

SFIに基づく空間分布の絶対評価システム

横浜国立大学大学院 学生員 土田一雄
東北大学工学部 正員 宮本和明

1. はじめに

著者達は空間分布を対象とした計量モデルの予測性能を、一般的に用いられている相関係数等と比べてより適切に評価するための指標として、空間分布適合度指標（SFI）を提案してきた。この指標は予測値分布から観測値分布を再現するために要する「誤差の輸送費用」に基づいて、予測値分布の観測値分布に対する適合度を評価するものである。この輸送費用には、個々の配分要素が特定化できる時に唯一値が確定する場合（確定SFI）、個々の配分要素が特定化できない時の最小値（最小SFI）、平均値（平均SFI）、最大値（最大SFI）の4種類が存在するが、その中でも最小SFIが、空間分布間の最も一般的な類似度を示すと考えられ、最も必要性が高い指標と考えられる。最小SFIの意味は、各ゾーンにおける予測値と観測値の差すなわち「誤差」を最も効率よく移動させて観測値分布を再現するとした場合の総輸送費用のことである。以下最小SFIを単にSFIと呼ぶ。一方各分布の適合度を絶対的に評価する必要がある場合には、SFIの母分布を求める必要があるが、SFIの母分布は解析的導出が極めて困難であるため数値シミュレーションが必要となる。

本稿は、その絶対的な評価方法に関するSFIの累積密度関数について、従来の報告と異なる考え方で求める方法に関して報告するものである。

2. 絶対評価の考え方

本研究における絶対評価とは以下のように考えている。まず、観測値分布に対して存在し得る全ての予測値分布の集合を考える。そして、その集合に対するSFIの分布において、評価対象の予測値分布のSFIが上位からどの位置にあるのかを指標を用いて示す。すなわち、SFIの母分布の縦軸を相対

比率に置き換えて全面積を1に正規化した分布を用いた場合、図1のように横軸に（-SFI）をとると（-SFI）が小さい方からの累積相対比率、いいかえると、図1の斜線部分の面積の大きさが絶対的な適合度を示す指標として用いられると考えられる。

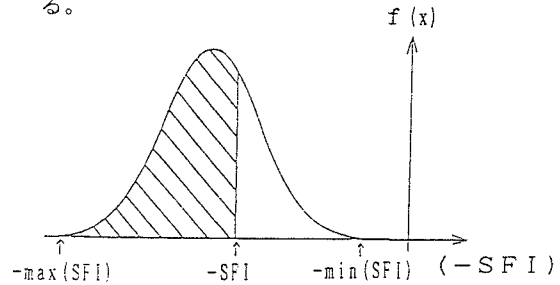


図1 空間分布適合度の絶対評価指数の導出方法

本研究ではこの累積比率を用いて、SFGとしている。SFGは基準の設定の仕方によりその値域が設定されるが、後に述べるような解釈をするために、先の累積比率が0の場合を-1、1の場合を1となるように設定する。すなわち、図1に示す相対比率の密度関数を $f(X)$ 、SFIの最大値を $\max(SFI)$ とおくと、式(1)のようになる。

$$SFG(SFI) = 2 * \int_{-\max(SFI)}^{-SFI} f(x) dx - 1 \quad (1)$$

SFGは、相関係数と同じ値域であり、また、同様の意味に解釈することができる。すなわち、1の場合は最良の適合度を示し、0の場合は相関係数の無相関に相当し、-1の場合には全く観測値分布と逆の分布とみなせる。

3. 絶対評価関数の考え方

先に述べた相対比率の密度関数 $f(X)$ は、その

関数型を直接求めることはできない。そこで累積密度関数 $F(X)$ の関数型を、シミュレーションで求めた SFI の分布に基づいて関数を近似して求めている。すなわち、累積相対比率は0~1の値をとるので、シミュレーションで求めた SFI の値に対して0~1に累積相対比率を配分し、式(2)のようなロジスティック曲線を用いて表現していた。

$$Y = \frac{1}{1 + \exp(a + bX)} \quad (2)$$

(a , b はパラメーター)

だが、 SFI の累積関数はその特徴から必ずしも対称型にはならないこととその SFG の1と0に漸近する特徴から本稿では式(3)のような関数型を導入している。 Y 軸に SFI 、 X 軸に累積相対比率をとれば X と Y の関係は次のようになる。

$$Y = \frac{C}{X^a \cdot (1-X)^b} \quad (3)$$

(a , b , c はパラメーター)

式(3)の両辺の対数をとって、重回帰分析によりパラメーターを算出し関数型を推定した。

4. 多数ゾーンへの適用

多数ゾーンにおける SFI の適用可能性に関して確認するため、実際問題において想定されるゾーン数として図2に示す121(11×11)ゾーンの観測値の例を用い、1000個の予測値分布を発生させることによりパラメーター推定を行った。なおシミュレーションを求める際に、ゾーンに着目したシミュレーション方法を用いている。¹⁾

3	3	3	3	3	0	3	3	3	3	3
3	5	5	5	3	0	3	5	5	5	3
3	5	7	5	3	0	3	5	7	5	3
3	5	5	5	3	3	3	5	5	5	3
3	3	3	3	5	5	5	3	3	3	3
0	0	0	3	5	7	5	3	0	0	0
3	3	3	3	5	5	5	3	3	3	3
3	5	5	5	3	3	3	5	5	5	3
3	5	7	5	3	0	3	5	7	5	3
3	5	3	5	3	0	3	5	5	5	3
3	3	3	3	3	0	3	3	3	3	3

隣合うゾーン間の距離 2

図2 多数ゾーンの例として用いた観測値分布

式(3)の関数型について、シミュレーションで求めた SFI を用いて、重回帰分析から3つのパラメーターを求めプロットしたものが図3である。これによると従来から用いていたロジスティック曲線よりもよりシミュレーションの分布を再現できていることがわかる。

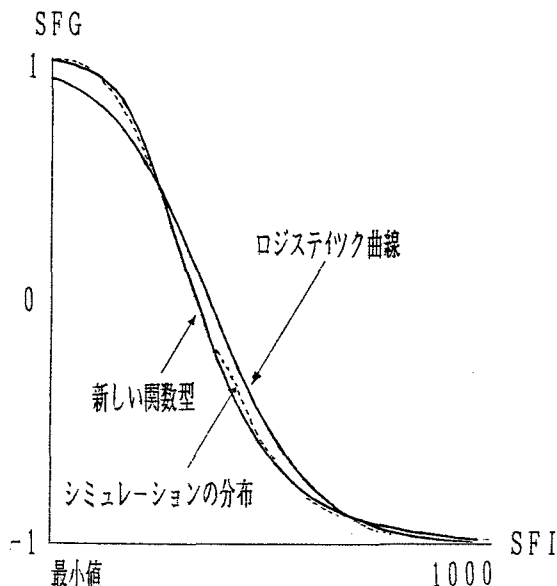


図3 SFI と SFG の関係

5. おわりに

本研究においては、空間分布適合度指標 SFI に基づく絶対評価指標である SFG についてその基本的な考え方と実際的な求め方について最小 SFI を例に検討を行った。 SFI は人口分布等の土地利用予測に限らず、空間分布に関する他の多くの分野にも適用可能である。その結果絶対評価指標 SFG に関する累積密度関数 $F(X)$ についてその特性がある程度明らかになった。今後はさらに解析を重ね SFG の適用可能性を向上させることが今後の課題である。

参考文献

- 1) 宮本和明, 土田一雄, 三浦良平: 空間分布適合度指標(SFI s)に基づく絶対評価の方法, 土木計画学研究・講演集17, pp523-526, 1995