

公共交通利用者の外出時間に関する分析 —サービスの利便性に着目して—

公共システム研究室 木村優太

1. はじめに

鉄道やバスなどの公共交通サービスは、通勤・通学や買い物など、人々が生活を営む上での基本的な活動を支える役割を担っている。しかし、公共交通サービスの利便性が高くない地域では、利用者は利用したい時間に利用出来なくなってしまう可能性が高く、利用を抑制する要因となる。そこで本研究では、どのサービス水準を閾値として人々が希望する時間に外出が可能となるのかを統計的に見出し、公共交通利用者の利用したい時間を明らかにする。

2. 本研究が着目する外出

人々が希望する外出時間が把握することが困難な活動を対象とする。よって、通勤などの活動時間が自明な活動においてはサンプルから除外する。ただし、一般に公共交通ビッグデータでは人々の活動目的を把握できないため、5時間以上の外出時間ならびに、年齢が10代以下のサンプルを除外する。往路の出発時間が決まればその後の活動は自ずと決まるため、本研究では往路の外出時間に着目する。よって以下の「外出時間」は往路の外出時間を指す。

3. 分析手法

外出時間の分布を推計するために、混合正規モデルを用いる。平均ベクトルが μ_k 、分散共分散行列 Σ_k の多変量正規分布の密度関数を $\phi_k(x; \mu_k, \Sigma_k)$ で表す。すると、このモデルは、次式で表される。ただし、 $\theta = ((\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_K), (\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_K), (\Sigma_1, \Sigma_2, \dots, \Sigma_K))$ 、 K はクラスター数、 π_k はクラス k の混合係数、 x は $(x_1, x_2, x_3, x_4) = (\text{外出時刻}, \text{乗車時間}, \text{年齢}, \text{便数})$ の4変数である。なお外出時刻とは、出発駅の改札を通過した時刻、乗車時間とは、出発駅の改札を通過した時間から到着駅の改札を通過した時刻との差、便数は出発駅と到着駅の間の日数のうち小さい便数を指す。

$$p(x; \theta) = \sum_{k=1}^K \pi_k \phi_k(x; \mu_k, \Sigma_k) \quad (1)$$

上記のモデルの推計に最尤推定法が用いる。その際、予めクラスター数を設定した上で、EMアルゴリズムによってパラメータ θ を求める。まずパラメータ θ を与えられているもとの、負担率を算出する。求められた負担率のもとで、平均 μ_k 、分散共分散行列 Σ_k 、混合係数 π_k を求める。その結果として、AICやBICを求めることができる。従って、最適なクラスター数は、これらの指標を用いて決定する。最適なクラスター数のもとで、年齢及び便数をそれぞれの値のもとで外出時刻の平均 m 、分散 s^2 、歪度 f 、尖度 g を求める。これらの傾向に着目し、便数による外出時刻への影響を明らかにする。

4. 推計結果

混合正規モデルのクラスター数は4が最適であると判明した。そのもとでの外出時間を図1に示す。グラフの横軸は、24時を1に基準化した数値である。年齢別及び便数別の外出時間の平均、分散、歪度、尖度の結果を図2に示す。横軸は、年齢層と便数の双方を同時に表現している。例えば、20歳代の左端は35便、右端は70便としている。縦軸は、指標の傾向を明確にするため、最大値を1として基準化した数値である。仮説として、分散は便数が少なくなると制約が厳しくなるため小さくなると考えられる。歪度は、一方の裾が長く伸びている程度を表すため、値が大きい場合、稀な時刻での外出が見られる。よって便数が多いほど歪度が小さくなると考えられる。以上の仮説をもとに図2の結果を解釈する。

分散については20~50歳代ではある便数で急激に減少している。一方、60~70歳代では便数が少なくなると分散がいったんは減少するが、その後は増加している。歪度については、それぞれの年齢層である便数で急激に減少している。このように、仮説に示した傾向が見られた。このため、便数による外出時間の影響は分散と歪度によって判定できる。そこで図2に示す分散と歪度の曲線に関する多項近似式を求め、変曲点を導出することで影響の有無を見出す。20~70歳代における変曲点は49.4~64.0便/日となり、よって、少なくとも64便/日以上であれば便数による制約は受けないとの結果となった。つまり64便/日以上のある地域に住んでいる人々に関して観測された外出時間が、希望する外出時間として導出できる。

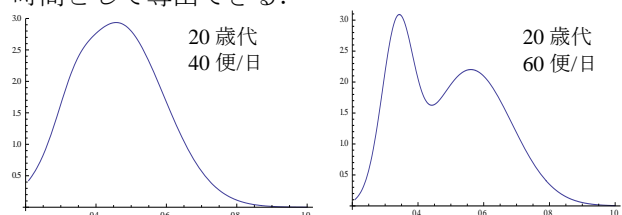


図1 外出時間の分布

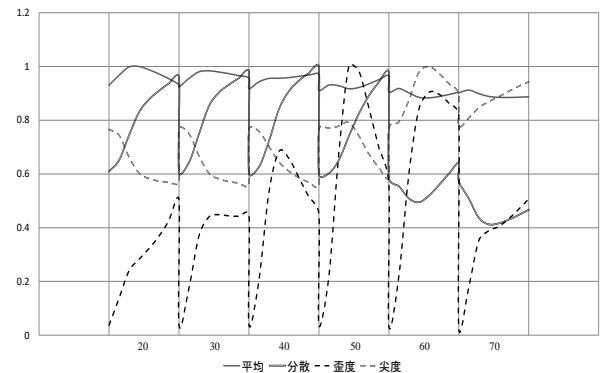


図2 年齢別及び便数別の平均、分散、歪度、尖度

