

IV-307 空間分布適合度指標 (SFI) の検討

横浜国立大学工学部 学生員 三浦良平
横浜国立大学工学部 正員 宮本和明

1. はじめに

土地利用モデルなどの空間分布を計量的に予測するモデルでは、個々の分析単位における予測値の絶対値のみではなく、分布全体としての適合度を見る必要がある。しかし、従来から行われてきている評価においては、相関係数や尤度比といった、空間分布に係わりのない指標が一般に用いられている。

著者達は、空間分布の適合度の評価方法に着目し、予測値分布と観測値分布の空間的な適合度を示す指標として、空間分布適合度指標 (SFI: Spatial Fit Indicator) を提案している。¹⁾ SFIは予測値分布から「誤差」を移動させて観測値分布を再現するとした場合の、誤差の輸送費用に基づく指標である。そして、参考文献においては、このSFIは、ゾーン面積に予測値が比例するように配分した場合、すなわちモデルを使用しないで予測した場合から、モデルを用いて予測した場合の予測値が、どの程度改善されているかを表わす指標としている。このSFIは、従来から行われている空間位置を無視した評価指標よりは、空間分布をある程度考慮した評価ができるものとなっている。しかし、このSFIは複数のモデルの比較は可能であるが、各モデルの絶対的評価を与えるものではない。そこで、本研究では従来のSFIを改良し、絶対的な評価指標とすることを目的としている。

2. 輸送費用の検討

従来の研究では、以下の方法でSFIを求めている。まず、予測値分布から誤差を移動させて観測値分布に等しくする場合の輸送費用の最小値を求め、その値をYとする。次に、ゾーン面積に比例するように予測値を各ゾーンに配分した場合の、観測値分布に対する輸送費用の最小値をY₀とし、

$$SFI = 1 - Y/Y_0$$

を計算する。したがって、このSFIはゾーン面積に予測値が比例するように配分した場合、すなわちモデルを用いずに配分した場合に比べ、土地利用モデルを用いて予測した場合の予測値がどの程度改善されているかを表すものである。SFIは1以下となり、1に近づくほどモデルによる予測値分布が観測値分布に近いといえる。

本研究においては、絶対評価を可能にするためにSFIを輸送費用そのものとして、以下のように再定義している。

まず、SFIの考え方に基づいた有意性検定を行うために、基準となる輸送費用の分布形を求める必要がある。これは、全ての予測配分パターンに対する観測値分布からの輸送費用の分布に相当し、中心極限定理を適用すると正規分布に近似されることが導ける。ここで、対象地域内の各ゾーンをiで表し、iにおける観測値をx_iとおく。iから全てのゾーンまでの配分対象1単位あたりの輸送費用の平均と分散をそれぞれ $\bar{d}_i$ 、 σ_i^2 とおくと、各パターンにおける全要素の輸送費用の総和は、xが大きくなると中心極限定理が成り立つので、正規分布

$$N(\sum_i x_i \bar{d}_i, \sum_i x_i \sigma_i^2)$$

に近似される。

そして、SFIを算出するための輸送費用の求め方は、観測値分布の情報、および、モデルにより予測できる情報によって異なる。本研究では、2つの輸送費用について特徴を明らかにしている。

第1に、人口分布の場合の個々人など、データを構成している要素が1つ1つ識別できる場合は、予測値分布と観測値分布が与えられれば輸送費用は唯一的に確定する。この輸送費用を確定輸送費用と呼び、そのままSFIとする。この確定輸送費用に対する有意水準は、輸送費用の母分布から図1のように求めることができる。したがって、この有意水準に基づくSFIを用いた絶対的評価が可能となる。

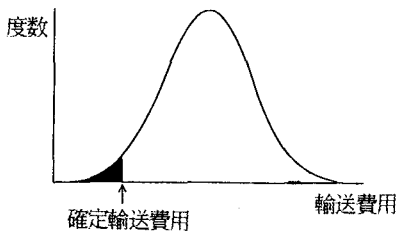


図1 確定輸送費用の検定

第2に、要素が1つ1つ識別できない場合においては、ある予測値分布から観測値分布へ誤差を移動させるには、複数の輸送方法が有り得るので、輸送費用は様々な値をとり得る。その中で、特徴ある輸送費用としては、図2に示すように、最小輸送費用と平均輸送費用があげられる。最小輸送費用とは誤差を最も効率よく移動させた場合の輸送費用であり、平均輸送費用とは全ての輸送方法による輸送費用の平均値である。

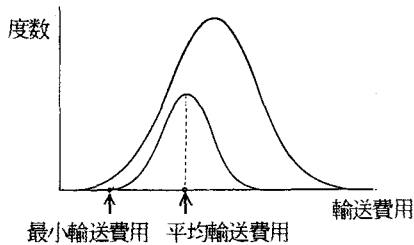


図2 最小輸送費用と平均輸送費用

本研究では最も予測値分布を好意的に扱う場合として、最小輸送費用をそのままSFIとして用いる場合について検討している。最小輸送費用を用いたSFIの有意性検定を行うためには、基準となる最小輸送費用の分布を求める必要がある。本研究では、まず、 3×3 の正方ゾーンに対して3種類の観測値分布を設定し、各々に対して、最小輸送費用分布をシミュレーションにより求めた。その結果の一例を図3に示す。3つの観測値分布に対し、レンジは異なるがほぼ同様の分布形を得ている。

理論的には、最小輸送費用は下限値0をとる一種の極値の集合なので、極値分布のⅢ型（ワイブル）

分布に近似できることが予測される。また、シミュレーションにより得られた分布形もワイブル分布に似ていると判断できる。以上からこの分布をワイブル分布に近似できるとみなしてパラメータ推定を積率法とプロット法を用いて行った。その結果から得られた分布形をシミュレーションから求めた分布形に重ねてみると、図3に示すようにほぼ一致している。また、回帰分析の結果からも、最小輸送費用はワイブル分布に近似できるといえる。ゆえに、実用上、最小輸送費用はワイブル分布に近似できると判断できる。この結果から、観測値分布の最小輸送費用分布がシミュレーションなどにより求められれば、SFIを用いた絶対的な評価ができることが示された。

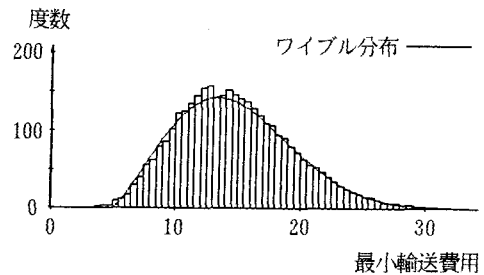


図3 最小輸送費用分布とワイブル分布

3. おわりに

本研究において提案したSFIを用いて空間分布の適合度を絶対的に評価できる見通しがついた。また、最小輸送費用の分布形が実用上ワイブル分布に近似できることがわかった。しかし、最小輸送費用の母分布を求める一般的な簡便法についてはまだ未解明である。今後は最小輸送費用と平均輸送費用を用いた、簡便かつ一般的な検定方法を作成することにより、SFIを一般的に利用可能な指標とすることが必要がある。

参考文献

- 1) 宮本、橋詰、後藤：空間分布適合度指標SFIを用いた土地利用モデルの性能評価方法、土木計画学研究・講演集、No13、1990年