

最適化手法の違いによる空間経済モデル計算への影響把握

八千代エンジニアリング株式会社 技術開発研究所 シナリオ解析研究室 *杉本 達哉 SUGIMOTO Tatsuya
 八千代エンジニアリング株式会社 技術開発研究所 シナリオ解析研究室 高森 秀司 TAKAMORI Shuji
 八千代エンジニアリング株式会社 技術開発研究所 天方 匡純 AMAKATA Masazumi

1. はじめに

我が国は人口減少社会の局面にあり、また、財政状況は依然として厳しい状況下にある。このような中で、効率的に社会資本整備を行うには、社会資本サービスの需要者であり経済活動の主体である、世帯や企業の立地を考慮した検討が必要である。その手段として、空間経済モデルによる分析・評価は有用であり、これまでも、SCGE モデルや CUE モデル、立地均衡モデル等といったモデルの研究が蓄積されてきた。

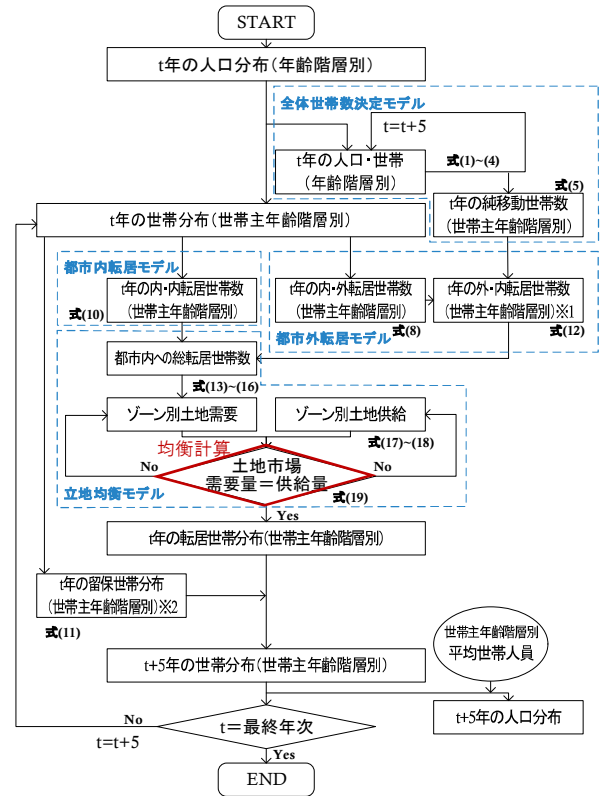
近年、モデル構築を取り巻く動向として、データ環境の充実や、将来の不確実性に対するシナリオ設定の複雑化があり、それに伴ってモデルによる計算負荷が増している。このため、計算負荷の低減は空間経済モデルの分析上の課題の一つと言え、既往研究においても認識されている[1]。

この課題解決の方向性の一つとして、計算に用いる最適化手法を変更することがある。しかしながら、これまで論文上、計算方法について記載が少なく、最適化手法を変更した場合の影響についての考察は見当たらない。

本稿では、空間経済モデルの最適化手法を変更した場合の影響を把握することを目的とする。具体的には、杉本ら[2]のモデルを対象として、深層学習に用いられる最適化手法を複数適用し、各手法における計算推移および計算結果について比較を行う。

2. 対象モデル

対象とする杉本ら[2]のモデルは、立地均衡モデルを核として、複数のモデルから構成されたものである。立地均衡モデルとは、経済活動のうち、土地市場のメカニズムをモデル化したものである。モデルでは、世帯行動から生じる土地の需要量と、地主行動から生じる土地の供給量が、地代の変動により変化することを表現できる。この地代の変



※1：純移動世帯数と内・外転居世帯数の合計
 ※2：世帯分布から内・内世帯数および内・外世帯数除いた分布

図1 モデルの全体構成

動により、土地の需給量が一致した時点で、土地市場が均衡状態となり、各ゾーンの立地数が決定される。この均衡状態を求めるための計算に最適化手法が必要となる。対象モデルの全体構成は図1のとおりであり、モデルによる各ゾーンの立地数を決定する際に、式(1)を目的関数とする非線形最小化問題を解くこととなる。

$$\min_{R_{i,t}} \left[\sum_i (D_{i,t} - K_{i,t})^2 \right] \quad (1)$$

ここで、 i ：ゾーン数、 t ：期、 R ：地代、 D ：土地需要量、 K ：土地供給量。

3. 対象とする手法

本検討では、深層学習で用いられる最適化手法のうち、RMSprop, Adam を対象とする。なお、深層学習では学習率 (LearningRate, 略して lr) によって学習速度 (収束速度) が異なることが知られているため、一般的な学習率の数値を踏まえて、表 1 のとおり、探索的に学習率を変更し、複数の計算ケースを設定した。

4. 実地域への適用

対象圏域は、岐阜都市圏の 10 市町 (岐阜市, 羽島市, 各務原市, 山県市, 瑞穂市, 本巣市, 岐南町, 笠松町, 大野町, 北方町) とする。ゾーンは、対象圏域内の 2 分の 1 地域メッシュ (約 500m メッシュ) の 2,030 ゾーンとする。計算期間は 2000 年から 2005 年にかけての 1 期間とする。

各ケースのゾーン別の土地需要量と土地供給量の差分の二乗の総計 (以下、残差二乗和という) の推移を図 2 に示す。図より、一般的な学習率を基準にみると、学習率が低い場合においては、RMSprop の方が低く推移する結果となった。また、学習率が高い場合においては、RMSprop では減少度合いが限界に達している一方で、Adam では今回の設定の範囲では限界まで達することなく収束する結果となった。以上より、手法により計算推移が異なることを確認した。

計算結果の比較として、各ケースの収束値 (地代) を散布図 (RMSprop の学習率 0.05 を横軸) として表現したものを図 3 に示す。図より、数ゾーンについて、Adam による計算結果が 45 度線付近近となっておらず、結果にばらつきがみられるが、それらを除きほとんどのゾーンで 45 度線付近に収まり、概ね同様の値であることを確認した。

5. おわりに

本稿では、空間経済モデルの最適化手法を変更した場合の影響を把握するため、最適化手法に RMSprop, Adam を適用して計算を行った。計算推移や計算結果の比較から、RMSprop, Adam で計算推移は異なるものの収束値としては概ね同様の値となることを確認した。本稿では影響把握に留まっており、計算負荷低減に有効な最適化手法の選定および学習率の設定は今後の課題である。

表 1 計算ケース (学習率の設定値)

| 手法 | 学習率 (太字ゴシック: 一般的な数値) |
|---------|--|
| RMSprop | 0.01 , 0.05, 0.08, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 1.0 |
| Adam | 0.001 , 0.005, 0.01, 0.05, 0.1, 0.5, 0.9, 1.0, 5.0, 10, 50, 100 |

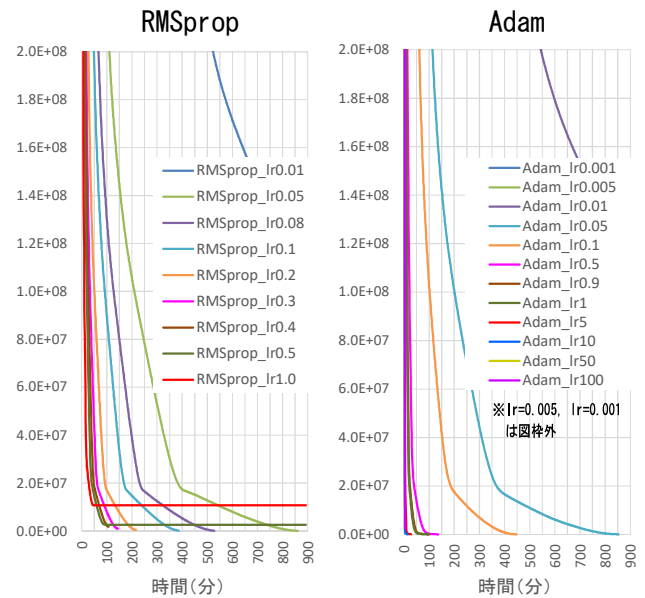


図 2 各ケースの残差二乗和の推移

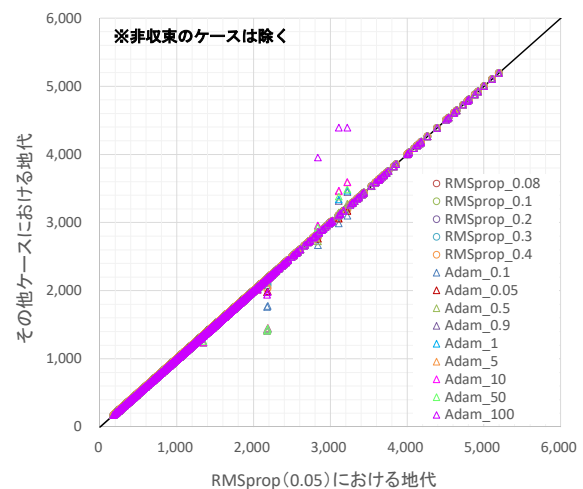


図 3 各ケースの収束値

参考文献

- [1] 堤盛人, 山崎清, 小池淳司, 瀬谷創: 応用都市経済モデルの課題と展望, 土木学会論文集 D3, Vol.68, No.4, pp.344-357, 2012.
- [2] 杉本達哉, 杉浦聡志, 高木朗義: 自動運転車の普及が将来の都市構造へ与える影響の定量的分析: 立地均衡モデルの適用, 土木計画学研究発表会・講演集, Vol.60, 2019.