

立地均衡モデルを用いた土地利用計画の分析： 陸前高田市を対象に

谷下 雅義¹・浅田 拓海²

¹正会員 中央大学教授 理工学部都市環境学科 (〒112-8551 文京区春日1-13-27)
E-mail:tanishi@civil.chuo-u.ac.jp

²正会員 室蘭工業大学助教 建築社会基盤系学科 (〒050-8585 室蘭市水元町27-1)
E-mail: astk0427@gmail.com

災害危険区域の利用や商業集積地の配置など震災復興土地利用計画に関する論点が存在する。本研究は、陸前高田市を対象に、仮設住宅居住者のアンケートデータおよび震災後の事業所立地についての最新データを用いて、立地均衡モデルを構築し、そのモデルを用いて、災害危険区域において保険料を支払うことによって立地を認めるケースや商業機能の集積数について影響分析を行うものである。その結果、災害危険区域に立地する際の保険料が保険料収支が均衡する水準では、立地禁止が望ましいが、それよりも高い保険料を支払うルールが適用可能であれば、災害危険区域に立地を認める方が、また商業集積地は1か所に集中させるのではなく、2地区以上に分散させた方が、社会的総便益がより大きくなる可能性を示した。

Key Words : *location equilibrium model, insurance fee, distribution of commercial areas*

1. はじめに

東日本大震災は東北地方と関東地方の太平洋沿岸部に大きな被害を及ぼした。本研究で対象とする陸前高田市では死者・行方不明者 1,783名、全壊家屋 3,159棟¹⁾と岩手県の市町村の中で最大であった。陸前高田市の震災復興計画は、住民との協議が十分に行うことができないまま、復興交付金事業の申請に間に合わすべく、2011年12月に作成された。その基本的な土地利用方針は、津波により浸水した区域の一部を8~10mのかさあげを行い、さらにその一部を中心市街地として整備する。そしてかさあげを行わない区域は、災害危険区域として住宅の立地を禁止し、高台に移転するというものである。現在、12.5mの防潮堤工事、かさあげを行う土地区画整理事業や防災集団移転促進事業などが進められている。商店主たちは、これらの事業区域の外に仮設の商店街をつくった。また同じく事業区域外にイオンの建設も進められており、商業機能の集積をどうするかは論点の一つとなっている。一方、災害危険区域となる低地は現在、三陸道や高台移転工事から出る土砂の置き場となっているが、人口減少が続く中、維持管理費が無視できない都市公園・保安林を含め、まだ土地利用の見通しができていない状況である。

こうした災害危険区域の設定や商業地の配置など土地

利用に関わる問題を分析する道具の一つに立地均衡モデルがある。立地均衡モデルは、立地者（世帯や企業）がどのゾーンに立地するかを、土地市場を明示して説明するものである²⁾。例えば、河野ら³⁾は、価値総合研究所の立地均衡モデルを活用して、陸前高田市を対象に防潮堤整備の高さについて検討している。

しかし、河野らは「震災前の」陸前高田市における人口や交通行動のデータを用いて計算を行っており、仮設商店街の動向や災害危険区域の指定については考慮されていない。

そこで、本研究では、震災後の仮設住宅居住者のアンケートデータを利用して、交通行動における目的地選択におけるパラメータを推定し、また震災後の事業所立地についての最新データを用いて世帯の立地均衡モデルを構築する。そしてそのモデルを用いて、災害危険区域において保険料を支払うことによって立地を認めるケースや商業機能の集積の仕方により、世帯の効用、地代および保険料収入などがどのように変わるかについてシミュレーションを行う。

表-1にゾーン別の被災前の宅地面積と、ゾーン内の宅地として供給可能な総面積を示す。

2. モデル

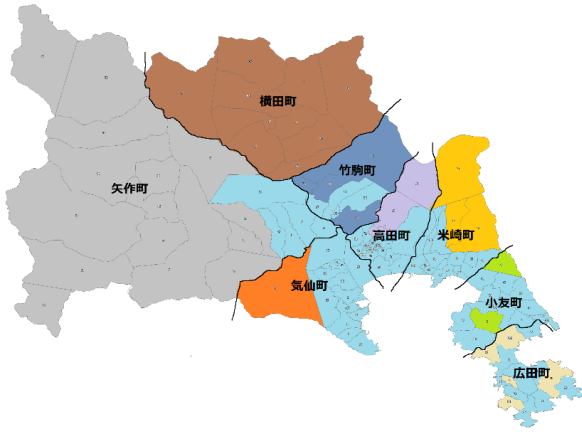


図-1 陸前高田のゾーン分割

表-1 ゾーン別被災前宅地面積と供給可能面積

(km ²)	気仙			矢作			竹駒				
	非浸水	浸水	かさ上げ	非浸水	浸水	非浸水	浸水	非浸水	浸水		
被災前宅地面積	1.4E-06	0.5	0.1	0.3	0.6	0.2	0.2	0.2	0.2		
供給可能面積	2.0E-04	3.0	0.9	1.2	3.4	1.4	1.7				
	高田			米崎			小友			広田	
	非浸水	浸水	かさ上げ	非浸水	浸水	非浸水	浸水	非浸水	浸水	0.3	0.5
	1.3	0.3	0.1	0.6	0.0	0.4	0.0	0.4	0.3		
	3.0	0.4	0.3	3.0	0.7	3.5	0.2	1.7	1.4		4.1

(1) ゾーン分け

陸前高田市内を8つの町ごと(気仙町, 矢作町, 竹駒町, 高田町, 米崎町, 広田町, 小友町, 横田町)に浸水, 非浸水地区に分けた, 気仙町, 高田町の浸水区域については, さらにかさ上げ地区のゾーンを追加した. 横田町は内陸部にあり浸水した住宅はないことから1つのゾーンに統一し, 図-1に示すような合計17ゾーンとした. なお, 価値総合研究所のモデルでは110ゾーンとしている.

(2) 世帯の行動

世帯(高齢者と非高齢者)の予算制約下での効用最大化行動を以下の式(1)(2)で表す. 浸水したゾーンに立地する場合は津波保険料 f (万円/年)を支払う.

$$V(q_i r_i, l_i^m) = \max \left[l_i^{\alpha_1^m} * x_i^{\alpha_2^m} * z_i^{\alpha_3^m} + \tau_i \right] \quad (1)$$

$$s.t. z_i + x_i q_i + r_i l_i = I^m - f_i^m \quad (2)$$

ここで, i : ゾーン番号(1~17), m : 年齢階層(15~64歳, 65歳以上の2タイプ), q_i : 期待交通費用(万円/回), r_i : 住宅地代(万円/m²), I^m : 一人当たり所得(万円), $\alpha_1^m, \alpha_2^m, \alpha_3^m$: (合計を1とする正の)パラメータ, x_i : 私事トリップ数(回), l_i : 土地面積(m²), z_i : 合成財消費量(万円), f_i^m : 年当たり保険料(万円), τ_i : ゾーン自体の効用を表すパラメータ

これを解いて, 以下の式を得る.

$$l_i^m = \frac{\alpha_1^m}{r_i} (I_i^m - f_i^m) \quad (3)$$

$$x_i^m = \frac{\alpha_2^m}{q_i} (I_i^m - f_i^m) \quad (4)$$

$$V_i^m = \alpha_1^m \alpha_2^m \alpha_3^m r_i^{-\alpha_1^m} q_i^{-\alpha_2^m} (I_i^m - f_i^m) + \tau_i \quad (5)$$

間接効用 V_i^m には観測されないガンベル分布に従う誤差項があると仮定すると, 世帯の立地選択確率 P_i^m は, 以下のロジット式で表現され, 立地者数と土地需要面積は以下のように記述できる.

$$P_i^m = \frac{\exp(\theta V_i^m)}{\sum_i \exp(\theta V_i^m)} \quad (6)$$

$$N_i^m = N_T^m \cdot P_i^m \quad (7)$$

$$D_i^m = l_i^m \cdot N_i^m \quad (8)$$

$$D_i = D_i^1 + D_i^2 \quad (9)$$

ここで, θ : ガンベル分布のばらつきを表すパラメータ, N_i^m : 各ゾーンの属性人口, N_T^m : 各ゾーンの人口, D_i^m : 土地需要面積

なお立地禁止は, $f \neq 1$ とし, 浸水区域はすべて農地として扱っている.

(3) 土地の供給行動

不在地主を仮定し, 地代が高くなると土地供給量が増加するという行動を以下の式で表現した.

$$S_i = \frac{Y_i}{1 + \exp(\beta_1 - \beta_2 r_i + \bar{\tau}_i)} \quad (10)$$

ここで, S_i : 土地供給面積, Y_i : 供給可能土地面積, β_1, β_2 : 土地供給パラメータ, $\bar{\tau}_i$: 土地供給非観測パラメータ(供給されない土地は農地(地代を1000円/m²)と仮定)

パラメータ β_2 が大きく価格弾性値が高いケース(10)と小さいケース(1)でシミュレーションを行う.

(4) 市場均衡

各ゾーンの土地の需要量(D_i)と供給量(S_i)が一致するように, 地代(r_i)が決まる.

(5) 交通行動

世帯は自動車で移動するものとし, また交通渋滞は発生しないと仮定する. 魅力指数から移動費用を引いた移動(および観測されないガンベル分布に従う誤差項)による満足が最大になるように目的地を選択していると仮定する. また買物先として市外も設定している.

$$V_{ij}^n = \alpha^n X_j^n + \beta^n Y_{ij}^n \quad (11)$$

$$P_{ij}^n = \frac{\exp(V_{ij}^n)}{\sum \exp(V_{ij}^n)} \quad (12)$$

ここで, n : 目的(買い物および趣味), V_{ij}^n : ゾーン別目的別の効用値, X_j^n : ゾーンの魅力指数, Y_{ij}^n : 移動費用, P_{ij}^n : 目的地選択確率, α^n, β^n : パラメータ

期待交通費用 q_i はこの選択確率を用いて(13)式で表される.

$$q_i^n = \sum P_{ij}^n Y_{ij}^n \quad (13)$$

(6) その他の仮定

- ・ 商業・業務地は別途供給され, 住宅価格には影響を与えない. 所得はゾーンによらず一定.
- ・ 選好パラメータは震災前後で変化していない.

・ 保険会社は保険料を受け取り、浸水時にそのゾーンの立地世帯に2000万円を支払うものとする。残額は利潤とする場合と利潤を非浸水ゾーン立地者に還元する場合について計算を行う。なお防潮堤・水門整備により浸水確率は1/200と仮定する^{注1)}。

3. データ

世帯属性に関するアンケート結果「仮設住宅の住まいと暮らしに関する意向調査(陸前高田市の899世帯で調査)」から居住仮設住宅から私事(買物および趣味)の主な目的地と交通手段の情報を得る。代表点間の移動距離、時間はGoogle mapの経路検索を使用した。

土地の魅力指数に関しては、「買い物」は商店数、「趣味」はコミュニティセンターの部屋数とした。なお、年齢別人口、土地供給可能面積、震災前の土地供給面積や地代、浸水区域面積、かさ上げ面積、震災前の所得、商店数、コミュニティセンターの部屋数などについては、価値総合研究所のデータおよび高田地区・今泉地区被災市街地復興計画や商工会店舗マップ、陸前高田市コミュニティセンター条例より収集した⁴⁻⁷⁾。

4. パラメータの設定

(1) 交通行動

魅力指数、期待最小費用を説明変数としてパラメータ推定を行い、目的地毎の選択確率を算出して実際のアンケート結果と比較した(表-2、図-2)。

通院に関しては、自分の症状に当てはまる病院を選択しなければならないという条件があることや、陸前高田市内の病院が充実しておらず、市外の病院に通う人が多いことから、魅力指数や期待最小費用に影響を受けにくいとの結果になったが、その他の行動はおおむね説明ができたと考える。このパラメータを用いて期待交通費用を算出した。

(2) 世帯の行動および地主の行動のパラメータ

被災前の立地量および地代がそれぞれ一致するように需要サイドおよび供給サイドの α 、 β 、 τ を設定する。また θ については直接観測できないため、 $\theta=0.35$ (大きい方が効用に応じて敏感に選択確率を変える)のケースを設定した。その他のパラメータ α 、 I 、 τ は、震災前の状況が再現されるように設定した(数値は省略)。

5. シミュレーション

(1) 設定および評価指標

以下の2つのシミュレーションを行う。

1) 毎年保険料を支払うことによって災害危険区域への立

表-2 パラメータの推定結果

係数	α (魅力)	t値(α)	β (費用)	t値(β)	サンプル数
通勤	2.9E-02	14.72	-9.3E-03	-12.0	339
買い物	3.4E-02	15.5	-1.3E-02	-15.9	614
趣味	2.6E-02	11.02	-8.4E-03	-7.5	297
通院	1.5E-01	14.31	3.0E-04	1.3	505

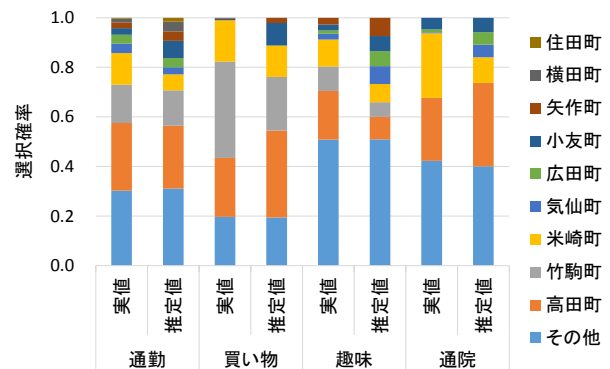


図-2 目的地選択確率の推定値と実績値

地を認めるケース：保険料を複数設定。

2) 商業集積の仕方：高田、竹駒・米崎、竹駒・高田・米崎に集積する3ケースについて検討を行う。

シミュレーションの評価指標として、①世帯の総間接効用(等価変分)、②宅地・農地の総地代、③保険料収入を算出する。これらの合計を社会的総便益とする。

(2) 保険料を支払うことによって災害危険区域への立地を認めるケース

図-3, 4に示すように、社会的総便益は保険料額 $f=25$ 不在地主の価格に関する感度を表す $\beta_2=1$ ~ $30(\beta_2=10)$ (万円/年)で最大となる。

保険料収入は $f=15\sim 25$ で最大となる。世帯の総間接効用および総地代は $f=7.5\sim 25$ まで減少、それ以降増加する。総地代は立地禁止とするときが最大となる。保険料の収支が均衡するのは $f=10$ であるが、このときには世帯や地主の満足度は立地禁止の場合よりも低い。

保険料の余剰分を非浸水区域に立地する世帯に還元する場合においても、同様の結果が得られた(図-5)。

また図は省略するが、非高齢者より土地代への支出シェアが大きい高齢者の方が間接効用の値が最小になる保険料が高くなった。高齢者のほうが住んでいるく、保険料を払ってでも浸水区域に居住する傾向を表現している。以下にまとめを示す。

① 保険料の収支が均衡する水準($f=10$)では、世帯効用や地代が立地を禁止する場合よりも低くなるため、立地を禁止するほうが望ましい。

② 収支が均衡する水準よりも高い保険料($f=25\sim 30$)を支払う場合は、災害危険区域への立地を認めることは望ましい。

(3) 商業集積の仕方による影響

買い物におけるゾーンの魅力指数を変化させることで

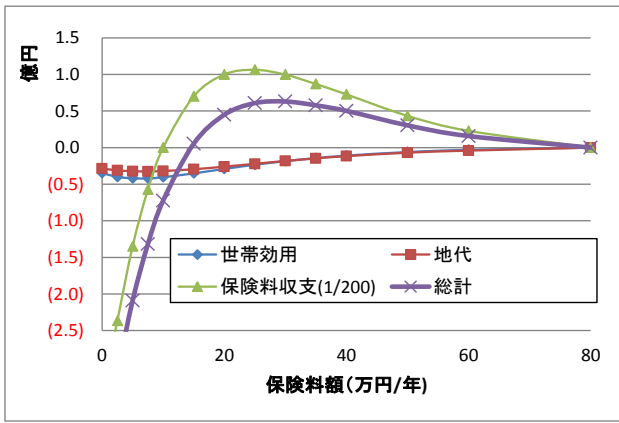


図-3 保険料と効用, 地代, 保険料収入の関係 ($\beta_2=10$)

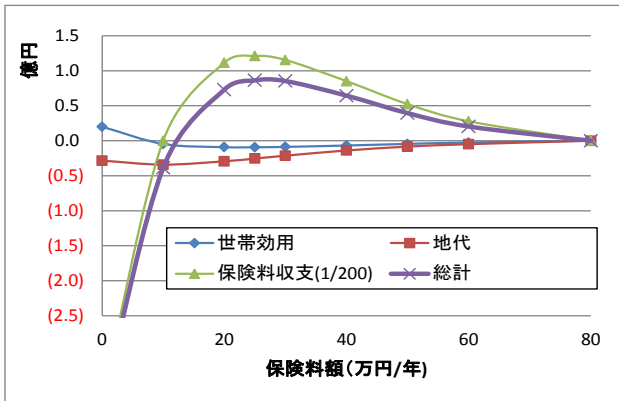


図-4 保険料と効用, 地代, 保険料収入の関係 ($\beta_2=1$)

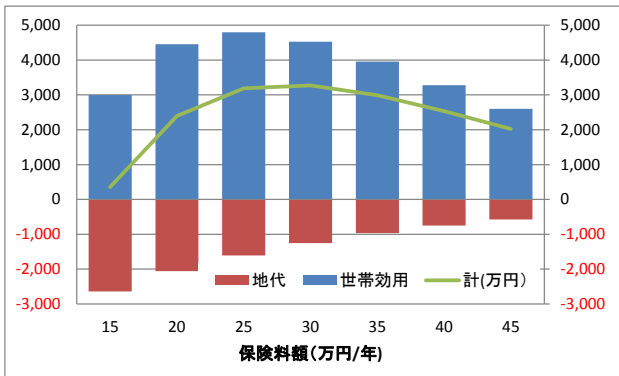


図-5 保険料を非浸水区域内の立地者に還元するケース ($\beta_2=1$)

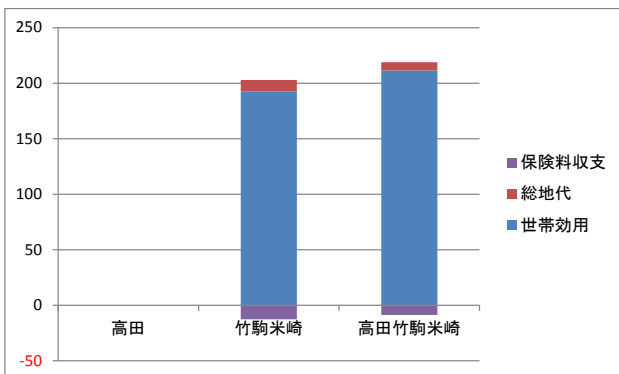


図-6 商業集積パターン ($\beta_2=1$ $f=25$)

商業地の立地状態を表現する。総商店数を固定し、各ケースにおいて、集積させるゾーンの商店数を増加させ、その他のゾーンを減少させて調整をした。高田のみに集中させるケースにおける結果を基準(0)とした結果を図-6に示す。

高田集中ケースでは高田町, 矢作町, 横田町の5ゾーンの間接効用は上がるが, その他12ゾーンの間接効用が下がってしまうために社会的総便益が低い。一方, 竹駒米崎集中ケースでは高田町, 矢作町, 横田町の間接効用は低くなるが, その他12ゾーンで上がるため, 社会的総便益は増加する。

図は省略するが, 立地禁止ケースおよび $f=25$ とともに, 竹駒米崎集中ケースは高田集中ケースより総間接効用と地代の和が大きい。また, 竹駒米崎集中ケースよりも3ゾーン集中ケースのほうが総便益は高くなった。

以上のことから, 商業施設は1点に集中させずに分散させたほうがよいといえる。

6. おわりに

本研究では, 災害危険区域に立地する際の保険料が収支が均衡する水準では, 立地禁止が望ましいが, それよりも高い保険料を支払う(さらにその利潤を非浸水区域立地世帯に還元する)ことが適用可能であれば, 災害危険区域に立地を認める方が, また商業集積地は1か所に集中させるのではなく, 2地区以上に分散させた方が, 社会的総便益が大きくなる可能性を示した。

しかし, 扱っている前提条件には, まだ不備が多い。他集積の経済や地域との競争を明示した商業・業務立地や所得の内生化, 立地に影響を及ぼしている集落コミュニティの社会関係資本(ゆい・もやいなど), 人口減少や三陸道など社会資本整備などの影響, 車を運転しない人のアクセシビリティの確保など, さまざまな要素が相互に作用するため, これらの要素をモデルに組み込む必要がある。

謝辞: 本稿の作成にあたり, 山崎清氏, 佐々木康朗氏, 岩上一騎氏, 柳澤一希氏(以上, 価値総合研究所)そして河野達仁先生(東北大学)より基礎データの提供およびアドバイスをいただいた。またデータの整理および実際の計算作業では反町大地氏(藤沢市役所)に協力を頂いた。記して謝意を示します。

注

1) 広田湾では TP+12.5m の防潮堤および気仙川に高さ 21m の水門が整備されることになっており, この高さを超える津波が発生する確率を 1/200 として計算を行っている。これは「陸前高田など三陸沿岸は江戸時代以降,

死者を伴う津波が平均で 57 年に 1 回、1m 以上の津波は 20 年に 1 回というかなり高い頻度で被害を受けている」(岩手日報 2014/02/08)に基づき、津波高さの分布にゼロ強調負の二項分布をあてはめて得られたパラメータをもとに推定した結果を踏まえて設定している。津波により浸水する確率が 1/40 以上である場合には保険料をいくらかとって社会的総便益はマイナスになり、立地を禁止するほうが望ましい。いいかえると、全員が高台に住むのであれば、防潮堤の高さは 1/40 未満の高さでよいといえる。

参考文献 (アクセスはすべて 2014 年 2 月 10 日)

1) 総務省消防庁：東北地方太平洋沖地震(東日本大震災)被害報, <http://www.fdma.go.jp/bn/higaihou/pdf/jishin/148.pdf>
 2) 高木朗義：土地利用変化を考慮した防災の経済評価, 防災の経済分析-第 13 章-, p231-246, 2005.

3) 河野達仁, 北村直樹, 山崎清, 岩上一騎：防災インフラ整備における動学的不整合の定量分析-陸前高田市防潮堤整備を例として-, 2013.
 4) 国立社会保障・人口問題研究所：日本の地域別将来推計人口, <http://www.ipss.go.jp/pp-shicyoson/j/shicyoson13/t-page.asp>
 5) 陸前高田市商工会：店舗マップ, http://www.rikuzentakatatenpomap.com/?page_id=1777
 6) 陸前高田市：コミュニティセンター条例, http://www.city.rikuzentakata.iwate.jp/shisei/reiki/reiki_honbun/c111RG0000092.html
 7) 高田地区・今泉地区被災市街地復興計画：土地区画整理事業等説明会, <http://www.city.rikuzentakata.iwate.jp/kategorie/fukkou/toshikei/totikukakuseiri/25-8/shiryu2.pdf>

(2014. . 受付)

ANALYSIS OF LAND USE PLAN USING LOCATION EQUILIBRIUM MODEL

Masayoshi TANISHITA and Takumi ASADA

The point of argument regarding earthquake disaster revival land use plans, such as use of a calamity danger district and arrangement of a commercial accumulation place, exists. In this paper, we built location equilibrium model based on location choice activity data of makeshift houseressidents and business location data in Rekuzentakata city, Iwate prefecture. As a result, in case the location premium in a calamity danger district with the level with which income and outgo are balanced, location prohibition policy is desired. Although if the rule which pays a premium higher than balanced case, location in a calamity danger district should be permitted from the view point of total social benefits(TSB). In addition, TSB of two or more commercial accumulation places is higher than that of concentration.