

最小運営規模を考慮した土地利用計画モデル

The model of land use planning in consideration of the minimum management scale

戸谷智志*

Satoshi TOYA

*地域計画学研究室（指導教員：奥村誠 教授）

人口減少下における我が国において、公共施設の持続可能性を考慮した土地利用計画が必要であるとされている。本研究では、公共施設を維持するために必要な最小運営規模を考慮した土地利用計画モデルを提案する。さらに、日常の利便性や災害からの安全性といった複数の目的に対して重みづけをし、どの目的を重視するかに応じて、望ましい土地利用の計画を算出可能な枠組みを提案し、数値実験によって定性的な性質を確認した。また、本モデルを志津川地区の高台移転計画に適用し、考え得る土地利用計画を明らかにした。

Key Words : 土地利用, 最小運営規模, 持続可能性

1. はじめに

東日本大震災において被災した地域では、安全性を重視した高台移転案が多く提案されているが、高台移転は、地域住民の日常生活の利便性の低下が問題視されている。さらに今回、全体の人口が減少しているため、新設した施設が十分な利用者を集められず、運営が継続できなくなる危険性が予想される。

このことを被災地に限らず一般化すれば、今後の人口減少のトレンドの中で、土地利用計画を考える上で、各種の施設やバスなどの公共交通が将来的に運営を維持できる最小運営規模を条件に加えておくことが不可欠である。

そこで本研究の目的は、施設や公共交通が維持できる最小運営規模の制約が将来の土地利用にどのような影響を与えるかを分析するための土地利用計画モデルを提案することである。さらに、日常の利便性や災害からの安全性といった複数の目的に対して重みづけをすることで、各目的をどの程度重視するかに応じた土地利用計画を算出する。

2. 土地利用計画モデル

(1) 変数・パラメータ

従前の居住地のゾーンを k とし、再編後の候補地を i で表す。また、対象地域内で行われる活動の種類を a で表し、それぞれの活動に必要な施設も同じ記号で表す。施設を配置する場所を j で表す。これらを用いて操作変数を次のように設定する。

ゾーン i に居住・施設の配置の有無を $S_i = \{0,1\}$ で表し、従前ゾーン k から i へ移住する人口を X_i^k で表現する。活動 a の施設をゾーン j への配置の有無を表す 0-1 変数を $Y_j^a = \{0,1\}$ 、新居住地 i の人口のうち

ゾーン j に配置した a の施設を使う人数を Z_{ij}^a とし、 ij 間への公共交通の配置の有無を $W_{ij} = \{0,1\}$ で表す。

各ゾーンごとの特性を表すパラメータとして、夜間人口一人当たりの災害リスクを d_i 、昼間の活動 a のための施設利用中の一人あたりの災害リスクを d_j^a とする。各ゾーンにおいて土地利用を行うためのインフラ整備費用を b_i 、住宅・施設の単位建設費を h_i 、 e_j^a とする。移住の際に発生する心理的なコストが発生すると考え、これを移住コストと定義する。ゾーン k から i へ移住コストを c_{ki} で表現する。また、 ij 間の距離を t_{ij} とする。施設と公共交通の固定費、変動費をそれぞれ u_0^a 、 u^a 、 v_0 、 v_p とする。

(2) 部分目的

本モデルでは安全性を高めつつ、建設費や施設・公共交通の運営コストを抑制するという目的を考える。部分目的として、地域のインフラと住居及び施設の総建設コスト E 、住民の移住に関わる総コスト C 、再編後の住民が居住地及び施設利用中に受ける災害の総リスク D 、施設利用のための利用者の総交通距離 T 、施設の総運営コスト U 、公共交通の総運営コスト V の 6 つを取り上げる。

$$E = \sum_i \left(b_i S_i + h_i \sum_k X_i^k \right) + \sum_j \sum_a \left(e_j^a Y_j^a \right) \quad (1)$$

$$C = \sum_j \sum_a \left(c_{ki} X_i^k \right) \quad (2)$$

$$D = \sum_i d_i \sum_k X_i^k + \sum_j \sum_a \left(d_j^a \sum_i Z_{ij}^a \right) \quad (3)$$

$$T = \sum_a \sum_i \sum_j \left(t_{ij} Z_{ij}^a \right) \quad (4)$$

$$U = \sum_a \sum_j \left(u_0^a Y_j^a + u^a \sum_i Z_{ij}^a \right) \quad (5)$$

$$V = \sum_i \sum_j \left(v_0 t_{ij} W_{ij} + v_p t_{ij} \sum_a Z_{ij}^a \right) \quad (6)$$

(3) 土地利用計画モデル

これらに重み β をつけたものを目的関数とする.

$$\min_{S, X, Y, Z, W} \beta_e E + \beta_c C + \beta_d D + \beta_t T + \beta_u U + \beta_v V \quad (7)$$

ここで、施設と公共交通が運営を継続できるような利用者数の最小数を制約条件として考える. この最小運営規模は、施設の損益分岐点分析から算出可能である. 住民が公共交通を使わない場合には、移動できる距離に上限がある場合を考える. さらに、すべての住民がいずれかの居住地に住むこと、各ゾーンには開発可能な面積に上限があることを考える.

3. 数値実験

(1) 状況設定

被災前において海岸と平地のそれぞれに 50 人ずつ住居している. 災害リスクの小さい高台を新規開発する場合を想定する. ここに、海岸を中心とする災害が起き、海岸ゾーンの開発には防潮堤を建設する必要があるため、平地と比べて費用が高い.

住民は、日中、2 種類の活動を行うと仮定する. ゾーン間を移動するときの交通コストは、傾斜による移動のしにくさを考え、海岸と平地・高台との間を移動するには大きなコストがかかるように設定する. 移住コストは物理的距離に比例する. すべての住民の住居と施設が配置するのに十分な面積があるのは海岸ゾーンのみとする. 平地と高台は面積が限られているとする.

(2) 結果と考察

最小運営規模を考えた場合において、災害リスクの重みを変化させたときの各ゾーンの居住人口を図 1 に、その際の居住人口のイメージを図 2 に示す.

災害リスクを重視していない場合、海岸ゾーンには十分な面積があり、全ての住居と施設を立地できるため、建設費用および交通費用が節約できるほか、移住コストが小さくなるため海岸のみ開発されたと考えられる. さらに重み β_d の値が大きくなり、災害リスクを重視するようになると、海岸を避け、平地と高台が整備されることがわかる. 重み β_d が大きいとき、住民を高台に配置するよりも、高台に施設を配置して、高台に収容しきれなかった一部の居住を平地に置いて、高台の施設に公共施設を用いて移動するという解が得られる. 平地と高台の 2 カ所に分けることが必要となるが、施設を平地に置くより高台に置く方が、災害リスクをより小さくできるためである. ただし、公共交通を移動に利用するための維持に最低限必要になる 20 人が平地に住むため、図 1 のような居住割合になる.

次に、施設の最小規模を考慮しないときの居住人

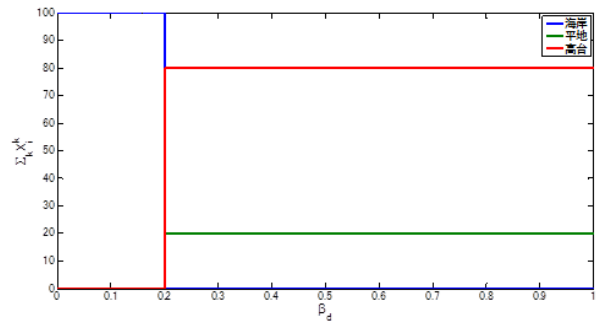


図 1 重み β_d と居住人口の分布(最小運営規模あり)

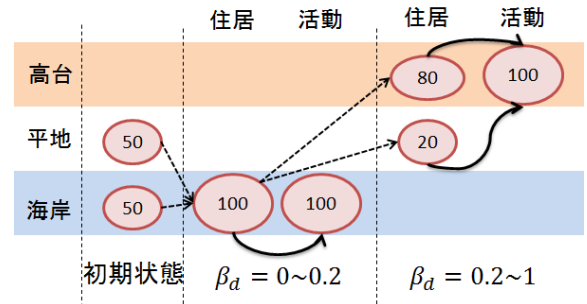


図 2 居住人口のイメージ(最小運営規模あり)

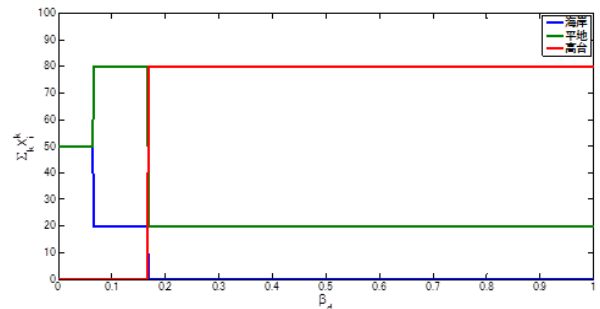


図 3 重み β_d と居住人口の分布(最小運営規模なし)

口を図 3 に示す. 重み β_d の値が小さい場合、施設の規模を考えなくてよくなるため、海岸だけでなく平地にも施設を配置できることになり、平地が利便性及び安全性の双方で海岸よりも有利となり、多くの人口を集める結果となる. 災害リスクの重みが上昇すると居住地の配置は図 1 の結果と同じである.

以上のことから、施設における維持条件が土地利用に影響を与えと言える.

4. おわりに

本モデルでは、最小運営規模が土地利用にもたらす影響を明らかにした. その結果、最小運営規模を考えることによって、1つのゾーンに施設と居住地を集中させる土地利用計画が起こりうることを明らかにした. 実際に、南三陸町志津川地区のデータを適用した場合は、従前ゾーンの災害リスクや建設コストが大きいため、漁港の維持可能性が困難なために、従前のゾーンは開発されない結果となった.

(2013 年 2 月 12 日提出)