SCGEモデルによる
東日本大震災の経済的被害計測

武藤　慎一[1]・青木　優[2]・森杉　壽芳[3]・上泉　俊雄[4]・桐越　信[5]

[1]正会員　博(工)　山梨大学准教授　大学院医学工学総合研究部（〒400-0008 山梨県甲府市武田4-3-11）
E-mail: smutoh@yamanashi.ac.jp
[2]修(経)　(財)日本総合研究所主任研究員　特別研究本部（〒102-0082 東京都千代田区一番町10-2 一番町Mビル）
[3]正会員　工博　日本大学教授　総合科学研究所（〒102-8251 東京都千代田区五番町12-5）
[4](財)日本総合研究所主任研究員　特別研究本部（〒102-0082 東京都千代田区一番町10-2 一番町Mビル）
[5]正会員　工博　(社)雪センター副理事長（〒103-0012 東京都中央区日本橋堀留町1-3-17 日本橋三洋ビル）

東日本大震災では多くの資本ストックが失われるとともに，社会基盤もひどく毀損した．それら資本ストックの毀損額については，内閣府から推計結果が公表されている．しかし，その経済的被害を評価，計測する場合には，資本ストックの毀損によって企業の生産活動や家計の消費活動が実際にはどのような影響を受けたのかに着目すべきであると考えられる．そこで本研究では，東日本大震災における民間資本ストックの毀損，社会資本ストックの毀損，サプライチェーンの毀損がもたらした経済的影響をSCGEモデルにおいて表現し，経済的被害の計測を行う．

Key Words : *Tohoku earthquake,macro economic influence, SCGE model,welfare metrics*

1.　はじめに

2011年3月11日に発生した東日本大震災では，多くの人命が失われるとともに，家屋，工場等の建築物，設備機械，社会基盤などの資本ストックも甚大な被害を受けた．警察庁の発表によれば2012年5月時点で，死者数15,858人，行方不明者数3,057人，また資本ストックの直接被害額は，内閣府（防災担当）により16.9兆円にのぼるとの結果が示されている．**表-1**は，内閣府（防災担当）が2011年6月に資本ストック被害額について公表した際の記者発表資料であり，それには同年3月に速報的に示された内閣府（経済財政分析担当）の推計結果および阪神・淡路大震災の推計結果も参考までに示されている．これらの資本ストック被害は，その保有者の資産を減少させるとともに，資本を投入して生産していた企業の生産活動や，その企業が生産する財を消費していた家計の消費活動など，マクロ経済的影響をもたらす．そして，それは東北地域だけにとどまらず，交易や交流を通じて他地域の企業や家計にも波及的な影響を生じさせる．また，道路や橋梁等の社会基盤の毀損は，直接的に交易や交流へ影響をもたらし，例え設備機械等の被害が小さかったとしても，原材料が調達できない，生産した製品が出荷できない，などといった影響を生じさせることになる．

表-1　東日本大震災の資本ストック被害額の推計結果

（単位：兆円）

項目	東日本大震災（内閣府(防災担当)）2011.6.24	東日本大震災（内閣府(経済財政分析担当)）2011.3.23	阪神・淡路大震災（国土庁）
建築物等（住宅・宅地，店舗・事務所，工場，機械等）	10.4	11～20	6.3
ライフライン施設（水道，ガス，電気，通信・放送施設）	1.3	1	0.6
社会基盤施設（河川，道路，港湾，下水道，空港等）	2.2	2	2.2
農林水産関係（農地・農業用施設，林野，水産関係施設等）	1.9	2	0.5
その他（文教施設，保健医療・福祉関係施設，廃棄物処理施設，その他公共施設等）	1.1		
総計	16.9	16～25	9.6

※出所：内閣府(防災担当)「東日本大震災における被害額の推計について」記者発表資料（平成23年6月24日）より．数値は概数である．

そのため，東日本大震災をはじめ自然災害の経済的被害を計測する場合には，社会基盤を含む資本ストックの毀損によって実際に企業の生産活動や家計の消費活動がどのような影響を受けたのかに着目すべきであると思われる．そこで本研究では，東日本大震災における民間資本ストックの毀損，社会資本ストックの毀損，サプライチェーンの毀損がもたらした経済的影響を空間的応用一

般均衡（SCGE：Spatial Computable General Equilibrium）モデルにおいて表現し，経済的被害額の計測を行う．SCGEモデルとは，地域ごとの経済取引が一般均衡体系によってモデル化され，さらに地域間取引すなわち交易もモデル化されている点に特徴がある．これにより，資本ストックの損壊が東北地域にもたらすマクロ経済的影響だけでなく，交易を通じて他地域に及ぼす影響まで評価することが可能となる．

2.　SCGEモデルの構造

(1)　既存研究の整理

SCGEモデルは，元々地域間の道路整備が交易を活性化させることで生じるマクロ経済的効果を計測することを目的に，CGEモデルを空間的に拡張して開発された経済均衡モデルである（Bröcker[1]，宮城・本部[2]など）．このSCGEモデルを用いて，地震等の災害が交易など地域間の経済取引の影響を通じて生じる波及的被害を評価している研究に，小池・上田[3]，多々納・土屋[4]がある．また，SCGEモデルにより東日本大震災の発生に伴うマクロ経済的影響を評価したものに，林山・阿部・坂本[5]，山崎・落合[6]がある．

本研究では，筆者らが「Barro型CES関数を用いたSCGEモデル」として開発してきたSCGEモデルを用いて，東日本大震災のマクロ経済的影響の評価を行う．本SCGEモデルの特徴，開発経緯などは，武藤ら[7]，武藤・桐越[8]を参照されたい．

(2)　SCGEモデルの概要

本SCGEモデルは，日本を①北海道，②東北，③関東，④中部，⑤近畿，⑥中国，⑦四国，⑧九州，⑨沖縄の9地域に分割した社会経済を対象とする．これは，経済産業省により公表されている9地域間産業連関表[9]の地域区分に準じている．そして，各地域には，企業（ここでは23の産業部門を想定する），家計，政府，投資部門が存在し，基本的には企業は家計が提供する労働，資本からなる生産要素を投入して財，サービスを生産し，それを家計，政府，投資部門が消費するという経済活動が営まれているとする（図-1）．なお，この財，サービスは，他地域の企業からも交易を通じて消費できる．それに加え本SCGEモデルは，生産要素の地域間でのやりとりも考慮することとした．これにより，設備機械を（資本金という形で）他地域に貸し出しそのレントを獲得する行動や，地域外への労働供給もここでは表現できることになる．日本以外の地域については海外部門を考慮し，海外部門とは輸出，輸入によって経済取引を行っているとする．

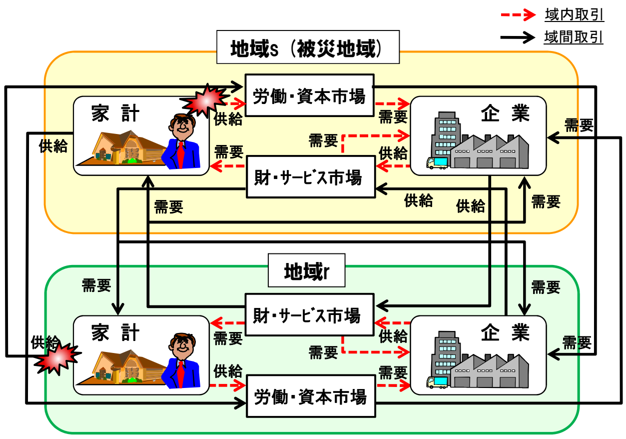

図-1　SCGEモデルの全体構成

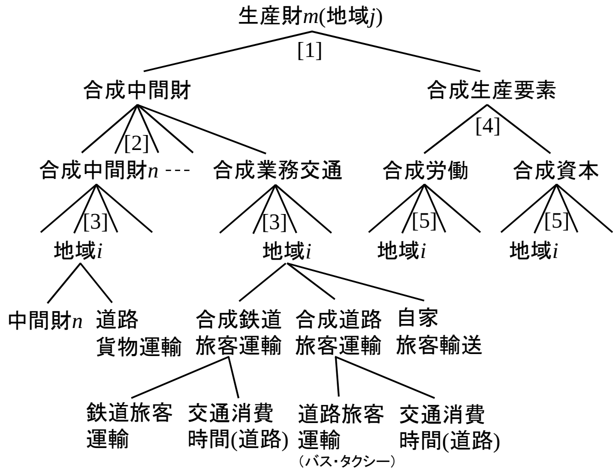

図-2　企業の行動モデル

以上のSCGEモデルにおいて，東日本大震災の影響は他地域からのものも含め，被災地に供給されていた資本ストックが大震災と津波により損壊したとする．その資本ストックの損壊は，被災地に資本を供給していた家計の保有資産を減少させるとともに，被災地への資本供給量も減少させる．それが資本市場を介して，企業の生産活動に影響を与え，さらに財・サービス市場を介して家計や他の企業へも波及的に影響をもたらすことになる．こうした影響を本SCGEモデルで計測する．

(3)　企業の行動モデル

企業の行動モデルは，標準的なCGEモデルと同様，階層的にモデル化する．図-2には地域jにて財mを生産する企業行動モデルの階層構造を示した．

[1]では合成中間財と合成生産要素を投入して生産財mを生産し，[2]では財別の合成中間財nを投入して[1]の合成中間財を生産する．なお，合成生産要素投入に対し，間接税が税率τ_m^jで賦課され，また，財nには旅客運輸すなわち合成業務交通が含まれているとする．続いて，[3]では合成中間財nの地域別投入量を決定し，さらに本SCGEモデルではその中間財の投入には貨物運輸（ここ

では道路貨物運輸のみ対象）の投入が必要であるとした（図-2 [4]）．一方，合成業務交通は，地域別投入量の決定，すなわち業務トリップの目的地選択を行った後，[5]にて交通機関別の合成旅客運輸の投入量を決定し，[6]にて鉄道旅客と道路旅客については当該運輸サービスと交通時間の投入量をそれぞれ決定する．なお，交通機関には自家旅客輸送を含んでいる．すなわち，企業が自身で自動車を保有し，それを運転して行う業務交通は，ここではすべて自家旅客運輸部門という独立した仮想企業が提供すると考えている．

続いて，合成生産要素に関しては，[8]で合成労働と合成資本を投入して合成生産要素を生産し，[9]で合成労働，合成資本について，それぞれ地域i別投入量を決定する．

以上の企業の行動モデルをBarro型CES関数に基づく生産技術制約下で費用を最小化するように行動するものとして定式化する．各段階の行動モデルは以下のとおりである．

[1] 合成中間財 z_m^j と合成生産要素 cf_m^j の投入

1) 費用最小化問題

$$p_m^j y_m^j = \min_{z_m^j, cf_m^j} \left[q_m^j z_m^j + \left\{1+\tau_m^j\right\} pf_m^j cf_m^j \right] \tag{1a}$$

$$\text{s.t.}\, y_m^j = \gamma_{Zm}^j \left[\alpha_m^j \left\{\beta_m^j z_m^j\right\}^{\frac{\sigma_{Zm}^j - 1}{\sigma_{Zm}^j}} + \left(1-\alpha_m^j\right)\left\{\left(1-\beta_m^j\right) cf_m^j\right\}^{\frac{\sigma_{Zm}^j - 1}{\sigma_{Zm}^j}} \right]^{\frac{\sigma_{Zm}^j}{\sigma_{Zm}^j - 1}} \tag{1b}$$

2) 需要関数

$$z_m^j = \frac{1}{\gamma_{Zm}^j \left(\beta_m^j\right)^{1-\sigma_{Zm}^j}} \left(\frac{\alpha_m^j}{q_m^j}\right)^{\sigma_{Zm}^j} \Psi_{Zm}^{j\ \frac{\sigma_{Zm}^j}{1-\sigma_{Zm}^j}} y_m^j \tag{2a}$$

$$cf_m^j = \frac{1}{\gamma_{Zm}^j \left(1-\beta_m^j\right)^{1-\sigma_{Zm}^j}} \left(\frac{1-\alpha_m^j}{\left\{1+\tau_m^j\right\} pf_m^j}\right)^{\sigma_{Zm}^j} \Psi_{Zm}^{j\ \frac{\sigma_{Zm}^j}{1-\sigma_{Zm}^j}} y_m^j \tag{2b}$$

ただし，

$$\Psi_{Zm}^j = \left(\alpha_m^j\right)^{\sigma_{Zm}^j} \left(\frac{q_m^j}{\beta_m^j}\right)^{1-\sigma_{Zm}^j} + \left(1-\alpha_m^j\right)^{\sigma_{Zm}^j} \left(\frac{\left\{1+\tau_m^j\right\} pf_m^j}{1-\beta_m^j}\right)^{1-\sigma_{Zm}^j}.$$

3) 財価格

$$p_m^j = \frac{1}{\gamma_{Zm}^j} \Psi_{Zm}^{j\ \frac{1}{1-\sigma_{Zm}^j}} \tag{3}$$

ただし，z_m^j, cf_m^j：地域jの企業mが投入する合成中間財投入量および合成生産要素投入量，q_m^j, pf_m^j：それぞれz_m^j, cf_m^jの価格，τ_m^j：間接税率（固定），$\alpha_m^j, \beta_m^j, \gamma_{Zm}^j$：パラメータ，$\sigma_{Zm}^j$：代替弾力性パラメータ，$y_m^j$：財$m$の生産量，$p_m^j$：地域$j$の$m$財価格．

[2] 財別の合成中間財n z_{nm}^j の投入

1) 費用最小化問題

$$q_m^j z_m^j = \min_{z_{nm}^j} \sum_n q_{nm}^j z_{nm}^j \tag{4a}$$

$$\text{s.t.}\, z_m^j = \gamma_m^j \left[\sum_n \alpha_{nm}^j \left\{\beta_{nm}^j z_{nm}^j\right\}^{\frac{\sigma_m^j - 1}{\sigma_m^j}} \right]^{\frac{\sigma_m^j}{\sigma_m^j - 1}} \tag{4b}$$

2) 需要関数

$$z_{nm}^j = \frac{1}{\gamma_m^j \left(\beta_{nm}^j\right)^{1-\sigma_m^j}} \left(\frac{\alpha_{nm}^j}{q_{nm}^j}\right)^{\sigma_m^j} \Psi_m^{j\ \frac{\sigma_m^j}{1-\sigma_m^j}} z_m^j \tag{5}$$

ただし，$\Psi_m^j = \sum_n \left(\alpha_{nm}^j\right)^{\sigma_m^j} \left(\frac{q_{nm}^j}{\beta_{nm}^j}\right)^{1-\sigma_m^j}$ ．

3) 財価格

$$q_m^j = \frac{1}{\gamma_m^j} \Psi_m^{j\ \frac{1}{1-\sigma_m^j}} \tag{6}$$

ただし，z_{nm}^j：地域jの企業mが投入する合成中間財n投入量，q_{nm}^j：z_{nm}^jの価格，$\alpha_{nm}^j, \beta_{nm}^j, \gamma_m^j$：パラメータ（$0 \le \alpha_{nm}^j \le 1, 0 \le \beta_{nm}^j \le 1$），$\sigma_m^j$：代替弾力性パラメータ，$z_m^j, q_m^j$：合成中間財の投入量（[1]にて導出）とその価格．

[3]合成中間財nの地域i別投入量 z_{nm}^{ij} の決定

1) 費用最小化問題

$$q_{nm}^j z_{nm}^j = \min_{z_{nm}^{ij}} \sum_i q_{nm}^{ij} z_{nm}^{ij} \tag{7a}$$

$$\text{s.t.}\, z_{nm}^j = \gamma_{nm}^j \left[\sum_i \alpha_{nm}^{ij} \left\{\beta_{nm}^{ij} z_{nm}^{ij}\right\}^{\frac{\sigma_{nm}^j - 1}{\sigma_{nm}^j}} \right]^{\frac{\sigma_{nm}^j}{\sigma_{nm}^j - 1}} \tag{7b}$$

2) 需要関数

$$z_{nm}^{ij} = \frac{1}{\gamma_{nm}^j \left(\beta_{nm}^{ij}\right)^{1-\sigma_{nm}^j}} \left(\frac{\alpha_{nm}^{ij}}{q_{nm}^{ij}}\right)^{\sigma_{nm}^j} \Psi_{nm}^{j\ \frac{\sigma_{nm}^j}{1-\sigma_{nm}^j}} z_{nm}^j \tag{8}$$

ただし，$\Psi_{nm}^j = \sum_i \left(\alpha_{nm}^{ij}\right)^{\sigma_{nm}^j} \left(\frac{q_{nm}^{ij}}{\beta_{nm}^{ij}}\right)^{1-\sigma_{nm}^j}$ ．

3) 財価格

$$q_{nm}^j = \frac{1}{\gamma_{nm}^j} \Psi_{nm}^{j\ \frac{1}{1-\sigma_{nm}^j}} \tag{9}$$

ただし，z_{nm}^{ij}：地域jの企業mが地域iから投入する合成中間財nの投入量，q_{nm}^{ij}：z_{nm}^{ij}の価格，$\alpha_{nm}^{ij}, \beta_{nm}^{ij}, \gamma_{nm}^j$：パラメータ（$0 \le \alpha_{nm}^{ij} \le 1, 0 \le \beta_{nm}^{ij} \le 1$），$\sigma_{nm}^j$：代替弾力性パラメータ，$z_{nm}^j, q_{nm}^j$：合成中間財$n$の投入量（[2]にて導出）とその価格．

[4]中間財n x_{nm}^{ij} と道路貨物運輸 x_{Fm}^{ij} の投入

1) 費用最小化問題

$$q_{nm}^{ij} z_{nm}^{ij} = \min_{x_{nm}^{ij},\, x_{Fm}^{ij}} \left[p_n^i x_{nm}^{ij} + p_F^i x_{Fm}^{ij} \right] \tag{10a}$$

$$\text{s.t. } z_{nm}^{ij} = \gamma_{nm}^{ij} \left[\left(1-\alpha_{Fm}^{ij}\right) \left\{ \left(1-\beta_{Fm}^{ij}\right) x_{nm}^{ij} \right\}^{\frac{\sigma_{nm}^{ij}-1}{\sigma_{nm}^{ij}}} + \alpha_{Fm}^{ij} \left\{ \beta_{Fm}^{ij} x_{Fm}^{ij} \right\}^{\frac{\sigma_{nm}^{ij}-1}{\sigma_{nm}^{ij}}} \right]^{\frac{\sigma_{nm}^{ij}}{\sigma_{nm}^{ij}-1}} \tag{10b}$$

2) 需要関数

$$x_{nm}^{ij} = \frac{1}{\gamma_{nm}^{ij} \left(1-\beta_{Fm}^{ij}\right)^{1-\sigma_{nm}^{ij}}} \left(\frac{1-\alpha_{Fm}^{ij}}{p_n^i} \right)^{\sigma_{nm}^{ij}} \Psi_{Fm}^{ij\ \frac{\sigma_{nm}^{ij}}{1-\sigma_{nm}^{ij}}} z_{nm}^{ij} \tag{11a}$$

$$x_{Fm}^{ij} = \frac{1}{\gamma_{nm}^{ij} \left(\beta_{Fm}^{ij}\right)^{1-\sigma_{nm}^{ij}}} \left(\frac{\alpha_{Fm}^{ij}}{p_F^i} \right)^{\sigma_{nm}^{ij}} \Psi_{Fm}^{ij\ \frac{\sigma_{nm}^{ij}}{1-\sigma_{nm}^{ij}}} z_{nm}^{ij} \tag{11b}$$

ただし,

$$\Psi_{Fm}^{ij} = \left(1-\alpha_{Fm}^{ij}\right)^{\sigma_{nm}^{ij}} \left(\frac{p_n^i}{1-\beta_{Fm}^{ij}} \right)^{1-\sigma_{nm}^{ij}} + \left(\alpha_{Fm}^{ij}\right)^{\sigma_{nm}^{ij}} \left(\frac{q_{Fm}^{ij}}{\beta_{Fm}^{ij}} \right)^{1-\sigma_{nm}^{ij}} .$$

3) 財価格

$$q_{nm}^{ij} = \frac{1}{\gamma_{nm}^{ij}} \Psi_{Fm}^{ij\ \frac{1}{1-\sigma_{nm}^{ij}}} \tag{12}$$

ただし, x_{nm}^{ij}, x_{Fm}^{ij} ：地域jの企業mが地域iから投入する中間財n投入量および道路貨物運輸投入量, p_n^i, p_F^i ：それぞれ地域iのn財価格と道路貨物運輸価格, $\alpha_{Fm}^{ij}, \beta_{Fm}^{ij}, \gamma_{nm}^{ij}$ ：パラメータ, σ_{nm}^{ij} ：代替弾力性パラメータ, z_{nm}^{ij}, q_{nm}^{ij} ：合成中間財nの地域iからの投入量（[3]にて導出）とその価格.

続いて業務交通は，[1]から[3]までは上に示したものと同じであり，それ以降の定式化を以下に示す.

[5] 交通機関s別旅客運輸 $z_{P_s m}^{ij}$ の投入

1) 費用最小化問題

$$q_{Pm}^{ij} z_{Pm}^{ij} = \min_{z_{P_s m}^{ij}} \sum_s q_{P_s m}^{ij} z_{P_s m}^{ij} \tag{13a}$$

$$\text{s.t. } z_{Pm}^{ij} = \gamma_{Pm}^{ij} \left[\sum_s \alpha_{P_s m}^{ij} \left\{ \beta_{P_s m}^{ij} z_{P_s m}^{ij} \right\}^{\frac{\sigma_{Pm}^{ij}-1}{\sigma_{Pm}^{ij}}} \right]^{\frac{\sigma_{Pm}^{ij}}{\sigma_{Pm}^{ij}-1}} \tag{13b}$$

2) 需要関数

$$z_{P_s m}^{ij} = \frac{1}{\gamma_{Pm}^{ij} \left(\beta_{P_s m}^{ij}\right)^{1-\sigma_{Pm}^{ij}}} \left(\frac{\alpha_{P_s m}^{ij}}{q_{P_s m}^{ij}} \right)^{\sigma_{Pm}^{ij}} \Psi_{Pm}^{ij\ \frac{\sigma_{Pm}^{ij}}{1-\sigma_{Pm}^{ij}}} z_{Pm}^{ij} \tag{14}$$

ただし, $\Psi_{Pm}^{ij} = \sum_s \left(\alpha_{P_s m}^{ij}\right)^{\sigma_{Pm}^{ij}} \left(\frac{q_{P_s m}^{ij}}{\beta_{P_s m}^{ij}} \right)^{1-\sigma_{Pm}^{ij}}$.

3) 財価格

$$q_{Pm}^{ij} = \frac{1}{\gamma_{Pm}^{ij}} \Psi_{Pm}^{ij\ \frac{1}{1-\sigma_{Pm}^{ij}}} \tag{15}$$

ただし, $z_{P_s m}^{ij}$ ：地域jの企業mが地域iから投入する交通機関sの合成旅客運輸投入量, $q_{P_s m}^{ij}$ ： $z_{P_s m}^{ij}$ の価格, $\alpha_{P_s m}^{ij}, \beta_{P_s m}^{ij}, \gamma_{Pm}^{ij}$ ：パラメータ（$0 \le \alpha_{P_s m}^{ij} \le 1, 0 \le \beta_{P_s m}^{ij} \le 1$）, σ_{Pm}^{ij} ：代替弾力性パラメータ, z_{Pm}^{ij}, q_{Pm}^{ij} ：合成旅客運輸投入量（[3]にて導出）とその価格.

[6] 交通機関sの旅客運輸 $x_{P_s m}^{ij}$ と交通消費時間 $l_{P_s m}^{ij}$ の投入

1) 費用最小化問題

$$q_{P_s m}^{ij} z_{P_s m}^{ij} = \min_{z_{P_s m}^{ij},\, l_{P_s m}^{ij}} \left[p_{P_s}^i x_{P_s m}^{ij} + w_H^j l_{P_s m}^{ij} \right] \tag{16a}$$

$$\text{s.t. } z_{P_s m}^{ij} = \gamma_{P_s m}^{ij} \left[\left(1-\alpha_{l_s m}^{ij}\right) \left\{ \left(1-\beta_{l_s m}^{ij}\right) x_{P_s m}^{ij} \right\}^{\frac{\sigma_{P_s m}^{ij}-1}{\sigma_{P_s m}^{ij}}} + \alpha_{l_s m}^{ij} \left\{ \beta_{l_s m}^{ij} l_{P_s m}^{ij} \right\}^{\frac{\sigma_{P_s m}^{ij}-1}{\sigma_{P_s m}^{ij}}} \right]^{\frac{\sigma_{P_s m}^{ij}}{\sigma_{P_s m}^{ij}-1}} \tag{16b}$$

2) 需要関数

$$z_{P_s m}^{ij} = \frac{1}{\gamma_{P_s m}^{ij} \left(1-\beta_{l_s m}^{ij}\right)^{1-\sigma_{P_s m}^{ij}}} \left(\frac{1-\alpha_{l_s m}^{ij}}{p_{P_s}^i} \right)^{\sigma_{P_s m}^{j}} \Psi_{P_s m}^{ij\ \frac{\sigma_{P_s m}^{j}}{1-\sigma_{P_s m}^{j}}} z_{P_s m}^{ij} \tag{17a}$$

$$l_{P_s m}^{ij} = \frac{1}{\gamma_{P_s m}^{ij} \left(\beta_{l_s m}^{ij}\right)^{1-\sigma_{P_s m}^{ij}}} \left(\frac{1-\alpha_{l_s m}^{ij}}{w_H^j} \right)^{\sigma_{P_s m}^{ij}} \Psi_{P_s m}^{ij\ \frac{\sigma_{P_s m}^{ij}}{1-\sigma_{P_s m}^{ij}}} z_{P_s m}^{ij} \tag{17b}$$

ただし,

$$\Psi_{P_s m}^{ij} = \left(1-\alpha_{l_s m}^{ij}\right)^{\sigma_{P_s m}^{ij}} \left(\frac{p_{P_s}^i}{1-\beta_{l_s m}^{ij}} \right)^{1-\sigma_{P_s m}^{ij}} + \left(\alpha_{l_s m}^{ij}\right)^{\sigma_{P_s m}^{ij}} \left(\frac{w_H^j}{\beta_{l_s m}^{ij}} \right)^{1-\sigma_{P_s m}^{ij}} .$$

3) 財価格

$$q_{P_s m}^{ij} = \frac{1}{\gamma_{P_s m}^{ij}} \Psi_{P_s m}^{ij\ \frac{1}{1-\sigma_{P_s m}^{ij}}} \tag{18}$$

ただし, $x_{P_s m}^{ij}, l_{P_s m}^{ij}$ ：地域jの企業mが地域iから投入する交通機関sの旅客運輸投入量および交通消費時間投入量, $p_{P_s}^i, w_H^j$ ：地域iの交通機関s旅客運輸価格および合成賃金率, $\alpha_{l_s m}^{ij}, \beta_{l_s m}^{ij}, \gamma_{P_s m}^{ij}$ ：パラメータ, $\sigma_{P_s m}^{ij}$ ：代替弾力性パラメータ, $z_{P_s m}^{ij}, q_{P_s m}^{ij}$ ：交通機関sの合成旅客運輸投入量（[5]にて導出）とその価格.

次に[1]で求められた合成生産要素に対し，それ以降の定式化を以下に示す.

[7] 合成労働 l_m^j と合成資本 k_m^j の投入量

1) 費用最小化問題

$$pf_m^j cf_m^j = \min_{l_m^j, k_m^j} \left[w_m^j l_m^j + r_m^j k_m^j \right] \tag{19a}$$

$$\text{s.t. } cf_m^j = \gamma_{Fm}^j \left[\alpha_{Lm}^j \left\{ \beta_{Lm}^j l_m^j \right\}^{\frac{\sigma_{Fm}^j - 1}{\sigma_{Fm}^j}} + \left(1-\alpha_{Lm}^j\right)\left\{\left(1-\beta_{Lm}^j\right) k_m^j\right\}^{\frac{\sigma_{Fm}^j - 1}{\sigma_{Fm}^j}} \right]^{\frac{\sigma_{Fm}^j}{\sigma_{Fm}^j - 1}} \tag{19b}$$

2) 需要関数

$$l_m^j = \frac{1}{\gamma_{Fm}^j \left(\beta_{Lm}^j\right)^{1-\sigma_{Fm}^j}} \left(\frac{\alpha_{Lm}^j}{w_m^j}\right)^{\sigma_{Fm}^j} \Psi_{Fm}^{j\ \frac{\sigma_{Fm}^j}{1-\sigma_{Fm}^j}} cf_m^j \tag{20a}$$

$$k_m^j = \frac{1}{\gamma_{Fm}^j \left(1-\beta_{Lm}^j\right)^{1-\sigma_{Fm}^j}} \left(\frac{1-\alpha_{Lm}^j}{r_m^j}\right)^{\sigma_{Fm}^j} \Psi_{Fm}^{j\ \frac{\sigma_{Fm}^j}{1-\sigma_{Fm}^j}} cf_m^j \tag{20b}$$

ただし,

$$\Psi_{Fm}^j = \left(\alpha_{Lm}^j\right)^{\sigma_{Fm}^j} \left(\frac{w_m^j}{\beta_{Lm}^j}\right)^{1-\sigma_{Fm}^j} + \left(1-\alpha_{Lm}^j\right)^{\sigma_{Fm}^j} \left(\frac{r_m^j}{1-\beta_{Lm}^j}\right)^{1-\sigma_{Fm}^j} .$$

3) 財価格

$$pf_m^j = \frac{1}{\gamma_{Fm}^j} \Psi_{Fm}^{j\ \frac{1}{1-\sigma_{Fm}^j}} \tag{21}$$

ただし, l_m^j, k_m^j :地域jの企業mが投入する合成労働投入量および合成資本投入量, w_m^j, r_m^j :合成労働賃金率および合成資本利子率, $\alpha_{Lm}^j, \beta_{Lm}^j, \gamma_{Fm}^j$:パラメータ, σ_{Fm}^j :代替弾力性パラメータ, cf_m^j, pf_m^j :合成生産要素投入量([1]にて導出)とその価格.

[8] 生産要素(労働)の地域i別投入量

1) 費用最小化問題

$$w_m^j l_m^j = \min_{l_m^{ij}} \sum_i w^{ij} l_m^{ij} \tag{22a}$$

$$\text{s.t. } l_m^j = \gamma_{Lm}^j \left[\sum_i \alpha_{Lm}^{ij} \left\{ \beta_{Lm}^{ij} l_m^{ij} \right\}^{\frac{\sigma_{Lm}^{ij}-1}{\sigma_{Lm}^{ij}}} \right]^{\frac{\sigma_{Lm}^{ij}}{\sigma_{Lm}^{ij}-1}} \tag{22b}$$

2) 需要関数

$$l_m^{ij} = \frac{1}{\gamma_{Lm}^j \left(\beta_{Lm}^{ij}\right)^{1-\sigma_{Lm}^j}} \left(\frac{\alpha_{Lm}^{ij}}{w^{ij}}\right)^{\sigma_{Lm}^j} \Psi_{Lm}^{j\ \frac{\sigma_{Lm}^j}{1-\sigma_{Lm}^j}} l_m^j \tag{23}$$

ただし, $\Psi_{Lm}^j = \sum_i \left(\alpha_{Lm}^{ij}\right)^{\sigma_{Lm}^j} \left(\frac{w^{ij}}{\beta_{Lm}^{ij}}\right)^{1-\sigma_{Lm}^j}$.

3) 財価格

$$w_m^j = \frac{1}{\gamma_{Lm}^j} \Psi_{Lm}^{j\ \frac{1}{1-\sigma_{Lm}^j}} \tag{24}$$

ただし, l_m^{ij} :地域jの企業mが地域iから投入する労働投入量, w^{ij} :地域i-j間の労働市場で清算される賃金率, $\alpha_{Lm}^{ij}, \beta_{Lm}^{ij}, \gamma_{Lm}^j$:パラメータ($0 \le \alpha_{Lm}^{ij} \le 1, 0 \le \beta_{Lm}^{ij} \le 1$), σ_{Lm}^j :代替弾力性パラメータ, l_m^j, w_m^j :合成労働投入量([5]にて導出)と合成労働賃金率.

合成資本の地域投入に関する定式化は,合成労働の地域投入と同様であるためここでは割愛する.

(4) 運輸企業の行動モデル

運輸企業の行動モデルは,基本的には通常の企業の行動モデル(2. (3)にて定式化)と同様である.ただし,運輸サービスの生産は地域ごとの輸送に対して提供されるものとする.例えば,k地域の企業がj地域から中間財を投入する場合,j地域の運輸企業がk地域に輸送するという貨物サービスを投入する必要があると考えられ,運輸企業はその地域j-k間の貨物輸送サービスをそれぞれ提供するものとする.なお,その供給にあたり投入される中間財および生産要素等は通常の企業と同様とする.

以上より,運輸企業の行動モデルは,2. (3)の通常の企業の行動モデルにおける地域jの添字を輸送先kも考慮した地域j-kに置き換えれば,後は全く同じものとなる.そのため,ここで改めてその定式化を示すことは省略したい.ただし,運輸企業の生産するサービスが輸送サービスであることを考慮し,交通所要時間の変化に対して運輸企業の生産要素の投入効率が変化することを評価する.これは,運輸企業による輸送サービスの供給は,交通施設を利用することよってなされ,それと同時に労働およびトラックあるいはバス等の資本が投入される.したがって,輸送時間が変化すれば単位輸送あたりの労働および資本の投入量も変化し,その投入効率も変化すると考えたものである.資本については,回転率が変化すると考えれば良い.

以上の運輸企業の生産要素の投入効率の変化モデルの定式化は,まず運輸企業における合成生産要素関数(式(19b)の地域jを地域jkに修正したもの)に対し,交通所要時間が影響を与えるとし,さらにそれは労働投入および資本投入と0次同次であるとする.その結果,式(20)の生産要素投入量が,運輸企業に限り,以下のように修正される.

$$\widetilde{l_m^{jk}} = \frac{1}{\gamma_{Fm}^{jk} \left(\beta_{Lm}^{jk} E_P^{jk}\right)^{1-\sigma_{Fm}^{jk}}} \left(\frac{\alpha_{Lm}^{jk}}{w_m^j}\right)^{\sigma_{Fm}^{jk}} \Psi_{Fm}^{jk\ \frac{\sigma_{Fm}^{jk}}{1-\sigma_{Fm}^{jk}}} cf_m^{jk} \tag{25a}$$

$$\widetilde{k_m^{jk}} = \frac{1}{\gamma_{Fm}^{jk} \left(\left\{1-\beta_{Lm}^{jk}\right\} E_P^{jk}\right)^{1-\sigma_{Fm}^{jk}}} \left(\frac{1-\alpha_{Lm}^{jk}}{r_m^j}\right)^{\sigma_{Fm}^{jk}} \Psi_{Fm}^{jk\ \frac{\sigma_{Fm}^{jk}}{1-\sigma_{Fm}^{jk}}} cf_m^{jk} \tag{25b}$$

ただし,

$$\Psi_{Fm}^j = \left(\alpha_{Lm}^j\right)^{\sigma_{Fm}^j} \left(\frac{w_m^j}{\beta_{Lm}^j E_P^{jk}}\right)^{1-\sigma_{Fm}^j} + \left(1-\alpha_{Lm}^j\right)^{\sigma_{Fm}^j} \left(\frac{r_m^j}{\left\{1-\beta_{Lm}^j\right\} E_P^{jk}}\right)^{1-\sigma_{Fm}^j} ,$$

$E_P^{jk} = \frac{\overline{t_P^{jk}}^A}{t_P^{jk}}$, $\widetilde{l_m^{jk}}, \widetilde{k_m^{jk}}$:それぞれ実際に投入された労働および資本投入量.

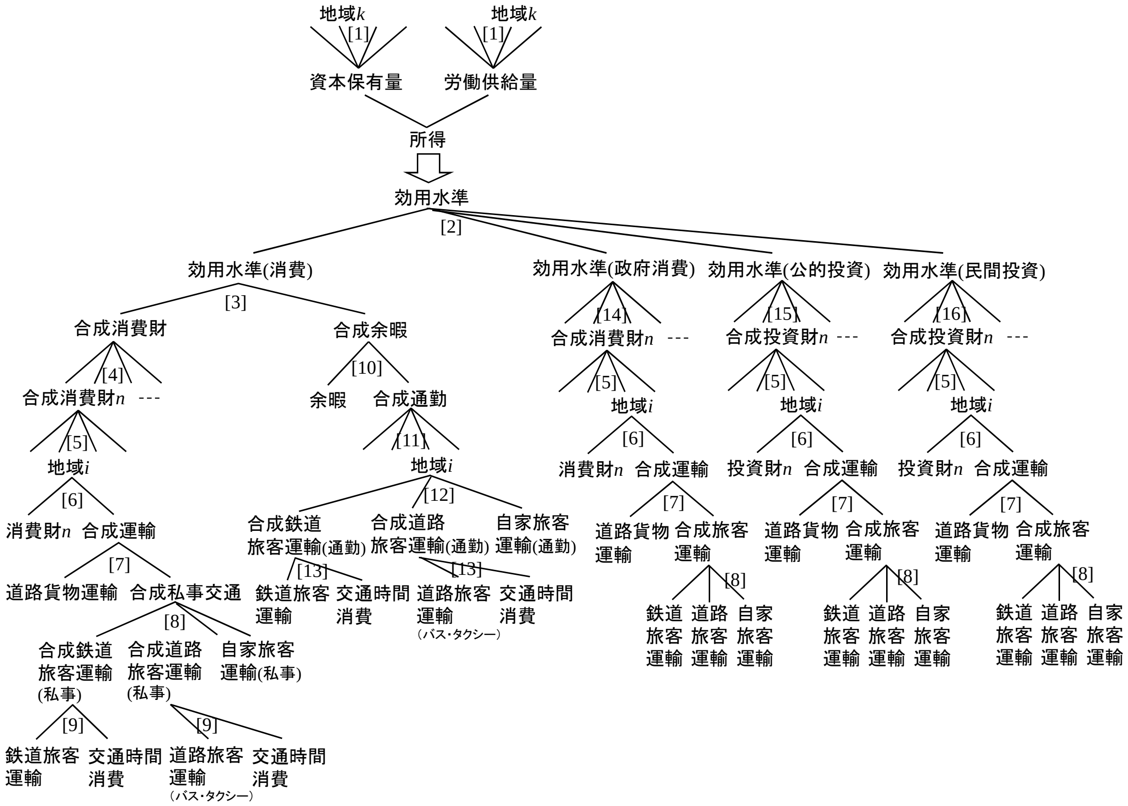

図-3　家計の行動モデル

以上より，鉄道や道路の寸断等の影響を，自家旅客運輸部門を含む運輸企業の労働および資本生産性の低下として本SCGEモデルで捉えることが可能となる．

(5)　家計の行動モデル

家計の行動モデルに関しては，まず家計は，生産要素を提供して所得を得る．なおここでは，**図-3**の[1]のように生産要素をどの地域に配分するかも選択する．以上の結果得られる要素所得から直接税が差し引かれ，残りの所得の一部を貯蓄し，それ以外を消費に充てるものとする．このうち直接税は，当該地域の企業が支払う間接税とともに当該地域の政府税収となる．政府は，その税収の一部を公的投資に回し，残りを政府消費に充てる．貯蓄については，域外貯蓄（－(移輸出－移輸入)）を加えたものがそのまま域内投資に回され，民間投資部門がその投資額を元に民間投資需要を発生させる．

ただし，以上の政府消費，公的投資需要，民間投資需要は，それぞれ政府，公的投資部門，民間投資部門が行うものとはするが，それらは家計の効用が極大化されるようになされるものとする．そこで，本モデルでは家計が自身の効用を最大化させるように，財消費，政府消費，公的投資需要，民間投資需要の量を決定するとした（**図-3** [2]）．なお，こうした定式化は，税率および貯蓄率を一定とすることによって可能となったものであり，この税率，貯蓄率の最適値を決定することが課題として残されている．これについては，モデルの動学化を検討することが必要となるが，それは今後の課題としたい．

続いて，各消費，投資需要のうち，家計の財消費に関し**図-3**に基づき概要を説明する．まず家計は[3]にて合成消費財と合成余暇の消費量を決定し，[4]にて財別の合成消費財nの消費量を決定する．[5]ではその合成消費財nの地域i別消費量を決定し，さらにその消費財nの消費には貨物運輸と私事交通からなる合成運輸投入が必要であるとする（**図-3** [6]）．このうち私事交通も必要であるとした理由は，財を店などから購入する際，そこまで移動する私事交通が必要となることを考慮したものである．次に，[7]では合成運輸投入に対し，道路貨物運輸と合成私事交通の消費量を決定し，[8]では交通機関別の合成旅客運輸消費量を決定する．[9]では鉄道と道路の合成旅客運輸に対し，当該旅客運輸サービスと私事交通時間の消費量をそれぞれ決定する．

次に，政府消費，公的投資需要，民間投資需要に関しては，まず財n別の消費あるいは投資需要を決定し，さらにその地域i別投入量を決定するとして定式化する．なお，消費および投資需要に対しても合成運輸の消費が必要であるとし，その合成運輸に対し，道路貨物運輸と合成旅客運輸の消費を決定する．最後に，交通機関別旅客運輸消費を決定する．政府や各投資部門が旅客輸送に費やす交通時間について，政府は公務部門，投資部門は

各企業部門の業務交通消費時間に既に含まれているものと考え，ここでは考慮しないことにした．

以上の各行動モデルに関し，まず家計の生産要素供給の地域配分は，Barro型CET（Constant Elasticity of Transformation）関数にしたがい，収入を最大化するように生産要素を地域へ配分するとして，また家計の財消費，政府消費，公的投資部門の投資需要，民間投資部門の投資需要の各行動は，それぞれBarro型CES関数に基づく効用水準を一定水準に維持するとの条件下で支出が最小となるように財消費あるいは投資需要を決定するものとして定式化する．

まず，生産要素の地域配分モデルは以下のように定式化される．

[1] 生産要素（労働）の地域配分

1) 収入最大化問題

$$w_H^j L_H^j = \max_{l_H^{ji}} \left[\sum_k w^{jk} L_H^{jk} \right] \tag{26a}$$

$$\text{s.t. } L_H^j = \gamma_{LH}^j \left[\sum_k \alpha_{LH}^{jk} \left\{ \beta_{LH}^{jk} L_H^{jk} \right\}^{\frac{\sigma_{LH}^j + 1}{\sigma_{LH}^j}} \right]^{\frac{\sigma_{LH}^j}{\sigma_{LH}^j + 1}} \tag{26b}$$

2) 地域配分関数

$$L_H^{jk} = \frac{1}{\gamma_{LH}^j \left(\beta_{LH}^{jk} \right)^{1+\sigma_{LH}^j}} \left(\frac{\alpha_{LH}^{jk}}{q_{LH}^{jk}} \right)^{-\sigma_{LH}^j} \Psi_{LH}^{j\ \frac{-\sigma_{LH}^j}{1+\sigma_{LH}^j}} L_H^j \tag{27}$$

ただし， $\Psi_{LH}^j = \sum_k \left(\alpha_{LH}^{jk} \right)^{-\sigma_{LH}^j} \left(\frac{w^{jk}}{\beta_{LH}^{jk}} \right)^{1+\sigma_{LH}^j}$ ．

3) 合成賃金率

$$w_H^j = \frac{1}{\gamma_{LH}^j} \Psi_{LH}^{j\ \frac{1}{1+\sigma_{LH}^j}} \tag{28}$$

ただし， L_H^{jk} ：地域jの家計が地域kへ配分する労働配分量， w^{jk} ：地域j-k間の労働市場で清算される賃金率， $\alpha_{LH}^{jk}, \beta_{LH}^{jk}, \gamma_{LH}^j$ ：パラメータ（$0 \le \alpha_{LH}^{jk} \le 1, 0 \le \beta_{LH}^{jk} \le 1$）， σ_{LH}^j ：代替弾力性パラメータ， L_H^j, w_H^j ：地域jの家計の初期労働保有量（ここでは固定）と合成賃金率．

資本の地域配分モデルも労働の地域配分モデルと同様であり，ここではその定式化を割愛する．

以上の生産要素の地域配分モデルから合成労働賃金率と合成資本利子率が求められ，それより要素所得が決定する．その結果，家計の可処分所得，政府所得，公的投資部門の所得，民間投資部門の所得が以下のとおり求められる．

家計所得：$\left[\left(w_H^j L_H^j + r_H^j K_H^j \right) \left(1 - \tau_H^j \right) \right] \left(1 - \kappa_H^j \right)$ (29a)

政府所得：

$$\left[\tau_H^j \left(w_H^j L_H^j + r_H^j K_H^j \right) + \sum_i \sum_n \tau_n^j \left(w^{ji} l_n^{ji} + r^{ji} k_n^{ji} \right) \right] \left(1 - \delta_{GI}^j \right) \tag{29b}$$

公的投資部門の所得：

$$\left[\tau_H^j \left(w_H^j L_H^j + r_H^j K_H^j \right) + \sum_i \sum_n \tau_n^j \left(w^{ji} l_n^{ji} + r^{ji} k_n^{ji} \right) \right] \delta_{GI}^j \tag{29c}$$

民間投資部門の所得：

$$\left[\left(w_H^j L_H^j + r_H^j K_H^j \right) \left(1 - \tau_H^j \right) \right] \kappa_H^j + S_F^j \tag{29d}$$

ただし， K_H^j, r_H^j ：地域jの家計の初期資本保有量（ここでは固定）と合成資本利子率， τ_H^j ：直接税率， κ_H^j ：貯蓄率， τ_m^j ：間接税率， δ_{GI}^j ：公的投資配分比率， S_F^j ：域外貯蓄．

域外貯蓄は（－(移輸出－移輸入)）で表され，具体的には以下の式で求められる．

$$\begin{aligned} S_F^j = -\Bigg[& \left\{ \sum_i \sum_n p_n^j(x) \left(\sum_m x_{nm}^{ji} + x_{nH}^{ji} + x_{nG}^{ji} + x_{nGI}^{ji} + x_{nI}^{ji} \right) \right. \\ & \left. + \sum_n p_n^E x_n^{jE} \right\} \\ & - \left\{ \sum_i \sum_n p_n^i(x) \left(\sum_m x_{nm}^{ij} + x_{nH}^{ij} + x_{nG}^{ij} + x_{nGI}^{ij} + x_{nI}^{ij} \right) \right. \\ & \left. + \sum_n p_n^M x_n^{jM} \right\} \Bigg] \qquad (j \ne i) \end{aligned} \tag{30}$$

続いて家計が財消費，政府消費，公的投資需要，民間投資需要の各消費および投資需要に対する支出を決定する行動モデルの定式化を示す．

[2] 各消費，投資需要の決定

支出最小化問題

$$\begin{aligned} p_H^j U_H^j = \min_{z_H^j, L_H^j, x_{nG}^j, x_{nGI}^j, x_{nI}^j} \Bigg[& \left\{ q_H^j z_H^j + w_{SH}^j z_{SH}^j \right\} + \sum_n q_{nG}^j z_{nG}^j \\ & + \sum_n q_{nGI}^j z_{nGI}^j + \sum_n q_{nI}^j z_{nI}^j \Bigg] \end{aligned} \tag{31a}$$

$$\text{s.t. } U_H^j = U_C^j + U_G^j + U_{GI}^j + U_I^j \tag{31b}$$

$$\begin{aligned} U_C^j = \gamma_{ZH}^j \Bigg[& \alpha_H^j \left\{ \beta_H^j z_H^j \right\}^{\frac{\sigma_{ZH}^j - 1}{\sigma_{ZH}^j}} \\ & + \left(1 - \alpha_H^j \right) \left\{ \left(1 - \beta_H^j \right) \widehat{l_{SH}^j} \right\}^{\frac{\sigma_{ZH}^j - 1}{\sigma_{ZH}^j}} \Bigg]^{\frac{\sigma_{ZH}^j}{\sigma_{ZH}^j - 1}} \end{aligned} \tag{31c}$$

$$U_G^j = \gamma_G^j \left[\sum_m \alpha_{mG}^j \left\{ \beta_{mG}^j z_{mG}^j \right\}^{\frac{\sigma_G^j - 1}{\sigma_G^j}} \right]^{\frac{\sigma_G^j}{\sigma_G^j - 1}} \tag{31d}$$

$$U_{GI}^j == \gamma_{GI}^j \left[\sum_m \alpha_{mGI}^j \left\{ \beta_{mGI}^j z_{mGI}^j \right\}^{\frac{\sigma_{GI}^j - 1}{\sigma_{GI}^j}} \right]^{\frac{\sigma_{GI}^j}{\sigma_{GI}^j - 1}} \tag{31e}$$

$$U_I^j == \gamma_I^j \left[\sum_m \alpha_{mI}^j \left\{ \beta_{mI}^j z_{mI}^j \right\}^{\frac{\sigma_I^j - 1}{\sigma_I^j}} \right]^{\frac{\sigma_I^j}{\sigma_I^j - 1}} \tag{31f}$$

ただし， z_H^j, z_{SH}^j ：地域jの家計の合成財消費量および合

成余暇消費量，私事交通消費時間，通勤交通消費時間，q_H^j, w_{SH}^j ：z_H^j, z_{SH}^j の価格，x_{nG}^j, q_{nG}^j ：地域jの政府合成消費財mの消費量とその価格，x_{nGI}^j, q_{nGI}^j ：地域jの公的投資部門の合成投資財mの投資需要量とその価格，x_{nI}^j, q_{nI}^j ：地域jの民間投資部門の合成投資財mの投資需要量とその価格，U_H^j ：地域jの家計効用水準，$U_C^j, U_G^j, U_{GI}^j, U_I^j$ ：それぞれ家計の財消費による効用水準，政府消費による効用水準，公的投資による効用水準，民間投資による効用水準．

式(33)の最適化問題は，家計効用水準U_H^j を線形関数にて定式化したことによりz_H^j, z_{SH}^j と z_{mG}^j，z_{mGI}^j，z_{mI}^j をそれぞれ独立的に解くことができる．そこで，まずz_H^j, z_{SH}^j について解いた家計の財消費行動モデルの結果を示す．

[3] 合成消費財z_H^j と合成余暇z_{SH}^j の消費

式(33)をz_H^j, z_{SH}^j について解くと，以下のとおり合成消費財および余暇消費の需要関数が求められる．

2) 需要関数

$$z_H^j = \frac{1}{\gamma_{ZH}^j \left(\beta_H^j\right)^{1-\sigma_{ZH}^j}} \left(\frac{\alpha_H^j}{q_H^j}\right)^{\sigma_{ZH}^j} \Psi_{ZH}^{j\ \frac{\sigma_{ZH}^j}{1-\sigma_{ZH}^j}} U_C^j \tag{32a}$$

$$z_{SH}^j = \frac{1}{\gamma_{ZH}^j \left(1-\beta_H^j\right)^{1-\sigma_{ZH}^j}} \left(\frac{1-\alpha_H^j}{w_{SH}^j}\right)^{\sigma_{ZH}^j} \Psi_{ZH}^{j\ \frac{\sigma_{ZH}^j}{1-\sigma_{ZH}^j}} U_C^j \tag{32b}$$

ただし，

$$\Psi_{ZH}^j = \left(\alpha_H^j\right)^{\sigma_{Zm}^j} \left(\frac{q_H^j}{\beta_H^j}\right)^{1-\sigma_{ZH}^j} + \left(1-\alpha_H^j\right)^{\sigma_{ZH}^j} \left(\frac{w_{SH}^j}{1-\beta_H^j}\right)^{1-\sigma_{ZH}^j}.$$

また，$\alpha_H^j, \beta_H^j, \gamma_{ZH}^j$ ：パラメータ，σ_{ZH}^j ：代替弾力性パラメータ．

[4] 合成消費財n z_{nH}^j の消費

1) 支出最小化問題

$$q_H^j z_H^j = \min_{z_{nH}^j} \sum_n q_{nH}^j z_{nH}^j \tag{33a}$$

$$\text{s.t. } z_H^j = \gamma_H^j \left[\sum_n \alpha_{nH}^j \left\{\beta_{nH}^j z_{nH}^j\right\}^{\frac{\sigma_H^j-1}{\sigma_H^j}}\right]^{\frac{\sigma_H^j}{\sigma_H^j-1}} \tag{33b}$$

2) 需要関数

$$z_{nH}^j = \frac{1}{\gamma_H^j \left(\beta_{nH}^j\right)^{1-\sigma_H^j}} \left(\frac{\alpha_{nH}^j}{q_{nH}^j}\right)^{\sigma_H^j} \Psi_H^{j\ \frac{\sigma_H^j}{1-\sigma_H^j}} z_H^j \tag{34}$$

ただし，$\Psi_H^j = \sum_n \left(\alpha_{nH}^j\right)^{\sigma_H^j} \left(\dfrac{q_{nH}^j}{\beta_{nH}^j}\right)^{1-\sigma_H^j}$ ．

3) 財価格

$$q_H^j = \frac{1}{\gamma_H^j} \Psi_H^{j\ \frac{1}{1-\sigma_H^j}} \tag{35}$$

ただし，z_{nH}^j ：地域jの家計の合成消費財n消費量，q_{nH}^j ：z_{nH}^j の価格，$\alpha_{nH}^j, \beta_{nH}^j, \gamma_H^j$ ：パラメータ（$0 \le \alpha_{nH}^j \le 1, 0 \le \beta_{nH}^j \le 1$），$\sigma_H^j$ ：代替弾力性パラメータ，z_H^j, q_H^j ：合成消費財の消費量（[3]にて導出）とその価格．

[5]合成消費財nの地域i別消費量z_{nH}^{ij} の決定

1) 支出最小化問題

$$q_{nH}^j z_{nH}^j = \min_{z_{nH}^{ij}} \sum_i q_{nH}^{ij} z_{nH}^{ij} \tag{36a}$$

$$\text{s.t. } z_{nH}^j = \gamma_{nH}^j \left[\sum_i \alpha_{nH}^{ij} \left\{\beta_{nH}^{ij} z_{nH}^{ij}\right\}^{\frac{\sigma_{nH}^j-1}{\sigma_{nH}^j}}\right]^{\frac{\sigma_{nH}^j}{\sigma_{nH}^j-1}} \tag{36b}$$

2) 需要関数

$$z_{nH}^{ij} = \frac{1}{\gamma_{nH}^j \left(\beta_{nH}^{ij}\right)^{1-\sigma_{nH}^j}} \left(\frac{\alpha_{nH}^{ij}}{q_{nH}^{ij}}\right)^{\sigma_{nH}^j} \Psi_{nH}^{j\ \frac{\sigma_{nH}^j}{1-\sigma_{nH}^j}} z_{nH}^j \tag{37}$$

ただし，$\Psi_{nH}^j = \sum_i \left(\alpha_{nH}^{ij}\right)^{\sigma_{nH}^j} \left(\dfrac{q_{nH}^{ij}}{\beta_{nH}^{ij}}\right)^{1-\sigma_{nH}^j}$ ．

3) 財価格

$$q_{nH}^j = \frac{1}{\gamma_{nH}^j} \Psi_{nH}^{j\ \frac{1}{1-\sigma_{nH}^j}} \tag{38}$$

ただし，z_{nH}^{ij} ：地域jの家計の地域iからの合成消費財nの消費量，q_{nH}^{ij} ：z_{nH}^{ij} の価格，$\alpha_{nH}^{ij}, \beta_{nH}^{ij}, \gamma_{nH}^j$ ：パラメータ（$0 \le \alpha_{nH}^{ij} \le 1, 0 \le \beta_{nH}^{ij} \le 1$），$\sigma_{nH}^j$ ：代替弾力性パラメータ，z_{nH}^j, q_{nH}^j ：合成消費財nの消費量（[2]にて導出）とその価格．

[6] 消費財n x_{nH}^{ij} と合成運輸z_{TH}^{ij} の消費

1) 支出最小化問題

$$q_{nH}^{ij} z_{nH}^{ij} = \min_{x_{nH}^{ij},\, z_{TH}^{ij}} \left[p_n^i x_{nH}^{ij} + q_{TH}^i z_{TH}^{ij}\right] \tag{39a}$$

$$\text{s.t. } z_{nH}^{ij} = \gamma_{nH}^{ij} \left[\left(1-\alpha_{TH}^{ij}\right)\left\{\left(1-\beta_{TH}^{ij}\right) x_{nH}^{ij}\right\}^{\frac{\sigma_{nH}^{ij}-1}{\sigma_{nH}^{ij}}} + \alpha_{TH}^{ij}\left\{\beta_{TH}^{ij} z_{TH}^{ij}\right\}^{\frac{\sigma_{nH}^{ij}-1}{\sigma_{nH}^{ij}}}\right]^{\frac{\sigma_{nH}^{ij}}{\sigma_{nH}^{ij}-1}} \tag{39b}$$

2) 需要関数

$$x_{nH}^{ij} = \frac{1}{\gamma_{nH}^{ij} \left(1-\beta_{TH}^{ij}\right)^{1-\sigma_{nH}^{ij}}} \left(\frac{1-\alpha_{TH}^{ij}}{p_n^i}\right)^{\sigma_{nH}^{ij}} \Psi_{nH}^{ij\ \frac{\sigma_{nH}^{ij}}{1-\sigma_{nH}^{ij}}} z_{nH}^{ij} \tag{40a}$$

$$z_{TH}^{ij} = \frac{1}{\gamma_{nH}^{ij} \left(\beta_{TH}^{ij}\right)^{1-\sigma_{nH}^{ij}}} \left(\frac{\alpha_{TH}^{ij}}{q_{TH}^i}\right)^{\sigma_{nH}^{ij}} \Psi_{nH}^{ij\ \frac{\sigma_{nH}^{ij}}{1-\sigma_{nH}^{ij}}} z_{nH}^{ij} \tag{40b}$$

ただし，

$$\Psi_{nH}^{ij} = \left(1-\alpha_{TH}^{ij}\right)^{\sigma_{nH}^{ij}} \left(\frac{p_n^i}{1-\beta_{TH}^{ij}}\right)^{1-\sigma_{nH}^{ij}} + \left(\alpha_{TH}^{ij}\right)^{\sigma_{nH}^{ij}} \left(\frac{q_{TH}^{ij}}{\beta_{TH}^{ij}}\right)^{1-\sigma_{nH}^{ij}}.$$

3) 財価格

$$q_{nH}^{ij} = \frac{1}{\gamma_{nH}^{ij}} \Psi_{nH}^{ij\ \frac{1}{1-\sigma_{nH}^{ij}}} \tag{41}$$

ただし，x_{nH}^{ij}, z_{TH}^{ij} ：地域jの家計の地域iの消費財n消費量および合成運輸消費量，p_n^i, q_{TH}^i ：それぞれ地域iのn財価格とz_{TH}^{ij}の価格，$\alpha_{TH}^{ij}, \beta_{TH}^{ij}, \gamma_{nH}^{ij}$ ：パラメータ，σ_{nH}^{ij} ：代替弾力性パラメータ，z_{nH}^{ij}, q_{nH}^{ij} ：合成消費財nの地域iからの消費量（[3]にて導出）とその価格.

[7] 道路貨物運輸 x_{FH}^{ij} と合成私事交通 z_{PH}^{ij} の消費

1) 支出最小化問題

$$q_{TH}^{ij} z_{TH}^{ij} = \min_{x_{FH}^{ij},\, z_{PH}^{ij}} \left[p_F^i x_{FH}^{ij} + q_{PH}^{ij} z_{PH}^{ij} \right] \tag{42a}$$

$$\text{s.t. } z_{TH}^{ij} = \gamma_{TH}^{ij} \left[\left(1-\alpha_{PH}^{ij}\right) \left\{ \left(1-\beta_{PH}^{ij}\right) x_{FH}^{ij} \right\}^{\frac{\sigma_{TH}^{ij}-1}{\sigma_{TH}^{ij}}} + \alpha_{PH}^{ij} \left\{ \beta_{PH}^{ij} z_{PH}^{ij} \right\}^{\frac{\sigma_{TH}^{ij}-1}{\sigma_{TH}^{ij}}} \right]^{\frac{\sigma_{TH}^{ij}}{\sigma_{TH}^{ij}-1}} \tag{42b}$$

2) 需要関数

$$x_{FH}^{ij} = \frac{1}{\gamma_{TH}^{ij} \left(1-\beta_{PH}^{ij}\right)^{1-\sigma_{TH}^{ij}}} \left(\frac{1-\alpha_{PH}^{ij}}{p_n^i} \right)^{\sigma_{TH}^{ij}} \Psi_{TH}^{ij\ \frac{\sigma_{TH}^{ij}}{1-\sigma_{TH}^{ij}}} z_{TH}^{ij} \tag{43a}$$

$$z_{PH}^{ij} = \frac{1}{\gamma_{TH}^{ij} \left(\beta_{PH}^{ij}\right)^{1-\sigma_{TH}^{ij}}} \left(\frac{\alpha_{PH}^{ij}}{q_{PH}^{ij}} \right)^{\sigma_{TH}^{ij}} \Psi_{TH}^{ij\ \frac{\sigma_{TH}^{ij}}{1-\sigma_{TH}^{ij}}} z_{TH}^{ij} \tag{43b}$$

ただし，

$$\Psi_{TH}^{ij} = \left(1-\alpha_{PH}^{ij}\right)^{\sigma_{TH}^{ij}} \left(\frac{p_n^i}{1-\beta_{PH}^{ij}} \right)^{1-\sigma_{TH}^{ij}} + \left(\alpha_{PH}^{ij}\right)^{\sigma_{TH}^{ij}} \left(\frac{q_{PH}^{ij}}{\beta_{PH}^{ij}} \right)^{1-\sigma_{TH}^{ij}} .$$

3) 財価格

$$q_{TH}^{ij} = \frac{1}{\gamma_{TH}^{ij}} \Psi_{TH}^{ij\ \frac{1}{1-\sigma_{TH}^{ij}}} \tag{44}$$

ただし，x_{FH}^{ij}, z_{PH}^{ij} ：地域jの家計の地域iの道路貨物運輸消費量および合成私事交通消費量，p_F^i, q_{PH}^{ij} ：それぞれ地域iの道路貨物運輸価格とz_{PH}^{ij}の価格，$\alpha_{PH}^{ij}, \beta_{PH}^{ij}, \gamma_{TH}^{ij}$ ：パラメータ，σ_{TH}^{ij} ：代替弾力性パラメータ，z_{TH}^{ij}, q_{TH}^{ij} ：合成運輸の地域iからの消費量（[3]にて導出）とその価格.

[8] 交通機関別の合成旅客運輸消費量 $z_{P_sH}^{ij}$ の決定

1) 支出最小化問題

$$q_{PH}^{ij} z_{PH}^{ij} = \min_{z_{P_sH}^{ij}} \sum_s q_{P_sH}^{ij} z_{P_sH}^{ij} \tag{45a}$$

$$\text{s.t. } z_{PH}^{ij} = \gamma_{PH}^{ij} \left[\sum_s \alpha_{P_sH}^{ij} \left\{ \beta_{P_sH}^{ij} z_{P_sH}^{ij} \right\}^{\frac{\sigma_{PH}^{ij}-1}{\sigma_{PH}^{ij}}} \right]^{\frac{\sigma_{PH}^{ij}}{\sigma_{PH}^{ij}-1}} \tag{45b}$$

2) 需要関数

$$z_{P_sH}^{ij} = \frac{1}{\gamma_{PH}^{ij} \left(\beta_{P_sH}^{ij}\right)^{1-\sigma_{PH}^{ij}}} \left(\frac{\alpha_{P_sH}^{ij}}{q_{P_sH}^{ij}} \right)^{\sigma_{PH}^{ij}} \Psi_{PH}^{ij\ \frac{\sigma_{PH}^{ij}}{1-\sigma_{PH}^{ij}}} z_{PH}^{ij} \tag{46}$$

ただし，$\Psi_{PH}^{ij} = \sum_s \left(\alpha_{P_sH}^{ij}\right)^{\sigma_{PH}^{ij}} \left(\frac{q_{P_sH}^{ij}}{\beta_{P_sH}^{ij}} \right)^{1-\sigma_{PH}^{ij}}$.

3) 財価格

$$q_{PH}^{ij} = \frac{1}{\gamma_{PH}^{ij}} \Psi_{PH}^{ij\ \frac{1}{1-\sigma_{PH}^{ij}}} \tag{47}$$

ただし，$z_{P_sH}^{ij}$ ：地域jの家計の地域iからの交通機関s合成旅客運輸サービス消費量，$q_{P_sH}^{ij}$ ：$z_{P_sH}^{ij}$ の価格，$\alpha_{P_sH}^{ij}, \beta_{P_sH}^{ij}, \gamma_{PH}^{ij}$ ：パラメータ（$0 \le \alpha_{P_sH}^{ij} \le 1, 0 \le \beta_{P_sH}^{ij} \le 1$），$\sigma_{PH}^{ij}$ ：代替弾力性パラメータ，z_{PH}^{ij}, q_{PH}^{ij} ：合成私事交通消費量（[4]にて導出）とその価格.

[8] 交通機関sの旅客運輸と私事交通時間の消費

1) 支出最小化問題

$$q_{P_sH}^{ij} z_{P_sH}^{ij} = \min_{x_{P_sH}^{ij},\, l_{P_sH}^{ij}} \left[p_{P_s}^i x_{P_sH}^{ij} + w_H^i l_{P_sH}^{ij} \right] \tag{48a}$$

$$\text{s.t. } z_{P_sH}^{ij} = \gamma_{P_sH}^{ij} \left[\left(1-\alpha_{l_{P_s}H}^{ij}\right) \left\{ \left(1-\beta_{l_{P_s}H}^{ij}\right) x_{P_sH}^{ij} \right\}^{\frac{\sigma_{P_sH}^{ij}-1}{\sigma_{P_sH}^{ij}}} + \alpha_{l_{P_s}H}^{ij} \left\{ \beta_{l_{P_s}H}^{ij} l_{PH}^{ij} \right\}^{\frac{\sigma_{P_sH}^{ij}-1}{\sigma_{P_sH}^{ij}}} \right]^{\frac{\sigma_{P_sH}^{ij}}{\sigma_{P_sH}^{ij}-1}} \tag{48b}$$

2) 需要関数

$$x_{P_sH}^{ij} = \frac{1}{\gamma_{P_sH}^{ij} \left(1-\beta_{l_{P_s}H}^{ij}\right)^{1-\sigma_{P_sH}^{ij}}} \left(\frac{1-\alpha_{l_{P_s}H}^{ij}}{p_{P_s}^i} \right)^{\sigma_{P_sH}^{ij}} \Psi_{P_sH}^{ij\ \frac{\sigma_{P_sH}^{ij}}{1-\sigma_{P_sH}^{ij}}} z_{P_sH}^{ij} \tag{49a}$$

$$l_{P_sH}^{ij} = \frac{1}{\gamma_{P_sH}^{ij} \left(\beta_{l_{P_s}H}^{ij}\right)^{1-\sigma_{P_sH}^{ij}}} \left(\frac{\alpha_{l_{P_s}H}^{ij}}{w_H^j} \right)^{\sigma_{P_sH}^{ij}} \Psi_{P_sH}^{ij\ \frac{\sigma_{P_sH}^{ij}}{1-\sigma_{P_sH}^{ij}}} z_{P_sH}^{ij} \tag{49b}$$

ただし，

$$\Psi_{P_sH}^{ij} = \left(1-\alpha_{l_{P_s}H}^{ij}\right)^{\sigma_{P_sH}^{ij}} \left(\frac{p_{l_{P_s}H}^i}{1-\beta_{l_{P_s}H}^{ij}} \right)^{1-\sigma_{P_sH}^{ij}} + \left(\alpha_{l_{P_s}H}^{ij}\right)^{\sigma_{P_sH}^{ij}} \left(\frac{w_H^j}{\beta_{l_{P_s}H}^{ij}} \right)^{1-\sigma_{P_sH}^{ij}} .$$

3) 財価格

$$q_{P_sH}^{ij} = \frac{1}{\gamma_{P_sH}^{ij}} \Psi_{P_sH}^{ij\ \frac{1}{1-\sigma_{P_sH}^{ij}}} \tag{50}$$

ただし，$x_{P_sH}^{ij}, l_{P_sH}^{ij}$ ：地域jの家計の地域iの交通機関s旅客運輸消費量（私事交通）および私事交通時間消費量，$p_{P_s}^i$ ：地域iの交通機関s旅客運輸価格，w_H^j ：合成賃金率（式(30)にて導出），$\alpha_{l_{P_s}H}^{ij}, \beta_{l_{P_s}H}^{ij}, \gamma_{P_sH}^{ij}$ ：パラメータ，$\sigma_{P_sH}^{ij}$ ：代替弾力性パラメータ，$z_{P_sH}^{ij}, q_{P_sH}^{ij}$ ：交通機関sの

合成旅客運輸（私事交通）の地域iからの消費量（[5]にて導出）とその価格.

次に，合成余暇消費の定式化を示す.

[10] 余暇l_{SH}^jと合成通勤z_{CH}^jの消費

1) 支出最小化問題

$$w_{SH}^j z_{SH}^j = \min_{L_H^j, z_{CH}^j} \left[w_H^j \left(T^j - L_H^j - \sum_i l_{PH}^{ij} - \sum_i l_{CH}^{ij} \right) + q_{CH}^j z_{CH}^j \right] \tag{51a}$$

$$\text{s.t. } z_{SH}^j = \gamma_{SH}^j \left[\left(1-\alpha_{CH}^j\right)\left\{\left(1-\beta_{CH}^j\right)\widehat{l_{SH}^j}\right\}^{\frac{\sigma_{SH}^j-1}{\sigma_{SH}^j}} + \alpha_{CH}^j \left\{\beta_{CH}^j z_{CH}^j\right\}^{\frac{\sigma_{SH}^j-1}{\sigma_{SH}^j}} \right]^{\frac{\sigma_{SH}^j}{\sigma_{SH}^j-1}} \tag{51b}$$

2) 労働供給関数および合成通勤需要関数

$$L_H^j = T^j - \frac{1}{\gamma_{SH}^j \left(1-\beta_{CH}^j\right)^{1-\sigma_{ZH}^j}} \left(\frac{1-\alpha_{CH}^j}{w_H^j}\right)^{\sigma_{SH}^j} \Psi_{SH}^{j\;\frac{\sigma_{SH}^j}{1-\sigma_{SH}^j}} z_{SH}^j - \sum_i l_{PH}^{ij} - \sum_i l_{CH}^{ij} \tag{52a}$$

$$z_{CH}^j = \frac{1}{\gamma_{SH}^j \left(\beta_{CH}^j\right)^{1-\sigma_{SH}^j}} \left(\frac{\alpha_{CH}^j}{q_{CH}^j}\right)^{\sigma_{SH}^j} \Psi_{SH}^{j\;\frac{\sigma_{SH}^j}{1-\sigma_{SH}^j}} z_{SH}^j \tag{52b}$$

ただし,

$$\Psi_{SH}^j = \left(1-\alpha_{CH}^j\right)^{\sigma_{SH}^j}\left(\frac{w_H^j}{1-\beta_{CH}^j}\right)^{1-\sigma_{SH}^j} + \left(\alpha_{CH}^j\right)^{\sigma_{SH}^j}\left(\frac{q_{CH}^j}{\beta_{CH}^j}\right)^{1-\sigma_{SH}^j} .$$

3) 財価格

$$w_{SH}^j = \frac{1}{\gamma_{SH}^j}\Psi_{SH}^{j\;\frac{1}{1-\sigma_{SH}^j}} \tag{53}$$

ただし，$T^j, L_H^j, l_{PH}^{ij}, l_{CH}^{ij}$：それぞれ総利用可能時間，労働供給量，私事交通消費時間，通勤交通消費時間，$\widehat{l_{SH}^j}$：（$T^j - L_H^j - \sum_i l_{PH}^{ij} - \sum_i l_{CH}^{ij}$）を置き換えたもので余暇時間を表す，$z_{CH}^j$：地域$j$の家計の合成通勤消費量，$q_{CH}^j$：$z_{CH}^j$の価格，$\alpha_{CH}^j, \beta_{CH}^j, \gamma_{SH}^j$：パラメータ，$\sigma_{SH}^j$：代替弾力性パラメータ，$z_{SH}^j, w_{SH}^j$：合成余暇消費量（[2]にて導出）とその価格.

続いて，合成通勤の地域選択を定式化する．これについては，家計の勤務先は既に労働供給量の地域選択においてモデル化されている．それに対し，ここではその勤務先の地域選択を元に，各地域に対して実際にどれだけの通勤交通を配分するのか，という問題を考えるものと解釈できる．勤務先は変わらなくても，通勤交通あるいは通勤時間は地域ごとに変えられるとの想定を行ったものである.

[11]合成通勤z_{CH}^{ij}の地域別消費量の決定

1) 支出最小化問題

$$q_{CH}^j z_{CH}^j = \min_{z_{CH}^{ij}} \sum_i q_{CH}^{ij} z_{CH}^{ij} \tag{54a}$$

$$\text{s.t. } z_{CH}^j = \gamma_{CH}^j \left[\sum_i \alpha_{CH}^{ij} \left\{\beta_{CH}^{ij} z_{CSH}^{ij}\right\}^{\frac{\sigma_{CH}^j-1}{\sigma_{CH}^j}} \right]^{\frac{\sigma_{CH}^j}{\sigma_{CH}^j-1}} \tag{54b}$$

2) 需要関数

$$z_{CH}^{ij} = \frac{1}{\gamma_{CH}^j \left(\beta_{CH}^{ij}\right)^{1-\sigma_{CH}^j}} \left(\frac{\alpha_{CH}^{ij}}{q_{CH}^{ij}}\right)^{\sigma_{CH}^j} \Psi_{CH}^{j\;\frac{\sigma_{CH}^j}{1-\sigma_{CH}^j}} z_{CH}^j \tag{55}$$

ただし，$\Psi_{CH}^j = \sum_i \left(\alpha_{CH}^{ij}\right)^{\sigma_{CH}^j} \left(\frac{q_{CH}^{ij}}{\beta_{CH}^{ij}}\right)^{1-\sigma_{CH}^j}$.

3) 財価格

$$q_{CH}^j = \frac{1}{\gamma_{CH}^j}\Psi_{CH}^{j\;\frac{1}{1-\sigma_{CH}^j}} \tag{56}$$

ただし，z_{CH}^{ij}：地域jの家計の地域iからの合成通勤消費量，q_{CH}^{ij}：z_{CH}^{ij}の価格，$\alpha_{CH}^{ij}, \beta_{CH}^{ij}, \gamma_{CH}^j$：パラメータ（$0 \le \alpha_{CH}^{ij} \le 1, 0 \le \beta_{CH}^{ij} \le 1$），$\sigma_{CH}^j$：代替弾力性パラメータ，$z_{CH}^j, q_{CH}^j$：合成通勤消費量（[2]にて導出）とその価格.

[12] 交通機関sの合成旅客運輸消費量（通勤）の決定

1) 支出最小化問題

$$q_{CH}^{ij} z_{CH}^{ij} = \min_{z_{C_sH}^{ij}} \sum_s q_{C_sH}^{ij} z_{C_sH}^{ij} \tag{57a}$$

$$\text{s.t. } z_{CH}^{ij} = \gamma_{CH}^{ij} \left[\sum_s \alpha_{C_sH}^{ij} \left\{\beta_{C_sH}^{ij} z_{C_sH}^{ij}\right\}^{\frac{\sigma_{CH}^{ij}-1}{\sigma_{CH}^{ij}}} \right]^{\frac{\sigma_{CH}^{ij}}{\sigma_{CH}^{ij}-1}} \tag{57b}$$

2) 需要関数

$$z_{C_sH}^{ij} = \frac{1}{\gamma_{CH}^{ij} \left(\beta_{C_sH}^{ij}\right)^{1-\sigma_{CH}^{ij}}} \left(\frac{\alpha_{C_sH}^{ij}}{q_{C_sH}^{ij}}\right)^{\sigma_{CH}^{ij}} \Psi_{CH}^{ij\;\frac{\sigma_{CH}^{ij}}{1-\sigma_{CH}^{ij}}} z_{CH}^{ij} \tag{58}$$

ただし，$\Psi_{CH}^{ij} = \sum_s \left(\alpha_{C_sH}^{ij}\right)^{\sigma_{CH}^{ij}} \left(\frac{q_{C_sH}^{ij}}{\beta_{C_sH}^{ij}}\right)^{1-\sigma_{CH}^{ij}}$.

3) 財価格

$$q_{CH}^{ij} = \frac{1}{\gamma_{CH}^{ij}}\Psi_{CH}^{ij\;\frac{1}{1-\sigma_{CH}^{ij}}} \tag{59}$$

ただし，$z_{C_sH}^{ij}$：地域jの家計の地域iからの交通機関s合成通勤消費量，$q_{C_sH}^{ij}$：$z_{C_sH}^{ij}$の価格，$\alpha_{C_sH}^{ij}, \beta_{C_sH}^{ij}, \gamma_{CH}^{ij}$：パラメータ（$0 \le \alpha_{C_sH}^{ij} \le 1, 0 \le \beta_{C_sH}^{ij} \le 1$），$\sigma_{CH}^{ij}$：代替弾力性パラメータ，$z_{CH}^{ij}, q_{CH}^{ij}$：合成通勤消費量（[11]にて導出）とその価格.

[13] 交通機関sの旅客運輸と通勤交通時間の消費

1) 支出最小化問題

$$q_{C_sH}^{ij} z_{C_sH}^{ij} = \min_{x_{C_sH}^{ij}, l_{C_sH}^{ij}} \left[p_{P_s}^i x_{C_sH}^{ij} + w_H^j l_{C_sH}^{ij} \right] \tag{60a}$$

$$\text{s.t. } z^{ij}_{C_sH} = \gamma^{ij}_{C_sH}\left[\left(1-\alpha^{ij}_{l_{Cs}H}\right)\left\{\left(1-\beta^{ij}_{l_{Cs}H}\right)x^{ij}_{C_sH}\right\}^{\frac{\sigma^{ij}_{C_sH}-1}{\sigma^{ij}_{C_sH}}} + \alpha^{ij}_{l_{Cs}H}\left\{\beta^{ij}_{l_{Cs}H}l^{ij}_{C_sH}\right\}^{\frac{\sigma^{ij}_{C_sH}-1}{\sigma^{ij}_{C_sH}}}\right]^{\frac{\sigma^{ij}_{C_sH}}{\sigma^{ij}_{C_sH}-1}} \tag{60b}$$

2) 需要関数

$$x^{ij}_{C_sH} = \frac{1}{\gamma^{ij}_{C_sH}\left(1-\beta^{ij}_{l_{Cs}H}\right)^{1-\sigma^{ij}_{C_sH}}}\left(\frac{1-\alpha^{ij}_{l_{Cs}H}}{p^{i}_{P_s}}\right)^{\sigma^{ij}_{C_sH}}\Psi^{ij}_{C_sH}{}^{\frac{\sigma^{ij}_{C_sH}}{1-\sigma^{ij}_{C_sH}}} z^{ij}_{C_sH} \tag{61a}$$

$$l^{ij}_{C_sH} = \frac{1}{\gamma^{ij}_{C_sH}\left(\beta^{ij}_{l_{Cs}H}\right)^{1-\sigma^{ij}_{C_sH}}}\left(\frac{\alpha^{ij}_{l_{Cs}H}}{w^{j}_{H}}\right)^{\sigma^{ij}_{C_sH}}\Psi^{ij}_{C_sH}{}^{\frac{\sigma^{ij}_{C_sH}}{1-\sigma^{ij}_{C_sH}}} z^{ij}_{C_sH} \tag{61b}$$

ただし,
$$\Psi^{ij}_{C_sH} = \left(1-\alpha^{ij}_{l_{Cs}H}\right)^{\sigma^{ij}_{C_sH}}\left(\frac{p^{i}_{l_{Cs}H}}{1-\beta^{ij}_{l_{Cs}H}}\right)^{1-\sigma^{ij}_{C_sH}} + \left(\alpha^{ij}_{l_{Cs}H}\right)^{\sigma^{ij}_{C_sH}}\left(\frac{w^{j}_{H}}{\beta^{ij}_{l_{Cs}H}}\right)^{1-\sigma^{ij}_{C_sH}}.$$

3) 財価格

$$q^{ij}_{C_sH} = \frac{1}{\gamma^{ij}_{C_sH}}\Psi^{ij}_{C_sH}{}^{\frac{1}{1-\sigma^{ij}_{C_sH}}} \tag{62}$$

ただし, $x^{ij}_{l_{Cs}H}, l^{ij}_{C_sH}$:地域jの家計の地域iの交通機関s旅客運輸消費量（通勤交通）および通勤交通時間消費量, $p^{ij}_{P_s}$:地域iの交通機関s旅客運輸価格, w^{j}_{H} :合成賃金率（式(30)にて導出）, $\alpha^{ij}_{l_{Cs}H}, \beta^{ij}_{l_{Cs}H}, \gamma^{ij}_{C_sH}$:パラメータ, $\sigma^{ij}_{C_sH}$:代替弾力性パラメータ, $z^{ij}_{C_sH}, q^{ij}_{C_sH}$:交通機関sの合成旅客運輸（通勤交通）の地域iからの消費量（[3]にて導出）とその価格.

以上が家計の財消費行動モデルである. しかし, 実際に家計の各財需要量を計算するには, 式(35)の財消費による効用水準U^{j}_{C}を求める必要がある. これは, まず式(33)右辺第一項の財消費に対する支出水準を,

$$p^{j}_{C}U^{j}_{C} \equiv \min\left[q^{j}_{H}z^{j}_{H} + w^{j}_{SH}l^{j}_{SH}\right] \tag{63}$$

とおく. このとき, 式(54)に式(35)の合成消費財z^{j}_{H}および合成余暇l^{j}_{SH}需要関数を代入することにより, U^{j}_{C}の価格p^{j}_{C}が導出できる.

$$p^{j}_{C} = \frac{1}{\gamma^{j}_{ZH}}\Psi^{j}_{ZH}{}^{\frac{1}{1-\sigma^{j}_{ZH}}} \tag{64}$$

また, 式(54)の家計の財消費に対する支出水準と家計の所得水準（式(31a)）は, 均衡状態下では一致するため, U^{j}_{C}が以下のとおり求められる.

$$U^{j}_{C} = \frac{\left[\left(w^{j}_{H}L^{j}_{H} + r^{j}_{H}K^{j}_{H}\right)\left(1-\tau^{j}_{H}\right)\right]\left(1-\kappa^{j}_{H}\right)}{p^{j}_{C}} \tag{65}$$

(8) 政府, 投資部門の行動モデル

次に, 式(33)をz^{j}_{mG}, z^{j}_{mGI}, z^{j}_{mI}について解くことにより, それぞれ政府消費, 公的投資需要, 民間投資需要の導出を行う.

[14]合成政府消費財n z^{j}_{nG}の消費

式(33)をz^{j}_{nG}について解くと, 以下のとおり合成政府消費財の需要関数が求められる.

2) 需要関数

$$z^{j}_{nG} = \frac{1}{\gamma^{j}_{G}\left(\beta^{j}_{nG}\right)^{1-\sigma^{j}_{G}}}\left(\frac{\alpha^{j}_{nG}}{q^{j}_{nG}}\right)^{\sigma^{j}_{G}}\Psi^{j}_{G}{}^{\frac{\sigma^{j}_{G}}{1-\sigma^{j}_{G}}}U^{j}_{G} \tag{66}$$

ただし, $\Psi^{j}_{G} = \sum_{n}\left(\alpha^{j}_{nG}\right)^{\sigma^{j}_{G}}\left(\frac{q^{j}_{nG}}{\beta^{j}_{nG}}\right)^{1-\sigma^{j}_{G}}$.

ここで, $\alpha^{j}_{nG}, \beta^{j}_{nG}, \gamma^{j}_{G}$:パラメータ（$0 \le \alpha^{j}_{nG} \le 1$, $0 \le \beta^{j}_{nG} \le 1$）, σ^{j}_{G} :代替弾力性パラメータ.

式(57)の政府消費による効用水準U^{j}_{G}は以下より求められる. まず式(33)右辺第二項の政府消費に対する支出水準を,

$$p^{j}_{G}U^{j}_{G} \equiv \min\sum_{n} q^{j}_{nG}z^{j}_{nG} \tag{67}$$

とおく. このとき, 式(58)に式(57)の合成政府消費財z^{j}_{G}需要関数を代入することにより, U^{j}_{G}の価格p^{j}_{G}が導出できる.

$$p^{j}_{G} = \frac{1}{\gamma^{j}_{G}}\Psi^{j}_{G}{}^{\frac{1}{1-\sigma^{j}_{G}}} \tag{68}$$

また, 式(58)の政府消費に対する支出水準と政府の所得水準（式(31b)）は, 均衡状態下では一致するため, U^{j}_{G}が以下のとおり求められる.

$$U^{j}_{G} = \frac{\left[\tau^{j}_{H}\left(w^{j}_{H}L^{j}_{H} + r^{j}_{H}K^{j}_{H}\right) + \sum_{i}\sum_{n}\tau^{j}_{n}\left(w^{ji}l^{ji}_{n} + r^{ji}k^{ji}_{n}\right)\right]\left(1-\delta^{j}_{GI}\right)}{p^{j}_{G}} \tag{69}$$

式(57)の地域i別消費量の決定以降の定式化は家計の[5]～[7]と同じであるため, ここでは割愛したい.

[15]合成公的投資財n z^{j}_{nGI}の決定

式(33)をz^{j}_{nGI}について解くと, 以下のとおり合成公的投資財の需要関数が求められる.

2) 需要関数

$$z_{nGI}^{j}=\frac{1}{\gamma_{GI}^{j}\left(\beta_{nGI}^{j}\right)^{1-\sigma_{GI}^{j}}}\left(\frac{\alpha_{nGI}^{j}}{q_{nGI}^{j}}\right)^{\sigma_{GI}^{j}}\Psi_{GI}^{j\ \frac{\sigma_{GI}^{j}}{1-\sigma_{GI}^{j}}}U_{GI}^{j} \tag{70}$$

ただし，$\Psi_{GI}^{j}=\sum_{n}\left(\alpha_{nGI}^{j}\right)^{\sigma_{GI}^{j}}\left(\frac{q_{nGI}^{j}}{\beta_{nGI}^{j}}\right)^{1-\sigma_{GI}^{j}}$.

ここで，$\alpha_{nGI}^{j},\beta_{nGI}^{j},\gamma_{GI}^{j}$ ：パラメータ（$0\le\alpha_{nGI}^{j}\le 1$, $0\le\beta_{nGI}^{j}\le 1$），σ_{GI}^{j} ：代替弾力性パラメータ.

式(61)の公的投資部門による効用水準 U_{GI}^{j} は以下より求められる．まず式(33)右辺第三項の公的投資に対する支出水準を,

$$p_{GI}^{j}U_{GI}^{j}\equiv\min\sum_{n}q_{nGI}^{j}z_{nGI}^{j} \tag{71}$$

とおく．このとき，式(62)に式(61)の合成公的投資財 z_{GI}^{j} 需要関数を代入することにより，U_{GI}^{j} の価格 p_{GI}^{j} が導出できる.

$$p_{GI}^{j}=\frac{1}{\gamma_{GI}^{j}}\Psi_{GI}^{j\ \frac{1}{1-\sigma_{GI}^{j}}} \tag{72}$$

また，式(62)の公的投資に対する支出水準と公的投資部門の所得水準（式(31c)）は，均衡状態下では一致するため，U_{GI}^{j} が以下のとおり求められる.

$$U_{GI}^{j}=\frac{\left[\tau_{H}^{j}\left(w_{H}^{j}L_{H}^{j}+r_{H}^{j}K_{H}^{j}\right)+\sum_{i}\sum_{n}\tau_{n}^{j}\left(w^{ji}l_{n}^{ji}+r^{ji}k_{n}^{ji}\right)\right]\delta_{GI}^{j}}{p_{GI}^{j}} \tag{73}$$

式(61)の地域i別消費量の決定以降の定式化は，家計の[5]～[7]と同じであるためここでは割愛したい.

[16]合成民間投資財n z_{nI}^{j} の決定

式(33)を z_{nI}^{j} について解くと，以下のとおり合成民間投資財の需要関数が求められる.

2) 需要関数

$$z_{nI}^{j}=\frac{1}{\gamma_{I}^{j}\left(\beta_{nI}^{j}\right)^{1-\sigma_{I}^{j}}}\left(\frac{\alpha_{nI}^{j}}{q_{nI}^{j}}\right)^{\sigma_{I}^{j}}\Psi_{I}^{j\ \frac{\sigma_{I}^{j}}{1-\sigma_{I}^{j}}}U_{I}^{j} \tag{74}$$

ただし，$\Psi_{I}^{j}=\sum_{n}\left(\alpha_{nI}^{j}\right)^{\sigma_{I}^{j}}\left(\frac{q_{nI}^{j}}{\beta_{nI}^{j}}\right)^{1-\sigma_{I}^{j}}$.

ここで，$\alpha_{nI}^{j},\beta_{nI}^{j},\gamma_{I}^{j}$ ：パラメータ（$0\le\alpha_{nI}^{j}\le 1$, $0\le\beta_{nI}^{j}\le 1$），σ_{I}^{j} ：代替弾力性パラメータ.

式(65)の民間投資部門による効用水準 U_{I}^{j} は以下より求められる．まず式(33)右辺第四項の民間投資に対する支出水準を,

$$p_{I}^{j}U_{I}^{j}\equiv\min\sum_{n}q_{nI}^{j}z_{nI}^{j} \tag{75}$$

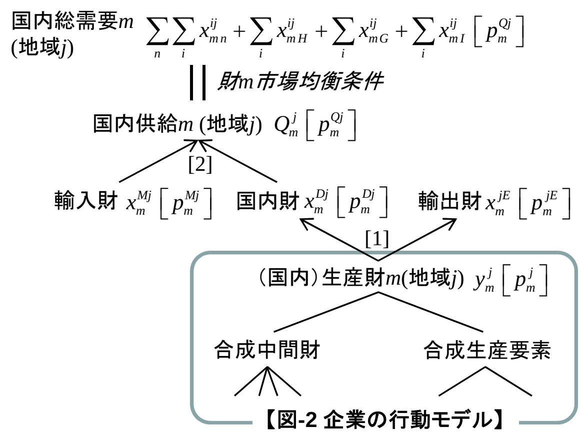

図-4　輸出入モデルの構造

とおく．このとき，式(66)に式(65)の合成民間投資財 z_{I}^{j} 需要関数を代入することにより，U_{I}^{j} の価格 p_{I}^{j} が導出できる.

$$p_{I}^{j}=\frac{1}{\gamma_{I}^{j}}\Psi_{I}^{j\ \frac{1}{1-\sigma_{I}^{j}}} \tag{76}$$

また，式(65)の民間投資に対する支出水準と民間投資部門の所得水準（式(31d)）は，均衡状態下では一致するため，U_{I}^{j} が以下のとおり求められる.

$$U_{I}^{j}=\frac{\left[\left(w_{H}^{j}L_{H}^{j}+r_{H}^{j}K_{H}^{j}\right)\left(1-\tau_{H}^{j}\right)\right]\kappa_{H}^{j}+S_{F}^{j}}{p_{I}^{j}} \tag{77}$$

式(65)の地域i別消費量の決定以降の定式化は，家計の[5]～[7]と同じであるためここでは割愛したい.

以上より，家計の財消費，政府消費，公的投資，民間投資のすべての消費財および投資財の需要関数が導かれた．続いて，輸出，輸入の取り扱いについての定式化を示す.

(6)　輸出，輸入の取り扱い

海外部門との経済取引である輸出入については，細江・我澤・橋本[10]にしたがい定式化する．その概念図を**図-4**に示す．**図-4**には，2. (3) の企業行動モデルから導出される財生産量 y_{m}^{j} が，一部は輸出，残りは国内向けに供給され，そしてその国内に供給されたものと輸入されたものとが国内企業に需要される，という流れが示されている.

このうち，**図-4** [1] の国内財－輸出財配分モデルは，Barro型CET関数にしたがい収入を最大化するように生産財を国内財と輸出財に配分するという行動をとるものとして，[2] の国内財－輸入財投入モデルは，Barro型CES関数に基づく技術制約下で費用を最小化するように国内財と輸入財の投入量を決定するという行動をとるものとして定式化する．まず，国内財－輸出財配分モデル

の定式化は以下のとおりである．

[1]-1：収入最大化問題

$$p_m^j y_m^j = \max_{x_m^{Dj},\, x_m^{jE}} \left[p_m^{Dj} x_m^{Dj} + p_m^{jE} x_m^{jE} \right] \tag{78a}$$

$$\text{s.t. } y_m^j = \gamma_m^{jE} \left[\left(1-\alpha_m^{jE}\right) \left\{ \left(1-\beta_m^{jE}\right) x_m^{Dj} \right\}^{\frac{\sigma_m^{jE}+1}{\sigma_m^{jE}}} + \alpha_m^{jE} \left\{ \beta_m^{jE} x_m^{jE} \right\}^{\frac{\sigma_m^{jE}+1}{\sigma_m^{jE}}} \right]^{\frac{\sigma_m^{jE}}{\sigma_m^{jE}+1}} \tag{78b}$$

[1]-2：配分関数

$$x_m^{Dj} = \frac{1}{\gamma_m^{jE} \left(1-\beta_m^{jE}\right)^{1+\sigma_m^{jE}}} \left(\frac{1-\alpha_m^{jE}}{p_m^{Dj}} \right)^{-\sigma_m^{jE}} \Psi_m^{jE\ \frac{-\sigma_m^{jE}}{1+\sigma_m^{jE}}} y_m^j \tag{79a}$$

$$x_m^{jE} = \frac{1}{\gamma_m^{jE} \left(\beta_m^{jE}\right)^{1+\sigma_m^{jE}}} \left(\frac{\alpha_m^{jE}}{p_m^{jE}} \right)^{-\sigma_m^{jE}} \Psi_m^{jE\ \frac{-\sigma_m^{jE}}{1+\sigma_m^{jE}}} y_m^j \tag{79b}$$

ただし，

$$\Psi_m^{jE} = \left(1-\alpha_m^{jE}\right)^{-\sigma_m^{jE}} \left(\frac{p_m^{Dj}}{1-\beta_m^{jE}} \right)^{1+\sigma_m^{jE}} + \left(\alpha_m^{jE}\right)^{-\sigma_m^{jE}} \left(\frac{p_m^{jE}}{\beta_m^{jE}} \right)^{1+\sigma_m^{jE}} .$$

[1]-3：財価格

$$p_m^j = \frac{1}{\gamma_m^{jE}} \Psi_m^{jE\ \frac{1}{1+\sigma_m^{jE}}} \tag{80}$$

ただし， x_m^{Dj}, x_m^{jE} ：国内財供給量および輸出財供給量，p_m^{Dj} ：国内財価格， p_m^{jE} ：輸出財価格（ $p_m^{jE} = \varepsilon^j p_m^{WE}$ ， ε^j ：為替レート， p_m^{WE} ：海外輸出価格（固定）），$\alpha_m^{jE}, \beta_m^{jE}, \gamma_m^{jE}$ ：パラメータ， σ_m^{jE} ：代替弾力性パラメータ， y_m^j, p_m^j ：国内生産財生産量とその価格.

式(33)の p_m^j は，2. (3) の企業行動モデルの式(3)において既に求められている．また輸出財価格 p_m^{jE} も，為替レートが与えられれば求められる．そこで，式(33)に式(32)の Ψ_m^{jE} を代入し p_m^{Dj} について解くことにより以下のとおり国内財価格 p_m^{Dj} が導出される．

$$p_m^{Dj} = \left(1-\beta_m^{jE}\right) \frac{1}{\left(1-\alpha_m^{jE}\right)^{\frac{-\sigma_m^{jE}}{1+\sigma_m^{jE}}}} \cdot \left[\left(\gamma_m^{jE} p_m^{Yj}\right)^{1+\sigma_m^{jE}} - \left(\alpha_m^{jE}\right)^{-\sigma_m^{jE}} \left(\frac{p_m^{jE}}{\beta_m^{jE}} \right)^{1+\sigma_m^{jE}} \right]^{\frac{1}{1+\sigma_m^{jE}}} \tag{81}$$

次に，国内財ー輸入財投入モデルの定式化は以下のとおりである．

[2]-1：費用最小化問題

$$p_m^{Qj} Q_m^j = \min_{x_m^{Dj},\, x_m^{Mj}} \left[p_m^{Dj} x_m^{Dj} + p_m^{Mj} x_m^{Mj} \right] \tag{81a}$$

$$\text{s.t. } Q_m^j = \gamma_m^{Mj} \left[\left(1-\alpha_m^{Mj}\right) \left\{ \left(1-\beta_m^{Mj}\right) x_m^{Dj} \right\}^{\frac{\sigma_m^{Mj}-1}{\sigma_m^{Mj}}} + \alpha_m^{Mj} \left\{ \beta_m^{Mj} x_m^{Mj} \right\}^{\frac{\sigma_m^{Mj}-1}{\sigma_m^{Mj}}} \right]^{\frac{\sigma_m^{Mj}}{\sigma_m^{Mj}-1}} \tag{81b}$$

[2]-2：需要関数

$$x_m^{Dj} = \frac{1}{\gamma_m^{Mj} \left(1-\beta_m^{Mj}\right)^{1-\sigma_m^{Mj}}} \left(\frac{1-\alpha_m^{Mj}}{p_m^{Dj}} \right)^{\sigma_m^{Mj}} \Psi_m^{Mj\ \frac{\sigma_m^{Mj}}{1-\sigma_m^{Mj}}} Q_m^j \tag{82a}$$

$$x_m^{Mj} = \frac{1}{\gamma_m^{Mj} \left(\beta_m^{Mj}\right)^{1-\sigma_m^{Mj}}} \left(\frac{\alpha_m^{Mj}}{p_m^{Mj}} \right)^{\sigma_m^{Mj}} \Psi_m^{Mj\ \frac{\sigma_m^{Mj}}{1-\sigma_m^{Mj}}} Q_m^j \tag{82b}$$

ただし，

$$\Psi_m^{Mj} = \left(1-\alpha_m^{Mj}\right)^{\sigma_m^{Mj}} \left(\frac{p_m^{Dj}}{1-\beta_m^{Mj}} \right)^{1-\sigma_m^{Mj}} + \left(\alpha_m^{Mj}\right)^{\sigma_m^{Mj}} \left(\frac{p_m^{Mj}}{\beta_m^{Mj}} \right)^{1-\sigma_m^{Mj}} .$$

[2]-3：財価格

$$p_m^{Qj} = \frac{1}{\gamma_m^{Mj}} \Psi_m^{Mj\ \frac{1}{1-\sigma_m^{Mj}}} \tag{83}$$

ただし， x_m^{Mj} ：輸入財投入量， p_m^{Mj} ：輸入財価格（ $p_m^{Mj} = \varepsilon^j p_m^{WM}$ ， ε^j ：為替レート， p_m^{WM} ：海外輸入価格（固定）），$\alpha_m^{Mj}, \beta_m^{Mj}, \gamma_m^{Mj}$ ：パラメータ， σ_m^{Mj} ：代替弾力性パラメータ， Q_m^j, p_m^{Qj} ：国内供給財供給量とその価格.

式(37)の p_m^{Qj} が，財の中間投入，消費において各主体の直面する価格となる．これは式(37)より p_m^{Dj}, p_m^{Mj} の関数であることがわかるが，このうち p_m^{Dj} は式(34)で求められており， p_m^{Mj} も為替レートが与えられれば得られる．その結果 p_m^{Qj} が決定され，それに対応して各主体の財需要量も決まる．ここで，本SCGEモデルの財市場均衡条件は以下であり，各主体の需要量が決定するということは，その左辺が決まることである．

$$\sum_m \sum_i x_{n\,m}^{ji} + \sum_i x_{nH}^{ji} + \sum_i x_{nG}^{ji} + \sum_i x_{nI}^{ji} = Q_n^j \tag{84}$$

そして，本SCGEモデルは企業行動において規模に関して収穫一定の技術を仮定していることから，企業は需要に見合う財供給を行うことになり，式(38)より国内供給財供給量 Q_n^j が決定される．さらに， Q_n^j が決まれば，式(36a)，(36b)から国内財および輸入財の各投入量も決定する．このうち国内財投入量からは，国内生産財生産量 y_m^j を導出することが可能である．まず，式(32a)より y_m^j は以下のようになる．

$$y_m^j = \frac{\gamma_m^{jE}\left(1-\beta_m^{jE}\right)^{1+\sigma_m^{jE}}}{\left(\frac{1-\alpha_m^{jE}}{p_m^{Dj}}\right)^{-\sigma_m^{jE}} \Psi_m^{jE\,\frac{-\sigma_m^{jE}}{1+\sigma_m^{jE}}}} x_m^{Dj} \tag{85}$$

これに国内財投入量x_m^{Dj}の値を代入することによりy_m^jが求められる．

3.　地域間社会会計行列と市場均衡条件

(1)　地域間社会会計行列

続いて，本研究で構築したSCGEモデルに対して地域間社会会計行列（地域間SAM : Social Accounting Matrix）を作成し，本SCGEモデルの市場均衡条件を示すとともにワルラス法則が成立することを明らかとする．

SAMとは，各主体の経済取引およびそれに係わる資金循環を行列表記したものであり，列方向には費用構成，行方向には販路構成が示されている．SAMの解説は，上田[9]および細江，我澤，橋本[9]に詳しい．

本SCGEモデルに対する地域間SAMを**表-2**に示す．この地域間SAMの行（横）方向は均衡条件を表す．まず，企業*n*の欄は財*n*の市場均衡条件式となっている．ただし，**表-2**ではそれが以下のように$p_n^{Qj}, p_n^{jE}, p_n^{Mj}, p_n^j$といった各種価格が混在しており，どれが均衡価格として解かれるのかが明確ではない．

これについては，2. (6)の輸出入モデルを用いて変形することにより，実質的価格がp_n^{Qj}であることが示せる．すなわち，まず式(31)の国内財－輸出財供給モデルと，式(35)の国内財－輸入財投入モデルのそれぞれの最適化問題を解くと，以下の関係式が成立する．

$$p_n^j y_n^j = p_n^{Dj} x_n^{Dj*} + p_n^{jE} x_n^{jE*} \tag{86a}$$

$$p_n^{Qj} Q_n^j = p_n^{Dj} x_n^{Dj*} + p_n^{Mj} x_n^{Mj*} \tag{86b}$$

ただし，*：最適化問題を解いて得られる供給関数および需要関数を意味する（具体的には，式(32)と式(36)）．また対象財を*m*から*n*に変更している．

これより$p_n^{Dj} x_n^{Dj*}$消去すると以下が得られる．

$$p_n^j y_n^j = p_n^{Qj} Q_n^j + \left(p_n^{jE} x_n^{jE*} - p_n^{Mj} x_n^{Mj*}\right) \tag{87}$$

これを式(41)に代入し両辺をp_n^{Qj}で除すと，式(38)の*n*財市場均衡条件式が導出され，式(41)の未知変数はp_n^{Qj}であることが示される．

続いて，家計の欄である．これは要素所得の均衡条件を表す．本SCGEモデルでは，生産要素の地域配分をモデル化したため，**表-2**では地域*j*の家計が地域*k*に生産要素を配分し，その対価として得られる要素所得の合計が家計所得I_H^jと均衡することが示されている．なお，ここでの未知変数はI_H^jと考えれば良い．

同様に政府，公共投資，民間投資の欄についても，それぞれ政府税収と政府所得との均衡条件，公共投資額と公共投資部門所得との均衡条件，貯蓄額（家計貯蓄と域外貯蓄の合計）と投資額との均衡条件を表している．なお，これらにおける未知変数はそれぞれ$\Phi_G^j, \Phi_{GI}^j, \Phi_I^j$である．

次に生産要素*i*の欄は，地域*i*に配分された生産要素を意味し，**表-2**ではそれが地域*i*の企業に需要されることが示されている．すなわち，これは生産要素の配分地ごとに成立する生産要素市場均衡条件式を表すものといえる．その未知変数はw^{ji}, r^{ji}などの生産要素価格である．

最後に間接税の欄は，各企業の間接税支払いの合計と間接税部門の所得との均衡条件を表しており，その未知変数はϕ_{IT}^jである．

(2)　ワルラス法則

次に，**表-2**より本SCGEモデルがワルラス法則を満たすことを明らかとする．

SAMの列方向は費用構成（最終需要部門の場合は支出構成）を表すことは既に述べた．これは，SCGEモデルとの対応では，企業のゼロ利潤条件（本SCGEモデルにおける企業の生産技術は規模に関して収穫一定を仮定しているため，利潤は必ずゼロとなる），家計の所得制約式（所得水準と支出水準が一致するという条件），政府の財政均衡条件（式(26)），投資部門の貯蓄と投資の一致条件を表すことになる．すなわち，SCGEモデルでは，これらの諸条件は制約条件であり必ず満たされるため，**表-2**の地域間SAMの列方向の最下欄の一つ上の行までの合計は，最下欄の値と必ず一致することになる．なお，輸出入部門では，域外貯蓄S_F^jを考慮しており，これにより輸出入両部門の列方向の合計値がゼロとなる．すなわち，

$$\sum_j \left(S_F^j + \sum_n p_n^{jE} x_n^{jE} - \sum_n p_n^{Mj} x_n^{Mj} \right) = 0 \, . \tag{88}$$

ただし，$S_F^j = \left(M_R^j - E_R^j\right) + \left(M^j - E^j\right)$（∵式(30)）．

なぜなら，S_F^jの中で移入出差（$M_R^j - E_R^j$）の地域での合計はゼロであり，（$M^j - E^j$）は輸入差であるので，

表-2　地域間社会会計行列

		地域 j								地域 i								輸出	輸入	生産
		$\cdots$企業 $m\cdots$	家計	政府	公共投資	民間投資	$\cdots$労働 $k\cdots$	$\cdots$資本 $k\cdots$	間接税	企業 m	家計	政府	公共投資	民間投資	$\cdots$労働 $k\cdots$	$\cdots$資本 $k\cdots$	間接税			
地域 j	企業 n	$\vdots$ $\cdots p_n^{Qj}x_{n\,m}^{jj}\cdots$ $\vdots$	$\vdots$ $p_n^{Qj}x_{nH}^{jj}$ $\vdots$	$\vdots$ $p_n^{Qj}x_{nG}^{jj}$ $\vdots$	$\vdots$ $p_n^{Qj}x_{nGI}^{jj}$ $\vdots$	$\vdots$ $p_n^{Qj}x_{nI}^{jj}$ $\vdots$				$\vdots$ $\cdots p_n^{Qj}x_{n\,m}^{ji}\cdots$ $\vdots$	$\vdots$ $p_n^{Qj}x_{nH}^{ji}$ $\vdots$	$\vdots$ $p_n^{Qj}x_{nG}^{ji}$ $\vdots$	$\vdots$ $p_n^{Qj}x_{nGI}^{ji}$ $\vdots$	$\vdots$ $p_n^{Qj}x_{nI}^{ji}$ $\vdots$				$\vdots$ $p_n^{jE}x_n^{jE}$ $\vdots$	$\vdots$ $-p_n^{Mj}x_n^{Mj}$ $\vdots$	$\vdots$ $p_n^jy_n^j$ $\vdots$
	家計						$\cdots w^{jk}L_H^{jk}\cdots$	$\cdots r^{jk}K_H^{jk}\cdots$												I_H^j
	政府		$\tau_H^jI_H^j$						ϕ_{IT}^j											Φ_G^j
	公共投資			$\delta_{GI}^j\Phi_G^j$																Φ_{GI}^j
	民間投資		$\kappa_H^jI_H^j$															S_F^j		Φ_I^j
	$\vdots$ 労働 j 労働 i $\vdots$	0 $\cdots w^{jj}l_m^{jj}\cdots$ 0 0								0 0 $\cdots w^{ji}l_m^{ji}\cdots$ 0										$\vdots$ $w^{jj}L_H^{jj}$ $w^{jj}L_H^{jj}$ $\vdots$
	$\vdots$ 資本 j 資本 i $\vdots$	0 $\cdots r^{jj}k_m^{jj}\cdots$ 0 0								0 0 $\cdots r^{ji}k_m^{ji}\cdots$ 0										$\vdots$ $r^{jj}K_H^{jj}$ $r^{ji}K_H^{ji}$ $\vdots$
	間接税	$\cdots \tau_m^{jj}pf_m^jcf_m^{j*}\cdots$								$\cdots \tau_m^{ij}pf_m^icf_m^{i*}\cdots$										ϕ_{IT}^j
地域 i	企業 n	$\vdots$ $\cdots p_n^{Qi}x_{n\,m}^{ij}\cdots$ $\vdots$	$\vdots$ $p_n^{Qi}x_{nH}^{ij}$ $\vdots$	$\vdots$ $p_n^{Qi}x_{nG}^{ij}$ $\vdots$	$\vdots$ $p_n^{Qi}x_{nGI}^{ij}$ $\vdots$	$\vdots$ $p_n^{Qi}x_{nI}^{ij}$ $\vdots$					$\vdots$ $p_n^{Qi}x_{nH}^{ii}$ $\vdots$	$\vdots$ $p_n^{Qi}x_{nG}^{ii}$ $\vdots$	$\vdots$ $p_n^{Qi}x_{nGI}^{ii}$ $\vdots$	$\vdots$ $p_n^{Qi}x_{nI}^{ii}$ $\vdots$				$\vdots$ $p_n^{iE}x_n^{iE}$ $\vdots$	$\vdots$ $-p_n^{Mi}x_n^{Mi}$ $\vdots$	$\vdots$ $p_n^iy_n^i$ $\vdots$
	家計														$\cdots w^{ik}L_H^{ik}\cdots$	$\cdots r^{ij}K_H^{ij}\cdots$				I_H^i
	政府										$\tau_H^iI_H^i$						ϕ_{IT}^i			Φ_G^i
	公共投資											$\delta_{GI}^i\Phi_G^i$								Φ_{GI}^i
	民間投資										$\kappa_H^iI_H^i$							S_F^i		Φ_I^i
	$\vdots$ 労働 i 労働 i $\vdots$	0 $\cdots w^{ij}l_m^{ij}\cdots$ 0 0								0 0 $\cdots w^{ii}l_m^{ii}\cdots$ 0										$\vdots$ $w^{ii}L_H^{ii}$ $w^{ji}L_H^{ji}$ $\vdots$
	$\vdots$ 資本 j 資本 i $\vdots$	0 $\cdots r^{ij}k_m^{ij}\cdots$ 0 0								0 0 $\cdots r^{ii}k_m^{ii}\cdots$ 0										$\vdots$ $r^{ii}K_H^{ii}$ $r^{ji}K_H^{ji}$ $\vdots$
	間接税	$\cdots \tau_m^{ji}pf_m^jcf_m^{j*}\cdots$								$\cdots \tau_m^{ii}pf_m^icf_m^{i*}\cdots$										ϕ_{IT}^i
生産		$p_n^jy_n^j$	I_H^j	Φ_G^j	Φ_{GI}^j	Φ_I^j	$\cdots w^{jj}L_H^{jj}\cdots$	$\cdots r^{jj}K_H^{jj}\cdots$	ϕ_{IT}^j	$p_n^iy_n^i$	I_H^i	Φ_G^i	Φ_{GI}^i	Φ_I^i	$\cdots w^{ij}L_H^{ij}\cdots$	$\cdots r^{ij}K_H^{ij}\cdots$	ϕ_{IT}^i	0		

$$M^j - E^j + \sum_n p_n^{jE}x_n^{jE} - \sum_n p_n^{Mj}x_n^{Mj} = 0 \tag{45}$$

となる．

したがって，式(44)が成立する．以上の結果，輸出入部門についても，列方向の最下欄の一つ上の行までの合計はゼロとなることが示された．ワルラス法則とは『各主体の収支均等条件が成立しているとき，超過需要額の総和が恒等的にゼロとなる』というものである．**表-2**の地域間SAMの行方向は，超過需要額を表す．したがって，列方向の各主体の収支均等条件が満たされれば，超過需要額の総和は必ずゼロとなる．以上より，本SCGEモデルはワルラス法則を満たすといえる．

4.　東日本大震災のマクロ経済的影響評価

(1)　データセットとパラメータ推定

数値計算にあたり，SCGEモデルのパラメータを推定する必要がある．本稿では，基準年を平成17年とし，経済産業省から公表されている平成17年9地域間産業連関表から地域間社会会計行列を作成してそれをデータセットとした．

パラメータ推定は，標準的なSCGEモデルと同様，キャリブレーションにより行った．それらの結果は，紙面の都合上割愛したい．

表-2　民間資本ストック被害率

項目	額
東日本大震災による民間資本ストック被害額(兆円)[1]	14.7
東北地域の民間資本ストック賦存額(兆円)[2]	81.8
民間資本ストック被害率	17.97%

1) 内閣府(防災担当)の推計した資本ストック被害額(表-1)の社会基盤施設を除いた額
2) 内閣府(経済財政分析担当)の「都道府県別経済財政モデル(平成22年度版)」の推計データを利用

(2)　資本ストック被害の設定

ここでは，東日本大震災による民間資本ストック被害がマクロ経済に与える影響を評価する．ただし，SCGEモデルは資本を含め諸変数はフロー概念であるため，資本ストック被害を直接インプットすることができない．そこで，SCGEモデルでは民間資本ストックの毀損によって当該地域の資本供給量が減少するものとして設定することとした．具体的には，まず内閣府から出されている民間資本ストック毀損額（**表-1**）を，2010年の東北地域の民間資本ストック額で除して民間資本ストック被害率を求める．なお，ここでは**表-1**の「社会基盤施設」を除く項目を民間資本と見なすこととした．また，民間資本ストック額は，内閣府の「都道府県別経済財政モデル（平成22年度版）」の推計データを用いた．以上より求められる民間資本ストック被害率は，**表-2**に示すとおり17.97%となる．これをSCGEモデルの東北地域資本供給量（式(18)の $K_H^{東北}$ ）に乗じて震災後の資本供給量とした．

数値計算結果については，講演時に示す予定である．

5. おわりに

本研究は，東日本大震災のマクロ経済的影響をSCGEモデルによって評価したものである．

今回は，モデルの構築のみにとどまっているため，講演時までに数値計算を実施し，民間資本ストックの毀損，社会資本ストックの毀損，サプライチェーンの毀損による経済的被害の推計を行う予定である．

謝辞：本研究を進めるにあたり，(財)日本総合研究所松岡斉所長，東北大学河野達仁准教授，静岡県立大学岸昭雄講師には大変貴重なコメントを頂いた．なお，本研究は科学研究費補助金・基盤研究(B)［研究課題番号：23360218］および科学研究費補助金・若手研究(B)［課題番号：22760387］の研究成果の一部である．ここに記して謝意を表する次第である．

参考文献

1) Bröcker J. : Operational Spatial Computable General Equilibrium Modeling, The Annals of Regional Science, Vol.32, pp.367-387, 1998.
2) 宮城俊彦，本部賢一：応用一般均衡分析を基礎にした地域間交易量モデルに関する研究，土木学会論文集，No.530／IV-30，pp.31-40，1996.
3) 小池淳司，上田孝行：大規模地震による経済的被害の空間的把握：空間的応用一般均衡モデルによる計量厚生分析，多々納裕一，高木朗義編著，防災の経済分析，勁草書房，第 8 章，pp.136-150，2005.
4) 土屋哲・多々納裕一：SCGE モデルを用いた基幹交通網に関する地震リスクのパブリックマネジメント，社会技術研究論文集，Vol.2，pp.228-237，2004.
5) 林山泰久，阿部雅浩，坂本直樹：多地域応用一般均衡モデルによる東日本大震災のマクロ経済的被害，Tohoku Economics Research Group，Discussion Paper，No.272，pp.1-14，2011.
6) 山崎雅人，落合勝昭：東日本大震災および関東地方における電力制約の経済影響—日本の多地域 CGE（応用一般均衡）モデルによる分析—，JCER Discussion Paper，No.131，pp.1-24，2011.
7) 武藤慎一，森杉壽芳，青木優，桐越信：Barro 型 CES 関数による SCGE モデルの一般性向上　ー交通行動モデルを中心にー，応用地域学会 2009 年度研究発表会，2009.
8) 武藤慎一，桐越信：Barro 型 CES 関数に基づく空間的応用一般均衡(SCGE)モデルの一般性向上-交通モデルを中心に-，交通学研究／2010 年研究年報，pp.255-264，2011.
9) 細江宣裕，我澤賢之，橋本日出男：テキストブック応用一般均衡モデリング　プログラムからシミュレーションまで，東京大学出版会，2004.

（2012.　.　受付）