

豪雪の山梨経済に与えた影響評価

松澤 晴季¹・武藤慎一²

¹学生員 山梨大学 大学院医学工学総合教育部 (〒400-8510 山梨県甲府市武田4-4-37)
E-mail:g14mc009@yamanashi.ac.jp

²正会員 山梨大学大学院准教授 土木環境工学専攻 (〒400-8510 山梨県甲府市武田4-4-37)
E-mail:smutoh@yamanashi.ac.jp

近年、日本では異常気象が多発している。2月に関東地方を襲った大雪もそのひとつだろう。山梨県では観測史上最大積雪量を2倍以上上回る114cmもの積雪となった。この豪雪は山梨県の交通網に甚大な影響を及ぼし、食料供給などの物流をはじめ、数日間にわたって山梨県内の経済を滞らせた。例年100cm以上の積雪が観測される豪雪地帯では除雪設備が整っているため、大きな被害が発生する可能性は少ないが、今回のような予測不能の「災害」レベルの降雪が山梨県内にどのような経済的影響を与えたのかを空間的応用一般均衡 (SCGE) モデルを用いて分析し、影響評価することを目的とする。

Key Words : SCGE model, heavy snowfall, severed road,

1. はじめに

近年、日本ではゲリラ豪雨、猛暑、雹や竜巻といった異常気象が頻繁にみられるようになった。これらは地球温暖化や地球の寒冷化による気象の激甚化とみられており、今年2月に関東地方を襲った大雪も、異常気象のひとつとして挙げられるだろう。これは南岸低気圧の発達によるもので、例年降雪の少ない太平洋側の地域に記録的な積雪をもたらした。とくに、関東地方での被害が大きく、各地で死傷者が出た。

山梨県では観測史上最大積雪量 (49cm) を2倍以上上回る114cmもの積雪となった、この影響で県内で死者5名・負傷者100名超の人的被害があった。また住宅被害として400棟以上 (消防庁調べ: 3月6日現在) を数えた。さらに、孤立集落は2000人以上 (非常災害対策本部調べ: 2月19日17時現在) に達した。大手企業はヘリコプターを使った物資輸送を急遽実施するなど、対策を講じた。ライフラインはガスへの被害はなかったものの、送電線・設備等の損壊による一部停電や、それによる一部断水などの被害がでた。特産品である桃やブドウの農家は、ビニールハウスや果樹が雪の重みでつぶれ、それらの被害額は248億円に達したと発表された。

一方で、今回の大雪は山梨県の交通にも大きな影響を及ぼした。山梨県は中央部に甲府盆地が位置し、その周囲を県土の8割を占める関東山地、南アルプス、御坂山地、富士山、八ヶ岳や奥秩父山地などの山々が取り囲む

地形であるために、県外へと向かう路線はいずれも脆弱であり、積雪量が20cmに達した14日13:40から中央道自動車道が順次通行止めとなり、それに続いて積雪が80cmを超えた14日夜には県内全域の交通網がマヒした。それにより山梨県は約3日間孤立した状態となり、通行止めがすべて解除されるまでにおよそ1週間を要した。輸送経路がすべて断たれ、県内の経済は一時的にストップした。例年100cm以上の積雪が観測される豪雪地帯では、このような甚大な被害にはなりにくいだが、本研究では今回のような予測不能の「災害」レベルの大雪によって、道路が使用できなくなったおよそ1週間で山梨県の経済にどのような影響が表れたのかを、空間的応用一般均衡モデル (以下SCGEモデル) を用いて分析する。SCGEモデルは、地域間の産業連関性を明示的に取り扱い、被害の地域別帰着を計測する手法として有効である。SCGEモデルを用いる場合、災害の直接的被害による状況の変化を外生的に与え、それに起因して生じる社会・経済的影響 (間接被害) が計算される。このとき、交通施設のような社会基盤の被災は、ネットワークの変化・交通量の変化に伴う地域間交通費用の変化という形で間接的にSCGEモデルに反映される。それらをもとに、影響評価することを目的とする。

2. 豪雪の被害内容

山梨県で観測史上最大積雪量を観測した 2 月の大

雪の降り始め（2月14日）からのアメダスを図-1に示す。降雪がおよそ27時間継続し、対策を講じる間もなく積雪していったことがわかる。

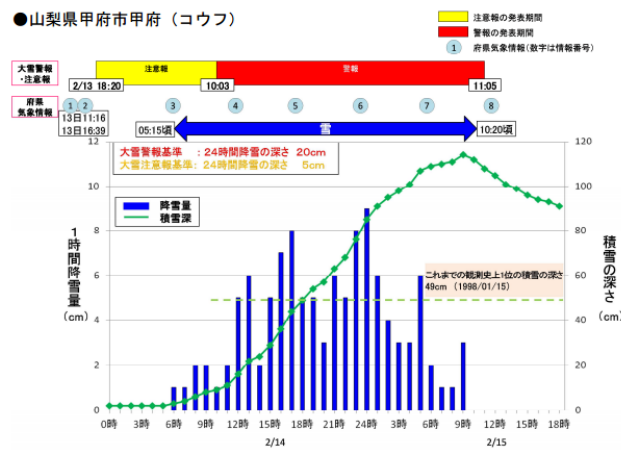


図-1 山梨県甲府市の積雪状況
(出典：気象庁 災害時自然現象報告書2014年第2号)

この大雪による被害を内閣府が取りまとめたものを表-1、表-2、表-3に示す。負傷者は100名を超え、死者も出ている。住宅は1mもの積雪を想定されていないため、多くの被害を受けた。道路が遮断された影響でピーク時には18市町村で2328名が孤立し、県は17日に災害対策本部を設置した。もっとも早く復旧したのはJR中央線の甲府駅～小淵沢駅間で、約3日間となっているが、県外からの物流を回復させるものとはならないため、中央道の3日半を最も早い復旧とみる。道路の除雪が遅れた原因としては、通行止めを開始したのが積雪量20cmに達したころであり、その時点でスタックする自動車が多発したため、開始のタイミングが遅かったと考えられる。国道の通行止めについても同様で、多数の自動車がスタックしている中での開始だったため、除雪車をスムーズに動かすことができなかったと考えられる。

表-1 人的・物的被害

人的被害(人)			
死者	行方不明者	重傷	軽傷
5	0	37	70
住宅被害(棟)			
全壊	半壊	一部損壊	
13	42	357	

表-2 孤立集落の状況

市町村	地区数	世帯数	人数
18	72	1511	2,328

表-3-1 高速道路

	通行止め		
	開始	解除	期間
中央自動車道 (大月IC～大月JCT)	2月14日 13:40	2月17日 23:00	3.5日
(大月・上野原IC～ 八王子IC)	2月14日 22:30		
中部横断道 (双葉JCT～増穂IC)	2月14日 19:00	2月19日 22:00	5日
中央道富士吉田線 (大月JCT～河口湖)	2月14日 13:40	2月20日 0:00	6.5日

表-3-2 直轄国道

	通行止め		
	開始	解除	状況
国道20号 (大月～甲州市勝沼)	2月14日 23:10	2月19日 4:00	スタック (400台)
国道138号 (山中湖村平野～駿東 郡須走)	2月15日 1:15	2月17日 9:20 (片側交互)	
国道52号 (南部町万沢～富士川 町鯉沢)	2月15日 5:50	2月18日 1:30	スタック (200台)
国道139号 (富士宮～本栖湖)	2月15日 0:00	2月18日 0:35	スタック (50台)
国道20号 (上野原～大月)	2月16日 21:00	2月19日 23:30	集中除雪
国道20号 (富士見～茅野)	2月15日 13:00	2月18日 6:00	スタック (400台)

表-3-3 鉄道関係

	運転休止	運転再開
JR中央線 (甲府駅～小淵沢駅) (甲府駅～四方津駅) (小淵沢駅～茅野駅)	2月14日 23:05	2月17日 19:15 2月18日 19:25 2月19日 始発
JR身延線 (西富士宮駅～身延駅) (身延駅～下部温泉駅) (下部温泉駅～甲府駅)	2月15日 始発	2月16日 11:05 2月18日 始発 2月21日 始発

(表1～3-3出典：内閣府とりまとめ 今冬期の大雪等による被害状況について(第8報))

3. モデル分析の概要

(1)SCGEモデルの概要

わが国では、台風や地震等の災害が世界的に見ても多く発生する自然環境にあり、毎年のように災害による社会資本への被害が起きている。特に、道路に代表される交通施設への被害は、地域間の交流・交易を停止または困難にさせ、その影響は直接被害のみならず、間接被害という形で地域に波及する。したがって、交通施設の維

本研究のSCGEモデルは武藤・桐越（2011）の開発したSCGEモデルをベースに構築する。地域には企業、家計、政府、公的投資部門、民間投資部門が存在し、企業は家計が提供する生産要素（労働、資本）を投入して財、サービスを生産し、それを家計、政府、各投資部門が消費するという経済活動が行われている。なお、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。そして、他地域との交易では運輸企業が生産する運輸サービス財の消費が必要となっている。また、旅客交通に関しては、企業の業務交通、家計の通勤、私事、帰宅交通を明示的に取り扱っており、交通基盤整備による所要時間短縮が業務交通を通じて企業生産にもたらす効果、家計の交通消費を通じて家計効用にもたらす効果の計測が可能となっている。

(2)企業の行動モデル

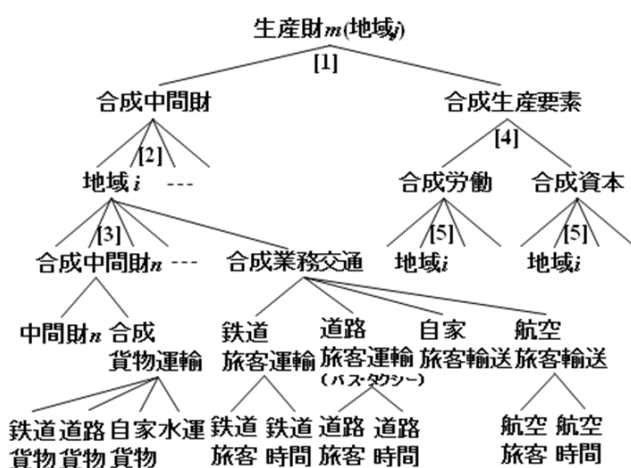


図-2 企業（生産者）の行動モデル

企業(生産者)の行動モデルは、基本的には武藤・桐越⁴⁾と同様である。企業の行動モデルツリーを図-2に示す。企業は、まず合成中間財と合成生産要素の投入量を決定し、その合成中間財に対し中間財 n の地域別合成投入量を決定する。なお、中間財 n の投入には自動車貨物(自家貨物・トラック)、鉄道、水運の交通機関を考慮した

貨物運輸が必要であるとした。一方、業務交通も考慮し。そこでも、自動車旅客（自家旅客・バスやタクシー）、鉄道、航空の交通機関選択を考慮する。

[1]合成中間財 z_m^j と合成生産要素 cf_m^j の投入量決定モデル

1)費用最小化問題

$$p_m^j y_m^j = \min_{z_m^j, c_f^j} [q_m^j z_m^j + \{1 + \tau_m^j\} p f_m^j c_f^j] \quad (1a)$$

$$\begin{aligned} \text{s.t. } y_m^j &= \gamma_{zm}^j [\alpha_m^j \{\beta_m^j z_m^j\}^{\frac{\sigma_{zm}^j-1}{\sigma_{zm}^j}} \\ &+ (1-\alpha_m^j) \{(1-\beta_m^j) c_f^j\}^{\frac{\sigma_{zm}^j-1}{\sigma_{zm}^j}}]^{\frac{\sigma_{zm}^j}{\sigma_{zm}^j-1}} \end{aligned} \quad (1b)$$

2)需要関数

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

$$cf_m^j = \frac{1}{\gamma_{Z_m}^j (1 - \beta_m^j)^{1 - \sigma_{Z_m}^j}} \left(\frac{1 - \alpha_m^j}{\{1 + \tau_m^j\} p f_m^j} \right)^{\sigma_{Z_m}^j} \Psi_{Z_m}^j \frac{\sigma_{Z_m}^j}{1 - \sigma_{Z_m}^j} y_m^j \quad (2b)$$

ただし、

$$\Psi_{z_m}^j = (\alpha_m^j)^{\sigma_{z_m}^j} \left(\frac{q_m^j}{\beta_m^j} \right)^{1-\sigma_{z_m}^j} + (1-\alpha_m^j)^{\sigma_{z_m}^j} \left(\frac{\{1+\tau_m^j\} p f_m^j}{1-\beta_m^j} \right)^{1-\sigma_{z_m}^j}$$

3)財価格

$$p_m^j = \frac{1}{\gamma_{Z_m}^j} \Psi_{Z_m}^j \frac{1}{1 - \sigma_{Z_m}^j} \quad (3)$$

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), $\alpha_m^j, \beta_m^j, \gamma_m^j$: パラメータ, $\sigma_{z_m}^j$:

代替弾力性パラメータ, y_m^j :財 m の生産量,

$$p_m^j: \text{地域 } j \text{ の } m \text{ 財価格} \quad (7b)$$

[2]財別の合成中間財 n z_{nm}^j の決定モデル

1)費用最小化問題

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

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

2)需要関数

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

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

3)財価格

$$q_m^j = \frac{1}{\gamma_m^j} \Psi_m^j \frac{1}{1 - \sigma_m^j} \quad (6)$$

ただし, z_{nm}^j : 地域 j の企業 m が投入する合成中間財 n の投入量, q_{nm}^j : z_{nm}^j の価格, α_{nm}^j , β_{nm}^j , γ_{nm}^j : パラメータ ($0 \leq \alpha_{nm}^j \leq 1, 0 \leq \beta_{nm}^j \leq 1$), σ_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 の地域別 i 別投入量 z_{nm}^{ij} の決定モデル

1)費用最小化問題

$$q_{nm}^j z_{nm}^j = \min_{z_{nm}^{ij}} \sum_i q_{nm}^{ij} z_{nm}^{ij} \quad (7a)$$

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

2)需要関数

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

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

3)財価格

$$q_{nm}^{ij} = \frac{1}{\gamma_{nm}^j} \Psi_{nm}^j \frac{1}{1 - \sigma_{nm}^{ij}} \quad (9)$$

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, α_{nm}^{ij} , β_{nm}^{ij} , γ_{nm}^{ij} : パラメータ ($0 \leq \alpha_{nm}^{ij} \leq 1, 0 \leq \beta_{nm}^{ij} \leq 1$), σ_{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} と合成貨物運輸 z_{nF}^{ij} の投入量決定モデル

1)費用最小化問題

$$q_{nm}^{ij} z_{nm}^{ij} = \min_{x_{nm}^{ij}, x_{nF}^{ij}} [p_n^i x_{nm}^{ij} + q_{nF}^i z_{nF}^{ij}] \quad (10a)$$

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

2)需要関数

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

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

ただし,

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

3)財価格

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

ただし, x_{nm}^{ij} , z_{nF}^{ij} : 地域 j の企業 m が地域 i から投入する合成中間財 n の投入量および合成貨物運輸投入量,

p_n^i , q_{nF}^i : それぞれ地域 i の n 財価格と貨物運輸価格,

α_{Fm}^{ij} , β_{Fm}^{ij} , γ_{nm}^{ij} : パラメータ

($0 \leq \alpha_{Fm}^{ij} \leq 1, 0 \leq \beta_{Fm}^{ij} \leq 1$), 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.

[5]交通機関 s の貨物運輸投入量 x_{s-nFT}^{ij} の決定モデル

1)費用最小化問題

$$q_{nF}^{ij} z_{nF}^{ij} = \min_{z_{s-nFT}^{ij}} \left[\sum_s q_{sFT}^{ij} x_{s-nFT}^{ij} \right] \quad (13a)$$

$$s.t. z_{nF}^{ij} = \gamma_{nF}^j \left[\sum_s \alpha_{s-nF}^{ij} \{ \beta_{sFT}^{ij} x_{s-nFT}^{ij} \}^{\frac{\sigma_{B-Pn}^j - 1}{\sigma_{B-Pn}^j}} \right]^{\frac{\sigma_{B-Pn}^j}{\sigma_{B-Pn}^j - 1}} \quad (13b)$$

2)需要関数

$$x_{s-nFT}^{ij} = \frac{1}{\gamma_n^j (\beta_{s-nF}^{ij})^{1 - \sigma_{s-nF}^j}} \left(\frac{\alpha_{s-nF}^{ij}}{q_{sFT}^{ij}} \right)^{\sigma_{s-nF}^j} \Psi_{nF}^{ij} \frac{\sigma_{s-nF}^j}{1 - \sigma_{s-nF}^j} z_{nF}^{ij} \quad (14)$$

た だ し ,

$$\Psi_{nF}^{ij} = \sum_n (\alpha_{s-nF}^{ij})^{\sigma_{s-nF}^j} \left(\frac{q_{sFT}^{ij}}{\beta_{s-nF}^{ij}} \right)^{1 - \sigma_{s-nF}^j}$$

3)財価格

$$q_{nF}^{ij} = \frac{1}{\gamma_{nF}^j} \Psi_{nF}^{ij} \frac{1}{1 - \sigma_{s-nF}^j} \quad (15)$$

ただし, $x_{s-nFT}^{ij}, q_{sFT}^{ij}$: 貨物運輸企業 s (鉄道貨物, 自動車 (道路貨物, 自家貨物), 水運) 別の貨物運輸投入量と貨物運輸価格. (ただし, 自動車貨物投入量と自動車貨物価格は経路選択を行うため, 合成経路運輸投入量 x_{CTF}^{ij} と合成経路運輸価格 q_{CTF}^{ij} となっている.) , $\alpha_{s-nF}^{ij}, \beta_{s-nF}^{ij}, \gamma_{nF}^j$: パラメータ ($\sum_s \alpha_{s-nF}^{ij} = 1, \sum_n \beta_{s-nF}^{ij} = 1$), σ_{s-nF}^j : 代替弾力性パラメータ. z_{nF}^{ij}, q_{sF}^{ij} : 合成貨物運輸投入量と合成貨物運輸価格 ([4]にて導出) .

[6] 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

$$p f_m^j c f_m^j = \min_{l_m^j, k_m^j} [w_m^j l_m^j + r_m^j k_m^j] \quad (32a)$$

$$s.t. c f_m^j = \gamma_{Fm}^j \left[\alpha_{Lm}^j \{ \beta_{Lm}^j l_m^j \}^{\frac{\sigma_{Fm}^j - 1}{\sigma_{Fm}^j}} + (1 - \alpha_{Lm}^j) \{ (1 - \beta_{Lm}^j) k_m^j \}^{\frac{\sigma_{Fm}^j - 1}{\sigma_{Fm}^j}} \right]^{\frac{\sigma_{Fm}^j}{\sigma_{Fm}^j - 1}} \quad (32b)$$

2)需要関数

$$l_m^j = \frac{1}{\gamma_{Fm}^j \beta_{Lm}^j (1 - \sigma_{Fm}^j)} \left(\frac{\alpha_{Lm}^j}{w_m^j} \right)^{\sigma_{Fm}^j} \Psi_{Fm}^j \frac{\sigma_{Fm}^j}{1 - \sigma_{Fm}^j} c f_m^j \quad (33a)$$

$$k_m^j = \frac{1}{\gamma_{Fm}^j (1 - \beta_{Lm}^j)^{1 - \sigma_{Fm}^j}} \left(\frac{1 - \alpha_{Lm}^j}{r_m^j} \right)^{\sigma_{Fm}^j} \Psi_{Fm}^j \frac{\sigma_{Fm}^j}{1 - \sigma_{Fm}^j} c f_m^j \quad (34b)$$

た だ し ,

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

3)財価格

$$pf_m^j = \frac{1}{\gamma_{Fm}^j} \Psi_{Fm}^j \frac{1}{1 - \sigma_{Fm}^1} \quad (35)$$

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, α_{Lm}^j , β_{Lm}^j , γ_{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

[7]生産要素（労働）の地域*i*別投入量

1)費用最小化問題

$$w_m^j l_m^j = \min_{l_m^{jj}} \sum_i w^{ij} l_m^{ij} \quad (36a)$$

$$s.t. l_m^j = \gamma_{Lm}^j \left[\sum_i \alpha_{Lm}^{ij} \{ \beta_{Lm}^{ij} l_m^j \}^{\frac{\sigma_{Lm}^{ij}-1}{\sigma_{Lm}^{ij}}} \right]^{\frac{\sigma_{Lm}^{ij}}{\sigma_{Lm}^{ij}-1}} \quad (36a)$$

2)需要関数

$$l_m^{ij} = \frac{1}{\gamma_{Lm}^j (\beta_{Lm}^{ij})^{1-\sigma_{fm}^j}} \left(\frac{\alpha_{Lm}^{ij}}{w^{ij}} \right)^{\sigma_{Lm}^j} \Psi_{Lm}^j \frac{\sigma_{Lm}^j}{1-\sigma_{Lm}^j} l_m^j \quad (37a)$$

ただし、

$$\Psi_{Lm}^j = \sum_i (a_{Lm}^{ij})^{\sigma_{Lm}^j} \left(\frac{w_{Lm}^{ij}}{\beta_{Lm}^{ij}} \right)^{1-\sigma_{Lm}^j} \quad (37b)$$

3)財価格

$$w_m^j = \frac{1}{\gamma_{Lm}^j} \Psi_{Lm}^j \frac{1}{1 - \sigma_{Lm}^j} \quad (38)$$

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 $i \sim j$ 間の労働市場で清算される賃
金率、 α_{Lm}^{ij} 、 β_{Lm}^{ij} 、 γ_{Lm}^j : パラメータ
($0 \leq \alpha_{Lm}^{ij} \leq 1, 0 \leq \beta_{Lm}^{ij} \leq 1$)、 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。

(3)運輸企業の行動モデル

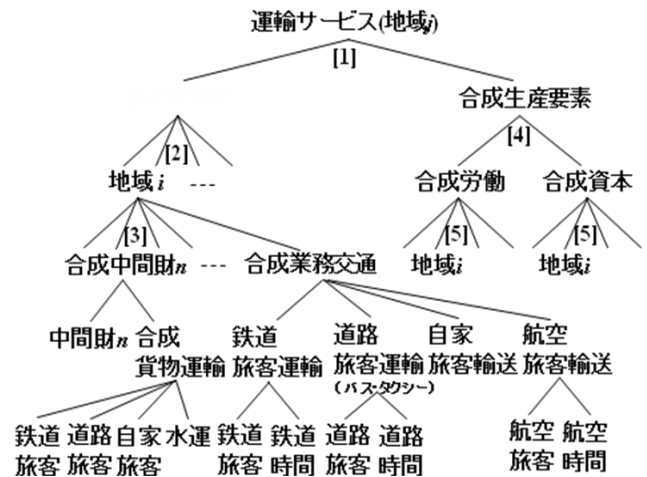


図-3 運輸企業の行動モデル

運輸企業の行動モデルツリーを図-3に示す。運輸企業は利用者の貨物もしくは旅客交通需要に応じて、それぞれ貨物運輸企業と旅客運輸企業が輸送サービスを提供する。貨物運輸企業は、それぞれ、鉄道貨物、道路貨物、自家貨物、水運のサービスを供給する。そして、旅客運輸企業は鉄道旅客、道路旅客、自家旅客、航空旅客のサービスを供給する。基本的には企業の行動モデルと同様であるが、合成労働を輸送時間、合成資本をトラック、バス、自家用車等の交通機関と考えることで、生産要素の投入効率変化を見ることができる。また、生産された運輸サービスは企業の行動モデルの輸送部分に投入される。以上の行動モデルは、いずれもBarro型CES生産技術制約下での費用最小化行動により定式化する。

[1] 合成中間財と合成生産要素投入

1)費用最小化問題

$$p_a^{FR} y_a^{FR} = \min_{z_a^F, c_f_a^F} \left[q_a^{FR} z_a^{FR} + \{1 + \tau_a^{FR}\} p f_a^{FR} c_f_a^{FR} \right] \quad (39a)$$

$$\begin{aligned} \text{s.t. } y_a^{FR} &= \gamma_a^{FR} [\alpha_a^{FR} \{\beta_a^{FR} z_a^{FR}\}^{\frac{\sigma_a^{FR}-1}{\sigma_a^{FR}}} \\ &+ (1-\alpha_a^{FR}) \{(1-\beta_a^{FR}) c f_a^{FR}\}^{\frac{\sigma_a^{FR}-1}{\sigma_a^{FR}}}]^{\frac{\sigma_a^{FR}}{\sigma_a^{FR}-1}} \end{aligned} \quad (39b)$$

2)需要関数

$$z_a^{FR} = \frac{1}{\gamma_{Za}^{FR} (\beta_a^{FR})^{1-\sigma_{Za}^{FR}}} \left(\frac{\alpha_a^{FR}}{q_a^{FR}} \right)^{\sigma_{Za}^{FR}} \Psi_{Za}^{FR} \frac{\sigma_{Za}^{FR}}{1-\sigma_{Za}^{FR}} y_a^{FR} \quad (40a)$$

$$c f_a^{FR} = \frac{1}{\gamma_{Za}^{FR} (1-\beta_a^{FR})^{1-\sigma_{Za}^{FR}}} \cdot \left(\frac{1-\alpha_a^{FR}}{\{1+\tau_a^{FR}\} p f_a^{FR}} \right)^{\sigma_{Za}^{FR}} \Psi_{Za}^{FR} \frac{\sigma_{Za}^{FR}}{1-\sigma_{Za}^{FR}} Z a y_a^{FR} \quad (40b)$$

ただし、

$$\Psi_{Za}^{FR} = (\alpha_a^{FR})^{\sigma_{Za}^{FR}} \left(\frac{q_a^{FR}}{\beta_a^{FR}} \right)^{1-\sigma_{Za}^{FR}} + (1-\alpha_a^{FR})^{\sigma_{Za}^{FR}} \left(\frac{\{1+\tau_a^{FR}\} p f_a^{FR}}{1-\beta_a^{FR}} \right)^{1-\sigma_{Za}^{FR}}$$

3)財価格

$$p_a^{FR} = \frac{1}{\gamma_a^{FR}} \Psi_{Za}^{FR} \frac{1}{1-\sigma_{Za}^{FR}} \quad (41)$$

ただし、 p_a^{FR}, y_a^{FR} : リンク a の道路貨物運輸企業生産量と財価格、 z_a^{FR}, q_a^{FR} : 合成中間財投入量と合成中間財価格、 $c f_a^{FR}, p f_a^{FR}$: 合成生産要素投入量と合成生産要素価格、 τ_a^{FR} : 間接税率（固定）、 $\alpha_a^{FR}, \beta_a^{FR}, \gamma_{Za}^{FR}$: パラメータ、 σ_{Za}^{FR} : 代替弾力性パラメータ。

[2]中間財 n 別投入量決定モデル

1)費用最小化問題

$$q_a^{FR} z_a^{FR} = \min_{z_{an}^{FR}} \sum_n q_{an}^{FR} z_{an}^{FR} \quad (42a)$$

$$\text{s.t. } z_a^{FR} = \gamma_a^{FR} \left[\sum_n \alpha_{nm}^j \left\{ \beta_{nm}^j z_{nm}^j \right\}^{\frac{\sigma_a^{FR}-1}{\sigma_a^{FR}}} \right]^{\frac{\sigma_a^{FR}}{\sigma_a^{FR}-1}} \quad (42b)$$

2)需要関数

$$z_{an}^{FR} = \frac{1}{\gamma_a^{FR} (\beta_{an}^{FR})^{1-\sigma_a^{FR}}} \left(\frac{\alpha_{an}^{FR}}{q_{an}^{FR}} \right)^{\sigma_a^{FR}} \Psi_a^{FR} \frac{\sigma_a^{FR}}{1-\sigma_a^{FR}} z_a^{FR}$$

ただし、

$$\Psi_a^{FR} = \sum_n (\alpha_{an}^{FR})^{\sigma_a^{FR}} \left(\frac{q_{an}^{FR}}{\beta_{an}^{FR}} \right)^{1-\sigma_a^{FR}} \quad (43)$$

3)財価格

$$q_a^{FR} = \frac{1}{\gamma_a^{FR}} \Psi_a^{FR} \frac{1}{1-\sigma_a^{FR}} \quad (44)$$

ただし、 z_{nm}^j, q_{nm}^j : 合成中間財 n の投入量と合成中間財 n の価格、 $\alpha_{an}^{FR}, \beta_{an}^{FR}, \gamma_a^{FR}$: パラメータ ($\sum_n \alpha_{an}^{FR} = 1, \sum_n \beta_{an}^{FR} = 1$)、 σ_{Za}^{FR} : 代替弾力性パラメータ。

以上の式(39)は2財モデル、式(42)は多財モデルの定式化であり、以降のモデル化はそのいずれかの枠組みで定式化できる。

上記で示したのは運輸企業の行動モデルではあるが、通常の企業の行動モデルも同様の定式となっている。しかし、通常の企業の行動モデルと異なり、本モデルの運輸企業は交通所要時間が運輸企業の実産性に影響を与えている。今回のような雪害により輸送時間が増加した場合、単位輸送あたりの労働および資本の投入量が増加し、その投入効率が低下することを考慮したものである。資本については、回転率が低下すると考えれば良い。

ここでは、道路運輸企業の生産要素投入効率変化モデルを定式化する。まず、式(39)の運輸企業の合成生産要素投入量 $c f_a^F$ は交通所要時間の関数とする。さらにそ

れは、合成労働投入量 l_a^F および合成資本投入量 k_a^F とゼロ次同次の関係であるとする。ゼロ次同次とは、所要時間が λ 倍になっても、合成労働投入量 l_a^F および合成資本投入量 k_a^F も λ 倍になれば合成生産要素投入量は変化しないということであり、以下が成立することを意味する。

$$c f_a^F = c f_a^{rs} (t_a, l_a^F, k_a^F) = c f_a^F (\lambda t_a, \lambda l_a^F, \lambda k_a^F) \quad (45)$$

ここで, $\lambda = \frac{\overline{t_a(x_a)^A}}{t_a(x_a)^B}$ とおくと以下が得られる.

$$cf_a^F = cf_a^{rs}(t_a(x_a)^A, \frac{\overline{t_a(x_a)^A}}{t_a(x_a)^B} l_a^F, \frac{\overline{t_a(x_a)^A}}{t_a(x_a)^B} k_a^F) \quad (46)$$

$$= cf_a^F(t_a(x_a)^A, eff_a^F l_a^F, eff_a^F k_a^F)$$

ただし, cf_a^F : リンク a の道路運輸企業の合成生産要素投入量, l_a^F, k_a^F : リンク a の道路運輸企業の労働,

資本投入量, $\overline{t_a(x_a)^A}$: 整備なしの所要時間 (固定),

$t_a(x_a)^B$: 整備有の所要時間.

式(46)において eff_a^F は交通所要時間の状況に応じた運輸企業の労働及び資本の投入効率を示す指標である. 交通整備により所要時間が増加すると eff_a^F は 1 より小さくなる. それは運輸企業が数多くの労働および資本の投入で合成生産要素の生産水準を維持することを意味し, これにより運輸企業の生産性の低下を SCGE モデル上で表現できることになる.

(4)家計の行動モデル

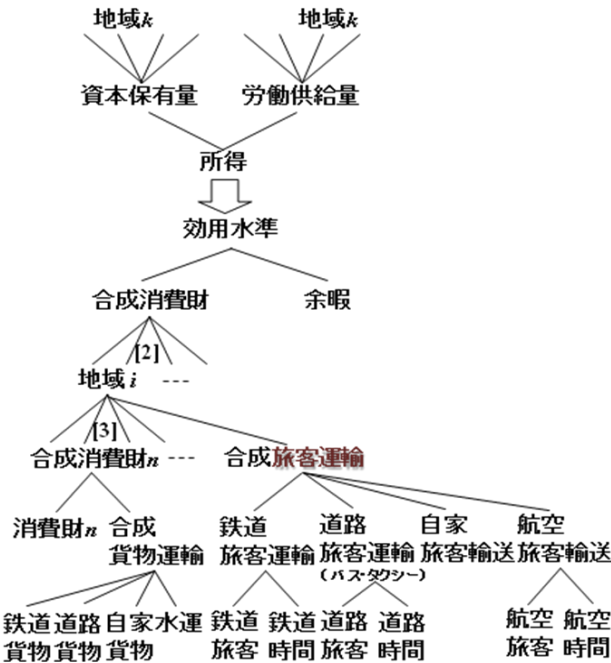


図4 家計（消費者）の行動モデル

家計（消費者）の行動モデルの定式化も企業の行動モデルと同様に武藤・桐越⁴⁾のSCGEモデルをベースとしてい

る. 家計の行動モデルツリーを図-4に示す. 今回は所得税率, 貯蓄率を一定と考え, 税の支払い, 貯蓄額を決定する. そして, 税, 貯蓄控除後所得(可処分所得)を用いて, 各財・サービス, 交通, 余暇の消費量を決定する. 旅客については, 運輸企業が提供することとする. それにより, 要素投入効率の向上効果が発現する. 生産要素の地域配分は, 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. それらは以下のように定式化する.

[1] 生産要素 (労働) L_H^{jk} の地域供給量の決定

1)収入最大化問題

$$w_H^j L_H^j = \max_{L_H^k} \left[\sum_k w^{jk} L_H^{jk} \right] \quad (47a)$$

$$s.t. L_H^j = \gamma_{LH}^j \left[\sum_k \alpha_{LH}^{jk} \left\{ \beta_{LH}^{jk} L_H^{jk} \right\}^{\frac{\sigma_{LH}^j + 1}{\sigma_{LH}^j}} \right]^{\frac{\sigma_{LH}^j}{\sigma_{LH}^j + 1}} \quad (48b)$$

2)需要関数

$$L_H^{jk} = \frac{1}{\gamma_{LH}^j (\beta_{LH}^{jk})^{1+\sigma_{LH}^j}} \left(\frac{\alpha_{LH}^{jk}}{q_{LH}^{jk}} \right)^{-\sigma_{LH}^j} \Psi_{LH}^j \frac{-\sigma_{LH}^j}{1+\sigma_{LH}^j} L_H^j \quad (49)$$

ただし,

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

3)賃金率

$$w_H^j = \frac{1}{\gamma_{LH}^j} \Psi_{LH}^j \frac{1}{1+\sigma_{LH}^j} \quad (50)$$

ただし, L_H^{jk}, w^{jk} : 家計が地域 k へ配分する労働配分量と地域 $j-k$ 間で清算される賃金率, $\alpha_{LH}^{jk}, \beta_{LH}^{jk}, \gamma_{LH}^j$: パラメータ ($0 \leq \alpha_{LH}^{jk} \leq 1, 0 \leq \beta_{LH}^{jk} \leq 1$), σ_{LH}^j : 代替弾力性パラメータ, L_H^j, w_H^j : 家計の労働保有時間と賃金率.

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るため, ここでは定式化を割愛する.

以上の生産要素の地域配分モデルから家計の総所得が求められる。そして、得られた所得から所得税が差し引かれ、さらに貯蓄を差し引いたものを消費に充てるとする。なお、所得税率、貯蓄率ともに一定とする。以上より家計が消費に充てる、いわゆる可処分所得は以下のとおり求められる。

$$\Omega_H^j = \left[(w_H^j L_H^j + r_H^j K_H^j) (1 - \tau_H^j) \right] (1 - \kappa_H^j) \quad (51)$$

ただし、 Ω_H^j ：家計の可処分所得、 L_H^j, w_H^j ：家計の労働保有時間と賃金率、 K_H^j, r_H^j ：家計の資本保有量と利子率、 τ_H^j ：直接税率（一定）、 κ_H^j ：貯蓄率（一定）。

以上の可処分所得制約下で、家計は消費行動を行う。まず家計は、合成消費財と合成余暇の消費量を決定し、合成消費財に対しては個別財 n の合成消費量を決定する。この個別財 n の消費には運輸投入が必要であり、その運輸は貨物運輸と旅客運輸からなるとする。すなわち、家計があるものを購入するためには、生産地から居住地まで貨物運輸により輸送され、その後家計が旅客トリップを発生させて店まで行き購入するというプロセスを明示化したものである。ただし、今回はデータの都合上、商業と対個人サービスは旅客運輸のみを投入、その他の財については貨物運輸のみを投入するとした。そして、これらの運輸消費では交通機関選択を考慮する。また、道路交行動では企業のモデルと同様に経路選択行動を行うこととする。なお、旅客運輸では交通時間消費も考慮している。それは企業の場合と同じで、これらによる移動では移動者が時間を費やしているためである。一方、合成余暇については、余暇と合成通勤の消費量の決定を行う。通勤のための旅客運輸消費に関しても交通時間を消費するものとしている。また、道路交通利用者は、企業の行動モデルと同様に経路選択を行うとしている。

以上の家計の行動モデルは、双対アプローチ²⁾を利用することにより、Barro型CES効用関数を一定とする条件下での支出最小化問題により定式化できる⁷⁾。

[2] 合成消費財 z_H^j と合成余暇 l_{SH}^j の消費

1) 費用最小化問題

$$p_H^j U_H^j = \min_{z_H^j, l_{SH}^j} \left[q_H^j z_H^j + w_{SH}^j l_{SH}^j \right] \quad (52a)$$

$$\begin{aligned} s.t. U_H^j &= \gamma_H^j [\alpha_H^j \{\beta_H^j z_H^j\}^{\frac{\sigma_{ZH}^j - 1}{\sigma_{ZH}^j}} \\ &+ (1 - \alpha_H^j) \{(1 - \beta_H^j) l_{SH}^j\}^{\frac{\sigma_{ZH}^j - 1}{\sigma_{ZH}^j}}]^{\frac{\sigma_{ZH}^j}{\sigma_{ZH}^j - 1}} \end{aligned} \quad (52b)$$

式(52)を解くと以下の需要関数が得られる。

2) 需要関数

$$z_H^j = \frac{1}{\gamma_H^j (\beta_H^j)^{1 - \sigma_{ZH}^j}} \left(\frac{\alpha_H^j}{q_H^j} \right)^{\sigma_{ZH}^j} \Psi_{ZH}^j \frac{\sigma_{ZH}^j}{1 - \sigma_{ZH}^j} U_H^j \quad (53a)$$

$$l_{SH}^j = \frac{1}{\gamma_H^j (1 - \beta_H^j)^{1 - \sigma_{ZH}^j}} \left(\frac{1 - \alpha_H^j}{q_H^j} \right)^{\sigma_{ZH}^j} \Psi_{ZH}^j \frac{\sigma_{ZH}^j}{1 - \sigma_{ZH}^j} U_H^j \quad (53b)$$

ただし、

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

これを式(52a)の目的関数に代入すると、効用価格指数が以下のように導出される。

3) 効用水準価格

$$p_H^j = \frac{1}{\gamma_H^j} \Psi_{ZH}^j \frac{1}{1 - \sigma_{ZH}^j} \quad (54)$$

ただし、 U_H^j, p_H^j ：効用水準と効用価格指数、 z_H^j, q_H^j ：合成財消費量と家計の合成財価格、 l_{SH}^j, w_{SH}^j ：合成余暇消費量と合成余暇価格、 $\alpha_H^j, \beta_H^j, \gamma_H^j$ ：パラメータ、 σ_{ZH}^j ：代替弾力性パラメータ。

このような形で定式化できるということが、武田の指摘する双対アプローチの利点ということになる。続いて、家計の財消費に対する支出を決定する行動モデルの定式化を示す。

[3] 合成消費財 n z_{nH}^j の消費

1) 支出最小化問題

$$q_H^j z_H^j = \min_{z_{nH}^j} q_{nH}^j z_{nH}^j \quad (55a)$$

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

(55b) 3)財価格

2)需要関数

$$z_{nH}^j = \frac{1}{\gamma_H^j (\beta_{nH}^j)^{1-\sigma_H^j}} \left(\frac{\alpha_{nH}^j}{q_{nH}^j} \right)^{\sigma_H^j} \Psi_H^j \frac{\sigma_H^j}{1-\sigma_H^j} z_H^j \quad (56)$$

ただし,

$$\Psi_H^j = \sum_n (\alpha_{nH}^j)^{\sigma_H^j} \left(\frac{q_{nH}^j}{\beta_{nH}^j} \right)^{1-\sigma_H^j}$$

3)財価格

$$q_H^j = \frac{1}{\gamma_H^j} \Psi_H^j \frac{1}{1-\sigma_H^j} \quad (57)$$

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, α_{nH}^j , β_{nH}^j , γ_H^j :パラメータ

$(0 \leq \alpha_{nH}^j \leq 1, 0 \leq \beta_{nH}^j \leq 1)$, σ_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 ([2]にて導出) とその価格

[4]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

$$q_{nH}^j z_{nH}^j = \min_{z_{nH}^{ij}} \sum_i q_{nH}^{ij} z_{nH}^{ij} \quad (58a)$$

$$s.t. z_{nH}^j = \gamma_{nH}^j \left[\sum_i \alpha_{nH}^{ij} \{ \beta_{nH}^{ij} z_{nH}^{ij} \}^{\frac{\sigma_{nH}^{ij} - 1}{\sigma_{nH}^{ij}}} \right]^{\frac{\sigma_{nH}^j}{\sigma_{nH}^j - 1}} \quad (58b)$$

2)需要関数

$$z_{nH}^{ij} = \frac{1}{\gamma_{nH}^{ij} (\beta_{nH}^{ij})^{1-\sigma_{nH}^{ij}}} \left(\frac{\alpha_{nH}^{ij}}{q_{nH}^{ij}} \right)^{\sigma_{nH}^{ij}} \Psi_{nH}^j \frac{\sigma_{nH}^{ij}}{1-\sigma_{nH}^{ij}} z_{nH}^j \quad (59)$$

ただし,

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

$$q_{nH}^j = \frac{1}{\gamma_{nH}^j} \Psi_{nH}^j \frac{1}{1-\sigma_{nH}^j} \quad (60)$$

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, α_{nH}^{ij} , β_{nH}^{ij} ,

γ_{nH}^j :パラメータ $(0 \leq \alpha_{nH}^{ij} \leq 1, 0 \leq \beta_{nH}^{ij} \leq 1)$,

σ_{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 ([3]にて導出) とその価格

[5]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

$$q_{nH}^{ij} z_{nH}^{ij} = \min_{x_{nH}^{ij}, z_{TH}^{ij}} [p_n^i x_{nH}^{ij} + q_{TH}^i z_{TH}^{ij}] \quad (61a)$$

$$s.t. z_{nH}^{ij} = \gamma_{nH}^{ij} \left[(1 - \alpha_{TH}^{ij}) \{ (1 - \beta_{TH}^{ij}) x_{nH}^{ij} \}^{\frac{\sigma_{nH}^{ij} - 1}{\sigma_{nH}^{ij}}} + \alpha_{TH}^{ij} \{ \beta_{TH}^{ij} z_{TH}^{ij} \}^{\frac{\sigma_{nH}^{ij} - 1}{\sigma_{nH}^{ij}}} \right]^{\frac{\sigma_{nH}^{ij}}{\sigma_{nH}^{ij} - 1}} \quad (61b)$$

2)需要関数

$$x_{nH}^{ij} = \frac{1}{\gamma_{nH}^{ij} (1 - \beta_{TH}^{ij})^{1-\sigma_{nH}^{ij}}} \left(\frac{1 - \alpha_{TH}^{ij}}{p_n^i} \right)^{\sigma_{nH}^{ij}} \Psi_{nH}^{ij} \frac{\sigma_{nH}^{ij}}{1-\sigma_{nH}^{ij}} z_{nH}^{ij} \quad (62a)$$

$$z_{TH}^{ij} = \frac{1}{\gamma_{nH}^{ij} (\beta_{TH}^{ij})^{1-\sigma_{nH}^{ij}}} \left(\frac{\alpha_{TH}^{ij}}{q_{TH}^i} \right)^{\sigma_{nH}^{ij}} \Psi_{nH}^{ij} \frac{\sigma_{nH}^{ij}}{1-\sigma_{nH}^{ij}} z_{nH}^{ij} \quad (62b)$$

ただし,

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

3)財価格

$$q_{nH}^{ij} = \frac{1}{\gamma_{nH}^{ij}} \Psi_{nH}^{ij} \frac{1}{1-\sigma_{nH}^{ij}} \quad (63)$$

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、 α_{TH}^{ij} 、 β_{TH}^{ij} 、 γ_{nH}^{ij} :パラメータ ($0 \leq \alpha_{TH}^{ij} \leq 1, 0 \leq \beta_{TH}^{ij} \leq 1$)、 σ_{nH}^{ij} :代替弾力性パラメータ、 z_{nH}^{ij} 、 q_{nH}^{ij} :合成消費財の消費量 ([4]にて導出) とその価格

[6] 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

$$q_{TH}^{ij} z_{TH}^{ij} = \min_{x_{FH}^{ij}, z_{PH}^{ij}} [q_{FH}^{ij} z_{FH}^{ij} + q_{PH}^{ij} z_{PH}^{ij}] \quad (64a)$$

$$s.t. z_{TH}^{ij} = \gamma_{TH}^{ij} \left[\frac{(1-\alpha_{PH}^{ij})\{(1-\beta_{PH}^{ij})z_{FH}^{ij}\}^{\frac{\sigma_{TH}^{ij}-1}{\sigma_{TH}^{ij}}}}{\sigma_{TH}^{ij}-1} + \alpha_{PH}^{ij} \{ \beta_{PH}^{ij} z_{PH}^{ij} \}^{\frac{\sigma_{TH}^{ij}-1}{\sigma_{TH}^{ij}}} \right]^{\frac{\sigma_{TH}^{ij}}{\sigma_{TH}^{ij}-1}} \quad (64a)$$

2) 需要関数

$$z_{FH}^{ij} = \frac{1}{\gamma_{TH}^{ij} (1-\beta_{PH}^{ij})^{1-\sigma_{TH}^{ij}}} \left(\frac{1-\alpha_{PH}^{ij}}{q_{FH}^{ij}} \right)^{\sigma_{TH}^{ij}} \Psi_{TH}^{ij} \frac{\sigma_{TH}^{ij}}{1-\sigma_{TH}^{ij}} z_{TH}^{ij} \quad (65a)$$

$$z_{PH}^{ij} = \frac{1}{\gamma_{TH}^{ij} (\beta_{PH}^{ij})^{1-\sigma_{TH}^{ij}}} \left(\frac{\alpha_{PH}^{ij}}{q_{PH}^{ij}} \right)^{\sigma_{TH}^{ij}} \Psi_{TH}^{ij} \frac{\sigma_{TH}^{ij}}{1-\sigma_{TH}^{ij}} z_{TH}^{ij} \quad (65b)$$

ただし、

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

3) 財価格

$$q_{TH}^{ij} = \frac{1}{\gamma_{TH}^{ij}} \Psi_{TH}^{ij} \frac{1}{1-\sigma_{TH}^{ij}} \quad (62)$$

ただし、 z_{FH}^{ij} 、 z_{PH}^{ij} :地域 j の家計の地域 i の貨物運輸

消費量および合成私事交通消費量、 q_{FH}^{ij} 、 q_{PH}^{ij} :それぞれ地域 i の貨物運輸価格および合成私事交通価格、

α_{PH}^{ij} 、 β_{PH}^{ij} 、 γ_{TH}^{ij} :パラメータ

($0 \leq \alpha_{PH}^{ij} \leq 1, 0 \leq \beta_{PH}^{ij} \leq 1$)、 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

([5]にて導出) とその価格

[7] 合成商業・対個人サービス z_{CSH}^j および合成余暇

$2lz_{CH}^j$ の消費

1) 支出最小化問題

$$z_{CSH}^j lz_{CH}^j = \min_{z_{CSH}^j, lz_{CH}^j} [q_{CSH}^j z_{CSH}^j + w_{CH}^j lz_{CH}^j] \quad (81a)$$

$$s.t. z_{SH}^j = \gamma_{SH}^j \left[\alpha_{SH}^j \{ \beta_{SH}^j z_{CSH}^j \}^{\frac{\sigma_{SH}^j-1}{\sigma_{SH}^j}} + (1-\alpha_{SH}^j) \{ (1-\beta_{SH}^j) lz_{CH}^j \}^{\frac{\sigma_{SH}^j-1}{\sigma_{SH}^j}} \right]^{\frac{\sigma_{SH}^j}{\sigma_{SH}^j-1}} \quad (81b)$$

2) 需要関数

$$z_{CSH}^j = \frac{1}{\gamma_{SH}^j \beta_{SH}^j^{1-\sigma_{SH}^j}} \left(\frac{\alpha_{SH}^j}{q_{CSH}^j} \right)^{\sigma_{SH}^j} \Psi_{SH}^j \frac{\sigma_{SH}^j}{1-\sigma_{SH}^j} z_{SH}^j \quad (82a)$$

$$lz_{CH}^j = \frac{1}{\gamma_{SH}^j (1-\beta_{SH}^j)^{1-\sigma_{SH}^j}} \left(\frac{1-\alpha_{SH}^j}{w_{CH}^j} \right)^{\sigma_{SH}^j} \Psi_{SH}^j \frac{\sigma_{SH}^j}{1-\sigma_{SH}^j} z_{SH}^j \quad (83b)$$

ただし、

$$\Psi_{SH}^j = (1-\alpha_{SH}^j)^{\sigma_{SH}^j} \left(\frac{z_{CSH}^j}{1-\beta_{SH}^j} \right)^{1-\sigma_{SH}^j} + (\alpha_{SH}^j)^{\sigma_{SH}^j} \left(\frac{lz_{CH}^j}{\beta_{SH}^j} \right)^{1-\sigma_{SH}^j}$$

3) 財価格

$$q_{SH}^j = \frac{1}{\gamma_{SH}^j} \Psi_{SH}^j \frac{1}{1-\sigma_{SH}^j} \quad (84)$$

ただし, z_{CSH}^j, l_{CH}^j :地域 j の家計の合成商業・対個人サービス消費量および合成余暇 2 消費量, q_{CSH}^j, w_{CH}^j : z_{CSH}^j, l_{CH}^j の価格, $\alpha_{SH}^j, \beta_{SH}^j, \gamma_{SH}^j$: パラメータ ($0 \leq \alpha_{SH}^j \leq 1, 0 \leq \beta_{SH}^j \leq 1$), σ_{SH}^j :

代替弾力性パラメータ, l_{SH}^j, w_{SH}^j : 合成消費財の消費量 ([2])にて導出) とその価格

[8] 合成私事交通 z_{PH}^j 商業・対個人サービス x_{CSH}^j

1) 支出最小化問題

$$q_{CSH}^j z_{CSH}^j = \min_{z_{PH}^j, x_{CSH}^j} [q_{CSH}^j z_{PH}^j + p_{CSH}^j x_{CSH}^j] \quad (85a)$$

$$s.t. z_{CSH}^j = \gamma_{CSH}^j \left[\alpha_{CSH}^j \{ \beta_{CSH}^j z_{PH}^j \}^{\frac{\sigma_{CSH}^j - 1}{\sigma_{CSH}^j}} + (1 - \alpha_{CSH}^j) \{ (1 - \beta_{CSH}^j) x_{CSH}^j \}^{\frac{\sigma_{CSH}^j - 1}{\sigma_{CSH}^j}} \right]^{\frac{\sigma_{CSH}^j}{\sigma_{CSH}^j - 1}} \quad (85b)$$

2) 需要関数

$$z_{PH}^j = \frac{1}{\gamma_{CSH}^j \beta_{CSH}^j} \left(\frac{\alpha_{CSH}^j}{q_{PH}^j} \right)^{\sigma_{SH}^j} \Psi_{CSH}^j \frac{\sigma_{CSH}^j}{1 - \sigma_{CSH}^j} z_{CSH}^j \quad (86a)$$

$$x_{CSH}^j = \frac{1}{\gamma_{CSH}^j (1 - \beta_{CSH}^j)} \left(\frac{1 - \alpha_{CSH}^j}{p_{CSH}^j} \right)^{\sigma_{SH}^j} \Psi_{CSH}^j \frac{\sigma_{CSH}^j}{1 - \sigma_{CSH}^j} z_{CSH}^j \quad (86b)$$

ただし,

$$\Psi_{CSH}^j = (1 - \alpha_{CSH}^j)^{\sigma_{SH}^j} \left(\frac{z_{PH}^j}{1 - \beta_{CSH}^j} \right)^{1 - \sigma_{SH}^j} + (\alpha_{CSH}^j)^{\sigma_{SH}^j} \left(\frac{x_{CSH}^j}{\beta_{CSH}^j} \right)^{1 - \sigma_{SH}^j}$$

3) 財価格

$$q_{CSH}^j = \frac{1}{\gamma_{CSH}^j} \Psi_{CSH}^j \frac{1}{1 - \sigma_{CSH}^j} \quad (87)$$

ただし, z_{PH}^j, x_{CSH}^j : 地域 j の家計の合成私事交通および商業・対個人サービス消費量, q_{PH}^j, p_{CSH}^j : z_{PH}^j, x_{CSH}^j の価格, $\alpha_{CSH}^j, \beta_{CSH}^j,$

γ_{CSH}^j : パラメータ ($0 \leq \alpha_{CSH}^j \leq 1, 0 \leq \beta_{CSH}^j \leq 1$),

σ_{CSH}^j : 代替弾力性パラメータ, z_{CSH}^j, q_{CSH}^j : 合成商業・対個人サービスの消費量 ([7])にて導出) とその価格

[9] 余暇 l_{SH}^j と合成通勤・帰宅 z_{CH}^j の消費

1) 支出最小化問題

$$w_{SH}^j z_{SH}^j = \min_{l_{SH}^j, z_{CH}^j} [w_H^j (T^j - L_H^j - \sum_i l_{PH}^{ij} - \sum_i l_{CH}^{ij}) + q_{CH}^j z_{CH}^j] \quad (88a)$$

$$s.t. z_{SH}^j = \gamma_{SH}^j \left[(1 - \alpha_{CH}^j) \{ (1 - \beta_{CH}^j) l_{SH}^j \}^{\frac{\sigma_{SH}^j - 1}{\sigma_{SH}^j}} + \alpha_{CH}^j \{ \beta_{CH}^j z_{CH}^j \}^{\frac{\sigma_{SH}^j - 1}{\sigma_{SH}^j}} \right]^{\frac{\sigma_{SH}^j}{\sigma_{SH}^j - 1}} \quad (88b)$$

2) 労働供給関数および合成通勤需要関数

$$L_H^j = T^j - \frac{1}{\gamma_{SH}^j (1 - \beta_{CH}^j)^{1 - \sigma_{SH}^j}} \left(\frac{1 - \alpha_{CH}^j}{w_H^j} \right)^{\sigma_{SH}^j} \Psi_{SH}^j \frac{\sigma_{SH}^j}{1 - \sigma_{SH}^j} z_{SH}^j - \sum_i l_{PH}^{ij} - \sum_i l_{CH}^{ij} \quad (89a)$$

$$z_{CH}^j = \frac{1}{\gamma_{SH}^j (\beta_{CH}^j)^{1 - \sigma_{SH}^j}} \left(\frac{\alpha_{CH}^j}{q_{CH}^j} \right)^{\sigma_{SH}^j} \Psi_{SH}^j \frac{\sigma_{SH}^j}{1 - \sigma_{SH}^j} z_{SH}^j \quad (89b)$$

ただし,

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

3) 財価格

$$w_{SH}^j = \frac{1}{\gamma_{SH}^j} \Psi_{SH}^j \frac{1}{1 - \sigma_{SH}^j} \quad (90)$$

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, 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, α_{CH}^j , β_{CH}^j , γ_{SH}^j :パラメータ ($0 \leq \alpha_{CH}^j \leq 1, 0 \leq \beta_{CH}^j \leq 1$), σ_{SH}^j :代替弾力性パラメータ, z_{SH}^j , w_{SH}^j :合成消費財の消費量 ([2])にて導出) とその価格

合成通勤交通消費 z_{CH}^j と合成帰宅交通消費 z_{RH}^j では, 私事交通消費と同様に, 旅客運輸企業の機関選択を行い, さらに自動車運輸サービス消費では経路選択を行う。

(5) その他の行動主体モデル

企業, 家計以外の主体として, 政府部門, 公的投資部門, 民間投資部門を考える。これらについては, 徳永, 武藤ら[22]での定式化と同様に簡潔なモデル化とした。まず政府は, 得られた税金 (間接税金と直接税金) から一定額を公的投資に回し, 残りを政府消費に充てる。公的投資部門は政府により公的投資に回された資金を基に, 公的投資需要を発生させ公共投資事業を実行する。民間投資部門は, 家計貯蓄がそのまま投資にまわされ投資財購入に充てられるとする。なお, 政府消費, 公的投資需要, 民間投資需要とも, 財別支出割合を一定として財消費および財需要に充てられるものとする。

4. SCGEモデルを用いた雪害の影響評価

(1) 雪害による道路遮断状況の設定

大雪で道路が通行止めとなった際の交通所要時間は無限大であるが, SCGEモデルでは無限大の所要時間を設定することはできない。そこで, 今回は道路のみに着目し, 年間の平均所要時間の増加を算出し, そのもとでの影響をSCGE分析により評価する。対象地域は山梨県, 東日本, 西日本の3地域とする。まず, 運輸需要量の一週間分が消失したと想定し, 運輸価格の上昇分を算出する。さらに, 生産要素の投入効率の低下分を算出する。今回は運輸需要量の減少を交通所要時間の増加で表現する。一年間 (365日) から7日分を減少させるため, 山梨 - 東日本間, 山梨 - 西日本間の交通所要時間5%, 山梨の内々で10%の増加となった。

(2) 計算結果

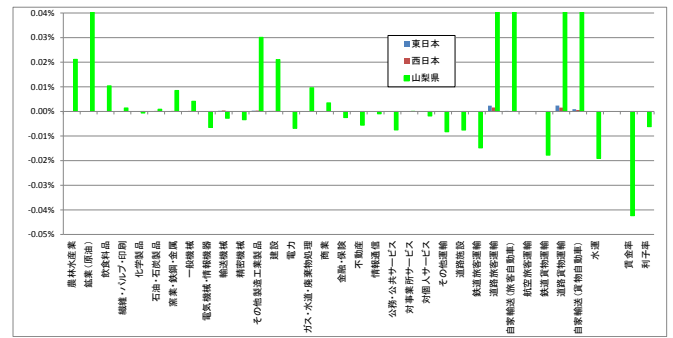


図-5 財価格変化

運輸部門の価格が著しく上昇し, その影響が他の財にも及んでいる。財価格の低下している部門については, 運輸にあまり依存しておらず, 要素価格が低下したためと考えられる。

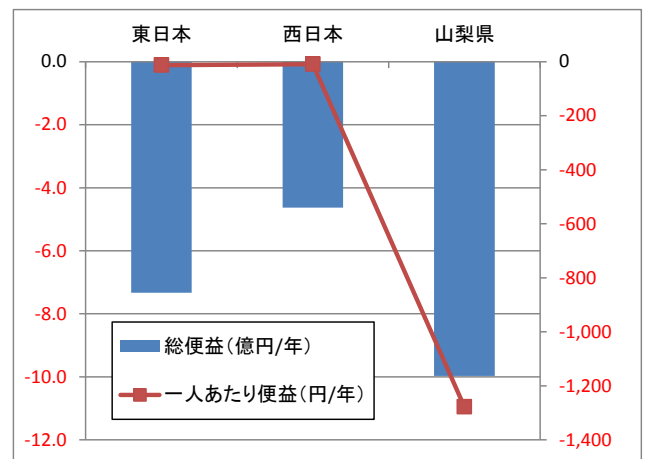


図-6 損失額

総被害額でみると22億円のうち山梨県で約10億円。東日本で約7億円, 西日本で約4.5億円と被害が全国に波及しているようにみえるが, 一人当たりの被害額を見ると, 山梨県での被害がかなり大きくなった。

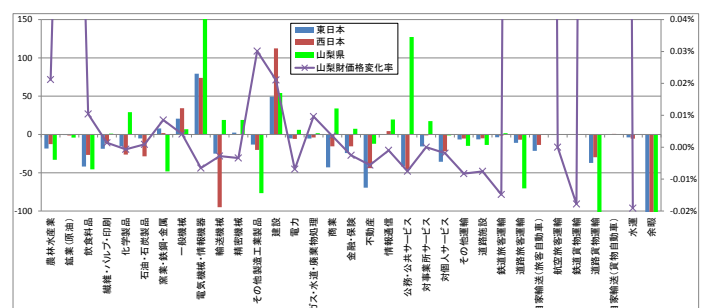


図-7 実質GRPへの影響

続いて, GRP (地域内総生産) をみる。余暇への負の影響がかなり大きくなった。実質GRPが増大している部門があるのは, 財価格が低下したためだと考えられる。

5. まとめ

本研究では、2月の豪雪による山梨県内の交通遮断が県内および全国に与えた経済的影響を分析した。高速道路、鉄道ともに3~5日程度で復旧したため、それによる山梨県への経済的影響は計算結果からおおよそ10億円の損失とみられる。なお、実質GRPで経済損失をみると、正の影響を受けている部門もあった。運輸部門の損失とともに、余暇需要における損失が大きいとわかった。

ただし、余暇は再度モデルを見直し、さらに詳細に財価格が低下したりGRPが増加したりした部門について、その原因を明らかにする予定である。

参考文献

- 1) 小池淳司，山田勝也：防災計画のための空間被害分布分析，土木計画学研究・論文集 Vol.26，pp.141-148，2009
- 2) 土屋哲，多々納裕一，岡田憲夫：新潟県中越地震による経済被害の軽量化，京都大学防災研究所年報第48号B，2005
- 3) 経済産業省：平成 17 年地域間産業連関表(53 部門)，2010
- 4) 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.