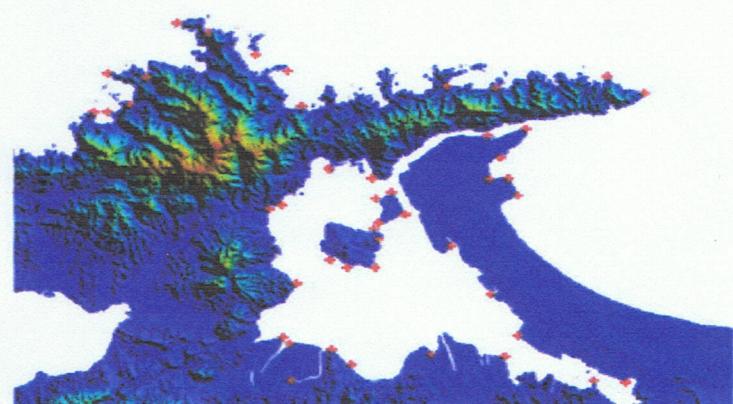
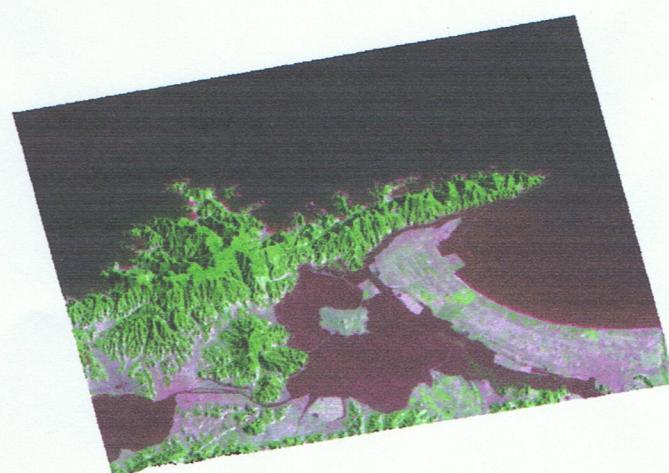


Proceedings
of
the 21st RESES Symposium



20–22 August 1999
Daisen Tottori



Contents

1. Integrated modeling for physical and economic assessment on climate change	Masahiro SATO and Hiroe TSUBAKI ... 1
2. A statistical approach to mixel identification	Hiroe TSUBAKI ... 7
3. Development of a high SNR FT-NIR spectrometer for process-use	Katsuya IKEZAWA ... 12
4. An automated method for registration of remotely sensed images having local disparity	Takahiro YAMAMOTO and Hiroshi HANAIKUMI ... 17
5. Threshold methods for estimating rain rate characteristics	Kunio SHIMIZU ... 21
6. Correction of foreshortening for terrain elevation retrieval by InSAR	Jun-ichi SHIRASU and Sadao FUJIMURA ... 29
7. Detection of radar targets embedded in heavy clutter	Shuji SAYAMA and Matsuo SEKINE ... 34
8. Purpose-oriented feature extraction and its applications	Sadao FUJIMURA and Senya KIYASU ... 43
9. Snap shots at the RESES symposiums during twenty years	Tatsuya YOKOTA ... 51
Program of symposium	... 52
List of participants	... 54



Integrated Modeling for Physical and Economic Assessment on Climate Change

Masahiro Sato

Environmental Science Research Institute, Inc.
3-23-5, Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo, 113-0033, Japan

Hiroe Tsubaki

Graduate School of Systems Management, University of Tsukuba
3-29-1 Otsuka, Bunkyo-ku, Tokyo, 112-0012, Japan

Abstract-- Until Recently, political analyses of climate change have been performed according to the following framework. First, a CO₂ release rate in the future was assumed. Next, the corresponding climate change was simulated by an appropriate geophysical model with the release rate before its impact assessment. Last, the impacts of climate change were evaluated by methods of economics. But there are important gaps and inconsistencies in research of these processes since these three steps do not have any interaction with each other like one-way traffic relations. Recently, to solve these problems, researches of Integrated Assessment Model (IAM) have been developed for treating these processes together. To construct the IAM exquisitely, we need not only huge works and much time for calculation but also consistent simple systems for evaluating the policy. In this research, we set the social goal of CO₂ concentration at first, and next construct a simple geophysical dynamic model by which we can optimize the path of CO₂ release rate economically.

Keywords— Carbon dioxide, Climate Change, Integrated Assessment Model, Dynamic programming, Carbon Cycle, Perturbation Methods, Growth Model

1. はじめに

旧来の地球温暖化問題に関する研究を見ると、地球物理学・化学および生物学を中心とする科学分野の研究成果としてCO₂等の放出（シナリオ）による地球環境への影響が評価され、それに対応する形で経済学・政策学の科学分野においてシナリオ別に経済への影響が評価されるものが主であった。このため、政策的決定はシナリオ別地球環境への影響と、排出削減による経済への影響を横にらみしながら、政治的観点から環境政

策の提案および決定がなされ、比較的合理的に求めた影響評価を合理的政策に結びつけることが難しく、政策が恣意的になることが多かった。しかし、最近では、このような傾向に対する反省から、地球物理モデルと経済・政策モデルを統合し、政策決定過程の論理性を高める研究も行われてきている。本研究では、この統合モデルに基づきながら、21世紀中にCO₂濃度を安定化させることを前提として、そのCO₂排出の制約条件のもとで経済成長を最大化するCO₂の排出経路を算定する簡便なモデルを構築した。

2. 基本的な考え方

大気の温度制約からくる時間 t での CO₂ 利用可能量を $x(t)$ 、CO₂ 排出量を y として

$$\frac{dx}{dt} = \sigma \cdot x - y \quad \text{式- 1}$$

と定式化できる。

ところで、CO₂ の排出は我々に何らかの効用を与えると考えることができる。この効用を GDP と考え $u(y)$ として、CO₂ 排出量との関係を回帰分析から $u(y) = y^b$ の形で定義する。CO₂ の継続的な排出を考えるとき、将来の排出に伴う効用 (GDP) は割引率を γ として、現在から将来にわたる効用を最大化する目的関数は次式で定義される。

$$V(x_0) = \max_{T \rightarrow \infty} \int_0^T u(y) e^{-\gamma t} dt \quad \text{式- 2}$$

この目的関数の制約条件は [式- 1] である。すなわち、大気CO₂資源の利用可能量を非負に保ち、効用の割引の総計を最大化するCO₂排出経路を選択する動的計画問題として定式化される。本動的計画問題のベルマン方程式は次式で示される。ただし、 $f(x) = \sigma \cdot x$ とする。

$$\gamma V(x) = u(y(x)) + V'(x)(f(x) - y(x)) \quad \text{式- 3}$$

上式を y に関して微分すると最大化の 1 階の条件を得る。

$$u'(y(x)) - V'(x) = 0 \quad \text{式- 4}$$

これより [式- 4] より V と u は同型の関数と仮定し、

$$V(x) = a \cdot x^b \quad \text{式- 5}$$

としてこれを [式- 4] に代入すれば、

$$y = a^{\frac{1}{b-1}} x \quad \text{式- 6}$$

となる。次に[式- 5][式- 6]を[式- 3]に代入して a を求めると

$$a = \left(\frac{b \cdot \sigma - \gamma}{b-1} \right)^{b-1} \quad \text{式- 7}$$

となり、V は次式で表される。

$$V(x) = \left(\frac{b \cdot \sigma - \gamma}{b-1} \right)^{b-1} x^b \quad \text{式- 8}$$

また、最適解 y^* は次式で得られる。

$$y^* = \left(\frac{b \cdot \sigma - \gamma}{b-1} \right) x \quad \text{式- 9}$$

この x はある時点の環境ストックである。

3. パラメータの算出

(1) 効用関数のパラメータ推定

効用関数は対数線形 $u(y) = y^b$ を仮定している。ここで算出するパラメータ b は World Resources 1998-99 における国別データの一人あたりのGDP ($u(y)$) と一人あたりの排出量(y)から対数をとった上で回帰分析を行い算出する。(ただし、GDP の単位は1995年米ドル、排出量はトン/年とする。) また、簡単のため(対数回帰の切片 a を0とするため) GDPをあらかじめ a で割っている。その結果、 b は以下のように決定した。

$$a = 1140.8$$

$$b = 0.83042$$

図-1 は回帰分析の結果である。

また、割引率 γ は 3 % 程度とする。

$$\gamma = 0.03$$

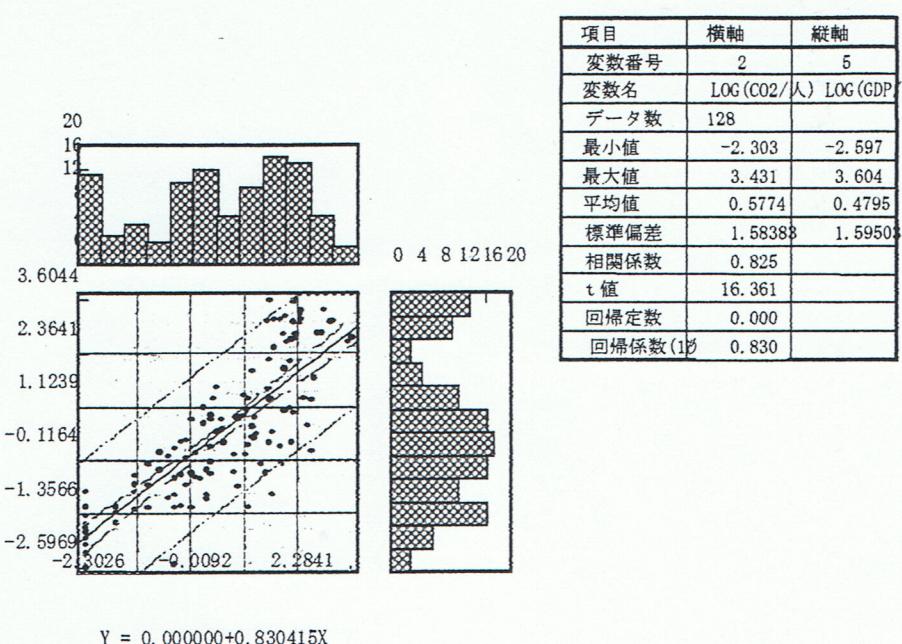


図-1 効用関数のパラメータ推定

(2) $f(x)$ のパラメータ推定

[式-1] の σ は一般的にはライフタイムを λ の逆数として ($=1/\sigma$) 定義される。この λ はIPCCレポート1995では50から200年と大きな不確定性をもつていて。ここでは中央値として $\lambda=125$ 年すなわち

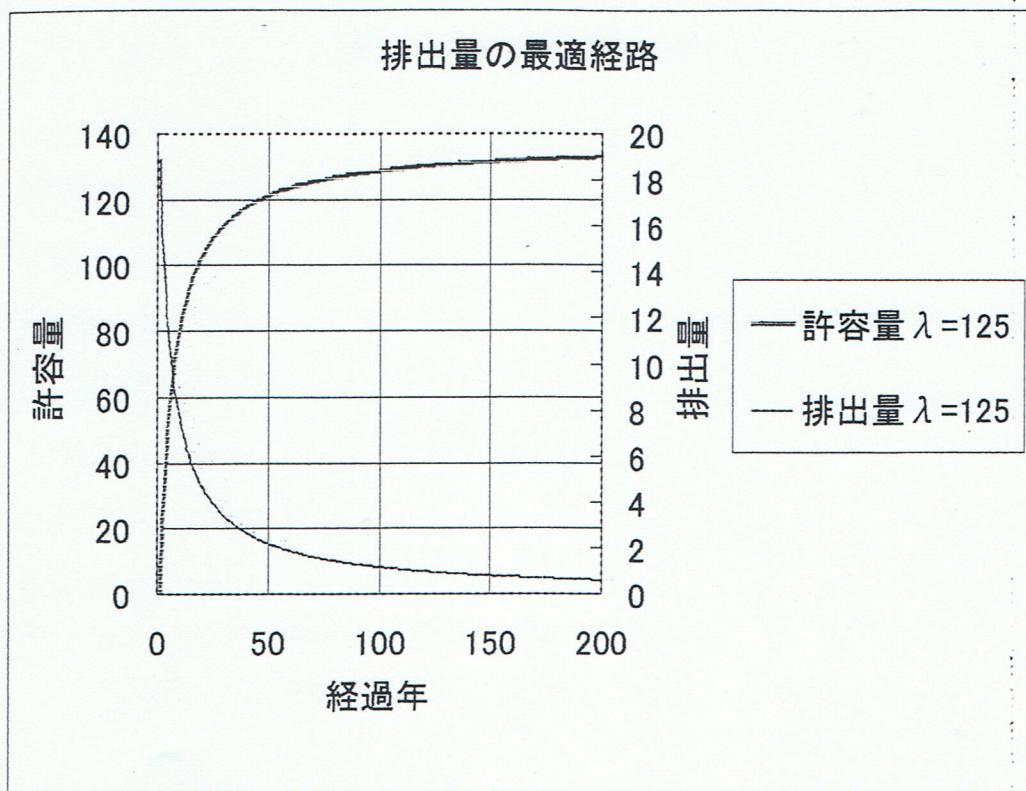
$$\sigma = 0.008$$

とする。また、 x_0 は外的に与える許容濃度で、今かりに2050年に600ppmvとすれば、重量換算して全球、全人類で12857億トンとなる。効用関数とのレベルを合わせるため、全人口が2050年には93.667億人として、一人あたりの許容量は137.26トンである。

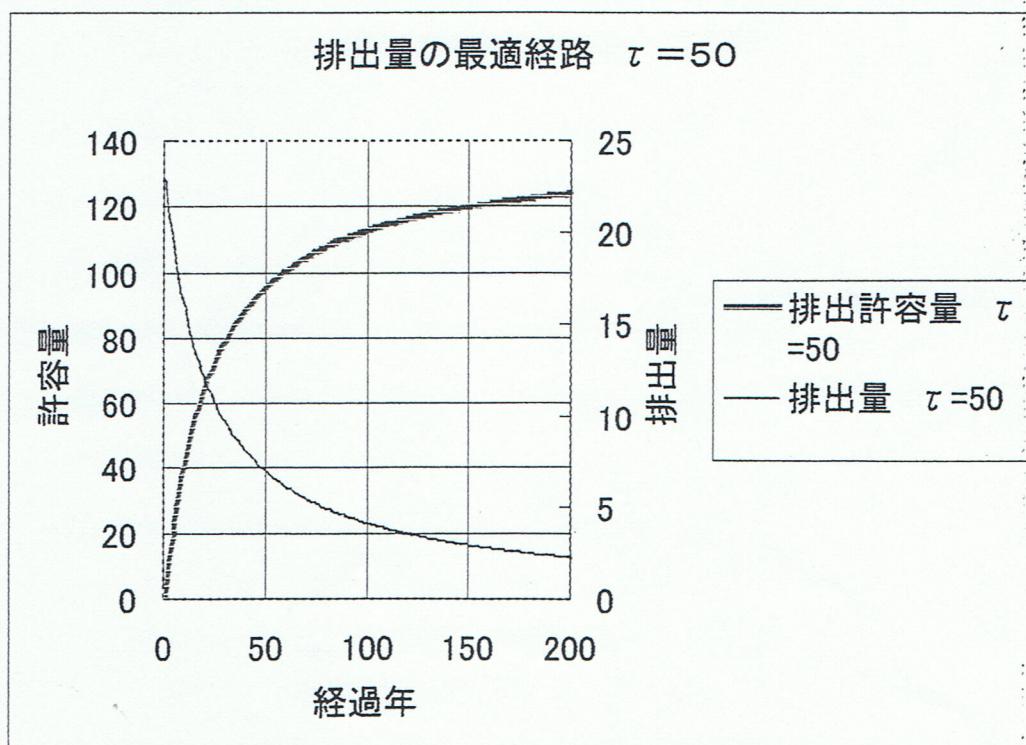
$$x_0 = 137.26 \text{ トン}$$

4. 排出経路の算定

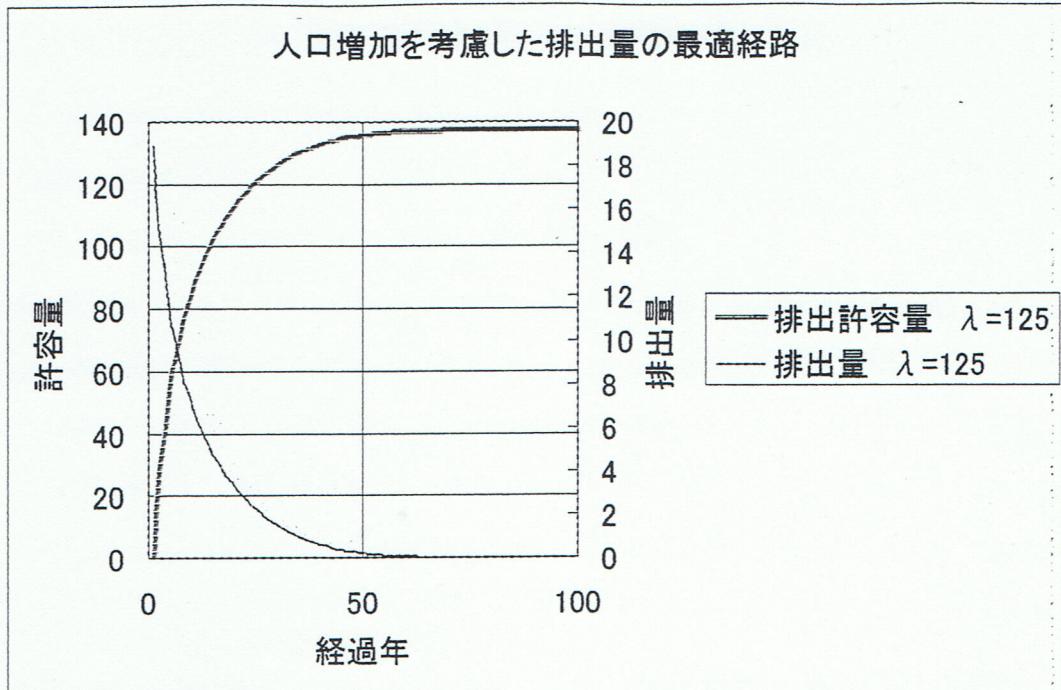
[式-9]と[式-1]から最適排出経路とそれに対応する重量換算濃度を算出した。図-2は排出量の最適経路である。図-3はライフタイム50年としたときの排出量の最適経路である。また、図-1、図-2では人口の増加率は考慮していないが、World Resources 1998-99 では2000年以降の人口変動率は1.0024となっており、これを考慮すると図-4となる。



図－2 排出量の最適経路



図－3 ライフタイム 50 年の排出量の最適経路



図一 4 人口増加を考慮した排出量の最適経路

5. 結論

今回は、効用関数や物理モデルの単純化によって、解析的な解を求めることができたが、実際に合致したモデルを構築する際には、解析的に求めることは不可能であろう。その場合には、比較的によく解析できる定常状態の近傍で y をテイラー級数等で近似し、微係数を求ることで、算出できそうである。今後は、我々が以前開発した1次元および2次元温暖化予測シミュレーションモデルと効用関数の最適化手法を結合したより精度の高い統合モデルの開発を行っていきたい。

参考文献

- Matsuoka, Y., M. Kainuma and T. Morita (1995) *Scenario analysis of global warming using the Asian Pacific Integrated Model (AIM)*, Energy Policy
- Mori, S. (1995) *A long term interactions among economy, environment, energy, and land-use changes – An extension MARIA Model*, Technical Report IA-TR-95-04, Science University of Tokyo Japan
- Varian, H.R. (1996), Mathematica 経済・金融モデリング, 株式会社トッパン
- WMO, UNEP(1995), *Climate Change 1995*, Cambridge Press
- WRI, UNEP, UNDP(1998), *World Resources 1998-99*
- Nordhaus, W.D. (1998), *Climate Change, Resources for the Future*
- Nordhaus, W.D. (1994), *Managing the Global Commons*, The MIT Press