

SCGE モデル(RAEM-Light2.0)を用いたオランダにおける洪水影響評価

鳥取大学 正会員 小池 淳司
鳥取大学大学院 学生会員 ○広瀬 研一郎

1. はじめに

近年、地球温暖化の影響から災害による被害の拡大が危惧されている。それに対して、日本を含めた諸外国ではCO₂排出権への対応や環境関連法・税制の導入など対策に迫られている一方で、災害がどの程度甚大であるかを定量的に把握する試みが行われている。災害による被害は、人的・物的損害などの直接的な被害に留まらず、物流や生産といった経済活動にまで波及する。この間接的な被害は、直接的な被害と比べて無視できないほど大きいことが既存研究によって示されている。¹⁾ よって、間接的な被害を定量的に把握することは、防災投資の意志決定を行なうためにも、有効である。表-1 は、災害の直接被害と間接被害を整理している。

表-1 災害の直接被害と間接被害

直接被害	間接被害
建物・資産被害額	○ 人流・物流の寸断被害額
ライフライン施設被害額	○ 経済被害の波及(被災地域内)
交通施設被害額	○ 経済被害の波及(被災地域外)
公共土木施設等被害額	経済被害の波及(国外)

間接被害の計測方法として、小池・右近(2006)²⁾のように、ミクロ経済学の理論に基づいたSCGEモデル(空間的応用一般均衡モデル)を用いた分析が、実務レベルでも用いられるようになってきている。表-1では、SCGEモデルで測ることが可能な部分に○印をつけて示している。これら既往のSCGEモデルは、産業連関表をデータセットで用いるという制約上、国家間や地域・県単位といった比較的大きなスケールしか分析できない。しかしながら、防災投資をした際の公平性・効率性の観点から、市町村単位のように比較的小さな空間スケールでの分析が必要となる。そこで本研究では、産業連関表を必要とせず(中間投入を捨象した)小さな空間スケールで分析可能なSCGEモデルとして開発された、RAEM-Light2.0を用いて災害の経済的被害の計測を試みる。そこで、モデルにおいて、災害シナリオをモデルで表現するためにどのような変数を設定し、その値をどのように設定するかを示し、設定した災害変数ごとに、シミュレーション結果である経済的被害の空間的帰着状況を分析して、結果の比較・考察を行う。

2. モデルの概略

RAEM-Light2.0の基本的な構造は小池・川本(2005)³⁾における静学的短期均衡モデルに基づいている。本モデルは、図-1に示す完全競争市場の社会経済モデルを想定し、以下の仮定を設ける。

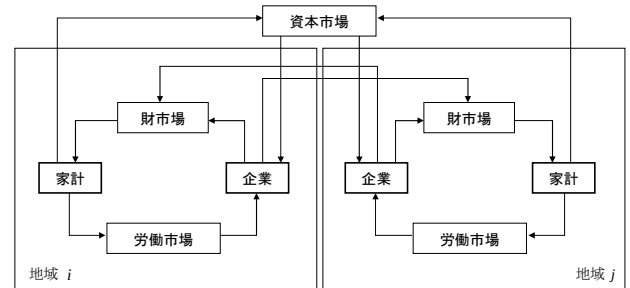


図-1 モデルの概略

- ① 多地域多産業で構成された経済を想定する。
- ② 財市場は交通費用を伴うことで、各地域に開放されている。
- ③ 労働市場は地域で閉じているのに対して、資本市場は経済に一つ存在する。
- ④ 企業は資本・労働を生産要素として財の生産、家計は生産要素の供給と財の消費を行う。
- ⑤ 中間財は考慮しない。
- ⑥ 経済全体では閉じている。
- ⑦ 交通抵抗を Ice-berg 型で考慮する。

本研究で扱うモデルは、効用関数および生産関数、人口、地域間所要時間を外生変数とし、地域間交易モデルを内在した多地域多産業のSCGEモデルとなっている。なお、各経済主体の行動モデルおよび地域間交易モデルの詳細は、付表にまとめて掲載する。

2-1 パラメータの設定

本研究が対象とする地域区分は、オランダ国内を40地域に分割したエリアとし、産業分類は表-2に示すように13産業とする。分析に必要なデータは、TNO(オランダ応用科学機関)より提供いただいた。モデル内の各経済主体の行動モデルに関するパラメータは、入手したデータを用いてキャリブレーション手法によって導出した。地域間交易モデルのパラメータ推定方法は、既存研究のグリッドサーチという手法(地域間交易の実測データと誤差が小さくなるように設定する方法)を用いて導出している。

表-2 産業分類

1	農林水産業	5	小売業・卸売業	9	対事業サービス
2	製造業・鉱業	6	ホテル・レストラン	10	行政サービス
3	電気・ガス・水道	7	運輸・通信	11	教育
4	建設業	8	金融・保険	12	社会保障サービス
				13	その他

2-3 災害変数設定

国土の 1/4 が海面下に位置するオランダでは、地球温暖化による海面上昇が発生した場合に洪水が懸念されている。オランダ政府は GIS を用いたシミュレーションが行われており、洪水が発生した場合、被害の生産効率への影響を表すパラメータ（減少率）を産業別・地域別に算出している。（図-2 参照）

		Agglomeratie Leiden en Bollenstreek (地域25)		Agglomeratie s-Gravenhage (地域26)		Ost-Zuid-Holland (地域28)		Groot-Rijmond (地域29)	
		Utrecht (地域17)							
農林水産業	(産業1)	9.5%	0.5%	1.8%	34.2%	7.4%			
製造業・鉱業	(産業2)	5.3%	0.3%	5.3%	25.8%	3.3%			
電気・ガス・水道	(産業3)	0.0%	0.0%	0.0%	7.4%	0.1%			
建設業	(産業4)	5.6%	0.2%	4.8%	28.0%	3.6%			
小売業・卸売業	(産業5)	4.7%	0.2%	5.9%	22.4%	4.4%			
ホテル・レストラン	(産業6)	2.6%	0.4%	1.3%	19.9%	2.6%			
運輸・通信	(産業7)	3.3%	0.2%	2.8%	24.2%	3.2%			
金融・保険	(産業8)	2.4%	0.3%	0.4%	17.6%	2.0%			
対事業サービス	(産業9)	3.1%	0.3%	2.0%	25.5%	4.0%			
行政サービス	(産業10)	1.6%	0.2%	0.1%	20.9%	2.3%			
教育サービス	(産業11)	2.3%	0.2%	3.6%	26.1%	4.8%			
社会保障サービス	(産業12)	2.3%	0.2%	1.9%	27.9%	2.6%			
その他	(産業13)	3.3%	1.2%	1.9%	20.6%	3.4%			

図-2 災害変数

ここでは、既存研究⁴⁾に基づいて、災害の被災状況を表現するための災害変数を、オランダ政府によって算出されたパラメータ（減少率）を用いて以下のように定義する。

- 被災地域の労働初期保有量の低下
被災地域の人的被害として労働初期保有量を被害状況に応じて低下させる変数を導入する。

$$K_i^m = dL_i^m \cdot L_i^m \quad (2)$$

dL_i^m ：被害の生産効率への影響を表すパラメータ

- 被災地域の資本初期保有量の低下
被災地域の人的・物的被害として労働初期保有量を被害状況に応じて低下させる変数を導入する。

$$K_i^m = dK_i^m \cdot K_i^m \quad (3)$$

dK_i^m ：被害の生産効率への影響を表すパラメータ

- 被災地域の生産効率性の低下
被災地域の人的・物的被害として生産効率性を被害状況に応じて低下させる変数を導入する。

$$A_i^m = dA_i^m \cdot A_i^m \quad (4)$$

dA_i^m ：被害の生産効率への影響を表すパラメータ

これら3つの災害変数 dL_i^m 、 dK_i^m 、 dA_i^m を用いることで、オランダの洪水被害をシミュレーション分析することが可能である。本研究では、これら3つの災害変数の違いが、シミュレーション結果にどのような影響を及ぼすかを分析する。

3. 実証分析

ここでは、式(2)、式(3)、式(4)で定義した、災害被害の設定を用いて洪水による経済的被害の計測を行う。オランダ政府によって予測されている、洪水の被災地域に、表-3 のような被害シナリオを想定する。

表-3 被害想定シナリオ

	被害規模想定
シナリオ1	労働初期保有量が減少
シナリオ2	資本初期保有量が減少
シナリオ3	生産効率性が減少

図-3 から図-5 は、各シナリオについて数値シミュレーションを行い、それぞれの経済的被害の全地域合計額と、各地域への帰着分布を地図上に示したものである。

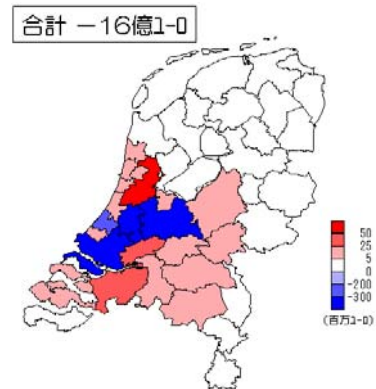


図-3 経済的被害 (EV) シナリオ 1

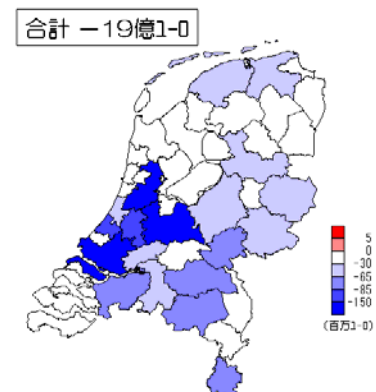


図-4 経済的被害 (EV) シナリオ 2

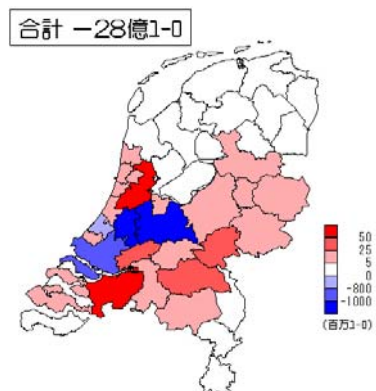


図-5 経済的被害 (EV) シナリオ 3

まず、図-4 (シナリオ2=資本量減少) では、洪水によって経済的被害が波及する全ての地域において、負の便益を受けている。これは、資本初期保有量が

減少することで、被災地域のみならず全地域の所得が減少するためであると考えられる。所得水準の減少は、図-7 から明らかである。さらに、当該（洪水被災が想定される）地域は、企業が生産に投入できる資本量が減少するため、財の生産量が減少し、他地域から財を購入するようになり、効用水準が減少したと考えられる。なお、当シナリオでのオランダ国内の経済的被害は、全体で-19 億€（ユーロ）となった。当該地域の被害合計額は、-5.8 億€で、全体の 30%以上を占めており、洪水によって大きな経済的被害を受ける可能性があることを示唆している。

図-3（シナリオ 1=労働量減少）及び図-5（シナリオ 3=生産効率性減少）では、経済的被害の帰着分布が同じような傾向となった。資本量を減少させたシナリオ 2 とは対照的に、当該地域以外に正の便益を受ける地域が存在する。また、労働量の減少によって、当該地域において労働賃金率が増加し、労働投入量減少で生産量が減少する。そのため、財価格が上昇し、他の地域より財を購入し、所得水準は、当該地域で減少、その他の地域で増加する。よって、当該地域以外で正の便益が出る結果となる。生産効率性を減少させるケースでも、財の価格が上昇し他地域から財を購入するようになる。以上より、労働量を減少させる場合と生産効率を現象させる場合は、ほぼ同様の被害波及構造となっていることが考えられる。

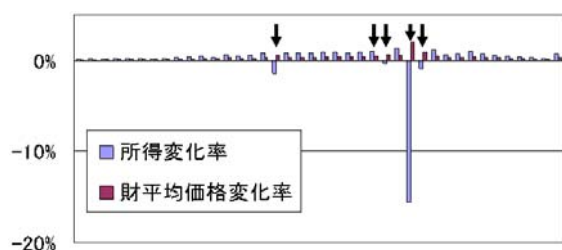


図-6 消費者所得と財平均価格の変化率(シナリオ 1)

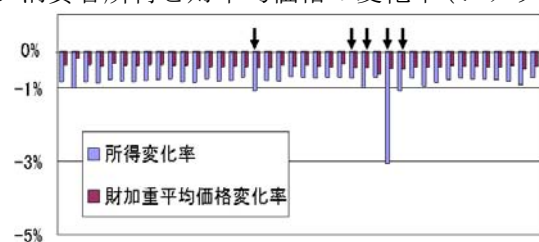


図-7 消費者所得と財平均価格の変化率(シナリオ 2)

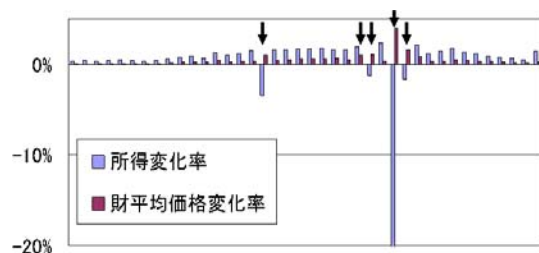


図-8 消費者所得と財平均価格の変化率(シナリオ 3)

これらの各シナリオの経済被害の違いは、生産要素価格の変化による各地域の所得変化と、財価格の

変化による財平均価格の変化により生じる。そこで、図-6, 7, 8 に各災害シナリオの各地域の所得変化率と、財平均価格（財の価格の加重平均）を示し、比較する。なお、被災地域の結果は、矢印で各図中に示している。

図-7 より、資本量を減少させる場合は、全ての地域で財価格が減少する結果となっている。通常は、財価格が減少することで消費量が増え、地域の効用水準は上昇するはずである。しかしながら、図-4 より当該地域は負の便益を受けている。これは、財価格の低下という効果以上に、資本量の減少に直面して、結果的に実質所得が減少し、厚生水準が低下していることが分かる。他のケースも同様、財価格の変化による効果以上に、所得水準変化による結果への影響は、結果へ影響を及ぼすことが分かる。

4. おわりに

本研究では、RAEM-Light2.0（小さなスケールで分析可能な SCGE モデル）を災害の被害計測に応用するため、まず、災害を表現する災害変数をどのようにモデル化するかについて提案した。そこでは、想定される災害被害を、人的被害を①労働初期保有量の減少、人的・物的被害を②資本初期保有量の減少、③生産効率性の低下の 3 つとして捉え、モデル化の提案した。また、オランダの洪水を想定したシミュレーション分析を行い、本研究のような細かい地域区分を前提とした分析でも被害計測が可能であることを示した。さらには、災害による被害の空間的な波及状況を考察した。被災地域への経済的被害は、シナリオ設定によって大きく変わる結果となった。

これらの結果の違いは、モデルの前提条件（仮定）に大きく依存する。例えば、図-1 で示したモデルの概要より、資本市場は経済に 1 つ存在することを想定している。（モデルの仮定③より）そのため、シナリオ 3 において、資本初期保有量を減少させるケースでは、図-6 で示したように全地域に所得水準の低下が影響し、被災地域では負の便益が計測されることとなる。つまり、シミュレーション結果はモデルの構造に大きく左右されることが分かる。今後、災害評価等の実証分析に際し、本研究で用いたような SCGE モデルを構築する際には、データの制約を考慮しながら、モデル構造・仮定の妥当性の検討する必要がある。

参考文献

- 1) 豊田利久・河内朗：阪神・淡路大震災による産業被害の推定，国民経済雑誌，第 176 巻第 2 号，1997.
- 2) 小池淳司・右近崇：新潟県中越地震における磐越道・上信越道のリダンダンシー効果，高速道路と自動車 第 49 巻第 7 号，2006.7.
- 3) 小池淳司・川本信秀：集積の経済性を考慮した準動学的 SCGE モデルによる都市部交通渋滞の影響評価，土木計画学研究・論文集 Vol.23，2006.
- 4) 小池淳司・大田垣聡：スマトラ沖地震の経済被害評価，土木計画学研究・論文集 Vol.23，2006.

【付表-1】

企業行動モデル		家計行動モデル	
$\begin{aligned} \max_{y_i^m, L_i^m, K_i^m} \quad & q_i^m y_i^m - w_i L_i^m - r_i K_i^m \\ \text{s.t.} \quad & y_i^m = A_i^m (L_i^m)^{a_i^m} (K_i^m)^{1-a_i^m} \end{aligned}$		$\begin{aligned} \max U(h_i, x_i^1, x_i^2, \cdots, x_i^M) = & \sum_m \beta^m \ln x_i^m \\ \text{s.t.} \quad & \bar{l}_i w_i + r \frac{\bar{K}}{T} = \sum_m p_i^m x_i^m \end{aligned}$	
ただし、 y_i^m ：付加価値、 L_i^m ：労働、 K_i^m ：資本、 a_i^m ：分配パラメータ、 A_i^m ：効率パラメータ、 w_i ：賃金率、 r ：資本レント、 q_i^m ：生産者価格（f.o.b. price）		ただし、 U ：効用水準、 x_i^m ：財 m の消費水準、 β^m ：消費の分配パラメータ、 $\bar{l}_i$ ：一人あたりの労働投入量、 p_i^m ：消費者価格（c.i.f. price）、 $\bar{K}$ ：総資本供給、 T ：総人口	
生産要素需要関数・生産者価格		消費財の需要関数	
$\begin{aligned} L_i^m &= \frac{a_i^m}{w_i} q_i^m y_i^m \\ K_i^m &= \frac{1-a_i^m}{r} q_i^m y_i^m \end{aligned}$		$x_i^m = \beta^m \frac{1}{p_i^m} \left(\bar{l}_i w_i + r \frac{\bar{K}}{T} \right)$	
$q_i^m(N_i, w_i, r) = C_i^m(N_i, w_i, r) = \frac{N_i^{-\gamma^m} w_i^{a_i^m} \gamma^{1-a_i^m}}{A_i^m a_i^m a_i^m (1-a_i^m)^{1-a_i^m}}$		ただし、 $\bar{l}_i w_i + r(\bar{K}/T)$ ：所得水準	
ただし、 C_i^m ：平均費用		市場均衡条件	
モデル概要	生産要素市場	$\sum_{m \in M} L_i^m = \bar{L}_i$	
		$r \left(\sum_{i \in I} \sum_{m \in M} K_i^m - \bar{K} \right) = \sum_{i \in I} \sum_{m \in M} p_i^m E_i^m - \sum_{i \in I} \sum_{m \in M} p_i^m I_i^m$	
	財市場（需要）	$N_j x_j^m - I_j^m + E_j^m = \sum_{i \in I} z_{ij}^m$	
	財市場（供給）	$y_i^m = \sum_{j \in J} (1 + \psi^m t_{ij}^m) z_{ij}^m$	
地域間交易モデル		ただし、 z_{ij}^m ：地域間の財の交易量、 I_j^m ：対象地域外から移輸入される財の量、 E_j^m ：対象地域外に移輸出される財の量	
$s_{ij}^m = \frac{y_i^m \exp[-\lambda^m q_i^m (1 + \psi^m t_{ij}^m)]}{\sum_{k \in I} y_k^m \exp[-\lambda^m q_k^m (1 + \psi^m t_{kj}^m)]}$			
ただし、 t_{ij}^m ：交通所要時間、 λ^m, ψ^m ：パラメータ			
地域間交易量・消費者価格			
$z_{ij}^m = \{N_j x_j^m - I_j^m - E_j^m\} s_{ij}^m$			
ただし、 z_{ij}^m ：地域間の財の交易量、 I_j^m ：対象地域外から移輸入される財の量、 E_j^m ：対象地域外に移輸出される財の量			
$p_j^m = \sum_i s_{ij}^m q_i^m (1 + t_{ij}^m)$			

【付表-2】

RAEM-Light2.0 のワルラス法則	
①収支均等条件	$\sum_{i \in I} q_i^m y_i^m = w_i L_i^m + r K_i^m$
②受給額均等条件	$\sum_{i \in I} \sum_{m \in M} q_i^m y_i^m = \sum_{i \in I} \sum_{m \in M} p_i^m N_i x_i^m - \sum_{i \in I} \sum_{m \in M} p_i^m I_i^m + \sum_{i \in I} \sum_{m \in M} p_i^m E_i^m$
③所得制約条件	$\sum_{i \in I} \sum_{m \in M} p_i^m x_i^m N_i = w_i \bar{L}_i + r \bar{K}$
ワルラス法則	$\sum_{i \in I} w_i \left(\sum_{m \in M} L_i^m - \bar{L}_i N_i \right) + r \left(\sum_{i \in I} \sum_{m \in M} K_i^m - \bar{K} \right) + \sum_{i \in I} \sum_{m \in M} p_i^m I_i^m - \sum_{i \in I} \sum_{m \in M} p_i^m E_i^m = 0$