

” ゆらぎ ” 状態の系の特性と確率構造

正 西日本工業大学 堤 昌文

正 九州大学 橋木 武

1. まえがき

交通輸送需要が示す” ゆらぎ ” 状態の系¹⁾の予測モデルは、物理量そのもののデータを直接使用して行なっているが、不確実性が強いと、まだ、解決しなければならない問題が多く残されている。本論では、物理量のデータのみでなく、” ゆらぎ ” 状態の系の保有している情報をより多く活用することで確度の高いモデルを志向するものである。ここでは、” ゆらぎ ” 状態の系の特性に着目し、定常性、モデルの選定および結果の解釈等に利用すると共にこれらの特性と系の持っている確率構造との関連を検討し、さらに、前報で示したAROPモデル、季節型月別平均法等²⁾³⁾の各モデルと確率構造との関連をもみている。

2. ” ゆらぎ ” 状態の系の特性

前報¹⁾で示したように13指標とも全く同じだが、自己相関係数、” ゆらぎ ” 伸度の定義を若干変更し、前者は平均値を考慮し、後者は” ゆらぎ ” の最大値から変動率の最大値と換えている。ここでは、前報¹⁾と同様に統計量として求めた13指標を使用して主成分分析とクラスター分析により類型化を施し、その結果7グループ^{*}に分類でき、第3主成分までの意味は図-1にあるように解釈する。各主成分の意味からして第1主成分の” ゆらぎ ” の動特性、第2主成分の” ゆらぎ ” の静特性が代表的な主成分であるので、以下、これを使用している。第1と第2主成分の関係では第1主成分の正側は” ゆらぎ ” の大きさ、負側は周期性を、第2主成分の正側は” ゆらぎ ” 状態の系の形態性、負側は変動的形態性を表わす。7グループの中で” ゆらぎ ” 状態の系の構成の数が多いAグループでは、静特性で分布は標準化正規分布にやや近く、バラツキはやや小さな分布で変動率の高い部分は少なく、全体的に変動率曲線は低い形態をしている。動特性で周期は長く、全体的に” ゆらぎ ” の大きさはやや小さい。Aグループ内でのAROPモデル、季節別月型平均法モデルの予測度(相対誤差)結果は、良好な範囲の9.99%以下が46例中36例、78.3%、劣悪な精度の20.00%以上が46例中4例、8.7%と良好な精度の” ゆらぎ ” 状態の系が集中しており、第1と第3主成分の関係では” ゆらぎ ” の大きさが大きい方に予測精度の悪い結果が集中している傾向にあり、動特性が精度に影響すると解いされる。

3. ” ゆらぎ ” 状態の系の確率構造

従来の時系列理論では、自己回帰過程型(AR)移動平均過程型(MA)、自己回帰移動平均過程型(ARMA)モデルがあり、これらを一般化したのに自己回帰・積分・移動平均過程型(ARIMA)モデルが挙げられる。これらを後進演算子で記述すると、下記の式(1)、(2)、(3)、(4)となる。 $\Phi(B)X_t = \eta_t \dots (1)$, $\Phi(B) = 1 - \phi_1 B^1 - \phi_2 B^2 - \dots - \phi_p B^p$, p 次の自己回帰演算子 $X_t = \Theta(B)\eta_t \dots (2)$, $\Theta(B) = 1 - \theta_1 B^1 - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q$ 、

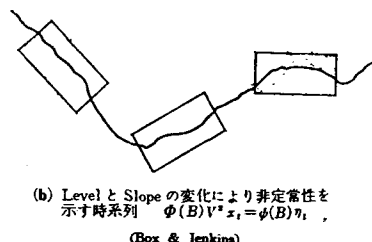
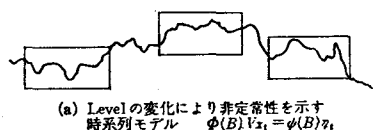


図-2 均質な非定常性

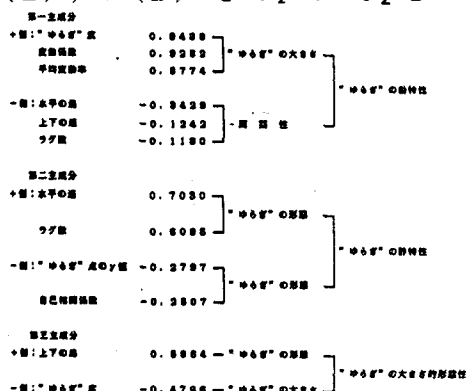


図-1 各主成分の因子負荷量と解釈

q 次の移動平均演算子
 $\Phi(B)X_t = \Theta(B)$
 $\eta_t \dots (3)$, $\Phi(B)\nabla^d X_t = \Theta(B)$
 $\eta_t \dots (4)$, ここで
 $\nabla^d = (1-B)^d$
 で線形非定常過程に対して
 d 階差をとる、後進差分演算子である。
 そこで、一般の自己回帰演算子
 $\Psi(B)$ を使用して、 $\Psi(B)=0$
 で (a) すべての根が単位円の
 外側に存在する。(b) すべての根
 が単位円の内側に存在する。

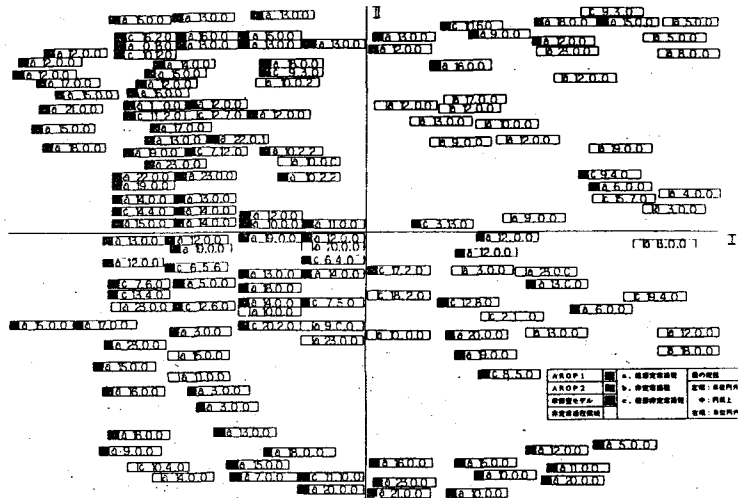


図-3 ”ゆらぎ”状態の系の特性と確率過程タイプ

する。(C) d 個の根が単位円上に、残りのすべての根が単位円の外側に存在する。この3つのタイプに分類されており、この (a) タイプは線形定常過程を表わしており、(b) タイプは非定常過程を表わし、(C) タイプは線形非定常過程を表わしている⁴⁾。つまり、式 (1), (2), (3) は (a) タイプに属し、式 (4) は (C) タイプに属する。式 (4) の ARIMA モデルは Box-Jenkins が図-2 に表現しているように Level、Level と Slope の変化がある非定常過程であっても、階差をとることで、均質 (定質) な非定常性としてモデルを構築している。しかし、Level とか Slope とかは感覚的には理解できるが、使用に際しては非常に不明確である。モデルの選定等に難点を生じるので、本論では、前述した ”ゆらぎ” 状態の系の特性を使用して、定常、非定常性を式 (5) のような判別関数で識別することを提唱すると共に先に提案した AROP モデルでの実行結果における確率構造を系の特性および判別関数の識別結果との関連を (図-3) 検討している。図-3 でみると判別関数による結果と一般の自己回帰演算子 $\Psi(B)=0$ での確率構造のタイプには差異が生じているが、”ゆらぎ” の大きさ側で両者の一致をみる構造が多い。差異については、同定部分での範囲に限られて

$$Fb = 0.268Hz + 7.740Gi - 2.272Au - 0.022Ho - 0.027Va + 0.275 \dots (5)$$

ただし、Hz ; 歪度、Gi ; 平均変動率、Au ; 自己相関係数、Ho ; 水平の連、Va ; 上下の連
 いるので、予測部分での乱れによる非定常性あるいは AROP モデルで若干非定常性をもカバーし得る場合もあると考えている。季節型月別平均法でも 18 例中 2 例ほど非定常性が存在する。

4. あとがき

以上のように ”ゆらぎ” 状態の系の特性、確率構造といった情報を、予測モデルの選定および構築等に活用せんと、検討してきた結果次ぎのようなことが言える。(1) ”ゆらぎ” 状態の系の特性から得られた判別関数による定常、非定常過程の確率構造の識別と一般の自己回帰演算子による $\Psi(B)=0$ からの確率構造判断は差異も生じるが、実用性を考慮すると前者での使用が適当と考える。(2) $\Psi(B)=0$ での結果からの構造と ”ゆらぎ” 状態の系の特性との関連も明らかにできた。

参考文献:

- 1) 堤, 樗木: ”ゆらぎ” 状態の系の特性と予測問題, 土木学会第 42 回講演概要集, S. 62
- 2) 堤, 樗木: AROP2 モデルによる交通需要予測, 土木学会研究発表講演集, S. 61
- 3) 堤, 樗木: 季節型月別平均法による交通需要予測, 土木学会第 41 回講演概要集, S. 61
- 4) 藤田睦博: 線形系の解析, 土木学会誌, 1978 年, 1 月号