

京都大学大学院工学研究科 学生員 ○土屋 哲 京都大学防災研究所 正会員 多々納 裕一
京都大学防災研究所 正会員 岡田 憲夫

1. はじめに 東海地震説を契機に大規模地震対策特別措置法が施行されて、早や四半世紀を迎える。現行の仕組みでは、警戒宣言の発令により社会活動の多くが停止するため、大きな社会経済損失の発生が懸念されている。警戒宣言という仕組みを活かすためには、この種の損失を減らし、発令が容易になされる環境を整えることが望ましい。

本研究では、東海地震の警戒宣言発令下で特に交通が規制される状況を想定し、人流・物流の途絶により社会に及ぶ影響を空間的応用一般均衡 (SCGE) アプローチにより分析するための方法論を提示して、実際に推計を行う。この際、警戒宣言発令時のような短期には、資本・労働の自由な地域間・地域内移動が可能でないと考え、警戒宣言時にはこれらの生産要素が固定された短期均衡を考察する。また、現在整備計画中または建設中の段階にある交通路線が完成・供用されている条件下で同様の分析を行い、代替ルートの意味について検討する。

2. モデル化 前提条件: (1) N 地域から成る一国の閉じた経済空間を想定する。各地域間は交通網 (鉄道・道路) で結ばれている。簡単のため、鉄道は旅客輸送のみを、道路は貨物輸送のみを取り扱うと仮定する。(2) 各地域には M 種の産業と代表的家計という経済主体がある。(3) 各産業ごとに1つの企業が立地し操業している。企業 i は、 M 種の中間投入財と労働、資本、face to face communicationのための業務トリップを投入要素として用いてただ1種類の財 i を生産する。その行動は、利潤最大化行動に従う。(4) 家計は企業に資本と労働力を提供して賃金を得、財の消費を行い効用を得る。その行動は、効用最大化行動に従う。家計は立地に関して地域間の移動は行わず、消費活動もすべて居住地域内で行う。(5) 各市場は完全競争的であり、平常時には社会が長期的均衡状態にあるものとする。警戒宣言発令下では、後述の枠組みにて短期的均衡に達すると想定する。

企業の行動: 地域 k に立地する企業 i は、地域 l で生産され、自地域内に輸送されてきた中間投入財 j と、労働、資本、業務トリップを生産要素として投入して、規模に関して収穫一定となる一次同次の技術を用いて商品 i を生産するものと仮定する。企業の生産関数構造を図1のように

表す。このような階層化構造により、企業の利潤最大化行動を以下のような3段階の最適化行動モデルとして表す。

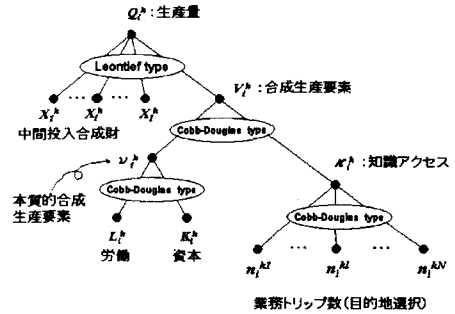


図1: 企業の生産関数構造

第1段階 (生産量および中間財投入量の決定)

$$\pi_i^k = \max p_i^k Q_i^k - \left\{ \sum_{j=1}^M q_j^k X_{ji}^k + c_{V_i}^k(w^k, r, \tau^k) V_i^k \right\}$$

$$\text{s.t. } Q_i^k = \min \left\{ \frac{X_{1i}^k}{a_{1i}^k}, \dots, \frac{X_{Mi}^k}{a_{Mi}^k}, \frac{V_i^k}{a_{vi}^k} \right\} \quad (1)$$

第2段階 (労働、資本投入量の決定)

$$c_{V_i}^k(w^k, r, \tau^k) V_i^k = \min w^k L_i^k + r K_i^k + c_{T_i}^k(\tau^k) \kappa_i^k$$

$$\text{s.t. } V_i^k = \alpha_{2i}^k \left((L_i^k)^{\delta_{L_i}^k} (K_i^k)^{\delta_{K_i}^k} \right)^{1-\beta_i^k} (\kappa_i^k)^{\beta_i^k} \quad (2)$$

第3段階 (業務トリップ投入量の決定)

$$c_{T_i}^k(\tau^k) = \min \sum_{l=1}^N \tau^{kl} n_i^{kl}$$

$$\text{s.t. } \kappa_i^k = \alpha_{3i}^k \prod_{l=1}^N (n_i^{kl})^{\delta_n^{kl}} \quad (3)$$

ここで、 π_i^k : 企業の利潤、 p_i^k : 原産地価格、 q_i^k : 消費地価格、 $c_{V_i}^k$: V_i^k に関する単位費用関数、 V_i^k : 付加価値を形成する生産要素 (労働、資本、業務トリップ) からなる合成財、 w^k : 賃金率、 r : 利子率、 $c_{T_i}^k$: κ_i^k に関する単位費用関数、 τ^{kl} : 旅客交通費用、である。問題 (1)–(3) を解くと、最終的に以下のように業務トリップ、労働、資本、中間財需要のそれぞれについての需要関数を得る。

$$n_i^{kl} = \frac{\delta_n^{kl}}{\sum_{l=1}^N \delta_n^{kl}} \frac{\beta_i^k c_{V_i}^k(w^k, r, \tau^k)}{\tau^{kl}} \quad (4)$$

$$L_i^k = \frac{\delta_{Li}^k}{\delta_{Li}^k + \delta_{Ki}^k} \frac{(1 - \beta_i^k) c_{Vi}^k(w^k, r, \tau^k)}{w^k} \quad (5)$$

$$K_i^k = \frac{\delta_{Ki}^k}{\delta_{Li}^k + \delta_{Ki}^k} \frac{(1 - \beta_i^k) c_{Vi}^k(w^k, r, \tau^k)}{r} \quad (6)$$

$$X_{ji}^k = a_{ji}^k Q_i^k \quad (7)$$

ここに、 $\beta_i^k \neq 0$ のとき、

$$c_{Vi}^k = \frac{1}{\alpha_i^k} \left\{ \frac{\prod_{l=1}^N (\tau^{kl})^{\delta_{li}^k}}{\beta_i^k} \right\}^{\beta_i^k} \left\{ \frac{(w^k)^{\delta_{Li}^k} (r)^{\delta_{Ki}^k}}{1 - \beta_i^k} \right\}^{1 - \beta_i^k} \quad (8)$$

$\beta_i^k = 0$ のとき、

$$c_{Vi}^k = (\alpha_i^k)^{-1} (w^k)^{\delta_{Li}^k} (r)^{\delta_{Ki}^k} \quad (9)$$

家計の行動: 前提条件に基づき、家計の効用最大化問題を以下のように定式化する。

$$V^k = \max \left\{ \sum_{i=1}^M \left(\gamma_i^k \right)^{\frac{1}{\theta}} \left(d_i^k \right)^{\frac{\theta-1}{\theta}} \right\}^{\frac{\theta}{\theta-1}} \quad (10)$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_{i=1}^M q_i^k d_i^k = y^k = w^k L^k + r K^k \quad (11)$$

問題 (10), (11) を解くと、財の需要関数は次のようになる。

$$d_i^k(q^k, \cdot) = \frac{\gamma_i^k (q_i^k)^{1-\theta}}{\sum_{j=1}^M \gamma_j^k (q_j^k)^{1-\theta}} \frac{y^k}{q_i^k} \quad (12)$$

後述するように、 L^k, K^k は時間を通して一定としているので、家計の消費行動は q^k のみで一意に定まる。

経済的均衡条件

(1) 平常時の社会の均衡（長期的均衡）

(1-a) 空間的価格均衡

地域 l の企業が生産地 k を財 i の購入先として選ぶ確率を

$$S_i^{kl} = \frac{Q_i^k \exp\{-\lambda_i (p_i^k (1 + \phi_i^{kl}))\}}{\sum_{m=1}^N Q_i^m \exp\{-\lambda_i (p_i^m (1 + \phi_i^{ml}))\}} \quad (13)$$

とする。ここに ϕ_i^{kl} は、財 i を地域 k から l へ輸送する際の輸送マージン率を表す。式 (13) を用いると、地域 l における財 i の消費地価格均衡条件は式 (14) のようになる。

$$q_i^l = \sum_{k=1}^N S_i^{kl} p_i^k (1 + \phi_i^{kl}) \quad (14)$$

一方で、生産地価格の均衡は式 (15) により表される。

$$p_i^k = \sum_{j=1}^M q_j^k a_{ji}^k + c_{Vi}^k(w^k, r, \tau) a_{vi}^k \quad (15)$$

(1-b) 市場均衡

まず生産要素（労働 L_i^k 、資本 K_i^k ）市場は、家計が地域間移動を行わないという条件から各地域ごとに均衡する。

$$\sum_{i=1}^M L_i^k = L^k \quad (16)$$

$$r \left(\sum_k \sum_i K_i^k - K^k \right) = \sum_i \sum_k p_i^k EX_i^k - \sum_l \sum_j q_j^l M_j^l$$

ただし、 EX_i^k 、 M_j^l はそれぞれ輸出、輸入を表す。次に財市場に関しては、発地・着地ベースのそれぞれについて均衡式がつくれる。

(2) 警戒宣言発令時の社会の均衡（短期的均衡）

警戒宣言発令後に達すると想定する短期的均衡は、長期的な均衡と比べて以下の点で異なる。

・警戒宣言発令後の短期には、地域の産業間の労働・資本の移動は生じないものとする。

3. シナリオ分析 地域数 $N = 14$ （北海道、東北、関東、山梨、静岡、富山、石川、愛知、三重、岐阜、近畿、中国、四国、九州・沖縄）、産業数 $M = 3$ （農林水産業、鉱工業・製造業、建設・サービス業）として分析を行った。分析の詳細は講演時に譲るが、交通網の整備に関して (i) 現状のまま、(ii) 北陸新幹線整備、(iii) 北陸新幹線と中部縦貫自動車道（部分的）の整備、(iv) 北陸新幹線と中部縦貫自動車道の整備、という4つのシナリオを想定して分析を行った。以下に結果の一部を示す。

まず、シナリオ (i) の下で警戒宣言が発令された場合、均衡状態において消費地価格は図2のように変化する。また、等価変分の考え方をを用いることにより、交通を主原因とする全国1日あたりの経済被害は約750億円と計算された。

同様に、シナリオ (ii)、(iii)、(iv) の下で警戒宣言が発令された場合の、交通を主原因とする全国1日あたりの経済被害はそれぞれ約735億円、約695億円、約688億円と計算された。すなわち、北陸新幹線と中部縦貫自動車道の整備後に警戒宣言が発令された場合には、整備前に比べて約60億円/日の被害軽減が実現されることが分かった。

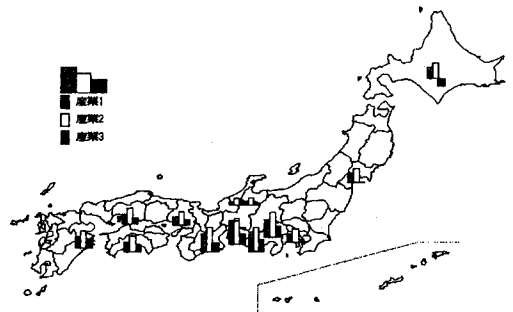


図2: 警戒宣言時の消費地価格の変化