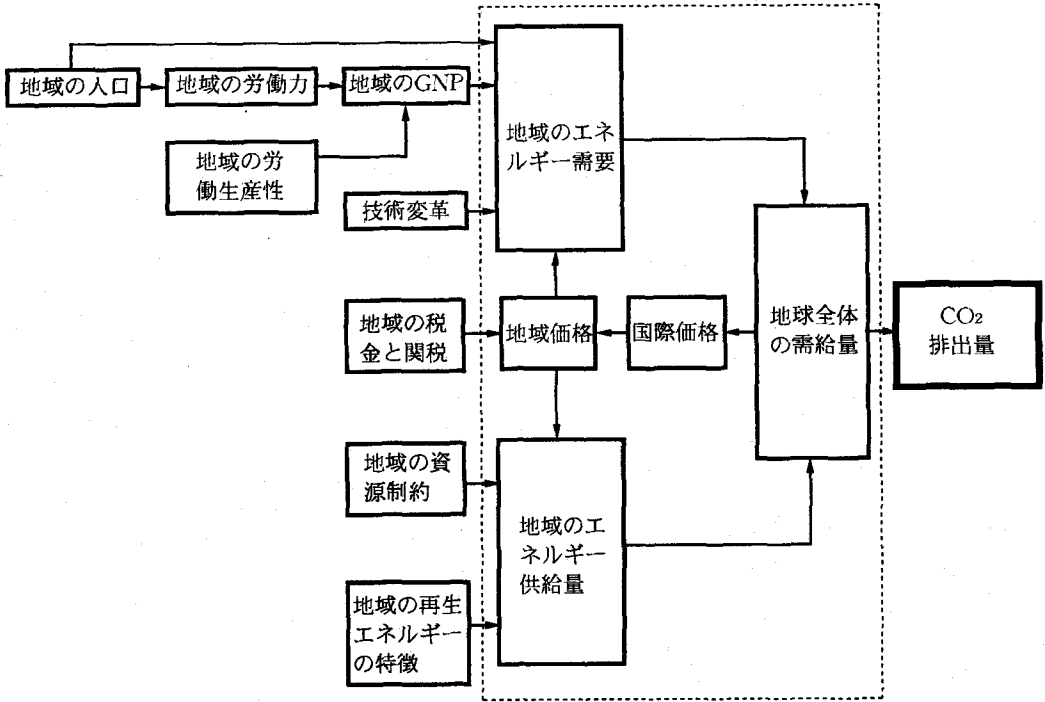


図3 E-Rモデルのモデル構成

3. 推定結果

3.1 人口収容限界

本研究においても後藤ら⁶⁾と同様な4ケースについて人口収容限界を推定した。その結果を表2に示す。ケース2において両者の推定結果が著しく違うのは以前の計算での食料消費量は農業生産量+輸入量-輸出量で計算していたのに対し、本研究では1990年の各国の食料消費量を使用した点と家畜の肉の消費を考慮したためであると考えられる。

表2 家畜からのエネルギー消費を考慮した地球の人口収容限界

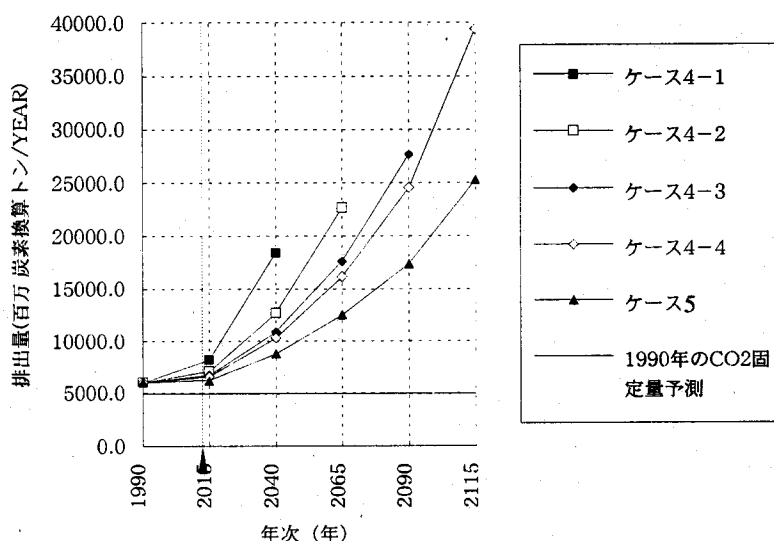
ケース	人口収容限界 (億人)
1	73.8
2	74.8
3	68.3
4	54.9

- ケース1：現状の各国の食料消費量を用いたケース。
- ケース2：食料消費量の世界平均を用いたケース。
- ケース3：食料消費量の世界平均以上の国は現状の食料消費量を用い、世界平均以下の国は現状の世界平均の食料消費量を用いたケース。
- ケース4：1989年のアメリカの食料消費量を用いたケース。

3.2 エネルギーと人口収容限界との関係

図4は図中ケースに従ってCO₂の排出量を推算した結果を示したものである。図中に示した人口収容限界は73.8億人を使用している。

この図より後藤ら⁷⁾の推算した地球の陸域植生によるCO₂固定量は約50GtC/年であることを考えると、ケース1の排出量は固定量の約1.5倍にもなっていることがわかる。



- ケース1：2040年に全世界の1人当りのGNPを平均以下の地域は平均まで引き上げ
平均以上の国はそのまま（1990年時点）の水準を保つ政策
- ケース2：2065年に全世界の1人当りのGNPを平均以下の地域は平均まで引き上げ
平均以上の国はそのまま（1990年時点）の水準を保つ政策
- ケース3：2090年に全世界の1人当りのGNPを平均以下の地域は平均まで引き上げ
平均以上の国はそのまま（1990年時点）の水準を保つ政策
- ケース4：2115年に全世界の1人当りのGNPを平均以下の地域は平均まで引き上げ
平均以上の国はそのまま（1990年時点）の水準を保つ政策
- ケース5：無政策

図4 E-RモデルによるCO₂排出量の予測結果

4. 食料とエネルギーに着目した地球環境評価モデルの提案

計画人口に対して必要な食料を生産するためにはローカルな農地適地評価が必要である。また、固定できないCO₂の量を増やさないためにも費用対効果の高いCO₂固定化技術として植林が考えられ、ローカルな植林適地評価を行う必要がある。これらは、人工衛星データ、土壤図、および各種気象データを用いて行われる。

E-Rモデルなどの社会経済シミュレーションは国単位でまとめられたパラメータで構成されており、具体的なプロジェクトの場合にはどこにどれだけの植林が必要であり、このためどれだけの農地としての適地が消失するかなどの評価はできない。

これに対して人工衛星データによる植生分布図を用いた場合、データの分解能を単位とするメッシュ単位での評価を可能とするためローカルな評価に有効であると考えられる。

図5に本研究で提案するモデル構成を示す。

5. まとめ

本研究により人工衛星データとE-Rモデルとを併用することにより、人間活動の地球環境に及ぼす影響を食料とエネルギーに着目して評価できるようなモデルが提案された。

今回使用したE-Rモデルは世界を9地域に分割したものである。今後はさらに地域を細かく分割して検討したい。

なお、本研究の一部は文部省科研費重点領域研究「人間地球系」（代表東大安井至）の援助を得た。ここに記して謝意を表す。

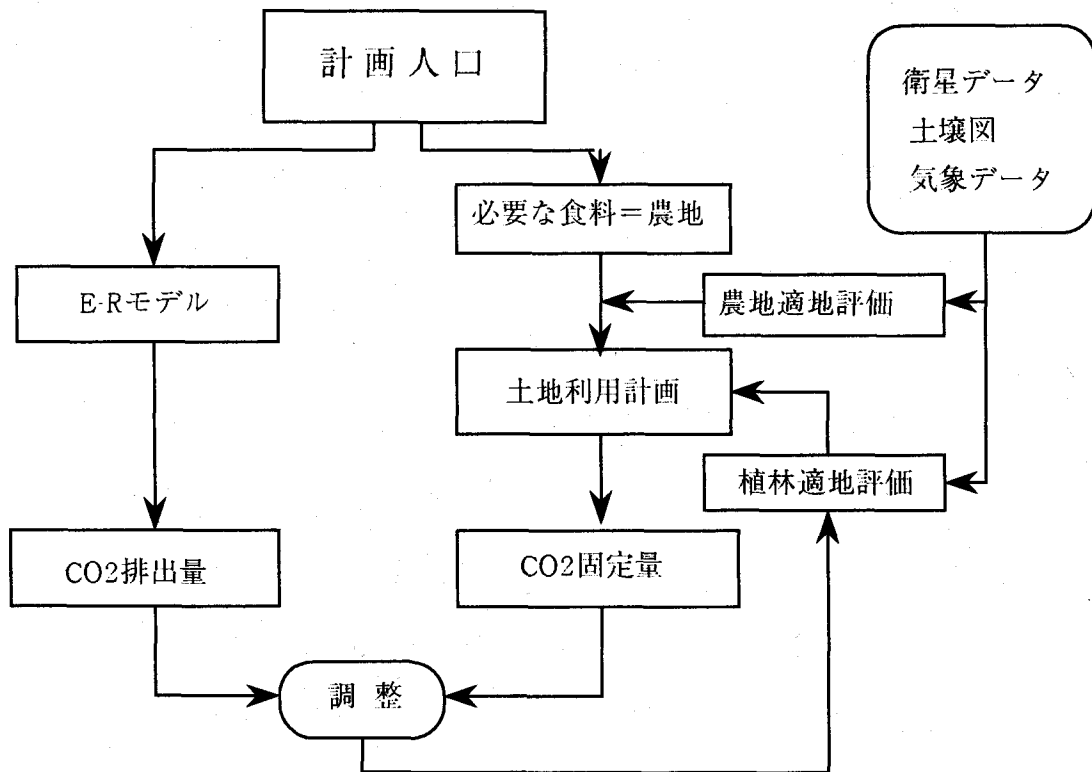


図5 食料とエネルギーに着目した地球環境評価モデルの構成

参考文献

- 1) 後藤真太郎, 村井俊治, 本多嘉明, 朝倉堅五: NOAA衛星データを利用した人口収容限界の予測, 写真測量とリモートセンシング, Vol.31, No.2, 1992.
- 2) J.Edmonds, J.Reilly: The IEA/ORAU Long Term Global Energy-CO2 Model: Personal Computer Version A84PC, OAK RIDGE NATIONAL LABORATORY, 1986.
- 3) FAO: Production Yearbook, vol.44, 1990.
- 4) FAO: Food Balance Sheet 1987-87 Average, 1985.
- 5) FAO: Agrostat-PC
- 6) 後藤真太郎: 衛星データを利用したグローバルな生物環境の変動と人口収容限界の予測に関する研究, 東京大学博士論文(工学), 1992.
- 7) 後藤真太郎, 豊田武利, 初谷恵介: NDVIによる陸域植生のCO2固定量の推算, 日本写真測量学会平成5年度秋季学術講演会論文集, pp.39-44, 1993.