

混雑料金が温室効果ガス排出量に与える影響

1. 研究背景・目的

近年の都市における問題の一つとして人口密度が高いことによる交通混雑があげられる。交通混雑が起こると移動時間が増加し、車の排気ガスなどによる温室効果ガス排出量が増加する。そのため気候変動に対する対策を交通で行うことは重要であると考えられる。現在その対策の一つとして混雑料金が用いられている。これまでの研究蓄積により、混雑料金導入は交通混雑の緩和・総所要時間の減少といった効果をもたらすことが明らかにされている(土木学会¹⁾)。

その結果、同時に温室効果ガス排出量が減少する効果が期待されている。しかし既存研究では出発地が変わらないことが前提となっているという課題が残っている。混雑料金導入は、通勤・移動に伴う費用を変化させるため、長期的には家計の居住地変更・都市空間の構造の変化を生じさせる。この影響を既存研究では考慮することができていない。家計の移住を考慮しているかどうかは混雑料金導入の影響を解析する上で大きな影響を与えることが予想される。Gaigne et al³⁾による研究では都市人口が変化する場合のコンパクトシティ化の影響について分析している。そして、都市のコンパクト化は都市人口・物流の変化により温室効果ガスの排出量を増大させる可能性があることを示している。しかし、この研究では運輸部門の温室効果ガス排出量に重要な影響を与える交通混雑現象を考慮していない。

そこで本研究では居住地選択・都市人口変化を考慮した上で混雑料金導入が温室効果ガス排出量削減につながるのか明らかにすることを目的とする。分析手法として混雑料金導入前後の温室効果ガス排出量の変化は総通勤費用の変化に比例すると考え、総通勤費用を比較する。これにより、混雑料金導入の効果を適切に分析することができる。

2. モデルの設定

本研究では、1箇所のCBDと2箇所の居住地が直列に結ばれている単一中心都市を考えます。各居住地の面積はすべて L で、労働者の総数は N 。居住地 a の労働者の数は N_a とします。労働者はCBDまで自動車で移動することとし、居住地 $a-1$ と居住地 a を結ぶ道路を“道路 a ”と呼びその交通量を x_a とします。労働者は均質で同様の効用関数を持つとします。

また本モデルにおける温室効果ガス排出量は、総交通費用と正の相関を持つと仮定します。これは、交通費用は所要時間に応じて定まること、所要時間が温室効果ガスの排出量に大きな影響を与えることから妥当だといえます。



混雑料金をどの程度導入するかを決定するために、社会的最適状態を考えます。社会的最適状態とは労働者の効用を最大化する状態のことです。社会的最適状態にするような混雑料金を考えます。

$$\max W(N) = wN - W_1(N) - W_2(N)$$

$$\text{総通勤費用} \quad W_1(N) = \sum_{a \in \{1,2\}} N_a \sum_{d=1}^a c(x_d)$$

$$\text{土地消費による総効用} \quad W_2(N) = - \sum_{a \in \{1,2\}} N_a f\left(\frac{L}{N_a}\right)$$

3. 閉鎖都市の解析

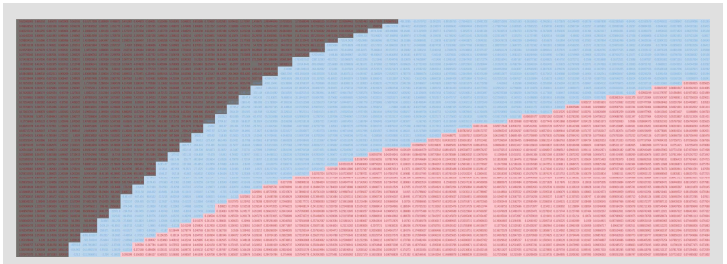
まず解析を行ったのは、都市の総人口 N_u を外生的に与える閉鎖都市です。これは都市人口変化がなく、2居住地間で人口変化があり居住地選択を考慮した都市です。

解析を進めた結果、混雑料金導入により温室効果ガス排出量は減少することが分かりました。これは混雑税を各道路に課すことにより、労働者は通勤時になるべく混雑料金を支払いたくないため、多くの混雑料金を支払うことになる居住地2に居住する労働者が減少するためです。これによりCBDにより近い居住地1に居住する人が多くなり、都市がコンパクトになり温室効果ガス排出量は減少しました。

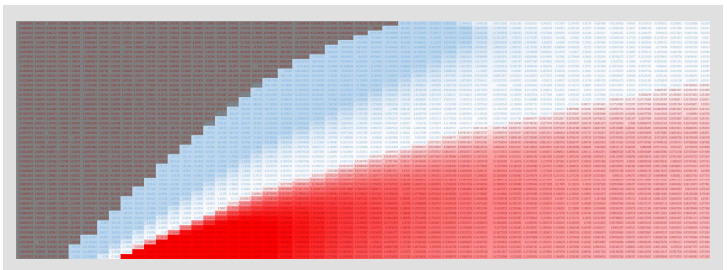
4. 小開放都市の解析

次に解析を行ったのは、都市の総人口 N_u が内生的に決まる小開放都市です。この都市は閉鎖都市の外部に効用一定の農村を追加した都市です。これにより混雑料金導入は都市内の労働者の分布だけでなく、都市の総人口にも影響を与えることになります。つまり都市人口変化と居住地選択どちらも考慮した都市です。この設定では、農村での移動に伴う温室効果ガス排出量は都市に比べて無視できるほど小さいと考えます。そのため単純に農村から都市への移住は都市内部の交通費用の増加分だけ温室効果ガス排出量が増加すると仮定します。

解析を進めた結果、混雑料金導入前後の温室効果ガス排出量の大小は解析的に調べるのが困難だということが分かりました。そこで温室効果ガス排出量の大小を数値的に分析しました。2つのパラメータを変化させて、そのパラメータの変化によって温室効果ガス排出量の大小がどのように変化するか表した図が下のようになります。右下に行くほど各パラメータが大きくなるように設定しています。混雑料金導入前の温室効果ガス排出量が大きくなる場合は赤、混雑料金導入後の温室効果ガス排出量が大きくなる場合は青の部分で表してあります。また分析対象外の部分は灰色で表してあります。下図を見ると青の部分があります。これは小開放都市の場合、混雑料金導入で温室効果ガス排出量が増加する可能性があることを示しています。



下の図は混雑料金導入前後の温室効果ガス排出量の差が大きい場所の色が濃くなるように設定した図です。下図を見ると各パラメータが小さい場合、より混雑料金導入で温室効果ガス排出量が増加することが分かります。また各パラメータが大きいほど、混雑料金導入で温室効果ガス排出量の減少量は小さくなることが分かりました。



参考文献

- 1) 土木学会: 交通ネットワークの均衡分析-最新の理論と解析-, 土木学会, 1998.
- 2) Gaigne, C., Riou, S., and Thisse, J.-F.: Are compact cities environmentally friendly?, Journal of Urban Economics, Vol.72, NO.2-3, pp.123-136, 2012.