

防災性を考慮した地域再編における公共交通サービスと施設の配置モデルに関する研究

東北大学 学生員 ○戸谷智志
東北大学 正 員 奥村誠
東北大学 正 員 大窪和明

1. はじめに

(1) 研究の背景と目的

平成 23 年 3 月 11 日の東日本大震災において発生した大規模な津波は、東日本の沿岸地域に甚大な被害をもたらした。被災地では、安全性を重視して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や、高台の用地の不足、また莫大な用地開発費用が必要になるなどの問題を抱えている。こうした地域住民の災害に対する安全性と日常の利便性のどちらを重視するかによって被災後の土地利用計画は大きく異なることが予想される。

そこで本研究の目的は、安全性と利便性に対する重みづけを少しずつ変えることにより、土地利用の方向性がどう変わっていくかを分析するために、施設・公共交通・住民の配置を考えた土地利用計画モデルを提案する。

2. 分析方法

(1) モデルの基本構成

本モデルでは最小化すべき部分目的として、地域のインフラ、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、それらに重みをつけたものを目的関数とする。

パラメータ

k :旧居住地ゾーン i :新居住地ゾーン
 j :施設配置ゾーン a :施設における活動
 b_i : i のインフラ整備費用
 h_i, e_j^a :住宅及び施設の単位建設費用
 c_{ki} : k から i への移住コスト
 d_i, d_j^a :夜間人口及び施設利用者一人当たり災害リスク

キーワード：土地利用，施設配置，持続可能性

連絡先：〒980-8577 宮城県仙台市青葉区片平 2-1-1

通研 2 号館 TEL 022-217-6369

t_{ij} : ij 間の距離

u_0^a, v_0 :施設及び公共交通の運営固定費用

u^a, v_p :施設及び公共交通の利用者あたりの可変費用

P_k : k の人口

l^a :活動 a のための施設へのトリップ発生頻度

M^a :活動 a のための施設最大利用者数

N^a :活動 a のための施設維持に不可欠な最小利用者数

R :公共交通の最大利用者数

Q :公共交通維持に不可欠な最小利用者数

l^a :活動 a のための施設へのトリップ発生頻度

f, g^a :住宅及び施設の単位面積

操作変数

$S_i = \{0,1\}$: i を開発して居住・施設の立地を進めるかを表す 0-1 変数

$X_i^k \geq 0$: k から i へ移住する人口

$Y_j^a = \{0,1\}$: a の施設を j に配置するかを表す 0-1 変数

$Z_{ij}^a \geq 0$: i の人口のうち j の活動 a の施設を使う人数

$W_{ij} = \{0,1\}$:公共交通の設定するかを表す 0-1 変数

部分目的

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

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

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

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

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

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

土地利用計画モデル

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

$$s. t. \sum_i X_i^k = P_k \quad \forall i \in I, \forall k \in K \quad (8)$$

$$l^a \sum_k X_i^k = \sum_j Z_{ij}^a \quad \forall i \in I, \forall a \in A \quad (9)$$

$$Z_{ij}^a = \begin{cases} 1(\geq 0) & \text{if } t_{ij} \leq \tau^a \\ 0(\geq 0) & \text{if } t_{ij} > \tau^a \end{cases} \quad \forall i, j \in I, \forall a \in A \quad (10)$$

$$Z_{ij}^a \leq M^a(W_{ij} + r_{ij}^a) \quad \forall i, j \in I, \forall a \in A \quad (11)$$

$$\sum_i Z_{ij}^a \leq M^a Y_j^a \quad \forall i, j \in I, \forall a \in A \quad (12)$$

$$\sum_i Z_{ij}^a \geq N^a Y_j^a \quad \forall i, j \in I, \forall a \in A \quad (13)$$

$$\sum_a Z_{ij}^a \geq RW_{ij} \quad \forall i, j \in I \quad (14)$$

$$\sum_a Z_{ij}^a \leq QW_{ij} \quad \forall i, j \in I \quad (15)$$

$$f \sum_i X_i^k + \sum_a g^a Y_j^a \leq F_i S_i \quad \forall i \in I \quad (16)$$

ただし、 β はそれぞれの目的の重みを表す。

あとの分析では、災害リスクの部分目的に着目するため、式(3)の説明を行っておく。第1項は、 i の夜間における災害総リスクを、第2項は、 j の施設利用時における災害総リスクを表している。

また、式(8)～(16)の意味は以下である。

(8)全住民がいずれかの居住地に配分される。

(9)新居住地の居住者が施設を利用する。

(10)(11)利用可能な施設は、限界距離 τ^a の範囲内のゾーンにあるか、公共交通サービスが提供されているゾーンにある施設に限定される。

(12)(13)施設利用者数が施設容量の範囲内に収まり、かつ施設が持続可能な数を超える。

(14)(15)公共交通利用者数が施設容量の範囲内に収まり、かつ公共交通が持続可能な数を超える。

(16)開発する面積が利用可能範囲内に収まる。

3. 仮想データの分析

ここでは、仮想データを利用して分析する。重みの付け方として、全重みの和を1に固定し、1つの重みを0～1まで動かす。残りの重みを他の5つに等分配する。

(1) 状況設定

従前において海岸、平地の2地域のそれぞれに50ずつ居住している。新しい地域（高台）を新規開発する。災害リスクは高台ほど小さい。海岸地域を使う際には防潮堤を建設する必要がある。移住コストは物理的距

表1：仮想データ

地域	b_i	h_i	e_{ja}	d_j	P_k
海岸	1500	5	50	10	50
平地	500	30	300	5	50
高台	3500	70	700	1	0

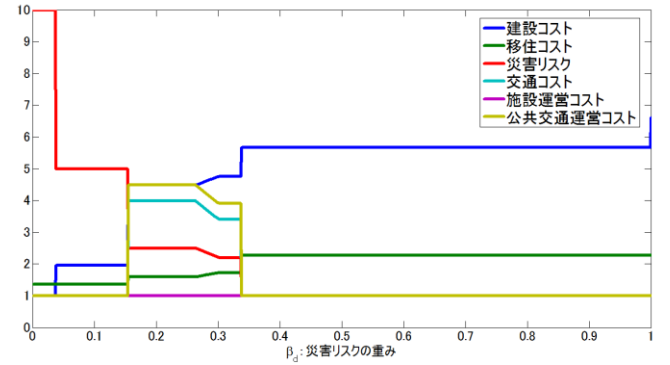


図1：災害リスクの重みと費用構造の関係

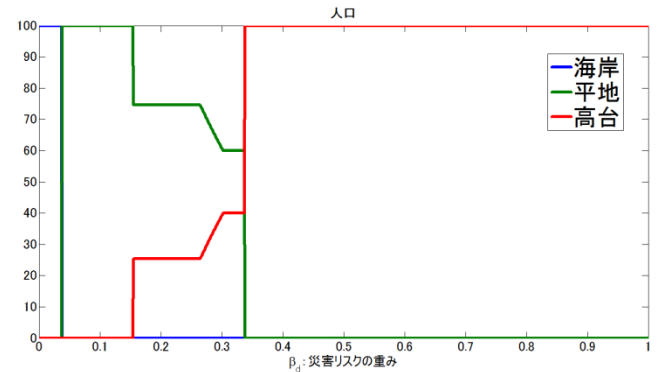


図2：災害リスクの重みと地域ごとの人口の関係

離に比例する。また、全住民が居住できるだけの面積が確保できるものと仮定する。

(2) 結果と考察

災害リスクの重みを変化させたときの各部分目的の値と、地域別の居住数を図1, 2に示す。

図2より、災害リスクの重みが小さいときは、海岸に住む結果となるが、徐々に上がるほど高台の居住割合が大きくなることを表している。これは、災害リスクは高台ほど小さいという設定に対応した妥当な結果であるといえる。

4. おわりに

以上では、本モデルの計算例として、災害リスクの重みを大きくするにつれ、居住地利用は高台に行なうことのみを示した。発表の際には、この他の重みを変化させることで土地利用がどう変化するかを示すとともに、南三陸志津川区の概略データによる計算結果を考察する。