

# ライフライン途絶に対する企業生産レジリエンシーの評価手法に関する研究

都市交通研究室 高橋宏美  
指導教員 松本昌二  
土屋 哲

## 1. はじめに

今日の社会生活は、電力、水道、ガスなどのライフラインに大きく依存している。このため、大規模な地震によりライフラインが損傷した場合には、社会がこうむる被害は甚大なものとなる可能性がある。ライフラインの機能損傷がもたらす二次的被害を軽減するためには、施設そのものの強化やバックアップ機能の強化など効果的な施策を実施していくことが重要である。

災害時に一部のライフラインが途絶状況下にあっても、自家発電の利用や投入エネルギーの代替・節約、他地域での代替生産といった様々な対応策をとることにより、企業の操業水準は完全に停止状態になってしまうわけではない。これは、企業が予期せぬ災害に対して適応的に行動するためである。災害が社会経済に与える影響を評価する場合にこのような要因（災害発生後の適応行動や発生前の対策）を考慮して社会経済的な評価ができることが望ましい。

本研究では、企業生産活動における災害時のライフライン途絶への耐性（以下、「レジリエンシー」と呼ぶ）に着目し、製造業、非製造業のレジリエンシー特性を評価する方法について検討する。具体的には、電力、水道、ガスという供給系ライフラインを投入要素にもつ生産関数を仮定し、新潟県中越地震時の事業所アンケート調査をデータに用いて、生産関数中の代替パラメータの推定を実際に試みる。

## 2. 代替性パラメータの推定

### 2.1 前提条件

企業（産業）の生産技術として図1に示すような階層構造を仮定する。データの制約上、労働（従業員の被災）、資本（設備損傷）、中間財（投入原材料不足）の影響はないものとし、災害による企業の生産水準の低下がすべてライフライン途絶に起因するものとする。

### 2.2 パラメータの推定式

企業の生産関数のうち、ユーティリティ（電力、ガス、水道）投入に係る部分を次に示す（ただし、産業を表すラベルは省略してある）。

$$u = \left\{ \alpha_W (u_W)^{\rho_1} + \alpha_{GE} (u_{GE})^{\rho_1} \right\}^{\frac{1}{\rho_1}} \quad (1)$$

$$u_{GE} = \left\{ \alpha_G (u_G)^{\rho_2} + \alpha_E (u_E)^{\rho_2} \right\}^{\frac{1}{\rho_2}} \quad (2)$$

ここに、

$u$  : ユーティリティ合成財、

$u_E$  : 電力投入量 (E→Gでガス, Wで水道),

$\alpha$  : ウェイトパラメータ、

$\rho_1, \rho_2$  : 代替パラメータ、

である。

災害時のライフライン途絶状況下における企業の生産水準の対平常時比  $r$  (=途絶抵抗係数) を考えると、

$$r = \frac{Y'}{Y} = \frac{u'}{u} \quad (3)$$

と書くことができる。ただし、分母は平常時における生産量（操業水準）あるいはユーティリティ合成財投入量を表し、分子は災害時のそれらの量を表す。

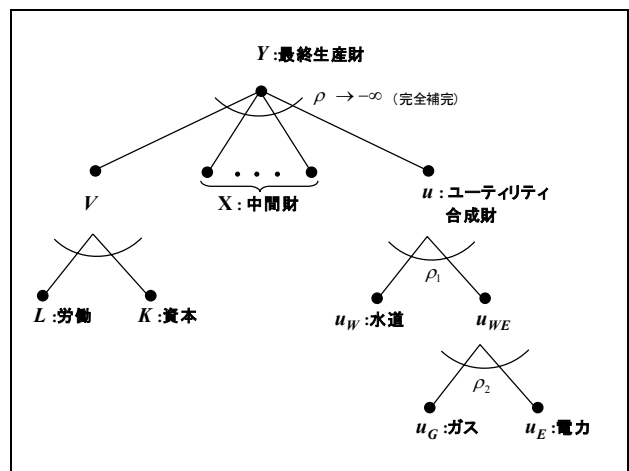


図1: 企業の生産技術構造

(1), (2)から  $u_{GE}$  を消去して(3)に代入し, 式展開をしてゆくと, 最終的に次の式を得る.

$$r = \left[ \frac{a_W (r_W)^{\rho_1} + \frac{a_{GE}}{a_{WGE}} \left\{ a_G (r_G)^{\rho_2} + a_E (r_E)^{\rho_2} \right\}^{\frac{\rho_1}{\rho_2}}}{a_{WGE}} \right]^{\frac{1}{\rho_1}} \quad (4)$$

ここに  $r_E, r_G, r_W$  はそれぞれ電力, ガス, 水道の機能水準を表す変数であり, 0 (産業単位でみて完全に途絶) から 1 (産業単位でみて完全に機能) の間の値をとる.

### 2. 3 推定に用いるデータ

(4)式より, 代替性パラメータの推定には  $\mathbf{a}$  と  $\mathbf{r}$  が指す2種類のデータが必要であるとわかる.

一つ目は  $\mathbf{a}$  であり, これは産業連関表の投入係数を用いる. 本研究では産業業種を製造業・非製造業の2つで考えるため, それぞれの業種で電力, 水道, ガスの投入係数 (生産額に占める各ユーティリティの投入金額割合) を算出して(4)式に代入する.

二つ目は  $\mathbf{r}$  についてである. これらは, 平成17年に行われた新潟県中越地震の事業所アンケート調査 (中野ら) の結果からデータを作成する. 調査では, 地震発生後1週間, 2週間, 3週間, 4週間後のライフライン途絶/機能と操業水準 (平常時の何%か) について尋ねている. 調査結果は個々の事業所単位であるが, パラメータの推定には産業単位での値が必要となることから, 資本金区分を参考に事業所規模に関するウェイトを割り振り, 重み付き平均を計算することによって産業単位での値を出す. このようにして, 製造業・非製造業のそれぞれについて生産水準 (操業率), ライフライン機能水準のデータを求め, (4)式に代入する.

なお, (4)式で未知のパラメータは2つであるが, 上記データは4時点分利用可能である. 本研究では, 分析の第一ステップとして, 1週間後と2週間後のデータから連立方程式を解く形で (必要条件として)  $\rho_1, \rho_2$  を求めることとする.

### 3. 推定結果

パラメータの推定結果を表1に示す.

推定結果から, 生産関数のいずれの階層においても製造業の方が非製造業よりも小さい値をとった. これは, ライフラインの途絶が起こった場合に, 製造業の方がより大きな影響を受けることを意味している. 逆に言うと, 非製造業の方が高い代替弾力性を持っており, ライフライン途絶に対して製造業ほど致命的な影響は受けないものと考えられる. しかし, いずれの産業業種も代替弾力性はほぼ0に近い値であり, 代替の程度は小さいであろうと考えられる.

表1: パラメータ推定結果

製造業		非製造業	
$\rho_1$	-10.659	$\rho_1$	-7.252
$\rho_2$	-18.186	$\rho_2$	-7.568
$\sigma_1$	0.086	$\sigma_1$	0.121
$\sigma_2$	0.052	$\sigma_2$	0.117

注:  $\sigma_n = \frac{1}{1-\rho_n} \quad (n=1,2)$

### 4. おわりに

本研究では, ライフライン途絶に対して企業がもつレジリエンシーに着目し, レジリエンシーを経済被害評価のための地域経済モデルに反映させることを念頭に, 投入要素の代替のしやすさをレジリエンシーの高さと考えて, 中越地震時の事業所アンケート調査データを用いて生産関数中の代替パラメータの推定を行った. その結果, ユーティリティ投入に係る代替弾力性が推定でき, 製造業の方が非製造業に比べて小さな代替弾力性をもつためにライフラインが途絶したときの影響が大きいことが分かった.

今後は, より詳細な産業部門分類で推定を行うことによって, 産業特有の情報を得られるように代替パラメータの検討を行う必要がある.

### 参考文献

中野他: 2004年新潟県中越地震における産業部門の経済被害推計に関する研究, 土木計画学研究論文集, Vol.24, 2007.