【土木計画学研究・講演集　No.23(2)　2000年11月】

自然災害による資本損傷を考慮した立地均衡モデルの開発
On Dynamic Location Equilibrium Model with Capital Loss caused by natural disaster

水谷伊孝*，髙木朗義**，武藤慎一***

By Itaka MIZUTANI*, Akiyoshi TAKAGI**and Shinichi MUTO***

1.はじめに

近年わが国の都心部およびその周辺地域では，住宅地の不足に伴い，今まで開発が見合わされてきた災害脆弱地区にまで開発の手が伸ばされている．こうした状況は，全国各地で発生する土砂災害に代表されるように，常に自然災害と背中合わせである．

自然災害は発生そのものが不確実であるのに加えて，その災害の程度も地域の特性により様々である．このような点を捉えるために髙木他[1]は不確実性下の立地均衡モデルを提案している．その後，上田・髙木[2]によって一般均衡理論に拡張され，不確実性下の多地域一般均衡理論に基づく立地均衡モデルが提案されている．これらのモデルにおける立地選択は，いずれも長期均衡状態の一時点における財の取引きや地域性で判断されている．しかし住民は，一時点だけではなく，それに到達する過程を考慮した上で満足の得られる立地点を選択しているのが現実である．横松・小林[3]は，このような長期的な家計の消費行動を動学的消費問題として捉えた研究を行っているが，立地選択については明示的に扱っていない．家計の住み替えを動学的に取り扱った研究も前川[4]によって研究されているが，リスク中立の立場での議論にとどまっている．上田・髙木[5]は災害脆弱地区の区画所有者が建物を建て替えるタイミングについて研究しているが，家計の行動は動的に捉えておらず，立地選択行動も明示的に捉えるには至っていない．

そこで本研究では，長期的な最適消費行動を従来の不確実性下における立地均衡モデルに組み込むことにより，動学的立地均衡モデルへと発展させて，家計の立地選択行動を長期的な視野で分析することを目的とする．

キーワード　防災計画，住宅立地

*　学生員　岐阜大学大学院　博士前期課程
**　博（工）　岐阜大学　講師　工学部土木工学科
(〒501-1193 岐阜市柳戸1-1 TEL058-293-2447 FAX058-230-1248)
***　博（工）　岐阜大学　助手　工学部土木工学科

2.本モデルにおける資産区分

自然災害により被害を受けるものには，家屋や家財，自動車などがある．このうち家屋は不動産，家財や自動車は動産として区分され，損害保険の対象となるものが多い．土地としての不動産は，大規模な土砂災害や火山噴火は別にして，物理量が災害によって減少することは少ないため，損害保険の対象とはなりにくい．また，貯蓄としての動産やその他の消費財は災害によって消費量は変化するが，これらも損害保険の対象とはなりにくい．

本研究では，家計における財，資産を土地，家屋資産，物的動産，貯蓄，消費財の５つに大別する．不在地主は家計との取引において，所有する土地のみを貸すか，所有する土地に家屋資産を形成し，それらを家計に貸すかを決定する．この時，家屋資産のみが保険の対象となるとする．家計は土地のみを借りて家屋資産を形成するか，あるいは土地と家屋資産を借りた上で物的動産の蓄積や貯蓄を行い，前者の場合は家屋資産と物的動産が保険の対象となり，後者の場合は物的動産のみが保険の対象となるとする．

3.各主体の行動モデル

(1)定式化に際しての前提条件

本稿でのモデル化は，髙木他[1]で示された立地均衡モデルを発展させたものであり，次のような前提に基づいている．

① 空間は $j \in J$ でラベル付けされたゾーンに分割する．各ゾーンは災害規模に応じて $i \in I$ でラベル付けされたいくつかの状態に置かれる．

② ゾーンと状態の組み合わせ別の状態の生起確率は外生的に与え，ϕ_i^j で表す．無論，$\sum_{i \in I} \phi_i^j = 1$ である．

③ 災害規模によって規定される環境水準及び所得水準は，ゾーン・状態別に外生的に与え，それぞれ Q_i^j，Y_i^j で表す．

④ 家計は自由な立地選択を行い，その結果としてゾーン別に立地家計数 N^j が実現する．

⑤ 空間経済には代表的な保険会社が存在しており，保険市場は競争的であるとする．

⑥ ゾーン別に地主が存在し，地代収入を得るとする．

(2)家計

家計の行動は立地ゾーンを選んだとして行われる最適消費行動と，その立地ゾーンにおいて家屋を建設するか借りるかの家屋建設選択行動，また，それらの結果として得られる各ゾーンでの期待効用水準に基づいて立地ゾーンを選択する最適立地選択行動の 3 段階に分けてモデル化する．

a)最適消費行動

<u>家屋を借りる場合</u>

あるゾーンに立地する期間における通時的期待効用水準を最大化するように，各期の合成財消費や物的動産蓄積，貯蓄，損害保険購入等を決定する動学的消費問題として定式化する．資本蓄積は物的動産と貯蓄とに分け，それぞれ蓄積過程を定式化した[3]．今期の物的動産は前期までの蓄積分から減価償却，災害時の被害額を差し引き，今期の物的動産購入量を加えたものとする．貯蓄は前期までの蓄積に対する収益に加えて，労働所得，物的動産の保険金から借地代・家代，合成財消費費用，物的動産の保険料，物的動産の購入費用を差し引いたものの期待値を蓄積するものとする．ゾーン j に $T^j_{s(k)} \sim T^j_{e(k)}$ 期間立地し続けた場合は以下のように定式化できる．なお，物的動産，貯蓄は蓄積分を所持したまま立地を変更し，家屋を所有している場合には，それを売却し，貯蓄に換えて立地を変更するものとする．

$$v_R{}^j(k) = \max_{\{z_i^j\}_{i\in I}, q_H{}^j, q_E{}^j, x_s{}^j, \{H_{s_i}^j\}_{i\in I}, x_i^j} \int_{T^j_{s(k)}}^{T^j_{e(k)}} \sum_{i\in I} \phi_i^j(t) u\begin{pmatrix} s^j(t), x_i^j(t), z_i^j(t), \\ q_H{}^j(t), q_E{}^j(t), Q_i^j(t) \end{pmatrix} \exp(-\rho t) dt$$

$s.t.$ (1.a)

（$t \neq T^j_{s(k)}$ の場合）

$$\dot{s}^j(t) = \sum_{i\in I} \phi_i^j(t) p_i^j(t) x_i^j(t) - \delta_s s^j(t-1) - \sum_{i\in I} \phi_i^j(t) \xi_{s_i}^j s^j(t-1) \tag{1.b}$$

$$\dot{w}^j(t) = \gamma(t) w^j(t-1) + \sum_{i\in I} \phi_i^j(t) \begin{bmatrix} Y_i^j(t) + H_{s_i}^j(t) - z_i^j(t) - R_{H_i}^j(t) q_H{}^j(t) \\ - R_{E_i}^j(t) q_E{}^j(t) - h_s{}^j(t) - p_i^j(t) x_i^j(t) \end{bmatrix} \tag{1.c}$$

（$t = T^j_{s(k)}$ の場合）

$$s^j(t) = s^j\left(T^j_{s(k)}\right) = s^{j'}\left(T^{j'}_{e(k-1)}\right) \tag{1.d}$$

$$w^j(t) = w^j\left(T^j_{s(k)}\right) = w^{j'}\left(T^{j'}_{e(k-1)}\right) + b^{j'}\left(T^{j'}_{e(k-1)}\right) \tag{1.e}$$

ただし，$T^j_{s(k)}$：ゾーン j の立地開始期，$T^j_{e(k)}$：ゾーン j の立地終了期，j'：ゾーン j に立地する前の立地ゾーン（なお，$T^j_{s(k)} = T^{j'}_{e(k-1)}$ である），ϕ_i^j：状態 i の生起確率，$u(\cdot)$：効用関数　，$v_R{}^j$：家屋を借りる場合の通時的期待効用水準　，$R_H{}^j$：借家価格，$R_E{}^j$：借地価格，z_i^j：合成財消費量，$q_H{}^j$：借家量，$q_E{}^j$：借地量，Q_i^j：環境水準，p_i^j：物的動産の購入価格，x_i^j：物的動産の購入量，δ_s：物的動産の減価償却率，s^j：物的動産，$\xi_{s_i}^j$：物的動産の被害率，Y_i^j：所得水準，$h_s{}^j$：物的動産の保険料，$H_{s_i}^j$：物的動産の保険金，ρ：割引率，γ：収益率，w^j：家計の貯蓄，b^j：家計の家屋資産

<u>家屋を建設する場合</u>

基本的には家屋を借りる場合と同様に動学的消費問題として定式化できる．ただし，資産蓄積過程が異なる．家計は立地初期に家屋を建設して家屋資産を得，その後，家屋は減耗するとともに被災レベルに合わせた補修を行う．また建設費は毎期に定額を支払うものとする[5]．

$$v_B{}^j(k) = \max_{\substack{\{z_i^j\}_{i\in I}, q_E{}^j, h_b{}^j, h_s{}^j \\ \{H_{b_i}^j\}_{i\in I}, \{H_{s_i}^j\}_{i\in I}, x_i^j, \{l_i^j\}_{i\in I}}} \int_{T^j_{s(k)}}^{T^j_{e(k)}} \sum_{i\in I} \phi_i^j(t) u\begin{pmatrix} b^j(t), s^j(t), x_i^j(t), \\ z_i^j(t), q_E{}^j(t), Q_i^j(t) \end{pmatrix} \exp(-\rho t) dt$$

$s.t.$ (2.a)

（$t \neq T^j_{s(k)}$ の場合）

$$\dot{b}^j(t) = \sum_{i\in I} \phi_i^j(t) c_i^j(t) l_i^j(t) - \delta_b b^j(t-1) - \sum_{i\in I} \phi_i^j(t) \xi_{b_i}^j b^j(t-1) \tag{2.b}$$

$$\dot{s}^j(t) = \sum_{i\in I} \phi_i^j(t) p_i^j(t) x_i^j(t) - \delta_s s^j(t-1) - \sum_{i\in I} \phi_i^j(t) \xi_{s_i}^j s^j(t-1) \tag{2.c}$$

$$\dot{w}^j(t) = \gamma(t) w^j(t-1) + \sum_{i\in I} \phi_i^j \begin{bmatrix} Y_i^j(t) + H_{b_i}^j(t) + H_{s_i}^j(t) - z_i^j(t) \\ - R_E{}^j(t) q_E{}^j(t) - h_b{}^j(t) - h_s{}^j(t) \\ - p_i^j(t) x_i^j(t) - c_i^j(t) l_i^j(t) \end{bmatrix} - \rho b^j\left(T^j_{s(k)}\right) \tag{2.d}$$

（$t = T^j_{s(k)}$ の場合）

$$b^j(t) = b^j\left(T^j_{s(k)}\right) = c_i^j\left(T^j_{s(k)}\right) l_i^j\left(T^j_{s(k)}\right) \tag{2.e}$$

$$s^j(t) = s^j\left(T^j_{s(k)}\right) = s^{j'}\left(T_{e(k-1)}\right) \tag{2.f}$$

$$w^j(t) = w^j\left(T^j_{s(k)}\right) = w^{j'}\left(T_{e(k-1)}\right) - b^j\left(T^j_{s(k)}\right) + b^{j'}\left(T^{j'}_{e(k-1)}\right) \tag{2.g}$$

ただし，c_i^j：家計の家屋建設費，l_i^j 家計の家屋建設量，$H_{b_i}^j$：家屋の保険金，$h_b{}^j$：家屋の保険料，$v_B{}^j$：家屋を建設する場合の通時的期待効用水準

b)家屋建設選択行動

家計は最適消費行動の結果より，家屋を建設するか借りるかを選択する．これをロジットモデルで定式化する．

$$p_B{}^j(k) = \frac{\exp\left(\omega \cdot v_{B(k)}{}^j\right)}{\exp\left(\omega \cdot v_{B(k)}{}^j\right) + \exp\left(\omega \cdot v_R{}^j\right)} \tag{3.a}$$

$$V^j(k) = \frac{1}{\omega} \ln\left\{\exp\left(\omega \cdot v_R{}^j(k)\right) + \exp\left(\omega \cdot v_B{}^j(k)\right)\right\} \tag{3.b}$$

ただし，$p_B{}^j$：家計の家屋建設確率，ω：パラメータ，V^j：家計の通時的期待効用水準

c)立地選択行動

家計はより高い期待効用水準を達成できるゾーンへ立地しようとする．包括的期待効用水準 v は，どのゾーンにいつからいつまで立地するかをコントロールして，各ゾーンに立地する期間の通時的効用水準の合計を最大にするように決定される．

$$v = \max_{\{T^j_{s(k)}\}_{k\in K}, \{T^j_{d(k)}\}_{k\in K}} \sum_{k=1}^{} \frac{V^j(k)}{(1+\rho)^{T^j_{s(k)}}} \tag{4}$$

(3)地主

地主も自然災害に対して回避的な行動をとるとすると，家計と同様に期待効用最大化問題として定式化できる[6]．地主は初期時点で家屋を建設するかどうかを決定した上で，通時的期待効用水準を最大化することとして，動学的供給問題として定式化する．

a)最適供給行動

<u>家屋を建設する場合</u>

地主が家屋を建設する場合，土地と家屋を家計に対して貸す．地主の行動，資産蓄積過程は以下のように定式化できる．

$$V_{LB}{}^j = \max_{q^j, s^j, \{H^j_i\}_{i\in I}, \{L^j_i\}_{i\in I}} \int_0^\infty \sum_{i\in I} \phi^j_i(t) u\left(B^j(t), q_H{}^j(t), q_E{}^j(t)\right)\exp(-\rho t)dt \tag{5.a}$$

$s.t.$

（$t \neq 0$の場合）

$$\dot{B}^j(t) = \sum_{i\in I} \phi^j_i(t) C^j_i(t) L^j_i(t) - \delta_B B^j(t-1) - \sum_{i\in I} \phi^j_i(t) \xi_{B_i}{}^j B^j(t-1) \tag{5.b}$$

$$\dot{W}^j(t) = \gamma(t) W^j(t-1) + \sum_{i\in I} \phi^j_i(t) \begin{bmatrix} H_{B_i}{}^j(t) + R_{H_i}{}^j(t) q_H{}^j(t) + R_{E_i}{}^j(t) q_E{}^j(t) \\ - h_B{}^j(t) - C^j_i(t) L^j_i(t) \end{bmatrix} - \rho B^j(0) \tag{5.c}$$

（$t = 0$の場合）

$$B^j(t) = B^j(0) = C^j_i(0) L^j_i(0) \tag{5.d}$$

$$W^j(t) = -B^j(0) \tag{5.e}$$

ただし，v^j_{LB} ：家屋を建設する場合の地主の通時的期待効用水準，B^j ：地主の家屋資産，W^j ：地主の貯蓄，C^j_i ：地主の家屋建設費，L^j_i ：地主の家屋建設量，δ_B ：家屋資産の減価償却率，ξ_B ：家屋資産の被害率

<u>家屋を建設しない場合</u>

地主が家屋を建設しない場合には土地のみを家計に貸すことになる．したがって，資産形成を行うのは貯蓄のみであるため，以下のように定式化できる．

$$v_{LN}{}^j = \max_{q^j, s^j, \{H^j_i\}_{i\in I}} \int_0^\infty \sum_{i\in I} \phi^j_i(t) u\left(q_E{}^j(t)\right)\exp(-\rho t)dt \tag{6.a}$$

$s.t.$

（$t \neq 0$の場合）

$$\dot{W}^j(t) = \gamma(t) W^j(t-1) + \sum_{i\in I} \phi^j_i(t) R_E{}^j(t) q_E{}^j(t) \tag{6.b}$$

（$t = 0$の場合）

$$W^j(t) = 0 \tag{6.c}$$

b)家屋建設選択行動

地主は最適供給行動の結果より，家屋を建設するか否かを選択する．これをロジットモデルで定式化する．

$$p_L{}^j = \frac{\exp\left(\theta \cdot v_{LB}{}^j\right)}{\exp\left(\theta \cdot v_{LB}{}^j\right) + \exp\left(\theta \cdot v_{LN}{}^j\right)} \tag{7.a}$$

$$V_L{}^j = \frac{1}{\theta} \ln\left\{\exp\left(\theta \cdot v_{LB}{}^j\right) + \exp\left(\theta \cdot v_{LN}{}^j\right)\right\} \tag{7.b}$$

ただし，$p_L{}^j$ ：地主の家屋建設確率，θ ：パラメータ，$V_L{}^j$ ：地主の通時的期待効用水準

(4)保険会社

保険会社は，ゾーン別の家計と地主から保険料を徴収し，状態に応じて保険金を支払う．保険を契約するのは家計と地主であり，保険の対象となるのはそれぞれが持つ物的動産と家屋資産である．保険料や保険金は効率的な保険市場を仮定しており，地域全体において毎期その条件を満たすものとする．保険会社の行動は以下のように利潤最大化問題として定式化する．

<u>地主が家屋を建設する場合</u>

地主が家屋を建設する場合，地主と保険会社との間で家屋資産に対する保険が契約される．また，家計も物的動産に対する保険契約を結ぶ．

$$\pi^j(t) = \max_{\{B^j, s^j\}_{j\in J}} \sum_{j\in J} \begin{bmatrix} B^j(t)\left(h_B{}^j(t) - \sum_{i\in I} \phi^j_i(t) H_{B_i}{}^j(t)\right) \\ + s^j(t)\left(h_s{}^j(t) - \sum_{i\in I} \phi^j_i(t) H_{R_i}{}^j(t)\right) \end{bmatrix} \tag{8.a}$$

$$s.t.\ h_B{}^j(t) + h_R{}^j(t) - \sum_{i\in I} \phi^j_i(t)\left(H_{B_i}{}^j(t) + H_{R_i}{}^j(t)\right) \geq 0 \tag{8.b}$$

<u>家計が家屋を建設する場合</u>

家計が家屋を建設する場合，家計と保険会社との間で家屋資産と物的動産に対する保険が契約される．地主と保険会社との間の保険契約はない．

$$\pi^j(t) = \max_{\{b^j, s^j\}_{j\in J}} \sum_{j\in J} \begin{bmatrix} b^j(t)\left[h_b{}^j(t) - \sum_{i\in I} \phi^j_i(t) H_{b_i}{}^j(t)\right] \\ + s^j(t)\left[h_s{}^j(t) - \sum_{i\in I} \phi^j_i(t) H_{s_i}{}^j(t)\right] \end{bmatrix} \tag{9.a}$$

$$s.t.\ h_b{}^j(t) + h_s{}^j(t) - \sum_{i\in I} \phi^j_i(t)\left[H_{b_i}{}^j(t) + H_{s_i}{}^j(t)\right] \geq 0 \tag{9.b}$$

(5)均衡条件

本モデルにおける均衡は，保険市場，土地・家屋市場および各種財市場によって定義される．

4.最大値原理による解法

家計の動学的立地均衡問題を最大値原理を用いて解く．代表として，家計が家屋を建設した場合で定式化する．まず，ハミルトニアンを以下のように定義する．

$$H^j = \begin{bmatrix} u\left(b^j(t), s^j(t), z^j_i(t), q_E{}^j(t), Q^j_i(t)\right) \\ + \lambda^j_1\left[\sum_{i\in I} \phi^j_i c^j_i(t) l^j_i(t) - \delta_b b^j(t-1) - \sum_{i\in I} \phi^j_i \xi_{b_i}{}^j b^j(t-1)\right] \\ + \lambda^j_2\left[\sum_{i\in I} \phi^j_i p^j_i(t) x^j_i(t) - \delta_s s^j(t-1) - \sum_{i\in I} \phi^j_i \xi_{s_i}{}^j s^j(t-1)\right] \\ + \lambda^j_3\begin{bmatrix} r(t) w^j(t-1) - \rho c^j_i(T^j_c) l^j_i(T^j_c) \\ + \sum_{i\in I} \phi^j_i \begin{Bmatrix} Y^j_i(t) + H_{b_i}{}^j(t) + H_{s_i}{}^j(t) - z^j_i(t) - R_{E_i}{}^j(t) q_{E_i}{}^j(t) \\ - h_b{}^j(t) - h_s{}^j(t) - p^j_i(t) x^j_i(t) - c^j_i(t) l^j_i(t) \end{Bmatrix} \end{bmatrix} \end{bmatrix} \exp(-\rho t) \tag{10}$$

ただし，$\lambda_1^t, \lambda_2^t, \lambda_3^t$ ：共役変数

$$\frac{\partial H^t}{\partial z}=\frac{\partial u}{\partial z}-\lambda_3^t=0 \tag{11.a}$$

$$\frac{\partial H^t}{\partial q}=\frac{\partial u}{\partial q}-\lambda_3^t R_E{}^j(t)=0 \tag{11.b}$$

$$\frac{\partial H^t}{\partial x}=\frac{\partial u}{\partial x}-\lambda_2^t\sum_{i\in I}\phi_i^j p_i^j(t)=0 \tag{11.c}$$

$$\frac{\partial H^t}{\partial h_b}=\frac{\partial u}{\partial h_b}-\lambda_3^t=0 \tag{11.d}$$

$$\frac{\partial H^t}{\partial h_s}=\frac{\partial u}{\partial h_s}-\lambda_3^t=0 \tag{11.e}$$

$$\frac{\partial H^t}{\partial H_b}=\frac{\partial u}{\partial H_b}+\lambda_3^t=0 \tag{11.f}$$

$$\frac{\partial H^t}{\partial H_s}=\frac{\partial u}{\partial H_s}+\lambda_3^t=0 \tag{11.g}$$

$$\frac{\partial H^t}{\partial l}=\frac{\partial u}{\partial l}-\lambda_1^t\sum_{i\in I}\phi_i^j c_i^j(t)-\lambda_3^t\left\{\sum_{i\in I}\phi_i^j c_i^j(t)+\rho c_i^j\left(T_s{}^j\right)\right\}=0 \tag{11.h}$$

$$\frac{\partial H^t}{\partial \lambda_1^t}=\sum_{i\in I}\phi_i^j c_i^j(t) l_i^j(t)-\delta_b b^j(t-1)-\sum_{i\in I}\phi_i^j \xi_{bi}{}^j b^j(t-1) \tag{12.a}$$

$$\frac{\partial H^t}{\partial \lambda_2^t}=\sum_{i\in I}\phi_i^j p_i^j(t) x_i^j(t)-\delta_s s^j(t-1)-\sum_{i\in I}\phi_i^j \xi_{si}{}^j s^j(t-1) \tag{12.b}$$

$$\begin{aligned}\frac{\partial H^t}{\partial \lambda_3^t}&=\gamma(t)w^j(t-1)-\rho c_i^j\left(T_s{}^j\right) l_i^j\left(T_s{}^j\right)\\&\quad+\sum_{i\in I}\phi_i^j\begin{bmatrix}Y_i{}^j(t)+H_{bi}{}^j(t)+H_{si}{}^j(t)-z_i^j(t)-R_E{}^j(t)q_E{}^j(t)\\-h_b{}^j(t)-h_s{}^j(t)-p_i^j(t)x_i^j(t)-c_i^j(t)l_i^j(t)\end{bmatrix}\end{aligned} \tag{12.c}$$

$$\dot{\lambda}_1^t-\rho\lambda_1^t=-\frac{\partial H^t}{\partial b}=\lambda_1^t\left(\delta_b+\sum_{i\in I}\phi_i^j\xi_{bi}^j\right) \tag{13.a}$$

$$\dot{\lambda}_2^t-\rho\lambda_2^t=-\frac{\partial H^t}{\partial s}=\lambda_2^t\left(\delta_s+\sum_{i\in I}\phi_i^j\xi_{si}^j\right) \tag{13.b}$$

$$\dot{\lambda}_3^t-\rho\lambda_3^t=-\frac{\partial H^t}{\partial w}=-\lambda_3^t\gamma(t) \tag{13.c}$$

$$\lim_{t\to\infty}\lambda_1^t b^j(t)\exp(-\rho t)=0 \tag{14.a}$$

$$\lim_{t\to\infty}\lambda_2^t s^j(t)\exp(-\rho t)=0 \tag{14.b}$$

$$\lim_{t\to\infty}\lambda_3^t w^j(t)\exp(-\rho t)=0 \tag{14.c}$$

式(11.a)〜(11.h)は，ハミルトニアン最大化の一階条件，式(12.a)〜(12.c)，(13.a)〜(13.c)はハミルトニアン・ダイナミクス条件，式(14.a)〜(14.c)は横断性条件を表している．

まず，ハミルトニアン最大化の条件のうち，式(11.a)〜(11.c)の合成財，借地量，物的動産購入量については，限界効用が各々の価格に共役変数を乗じたものに等しくなるという条件を表している．

式(11.d)〜(11.g)の保険についても同様の条件を表している．ただし，価格ではなく保険のランクに共役変数を乗じたものに限界効用が等しくなる．すなわち，より高いランクの保険に加入すればその保険料も高くなるが，自然災害に直面したときに受け取ることの出来る保険金もより高くなる．

本モデルでは家屋建設にかかる費用は毎期割り引いたものを支払っていくものとしている．よって式(11.h)については，限界効用が自然災害で被害を受けた家屋の修復費と割り引かれた家屋建設費に共役変数を乗じたものと等しくなることを表している．すなわち，家計は自然災害によって家屋が被害を受けることを想定し，その修復費を支払うことによる損失をなるべく回避するように，家屋建設量を決定することを表している．

式(12.a)〜(12.c)は資本蓄積方程式そのものであり，資本の時間的変化を規定している．

式(13.a)〜(13.c)は，資本の帰属価値の時間変化を表す．すなわち，資本投資の帰属価値が，ハミルトニアンに対する資本ストックの限界的な貢献を埋め合わせるように下落していくことを意味している．この意味としては，まず，投資により資本が蓄積されれば次期の消費が増加するためハミルトン関数は高まると言える．しかし一方で，資本市場では資本供給量が増加するため資本の価値自身は低下することになり，この資本価値の低下が，先の資本ストック増加によるハミルトニアンの限界的増分と一致するように変化していくことを表している．

式(14.a)〜(14.c)は横断性条件と呼ばれるものである．これは，無限遠の資本の帰属現在価値がゼロとなることを要請したものである．もし，無限遠においてまだ資本の価値が残っているとしたら，それは，それまでの消費が効率的になされなかったことを示しており，そのような動学的不効率を排除するための条件である．

6.おわりに

本稿では家計の消費行動を長期的なものとすることで，動学的立地均衡モデルの開発を行った．しかしながらこの問題を解くためには様々な問題を抱えている．発表時には簡単な数値シミュレーションの結果を紹介したい．

【参考文献】

1) 髙木朗義・森杉壽芳・上田孝行・西川幸雄・佐藤尚；立地均衡モデルを用いた治水投資の便益評価手法に関する研究，土木計画学論文集 No.13，1996.

2) 上田孝行・髙木朗義；災害脆弱地区における住環境改善の便益帰着分析，土木計画学災害リスク小委員会研究会資料，2000.

3)横松宗太・小林潔司；防災投資による物的被害リスクの軽減便益，ARSC 全国大会発表会資料，1999.

4)前川俊一；家計の住み替え行動に関する理論的分析と不動産税の効果，ARSC 全国大会発表会資料，1999.

5)上田孝行・髙木朗義；災害脆弱地区における都市整備促進施設とその効果に関する研究，土木学会論文集(投稿中).

6)酒井泰弘：不確実性の経済学，有斐閣，1982.