

住替え連関モデルを用いた住宅供給計画支援モデル

住替えを考慮した住宅供給計画モデルに関する研究 (その 2)

正 会 員 川 上 光 彦*

正 会 員 西 田 康 隆**

正 会 員 松 井 重 樹***

1. はじめに

本稿では、その 1¹⁾で提案した新規供給住宅による世帯の住居移動構造を記述する住替え連関モデルを用いることにより、地域の住宅供給計画の立案に際して政策的、物理的な制約のもとで、住替えを通じて計画期間内にできるだけよい効果を期待できる最適な住宅タイプ別の新規住宅供給量を、線形計画法を適用することにより求められるような計画モデルとしての発展を行い、ケーススタディにより計画支援資料として用いることの有用性について考察を行っているものである²⁾。

具体的には、住替え連関モデルを用いた線形計画問題としての定式化に際して、新規住宅供給に伴う一連の住居移動構造のなかで、各世帯が住替えることによって何らかの効用 (Utility)³⁾ が得られるとし、地域全体におけるその総和を最大にすることを目的関数として設定する⁴⁾。また、制約条件としては、その 1 で提案した住替え連関モデルを用いることに反映させることが可能なもののうち、住宅の供給計画を立案する際に制約となる予算や宅地といった物理的なものと、政策として計画に盛り込まれると考えられるものを条件式として定める。なお、ケーススタディはその 1 と同様に石川県を対象地域とする。

住替え連関モデルを用いた住宅供給計画支援モデルの流れを図-1 に示す。また、モデル式の定式化に当たり、用いる用語、変数などはその 1 のものを踏襲しているが、注としてそれらを再記述する⁵⁾。なお、そのうち対象期間の表記法については、その 1 ではわかりやすい表記のため第 1 段階に対応する ΔT を便宜的に用いたが、一部の式の時点表記でやや矛盾がみられたこと⁶⁾、時点の表記がやや複雑になったことから、その 2 では ΔT の表記を用いないで定式化を行う⁷⁾。また、その 1 では計画対象期間にかかわる変数のうち一部に計画対象期間を示す ($t, t+T$) をわかりやすい表記のため付記したが、

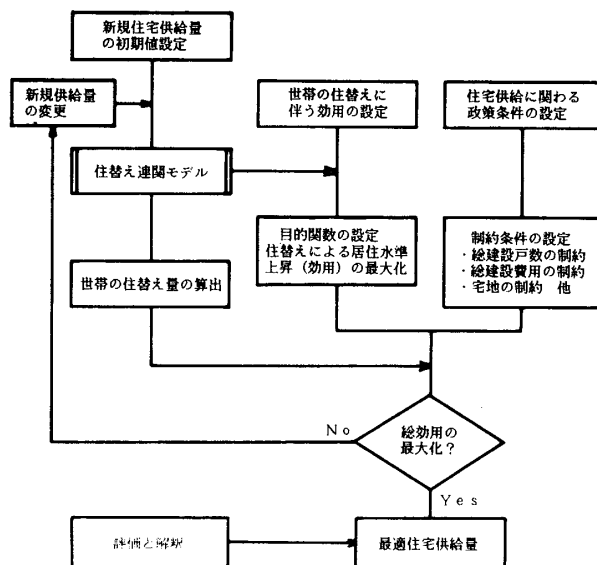


図-1 住替え連関モデルを用いた住宅供給計画支援モデルの流れ

表記法がやや複雑になったため、その 2 ではそれをすべて削除している。なお、定義および式構造は同一であり、削除しても特に問題はない。さらに、その 1 の式ナンバーを示す場合は、区別するため'(ダッシュ)'をつけて表記する。

2. モデルの定式化

2-1 目的関数

世帯の住替えが住宅需要として顕在化する背景には種々の要因が考えられるが、住宅とそれを取り巻く環境の質の改善要求の結果として狭義に住替えをとらえると、世帯は住替えによって何らかの心理的あるいは物理的な効用を得ると考えることができる。一方、住宅供給政策としては、新規供給住宅によって世帯の住替えを誘導し、対象地域全体の居住水準を向上させることがひとつの重要な目的となり得る。そのため、新規供給住宅と住替えの定量的関係を明らかにし、その最適化を図ることが計画立案のための基礎的資料の一つとして重要になる。

そこで、ここでは計画対象期間における住替えによって世帯の得る効用を居住形態間で次のように定義する。

* 金沢大学 助教授・工博

** 日建設計 工修

*** 金沢大学 大学院生

(昭和 63 年 4 月 10 日原稿受理)

表—1 住替えによる効用を表す変数

住替え前の 居住形態			住替え後の居住形態 j					
			住宅タイプ j					同居・非住宅
			1	2	...	j	...	J
圏 域 内 の 住 宅 の 住 替 え 世 帯	住 宅 の タ イ プ の 住 替 え 世 帯	1	UM_{11}	UM_{12}	...	UM_{1j}	...	UM_{1J}
		2	UM_{21}	UM_{22}	...	UM_{2j}	...	UM_{2J}
	
		i	UM_{i1}	UM_{i2}	...	UM_{ij}	...	UM_{iJ}
		$J+1$	$UM_{J+1,1}$	$UM_{J+1,2}$...	$UM_{J+1,j}$...	$UM_{J+1,J}$
圏域外からの転入世帯	新規形成世帯	1	UN_1	UN_2	...	UN_j	...	UN_J
		$J+1$	$UN_{J+1,1}$	$UN_{J+1,2}$...	$UN_{J+1,j}$...	$UN_{J+1,J}$

(表—1)

UM_{ij} : 圏域内の移動世帯が住宅タイプ i から居住形態 j へ住替えることによって得る効用

UN_j : 圏域内の新規形成世帯が居住形態 j へ住替えることによって得る効用

UQ_j : 圏域外からの転入世帯が居住形態 j へ住替えることによって得る効用

さらに、計画期間内に生じる住替えがすべて新規供給住宅によるものであると仮定すると、目的関数は次式のように定式化できる。

$$US = \sum_{j=1}^J \left\{ \sum_{i=1}^I M1_{ij} \cdot UM_{ij} + N1_j \cdot UN_j + Q1_j \cdot UQ_j \right\} \\ + \sum_{j=1}^{J+1} \left\{ \sum_{i=1}^I M2_{ij} \cdot UM_{ij} + N2_j \cdot UN_j + Q2_j \cdot UQ_j \right\} \\ \rightarrow \text{Max} \quad (1)$$

ただし、 US は計画対象期間 T 内に形成される住居移動によってもたらされる総効用を示す。線形計画問題として定式化するためには、まず、最適化の対象変数である計画対象期間における住宅タイプ別の新規住宅供給量 S_i を用いて式 (1) を表す必要がある。そのため、以下では式 (1) における各住替え世帯数を、その 1 の住替え連関モデルを用いて住宅タイプ別の新規供給量によって表す式を導く。

まず、第 1 段階の住替え世帯数 $M1_{ij}$, $N1_j$, $Q1_j$ はそれぞれ式 (3)', (5)', (6)' で与えられる⁸⁾。

次に、第 2 段階の圏域内の住替え世帯数のうち $M2_{ij}$ は、

$$M2_{ij} = m2_{ij} \cdot \lambda \cdot H' \quad (18)'$$

である。ただし、 H' は第 1 段階の住替えを考慮した普通世帯数である⁹⁾。

このとき H' は式 (15)' に式 (10)', (11)' を代入すると、

$$H' = \sum_{j=1}^J (1-r_j) \cdot P_j(t) + \sum_{j=1}^J (1-r_j) \left\{ S_j - \sum_{i=1}^I m1_{ij} \cdot S_i \right\} \\ - \sum_{j=1}^J (1-r_j) \left\{ V_j - \sum_{i=1}^I m1_{ij} \cdot V_i \right\} \\ + (1-w) \left\{ L(t) - l \sum_{j=1}^J n1_j \cdot S_j + l \sum_{j=1}^J n1_j \cdot V_j \right\}$$

$$\dots\dots\dots (2)$$

となる。ここで、式 (2) の右辺第 2 項は、

$$\sum_{j=1}^J (1-r_j) \left\{ S_j - \sum_{i=1}^I m1_{ij} \cdot S_i \right\} \\ = \sum_{j=1}^J (1-r_j) \cdot S_j - \sum_{j=1}^J \sum_{i=1}^I (1-r_j) m1_{ij} \cdot S_i \\ = \sum_{j=1}^J (1-r_j) \cdot S_j - \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J (1-r_i) m1_{ij} \cdot S_j \\ = \sum_{j=1}^J \left\{ (1-r_j) - \sum_{i=1}^I (1-r_i) m1_{ij} \right\} S_j \quad (3)$$

のように変形される。また、同様に第 3 項も変形されるため、式 (2) は、

$$H' = \sum_{j=1}^J \left\{ (1-r_j) - \sum_{i=1}^I (1-r_i) m1_{ij} - l(1-w)n1_j \right\} \\ \cdot \{ S_j - V_j \} \\ + \sum_{j=1}^J (1-r_j) P_j(t) + (1-w)L(t) \quad (4)$$

のようにあらためられる。ここで表記を簡単にするため、

$$A_j = (1-r_j) - \sum_{i=1}^I (1-r_i) m1_{ij} - l(1-w)n1_j \\ \dots\dots\dots (5)$$

$$F(t) = \sum_{j=1}^J (1-r_j) P_j(t) - (1-w)L(t) \quad (6)$$

とおくと、式 (4) は、

$$H' = \sum_{j=1}^J A_j \{ S_j - V_j \} + F(t) \quad (7)$$

のようになる。ゆえに式 (18)' は、

$$M2_{ij} = m2_{ij} \cdot \lambda \left[\sum_{j=1}^J A_j \{ S_j - V_j \} + F(t) \right] \quad (8)$$

となる。ここで表記を簡単にするため、

$$B_{ij} = m2_{ij} \cdot \lambda \quad (9)$$

とおくと、式 (8) は、

$$M2_{ij} = B_{ij} \sum_{j=1}^J A_j \{ S_j - V_j \} + B_{ij} \cdot F(t) \quad (10)$$

として表すことができる。

また、 $N2_j$ は、式 (20)' に式 (7) を代入することにより、

$$N2_j = n2_j \cdot \lambda \left[\sum_{j=1}^J A_j \{ S_j - V_j \} + F(t) \right] \quad (11)$$

として表され、表記を簡単にするため、

$$C_j = n2_j \cdot \lambda \quad (12)$$

とおくことにより、

$$N2_j = C_j \sum_{j=1}^J A_j \{ S_j - V_j \} + C_j \cdot F(t) \quad (13)$$

のように書きあらためられる。同様に、 $Q2$ は式 (23)' に式 (16)' と (7) を代入すると、

$$Q2_j = q2_j \frac{\delta}{1-\delta} \lambda \left[\sum_{j=1}^J A_j \{ S_j - V_j \} + F(t) \right] \quad (14)$$

として表され、表記を簡単にするため、

$$D_j = q2_j \frac{\delta}{1-\delta} \lambda \quad (15)$$

とおくことにより,

$$Q2_j = D_j \sum_{j=1}^J A_j \{S_j - V_j\} + D_j \cdot F(t) \cdots \cdots (16)$$

のように書きあらためられる。

以上より, 式 (3)', (5)', (6)', (10), (13), (16) を式 (1) に代入すると,

$$\begin{aligned} US = & \sum_{j=1}^J \left\{ \sum_{i=1}^I m1_{ij} \cdot UM_{ij} + n1_j \cdot UN_j + q1_j \cdot UQ_j \right\} \\ & \cdot \{S_j - V_j\} \\ & + \sum_{j=1}^{J+1} \left\{ \sum_{i=1}^I B_{ij} \cdot UM_{ij} + C_j \cdot UN_j + D_j \right. \\ & \cdot UQ_j \left. \right\} \sum_{j=1}^J A_j \{S_j - V_j\} \\ & + \sum_{j=1}^{J+1} \left\{ \sum_{i=1}^I B_{ij} \cdot UM_{ij} + C_j \cdot UN_j + D_j \right. \\ & \cdot UQ_j \left. \right\} F(t) \cdots \cdots (17) \end{aligned}$$

となり, 目的関数を表した式 (1) を住宅タイプ別の新規住宅供給量を用いて表すことができた。さらに, 表記を簡単にするため,

$$R = \sum_{j=1}^{J+1} \left\{ \sum_{i=1}^I B_{ij} \cdot UM_{ij} + C_j \cdot UN_j + D_j \cdot UQ_j \right\} \cdots \cdots (18)$$

とおくと, 式 (17) は結局,

$$\begin{aligned} US = & \sum_{j=1}^J \left\{ \sum_{i=1}^I m1_{ij} \cdot UM_{ij} + n1_j \cdot UN_j + q1_j \cdot UQ_j + R \right. \\ & \cdot A_j \left. \right\} \cdot \{S_j - V_j\} + R \cdot F(t) \cdots \cdots (19) \end{aligned}$$

となる。

2-2 制約条件

前述のように, 本モデルに導入できる制約条件のうち, それぞれの地域において住宅供給計画を立案する際に考慮することが必要と思われる政策的, 物理的な制約としてここでは以下のようなものを取り上げている。なお, 線形計画問題として定式化を行うために制約条件も新規住宅供給量を用いて表す必要がある。

1) 総住宅供給量の制約

計画対象期間における総住宅供給量にある一定の範囲をもたせるものであり, 政策的に上限値と下限値の一方又は両方を設定することが考えられる。また, この制約は, 計画対象地域における居住世帯の予測値と関連をもたせたり, 計画対象期間に予測される住宅需要世帯数と連動させて設定することなどが考えられる。

$$S_L \leq \sum_{i=1}^I S_i \leq S_U \cdots \cdots (20)$$

S_L : 総住宅供給量の下限値

S_U : 総住宅供給量の上限値

2) 住宅タイプ別供給量の制約 (非負条件)

計画対象期間における住宅タイプ別の供給量にある一定の範囲を持たせるものであり, 過去の実績などから政

策的に上限値と下限値を設定することが考えられる。また, この制約は目的変数 S_i が負とはならないという非負条件を含むものである。

$$S_{il} \leq S_i \leq S_{iu} \cdots \cdots (21)$$

S_{il} : タイプ i の住宅供給量の下限値 ($S_{il} \geq 0$)

S_{iu} : タイプ i の住宅供給量の上限値

3) 総住宅建設費用の制約

住宅建設に要する費用の制約であり, 住宅タイプ別の1戸当たり平均建設費用と計画期間内に支出可能な予算などから, 次のように定式化される。

$$\sum_{i=1}^I c_{si} \cdot S_i \leq CS \cdots \cdots (22)$$

c_{si} : 対象期間中に予測される住宅タイプ i の平均建設費用 (円/戸)

CS : 総建設費用 (円)

4) 総供給宅地面積の制約

住宅建設に要する宅地の制約であり, 住宅タイプ別の1戸当たりに要する平均敷地面積と対象地域において計画期間内に供給可能と予測される宅地面積からなる。

$$\sum_{i=1}^I z_i \cdot S_i \leq Z \cdots \cdots (23)$$

z_i : 対象期間中における住宅タイプ i の平均敷地面積 (m^2 /戸)

Z : 総供給可能宅地面積 (m^2)

5) 同居・非住宅居住世帯の解消

政策目標のひとつとして, 新規住宅供給によって計画対象期間内に同居・非住宅居住をどの程度解消させるのかという制約条件を取り上げている。なお, この同居・非住宅居住世帯は近年量的には少なくなってきており, 住宅難指標としての現実的意義が薄くなってきているが, 住宅難を表し得る指標であるため, 住替え連関モデルの特性を生かして, ここでは政策的な制約条件のひとつとして設定している。

$$L(t+T) \leq (1-\alpha)L(t) \cdots \cdots (24)$$

α : 同居・非住宅居住解消係数 ($0 \leq \alpha \leq 1$)

ここで, 式 (24) を新規住宅供給量を用いて表すために, まず, $L(t+T)$ は,

$$L(t+T) = L' - l \cdot N2 + K2_{j+1} \cdots \cdots (28)'$$

で与えられ, L' は式 (13)' に式 (11)' を代入すると,

$$L' = (1-w) \left[L(t) - l \sum_{j=1}^J n1_j \{S_j - V_j\} \right] \cdots \cdots (25)$$

として表せる。また, $N2$ は式 (13) より,

$$N2 = \sum_{j=1}^{J+1} C_j \left[\sum_{i=1}^J A_j \{S_j - V_j\} + F(t) \right] \cdots \cdots (26)$$

となる。一方, $K2_{j+1}$ は, まず, 式 (24)' に式 (16)', (22)', (23)' を代入すると,

$$K2_j = g2_j \cdot \lambda \cdot H' + q2_j \frac{\delta}{1-\delta} \cdot \lambda \cdot H' \cdots \cdots (27)$$

となり, 簡単に表記するため,

$$W_j = g2_j \cdot \lambda \dots\dots\dots (28)$$

とおき、式(7)、(15)、(28)を式(27)に代入すると、

$$K2_j = (W_j + D_j) \left[\sum_{j=1}^J A_j \{S_j - V_j\} + F(t) \right] \dots\dots\dots (29)$$

のように表せる。ゆえに式(28)'は、

$$\begin{aligned} L(t+T) &= (1-w) \left[L(t) - l \sum_{j=1}^J n1_j \{S_j - V_j\} \right] \\ &\quad - l \sum_{j=1}^{J+1} C_j \left[\sum_{j=1}^J A_j \{S_j - V_j\} + F(t) \right] \\ &\quad + (W_{J+1} + D_{J+1}) \left[\sum_{j=1}^J A_j \{S_j - V_j\} + F(t) \right] \\ &= (1-w)L(t) + \left(W_{J+1} + D_{J+1} - l \sum_{j=1}^{J+1} C_j \right) F(t) \\ &\quad + \sum_{j=1}^J \left\{ \left(W_{J+1} + D_{J+1} - l \sum_{j=1}^{J+1} C_j \right) A_j \right. \\ &\quad \left. - l(1-w)n1_j \right\} \cdot \{S_j - V_j\} \dots\dots\dots (30) \end{aligned}$$

となる。ここで表記を簡単にするため、

$$X(t) = \left(W_{J+1} + D_{J+1} - l \sum_{j=1}^{J+1} C_j \right) F(t) \dots\dots\dots (31)$$

$$Y_j = \left(W_{J+1} + D_{J+1} - l \sum_{j=1}^{J+1} C_j \right) A_j - l(1-w)n1_j \dots\dots\dots (32)$$

とおくと、式(30)は、

$$L(t+T) = \sum_{j=1}^J Y_j \{S_j - V_j\} + (1-w)L(t) + X(t) \dots\dots\dots (33)$$

のように書きあらためられる。ゆえに式(24)は、

$$\sum_{j=1}^J Y_j \{S_j - V_j\} \leq (w-a)L(t) - X(t) \dots\dots\dots (34)$$

と定式化される。

3. シミュレーションによる特性分析

3-1 モデル的条件の設定

前章で構築した線形計画法による住替え連関モデルを用いた住宅供給計画モデル（以下、計画モデルと称す）を用いて、石川県を対象地域とするケーススタディを行うことによってモデルの特性等を分析する。具体的な研究の方法は、その1と同様にして、実際の住宅供給計画で意義が認められること、および、モデル利用の実用性を高めるため住調など既存統計資料の活用をできるだけ図ることを前提として、以下のようにした¹⁰⁾。

① 住宅タイプとしてはその1と同様に、持家、公的借家、民営借家、給与住宅の4つの所有関係を基本的に用いることとし、これに同居・非住宅居住を加えたものを総称して居住形態と呼ぶ。

② 世帯が住替えによって得る効用は、基本的には居住形態間の居住水準の差として定義し、その指標としてここでは住宅の居住室面積を用いることにし、1世帯当たりの畳数を用いた場合（ケース1）と1人当たりの畳数を用いた場合（ケース2）の2つのケースを設定し計算を行っている¹¹⁾。

③ 適用期間は昭和53年10月から58年9月の5年間とし、計画モデルのサブモデルとして位置づけられる住替え連関モデルの住替え比率およびパラメータはその1と同様にして適用期間より過去5年間に相当する既存統計資料より得たものを用いる¹²⁾。また、制約条件として与えるデータは石川県の特性を反映した仮想的な値とする。

以上より、外生的に与えられる政策変数や物理的制約を変動させることによって所有関係別の最適供給量がどのように変化するかを、上記2つのケースについて比較、検討する。なお、計画モデルとしては、外生的に与える制約条件や政策変数によって種々の組み合わせが考えられるが、ここでは次のようなモデル的組み合わせとした。

(a) 目的関数

居住形態ごとの前述の居住水準指標の算出において、既存資料から直接求められないものについては次のようにした。①新規形成世帯の指標値は同居・非住宅居住の居住水準指標で代用した。②県外からの転入世帯の指標値は便宜的に持家、公的借家、民営借家、給与住宅、同居・非住宅居住の各指標値の算術平均を用いた。そうして求められた居住形態間の居住水準の差を表-2に示している。なお、実際の計算には、居住形態間の各指標値の差の最低値をゼロとしたものを用いている。

以上より、実際に計算を行った結果、式(19)で表される目的関数は次のようになる。

ケース1

$$US = 49.30S_1 + 26.72S_2 + 26.68S_3 + 29.24S_4 + 703,698 \rightarrow \text{Max} \dots\dots\dots (35)$$

ケース2

$$US = 9.46S_1 + 4.49S_2 + 6.61S_3 + 6.26S_4 + 157,486$$

表-2 住替えに伴う居住形態間の居住水準の差（石川県、S.53.10）

上段：畳／世帯（ケース１）
下段：畳／人（ケース２）

住替え前の 居住形態		住替え後の居住形態				
		持 家	公的借家	民営借家	給与住宅	同・非
県 内 の 住 替 え 世 帯	持 家	0.00	-30.52	-29.21	-24.88	-24.47
		0.00	-6.21	-3.89	-4.38	-5.01
	公的借家	30.52	0.00	1.31	5.64	6.05
		6.21	0.00	2.32	1.83	1.20
	民営借家	29.21	-1.31	0.00	4.33	4.74
		3.89	-2.32	0.00	-0.49	-1.12
	給与住宅	24.88	-5.64	-4.33	0.00	0.41
		4.38	-1.83	0.49	0.00	-0.63
	新規形成世帯	24.47	-6.05	-4.74	-0.41	0.00
		5.01	-1.20	1.12	0.63	0.00
県外からの 転入世帯	21.82	-8.70	-7.39	-3.06	-2.65	
	3.90	-2.31	0.01	-0.48	-1.11	

上段：畳／世帯（ケース1）
下段：畳／人（ケース2）

→ Max……………(36)

ただし、 S_i は所有関係（1から順に持家、公的借家、民営借家、給与住宅）別の新規供給量を表す。

(b) 制約条件

制約条件については2-2に示したものを、これまでの供給実績を踏まえるなどして、実際に解が求められること、および、制約条件相互の関連性を分析できることを考慮して、以下のように同時に設定することにする。

1) 総住宅供給量の制約

式(20)で示される制約で、ここでは対象期間前5年間の供給実績を踏まえて上限値のみを設定するが、46 000戸あたりまでこの条件によって最適供給パターンが主として規定されるため、ここではやや余裕を持たせて50 000戸とする。

$$\sum_{i=1}^4 S_i \leq 50\,000 \text{ (戸)} \dots\dots\dots(37)$$

2) 所有関係別供給量の制約

式(21)に示される制約で、同様にして供給実績の所有関係別構成比に対して一定の幅を持たせて範囲を設定するが、±10%の場合、この条件によって最適供給パターンが主として規定されるため、ここでもやや余裕を持たせて各所有関係別に±20%の範囲を設定する。

$$29\,360 \leq S_1 \leq 44\,040 \text{ (戸)} \dots\dots\dots(38)$$

$$2\,280 \leq S_2 \leq 3\,420 \text{ (戸)} \dots\dots\dots(39)$$

$$6\,520 \leq S_3 \leq 9\,780 \text{ (戸)} \dots\dots\dots(40)$$

$$1\,840 \leq S_4 \leq 2\,760 \text{ (戸)} \dots\dots\dots(41)$$

3) 総住宅建設費用の制約

式(22)に示される制約で、所有関係別の平均建設費用は住宅建築費用と土地の取得価格から構成される。ここでは、これらについてのフローのデータとして整ったものが得られなかったため、住調などのストック統計を基にして石川県の平均的な値を推計しそれを用いている¹³⁾。求めたものを表—3に示している。なお、実際には実態や予測を踏まえ、より政策的にこれらの制約条件の値を設定していくことが考えられる。以上より条件式は以下のように設定される。

$$15\,379S_1 + 8\,595S_2 + 6\,402S_3 + 9\,955S_4 \leq CS \text{ (千円)} \dots\dots\dots(42)$$

このとき、総建設費用の上限値(CS)は、実績を踏ま

表—3 所有関係別1戸当り建設費用と敷地面積(石川県, S, 53.10)

所有関係	1戸当り建設費用	1戸当り敷地面積
持家	15,379 (千円)	170.2 (㎡)
公的借家	8,595	113.4
民営借家	6,402	67.7
給与住宅	9,955	122.0

え一定の現実的範囲のなかで変動させることによって、最適住宅供給パターンとその変化などモデルの挙動を分析するものとする。

4) 総供給宅地面積の制約

式(23)に示される制約で、所有関係別の戸当たり敷地面積は表—3に示すような値とし、これより条件式を次のように設定する。

$$170.2S_1 + 113.4S_2 + 67.7S_3 + 122.0S_4 \leq Z \text{ (㎡)} \dots\dots\dots(43)$$

このときの総宅地供給面積の上限値(Z)も3)と同様に実績を踏まえ一定の現実的範囲のなかで変動させてモデルの挙動を分析する。

5) 同居・非住宅居住の解消

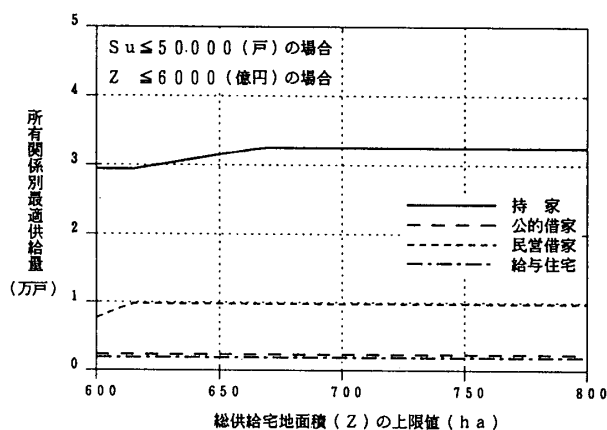
式(34)に示されている制約で、ここではこれまでの実態的推移を踏まえ $\alpha=0.1$ 、すなわち計画期間内に1割解消させるものとした。

$$32.27S_1 + 53.76S_2 + 49.66S_3 + 20.61S_4 \geq -672,463 \dots\dots\dots(44)$$

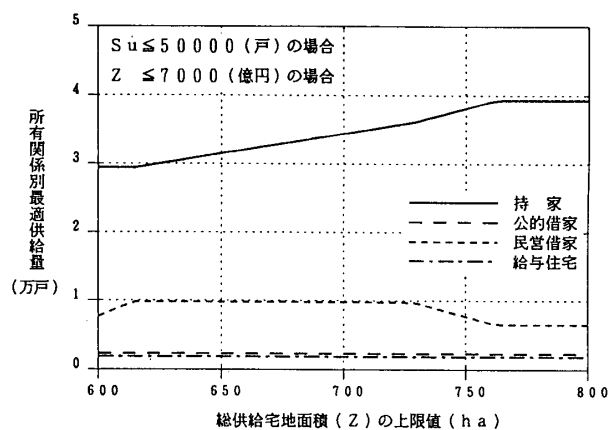
3-2 モデルシミュレーション

以上のような目的関数と制約条件のもとで、ケース1とケース2の場合について政策変数である総建設費用の上限値CSと総宅地供給面積の上限値Zを変動させることによってモデルのシミュレーションを行い、結果の分析を行う。解法は改訂シンプレックス法を用いた。なお、持家と借家では住宅選択構造に基本的な差異があり¹⁴⁾、ここではそれをモデル化していないことからシミュレーション結果についての単純な評価には注意を要するが、以下では本モデルの対象範囲内での解釈を行うことにする。ただし、ここでは現行の居住水準指標の差を効用の差として用いているため、それをそのまま反映した結果であることに注意を要する。

まず、総建設費用の上限値(CS)として6 000億円と7 000億円の2つの場合を設定し、供給宅地面積を600 haから800 haまで変化させた場合についてそれぞれの最適供給量のパターンとその推移についてシミュレーションを行った。得られた最適供給量のパターンとその推移は、目的関数および制約条件の値の変化とともに分析する。結果を図—2, 3に示す。そのうち、ケース1の場合についてのみ例示的に目的関数と制約条件の値の変化を添付して示しており、図—2(a)は予算制約が6 000億円の場合、図—2(b)は7 000億円の場合を示し、図—3はケース2の場合を示している。なお、同居・非住宅居住の制約条件は実際には働いていなかったのここではそれを除いて示している。それらによると、ケース1とケース2の場合にはほぼ同様の変化傾向を示し、ここで用いた居住水準指標の取り方による差異はあまり認められない。これは、両指標が高い相関にあることを反映したものである。

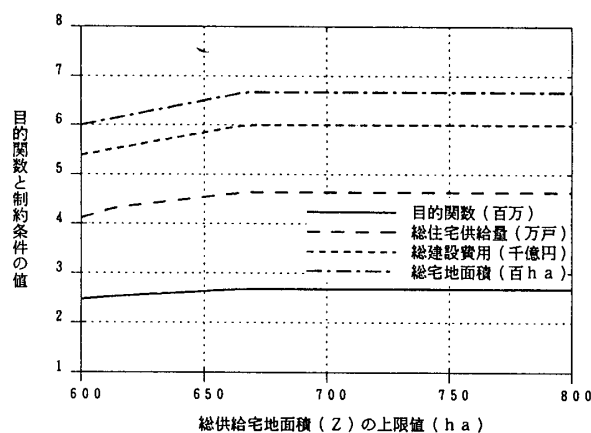


(a) ケース 1, 総建設費用の上限値が 6 000 億円の場合

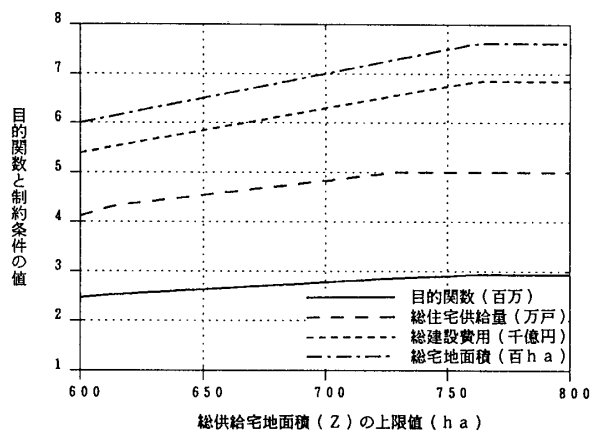


(b) ケース 1, 総建設費用の上限値が 7 000 億円の場合

図—2 総供給宅地面積の変動による所有関係別最適供給量の推移



(a) ケース 2, 総建設費用の上限値が 6 000 億円の場合



(b) ケース 2, 総建設費用の上限値が 7 000 億円の場合

図—3 総供給宅地面積の変動による所有関係別最適供給量の推移

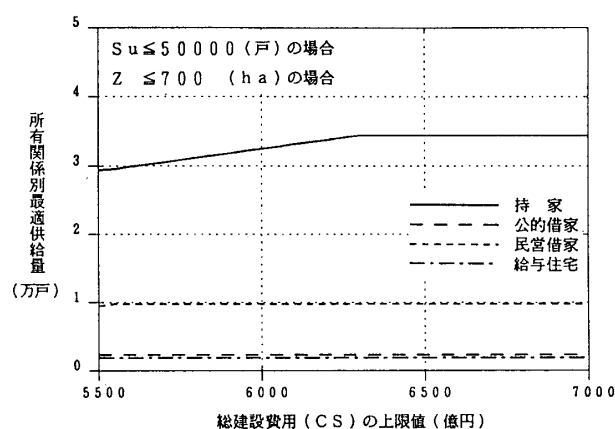
全体として、総宅地供給量の変化に伴って、公的借家と給与住宅の最適供給量は、それぞれ所有関係別供給量制約の下限値またはそれに近似した値をとってほとんど変化せず、持家と民営借家の最適供給量に一定の変動がみられることがわかる。そのうち、図—2 (a), 3 (a) の総建設費用が小さい場合、最適供給量の変化は小さい。これは、いずれも予算制約が 670 ha あたりで上限となり、それ以上宅地供給を増加させても最適供給パターン

が変化しないためである。具体的には、図—2 (a), 3 (a) に示すように総宅地供給量が 600 ha から約 670 ha へと変化するに従って、はじめに民営借家が増加し、次に持家が増加するようになり、他の公的借家と給与住宅はともに下限値をとる。その間総宅地供給量が上限値をとり、目的関数の値も一定の割合で増加する。総宅地供給量が約 670 ha 以上になると、今度は予算制約が上限値となり、最適供給パターンは一定となる。

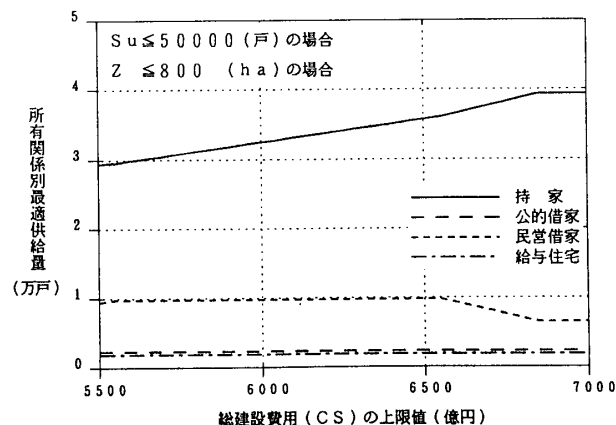
次に、予算制約が7000億円と緩くなると、最適供給量の変化が大きくかつ全般にわたっていることがわかる。具体的には、図一2 (b), 3 (b) に示すように総宅地供給量が約670 haまでは同様の变化傾向を示し、約670 ha以上になっても約770 haまではそのまま持家の供給が増加し、総宅地供給量が上限値をとる傾向を持続させる。ただし、約730 haから総住宅供給数が上限となるため民間借家が減少するようになる。これは、総供給戸数が上限となりながらも、建設費用と宅地面積の制約条件に余裕があるため、より有利な持家の供給が増加し民間借家が減少しているものである。このことは、予算制約が緩く宅地供給が多い場合、民間借家の住宅供給が居住水準の改善に結びつきに難いことを示している。ただし、これは、前述のように、ここで用いた居住水準指標と住宅の所有関係が密接に結びついており、持家が高く民間借家が低いことを反映しているものである。そして約770 ha以上では総住宅供給数が上限値のまま最適住宅供給パターンは一定となる。

次に同様に、総供給宅地面積の上限値 (Z) について700 haと800 haの2つの場合を設定し、総建設費用を5500から7000億円まで変化させた場合の所有関係別最適供給量の変化についてシミュレーションした。その結果を図一4, 5に示す。ここでもケース1とケース2はほぼ類似した変化傾向を示している。そのうち、図一4 (a), 5 (a) は総供給宅地面積が700 ha, 図一4 (b), 5 (b) は800 haの場合を示す。まず、図一4 (a), 5 (a) の場合、総建設費用が5500億円から約6300億円まで変化すると、持家のみが増加し他の所有関係は一定となる。その間総建設費用が上限値となり、目的関数の値も増加する。総建設費用が約6300億円以上では宅地面積が上限値となり、最適供給パターンは一定となる。ただし、給与住宅の最適供給量はケース1では変わらないのに対して、ケース2では約5600億円からわずかながら増加し、再び元の下限値をとるようになっていく。

次に、図一4 (b), 5 (b) についてみると、総建設費用が約6300億円までは図一4 (a), 5 (a) と同様に推

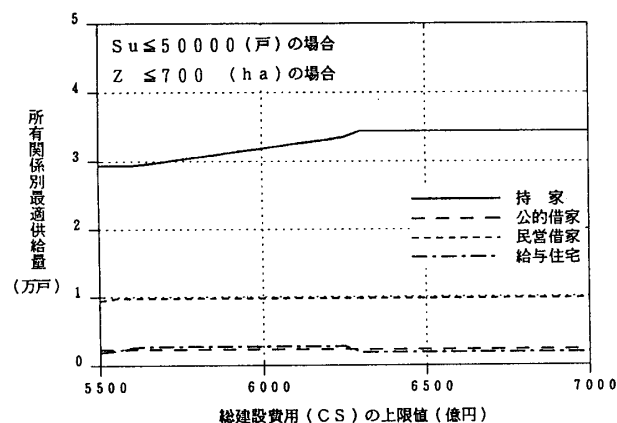


(a) ケース1, 総供給宅地面積の上限値が700 haの場合

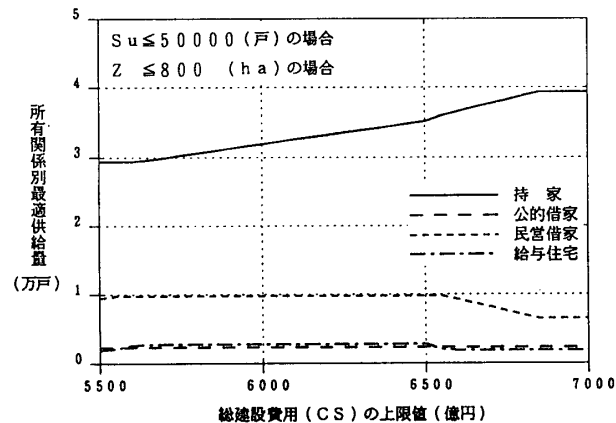


(b) ケース1, 総供給宅地面積の上限値が800 haの場合

図一4 総建設費用の変動による所有関係別最適供給量の推移



(a) ケース2, 総供給宅地面積の上限値が700 haの場合



(b) ケース2, 総供給宅地面積の上限値が800 haの場合

図一5 総建設費用の変動による所有関係別最適供給量の推移

移し、約 6 300 億円を超えても約 6 800 億円までは持家が増加する傾向を持続させる。ただし、約 6 500 億円では総住宅供給数が上限値となるため、それ以上では民間借家が減少するようになる。約 6 800 億円以上からは最適住宅供給パターンは一定となる。このように、総供給宅地面積の制約が強い場合民間借家供給量は変化していないのに対して、その制約が緩い場合総建設費用の上限値が約 6 500 億円を超えたあたりで民間借家供給量は減少し、その分持家供給量が増加している。これも前述と同様に所有関係と居住水準が密接に結びついていることを反映しているものである。

以上のように、石川県を対象とし簡単なモデルケースを設定してシミュレーションを行った。その結果、住宅供給に関連する政策変数の設定やその変動の仕方による影響が、住替え構造を反映した住宅タイプ別の最適供給量のパターンとその変動として得られ、モデル構造の特性と設定諸条件を前提として¹⁵⁾、得られた結果の解釈と評価を行えることがわかった。それゆえ、一定の地域を対象とする住宅供給計画立案に際して、ここで構築した計画モデルを適用し、予測されるいくつかの制約条件等のもとで住宅タイプ別の最適供給量を求め、その解釈と評価などを行い、計画支援資料のひとつとして用いることに一定の有用性を認めることができる。

4. ま と め

本研究では、その 1 で提案した住替え連関モデルを用いて線形計画法によりいくつかの制約条件のもとで住宅タイプ別の最適供給量を求められる住宅供給計画モデルを構築し、ケーススタディによりその有用性の検討を行った。その成果は以下のようにまとめられる。

1) 住替え連関モデルを用いて目的関数と制約条件の定式化を行い、線形計画法による住宅供給計画モデルを構築することができた。

2) 現行の住宅建設計画への援用および既存統計資料の活用を前提として、住宅タイプとして住宅の所有関係、住替えによる効用として居住形態間の居住水準の差、政策的な変数として建設戸数、建設費用、宅地供給量などが考えられ、それらを用いてケーススタディ地区でシミュレーションを行うことができた。

3) 計画モデルとして用いることにより、各種の外生的な予測値やいくつかの制約条件のもとで住宅タイプ別の最適供給量を求め、それを評価することができる。また、必要に応じて既存の住宅供給計画の評価に用いることができると思われる。

また、今後の課題としては以下の点が挙げられる。

1) 住替え連関モデルを含め一連のモデルをより広範な住宅タイプや変数を扱えるモデルへと発展させる必要がある。

2) そのために、その 1 でも指摘したが、住宅需給構

造をよりの確にとらえられる統計資料の整備が必要である。

3) 本研究で構築したモデルの実用性をより高めるために、既存統計資料の整理を含め、モデル運用の体系化、システム化をはかる必要がある。

なお、本論文に対し査読委員の方々より貴重なコメントをいただいた。また、計算を進めるにあたり金沢大学情報処理センターの計算機システムを利用した。記して感謝します。

注

- 1) 文 1)。
- 2) 線形計画法の特徴は、①理論的性質が明らかであり、ある一定の条件のもとでは安定して解を得ることができる、②多くの関係式を扱うことが可能であることからその応用範囲が広く実用的である、③最適化手法のなかで都市計画的な分野へ応用した事例も比較的多い(例えば文 3)、4)、5) など)、などが挙げられる。
- 3) 経済学では、効用を一般にある財に対して購入者が得るもの又は期待するものとしているが、ここでは住替えにより移動世帯が得るものという意味で用いている。
- 4) 住宅供給計画としては、この他に一定居住水準以下世帯の解消または以上世帯の確保などが主要な計画目標の一つであるが、それに関連する移動世帯データが得られないため本研究ではそれらを直接の対象としていない。
- 5) その 1 で用いたものを参考のため以下に記述する。ただし、時点表記のための ΔT に関連するものおよび $(t, t + T)$ を削除したものを示している。

① 住替え段階の設定等

計画対象期間を時点 t から $t + T$ の T 期間として設定し、計画対象期間における新規供給住宅に対する住替えを第 1 段階とし、同様に計画対象期間における中古住宅への住替えを第 2 段階とする。また、住宅タイプと同居・非住宅居住を含めて居住形態と呼び、主世帯はその居住形態によって I 種類のタイプに分類し、供給する住宅を J 種類のタイプに分類する。

② 住宅および居住世帯の表記

$P_i(t)$: 時点 t における住宅タイプ i の住宅に居住する主世帯数

$L(t)$: 時点 t における同居・非住宅居住世帯数

$V(t)$: 時点 t における空家数

S_i : 計画対象期間に新規供給されるタイプ i の住宅数

V_i : S_i のうち入居世帯がなく空家として残される住宅

$H(t)$: 時点 t における普通世帯数

③ 第 1 段階の顕在需要と顕在需要比率の表記(変数名に含まれる「1」は第 1 段階の住替えを表している。)

$M1_{ij}$: 住宅タイプ i から新規供給された住宅タイプ j へ住替える圏域内の世帯数

$N1_j$: 新規供給住宅タイプ j へ住替える圏域内の新規形成世帯数

$Q1_j$: 新規供給住宅タイプ j へ住替える圏域外からの転入世帯数

$m1_{ij}$: 新規供給住宅タイプ j へ住替える世帯のうち住替え前の住宅タイプが i である世帯の占める割合

$n1_j$: 新規供給住宅タイプ j へ住替える世帯のうち新規形成世帯の占める割合

$q1_j$: 新規供給住宅タイプ j へ住替える世帯のうち圏域外か

らの転入世帯の占める割合

$V1_j$: 第1段階の住替えによって仮想的に生ずる住宅タイプ別空家数

$V1$: 第1段階で発生する空家総数

④ 第2段階の住替え世帯数と住替え比率(変数名に含まれる「2」は第2段階の住替えを表している。)

$M2_{ij}$: 計画対象期間内に住宅タイプ i から居住形態 j へ住替える圏域内の世帯数

$M2_j$: 計画対象期間内に居住形態 j へ住替える圏域内の新規形成世帯数

$G2_j$: 計画対象期間内に居住形態 j へ住替える圏域内の総世帯数

$Q2_j$: 計画対象期間内に圏域外から圏域内の居住形態 j へ転入する世帯数

$K2_j$: 計画対象期間内に圏域内の居住形態 j へ住替える世帯数, そのうち $K2_{j+1}$ は同居・非住宅居住となる世帯数

U_i : 第1段階の住替え後に住宅タイプ i に継続して居住する圏域内の世帯数

$m2_{ij}$: 圏域内の住替え世帯総数に占める住宅タイプ i から居住形態 j へ住替える圏域内の世帯数の割合

$n2_j$: 圏域内の住替え世帯総数に占める居住形態 j へ住替える圏域内の新規形成世帯数の割合

$g2_j$: 圏域内の住替え世帯総数に占める居住形態 j へ住替える世帯の割合

$q2_j$: 圏域外からの転入世帯総数に占める圏域外から圏域内の居住形態 j へ転入する世帯数の割合

⑤ パラメータの表記

l : 新規形成世帯のうち住替え前の居住形態が同居・非住宅居住である世帯の占める割合

r_j, w : 住宅タイプ j に居住する世帯および同居・非住宅居住世帯の計画対象期間における消滅率(圏域外への転出を含む)

e : 第1段階の住替え後の空家のうち居住可能な空家の占める割合(有効空家率)

λ : 第1段階の住替え後の圏域内の普通世帯総数に占める計画対象期間内での圏域内の住替え世帯数の割合

δ : 第2段階における住替え世帯総数に占める第2段階での圏域外からの転入世帯数の割合

6) その1の式(3)~(6)などにおいて, 期間($t, t+\Delta T$)の変数を期間($t, t+T$)の変数で説明していることになっていた。

7) ΔT を用いないでその1の住替え連関モデルの再定式化を行ったが, 変数の定義をほぼ同一とし, 同一の式構造で定式化を行うことが確認できた。

8) その1の式より, 式構造は同一とし, 前述したように時点の表記のみ除いたものをその2では引用している。

9) H' は, その1の $H(t+\Delta T)$ を意味している。 ΔT を用

いない表記をするため, 時点の表記を用いず, ダッシュをつけて変数を表している。

10) ケーススタディにおいて, 住宅タイプに住宅の所有関係を, 対象地域に都道府県をそれぞれ用いる理由と限界などについてはその1で論じている。

11) ここでは各住宅の居住室面積又はその世帯人数との対応関係のみを取り上げており, その他の, 設備条件, 立地環境条件, および, 住宅タイプの間の経済的, 精神的格差などはすべて対象外としていることになる。

12) 具体的な利用データと住替え比率およびパラメータの値はその1において既に示したとおりであり, 用いた参考資料もその1で示したものと同じである。なお, 新規供給住宅のうち空家として残される住宅タイプ別空家数(V_j)については既存資料から得られないためその1と同様に0としている。

13) 実際には, できるだけ現実的な値とするため, 石川県により編集された統計資料をはじめ各種の既存資料から推計値や代用的な値を求めているが, シミュレーションを通じてモデルの特性を分析するというここでの目的とは直接かかわらないため, それらの詳述を略する。

14) 例えば, 住宅選択に際して, その経済的特性からみると, 持家は資産選択で借家は経常支出の選択とみることができるとする考え方があ

る。モデル構造の特性とは, 住替え連関モデルが線形の記述モデルであり, その変数等が既存統計資料との対応を前提としており, その運用はそれに大きく依存していること, および, 計画モデルとしては線形計画法を用いていることなどを意味している。また, 設定諸条件とは, 制約条件の種類とその具体的数量の決定方法を意味している。

参考文献

- 1) 川上光彦, 西田康隆, 松井重樹: 新規住宅供給による世帯の住替え連関モデル—住替えを考慮した住宅供給計画モデルに関する研究(その1)—, 日本建築学会計画系論文報告集, 第388号, pp.86~97, 1988.6
- 2) Batty, M.: Urban Modelling—Algorithms, Calibrations, Predictions, Cambridge Univ. Press, 1976
- 3) Oppenheim, N.: Applied Models in Urban and Regional Analysis, Prentice-Hall, 1980
- 4) Foot, D.: Operational Urban Models, an introduction, Methuen & Co. Ltd., 1981
- 5) 天野光三編: 計量都市計画, 都市計画システムの手法と応用, 丸善, 1982.7
- 6) 近藤次郎: オペレーションズ・リサーチの手法, 日科技連, 1973.11
- 7) 木戸睦彦: 線形計画法, 培風館, 1980.6
- 8) 近藤次郎: 最適化法, コロナ社, 1984.6

SYNOPSIS

UDC : 333.322.6 : 333.32.03

A PLANNING MODEL FOR SUPPORTING HOUSING SUPPLY USING THE DESCRIPTIVE MODEL OF HOUSEHOLD MOVEMENT

—A study on a housing supply model considering household movement in a region (Part 2)—

by Dr. **MITSUHIKO KAWAKAMI**, Associate Professor of Kanazawa Univ., **YASUTAKA NISHITA**, Nikken Sekkei Ltd., and **SHIGEKI MATSUI**, Postgraduate student of Kanazawa Univ., Members of A.I.J.

In this study a planning model is formulated for supporting housing supply by LP (linear programming) using the Descriptive Model of household movement, which had been formulated in Part 1 and can describe household movement caused by new housing supply in a region. In developing the model existing housing statistics are utilized as much as possible for raising its operational ability. The model can calculate the optimum numbers of housing supply by housing types under several conditions.

Formulating the model, first, the utility which a household can get from its housing movement is defined, and an objective function expressing the total amount of its utility in a region is formulated by using the descriptive model of household movement. Second, the functions of several constraints which have significance in the present housing planning are formulated. They are relating to the upper limit of total amount of supplied dwellings, the total available budget and the total available building land.

Applying the model for Ishikawa Prefecture, tatami units per dwelling and tatami units per person are used as utility characters, and also constraint characters indicating prefectural conditions are used, which are derived from existing statistics. Characteristics and limitations of the model are studied through simulations which calculate the optimum housing supply pattern and its change according to several combinations of constraints.

As a result of this study it is concluded that the model could be applied for supporting the housing supply planning, e.g. in order to analyze existing planning or evaluate alternative plans.