

大阪大学 学生員 ○森田 卓志
大阪大学 正会員 松村 暢彦
大阪大学 正会員 新田 保次

1. はじめに

近年、二酸化炭素による地球温暖化が環境面で重大な問題となっているが、交通部門から排出される二酸化炭素は、自動車交通の発展に伴い、他の部門に比べ急増している。そこで、二酸化炭素を削減するために、様々な交通政策が実施・検討されているが、効率的に実施するためには、排出量の将来の推移を長期的に把握しておく必要がある。しかし、長期予測では、将来の不確実性をどのように評価するか、課題がある。

そこで、本研究では、将来予測の不確実性を考慮するために、事前情報の利用という特色があるペイジアンアプローチを用いる。そして、将来予測の不確実性の考慮と事前情報の利用という二つの観点から、長期予測にペイジアンアプローチを用いる有効性を検証する。

また、今後、都道府県レベルでの行動計画が必要になることや、交通形態の地域性を考慮するために、大阪府を対象地とし、二酸化炭素排出量の将来予測を、ガソリン販売量をもとに行う。

2. ペイジアンアプローチとは

ペイジアンアプローチとは、推論の対象である未知母数 ($p(\theta_i | y)$) を尤度(データ)から得られる標本情報 ($p(y | \theta_i)$) と事前情報と呼ばれる既知情報 ($p(\theta_i)$) から主観確率として求める(式1)。

$$p(\theta_i | y) = \frac{p(y | \theta_i) p(\theta_i)}{\sum_j p(y | \theta_j) p(\theta_j)}$$

式1

今回、ペイジアンアプローチを回帰分析に利用したり。事前情報は、客観的な事前情報である無情報事前分布と、分析者の主観的な事前情報を用い、比較した。

3. モデルの構築

今回、二酸化炭素排出量を求めるために、ガソリン販売量に着目した。これは、都道府県レベルでデータが揃っていることと、大阪府で販売されたガソリンがすべて大阪府で消費されると仮定すると、燃料中に含まれる炭素の

量から、確実に二酸化炭素排出量を求めることができるためである。

よって、ガソリン販売量を従属変数とする線形回帰モデルを構築する。変数は、表1に示す6つの要因から、それぞれ変数を選択した。

表1 説明変数

要因	説明変数	非標準化係数	t値
	(定数)	-25.227	-0.127
自動車保有状況	ガソリン乗用車保有率	237.901	4.617
燃料価格	レギュラーガソリン価格(円)	-0.366	-5.428
経済状況	府内総生産(百億円)	0.010	2.294
公共交通機関整備状況	営業バス走行キロ(千km)	-0.001	-6.321
道路整備水準	改良済み道路延長(km)	0.004	1.608
都市の構造	DID人口比	262.315	1.100

表2 モデル構築結果

R	調整済みR ² 乗
0.997	0.994

$$Y = \sum B_i X_i$$

モデルから求められたガソリン販売量に二酸化炭素排出係数を乗じることにより、二酸化炭素排出量を求める。ガソリン1klを消費することによりCO₂換算2.6630tの二酸化炭素が排出される²⁾。

4. 二酸化炭素排出量の長期予測

4-1. 将来予測の不確実性を考慮した長期予測

従来の回帰分析とペイジアンアプローチを用いた回帰分析で、実績値と予測値を比較し、検証を行うために、1967～84年のデータを用いてモデルを構築し、85～98年を予測する(図1)。

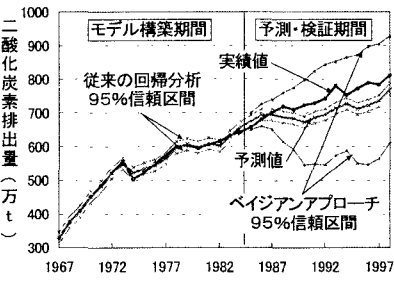


図1 不確実性の考慮の検証

従来の回帰分析では、不確実性を評価するために信頼区間を用いていたが、予測期間が長期になっても幅は一定のまま取り扱わなければならない、問題があった。

ベジアンアプローチを用いると、無情報事前分布の場合、予測値は従来の回帰分析と同じであるが、信頼区間は経年的に拡大し、不確実性を評価することができている。

次に、予測期間を 2025 年とし、実際に長期予測を行う。ここで、長期予測の不確実性が既に観測されている事例として、都道府県別将来推計人口³⁾を取り上げる。例えば、1965 年時点の予測では、25 年後である 1990 年の予測値と実現値から、25 年後予測の誤差が観測されている(表 3)。これらの観測された誤差を用いて、誤差の確率分布形を推定し、同様に二酸化炭素排出量を求めた(図 2)。

やはり、将来人口予測の誤差は予測期間が長くなるほど増加している。よって、信頼区間が一定である従来の回帰分析より、経年的に信頼区間が拡大するベジアンアプローチの方が、不確実性の考慮という観点から妥当であるということが出来る。

表3 都道府県別将来人口予測の誤差

予測期間	5年	10年	15年	20年	25年
標準誤差	0.121	0.258	0.360	1.313	1.857
標準偏差	0.832	1.768	2.468	8.987	12.595
分散	0.692	3.125	6.092	8.906	158.642

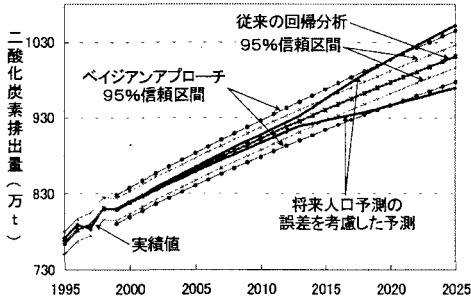


図2 不確実性を考慮した予測

4-2. 事前情報を利用した長期予測

将来の社会は、モデル構築期間全体の影響を受けるが、より最近の影響を強く受けると考え、事前情報として、最近 10 年間の傾向を採用し、予測を行う。モデル構築期間、予測・検証期間は、4-1. と同じ設定である。図には予測・検証期間のみを表した(図 3)。

事前情報として、最近 10 年間の傾向を与えた方が、予測値が実績値により近づいており、また、信頼区間も狭く

なっていることから、適当な事前情報によって、予測精度が向上することが確認された。

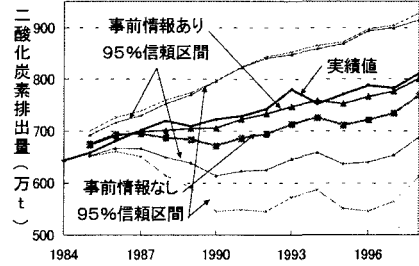


図3 事前情報の利用の検証

事前情報を考慮し、予測を行うと図 4 の様になった。事前情報を考慮した方が、無情報事前分布の場合より、二酸化炭素排出量を少なく見積もっている。これは、最近の傾向として、回帰係数は二酸化炭素排出量が減少するように変化しており、事前情報として最近 10 年間の傾向を採用すると、この傾向を考慮することになるためである。

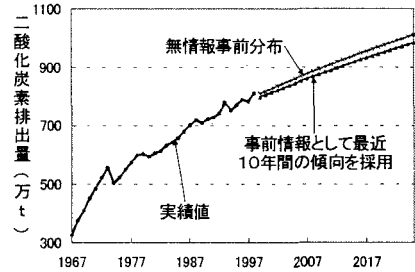


図4 事前情報を用いた予測

5. おわりに

今回の研究で、長期予測にベジアンアプローチを用いる有効性を、不確実性の考慮と事前情報の利用という二つの観点から確認した。また、大阪府のガソリン車による二酸化炭素排出量を、不確実性と最近の傾向を考慮し、長期予測を行うことができた。

今後の課題としては、燃費の向上や低公害車の普及等を考慮できるモデルを構築すること、より適当な事前情報について調べること等が挙げられる。

参考文献

- 1) 繁樹算男: ベイズ統計入門、東京大学出版会、1985。
- 2) 科学技術庁科学技術政策研究所: アジアのエネルギー利用と地球環境、1992。
- 3) 厚生省人口問題研究所: 都道府県別将来人口推計