

DR²AD model (ver1.4)

アプリケーション利用マニュアル

2015年3月



Japan International Cooperation Agency

<目次>

第1編 DR ² AD modelの構造.....	1
1 DR ² AD modelの概要.....	1
1.1 DR ² AD modelの概要.....	1
1.2 DR ² AD model開発の背景.....	2
2 DR ² AD modelの基本構造.....	3
2.1 DR ² AD Model(ver 1.4)の基本構造.....	3
2.2 DR ² AD model(ver1.4)の特徴.....	5
2.2.1 全体構造.....	5
2.2.2 家計行動.....	5
2.2.3 企業行動.....	5
2.2.4 市場均衡.....	5
2.2.5 災害.....	5
2.2.6 アウトプット.....	6
2.3 DR ² AD model(ver1.4)の定式化.....	7
2.3.1 内生変数のリスト.....	7
2.3.2 外生変数のリスト.....	9
2.3.3 基本構成式.....	11
2.3.4 基本構成式の展開.....	13
2.3.5 計算を簡素化するための定式化等.....	26
2.3.6 結果としての基本構成式とその展開.....	27
2.3.7 プログラム上での計算方法.....	31
第2編 DR ² AD model Ver1.4 のアプリケーション使用方法.....	33
3 About DR ² AD Ver1.4 APPLICATION (DR ² AD model Ver.1.4 アプリの概要).....	33
3.1 What DR ² AD model Ver1.4 be able to do (アプリで何ができるか).....	33
3.2 アプリケーションの事前準備.....	34
3.2.1 動作環境.....	34
3.2.2 事前準備.....	35
3.2.3 DR ² AD model (ver1.4) の起動.....	36
3.2.4 DR ² AD model (ver1.4) のアプリケーション化 (ver1.4⇒ver2.4).....	38
4 HOW TO USE APPLICATION (アプリケーションの使い方).....	39
4.1 Preparation.....	40
4.1.1 アプリケーションの起動.....	40
4.2 アプリケーションの構成.....	41
4.3 アプリケーションの操作.....	42
4.3.1 Input Dataの読み込み.....	42

4.3.2	計算条件の指定	55
4.3.3	計算結果の保存場所の指定	58
4.3.4	計算の実行	59
5	出力	60
5.1	政策説明・政策決定者のための出力内容	62
5.1.1	防災対策別GDP	62
5.1.2	シナリオ別GDP	63
5.1.3	災害規模・頻度	64
5.1.4	災害被害率	65
5.2	分析用・実務担当者のための出力内容	66
5.3	その他の出力内容	68
第3編	DR²AD model (Ver1.4) のデータセットの構築	69
6	データセットの構築	69
6.1	事前準備	69
6.1.1	用意するデータ	69
6.1.2	基準年の設定	69
6.1.3	データ収集方法	70
6.2	Input Dataの設定例	81
6.3	Input Dataの設定方法	85
6.3.1	Deep Parameter	85
6.3.2	社会経済データの整理・設定	88
6.3.3	家計データの整理・設定	93
6.3.4	災害データ	112
APPENDIX	117
APPENDIX A: RESTRICTIONS OF THIS MODEL		117
APPENDIX B: HOW TO SET EXOGENIOUS TECHNOLOGICAL RATE		120
APPENDIX C: DETERMINATION OF DISASTER PARAMETERS		123
APPENDIX D: SAMPLE DATA SET (FIVE COUNTRIES)		127
APPENDIX E: PROGRAMING ALGORITHM FLOW		130

第1編 DR²AD model の構造

1 DR²AD model の概要

1.1 DR²AD model の概要

Disaster Risk Reduction investment Accounts for Development (DR²AD) model は、長期的視野にて防災投資効果の定量的評価が可能なラムゼイ型マクロ経済成長モデルである。防災投資効果と費用を定量的に比較することにより、防災投資の最適配分が可能となる。DR²AD model は、災害リスクの軽減や持続可能な開発に資する政策決定ツールとしての役割を果たす。

DR²AD model 開発の主な目的は以下のとおりである。

1. 防災投資の経済的インパクトを評価すること

- DR²AD model は、災害被害と家計の所得・消費、企業の生産を関係付ける動学モデルである。

2. 複数ある防災投資政策の各々の経済的インパクトを評価すること

- DR²AD model は、防災投資政策におけるハード対策およびソフト対策のベストミックスを検討可能である。

3. MDG's 等の国際目標に対する防災投資の寄与度を評価すること

- DR²AD model は、災害による所得階層別の影響や社会的格差への影響を評価可能である。

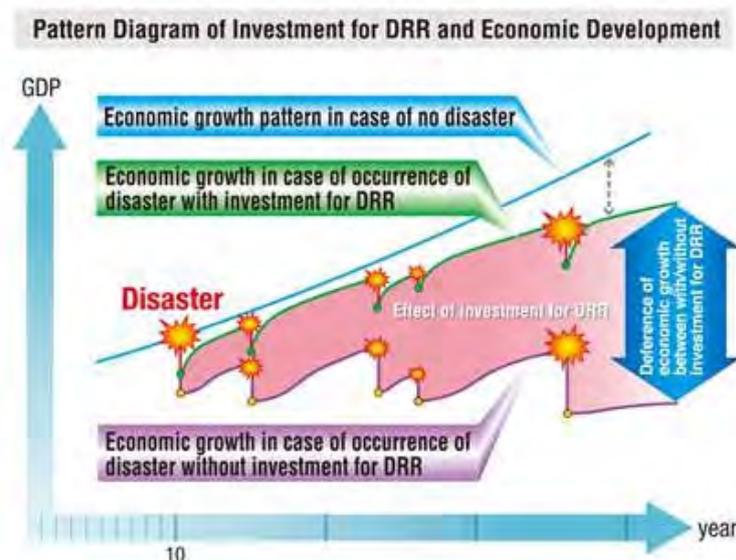


図 1-1 防災投資の有無による経済成長の評価

1.2 DR²AD model 開発の背景

2015年に第3回国連防災世界会議において制定された仙台行動枠組では、「人命・暮らし・健康と、個人・企業・コミュニティ・国の経済的、物理的、社会的、文化的、環境的資産に対する災害リスク及び損失の大幅な削減」が今後15年の成果として期待されている。上記成果を達成するため、7つの目標（ターゲット）と4つの優先行動を示している。特に、目標においては、世界のGDPに関連付けての災害による経済損失の減少、優先行動においては、強靱化に向けた防災への投資が掲げられている。

実際に、開発途上国における自然災害は国家の経済発展・国家の安定・貧困解消に対して負の影響を与えやすい。特に、貧困層は一般的に災害被害の影響を受けやすいが、保険や社会保障制度によってほとんど守られていない。

国連防災白書2015では、例えば適切な災害リスク管理戦略に年間60億ドルの投資を世界全体で行なうことで、新たな都市インフラのわずか0.1%を占める額でありながらリスク削減の観点からは総額で3,600億ドルのリスク削減、つまり利益となることや、こうした災害リスク軽減への投資を行なうことで、貧困の撲滅、医療制度および教育制度の拡充、持続可能かつ公平な成長の保証という国家的および国際的目標の達成の道筋に決定的な違いが生まれる可能性があると謳われている。

こうした状況は、防災に対する必要性の認識が高まっていながら、事前の防災投資効果を評価する手法が確立されていないために生じていると考えられる。現状で事前の防災投資効果の評価については、国連開発計画（UNDP）で「被災程度を軽減するため予め1ドルを投ずる毎に、災害時に生じる経済損失の7ドル分を回避できる」と謳われる程度の情報にとどまっている。このように、国家レベルの防災の事前投資の水準や、防災投資効果が経済成長および貧困問題への程度貢献をしているかなどを明確にする手法は確立されていないと言える。

以上から、開発途上国における事前の防災投資効果を表す手法を開発し、事前の防災対策の実施に導くことは、開発途上国の経済発展にとっても、貧困問題の解決のためにも重要と考えられる。

そこでJICAにおけるプロジェクト研究を通じて、開発途上国における事前の防災投資による経済成長及び貧困削減等の効果の評価が可能な防災投資効果評価モデルとして“DR²AD model (Disaster Risk Reduction investment Accounts for Development)”を開発した。

2 DR²AD modelの基本構造

2.1 DR²AD Model (ver 1.4)の基本構造

DR²AD model は、新古典派経済成長理論のラムゼイ型最適成長モデルに防災投資の概念を取り入れたマクロ経済モデルである。本モデルは、開発途上国の経済成長に防災投資がどのように貢献するかを示す政策決定ツールとして活用することを目的としている。本モデルの基本構造は以下のとおりである。

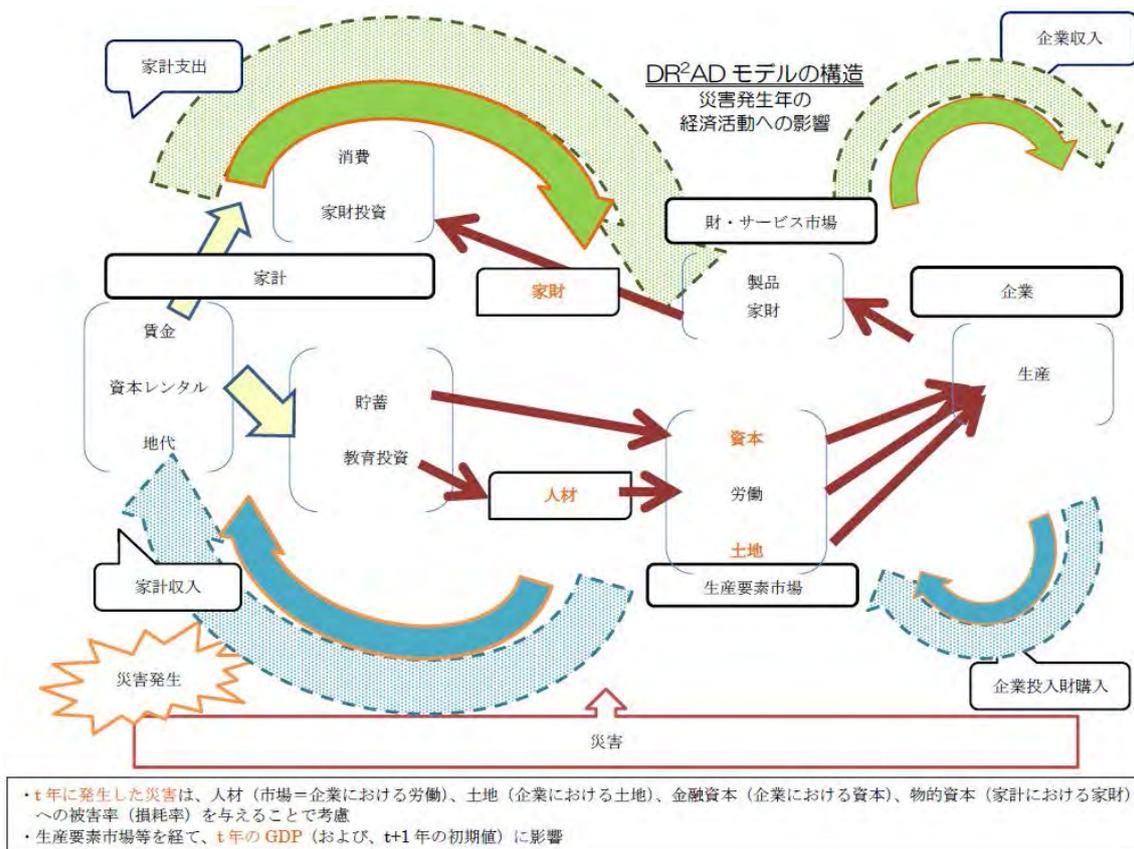


図 2-1 DR²AD model の構造

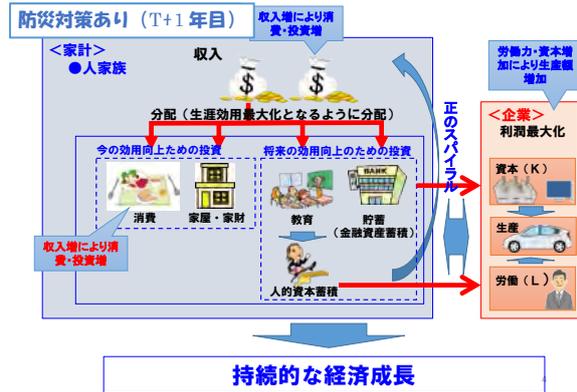
DR²AD model は、防災投資の有無で長期的な経済成長の水準が異なることを定量的に示すことが可能なモデルである。防災投資を行うことにより、自然災害に対するレジリエンシーを高め、人的投資や貯蓄のための資産を自然災害から守ることが可能となり、その結果として長期的な経済成長が実現可能となる。一方で、防災投資を行わない場合は、自然災害による資産被害の連続が人々の生活を追い詰め、それが負のスパイラルを導いて人々を貧困の罠へと陥れる。

次図に、DR²AD model で表現可能な防災投資の有無別の経済成長のイメージを示す。

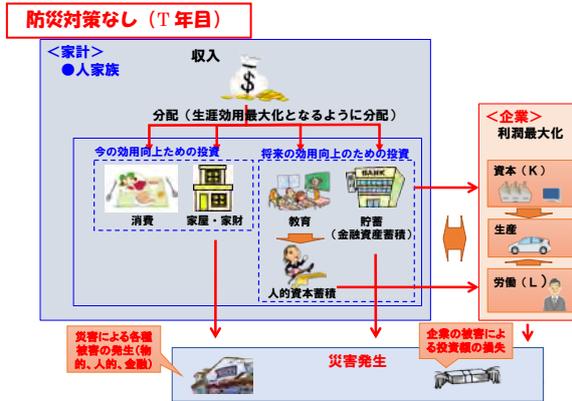
防災投資と経済成長の関係 【災害なしの場合】



防災投資と経済成長の関係 【災害ありの場合】



防災投資と経済成長の関係 【災害なしの場合】



防災投資と経済成長の関係 【災害ありの場合】

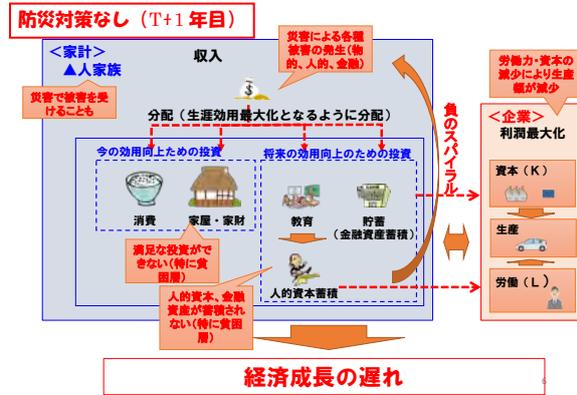


図 2-2 DR²AD model が表現する災害発生による影響のイメージ

2.2 DR²AD model (ver1.4) の特徴

DR²AD model(ver1.4)の特徴として下記があげられる。

2.2.1 全体構造

- ・経済成長及び貧困削減等の観点から防災投資効果を評価する。
- ・家計と企業の2つの経済主体で構成される閉鎖型経済を仮定する。
- ・家計を5つの所得階層に分類することで、貧困等の階層別の問題を評価可能とする。
- ・経済は各階層内で閉じられており、各階層内で家計と企業との市場均衡が達成される。

2.2.2 家計行動

- ・家計は5つ所得階層が存在する。
- ・家計行動は各所得階層における代表的個人を想定する。
- ・家計行動は災害のリスク認識を含めて完全合理的であることを前提とする。(すなわち、家計は災害が起こるというリスクを踏まえたうえで、消費、物的投資、人的投資、貯蓄を行い、生涯の生涯期待効用を最大化する)
- ・家計は、企業に生産要素(労働力、生産資本、土地)を供給し、その対価として所得(労働所得、利子所得、地代所得)を得る。
- ・人的資本の蓄積が貧困削減へ繋がる状況を示すために人的資本をモデルに導入する。教育が人的資本を成長させるという前提に立ち、就学年数等の教育に係る指標を人的資本の代理変数として設定することで、人的資本の向上が生産効率を高めるという状況を再現する。

2.2.3 企業行動

- ・所得階層毎に代表的企業が存在すると仮定する。
- ・企業の生産技術は、規模に関する収穫一定を仮定する。
- ・企業は1期だけの視野を持つ完全合理的な主体を想定し、毎期の期待利潤の最大化を目的として行動する。
- ・企業は、家計から生産要素(労働力、生産資本、土地)を需要し、生産により最終財(耐久財、非耐久財)を家計へ供給する。(なお、家計の貯蓄は、銀行を通じて企業の生産資本に回るものと仮定する)
- ・社会経済構造の変革による急激な技術成長は起こらないものとする。

2.2.4 市場均衡

- ・財市場及び生産要素市場が存在し、完全競争的であると仮定する。

2.2.5 災害

- ・災害は災害種類毎に、災害発生なしを含む5つの災害規模を設定し、每期いずれかの規模の

災害（災害なしを含む）が定常的な確率過程に従って発生するものと仮定する。

- ・災害は災害種毎に独立した発生過程に従って発生するものとし、2種の災害が個別に発生するケースと、その2種類の複合災害を考慮するケースの計3ケースを対象とする。
- ・保険を含む個人の防災行動概念は含まれていないため、災害被害率の低減は外生的に与えられる防災投資によってのみ実現すると仮定する。ただし、防災投資にかかるコストはモデルでは考慮しない。

2.2.6 アウトプット

- ・GDP関数は、人的資本、生産資本、土地からなる Cobb=Douglas 型を仮定する。
- ・災害の発生は確率過程に従って発生するため、平均的な防災投資効果の分析にはモンテカルロシミュレーションを利用する。
- ・次の図に示すように、災害発生時には人的資本や生産要素に被害が生じるため、生産能力の低下が GDP の減少を導く。
- ・防災投資を行った場合には、被害を減少させることが可能となり、生産能力の低下を軽減することが可能である。
- ・DR²ADmodel では、災害対策の有無により得られる GDP の差異を防災投資効果として捉える。

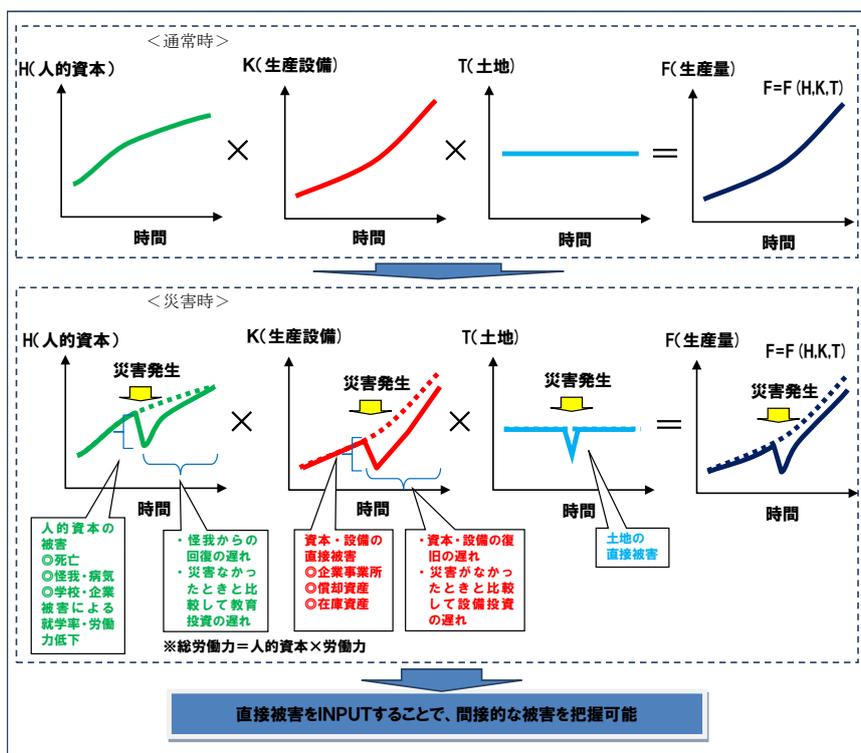


図 2-3 災害発生時の GDP の減少イメージ

2.3 DR²AD model (ver1.4) の定式化

2.3.1 内生変数のリスト

本モデルで用いた内生変数を以下の表にまとめる。

通番	名称	記号	単位	定義	補足
1	瞬時的効用	u	—	代表的家計の効用	Stone-Geary 型を仮定
2	生涯期待効用	V	—	代表的家計の生涯期待効用	
3	消費	c^l	\$	非耐久財（家屋・家財を除く）の消費額	消費額は災害ランク l の災害発生後に決定
4	人的資本	h	年	平均就学年数	代理変数として平均就学年数を使用 平均就学年数の向上が即座に労働生産性の向上につながると仮定
5	人的資本形成	m^l	年	教育に投じた時間	教育時間は災害ランク l の災害発生後に決定
6	人的投資額	$\eta^l(m^l)$	\$	教育に投じた費用	教育投資額は災害ランク l の災害発生後に決定
7	物的資産	z	\$	耐久財（家屋や家財）の資産額	
8	物的資産形成	ξ	\$	物的資産への投資額	
9	金融貯蓄	b	\$	金融貯蓄額 (所得から支出を差引いた額が各期の新たな貯蓄額)	金融貯蓄は、銀行を通じて全て生産資本に利用されると仮定
10	総資産	a	\$	家計が保有する資産の総額 (物的資産と金融貯蓄の和)	
11	賃金率	w_l	\$/年	1 単位の人的資本に対する賃金	賃金率は災害ランク l の災害発生後に決定
12	利率	r_l	—	生産資本（金融貯蓄）に対する利子	利率は災害ランク l の災害発生後に決定
13	地代	π_l	\$/ha	1 単位の生産可能な土地に対する地代	地代は災害ランク l の災害発生後に決定
14	所得	ln	\$	賃金所得、資本所得、地代収入の合計	
15	支出	Ex	\$	消費、物的資産形成、教育投資の合計	
16	現在割引率	Λ	—	将来の効用に対する現在割引率	
17	生産額(GDP)	Y	\$	企業の生産額 (GDP)	Cobb=Douglas 型を仮定
18	技術進歩	B	—	全要素生産性 (TFP)	労働、生産資本、土地以

					外の生産への寄与分を表現
19	人的資本投入量	H	年	階層別の人的資本の総和	
20	生産資本投入量	K	\$	階層別の生産資本の総和	
21	生産費用	TC	\$	企業の生産費用	
22	企業利潤	$\tilde{\pi}_l$	\$	階層別の企業利潤	企業利潤は災害ランク l の災害発生後に決定 地代として家計に分配

2.3.2 外生変数のリスト

本モデルで用いた外生変数を以下の表にまとめる。

通番	名称	記号	単位	定義	補足
1	階層別人口	n	人	各所得階層の総人口	今回は各階層の人口が等しくなるように設定
2	生存最低必要消費額	\bar{c}	\$	生存に最低限必要な消費額	貧困の罨を考慮可能とするために導入
3	時間選好率	ρ	—	効用に対する時間選好率	数値が大きいほど現在の効用を重視する傾向
4	相対的危険回避度	θ	—	家計のリスク選好度	数値が大きいほどリスクを回避する傾向
5	消費のシェアパラメータ	γ_i	—	消費と物的資産の選好率	産業連関表またはキャリブレーションにより算出 $i \in \{1,2\}$
6	人的投資係数	η_i	—	教育投資額と教育年数の関係を示す関数の係数	キャリブレーションにより算出 $i \in \{0,1,2\}$
7	人的資本形成の補正係数	ζ	—	教育投資額と教育年数の関係を補正する係数	パラメータの特定（キャリブレーション）の調整のために設定
8	経済空間の総土地面積	\bar{T}	ha	総土地面積	$\bar{T} = \bar{T} \times \text{階層数}$
9	各階層の総土地面積	\tilde{T}	ha	各階層の総土地面積	$\tilde{T} = T \times n$
10	代表的家計が保有する土地面積	T	ha	代表的家計が保有する土地面積	保有する土地面積に応じて地代配分が決定
11	人的資本減耗率	δ_h	—	毎期の人的資本が減耗する割合	知識の劣化や世代の入替りを表現
12	物的資産減耗率	δ_z	—	毎期の物的資産が減耗する割合	
13	生産資本減耗率	δ_k	—	毎期の生産資本が減耗する割合	
14	外生的成長係数	B_0	—	期初の全要素生産性	キャリブレーションにより算出
15	外生的成長率	g_b	—	技術進歩の程度	キャリブレーションまたはデフォルト値により設定
16	生産関数のシェ	α_i	—	生産要素の投入割合	$i \in \{1,2,3\}$

通番	名称	記号	単位	定義	補足
	アパラメータ				
17	災害発生確率	μ^l	—	ランク l の災害が発生する確率	
18	物的資産被害率	φ^l	—	災害により失われる物的資産の割合	
19	生産資本被害率	ψ^l	—	災害により失われる生産資本（金融貯蓄）の割合	
20	人的資本被害率	ω^l	—	災害により被害を受ける人的資本の割合	
21	土地被害率	τ^l	—	災害により被害を受ける土地の割合	
22	価値関数の係数	v_i	—		キャリブレーションにより算出 $i \in \{0,1,2\}$
23	総資産（期初）	$a(0)$	\$	期初の家計が保有する資産の合計額 （物的資産と金融貯蓄の和）	
24	人的資本（期初）	$h(0)$	年	期初の平均就学年数	

2.3.3 基本構成式

本モデルで用いた基本構成式を以下の表にまとめる。

通番	名称	基本構成式
1	瞬時的効用関数	$u(c^l(t), (1 - \varphi^l)z(t)) := \frac{[(c^l(t) - \bar{c})^{\gamma_1} \{(1 - \varphi^l) \cdot z(t)\}^{\gamma_2}]^{1-\theta} - 1}{1 - \theta}$
2	人的資本の蓄積過程	$\begin{aligned} h(t+1) &= (1 - \delta_h) \cdot h(t) + \varsigma \cdot m^l(t) \\ &= h(t) + H^l(t) \\ H^l(t) &:= -\delta_h \cdot h(t) + \varsigma \cdot m^l(t) \end{aligned}$
3	教育費用関数	$\eta^l(m^l) = \eta_0 + \eta_1 \cdot m^l + \eta_2^l \cdot (m^l)^2$
4	物的資産の蓄積過程	$z(t+1) = (1 - \delta_z)(1 - \varphi^l)z(t) + \xi(t),$
5	所得	$\text{In}(t) = r_l(t)(1 - \psi^l)b(t) + w_l(t) \cdot (1 - \omega^l)h(t) + \pi_l(t) \cdot (1 - \tau^l)T$
6	支出	$\text{Ex}(t) = c^l(t) + \eta^l(m^l(t)) + \xi(t)$
7	金融資産の蓄積過程	$\begin{aligned} b(t+1) &= (1 - \psi^l)b(t) + \text{In}(t) - \text{Ex}(t) \\ &= \{1 + r_l(t)\}(1 - \psi^l)b(t) + w_l(t) \cdot (1 - \omega^l)h(t) + \pi_l(t) \cdot (1 - \tau^l)T - c^l(t) \\ &\quad - \eta^l(m^l(t)) - \xi(t) \end{aligned}$
8	総資産の蓄積過程	$\begin{aligned} a(t+1) &= a(t) + w_l(t) \cdot (1 - \omega^l)h(t) + [r_l(t) - \{1 + r_l(t)\} \cdot \psi^l] \cdot a(t) \\ &\quad + [(1 - \varphi^l)(1 - \delta_z) - \{1 + r_l(t)\}(1 - \psi^l)]z(t) + \pi_l(t) \cdot (1 - \tau^l)T - c^l(t) - \eta^l(m^l(t)) \\ &= a(t) + A^l(t), \\ (t) &:= w_l(t) \cdot (1 - \omega^l)h(t) + [r_l(t) - \{1 + r_l(t)\} \cdot \psi^l] \cdot a(t) \\ &\quad + [(1 - \varphi^l)(1 - \delta_z) - \{1 + r_l(t)\}(1 - \psi^l)]z(t) + \pi_l(t) \cdot (1 - \tau^l)T - c^l(t) - \eta^l(m^l(t)) \end{aligned}$
9	価値関数	$\begin{aligned} V(a(t), h(t), B(t)) &\cdot \left(\frac{1}{1 + \rho}\right)^t \\ &= \max E \left[\sum_{t'=t}^{\infty} u(c^l(t'), (1 - \varphi^l)z(t')) \cdot \left(\frac{1}{1 + \rho}\right)^{t'} \right] \end{aligned}$
10	現在割引率	$\Lambda = \left(\frac{1}{1 + \rho}\right)$
11	生涯期待効用最大化の一階条件 (消費)	$u_c(c^l, (1 - \varphi^l)z) = \Lambda \cdot V_a$

通番	名称	基本構成式
12	生涯期待効用 最大化の一階 条件 (物的資産)	$\sum_t \mu^t \{u_z(c^t, (1 - \varphi^t)z) + \Lambda \cdot V_a \cdot (1 - \varphi^t)(1 - \delta_z)\}$ $= \Lambda \cdot V_a \sum_t \mu^t \{F_b + (1 - \psi^t)(1 - \delta_k)\}$
13	生涯期待効用 最大化の一階 条件 (教育時間)	$V_h \cdot \varsigma = V_a \cdot \eta''(m^t)$
14	生産関数	$Y(t) = F(B(t), (1 - \omega^t)H(t), (1 - \psi^t)K(t), (1 - \tau^t)\tilde{T})$ $= B(t)\{(1 - \omega^t)H(t)\}^{\alpha_1}\{(1 - \psi^t)K(t)\}^{\alpha_2}\{(1 - \tau^t)\tilde{T}\}^{\alpha_3}$
15	全要素生産性	$B(t) = B_0 \cdot (1 + g_b)^{t-1}$
16	人的資本投入 量	$H(t) = n \cdot h(t)$
17	生産資本投入 量	$K(t) = n \cdot b(t)$
18	費用関数	$C(t) = w_l(t) \cdot (1 - \omega^t)H(t) + \{r_l(t) + \delta_k\} \cdot (1 - \psi^t)K(t)$
19	利潤関数	$\tilde{\Pi}_l(t) = Y(t) - TC(t)$ $= F(B(t), (1 - \omega^t)H(t), (1 - \psi^t)K(t), (1 - \tau^t)\tilde{T}) - w_l(t) \cdot (1 - \omega^t)H(t)$ $- \{r_l(t) + \delta_k\} \cdot (1 - \psi^t)K(t)$
20	利潤最大化の 一階条件 (人的資本投 入量)	$\frac{\partial F(B(t), (1 - \omega^t)H(t), (1 - \psi^t)K(t), (1 - \tau^t)\tilde{T})}{\partial H} = w_l(t) \cdot (1 - \omega^t)$
21	利潤最大化の 一階条件 (生産資本投 入量)	$\frac{\partial F(B(t), (1 - \omega^t)H(t), (1 - \psi^t)K(t), (1 - \tau^t)\tilde{T})}{\partial K} = \{r_l(t) + \delta_k\} \cdot (1 - \psi^t)$
22	生産可能な土 地あたりの地 代	$\pi_l(t) = \frac{\tilde{\Pi}_l(t)}{(1 - \tau^t)\tilde{T}} = \frac{\tilde{\Pi}_l(t)}{(1 - \tau^t)n\tilde{T}}$

2.3.4 基本構成式の展開

(1) 家計

代表的家計は、以下の生涯期待効用が最大になるように行動する。その際、代表的家計は災害リスクを認知しながら行動し、毎期の所得（労働所得、利子所得、地代収入）と総資産（これまでに蓄積した資本）を、消費、物的投資、人的投資、金融貯蓄に配分する。

$$E \left[\sum_{t=0}^{\infty} u(c^l(t), (1 - \varphi^l)z(t)) \left(\frac{1}{1 + \rho} \right)^t \right], \quad (1)$$

where

E : 期待値操作

u : 瞬時的効用

c^l : 消費（非耐久財）（災害ランク l の災害発生後）

z : 物的資産（耐久財）

ρ : 時間選好率

瞬時的効用関数は、代表的家計が貧困の罠に陥ることを表現可能な Stone-Geary 型を用いる。すなわち、災害被害により消費 c^l が生存最低必要消費額 \bar{c} に接近すると、消費の限界効用が高まって消費が優先されるようになり、人的資本や金融貯蓄などの資本形成が後回しにされる結果、貧困の罠から抜け出せなるという状況を表現可能とする。また、全ての階層で同じ選好を持つとする。

$$u(c^l(t), (1 - \varphi^l)z(t)) := \frac{[(c^l(t) - \bar{c})^{\gamma_1} \{(1 - \varphi^l) \cdot z(t)\}^{\gamma_2}]^{1-\theta} - 1}{1 - \theta}, \quad (2)$$

s.t.

$$\gamma_1 + \gamma_2 = 1 \quad (0 < \gamma_1, \gamma_2 < 1),$$

$$\theta > 0,$$

where

\bar{c} : 生存最低必要消費額

γ_i : 消費のシェアパラメータ、 $i \in \{1, 2\}$

θ : 相対的危険回避度

代表的家計は、将来の消費に備えて金融貯蓄を行う。代表的家計の各期の所得（労働所得、利子所得、地代収入）を $\ln(t)$ 、支出（消費、人的投資、物的投資）を $\text{Ex}(t)$ と置くと、所得と支出の差額が各期の新たな金融貯蓄 Δb となる。

$$\Delta b(t) = \ln(t) - \text{Ex}(t),$$

$$\ln(t) = r_l(t)(1 - \psi^l)b(t) + w_l(t) \cdot (1 - \omega^l)h(t) + \pi_l(t) \cdot (1 - \tau^l)T,$$

$$\text{Ex}(t) = c^l(t) + \eta^l(m^l(t)) + \xi(t).$$

where

- h : 人的資本
- b : 金融貯蓄 (生産資本)
- T : 代表的家計が保有する土地の面積
- w_l : 賃金率 (災害ランク l の災害発生後)
- r_l : 利率 (災害ランク l の災害発生後)
- π_l : 地代 (災害ランク l の災害発生後)
- δ_k : 生産資本減耗率
- ω^l : 人的資本被害率 (災害ランク l)
- ψ^l : 生産資本被害率 (災害ランク l)
- τ^l : 土地被害率 (災害ランク l)
- η^l : 人的投資額 (災害ランク l の災害発生後)
- m^l : 人的資本形成
- ξ : 物的資産形成

災害ランク l の災害により、人的資本、金融資産 (生産資本)、土地は、それぞれ ψ^l, ω^l, τ^l の被害を受けるため、災害規模が大きいほど代表的家計の所得は減少する。

上述を踏まえ、金融貯蓄 b の蓄積過程を記述すると以下のとおりになる。

$$\begin{aligned}
 b(t+1) &= (1-\psi^l)b(t) + \Delta b(t) \\
 &= (1-\psi^l)b(t) + \text{In}(t) - \text{Ex}(t), \\
 &= \{1+r_l(t)\}(1-\psi^l)b(t) + w_l(t) \cdot (1-\omega^l)h(t) + \pi_l(t) \cdot (1-\tau^l)T - c^l(t) - \eta^l(m^l(t)) - \xi(t),
 \end{aligned}
 \tag{4}$$

消費は非耐久財であるのに対し、物的資産は耐久財を指し、具体的には家屋や家財といったストックを表す。物的資産は毎期の δ_z の割合で減耗するとともに、災害発生時には φ^l の割合が失われるものとする。

物的資産の蓄積過程は以下のとおりになる。

$$z(t+1) = (1-\delta_z)(1-\varphi^l)z(t) + \xi(t),
 \tag{5}$$

人的資本は、労働生産性に関する資産であり、人的資本が大きいほど多くの労働所得を得ることができるものとする。災害による損失はないが、災害が起きた期の人的資本は一時的に低下して労働生産性の低下へ繋がるものと仮定する。

また、物的資産と同様に、人的資本も毎期 δ_h の割合で減耗する。これにより、知識は放っておくと一様に劣化するという状況を表現するとともに、知識の陳腐化による取り替え、労働人口の入れ替わりを含む減耗を考慮することにより世代の入れ替わり (人的資本の高い世代が死亡し、低い世代が誕生する) を反映している。

人的資本の蓄積過程は以下のとおりになる。

$$\begin{aligned}
h(t+1) &= (1 - \delta_h) \cdot h(t) + \varsigma \cdot m^l(t) \\
&= h(t) + H^l(t), \\
H^l(t) &:= -\delta_h \cdot h(t) + \varsigma \cdot m^l(t),
\end{aligned}
\tag{6}$$

where

δ_h : 人的資本減耗率

ς : 人的資本形成の補正係数

人的資本を表す労働生産性の実データの取得が困難なため、平均就学年数を代理変数として置く。代理変数として他にも平均就学率や平均識字率などが考えられるが、ストックとしての扱い考慮した場合、就学年数が適切と考え代理変数として選択した（就学率や識字率は、個人レベルで考えると1又は0のいずれかとなる）。本来は人的資本の成長と労働生産性の向上とは時間的なギャップが存在するが、データ制約の関係から、ここでは人的資本の向上が、即時に労働生産性の向上へ繋がるものと仮定する。

なお、ケーススタディの際に必要なパラメータの特定（キャリブレーション）の調整のため、時間的調整費用に関連した補正係数として ς を設定したが、調整が不要な場合は $\varsigma = 1$ とする。

代表的家計は、地主として、初期時点から一定の土地を所有しているものとし、全ての土地を企業に貸与することで、その対価としての地代収入を得る。

$$\begin{aligned}
T &= \frac{\tilde{T}}{n}, \\
\bar{T} &= \sum_j \tilde{T}_j,
\end{aligned}
\tag{7}$$

where

\tilde{T} : 各階層の総土地面積

\bar{T} : 経済空間の総土地面積

n : 階層別人口

(2) 企業

企業は、以下の Cobb=Douglas 型関数に従って生産を行い、生産には労働、資本、土地の 3 生産要素を要するものと仮定する。生産は、災害発生後に行われるものとし、生産要素の投入量は災害の被害を考慮したものとする。

$$\begin{aligned} Y(t) &= F(B(t), (1 - \omega^l)H(t), (1 - \psi^l)K(t), (1 - \tau^l)\tilde{T}) \\ &= B(t)\{(1 - \omega^l)H(t)\}^{\alpha_1}\{(1 - \psi^l)K(t)\}^{\alpha_2}\{(1 - \tau^l)\tilde{T}\}^{\alpha_3}, \\ B(t) &= B_0 \cdot (1 + g_b)^{t-1}, \\ H(t) &= n \cdot h(t), \\ K(t) &= n \cdot b(t), \end{aligned}$$

(8)

s.t.

$$\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 = 1 \quad (0 < \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3 < 1),$$

where

Y : 生産関数

B : 全要素生産性

B_0 : 外生的成長係数

g_b : 外生的成長率

H : 人的資本投入量

K : 生産資本投入量

α_i : 生産関数のシェアパラメータ、 $i \in \{1,2,3\}$

生産関数のシェアパラメータ α_i は、完全競争下における各生産要素の分配率を表している。

企業は、家計が供給する労働と生産資本に対する対価として賃金と利子を支払う。また、生産資本ストックは每期 δ_k の割合で減耗すると仮定し、その充填分の費用も考慮に入れる。

$$TC(t) = w_l(t) \cdot (1 - \omega^l)H(t) + \{r_l(t) + \delta_k\} \cdot (1 - \psi^l)K(t),$$

(9)

where

TC : 生産費用

これらを踏まえて、企業の利潤関数を以下のとおり設定する。企業は、生産額から生産費用を差し引いた利潤が最大となるように行動する。利潤は、各家計へ地代として分配される。

$$\tilde{\Pi}_l(t) = Y(t) - TC(t)$$

$$\begin{aligned} &= F(B(t), (1 - \omega^l)H(t), (1 - \psi^l)K(t), (1 - \tau^l)\tilde{T}) - w_l(t) \cdot (1 - \omega^l)H(t) - \{r_l(t) + \delta_k\} \\ &\quad \cdot (1 - \psi^l)K(t). \end{aligned}$$

(10)

(3) 市場均衡

1) 効用最大化

代表的家計が保有する金融資産と物的資産を合計したものを総資産とする。総資産を設定することで、制御変数の一つである物的資本形成をキャンセルアウトすることが可能となる。

$$a(t) := b(t) + z(t), \quad (11)$$

where

a : 総資産

(11)を $t+1$ 期にて計算すると、 $b(t+1)$ に関する式(4)、 $z(t+1)$ に関する式(5)を用いることで

$$\begin{aligned} a(t+1) &= b(t+1) + z(t+1) \\ &= \{1 + r_l(t)\}(1 - \psi^l)b(t) + w_l(t) \cdot (1 - \omega^l)h(t) + \pi_l(t) \cdot (1 - \tau^l)T - c^l(t) - \\ &\quad \eta^l(m^l(t)) - \xi(t) + (1 - \delta_z)(1 - \varphi^l)z(t) + \xi(t) \\ &= \{1 + r_l(t)\}(1 - \psi^l)b(t) + w_l(t) \cdot (1 - \omega^l)h(t) + \pi_l(t) \cdot (1 - \tau^l)T - c^l(t) - \eta^l(m^l(t)) + \\ &\quad (1 - \delta_z)(1 - \varphi^l)z(t) \end{aligned} \quad (12)$$

ここで、(12)に $b(t) = a(t) - z(t)$ を代入して、右辺を整理すると、総資産の蓄積過程は以下のよう
に記述できる。

$$\begin{aligned} a(t+1) &= a(t) + w_l(t) \cdot (1 - \omega^l)h(t) + [r_l(t) - \{1 + r_l(t)\} \cdot \psi^l] \cdot a(t) \\ &\quad + [(1 - \varphi^l)(1 - \delta_z) - \{1 + r_l(t)\}(1 - \psi^l)]z(t) + \pi_l(t) \cdot (1 - \tau^l)T - c^l(t) \\ &\quad - \eta^l(m^l(t)) \\ &= a(t) + A^l(t), \\ A^l(t) &:= w_l(t) \cdot (1 - \omega^l)h(t) + [r_l(t) - \{1 + r_l(t)\} \cdot \psi^l] \cdot a(t) \\ &\quad + [(1 - \varphi^l)(1 - \delta_z) - \{1 + r_l(t)\}(1 - \psi^l)]z(t) + \pi_l(t) \cdot (1 - \tau^l)T - c^l(t) - \eta^l(m^l(t)). \end{aligned} \quad (13)$$

代表的家計の最適化問題は、以下のように記述される。価値関数は、代表的家計が每期、最適な消費、人的投資、物的資産形成を行った結果達成される生涯期待効用の最大値を表す。価値関数を設定することにより、生涯期待効用最大化問題を解くことが可能になる。

$$V(a(t), h(t), B(t)) \cdot \left(\frac{1}{1 + \rho}\right)^t = \max E \left[\sum_{t'=t}^{\infty} u(c^l(t'), (1 - \varphi^l)z(t')) \cdot \left(\frac{1}{1 + \rho}\right)^{t'} \right], \quad (14)$$

s.t.

$$\begin{aligned} b(t+1) &= \{1 + r_l(t)\}(1 - \psi^l)b(t) + w_l(t) \cdot (1 - \omega^l)h(t) + \pi_l(t) \cdot (1 - \tau^l)T - c^l(t) \\ &\quad - \eta^l(m^l(t)) - \xi(t), \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
z(t+1) &= (1 - \delta_z)(1 - \varphi^l)z(t) + \xi(t), \\
h(t+1) &= h(t) + H^l(t).
\end{aligned}
\tag{15}$$

金融貯蓄と物的資産を合計して総資産とすると、(15)の制約条件式は以下の 2 本の方程式で表される。

$$\begin{aligned}
a(t+1) &= a(t) + A^l(t), \\
h(t+1) &= h(t) + H^l(t).
\end{aligned}
\tag{16}$$

これ以降、時間選好率の項を以下のように置くものとする。

$$\Lambda = \left(\frac{1}{1 + \rho} \right).
\tag{17}$$

(14)のBellman方程式¹を求めると、

$$\begin{aligned}
V(a(t), h(t), B(t)) &= \max E \left[u(c^l(t), (1 - \varphi^l)z(t)) + \Lambda \cdot V(a(t+1), h(t+1), B(t+1)) \right] \\
&= \max E \left[u(c^l(t), (1 - \varphi^l)z(t)) + \Lambda \right. \\
&\quad \left. \cdot V(a(t) + A^l(t), h(t) + H^l(t), B(t) + B^\circ(t)) \right],
\end{aligned}
\tag{18}$$

where $B^\circ(t) = B(t+1) - B(t)$. さらに Taylor 展開にて、(18)の右辺第二項を一次近似すると、

$$V(a(t), h(t), B(t)) = \max \sum_t \mu^t \left[\begin{array}{c} u(c^l(t), (1 - \varphi^l)z(t)) \\ + \Lambda \cdot \{V + V_a \cdot A^l(t) + V_h \cdot H^l(t) + V_B \cdot B^\circ(t)\} \end{array} \right].
\tag{19}$$

(19)より、以下のように目的関数を記述することができる。

$$\begin{aligned}
&(1 - \Lambda) \cdot V(a(t), h(t), B(t)) \\
&= \max \sum_t \mu^t \left[u(c^l(t), (1 - \varphi^l)z(t)) + \Lambda \cdot \{V_a \cdot A^l(t) + V_h \cdot H^l(t) + V_B \cdot B^\circ(t)\} \right].
\end{aligned}
\tag{20}$$

生涯期待効用を最大化するための(20)の一階条件（目的関数を c, m, z にて偏微分）より、

$$\frac{\partial V(a, h, B)}{\partial c^l} = 0,$$

$$\frac{\partial V(a, h, B)}{\partial z} = 0,$$

¹ 参考：新しいマクロ経済学(p.223-225)、齊藤誠、有斐閣

$$\frac{\partial V(a, h, B)}{\partial m^l} = 0. \tag{21}$$

(21)より、以下の3本の方程式が得られる。

$$c^l : u_c(c^l, (1 - \varphi^l)z) = \Lambda \cdot V_a, \tag{22}$$

$$z : \sum_l \mu^l \{u_z(c^l, (1 - \varphi^l)z) + \Lambda \cdot V_a \cdot (1 - \varphi^l) \cdot (1 - \delta_z)\} = \Lambda \cdot V_a \sum_l \mu^l (1 - \psi^l) \{r(t) + 1\}, \tag{23}$$

$$m^l : V_h \cdot \varsigma = V_a \cdot \{\eta^l(m^l)\}'. \tag{24}$$

2) 利潤最大化

企業は、以下の利潤関数を最大にするよう行動する。

$$\begin{aligned} \text{Max } \tilde{\Pi}_l(t) &= Y(t) - TC(t) \\ &= F(B(t), (1 - \omega^l)H(t), (1 - \psi^l)K(t), (1 - \tau^l)\tilde{T}) - w_l(t) \cdot (1 - \omega^l)H(t) - \{r_l(t) + \delta_k\} \cdot (1 - \psi^l)K(t) \end{aligned} \quad (25)$$

where

$\tilde{\Pi}_l$: 企業利潤 (災害ランク l の災害発生後)

利潤を最大化するための(25)の一階条件 (目的関数を H, K にて偏微分) より、

$$\begin{aligned} \frac{\partial \tilde{\Pi}_l}{\partial H} &= 0, \\ \frac{\partial \tilde{\Pi}_l}{\partial K} &= 0. \end{aligned} \quad (26)$$

(26)より、以下の2本の方程式が得られる。

$$H : \frac{\partial F(B(t), (1 - \omega^l)H(t), (1 - \psi^l)K(t), (1 - \tau^l)\tilde{T})}{\partial H} = w_l(t) \cdot (1 - \omega^l), \quad (27)$$

$$K : \frac{\partial F(B(t), (1 - \omega^l)H(t), (1 - \psi^l)K(t), (1 - \tau^l)\tilde{T})}{\partial K} = \{r_l(t) + \delta_k\} \cdot (1 - \psi^l), \quad (28)$$

s.t.

$$0 < \mu^l < 1,$$

where

μ^l : 災害発生確率 (災害ランク l)

一階条件式は、それぞれ労働と生産資本に関して、要素投入量はその限界生産量と限界費用が等しくなるよう決定されることを示している。

企業利潤 $\tilde{\Pi}_l$ は全て地代として家計に配分され、その配分額は保有する土地面積の割合に応じて決定される。

$$\pi_l(t) = \frac{\tilde{\Pi}_l(t)}{(1 - \tau^l)\tilde{T}} = \frac{\tilde{\Pi}_l(t)}{(1 - \tau^l)nT}. \quad (29)$$

3) 市場均衡

生涯期待効用最大化の一階条件(22)、(23)、(24)と利潤最大化の一階条件(27)、(28)により導出された計 5 本の方程式を同時に解くことにより、市場均衡解が一意に定まる。以下、各方程式の再掲である。

$$c^l : u_c(c^l, (1 - \varphi^l)z) = \Lambda \cdot V_a,$$

$$z : \sum_l \mu^l \{u_z(c^l, (1 - \varphi^l)z) + \Lambda \cdot V_a \cdot (1 - \varphi^l) \cdot (1 - \delta_z)\} \\ = \Lambda \cdot V_a \sum_l \mu^l (1 - \psi^l) \{r(t) + 1\},$$

$$m^l : V_h \cdot \varsigma = V_a \cdot \{\eta^l(m^l)\}',$$

$$H : \frac{\partial F(B(t), (1 - \omega^l)H(t), (1 - \psi^l)K(t), (1 - \tau^l)\tilde{T})}{\partial H} = w_l(t) \cdot (1 - \omega^l),$$

$$K : \frac{\partial F(B(t), (1 - \omega^l)H(t), (1 - \psi^l)K(t), (1 - \tau^l)\tilde{T})}{\partial K} = \{r_l(t) + \delta_k\} \cdot (1 - \psi^l).$$

(30)

(4) 社会最適化

本モデルでは外部性を入れていないため、市場均衡解は社会最適解と等価になる。その際、生産額と分配額が等しくなることから、以下の方程式が成り立つ。

$$\begin{aligned} F(B(t), (1 - \omega^l)h(t), (1 - \psi^l)b(t), (1 - \tau^l)T) \\ = w_l(t) \cdot (1 - \omega^l)h(t) + \{r_l(t) + \delta_k\} \cdot (1 - \psi^l)b(t) + \pi_l(t) \cdot (1 - \tau^l)T. \end{aligned} \quad (31)$$

(31)を用いると、(4)は次のように書き換えられる。

$$\begin{aligned} b(t+1) &= \{1 + r_l(t)\}(1 - \psi^l)b(t) + w_l(t) \cdot (1 - \omega^l)h(t) + \pi_l(t) \cdot (1 - \tau^l)T - c^l(t) - \eta^l(m^l(t)) - \xi(t) \\ &= \{r_l(t) + \delta_k\}(1 - \psi^l)b(t) + w_l(t) \cdot (1 - \omega^l)h(t) + \pi_l(t) \cdot (1 - \tau^l)T - c^l(t) - \eta^l(m^l(t)) - \xi(t) \\ &\quad + (1 - \delta_k)(1 - \psi^l)b(t) \\ &= F(B(t), (1 - \omega^l)h(t), (1 - \psi^l)b(t), (1 - \tau^l)T) - c^l(t) - \eta^l(m^l(t)) - \xi(t) \\ &\quad + (1 - \delta_k)(1 - \psi^l)b(t). \end{aligned} \quad (32)$$

また、(31)より、(12)は次のように書き換えられる。

$$\begin{aligned} a(t+1) &= b(t+1) + z(t+1) \\ &= w_l(t) \cdot (1 - \omega^l)h(t) + \{1 + r_l(t)\}(1 - \psi^l)b(t) + \pi_l(t) \cdot (1 - \tau^l)T - c^l(t) - \eta^l(m^l(t)) \\ &\quad + (1 - \delta_z)(1 - \varphi^l)z(t) \\ &= w_l(t) \cdot (1 - \omega^l)h(t) + \{r_l(t) + \delta_k\}(1 - \psi^l)b(t) + \pi_l(t) \cdot (1 - \tau^l)T - c^l(t) - \eta^l(m^l(t)) + \\ &\quad (1 - \delta_z)(1 - \varphi^l)z(t) + (1 - \delta_k)(1 - \psi^l)b(t) \\ &= a(t) + w_l(t) \cdot (1 - \omega^l)h(t) + \{r_l(t) + \delta_k\} \cdot (1 - \psi^l)b(t) + \pi_l(t) \cdot (1 - \tau^l)T - \{\delta_k + \\ &\quad (1 - \delta_k) \cdot \psi^l\}a(t) - c^l(t) - \eta^l(m^l(t)) - \{(1 - \psi^l)(1 - \delta_k) - (1 - \varphi^l)(1 - \delta_z)\}z(t) \\ &= a(t) + F(B(t), (1 - \omega^l)h(t), (1 - \psi^l)b(t), (1 - \tau^l)T) - \{\delta_k + (1 - \delta_k) \cdot \psi^l\}a(t) - c^l(t) - \\ &\quad \eta^l(m^l(t)) - \{(1 - \psi^l)(1 - \delta_k) - (1 - \varphi^l)(1 - \delta_z)\}z(t) \\ &= a(t) + A^l(t), \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} A^l(t) &:= F(B(t), (1 - \omega^l)h(t), (1 - \psi^l)b(t), (1 - \tau^l)T) - \{\delta_k + (1 - \delta_k) \cdot \psi^l\}a(t) - c^l(t) - \eta^l(m^l(t)) \\ &\quad - \{(1 - \psi^l)(1 - \delta_k) - (1 - \varphi^l)(1 - \delta_z)\}z(t). \end{aligned} \quad (33)$$

一般に市場均衡解よりも社会最適解の方が、式と変数が少なくなり計算が容易になるため、本モデルでは社会最適化問題にて解析を行う。よって、これ以降は代表的家計の生涯期待効用を最大にしようと努める善意の社会的計画者によって経済が運営されていると想定し、家計側のみに着目して問題を解くものとする。

$$V(a(t), h(t), B(t)) \cdot \left(\frac{1}{1+\rho}\right)^t = \max E \left[\sum_{t'=t}^{\infty} u(c^l(t'), (1-\varphi^l)z(t')) \cdot \left(\frac{1}{1+\rho}\right)^{t'} \right], \quad (34)$$

s.t.

$$\begin{aligned} b(t+1) &= F(B(t), (1-\omega^l)h(t), (1-\psi^l)b(t), (1-\tau^l)T) - c^l(t) - \eta^l(m^l(t)) - \xi(t) \\ &\quad + (1-\delta_k)(1-\psi^l)b(t), \\ z(t+1) &= (1-\delta_z)(1-\varphi^l)z(t) + \xi(t), \\ h(t+1) &= h(t) + H^l(t). \end{aligned} \quad (35)$$

金融貯蓄と物的資産を合計して総資産とすると、(35)の制約条件式は以下の2本の方程式で表される。

$$\begin{aligned} a(t+1) &= a(t) + A^l(t), \\ h(t+1) &= h(t) + H^l(t). \end{aligned} \quad (36)$$

また、時間選好率の項を以下のように置くものとする。

$$\Lambda = \left(\frac{1}{1+\rho}\right). \quad (37)$$

(34)のBellman方程式²を求めると、

$$\begin{aligned} V(a(t), h(t), B(t)) &= \max E \left[u(c^l(t), (1-\varphi^l)z(t)) + \Lambda \cdot V(a(t+1), h(t+1), B(t+1)) \right] \\ &= \max E \left[u(c^l(t), (1-\varphi^l)z(t)) + \Lambda \right. \\ &\quad \left. \cdot V(a(t) + A^l(t), h(t) + H^l(t), B(t) + B^\circ(t)) \right], \end{aligned} \quad (38)$$

where $B^\circ(t) = B(t+1) - B(t)$. さらに Taylor 展開にて、右辺第二項を一次近似すると、

$$\begin{aligned} &V(a(t), h(t), B(t)) \\ &= \max \sum_t \mu^l \left[u(c^l(t), (1-\varphi^l)z(t)) + \Lambda \cdot \{V + V_a \cdot A^l(t) + V_h \cdot H^l(t) + V_B \cdot B^\circ(t)\} \right] \end{aligned} \quad (39)$$

² 参考：新しいマクロ経済学(p.223-225)、齊藤誠、有斐閣

(39)の左辺を V で括ると、以下のように目的関数を記述することができる。

$$\begin{aligned}
 & (1 - \Lambda) \cdot V(a(t), h(t), B(t)) \\
 & = \max \sum_t \mu^t \left[u(c^t(t), (1 - \varphi^t)z(t)) + \Lambda \cdot \{V_a \cdot A^t(t) + V_h \cdot H^t(t) + V_B \cdot B^t(t)\} \right],
 \end{aligned} \tag{40}$$

目的関数(40)に対し、社会最適化の一階条件より、

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial V(a, h, B)}{\partial c^t} &= 0, \\
 \frac{\partial V(a, h, B)}{\partial z} &= 0, \\
 \frac{\partial V(a, h, B)}{\partial m^t} &= 0.
 \end{aligned} \tag{41}$$

これより、以下の3本の方程式が得られる。

$$c^t : u_c(c^t, (1 - \varphi^t)z) = \Lambda \cdot V_a, \tag{42}$$

$$z : \sum_t \mu^t \{u_z(c^t, (1 - \varphi^t)z) + \Lambda \cdot V_a \cdot (1 - \varphi^t)(1 - \delta_z)\} = \Lambda \cdot V_a \sum_t \mu^t \{F_b + (1 - \psi^t)(1 - \delta_k)\}, \tag{43}$$

$$m^t : V_h \cdot \varsigma = V_a \cdot \{\eta^t(m^t)\}'. \tag{44}$$

ゆえに、社会最適解は以下の方程式を解くことにより得られる。

$$c^l : u_c(c^l, (1 - \varphi^l)z) = \Lambda \cdot V_a,$$

$$z : \sum_l \mu^l \{u_z(c^l, (1 - \varphi^l)z) + \Lambda \cdot V_a \cdot (1 - \varphi^l)(1 - \delta_z)\} = \Lambda \cdot V_a \sum_l \mu^l \{F_b + (1 - \psi^l)(1 - \delta_k)\},$$

$$m^l : V_h \cdot \varsigma = V_a \cdot \{\eta^l(m^l)\}',$$

$$b : b(t) = a(t) - z(t),$$

s.t.

$$a(t+1) = a(t) + A^l(t),$$

$$A^l(t) = F(B(t), (1 - \omega^l)h(t), (1 - \psi^l)b(t), (1 - \tau^l)T) - \{\delta_k + (1 - \delta_k) \cdot \psi^l\}a(t) - c^l(t) \\ - \eta^l(m^l(t)) - \{(1 - \psi^l)(1 - \delta_k) - (1 - \varphi^l)(1 - \delta_z)\}z(t)$$

$$h(t+1) = h(t) + H^l(t),$$

$$H^l(t) = -\delta_h \cdot h(t) + \varsigma \cdot m^l(t).$$

(45)

2.3.5 計算を簡素化するための定式化等

(1) 価値関数の形状の設定

価値関数は形状が不明な関数であるため、上記一階条件はそのままでは解くことができない。そのため、限界効用は逓減するものと仮定し、以下のような形状を与えるものとする。

$$V(a, h, B) = v_0 + v_1 \cdot (Ba)^{1-\theta} + v_2 \cdot (Bh)^{1-\theta}. \quad (46)$$

(46)を一階微分すると、以下のようになる。

$$V_a = \frac{\partial V(a, h, B)}{\partial a} = (1 - \theta) \cdot v_1 B \cdot (Ba)^{-\theta}, \quad (47)$$

$$V_h = \frac{\partial V(a, h, B)}{\partial h} = (1 - \theta) \cdot v_2 B \cdot (Bh)^{-\theta}. \quad (48)$$

(2) 教育費用関数の形状の設定

人的投資に関する費用関数は、就学年数が増加するほど、教育費用も増加するものと仮定して、以下のような二次関数の形状を仮定する。 m^l の二次式の項の係数 η_2^l は、災害のランクにより決定されるものとする。

$$\eta^l(m^l) = \eta_0 + \eta_1 \cdot m^l + \eta_2^l \cdot (m^l)^2. \quad (49)$$

(49)を一階微分すると、以下のようになる。

$$\frac{\partial \eta^l(m^l)}{\partial m^l} = \eta_1 + 2\eta_2^l \cdot m^l. \quad (50)$$

教育費用関数の形状は、他にも対数型、ロジスティック型などが想定されるが、データの制約もあり統計的に関数形を特定できていないため、今回は簡便性を重視し、二次関数にて関数形を設定した。

2.3.6 結果としての基本構成式とその展開

一階微分式(47)、(48)、(50)を社会最適化の一階条件式(42)、(43)、(44)に代入すると、一階条件式は以下のように書き換えられる。

$$c^l : u_c(c^l, (1 - \varphi^l)z) = \Lambda \cdot (1 - \theta) \cdot v_1 B \cdot (Ba)^{-\theta}, \quad (51)$$

$$\begin{aligned} z : \sum_t \mu^l \{u_z(c^l, (1 - \varphi^l)z) + \Lambda \cdot (1 - \theta) \cdot v_1 B \cdot (Ba)^{-\theta} \cdot (1 - \varphi^l)(1 - \delta_z)\} \\ = \Lambda \cdot (1 - \theta) \cdot v_1 B \cdot (Ba)^{-\theta} \sum_t \mu^l \{F_b + (1 - \psi^l)(1 - \delta_k)\}, \end{aligned} \quad (52)$$

$$m^l : (1 - \theta) \cdot v_2 B \cdot (Bh)^{-\theta} \cdot \zeta = (1 - \theta) \cdot v_1 B \cdot (Ba)^{-\theta} \cdot (\eta_1 + 2\eta_2 \cdot m^l). \quad (53)$$

c^l について、(51)より、

$$\begin{aligned} c^l - \bar{c} &= \left\{ \frac{\gamma_1}{\Lambda \cdot (1 - \theta) \cdot v_1 \cdot B^{1-\theta}} \right\}^{\overset{= Q_0}{1 - \gamma_1(1-\theta)}} \cdot (1 - \varphi^l)^{\overset{= P_0}{1 - \gamma_1(1-\theta)}} \cdot \left\{ \frac{\gamma_2(1-\theta)}{\alpha^{1-\gamma_1(1-\theta)}} \right\}^{\overset{= P_1}{1 - \gamma_1(1-\theta)}} \cdot \left\{ \frac{\theta}{\alpha^{1-\gamma_1(1-\theta)}} \right\}^{\overset{= P_2}{1 - \gamma_1(1-\theta)}} \cdot \frac{\gamma_2(1-\theta)}{z^{1-\gamma_1(1-\theta)}} \\ &= Q_0^{P_0} \cdot (1 - \varphi^l)^{P_1} \cdot \alpha^{P_2} \cdot z^{P_1} \end{aligned} \quad (54)$$

z について、(52)より、

$$\begin{aligned} \sum_t \mu^l \{u_z + \Lambda \cdot V_a(1 - \varphi^l)(1 - \delta_z)\} &= \Lambda \cdot V_a \cdot \sum_t \mu^l \{F_b + (1 - \psi^l)(1 - \delta_k)\} \\ \sum_t \mu^l \{u_z - \Lambda \cdot V_a\{(1 - \psi^l)(1 - \delta_k) - (1 - \varphi^l)(1 - \delta_z)\}\} &= \Lambda \cdot V_a \cdot \sum_t \mu^l \cdot F_b \\ \sum_t \mu^l \{u_z - \Lambda \cdot V_a\{(\delta_z - \delta_k) + (\varphi^l - \psi^l + \psi^l \delta_k - \varphi^l \delta_z)\}\} &= \Lambda \cdot V_a \cdot \sum_t \mu^l \cdot F_b. \end{aligned} \quad (55)$$

$\underset{= \delta_{zk}}{(\delta_z - \delta_k)} \quad \underset{= \varphi_s^l}{(\varphi^l - \psi^l + \psi^l \delta_k - \varphi^l \delta_z)}$

ここで、瞬時的効用関数(2)の z に関する一階微分を求めると、

$$\begin{aligned} u_z &= \gamma_2 \cdot z^{\gamma_2(1-\theta)-1} \cdot \{Q_0^{P_0} \cdot (1 - \varphi^l)^{P_1} \cdot \alpha^{P_2} \cdot z^{P_1}\}^{\gamma_1(1-\theta)} \cdot (1 - \varphi^l)^{\gamma_2(1-\theta)} \\ &= \gamma_2 \cdot Q_0^{P_0 \gamma_1(1-\theta)} \cdot \alpha^{P_2 \gamma_1(1-\theta)} \cdot \{(1 - \varphi^l) \cdot z\}^{\gamma_2(1-\theta)-1+P_1 \gamma_1(1-\theta)} \cdot (1 - \varphi^l). \\ &= Q_1 \end{aligned} \quad (56)$$

$(1 - \varphi^l) \cdot z$ の次数は、 $\gamma_2(1 - \theta) - 1 + P_1 \cdot \gamma_1(1 - \theta) = -\frac{\theta}{1 - \gamma_1(1 - \theta)} = -P_2$ となるので、(56)は次のように書き換えられる。

$$u_z = Q_1 \cdot \alpha^{P_2 \gamma_1(1-\theta)} \cdot (1 - \varphi^l)^{-P_2+1} \cdot z^{-P_2}. \quad (57)$$

(57)を(55)に代入すると、

$$\sum_l \mu^l \{Q_1 \cdot a^{P_2 \gamma_1 (1-\theta)} \cdot (1-\varphi^l)^{-P_2+1} \cdot z^{-P_2}\} = \Lambda \cdot V_a \left(\delta_{zk} + \sum_l \mu^l \cdot \varphi_s^l + \sum_l \mu^l \cdot F_b \right). \quad (58)$$

(58)の右辺第3項目を整理すると、

$$\begin{aligned} \sum_l \mu^l F_b &= \sum_l \mu^l \cdot \alpha_2 \cdot (1-\omega^l)^{\alpha_1} (1-\psi^l)^{\alpha_2} \cdot (1-\tau^l)^{\alpha_3} \cdot F(\cdot) \cdot (a-z)^{-1} \\ &= \frac{S_0 \cdot F(\cdot)}{a-z}. \end{aligned} \quad (59)$$

よって、(59)を(58)に代入すると、

$$Q_1 \cdot a^{P_2 \gamma_1 (1-\theta)} \cdot z^{-P_2} \cdot \sum_l \mu^l \cdot (1-\varphi^l)^{-P_2+1} = \Lambda \cdot (1-\theta) \cdot v_1 \cdot B^{1-\theta} \cdot a^{-\theta} \left(Q_3 + \frac{S_0 \cdot F(\cdot)}{a-z} \right). \quad (60)$$

a の次数は、 $P_2 \cdot \gamma_1 (1-\theta) + \theta = P_2$ となることから、(60)を整理すると次のようになる。

$$\frac{Q_1 \cdot Q_2}{Q_3 \cdot \Lambda (1-\theta) v_1 B^{1-\theta}} \cdot a^{P_2} = z^{P_2} \left[1 + \frac{S_0 \cdot F(\cdot)}{Q_3 \cdot (a-z)} \right] = S_1$$

$$\left(\frac{Q_1 \cdot Q_2}{Q_3 \cdot \Lambda (1-\theta) \cdot v_1 \cdot B^{1-\theta}} \right)^{\frac{1}{P_2}} \cdot a = z \left[1 + \frac{S_1 \cdot F(\cdot)}{a-z} \right]^{\frac{1}{P_2}}. \quad (61)$$

(61)を整理すると、次の方程式が得られる。

$$\left[1 + \frac{S_1 \cdot F(\cdot)}{a-z} \right]^{\frac{1}{P_2}} \cdot z = Q_4 \cdot a. \quad (62)$$

m^l について、(53)より、

$$\begin{aligned} m^l &= \frac{\varsigma \cdot v_2 \cdot a^\theta - v_1 \cdot \eta_1 \cdot h^\theta}{2v_1 \cdot \eta_2^l \cdot h^\theta} \\ &= \frac{1}{2\eta_2^l} \left\{ \frac{v_2}{v_1} \cdot \left(\frac{h}{a} \right)^{-\theta} \cdot \varsigma - \eta_1 \right\}. \end{aligned} \quad (63)$$

(54)、(62)、(63)を整理すると、以下のようになる。

$$c^l : c^l - \bar{c} = Q_0^{P_0} \cdot (1 - \varphi^l)^{P_1} \cdot a^{P_2} \cdot z^{P_1}, \quad (64)$$

$$z : \left[1 + \frac{S_1 \cdot F(\cdot)}{a - z} \right]^{\frac{1}{P_2}} \cdot z = Q_4 \cdot a, \quad (65)$$

$$m^l : m^l = \frac{1}{2\eta_2^l} \left\{ \frac{v_2}{v_1} \cdot \left(\frac{h}{a} \right)^{-\theta} \cdot \varsigma - \eta_1 \right\}, \quad (66)$$

where

$$\begin{aligned} P_0 &= \frac{1}{1 - \gamma_1(1 - \theta)}, \\ P_1 &= \frac{\gamma_2(1 - \theta)}{1 - \gamma_1(1 - \theta)}, \\ P_2 &= \frac{\theta}{1 - \gamma_1(1 - \theta)}, \\ Q_0 &= \frac{\gamma_1}{\Lambda \cdot (1 - \theta) \cdot v_1 \cdot B^{1-\theta}}, \\ Q_1 &= \gamma_2 \cdot Q_0^{P_0 \gamma_1(1-\theta)}, \\ Q_2 &= \sum_l \mu^l (1 - \varphi^l)^{-P_2+1}, \\ Q_3 &= \delta_{zk} + \sum_l \mu^l \cdot \varphi_s^l, \\ Q_4 &= \left\{ \frac{Q_1 \cdot Q_2}{Q_3 \cdot \Lambda \cdot (1 - \theta) \cdot v_1 \cdot B^{1-\theta}} \right\}^{\frac{1}{P_2}}, \\ \delta_{zk} &= \delta_z - \delta_k, \\ \varphi_s^l &= \varphi^l - \psi^l + \psi^l \delta_k - \varphi^l \delta_z, \\ S_0 &= \alpha_2 \sum_l \mu^l (1 - \omega^l)^{\alpha_1} (1 - \psi^l)^{\alpha_2} (1 - \tau^l)^{\alpha_3}, \\ S_1 &= \frac{S_0}{Q_3}. \end{aligned} \quad (67)$$

ゆえに、プログラムにて解くべき基本構成式は以下のとおりとなる。

$$\begin{aligned}
c^l &: c^l - \bar{c} = Q_0^{P_0} \cdot (1 - \varphi^l)^{P_1} \cdot \alpha^{P_2} \cdot z^{P_1}, \\
z &: \left[1 + \frac{S_1 \cdot F(\cdot)}{a - z} \right]^{\frac{1}{P_2}} \cdot z = Q_4 \cdot a, \\
m^l &: m^l = \frac{1}{2\eta_2^l} \left\{ \frac{v_2}{v_1} \cdot \left(\frac{h}{a} \right)^{-\theta} \cdot \varsigma - \eta_1 \right\}, \\
b &: b(t) = a(t) - z(t),
\end{aligned}$$

s.t.

$$\begin{aligned}
a(t+1) &= a(t) + A^l(t), \\
A^l(t) &= F(B(t), (1 - \omega^l)h(t), (1 - \psi^l)b(t), (1 - \tau^l)T) - \{\delta_k + (1 - \delta_k) \cdot \psi^l\}a(t) - c^l(t) \\
&\quad - \eta^l(m^l(t)) - \{(1 - \psi^l)(1 - \delta_k) - (1 - \varphi^l)(1 - \delta_z)\}z(t), \\
h(t+1) &= h(t) + H^l(t), \\
H^l(t) &= -\delta_h \cdot h(t) + \varsigma \cdot m^l(t), \\
\eta^l(m^l) &= \eta_0 + \eta_1 \cdot m^l + \eta_2^l \cdot (m^l)^2,
\end{aligned}$$

where (下記の項の変数は、外生変数、シミュレーション計算、定数の設定等で所与となる。)

$$\begin{aligned}
P_0 &= \frac{1}{1 - \gamma_1(1 - \theta)}, \\
P_1 &= \frac{\gamma_2(1 - \theta)}{1 - \gamma_1(1 - \theta)}, \\
P_2 &= \frac{\theta}{1 - \gamma_1(1 - \theta)}, \\
Q_0 &= \frac{\gamma_1}{\Lambda \cdot (1 - \theta) \cdot v_1 \cdot B^{1-\theta}}, \\
Q_1 &= \gamma_2 \cdot Q_0^{P_0 \gamma_1(1-\theta)}, \\
Q_2 &= \sum_l \mu^l (1 - \varphi^l)^{-P_2+1}, \\
Q_3 &= \delta_{zk} + \sum_l \mu^l \cdot \varphi_s^l, \\
Q_4 &= \left\{ \frac{Q_1 \cdot Q_2}{Q_3 \cdot \Lambda \cdot (1 - \theta) \cdot v_1 \cdot B^{1-\theta}} \right\}^{\frac{1}{P_2}}, \\
\delta_{zk} &= \delta_z - \delta_k, \\
\varphi_s^l &= \varphi^l - \psi^l + \psi^l \delta_k - \varphi^l \delta_z, \\
S_0 &= \alpha_2 \sum_l \mu^l (1 - \omega^l)^{\alpha_1} (1 - \psi^l)^{\alpha_2} (1 - \tau^l)^{\alpha_3}, \\
S_1 &= \frac{S_0}{Q_3}.
\end{aligned}$$

(68)

2.3.7 プログラム上での計算方法

c^l 、 m^l の一階条件式は陽関数であるのに対し、 z の一階条件式は陰関数となっている。そのため、以下のような手順で解を求める。

① (68)の外生変数に初期値を代入（インプット）する。

$$c^l : c^l - \bar{c} = Q_0^{P_0} \cdot (1 - \varphi^l)^{P_1} \cdot a^{P_2} \cdot z^{P_1},$$

$$z : \left[1 + \frac{S_1 \cdot F(\cdot)}{a - z} \right]^{\frac{1}{P_2}} \cdot z = Q_4 \cdot a,$$

$$m^l : m^l = \frac{1}{2\eta_2^l} \left\{ \frac{v_2}{v_1} \cdot \left(\frac{h}{a} \right)^{-\theta} \cdot \varsigma - \eta_1 \right\},$$

$$b : b(t) = a(t) - z(t),$$

s.t.

$$a(t+1) = a(t) + A^l(t),$$

$$A^l(t) = F(B(t), (1 - \omega^l)h(t), (1 - \psi^l)b(t), (1 - \tau^l)T) - \{\delta_k + (1 - \delta_k) \cdot \psi^l\}a(t) - c^l(t)$$

$$- \eta^l(m^l(t)) - \{(1 - \psi^l)(1 - \delta_k) - (1 - \varphi^l)(1 - \delta_z)\}z(t),$$

$$h(t+1) = h(t) + H^l(t),$$

$$H^l(t) = -\delta_h \cdot h(t) + \varsigma \cdot m^l(t),$$

$$\eta^l(m^l) = \eta_0 + \eta_1 \cdot m^l + \eta_2^l \cdot (m^l)^2.$$

② さらに(68)に $a(0)$ 、 $h(0)$ を与える。

$\Rightarrow m^l$ の一階条件式（陽関数）より、 m^l が求まる。

$$m^l : m^l = \frac{1}{2\eta_2^l} \left\{ \frac{v_2}{v_1} \cdot \left(\frac{h}{a} \right)^{-\theta} \cdot \varsigma - \eta_1 \right\}.$$

③ z の一階条件式（陰関数）をニュートン法により解く。

$\Rightarrow z$ が求まる。

$$z : \left[1 + \frac{S_1 \cdot F(\cdot)}{a - z} \right]^{\frac{1}{P_2}} \cdot z = Q_4 \cdot a.$$

④ z を c^l の一階条件式（陽関数）に代入する。

$\Rightarrow c^l$ が求まる。

$$c^l : c^l - \bar{c} = Q_0^{P_0} \cdot (1 - \varphi^l)^{P_1} \cdot a^{P_2} \cdot z^{P_1}.$$

⑤ $a(t) := b(t) + z(t)$ に前段で求めた a と z の値を代入する。

$\Rightarrow b$ が求まる。

$$b : b(t) = a(t) - z(t).$$

- ⑥ $\eta^l(m^l) = \eta_0 + \eta_1 \cdot m^l + \eta_2 \cdot (m^l)^2$ に前段で求めた m^l の値を代入する。
 $\Rightarrow \eta^l(m^l)$ の値が求まる。

$$\eta^l(m^l) = \eta_0 + \eta_1 \cdot m^l + \eta_2 \cdot (m^l)^2.$$

- ⑦ 計算で得られた m^l 、 z 、 c^l 、 b 、 $\eta^l(m^l)$ を A^l 、 H^l に代入する。

$$A^l(t) = F(B(t), (1 - \omega^l)h(t), (1 - \psi^l)b(t), (1 - \tau^l)T) - \{\delta_k + (1 - \delta_k) \cdot \psi^l\}a(t) - c^l(t) \\ - \eta^l(m^l(t)) - \{(1 - \psi^l)(1 - \delta_k) - (1 - \varphi^l)(1 - \delta_z)\}z(t),$$

$$H^l(t) = -\delta_h \cdot h(t) + \varsigma \cdot m^l(t).$$

- ⑧ A^l 、 H^l が求まることにより、次年度の a 、 h が算出される。

$$a(t+1) = a(t) + A^l(t),$$

$$h(t+1) = h(t) + H^l(t).$$

- ⑨ (68)に $a(t+1)$ 、 $h(t+1)$ を与える。

$\Rightarrow m^l$ の一階条件式（陽関数）より、 m^l が求まる。

$$m^l : m^l = \frac{1}{2\eta_2} \left\{ \frac{\nu_2}{\nu_1} \cdot \left(\frac{h}{a} \right)^{-\theta} \cdot \varsigma - \eta_1 \right\}.$$

- ⑩ 以後、③～⑨の繰り返し。（計算期間が終了するまで続ける）

第2編 DR²AD model Ver1.4 のアプリケーション使用方法

3 About DR²AD Ver1.4 APPLICATION (DR²AD model Ver. 1.4 アプリの概要)

3.1 What DR²AD model Ver1.4 be able to do (アプリで何ができるか)

DR²AD model (Ver1.4) が可能な機能について解説する。アプリケーションの出力は、政策説明・政策決定者判断用と分析用・実務担当者判断用の大きく2種類に分けられる。政策説明・政策決定者判断用は、マクロ経済指標等による大局的なディシジョンメイキングのための活用が可能である。一方で、分析用・実務担当者判断用では、階層間の家計指標を用いて、社会的格差等の社会問題の分析のための活用が可能となっている。

表 3-1 出力分類 (概要)

使用用途		経済指標	出力形式
政策説明 ・政策決定者判断	マクロ経済指標による大局的な政策判断に利用	GDP、災害規模、災害頻度、 災害被害率など	グラフ CSV ファイル
分析用 ・実務担当者判断	家計指標や所得階層別データによる家計の生活水準を詳細に分析	一人当たり GDP (個人所得)、 消費、物的投資、金融資産、人的資本、教育時間、人的投資など	CSV ファイル

3.2 アプリケーションの事前準備

3.2.1 動作環境

動作環境は、マスワークス社のサイトを参照のこと。

http://jp.mathworks.com/products/matlab/choosing_hardware.html

■Operating Systems

MATLAB performance is similar on Windows®, Mac OS® X, and Linux®

■32-bit or 64-bit?

On Windows computers, using 64-bit Windows and the 64-bit version of MATLAB is the right choice for most situations, because it can access the larger amounts of memory in modern computers (see Memory section), and support for 32-bit Windows will end in the next couple of years. Refer to the Platform Road Map for more information. Also refer to Adopting 64-bit Windows for a more detailed discussion of migrating to 64-bit Windows.

On Mac and Linux computers, the 64-bit version of MATLAB is the only version available.

■推奨のスペック

32-Bit and 64-Bit MATLAB and Simulink Product Families

Operating Systems	Processors	Disk Space	RAM	Graphics
Windows 8.1	Any Intel or AMD x86 processor supporting SSE2 instruction set*	1 GB for MATLAB only, 3–4 GB for a typical installation	1024 MB (At least 2048 MB recommended)	No specific graphics card is required. Hardware accelerated graphics card supporting OpenGL 3.3 with 1GB GPU memory recommended. Learn more about system requirements for MATLAB Graphics
Windows 8				
Windows 7 Service Pack 1				
Windows Vista Service Pack 2				
Windows XP Service Pack 3				
Windows XP x64 Edition Service Pack 2				
Windows Server 2012				
Windows Server 2008 R2 Service Pack 1				
Windows Server 2008 Service Pack 2				
Windows Server 2003 R2 Service Pack 2				

3.2.2 事前準備

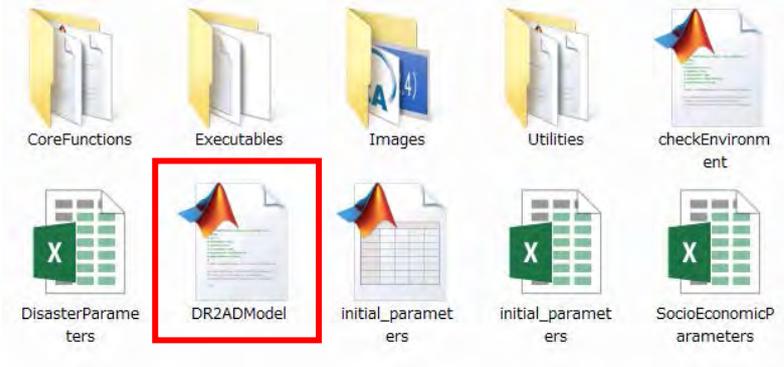
本プログラムの実行に当たっては以下が必要となる。

- ① MATLAB 2014b
- ② DR²AD model ver1.4 プログラム一式
- ③ Sample excel file(Excel file can be modified for further analysis)
- ④ World bank data catalog
- ⑤ Statistic data for target country

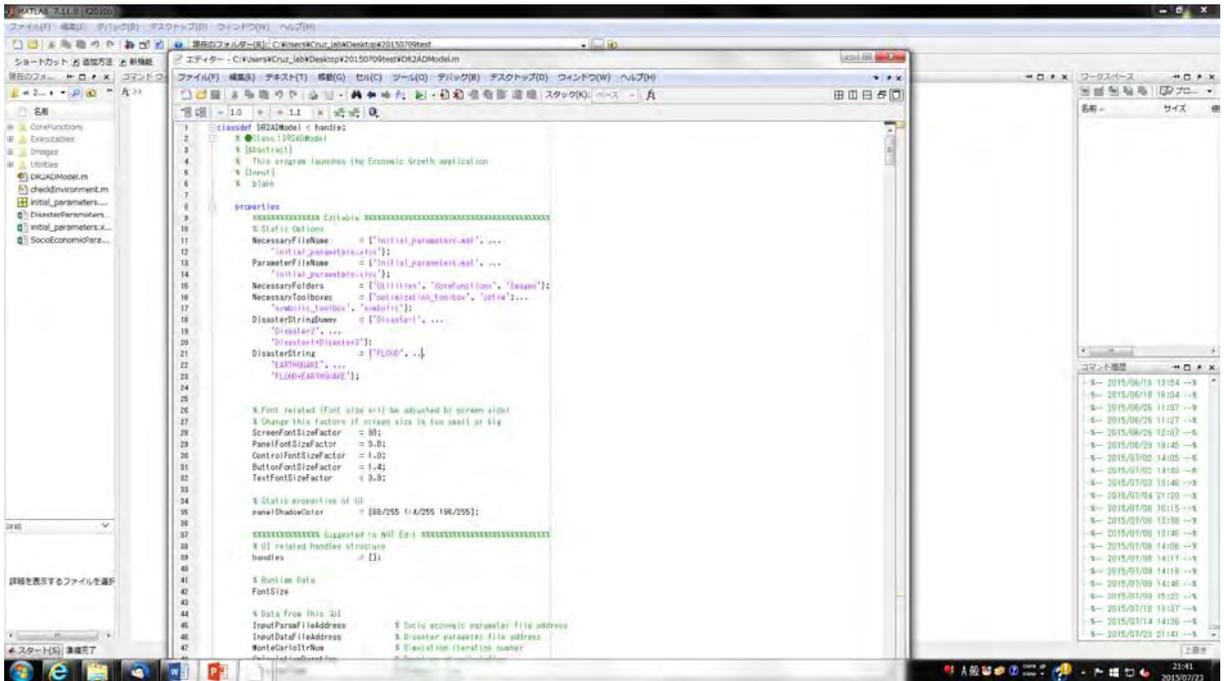
3.2.3 DR²AD model (ver1.4) の起動

MATLAB コード版である DR²AD model (ver1.4)を起動させるための操作手順を以下に示す。

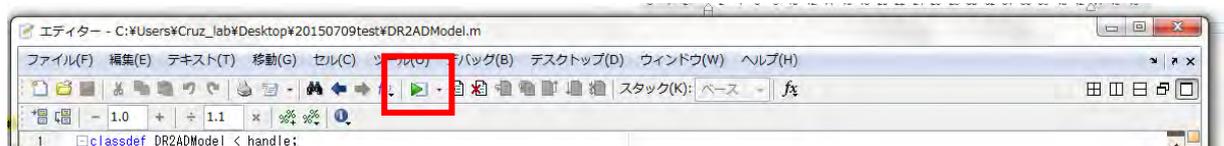
①下図に示す【DR2ADModel】ファイルをクリックする。



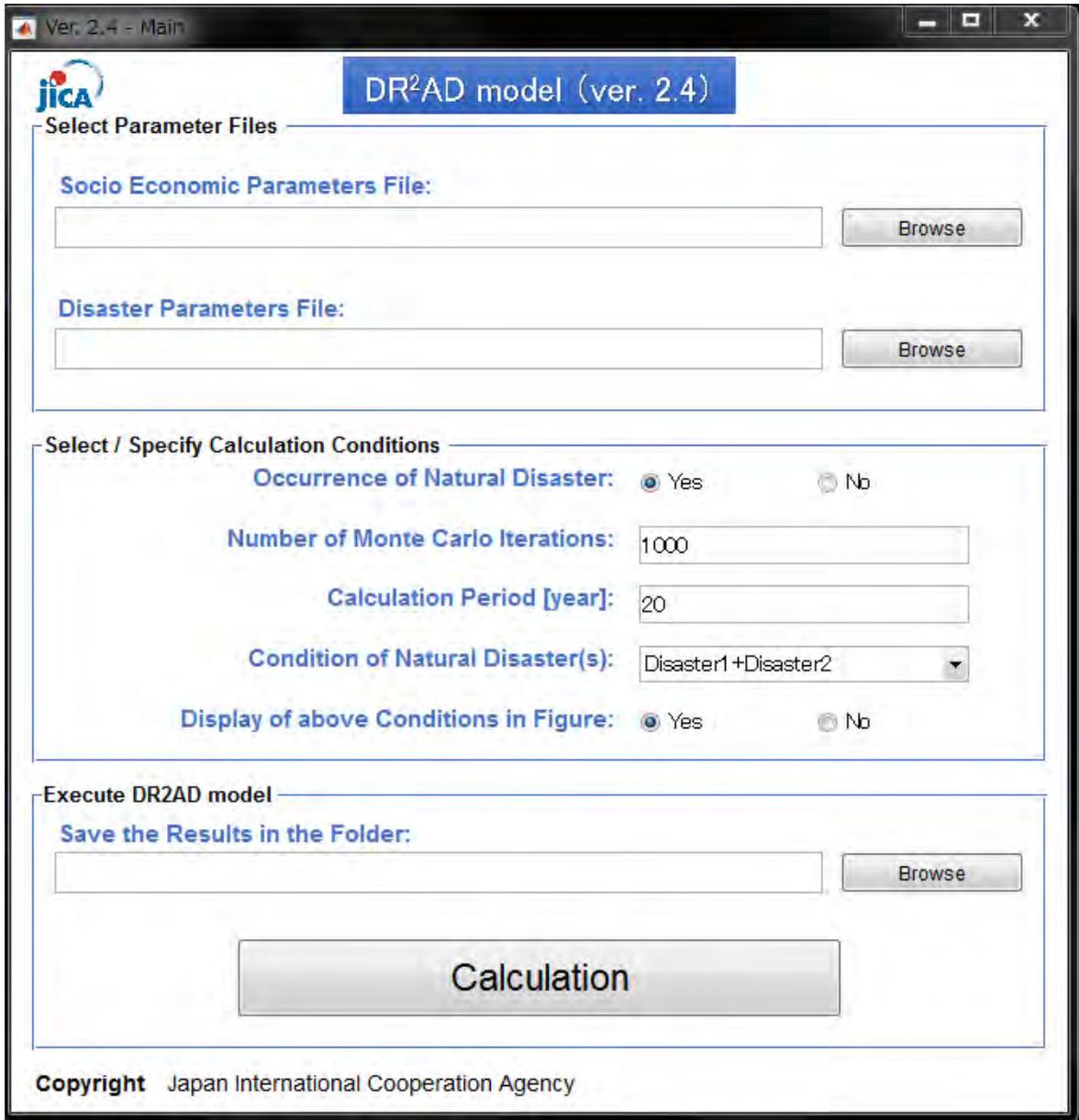
②下図に示す画面が立ち上がる。



③エディター画面のメニューにある実行ボタンをクリック



④下図に示す GUI 画面が立ち上がる。



3.2.4 DR²AD model (ver1.4) のアプリケーション化 (ver1.4⇒ver2.4)

MATLAB コード版である DR²AD model (ver1.4)を動作環境に依存せずに利用するためには、Mathworks 社の MATLAB Compiler を使用する必要がある。MATLAB Compiler にて DR²AD model (ver1.4)をコンパイルすることにより、スタンドアロン型のアプリケーションの構築ができる。

なお、DR²AD model (ver1.4)のアプリケーション版を DR²AD model (ver2.4)と呼ぶものとする。

MATLAB Compiler の詳細などについては、MathWorks 社のホームページを参照のこと。

<参考 : MATLAB Compiler (MathWorks 社)>

<http://jp.mathworks.com/products/compiler/>

The screenshot shows the Japanese version of the MATLAB Compiler product page. At the top, the MathWorks logo is followed by the tagline "Accelerating the pace of engineering and science". Navigation links include "製品" (Products), "ソリューション" (Solutions), "アカデミア" (Academia), "サポート" (Support), "コミュニティ (英語)" (Community), "イベント" (Events), and "会社情報" (Company Information). The main heading is "MATLAB Compiler" with a sub-heading "MATLAB プログラムからスタンドアロン アプリケーションをビルド". Below this, there are tabs for "概要" (Overview), "主な機能" (Key Features), "ビデオ" (Videos), "Web セミナー" (Web Seminars), "関連製品" (Related Products), "新着情報" (New Information), and "製品評価版" (Product Evaluation Version). The main content area contains several paragraphs of text describing the compiler's capabilities, such as sharing MATLAB programs as stand-alone applications or Excel spreadsheets, and using the MATLAB Compiler SDK and Production Server for enterprise-scale development. A "製品概要" (Product Overview) diagram shows a central MATLAB Compiler icon connected to icons for Group Members, Suppliers, Clients, and Organizational. A sidebar on the right features a "製品評価版の入手 または製品の購入" (Obtain Product Evaluation Version or Purchase Product) section with a "営業へのお問い合わせ" (Contact Sales) link, a "新着情報" (New Information) section featuring Chetan Rawal, and a "技術リソース" (Technical Resources) section with links for support, technical information, and user community. At the bottom, there are icons for documentation, MATLAB, spreadsheets, and applications.

4 HOW TO USE APPLICATION (アプリケーションの使い方)

本章では、以下に従って、アプリケーションの操作方法について解説する。



図 4-1 Application Usage Procedure

4.1 Preparation

4.1.1 アプリケーションの起動

下図に示す【DR2ADModel】ファイルをクリックする。

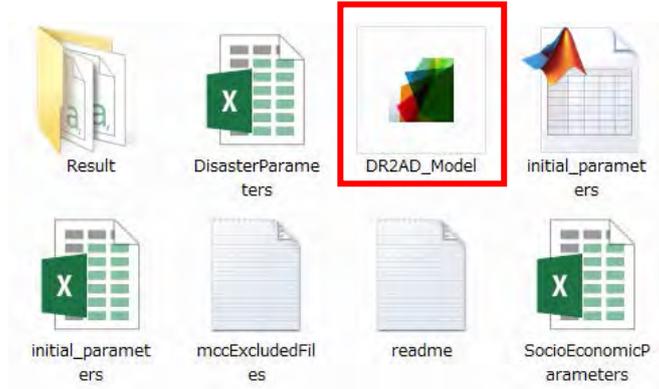


図 4-2 アプリケーション・ファイルの起動

下図に示す画面が立ち上がる。

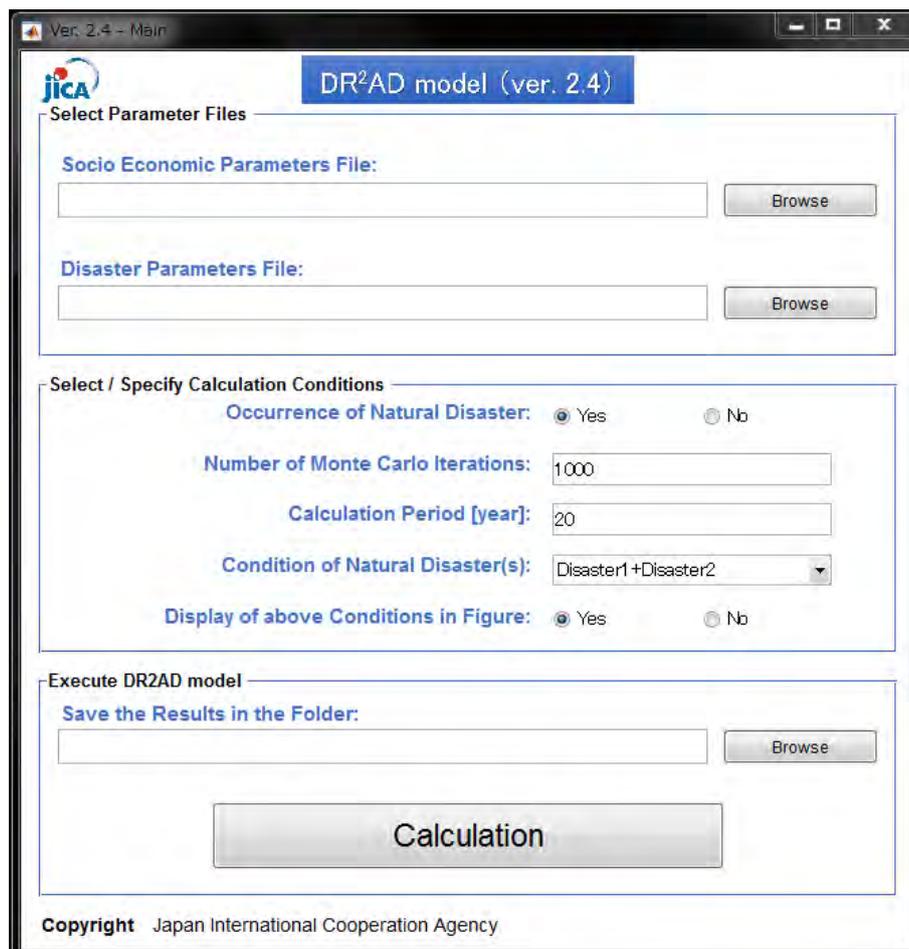


図 4-3 アプリケーション・ファイルの起動

4.2 アプリケーションの構成

プログラムは下記の実行フローに従って実行される。

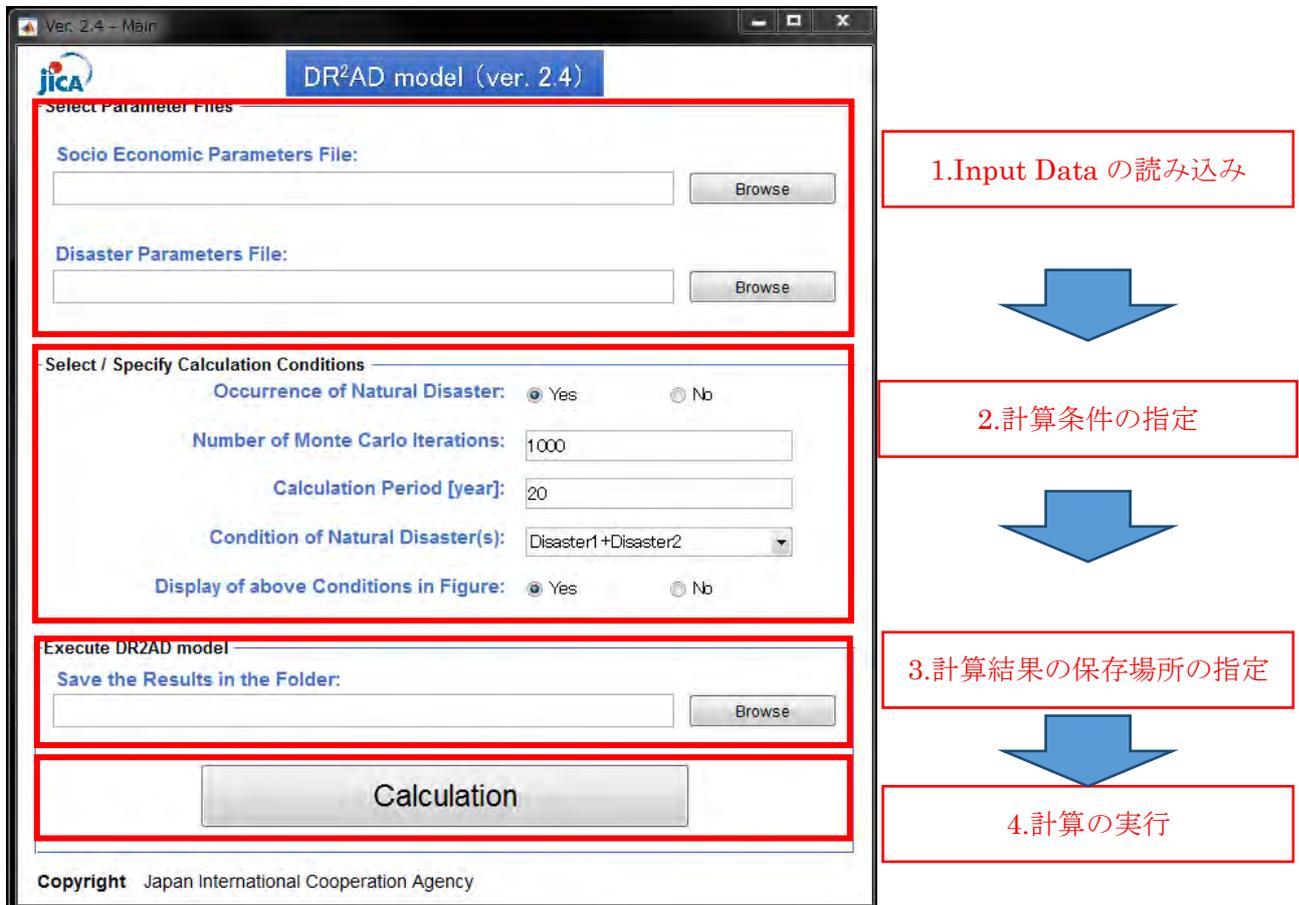


図 4-4 Ver2.4 アプリケーションの実行フロー

- ① Input Data の読み込み
- ② 計算条件の指定
(災害発生の有無、モンテカルロシミュレーションの回数、計算期間、災害種の指定、
計算条件の表示)
- ③ 計算結果の保存場所の指定
- ④ 計算の実行

4.3 アプリケーションの操作

アプリケーションの操作方法について説明する。

4.3.1 Input Dataの読み込み

Input Data の設定方法について記述する。なお、具体的なデータの入力値の設定方法については5章にて詳述する。

パラメータは下表に示すとおり、Socio Economic Parameters と Disaster Parameters の2つに大別され、さらに Socio Economic Parameters については原則として値を再設定しない Deep Parameters と各国のデータを入力するマクロ経済データ及び家計データに分類される。

Input data は、エクセル上で各国のデータを記入し、これをアプリケーションで読む必要がある。ただし、初期設定としてホンジュラスを対象としたサンプルデータがすでに記入されているため、各国のデータを独自に設定しなくても、計算を実行することが可能である。また、サンプルデータとして、そのほかに4カ国分のデータを掲載しており、これらを使用することも可能である。

各パラメータの初期値および概要については次ページ以降のとおりとなる。

表 4-1 Input Data のデータ種別

データ種別		データ例	データの設定
Socio Economic Parameters	Deep Parameter	相対的危険回避度、減耗率など	固定値
	マクロ経済データ	総人口、GDP など	第3編で詳述
	家計データ	消費、貯蓄、人的投資、物的投資など	
Disaster Parameters	災害データ	人的被害率、物的被害率など	第3編で詳述

表 4-2 Input Data の一覧

Parameter name	Description	Data source	Sample value
J	The number of income class	<fixed data>	5
L	The number of disaster classes (not including the no-disaster state)	<fixed data>	4
rho	Time preference rate	Recommended value	0.12
theta	Degree of relative risk aversion	Recommended value	2
cbar	The subsistence level of consumption	Recommended value	0
deltaz	Depreciation rate of physical asset	<fixed data>	0.1
deltak	Depreciation rate of production capital	<fixed data>	0.02
gb	Exogenous technological growth rate	Recommended value	0.042
iota	Compensation coefficient between the human capital investment and the years of education.	Those parameters are defined by the assumption. There will be no effect to the model when you use 1.	1
Pop0	Initial population	World Bank data (by Country)	6762426
GDP0	Initial GDP US\$ (2004, from World bank HP, 2005US\$)	World Bank data (by Country)	9120240790
alpha1	Share parameter for human capital	Social Account Matrix/Input Output Table	0.45
alpha2	Share parameter for physical capital	Social Account Matrix/Input Output Table	0.47
alpha3	Share parameter for land	Social Account Matrix/Input Output Table	0.08
c0	Initial consumption per capita: Data of Households' survey 2004	Household Survey /JICA Poverty Profile	93 243 448 787 2564
h0	Initial human capital per capita (using mean years of schooling as a proxy variable)	UNDP data (Mean years of schooling)/Household Survey /JICA Poverty Profile	3.3 4.2 5.0 6.0 6.9
z0	Initial physical asset investment per capita as flow variable	Household Survey /JICA Poverty Profile	112 293 540 949 3091
b0	Initial financial assets per capita	World Bank data (by Country)	321 842 1554 2732 8899
T0	Initial land per capita	World Bank data (by Country)	0.02 0.05 0.08 0.15 0.48
m0	Initial education time per capita	Household Survey /JICA Poverty Profile	0.33

Parameter name	Description	Data source	Sample value
deltah	Depreciation rate of human capital	World Bank data (by Country)	0.004
eta0	Coefficient of human investment cost function	INSTITUTE for STATISTICS, UNESCO/World Development Indicator, World Bank	0
eta1	Coefficient of human investment cost function	INSTITUTE for STATISTICS, UNESCO/World Development Indicator, World Bank	0
eta2M	Coefficient of human investment cost function	INSTITUTE for STATISTICS, UNESCO/World Development Indicator, World Bank	205.8
eta2Mvector	$0 < h \leq 6$ $6 < h \leq 9$ $9 < h \leq 11$ $11 < h \leq 15$ $15 < h \leq 17$ $17 < h \leq 20$ $20 < h \leq 60$	INSTITUTE for STATISTICS, UNESCO/World Development Indicator, World Bank	205.8 245.3 381.3 1092.6 1504.3 1918.7 5347.2 20000

表 4-3 Reference of Input Data of Disaster Parameters

Parameter name	Description	Data source
omegaV_DISASTER (1 or 2)	Human capital damage rate due to disaster by rank	Human capital damage: Desinventar / UNISDR population : World Bank data (by Country)
phiV_DISASTER (1 or 2)	Physical assets damage rate due to disaster by rank	Physical assets damage : Desinventar / UNISDR Household: Household Survey / JICA Poverty Profile
psiV_DISASTER (1 or 2)	Production capital damage rate due to disaster by rank	Set following the relationship between Capital damage rate and Physical assets damage rate
tauV_DISASTER (1 or 2)	Damage rate of land due to disaster by rank	There are no disaster in this case study
mu	Probability of disaster occurrence by rank	UNISDR database Desinventar

表 4-4 Input Data List of sheet1 on Disaster Parameters (Disaster1 =FLOOD)

Parameter name	Sample value				
Disaster Rank	Rank 0	Rank1	Rank 2	Rank 3	Rank 4
mu	0.500	0.464	0.019	0.011	0.007
DRR	Without				
omegaV_DISASTER1	0	0.110046	0.298150	0.400638	0.475017
phiV_DISASTER1	0	0.000191	0.000488	0.000634	0.000749
psiV_DISASTER1	0	0.000840	0.002149	0.002789	0.003294
tauV_DISASTER1	0	0	0	0	0
DRR	Soft				
omegaV_DISASTER1	0	0	0	0	0
phiV_DISASTER1	0	0.000191	0.000488	0.000634	0.000749
psiV_DISASTER1	0	0.000840	0.002149	0.002789	0.003294
tauV_DISASTER1	0	0	0	0	0
DRR	Hard1				
omegaV_DISASTER1	0	0	0.078125	0.273375	0.402195
phiV_DISASTER1	0	0	0.000153	0.000474	0.000656
psiV_DISASTER1	0	0	0.000671	0.002084	0.002886
tauV_DISASTER1	0	0	0	0	0
DRR	Hard2				
omegaV_DISASTER1	0	0	0	0.099688	0.313246
phiV_DISASTER1	0	0	0	0.000200	0.000541
psiV_DISASTER1	0	0	0	0.000881	0.002380
tauV_DISASTER1	0	0	0	0	0
DRR	Hard1+soft				
omegaV_DISASTER1	0	0	0	0	0
phiV_DISASTER1	0	0	0.000153	0.000474	0.000656
psiV_DISASTER1	0	0	0.000671	0.002084	0.002886
tauV_DISASTER1	0	0	0	0	0
DRR	Hard2+soft				
omegaV_DISASTER1	0	0	0	0	0
phiV_DISASTER1	0	0	0	0.000200	0.000541
psiV_DISASTER1	0	0	0	0.000881	0.002380
tauV_DISASTER1	0	0	0	0	0

表 4-5 Input Data List of sheet2 on Disaster Parameters (Disaster2 =EARTHQUAKE)

Parameter name	Sample value				
Disaster Rank	Rank 0	Rank1	Rank 2	Rank 3	Rank 4
mu	0.5	0.468048	0.015625	0.009615	0.006711
DRR	Without				
omegaV_DISASTER2	0	0.0003	0.000928	0.001243	0.001485
phiV_DISASTER2	0	0.001339	0.003731	0.005008	0.005959
psiV_DISASTER2	0	0.005893	0.016416	0.022035	0.026222
tauV_DISASTER2	0	0	0	0	0
DRR	Soft				
omegaV_DISASTER2	0	0.0003	0.000928	0.001243	0.001485
phiV_DISASTER2	0	0.001339	0.003731	0.005008	0.005959
psiV_DISASTER2	0	0.005893	0.016416	0.022035	0.026222
tauV_DISASTER2	0	0	0	0	0
DRR	Hard1				
omegaV_DISASTER2	0	0	0.000139	0.000719	0.00116
phiV_DISASTER2	0	0	0.000914	0.003369	0.004995
psiV_DISASTER2	0	0	0.004019	0.014823	0.021976
tauV_DISASTER2	0	0	0	0	0
DRR	Hard2				
omegaV_DISASTER2	0	0	0	0.000175	0.000813
phiV_DISASTER2	0	0	0	0.001179	0.003873
psiV_DISASTER2	0	0	0	0.005188	0.017041
tauV_DISASTER2	0	0	0	0	0
DRR	Hard1+soft				
omegaV_DISASTER2	0	0	0.000139	0.000719	0.00116
phiV_DISASTER2	0	0	0.000914	0.003369	0.004995
psiV_DISASTER2	0	0	0.004019	0.014823	0.021976
tauV_DISASTER2	0	0	0	0	0
DRR	Hard2+soft				
omegaV_DISASTER2	0	0	0	0.000175	0.000813
phiV_DISASTER2	0	0	0	0.001179	0.003873
psiV_DISASTER2	0	0	0	0.005188	0.017041
tauV_DISASTER2	0	0	0	0	0

(1) Socio Economic Parameters

ここでは社会的経済データを挿入する。

Browse をクリックして、指定したエクセルファイルを読み込む。

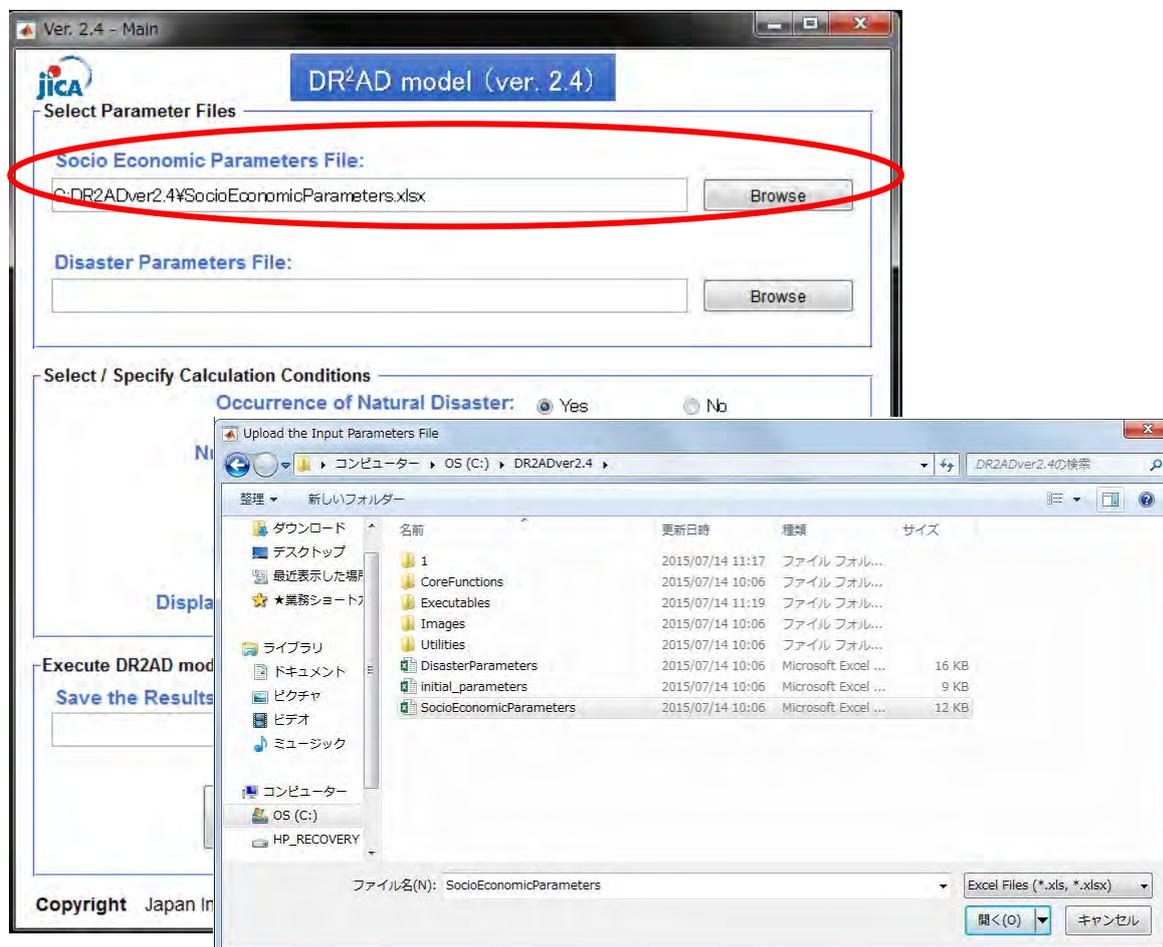


図 4-5 Socio Economic Parameters のファイル指定

エクセルファイルの設定は、以下の 2 つのケースが存在する。

Case1 では、すでに値が設定済のサンプルエクセルファイルを使用することができる。一方で、Case2 では各国の独自データを設定することができる。

Case1	規定値・サンプルデータ
Case2	各国の独自データ

< CASE 1: Default value or Sample data >

データを各自で設定しない場合は、以下の 5 つのサンプルファイルのいずれかを選ぶことで、計算を実行することができる。

Excel File name	SEPara_Sample HONDURAS	SEPara_Sample PAKISTAN	SEPara_Sample PERU	SEPara_Sample GUATEMALA	SEPara_Sample COSTARICA
J	5	5	5	5	5
L	4	4	4	4	4
rho	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
theta	2	2	2	2	2
cbar	0	0	0	0	0
deltaz	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
deltak	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
gb	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042
iota	1	1	1	1	1
Pop0	6762426	155151394	27403845	12367800	4246336
GDP0	9120240790	101704136879	70530831291	26352121441	18855016400
alpha1	0.45	0.52	0.38	0.38	0.45
alpha2	0.47	0.4	0.54	0.54	0.47
alpha3	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
c0	93	208	295	241	462
	243	289	583	545	1032
	448	369	926	889	1613
	787	480	1457	1427	2575
	2564	924	3777	3820	6574
h0	3.3	3.2	8.4	3.5	7.9
	4.2	3.9	8.4	3.5	7.9
	5.0	4.2	8.4	3.5	7.9
	6.0	4.4	8.4	3.5	7.9
	6.9	5.6	8.4	3.5	7.9
z0	112	186	306	364	498
	293	259	605	825	1112
	540	331	962	1345	1738
	949	429	1513	2158	2775
	3091	827	3923	5779	7084
b0	321	1297	1101	1277	1793
	842	1801	2176	2892	4005
	1554	2306	3458	4713	6259
	2732	2992	5440	7564	9993
	8899	5765	14104	20256	25513
T0	0.02	0.06	0.03	0.02	0.01
	0.05	0.09	0.05	0.05	0.02
	0.08	0.11	0.09	0.08	0.03
	0.15	0.15	0.14	0.13	0.05
	0.48	0.28	0.35	0.36	0.13
m0	0.33	0.18	0.31	0.31	0.26
deltah	0.004	0.005	0.005	0.005	0.005
eta0	0	0	0	0	0
eta1	0	0	0	0	0
eta2M	205.8	100.9	632	310	1001.9
eta2Mvector	205.8	100.9	555.4	310.0	880.3
	245.3	120.3	632.0	369.8	1001.9
	381.3	187.3	665.4	575.6	1056.8
	1092.6	536.4	1164.8	1653.3	1858.0
	1504.3	651.4	1412.9	2275.5	2256.9
	1918.7	820.0	1679.8	2904.4	2685.6
	5347.2	2064.6	3860.1	8097.9	6183.3
	20000	20000	20000	20000	20000

<CASE 2: country's original data>

社会的経済データは、以下のエクセルデータとして整理される。Socio Economic Parameters ファイルを開いて、黄色枠を記入する。

各国の個別の事象をみる場合は、下図のエクセルのデータを、黄色の枠で記入された部分に記入する。なお個別のパラメータの説明は前頁の表を参照されたい。

parameter name	row	column	value	description	data source
Country's name	1	1	Pakistan	enter targeted country	
DEEP PARAMETERS				Normally not need to change	Normally not need to change
J	1	1	5	the number of income groups	default
L	1	1	4	the number of disaster classes (not including the no-disaster state)	default
rho	1	1	0.12	original discount rate	by the assumption
theta	1	1	2	degree of relative risk aversion	by the assumption
cbar	1	1	0		by the assumption
deltaz	1	1	0.1	depreciation rate of household asset	by the assumption
deltak	1	1	0.02	depreciation rate of production capital	by the assumption
eb	1	1	0.042	Exogenous technological growth rate	World Bank database (by correlation analysis)
iota	1	1	1	If 1, no influence.	by the assumption
SOCIAL ECONOMIC PARAMETERS				Input target country's data	Input target country's data
Pop0	1	1	155151394	Initial population 2004 world bank	World Bank data (by Country)
GDP0	1	1	1.02E+11	Initial GDP US\$ (2004, from World bank HP, 2005US\$)	World Bank data (by Country)
alpha1	1	1	0.52	share parameter for human capital, h	Social Account Matrix/Input Output Table
alpha2	1	1	0.4	share parameter for physical capital, k	Social Account Matrix/Input Output Table
alpha3	1	1	0.08	share parameter for land, l	
c0	5	1	208	Initial consumption per capita	

Deep parameters
原則固定値

Social economic Parameters
各国の事情に応じて数字を入力

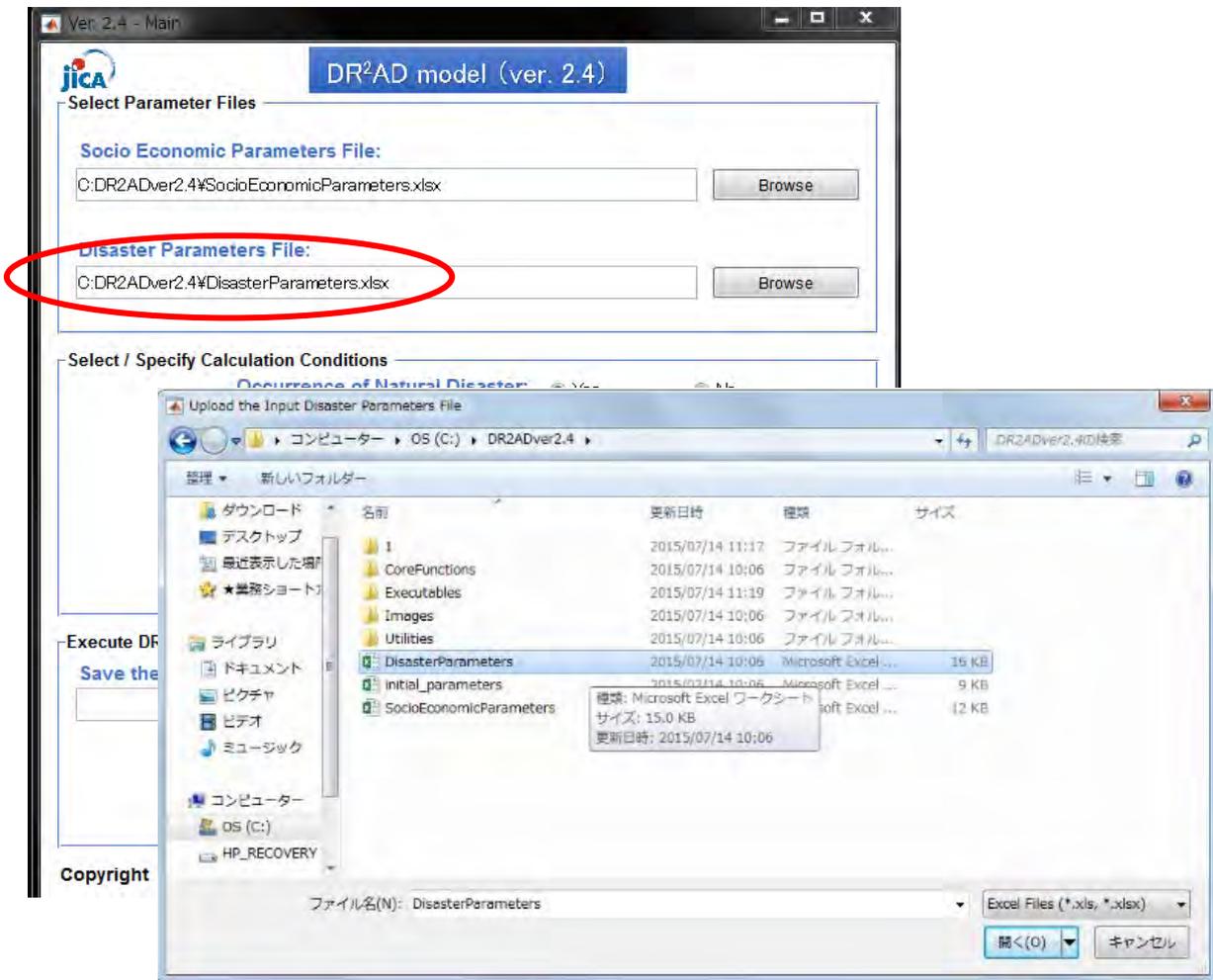
パラメータの内容

- Parameters uneditable
- Editable data
- Auto-filled data

図 4-6 Socio Economic Parameters のエクセルシート状での入力

(2) Disaster Parameters

ここでは災害被害データを挿入する。



エクセルファイルの設定は、以下の2つのケースが存在する。

Case1 では、すでに値が設定済のサンプルエクセルファイルを使用することができる。一方で、Case2 では各国の独自データを設定することができる。

Case1	規定値・サンプルデータ
Case2	各国の独自データ

<CASE 1 : Default value or Sample data>

データを各自で設定しない場合は、以下の5つのサンプルファイルのいずれかを選ぶことで、計算を実行することができる。

表 4-6 Input Data Sample List 1

Country (Disaster)	Rank	rate	Proba.	Damage rate of human capital				damage rate of physical asstes				Damage rate of financial assets				
				without DRR	soft	hard1	hard2	without DRR	soft	hard1	hard2	without DRR	soft	hard1	hard2	
GUATE MALA (FLOOD)	0	50.0%	~1/2	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	1	43.0%	1/2~1/23	1.44%	0.00%	0.00%	0.00%	0.89%	0.89%	0.00%	0.00%	3.93%	3.93%	0.00%	0.00%	
	2	4.3%	1/23~1/56	2.82%	0.00%	1.83%	0.00%	1.62%	1.62%	1.18%	0.00%	7.13%	7.13%	5.20%	0.00%	
	3	1.8%	1/56~1/112	3.61%	0.00%	3.30%	2.32%	2.09%	2.09%	1.94%	1.46%	9.20%	9.20%	8.55%	6.43%	
	4	0.9%	1/112~1/200	4.26%	0.00%	4.11%	3.81%	2.51%	2.51%	2.45%	2.28%	11.05%	11.05%	10.76%	10.03%	
COSTA RICA (FLOOD)	0	50.0%	~1/2	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
	1	46.5%	1/2~1/56	0.15%	0.00%	0.00%	0.00%	0.03%	0.03%	0.00%	0.00%	0.13%	0.13%	0.00%	0.00%	
	2	1.8%	1/56~1/96	0.41%	0.00%	0.09%	0.00%	0.08%	0.08%	0.02%	0.00%	0.36%	0.36%	0.08%	0.00%	
	3	1.0%	1/96~1/143	0.55%	0.00%	0.37%	0.12%	0.11%	0.11%	0.07%	0.02%	0.49%	0.49%	0.32%	0.11%	
	4	0.7%	1/143~1/200	0.65%	0.00%	0.55%	0.42%	0.13%	0.13%	0.11%	0.08%	0.58%	0.58%	0.48%	0.37%	
PAKISTAN (FLOOD)	0	50.0%	~1/2	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
	1	46.6%	1/2~1/60	0.23%	0.00%	0.00%	0.00%	0.16%	0.16%	0.00%	0.00%	0.72%	0.72%	0.00%	0.00%	
	2	1.7%	1/60~1/100	0.68%	0.00%	0.13%	0.00%	0.32%	0.32%	0.21%	0.00%	1.43%	1.43%	0.92%	0.00%	
	3	1.0%	1/100~1/146	0.92%	0.00%	0.57%	0.17%	0.42%	0.42%	0.38%	0.27%	1.84%	1.84%	1.67%	1.17%	
	4	0.7%	1/146~1/200	1.11%	0.00%	0.89%	0.65%	0.49%	0.49%	0.47%	0.44%	2.15%	2.15%	2.08%	1.93%	
PERU (FLOOD)	0	50.0%	~1/2	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
	1	46.0%	1/2~1/48	0.19%	0.00%	0.00%	0.00%	0.03%	0.03%	0.00%	0.00%	0.15%	0.15%	0.00%	0.00%	
	2	2.1%	1/48~1/87	0.49%	0.00%	0.16%	0.00%	0.07%	0.07%	0.04%	0.00%	0.30%	0.30%	0.19%	0.00%	
	3	1.1%	1/87~1/136	0.64%	0.00%	0.48%	0.21%	0.09%	0.09%	0.08%	0.05%	0.38%	0.38%	0.35%	0.24%	
	4	0.7%	1/136~1/200	0.75%	0.00%	0.66%	0.55%	0.10%	0.10%	0.10%	0.09%	0.46%	0.46%	0.44%	0.40%	
HONDURAS (FLOOD)	0	50.0%	~1/2	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
	1	46.4%	1/2~1/54	11.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.02%	0.02%	0.00%	0.00%	0.08%	0.08%	0.00%	0.00%	
	2	1.9%	1/54~1/94	29.82%	0.00%	7.81%	0.00%	0.05%	0.05%	0.02%	0.00%	0.21%	0.21%	0.07%	0.00%	
	3	1.1%	1/94~1/142	40.06%	0.00%	27.34%	9.97%	0.06%	0.06%	0.05%	0.02%	0.28%	0.28%	0.21%	0.09%	
	4	0.7%	1/142~1/200	47.50%	0.00%	40.22%	31.32%	0.07%	0.07%	0.07%	0.05%	0.33%	0.33%	0.29%	0.24%	

表 4-7 Input Data Sample List 2

Country(Disaster)	Rank	rate	Proba.	Damage rate of human capital				damage rate of physical asstes				Damage rate of financial assets				
				without DRR	soft	hard1	hard2	without DRR	soft	hard1	hard2	without DRR	soft	hard1	hard2	
GUATE MALA (EARTHQUAKE)	0	50.0%	~1/2	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	1	45.7%	1/2~1/43	0.19%	0.19%	0.00%	0.00%	0.31%	0.31%	0.00%	0.00%	1.35%	1.35%	0.00%	0.00%	0.00%
	2	2.3%	1/43~1/82	0.48%	0.48%	0.18%	0.00%	0.78%	0.78%	0.25%	0.00%	3.43%	3.43%	1.09%	0.00%	0.00%
	3	1.2%	1/82~1/133	0.63%	0.63%	0.50%	0.24%	1.03%	1.03%	0.75%	0.32%	4.51%	4.51%	3.32%	1.41%	0.00%
	4	0.8%	1/133~1/200	0.75%	0.75%	0.67%	0.57%	1.21%	1.21%	1.06%	0.87%	5.33%	5.33%	4.67%	3.82%	0.00%
COSTA RICA (EARTHQUAKE)	0	50.0%	~1/2	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	1	46.4%	1/2~1/54	0.46%	0.46%	0.00%	0.00%	0.44%	0.44%	0.00%	0.00%	1.95%	1.95%	0.00%	0.00%	0.00%
	2	1.9%	1/54~1/95	1.29%	1.29%	0.33%	0.00%	1.18%	1.18%	0.34%	0.00%	5.20%	5.20%	1.51%	0.00%	0.00%
	3	1.1%	1/95~1/142	1.72%	1.72%	1.18%	0.40%	1.58%	1.58%	1.13%	0.44%	6.95%	6.95%	4.96%	1.95%	0.00%
	4	0.7%	1/142~1/200	2.05%	2.05%	1.72%	1.33%	1.87%	1.87%	1.61%	1.29%	8.21%	8.21%	7.10%	5.67%	0.00%
PAKISTAN (EARTHQUAKE)	0	50.0%	~1/2	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	1	46.7%	1/2~1/61	0.03%	0.03%	0.00%	0.00%	0.53%	0.53%	0.00%	0.00%	2.34%	2.34%	0.00%	0.00%	0.00%
	2	1.6%	1/61~1/101	0.10%	0.10%	0.02%	0.00%	1.41%	1.41%	0.41%	0.00%	6.20%	6.20%	1.82%	0.00%	0.00%
	3	1.0%	1/101~1/146	0.14%	0.14%	0.08%	0.02%	1.87%	1.87%	1.34%	0.53%	8.24%	8.24%	5.92%	2.34%	0.00%
	4	0.7%	1/146~1/200	0.16%	0.16%	0.13%	0.10%	2.23%	2.23%	1.91%	1.53%	9.79%	9.79%	8.42%	6.75%	0.00%
PERU (EARTHQUAKE)	0	50.0%	~1/2	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	1	45.4%	1/2~1/39	0.54%	0.54%	0.00%	0.00%	0.63%	0.63%	0.00%	0.00%	2.79%	2.79%	0.00%	0.00%	0.00%
	2	2.6%	1/39~1/77	1.32%	1.32%	0.55%	0.00%	1.60%	1.60%	0.51%	0.00%	7.03%	7.03%	2.22%	0.00%	0.00%
	3	1.3%	1/77~1/128	1.75%	1.75%	1.40%	0.71%	2.06%	2.06%	1.56%	0.69%	9.04%	9.04%	6.87%	3.05%	0.00%
	4	0.8%	1/128~1/200	1.99%	1.99%	1.86%	1.64%	2.42%	2.42%	2.14%	1.80%	10.63%	10.63%	9.40%	7.90%	0.00%
HONDURAS (EARTHQUAKE)	0	50.0%	~1/2	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	1	46.8%	1/2~1/64	0.03%	0.03%	0.00%	0.00%	0.13%	0.13%	0.00%	0.00%	0.59%	0.59%	0.00%	0.00%	0.00%
	2	1.6%	1/64~1/104	0.09%	0.09%	0.01%	0.00%	0.37%	0.37%	0.09%	0.00%	1.64%	1.64%	0.40%	0.00%	0.00%
	3	1.0%	1/104~1/149	0.12%	0.12%	0.07%	0.02%	0.50%	0.50%	0.34%	0.12%	2.20%	2.20%	1.48%	0.52%	0.00%
	4	0.7%	1/149~1/200	0.15%	0.15%	0.12%	0.08%	0.60%	0.60%	0.50%	0.39%	2.62%	2.62%	2.20%	1.70%	0.00%

<CASE 2: country's original data>

災害被害データは以下のエクセルデータとして整理される。Disaster Parameter ファイルを開いて、黄色枠を記入する。

各国の個別の事象をみる場合は、下図のエクセルのデータを黄色の枠で記入された部分に記入する。青枠部分は自動で計算される値のため入力が必要となる。

また、災害種 1、災害種 2 それぞれ別の災害を指定することができるため、それぞれの災害が持つ発生確率および被害率を入力することで複合災害を扱うことが可能である。なお個別のパラメータの説明は前頁の表を参照されたい。

parameter name	row	column	value	description
Disaster Name:			Flood	
mu	1	5	0.5	0.466484 0.0166667 0.01 0.0068493
DRR	1	5	without DRR	
omegaV_DISASTER1	1	5	0	0.0023417 0.0068445 0.0092 0.0110809
phiV_DISASTER1	1	5	0	0.0016371 0.00323909 0.0041889 0.0048933
psiV_DISASTER1	1	5	0	0.0072034 0.014252 0.018431 0.0215305
tauV_DISASTER1	1	5	0	0 0 0 0
DRR	2	5	soft	
omegaV_DISASTER1	1	5	0	0 0 0 0
phiV_DISASTER1	1	5	0	0.0016371 0.00323909 0.0041889 0.0048933
psiV_DISASTER1	1	5	0	0.0072034 0.014252 0.018431 0.0215305
tauV_DISASTER1	1	5	0	0 0 0 0
DRR	3	5	hard	
omegaV_DISASTER1	1	5	0	0 0.00130188 0.0057275 0.008856
phiV_DISASTER1	1	5	0	0 0.00209091 0.0037993 0.0047235
psiV_DISASTER1	1	5	0	0 0.0092 0.0167169 0.0207833
tauV_DISASTER1	1	5	0	0 0 0 0

Uneditable Parameters
 Editable data
 Auto-filled data

図 4-8 Disaster Parameters のエクセルシート上での入力

4.3.2 計算条件の指定

以下には、エクセルのデータにおける計算条件の設定について説明する。

(1) 災害発生の有無

災害発生の有無を指定することができる。規定値では災害が発生するとする。自然災害が発生しない場合の GDP の推移が理論的かどうかを検証する必要がある場合は、No を選択することで確認することが可能である。

(2) モンテカルロシミュレーション回数の指定

モンテカルロシミュレーションの回数を任意で設定することが可能である。1000 回を規定値とする。

(3) 計算期間の設定

プログラムの計算期間を任意で設定することが可能である。20 年を既定値とする。

モデルの計算安定性を確保するため、最初の 3 年間は差異を調整するためのモデルの助走期間として設定している。助走期間を含めた計算結果は csv ファイルにて確認することが可能である。

(4) 災害種の指定

2 種類までの災害を設定可能である。いずれかの単一災害にするか、2 種類の複合災害にするかを指定する。規定値では災害 1 が設定されている。

(5) 計算条件の表示

アウトプットの図や CSV ファイルに、「計算日時」、「対象国」、「災害種」、「モンテカルロシミュレーション回数」を表示可能である。規定値は計算条件が表示されるように指定されている。

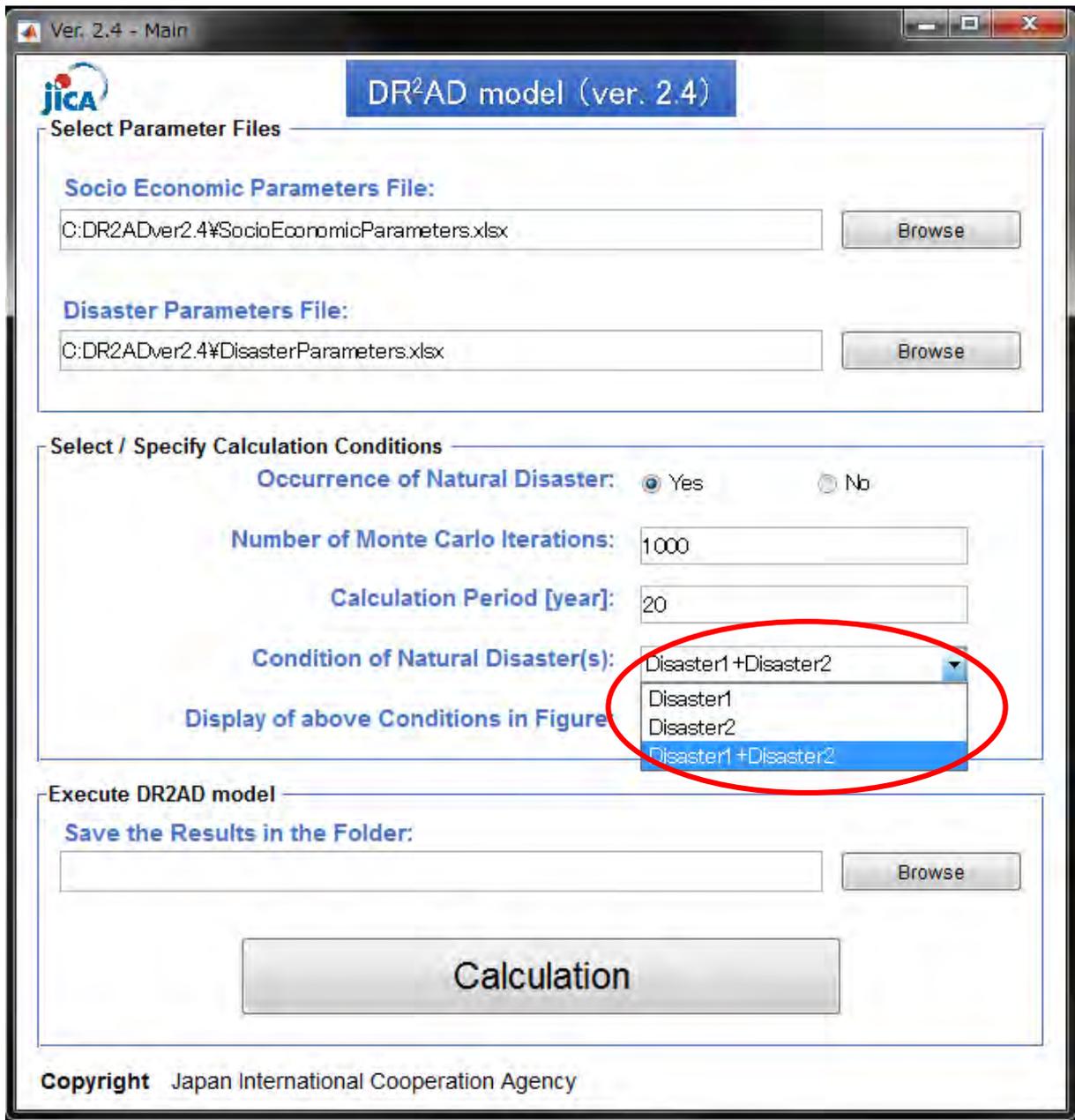


図 4-9 災害種を選択による設定

(6) 計算条件の表示の有無の指定

グラフ上に計算条件を表示するか非表示とすることを設定することが可能である。規定値では計算条件が表示されるように指定されている。

Ver. 2.4 - Main

DR²AD model (ver. 2.4)

Select Parameter Files

Socio Economic Parameters File:
C:\DR2ADver2.4\SocioEconomicParameters.xlsx

Disaster Parameters File:
C:\DR2ADver2.4\DisasterParameters.xlsx

Select / Specify Calculation Conditions

Occurrence of Natural Disaster: Yes No

Number of Monte Carlo Iterations: 1000

Calculation Period [year]: 20

Condition of Natural Disaster(s): Disaster1+Disaster2

Display of above Conditions in Figure: Yes No

Execute DR2AD model

Save the Results in the Folder:

Calculation

Copyright Japan International Cooperation Agency

図 4-10 計算条件の表示設定

4.3.3 計算結果の保存場所の指定

計算結果の保存場所を指定することが可能である。画像および計算結果(csv形式)が指定したフォルダに保存される。下図では対象のファイルが DR²ADver.2.4 内の”test”と指定されている。

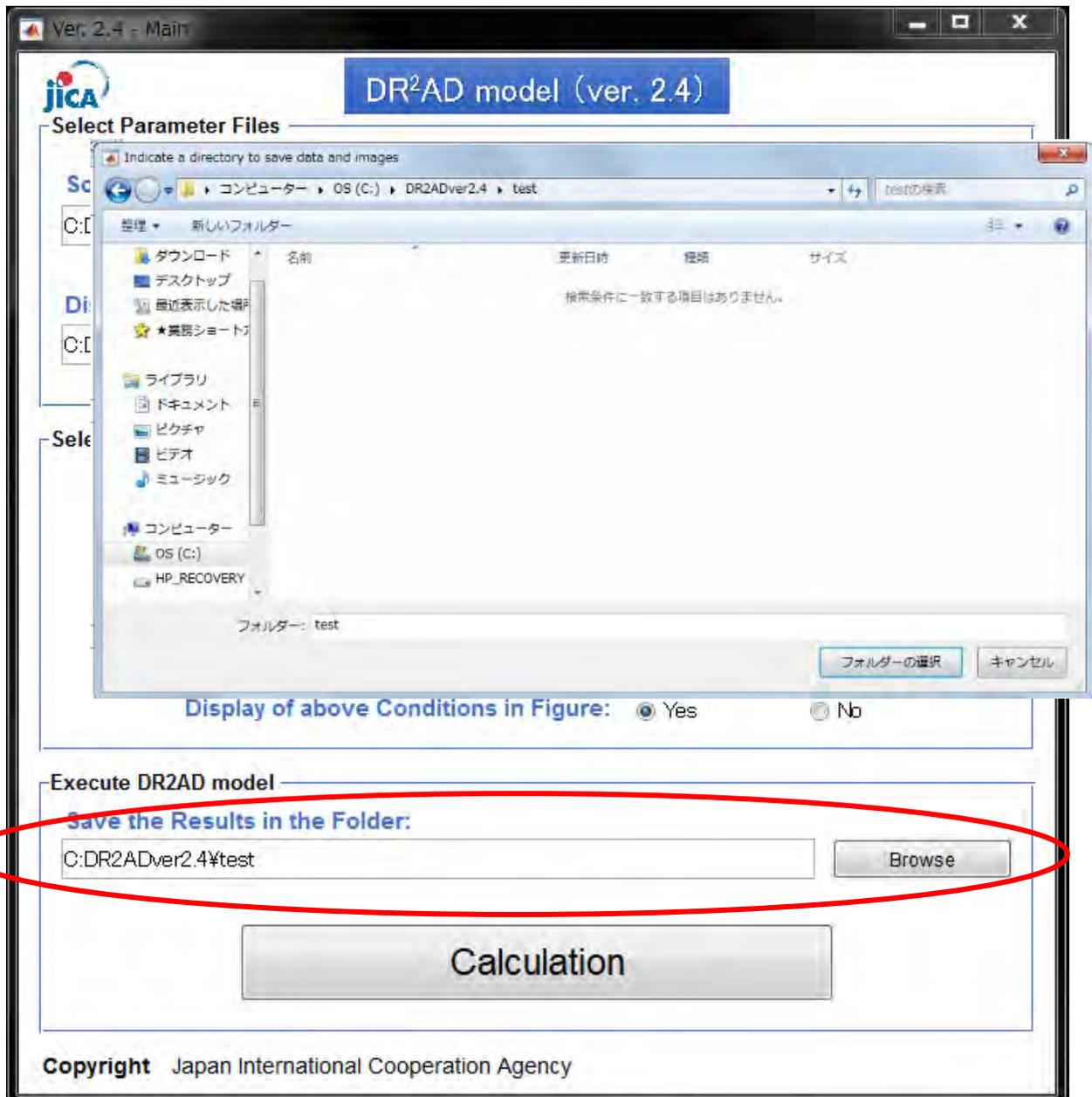


図 4-11 保存場所の指定

4.3.4 計算の実行

計算の実行ボタンを押すと、自動的に計算が実行され、指定したフォルダに結果が保存される。

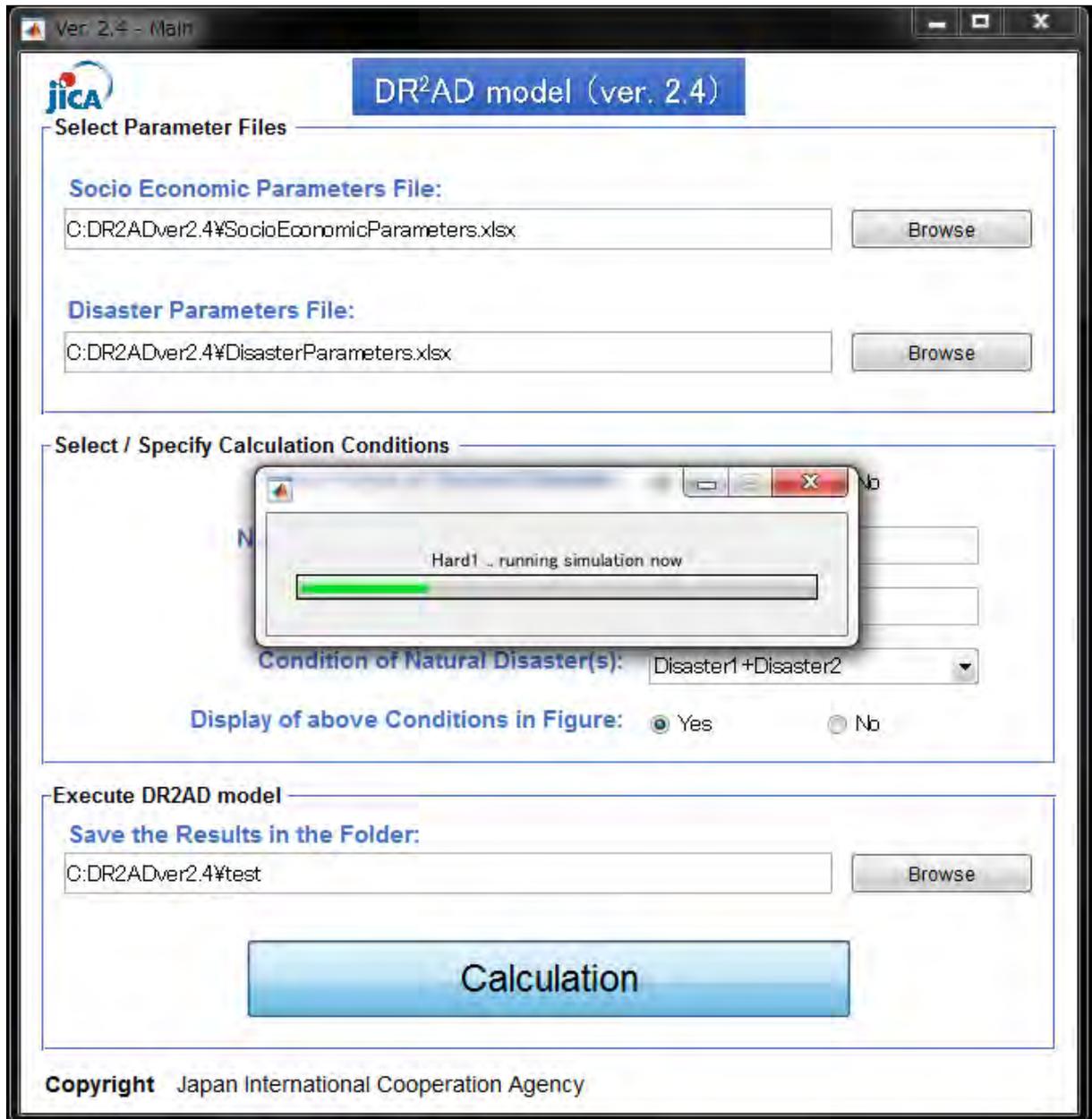


図 4-12 アプリケーションの計算実行画面

5 出力

本章では、DR²AD model (Ver2.4) の出力について解説する。出力は、政策説明・政策決定者判断用と分析用・実務担当者判断用の大きく 2 種類に分けられる。政策説明・政策決定者判断用は、マクロ経済指標等による大局的なディシジョンメイキングのための活用が可能である。一方で、分析用・実務担当者判断用では、階層間の家計指標を用いて、社会的格差等の社会問題の分析のための活用が可能となっている。

表 5-1 出力分類 (概要) : 表-5 の再掲

使用用途	経済指標	出力形式
政策説明 ・政策決定者判断	マクロ経済指標による大局的な政策判断に利用	GDP、災害規模、災害頻度、災害被害率など
分析用 ・実務担当者判断	一人当たり GDP(個人所得)、消費、物的投資、金融資産、人的資本、教育時間、人的投資など	グラフ CSV ファイル

*CSV ファイルの出力値の見方については次項に記載する。

■CSVファイルの出力値の見方

以下の表で CSV ファイルの出力値の見方を解説する。

表 5-2 CSV ファイルの出力値の見方

データの凡例

(下記例の場合、データ 1 行目から順に、期、対策なし、ソフト対策、ハード 1、ハード 2、ハード 1+ソフト、ハード 2+ソフト、シナリオ A、シナリオ B を示す。)

ファイル名、日付、国名、災害種、モンテカルロシミュレーション回数を示す。

<File>	GDP_DRR.csv	<Date>	2015/7/14	<Country>	Pakistan	<Disaster Type>	Flood:Earthquake	<MonteCarlo(times)>	100								
[From above]	Period (year)	Without	Soft	Hard1	Hard2	Hard1+Soft	Hard2+Soft	*GDP (average)									
-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
9.92E+10	1.06E+11	1.14E+11	1.22E+11	1.31E+11	1.40E+11	1.51E+11	1.62E+11	1.75E+11	1.88E+11	2.04E+11	2.20E+11	2.38E+11	2.58E+11	2.80E+11	3.04E+11	3.31E+11	3.61E+11
9.93E+10	1.07E+11	1.14E+11	1.22E+11	1.31E+11	1.40E+11	1.51E+11	1.62E+11	1.75E+11	1.89E+11	2.04E+11	2.20E+11	2.38E+11	2.58E+11	2.81E+11	3.05E+11	3.31E+11	3.61E+11
1.00E+11	1.08E+11	1.17E+11	1.25E+11	1.35E+11	1.46E+11	1.58E+11	1.70E+11	1.84E+11	1.99E+11	2.16E+11	2.34E+11	2.55E+11	2.77E+11	3.01E+11	3.28E+11	3.57E+11	3.89E+11
1.00E+11	1.08E+11	1.17E+11	1.25E+11	1.35E+11	1.46E+11	1.58E+11	1.70E+11	1.84E+11	1.99E+11	2.17E+11	2.35E+11	2.56E+11	2.78E+11	3.03E+11	3.29E+11	3.56E+11	3.89E+11
1.00E+11	1.08E+11	1.17E+11	1.25E+11	1.35E+11	1.46E+11	1.58E+11	1.70E+11	1.84E+11	1.99E+11	2.16E+11	2.34E+11	2.55E+11	2.77E+11	3.01E+11	3.28E+11	3.57E+11	3.89E+11

助走期間 (3 年間)
(利用しないデータ)

計算期間
(利用するデータ)

* CSV ファイルに助走期間を表示させているが、基本的には使用しない。

表 5-3 出力分類 (詳細)

DR2AD MODEL ver2.4 出力内容

凡例	◎	○	●
	画像+csv保存	画像保存	csv保存

使用用途	グラフ名	概要	対策別								階層別	
			対策なし	ソフト対策	ハード1	ハード2	ハード1+ソフト	ハード2+ソフト	シナリオ1(対策なし-ハード1)	シナリオ2(対策なし-ハード1-ハード2)		
政策説明・政策決定者判断	GDP_DRR.png	対策別GDPの推移	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎			
	GDP_DRR_ratio.png	対策別GDPの推移(対策なし基準)	◎	◎	◎	◎	◎	◎	◎			
	GDP_Scenario.png	GDPのシナリオ分析	◎	◎	◎	◎				◎	◎	
	GDP_Scenario_ratio.png	GDPのシナリオ分析(対策なし基準)	◎	◎	◎	◎				◎	◎	
	DisasterClass_Average.png	災害の平均規模					◎					
	DisasterClass_Average_Ratio.png	災害の平均規模(割合)					◎					
	DisasterClass_Histogram.png	災害の規模別発生回数					◎					
	DisasterClass_Histogram_Ratio.png	災害の規模別発生回数(割合)					◎					
	DisasterRate_Human.png	災害被害率(人的資本)	◎	◎	◎	◎	◎	◎				
	DisasterRate_Physical.png	災害被害率(物的資本)	◎	◎	◎	◎	◎	◎				
	DisasterRate_Financial.png	災害被害率(生産資本)	◎	◎	◎	◎	◎	◎				
	DisasterRate_Land.png	災害被害率(土地)	◎	◎	◎	◎	◎	◎				
分析用・実務担当者判断	GDP_Capita_y_**.png	1人あたりGDPの推移	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	Consumption_c_**.png	階層別の消費の推移	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	EducationTime_m_**.png	階層別の教育投資時間の推移	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	FinancialAsset_b_**.png	階層別の金融資産の推移	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	HumanCapital_h_**.png	階層別の人的資本の推移	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	HumanInvestmentCost_eta_**.png	階層別の人的投資費用の推移	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
	PhysicalAsset_z_**.png	階層別の物的資産の推移	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
その他参考	GDP_Monte_Average.png	GDPの推移(平均値)	○									
	GDP_Monte.png	GDPの推移(モンテカルロシミュレーション)	◎									

5.1 政策説明・政策決定者のための出力内容

ここでは出力内容について下記の例を用いて説明する。

対象国	ホンジュラス
対象災害	洪水

5.1.1 防災対策別GDP

防災対策別の GDP の長期的成長を分析する。防災対策は、以下の 6 種類を想定する。

- ① 対策なし
- ② ソフト対策
- ③ ハード対策 1
- ④ ハード対策 2
- ⑤ ハード対策 1 + ソフト対策
- ⑥ ハード対策 2 + ソフト対策

災害種（洪水、地震など）により、ソフト対策やハード対策の投資効果が異なるため、そのベストミックスを探るために有用である。

表 5-4 防災対策別 GDP の出力例（グラフ）

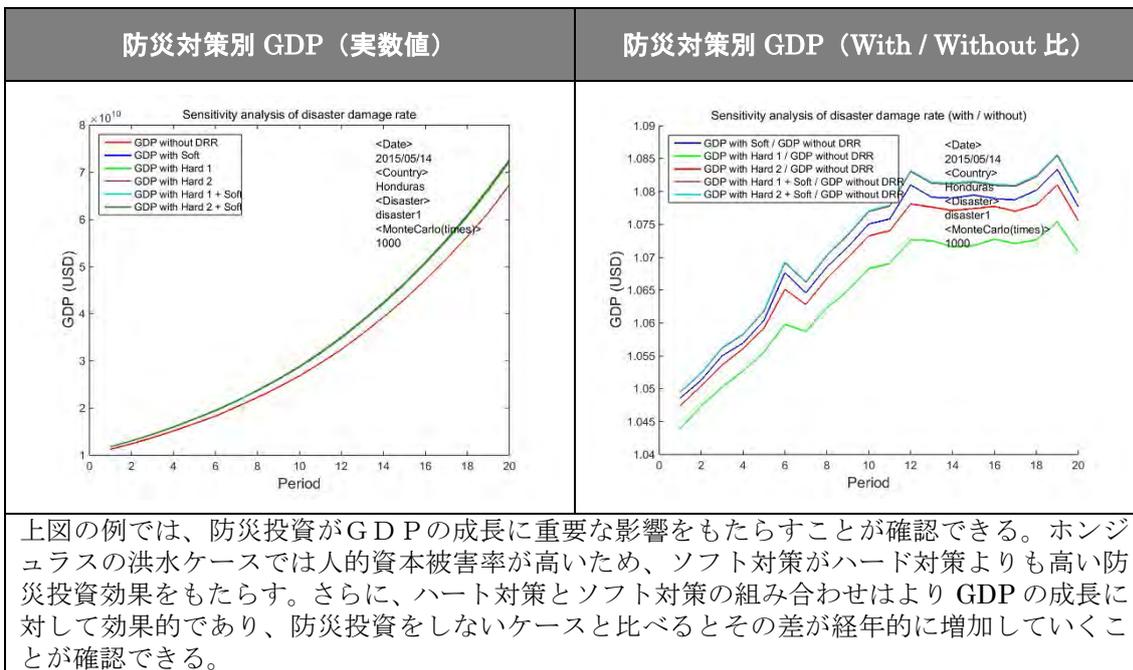


表 5-5 防災対策別 GDP（With / Without 比）の出力例（CSV ファイル）

<File>	GDP DRR ratio.csv		<Date>	2015/7/14		<Country>	Pakistan		<Disaster Type>	Flood+Earthquake		<Monte Carlo(times)>	100										
[From above]	Period (year)		Soft/Without	Hard1/Without	Hard2/Without				(Hard1+Soft)/Without	(Hard2+Soft)/Without		*GDP ratio (with/without)											
	-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	1.0007	1.0007	1.0007	1.001	1.001	1.001	1.0011	1.0011	1.0012	1.0012	1.0012	1.0014	1.0014	1.0014	1.0015	1.0015	1.0016	1.0014	1.0014	1.0015	1.0016	1.0017	1.0016
	1.0112	1.0112	1.0229	1.0299	1.0355	1.0403	1.0458	1.0495	1.054	1.0582	1.0613	1.065	1.0691	1.0721	1.0751	1.0774	1.0779	1.0793	1.082	1.0838	1.085	1.0876	1.0882
	1.0121	1.0182	1.0243	1.0318	1.0375	1.0423	1.0478	1.0522	1.0569	1.0615	1.065	1.0692	1.0736	1.0771	1.08	1.082	1.0826	1.0841	1.0868	1.0886	1.09	1.093	1.0931
	1.0112	1.0173	1.0231	1.03	1.0356	1.0403	1.0458	1.0496	1.0541	1.0584	1.0614	1.0652	1.0692	1.0723	1.0752	1.0775	1.078	1.0794	1.0821	1.0839	1.0853	1.0878	1.0883
	1.0121	1.0182	1.0243	1.0318	1.0375	1.0424	1.0479	1.0523	1.057	1.0616	1.065	1.0693	1.0737	1.0771	1.08	1.082	1.0827	1.0842	1.0868	1.0886	1.0901	1.0931	1.0931

*CSV ファイルの-2期~0期はモデルの助走期間（3年間）を示す。

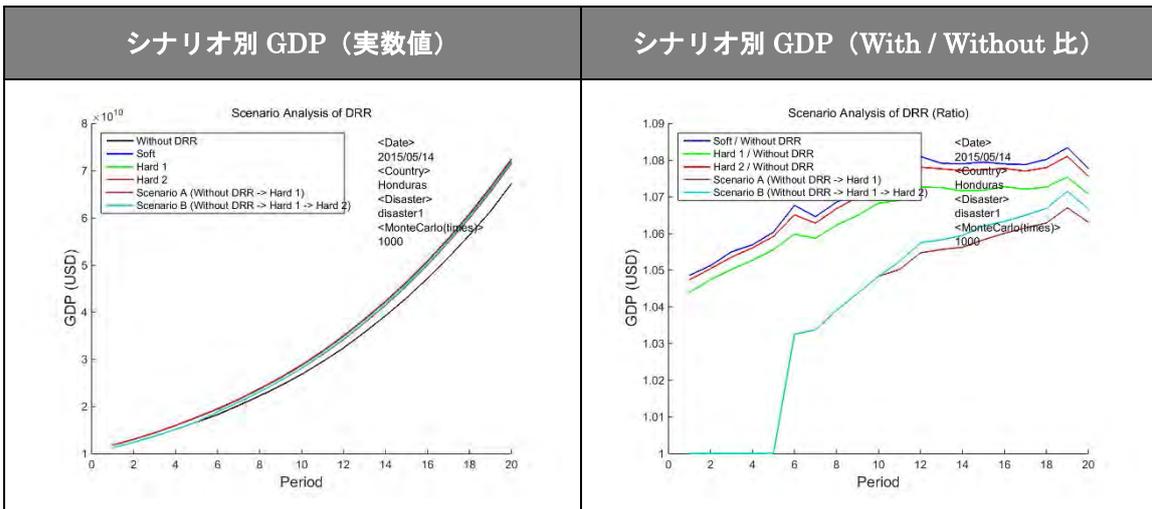
5.1.2 シナリオ別GDP

シナリオ別の GDP の長期的成長を分析する。シナリオは、以下の 5 種類を想定する。

- ① 基準年からソフト対策を実施
- ② 基準年からハード対策 1 を実施
- ③ 基準年からハード対策 2 を実施
- ④ 基準年は防災対策なし、6 年後からハード対策 1 を実施 (シナリオ A)
- ⑤ 基準年は防災対策なし、6 年後からハード対策 1 を実施、11 年後からハード対策 2 を実施 (シナリオ B)

シナリオ別に GDP の成長を分析することにより、防災投資の適切なタイミングや投資規模を探ることが可能である。

表 5-6 シナリオ別 GDP の出力例 (グラフ)



人的資本の被害率が大きいいため、貧困層に対する人的被害を緩和することができるソフト対策がもっとも効果的であることが分かる。加えて、ハード対策も効果的であることが確認できる。それぞれの防災対策のシナリオを比較することで、防災投資を早くから始めればはじめるほど、防災対策効果がより大きくなることが確認できる。

表 5-7 シナリオ別 GDP (実数値) の出力例 (CSV ファイル)

<File>	GDP Scenario.csv	<Date>	2015/7/14	<Country>	Pakistan	<Disaster>	Type	Flood+Earthquake	<MonteCarlo(times)>	#GDP (average)												
<From>	above)	Period (year)	Without	Soft	Hard1	Hard2	ScenarioA	ScenarioB														
-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
9.92E+10	1.06E+11	1.14E+11	1.22E+11	1.31E+11	1.40E+11	1.51E+11	1.62E+11	1.75E+11	1.88E+11	2.04E+11	2.20E+11	2.38E+11	2.58E+11	2.80E+11	3.04E+11	3.31E+11	3.60E+11	3.91E+11	4.26E+11	4.65E+11	5.08E+11	5.53E+11
9.93E+10	1.07E+11	1.14E+11	1.22E+11	1.31E+11	1.40E+11	1.51E+11	1.62E+11	1.75E+11	1.88E+11	2.04E+11	2.20E+11	2.39E+11	2.59E+11	2.81E+11	3.05E+11	3.31E+11	3.61E+11	3.92E+11	4.27E+11	4.65E+11	5.07E+11	5.54E+11
1.00E+11	1.08E+11	1.17E+11	1.25E+11	1.35E+11	1.48E+11	1.58E+11	1.70E+11	1.84E+11	1.99E+11	2.16E+11	2.34E+11	2.55E+11	2.77E+11	3.01E+11	3.28E+11	3.57E+11	3.89E+11	4.24E+11	4.62E+11	5.04E+11	5.51E+11	6.02E+11
1.00E+11	1.08E+11	1.17E+11	1.26E+11	1.35E+11	1.48E+11	1.58E+11	1.70E+11	1.85E+11	2.00E+11	2.17E+11	2.35E+11	2.56E+11	2.78E+11	3.03E+11	3.29E+11	3.58E+11	3.90E+11	4.25E+11	4.64E+11	5.07E+11	5.53E+11	6.04E+11
9.92E+10	1.06E+11	1.14E+11	1.22E+11	1.31E+11	1.40E+11	1.51E+11	1.62E+11	1.75E+11	1.91E+11	2.08E+11	2.26E+11	2.46E+11	2.68E+11	2.92E+11	3.19E+11	3.47E+11	3.79E+11	4.13E+11	4.52E+11	4.93E+11	5.39E+11	5.90E+11
9.92E+10	1.06E+11	1.14E+11	1.22E+11	1.31E+11	1.40E+11	1.51E+11	1.62E+11	1.78E+11	1.91E+11	2.08E+11	2.26E+11	2.48E+11	2.68E+11	2.92E+11	3.19E+11	3.48E+11	3.80E+11	4.14E+11	4.53E+11	4.94E+11	5.41E+11	5.92E+11

*CSV ファイルの-2 期~0 期はモデルの助走期間 (3 年間) を示す。

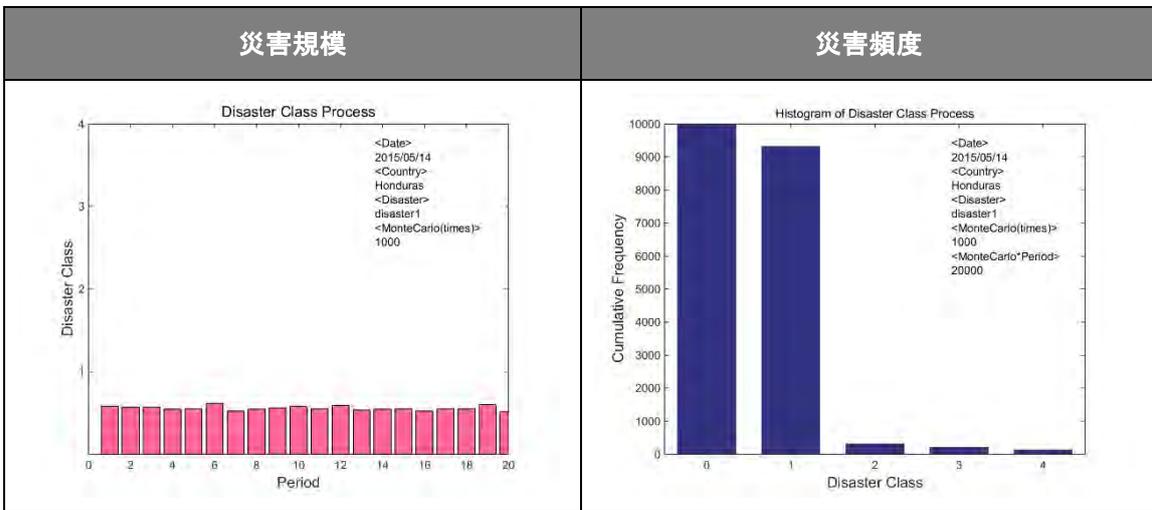
5.1.3 災害規模・頻度

災害規模の平均値及びモンテカルロシミュレーションにて発生した災害頻度を把握する。災害規模・頻度は、以下の3種類を想定する。

- ① 災害1の災害規模・頻度
- ② 災害2の災害規模・頻度
- ③ 複合災害（災害1+災害2）の災害規模・頻度

災害規模・頻度を分析することにより、適切な防災投資規模の検討に利用可能である。

表 5-8 災害規模・頻度の出力例（グラフ）



災害規模が0または1の災害頻度が高い。つまり、災害規模1までを防ぐことが可能な小規模な防災投資だけでも、多くの災害被害を防ぐことができると想定される。

参考：複合災害の場合の災害規模と災害発生頻度（Disaster1 and Disaster2）

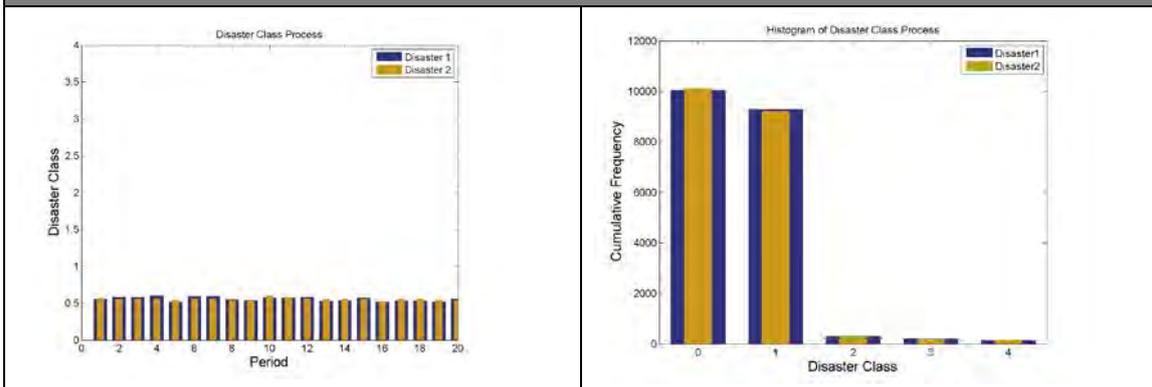


表 5-9 災害規模・頻度の出力例（CSV ファイル）

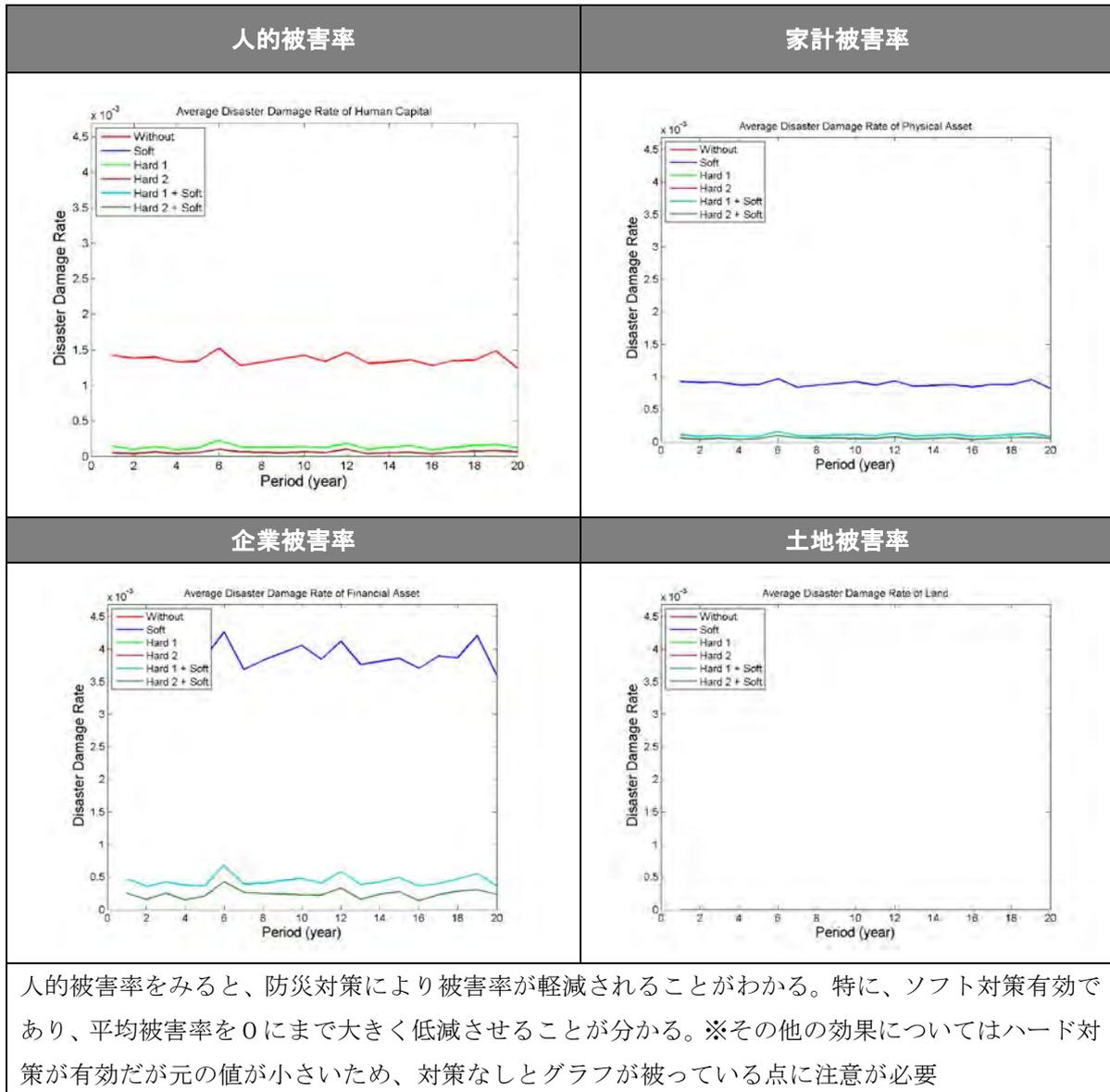
<File> [From	DisasterClass above)	Average.csv Period (year)	<Date> Flood	2015/7/14 Earthquake	<Country> Pakistan *average class	<Disaster Type>	Flood:Earthquake	<MonteCar lo(times)>	100													
-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
0.5	0.49	0.44	0.65	0.6	0.57	0.63	0.56	0.56	0.57	0.46	0.63	0.6	0.54	0.59	0.61	0.63	0.49	0.47	0.52	0.52	0.62	0.55
0.59	0.53	0.57	0.67	0.55	0.48	0.54	0.61	0.53	0.61	0.61	0.54	0.62	0.61	0.5	0.52	0.57	0.47	0.57	0.47	0.49	0.54	0.47

*CSV ファイルの-2期～0期はモデルの助走期間（3年間）を示す。

5.1.4 災害被害率

各年次における防災対策別の災害被害率の平均値を把握する。防災対策別の災害被害率を図化することにより、各年次における災害被害率が防災対策により、どの程度低減しているのかを視覚的に把握可能となる。

表 5-10 災害被害率の出力例（グラフ）



人的被害率をみると、防災対策により被害率が軽減されることがわかる。特に、ソフト対策有効であり、平均被害率を0にまで大きく低減させることが分かる。※その他の効果についてはハード対策が有効だが元の値が小さいため、対策なしとグラフが被っている点に注意が必要

表 5-11 災害被害率の出力例（CSV ファイル）

<File>	DisasterRate_Human.csv	<Date>	2015/7/14	<Country>	Pakistan	<Disaster Type>	Flood+Earthquake	<MonteCar lo(times)>	100													
I(From above)	Period (year)	Without	Soft			Hard1	Hard2+Soft	Hard2+Soft	*disaster damage rate													
-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
0.0014387	0.0013497	0.0012879	0.0018438	0.0018048	0.0015301	0.001693	0.0016231	0.0015479	0.0016378	0.0019379	0.001782	0.0016548	0.0015733	0.0016	0.0016357	0.0017038	0.0013191	0.0013022	0.0013893	0.0014801	0.0017388	0.0014548
0.000205	0.000159	0.000118	0.000213	0.000178	0.000132	0.000168	0.000208	0.000171	0.000198	0.000204	0.000183	0.000211	0.000205	0.000158	0.000184	0.000185	0.00015	0.00018	0.00015	0.00016	0.000183	0.000145
6.34E-05	2.80E-05	0.0002135	0.0002282	6.84E-05	7.40E-05	5.91E-05	0.0002482	0.0001774	0.0003036	0.0001793	0.0002122	0.0001421	0.0002188	0.0001183	2.97E-05	0.0001447	2.33E-05	3.47E-05	2.33E-05	0.0002726	0.0002122	1.49E-05
4.57E-06	0	0.0001327	6.88E-05	1.88E-05	1.65E-05	0.0001225	4.96E-05	0.000134	5.46E-05	9.36E-05	8.67E-05	9.59E-05	6.52E-05	0	4.73E-05	2.28E-06	1.19E-05	2.28E-06	0.0001171	9.38E-05	0	0
2.43E-05	0	1.03E-05	2.84E-05	1.22E-05	3.70E-06	1.85E-06	6.33E-06	5.55E-06	3.02E-05	3.87E-05	2.73E-05	4.05E-05	3.39E-05	3.70E-06	3.70E-06	3.02E-05	1.03E-05	2.17E-05	1.03E-05	1.22E-05	2.73E-05	1.85E-06
4.57E-06	0	2.28E-06	1.83E-05	2.28E-06	0	4.08E-05	0	1.93E-05	2.15E-05	1.19E-05	2.15E-05	1.42E-05	0	0	1.42E-05	2.28E-06	1.19E-05	2.28E-06	2.28E-06	1.19E-05	0	0

*CSV ファイルの-2 期~0 期はモデルの助走期間（3 年間）を示す。

5.2 分析用・実務担当者のための出力内容

分析用・実務担当者のために、以下の項目のデータを含んだ CSV ファイルが出力されるため、データを用いて定量的な分析が可能である。

- ① 階層別の 1 人あたり GDP の推移
- ② 階層別の消費の推移
- ③ 階層別の物的資産の推移
- ④ 階層別の金融資産の推移
- ⑤ 階層別の人的資本の推移
- ⑥ 階層別の教育投資時間の推移
- ⑦ 階層別の人的投資費用の推移

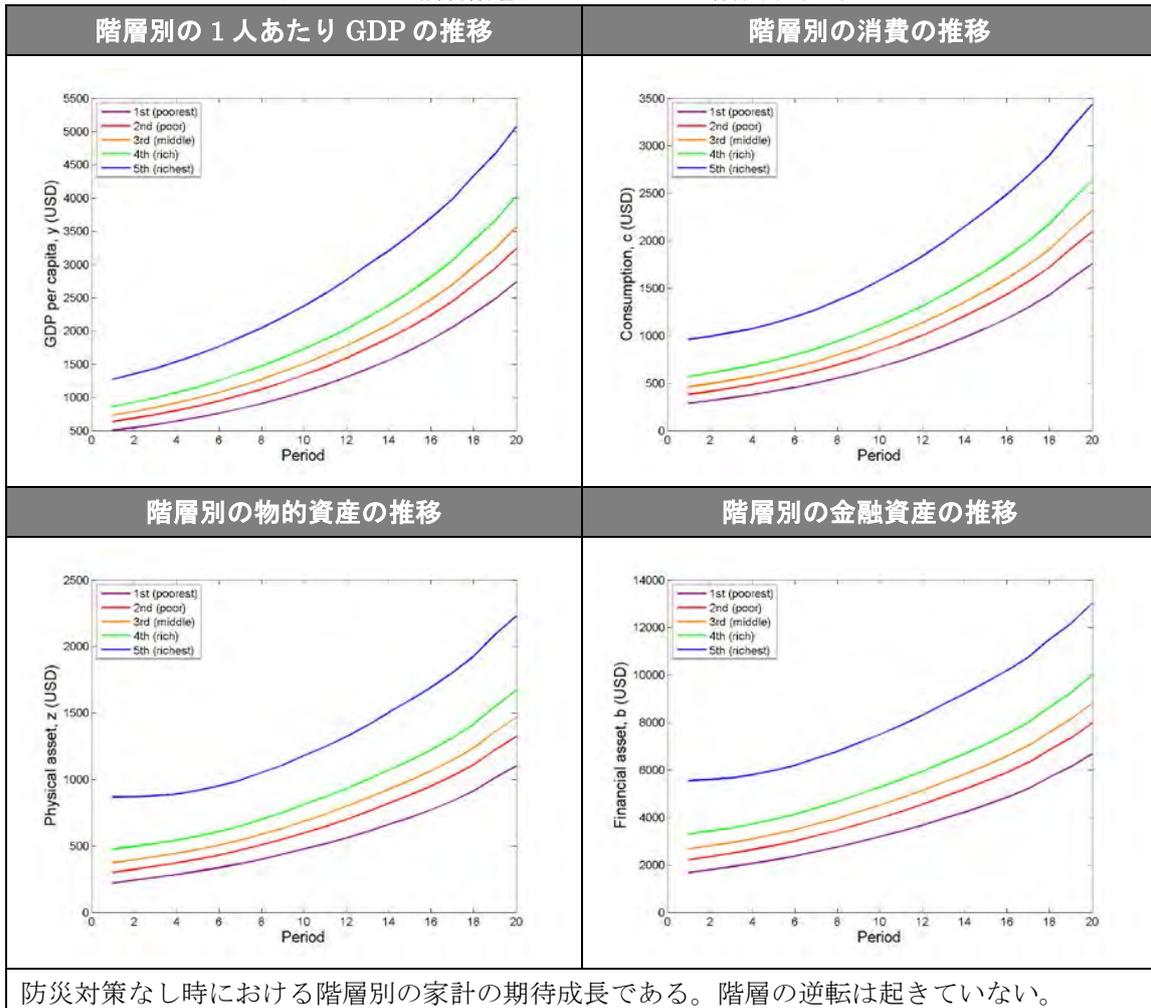
また、データを使用することで、下記のようにグラフ化を行い、挙動を視覚的に分析することも可能となる。

表 5-12 所得階層別の消費量の出力例 (CSV ファイル)

<File>	Consumption_c_Without.csv	<Date>	2015/7/14	<Country>	Pakistan	<Disaster Type>	Flood+Earthquake	<MonteCarlo(times)>	100													
<From>	above)	Period (year)	1st(poorest)	2nd(poor)	3rd(middle)	4th(rich)	5th(richest)															
-2	-1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
210.08	230.96	253.96	278.59	304.05	332.67	364.54	398.65	435.44	476.77	521.34	570.85	625.77	685.5	752.36	828.54	912.43	1004.5	1110.7	1228.3	1357.8	1503.5	1660.3
290.96	313.99	339.91	368	397.19	430.49	467.94	508.19	551.75	600.91	653.99	713.03	778.58	849.79	929.51	1020.3	1120.2	1229.6	1354.4	1488.5	1639.5	1805.4	1984.8
371.19	392.26	417.22	445.05	474.41	508.65	548.3	591.09	637.77	690.93	748.55	812.92	884.6	962.55	1050	1149.2	1257.2	1374.4	1506.4	1652.8	1815.9	1995.3	2189.4
450.13	498.5	522.33	550.14	580.16	616.64	659.35	708.16	757.72	816.98	881.49	953.97	1033.9	1120.3	1216.5	1325.9	1445.4	1575.4	1724.8	1895.9	2088.3	2296.9	2498
917.32	906.78	912.15	928.23	949.71	982.87	1026.6	1077	1134.5	1203.5	1279.7	1366.7	1464.9	1572.3	1693.5	1832.7	1985.4	2152.2	2340.7	2539.5	2760.6	2999.6	3253.3

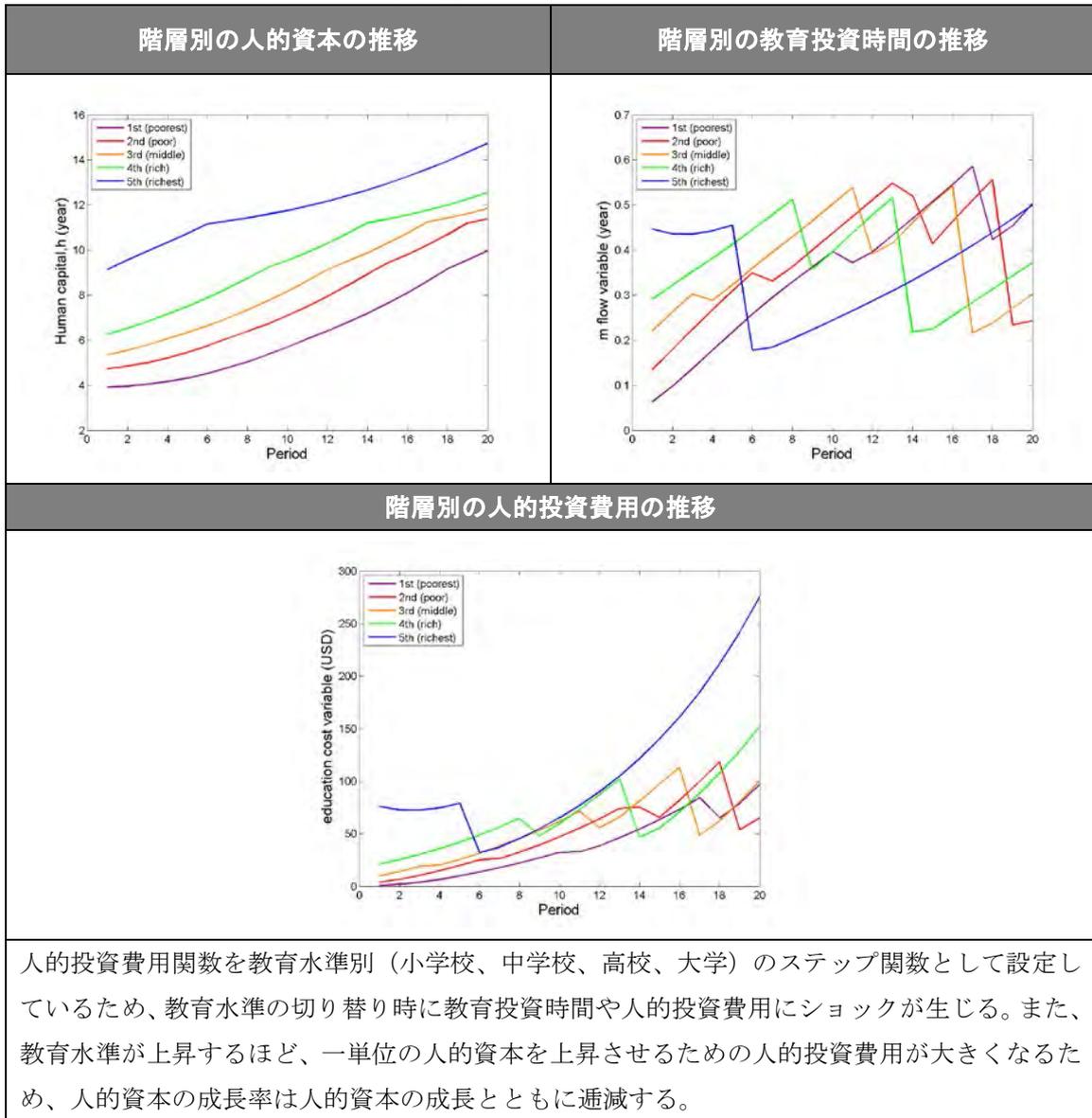
*CSV ファイルの-2 期~0 期はモデルの助走期間 (3 年間) を示す。

表 5-13 所得階層別データのグラフ作成例 (1/2)



防災対策なし時における階層別の家計の期待成長である。階層の逆転は起きていない。

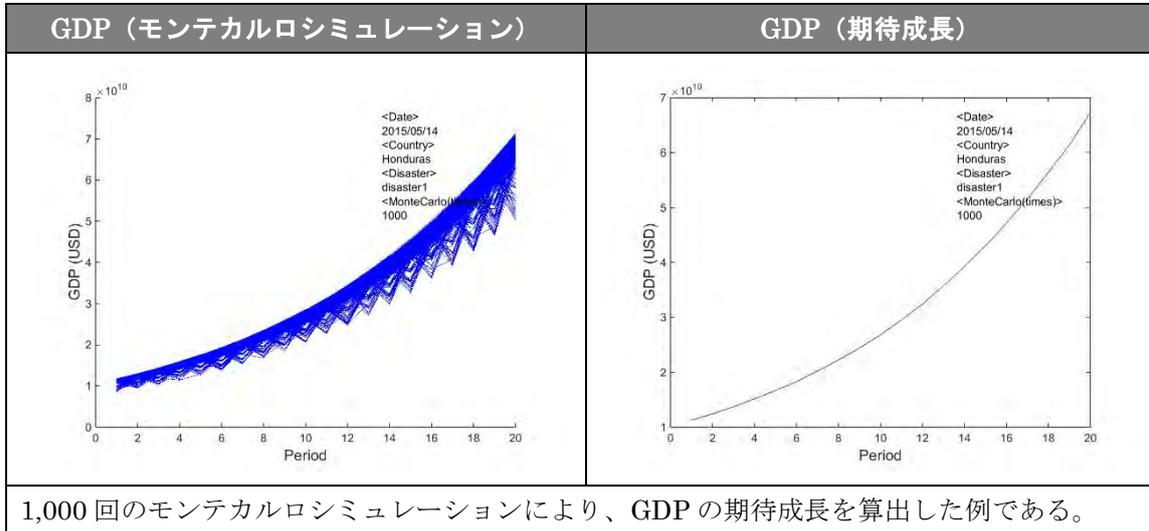
表 5-14 所得階層別データのグラフ作成例 (2/2)



5.3 その他の出力内容

その他の出力としてモンテカルロシミュレーションの結果が出力される。

表 5-15 GDP の出力例（モンテカルロシミュレーションと期待成長）



第3編 DR²AD model (Ver1.4) のデータセットの構築

6 データセットの構築

本章では DR²AD model (Ver1.4) における試行に必要なデータセットの内容、および一般的な設定方法について実際のデータにより解説する。デフォルト値として本アプリケーションに付属するサンプルエクセルデータの使用ではなく、自国のデータセットを用いて防災投資効果を評価したい場合は、以下の手順に従ってデータを構築する。

※本アプリケーションでは、付属するサンプルエクセルファイルに表示した 5 カ国以外のデータについては、必ずしも動作を保証するものではない。

6.1 事前準備

6.1.1 用意するデータ

モデルで使用するデータと主な取得先は下表のとおり整理される。ただし、データの大半は複数のデータを組み合わせることで生成されるため、詳細については後述する個別のデータの作成方法を参照されたい。

データ取得先	作成可能データ
The World Development Indicator	Population, GDP0, c, z, etc.,
Input Output table / Social Account matrix	Alpha1,2,3
Household Survey	c,b,z etc.,
Mean years of schooling (UNDP)	h, m0
Institute for Statistic(UNESCO)	eta

6.1.2 基準年の設定

モデルの計算期間の基準年を指定する。

基本的にはモデルの基準年は巨大災害発生年のようなモデルの挙動に著しく影響を与える年次は避けることが望ましい。

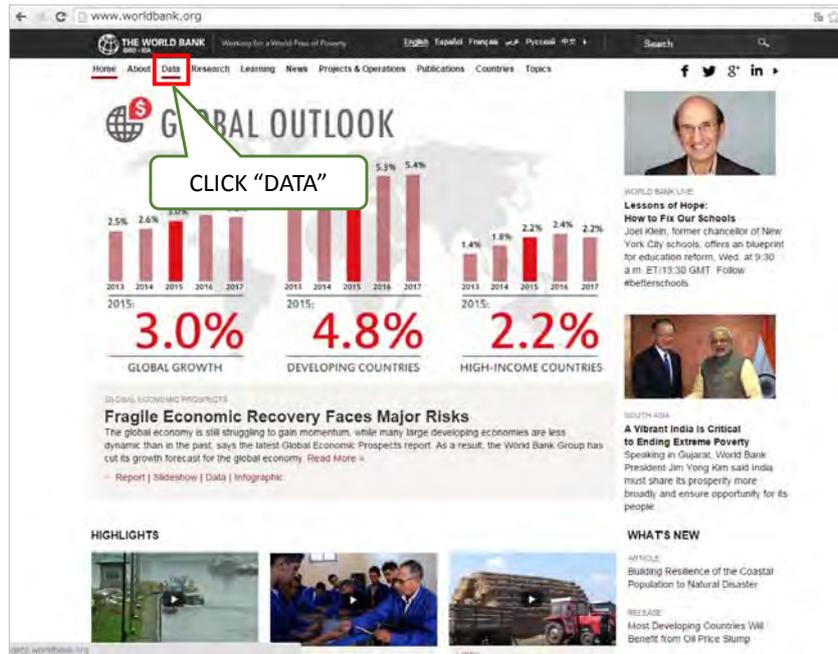
※なお、サンプルプログラムにおいては、データの取得時間の関係から、2004 年を基準としている。

6.1.3 データ収集方法

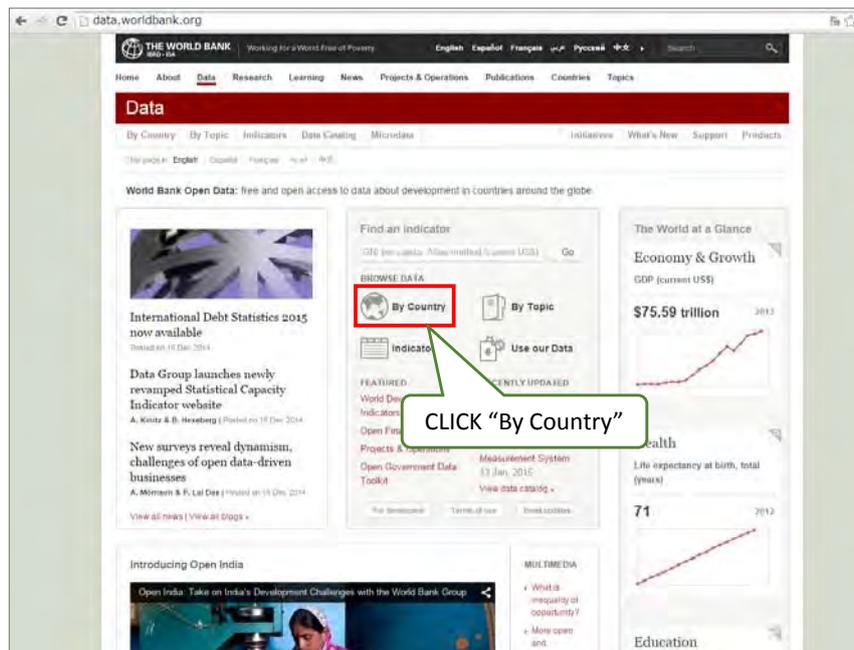
ここでは、主なデータ取得先である国際機関（World Bank, UNDP, UNESCE）からのデータ収集方法を説明する。

(1) The World Development Indicator (World Bank)

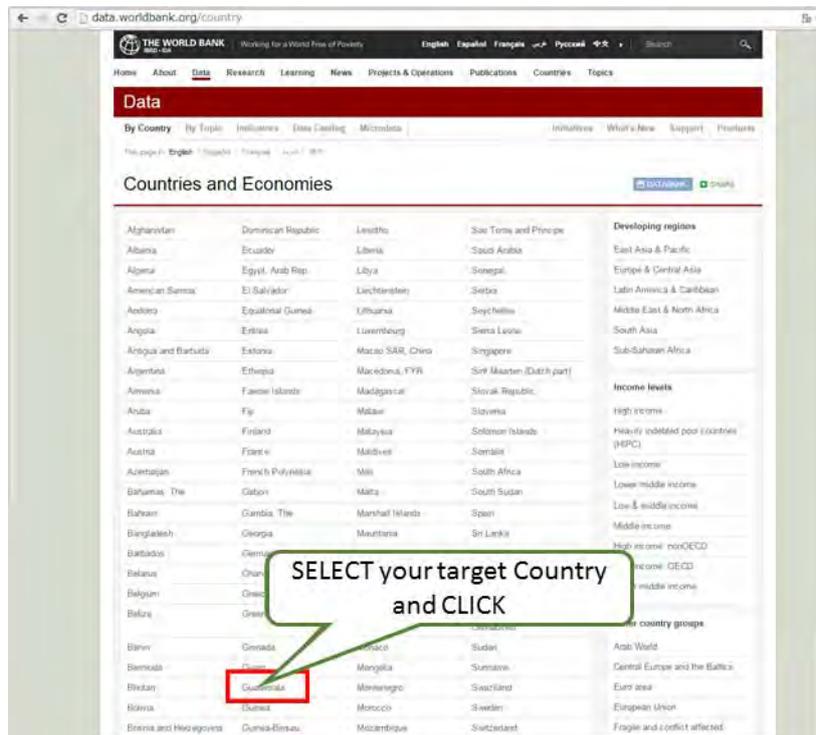
① Access worldbank.org and click “Data”



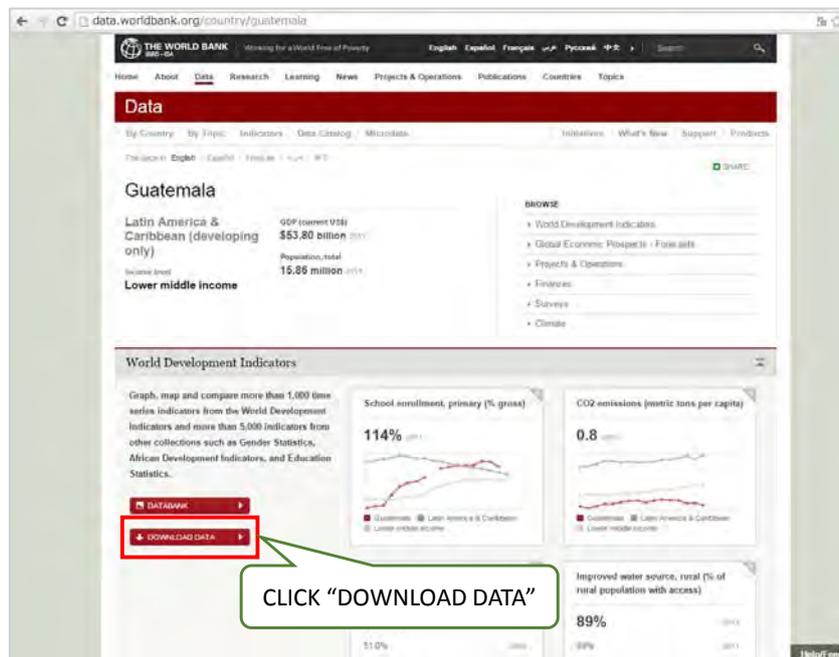
② Click “By Country”



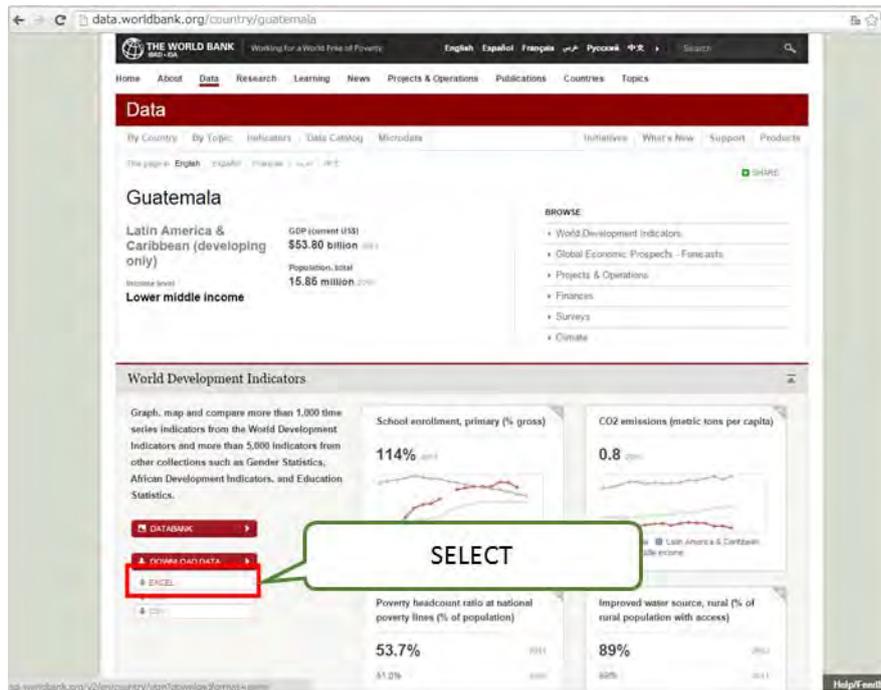
③ Choose a target country



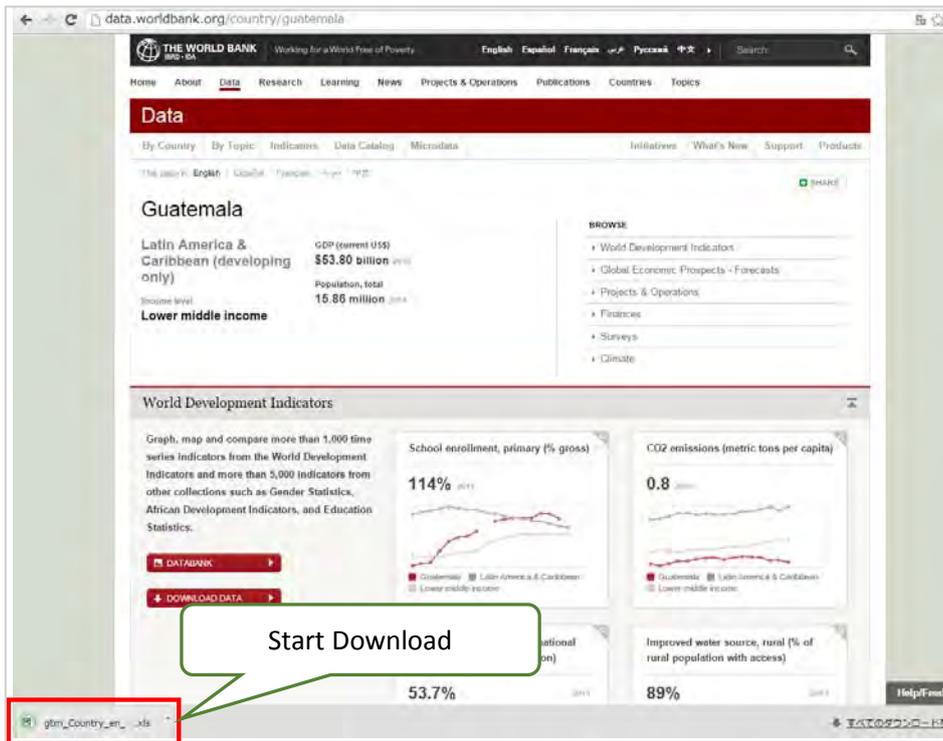
④ Click “DOWNLOAD DATA”



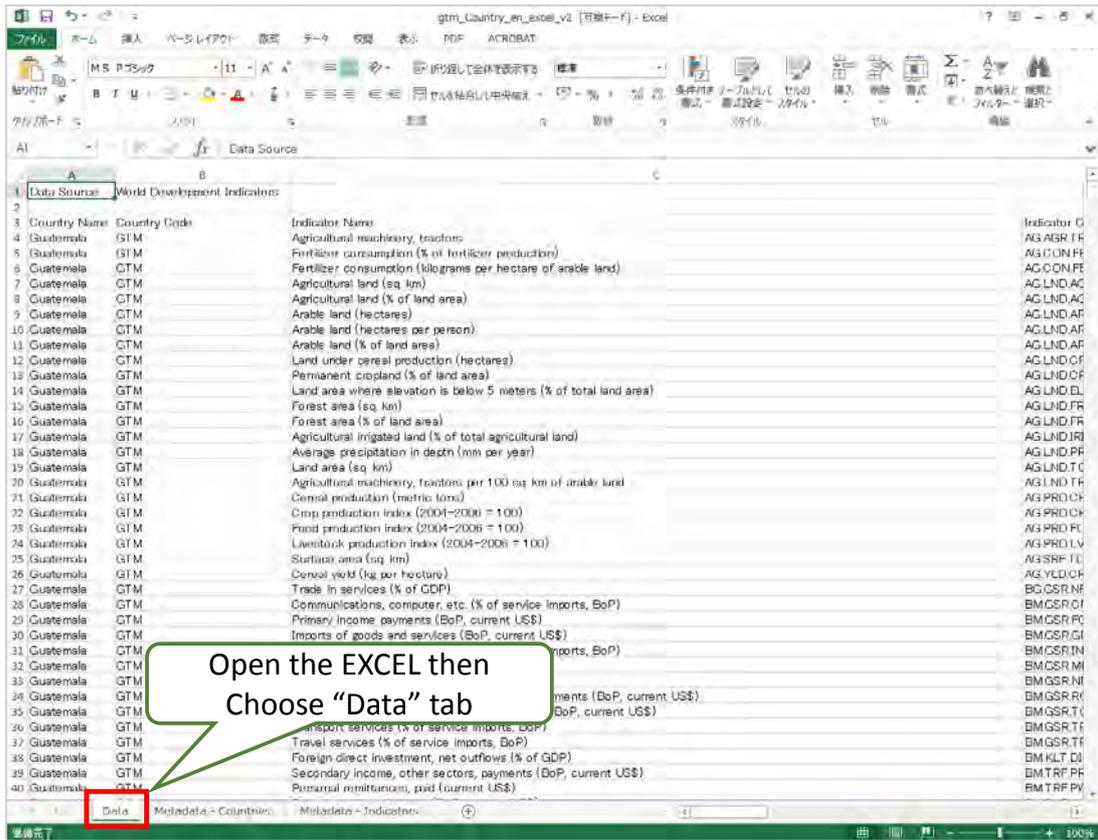
⑤ Select “EXCEL”



⑥ Download will start shortly

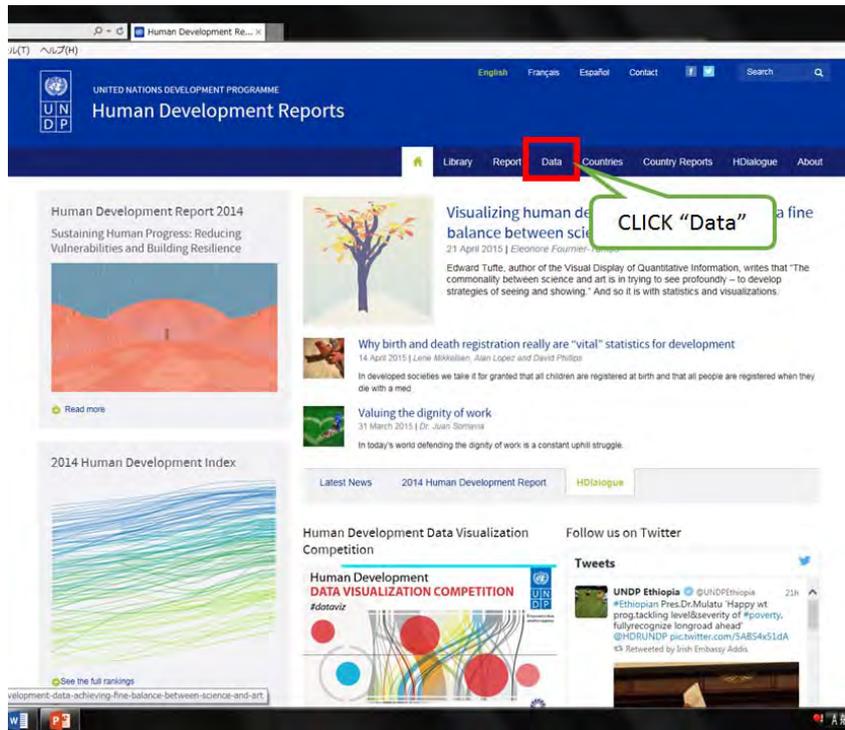


⑦ Select Data tab and you can collect all required data

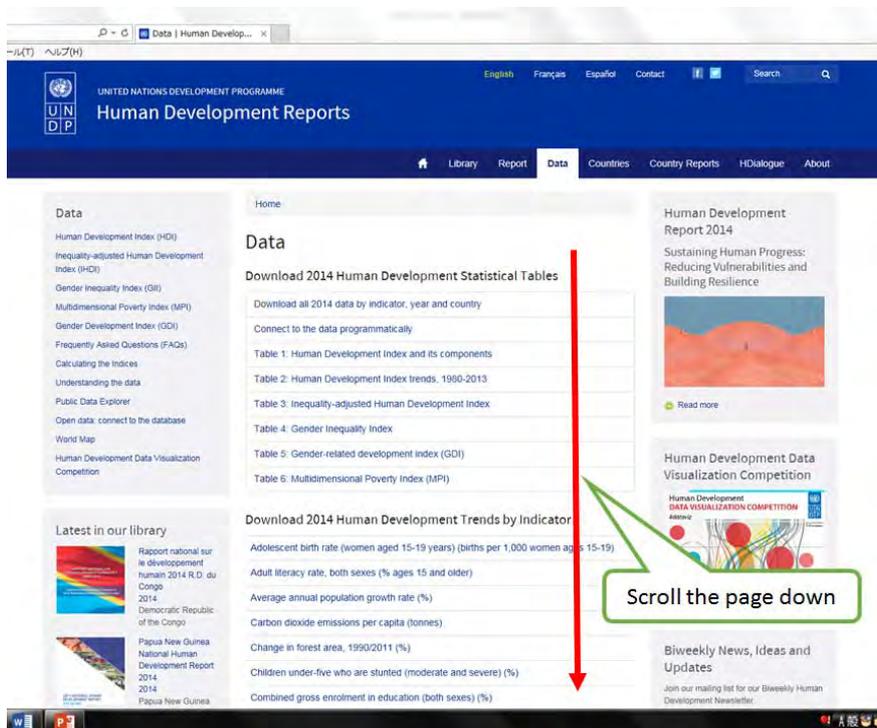


(2) Human Development Reports (UNDP)

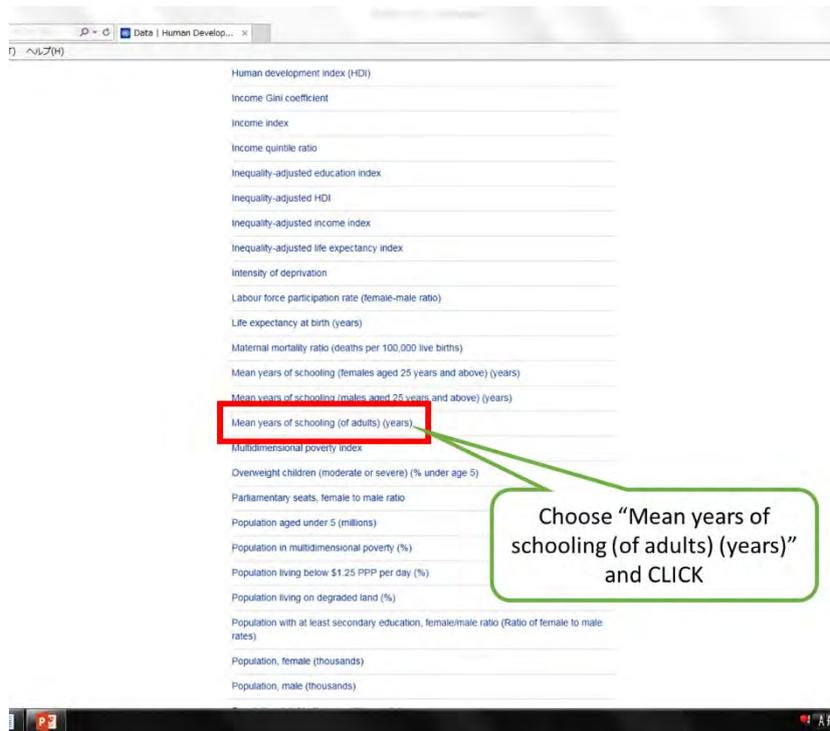
① Access undp.org and click “Data”



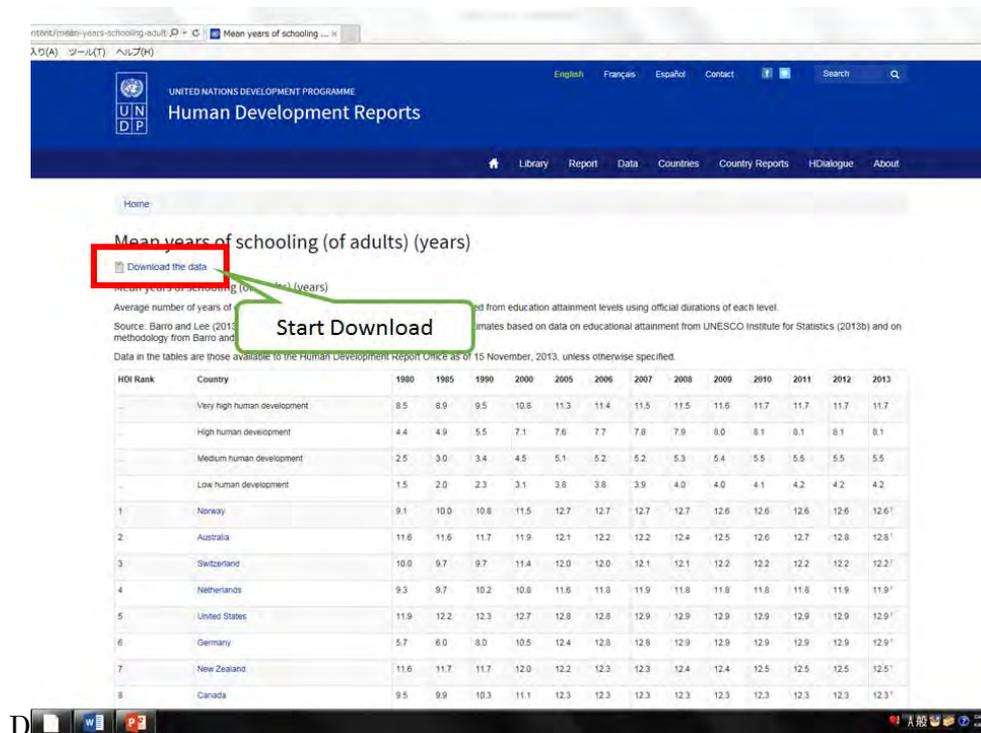
② Scroll the page down



③ Choose a “Mean years of schooling (of adults) (years)” and Click



④ Click “Download the data” to start your download



⑤ You can find the data sorted by country

International Human Development Indicators

Accessed: 7/14/2014 2:09 PM from <http://hdr.undp.org>

Mean years of schooling (of adults) (years)

Average number of years of education received by people ages 25 and older, converted from education attainment levels using official durations of each level

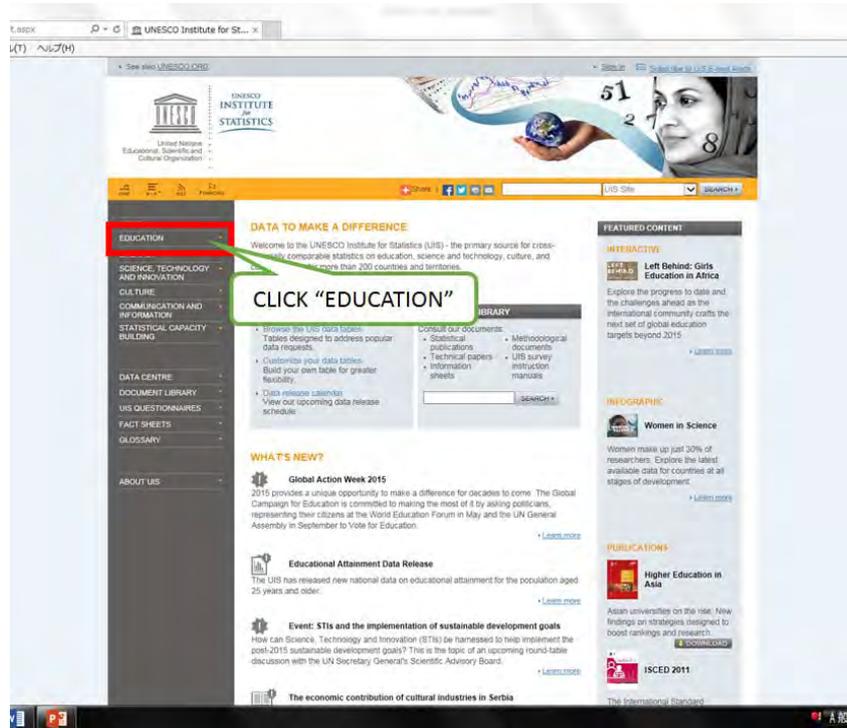
Source: [Barro and Lee \(2013\)](#), UNESCO Institute for Statistics (2013) and HDRO estimates based on data on educational attainment from UNESCO Institute for Statistics (2013) and on methodology from Barro and Lee (2013)

Data in the tables are those available to the Human Development Report Office as of 15 November, 2013, unless otherwise specified

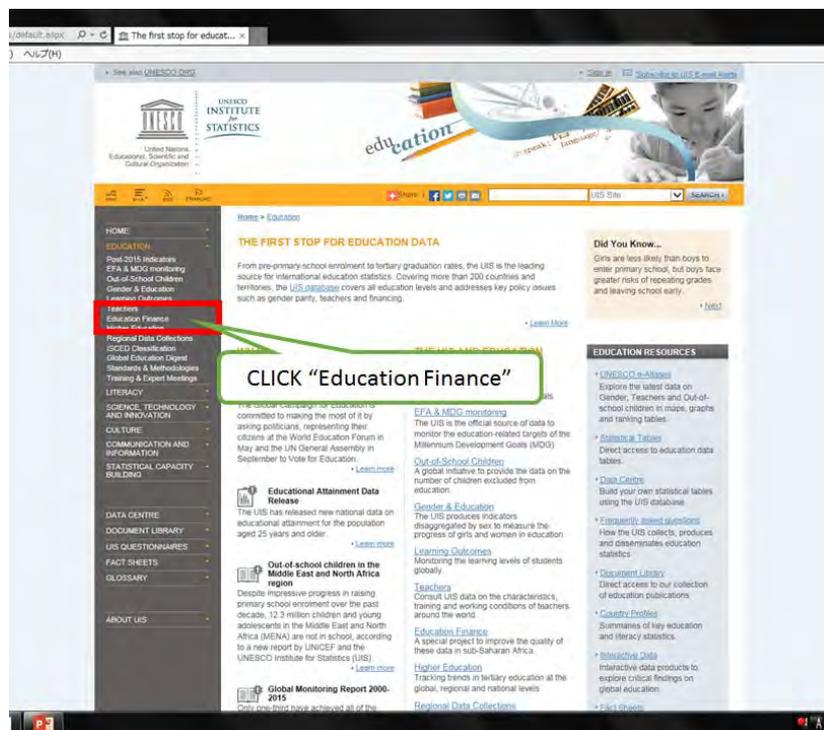
20	HDI Rank	Country	1990	1995	1999	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010
21		Very high human development	8.5	8.9	9.5	10.8	11.3	11.4	11.5	11.5	11.6	11.7
22		High human development	4.4	4.9	5.5	7.1	7.6	7.7	7.8	7.9	8	8.1
23		Medium human development	2.5	3	3.4	4.5	5.1	5.2	5.2	5.3	5.4	5.5
24		Low human development	1.5	2	2.3	3.1	3.8	3.8	3.9	4	4	4.1
25	1	Niger	9.1	10	10.8	11.5	12.7	12.7	12.7	12.7	12.6	12.6
26	2	Australia	11.6	11.6	11.7	11.9	12.1	12.2	12.2	12.2	12.4	12.6
27	3	Switzerland	10	9.7	9.7	11.4	12	12	12.1	12.1	12.2	12.2
28	4	Netherlands	9.3	9.7	10.2	10.8	11.6	11.8	11.9	11.9	11.8	11.8
29	5	United States	11.9	12.2	12.3	12.7	12.8	12.8	12.9	12.9	12.9	12.9
30	6	Germany	5.7	6	8	10.5	12.4	12.8	12.8	12.9	12.9	12.9
31	7	New Zealand	11.6	11.7	11.7	12	12.2	12.3	12.3	12.4	12.4	12.5
32	8	Canada	9.5	9.9	10.3	11.1	12.3	12.3	12.3	12.3	12.3	12.3
33	9	Singapore	3.7	5.1	5.8	7.6	8.4	8.8	9.1	9.4	9.4	10.1
34	10	Canton	9	9.8	9.8	10.5	11.8	11.9	11.9	12	12.1	12.1
35	11	Ireland	9.5	10.1	10.4	11.2	11.4	11.4	11.5	11.5	11.6	11.6
36	12	Sweden	9.1	9.5	10	11	11.6	11.6	11.6	11.6	11.6	11.7
37	13	Iceland	7.4	7.9	8.4	9.3	9.9	10	10.1	10.2	10.3	10.4
38	14	United Kingdom	7.5	7.7	7.9	11.6	12.2	12.2	12.2	12.3	12.3	12.3
39	15	Hong Kong (SAR)	7.3	8.2	8.9	10.6	11.4	11.4	11.5	11.6	11.7	11.8
40	16	Hong Kong, China (SAR)	6.7	7.6	8.5	8.7	9.4	9.5	9.7	9.8	9.9	10
41	17	Japan	8.9	9.4	9.9	10.8	11.1	11.2	11.3	11.3	11.4	11.5

(3) Institute for Statics (UNESCO)

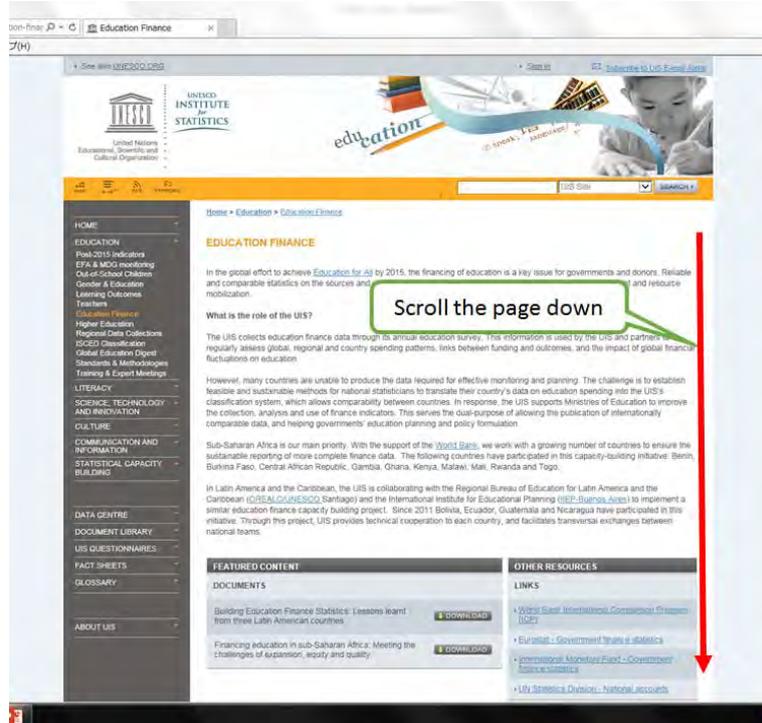
- ① Access uis.unesco.org and click “EDUCATION”



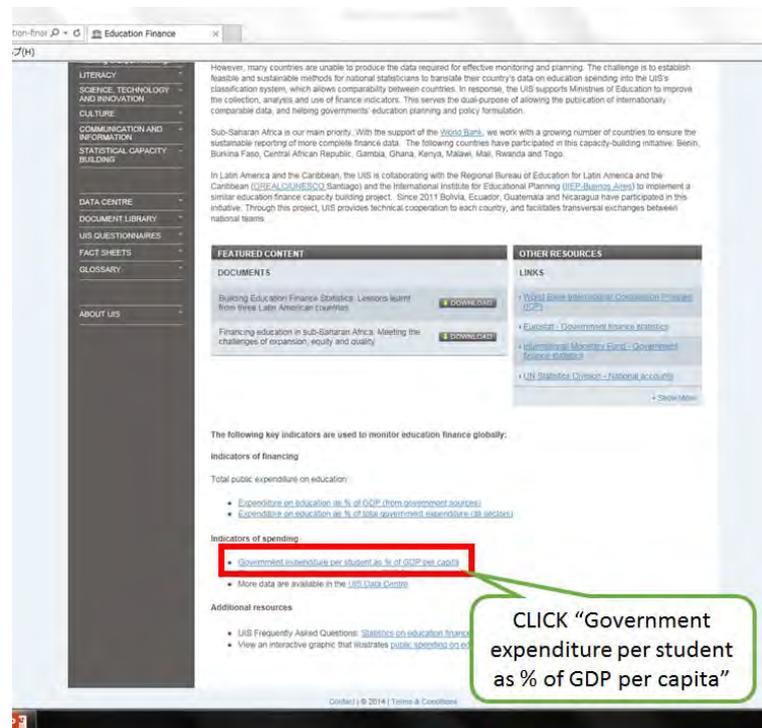
- ② Click “Education Finance”



③ Scroll the page down



④ Click “Government expenditure per student as % GDP per capita”



⑤ Choose the education level such as primary, secondary, etc.

The screenshot shows the UNESCO Data Explorer interface. The main title is "Education : Government expenditure per student as % of GDP per capita". The "Indicators" dropdown menu is open, showing several options. A red box highlights the following indicators:

- Government expenditure per primary student as % of GDP per capita (%)
- Government expenditure per lower secondary student as % of GDP per capita (%)
- Government expenditure per upper secondary student as % of GDP per capita (%)
- Government expenditure per secondary student as % of GDP per capita (%)
- Government expenditure per post-secondary non-tertiary student as % of GDP per capita (%)
- Government expenditure per tertiary student as % of GDP per capita (%)

A green callout box with the text "Choose the education level" points to this list.

⑥ Choose Export and click "Excel"

The screenshot shows the UNESCO Data Explorer interface. The "Export" button is highlighted with a red box. A green callout box with the text "Choose Export and CLICK 'Excel'" points to the "Excel" option in the export menu.

⑦ Click “Export to XLS file”

The screenshot shows the UNESCO Data Explorer interface. The main title is "Education : Government expenditure per student as % of GDP per capita". The "Export" dialog box is open, showing options for "Excel", "Text file (CSV)", "PC-Axis", "SDMX", and "Download Files". The "Export to XLS file" option is highlighted with a red box, and a green arrow points to it with the text "CLICK “Export to XLS file”".

⑧ You can collect data sorted by country

AI

Dataset: Education	Indicator: Government expenditure per secondary student as % of GDP per capita [%]																	
	Time	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Country																		
Afghanistan																		
Albania																		
Algeria		21 51123	17 74353		18 22803	18 26467												
American Samoa																		
Andorra					7 39715		8 78606	9 17150	12 58358	13 44735		16 38686	12 10196	12 34660				
Angola																		
Antigua and Barbuda													12 46835		9 81706			
Argentina		15 04082	14 53402	15 59247	13 97414	11 78895	13 06857	16 1007	16 38335	17 26721	19 10376	21 94269	19 96997	22 02049	19 83944			17 73514
Armenia																		
Aruba		10 58194	19 20525	20 24011	19 39233		17 74369	17 61316		16 60851	17 71224	20 48856	21 42361	22 37959				
Australia			13 96216					15 92162	17 77522	17 24917	17 19184	18 50184	19 78348	17 94188				
Austria		29 9686	27 62918	27 6574	27 76305	28 72908	27 45845	26 30927	26 58162	26 34749	27 37491	30 61691	29 60003	30 54559				
Azerbaijan																		
Bahamas																		
Bahrain																		
Bangladesh		11 77023	10 83255		12 39432	13 41698	14 64826		14 88731	14 45264	13 81216	12 18443	14 75909	13 93423				
Barbados		17 17245	20 80923	24 95369	25 12404	27 58162	24 41081	22 41486		22 06972	20 33984	21 73374	24 96685					
Belarus					23 86715	24 3409	22 54092	33 12932	32 83377	32 65927	33 17507	36 45208	37 90179	37 67411	38 57733			
Belgium		17 57740	15 87294				18 43419	19 85854		19 61787		21 1037	22 51297	24 9777		22 10891		
Belize			24 5639	24 31751	20 16425	22 53420		25 80670	24 69677									
Benin																		
Bermuda									12 34193	14 02632				17 8416				
Bhutan												37 06365	34 435	27 01693	31 52441		33 55034	
Bolivia (Plurinational State of)		11 97750	9 79345	10 47555	12 94612	13 33401			14 73882		17 02768	19 90214	19 17639	19 52593	20 32644			
Bosnia and Herzegovina																		
Botswana									46 14452		42 4508		33 00458					
Brazil									18 54012	13 14855		18 00387	19 5296	20 54492	21 58637			
British Virgin Islands					10 21221		11 54012	13 14855		18 00387	19 5296	20 54492	21 58637					
Brunei Darussalam													19 15215	21 92136				
Bulgaria			18 65643	18 47013	20 18684	10 56972	22 02439	20 98952	20 59745	23 90522	24 85016	24 47699	22 2152			8 11244	11 76422	
Burkina Faso									29 79332	22 17066	29 2052							
Burundi			55 8706	55 2224		54 41271	54 60407					48 59976	51 88608	41 08087	33 04754			
Cambodia			6 09143															
Cameroon									37 5573	40 05511	34 48002	27 30533	31 17082		20 91126	19 73565		
Canada														18 32214				
Cabo Verde					22 46091		20 31166		19 77586	16 78036	15 79946	13 98911		14 76203				
Cayman Islands																		
Central African Republic													15 76037					
Chad									24 90286	24 55307				17 68323	14 78225	26 87948		
Chile			14 10755		14 95004	15 1067	13 44085	12 80504	11 79161	12 79014	15 21467	16 61489	15 36494	15 30224	18 06486			

6.2 Input Dataの設定例

プログラムに使用する変数、設定方法および、例示としてホンジュラスのケーススタディでの設定値を下表に示す。推計や加工が必要なデータについては次節にて別途解説する。

表 6-1 変数の設定方法およびケーススタディにおける設定例

Parameter name	Default value	Description	Data source	Reference
J	5	The number of income group	Normally no need to change	85
L	4	the number of disaster classes (not including the no-disaster state)	Normally no need to change	85
rho	0.12	original discount rate	Normally no need to change	86
theta	2	degree of relative risk aversion	Normally no need to change	86
cbar	0	subsistence level of consumption	Normally no need to change	86
deltaz	0.1	depreciation rate of household asset	Normally no need to change	86
deltak	0.02	depreciation rate of production capital	Normally no need to change	86
gb	0.042	Exogenous technological growth rate	Normally no need to change	87
iota	1	If 1, no influence.	Normally no need to change	87
Pop0	6762426	Initial population	World Bank data (by Country)	88
GDP0	9120240790	Initial GDP US\$ (2004, from World bank HP, 2005US\$)	World Bank data (by Country)	89
alpha1	0.45	share parameter for human capital, h	Social Account Matrix/Input Output Table	90
alpha2	0.47	share parameter for physical capital, k	Social Account Matrix/Input Output Table	90
alpha3	0.08	share parameter for land, ld	Social Account Matrix/Input Output Table	90
c0	93 243 448 787 2564	Initial consumption per capita: Data of Households' survey 2004	Household Survey /JICA Poverty Profile	98
h0	3.3 4.2 5.0 6.0 6.9	Initial human capital per capita (years of education)	UNDP data (Mean years of schooling)/Household Survey /JICA Poverty Profile	99
z0	112 293 540 949 3091	Initial physical asset investment as flow variable	Household Survey /JICA Poverty Profile	100
b0	321 842 1554 2732 8899	Initial financial assets per individual	World Bank data (by Country)	102
T0	0.02 0.05 0.08 0.15 0.48	Initial financial assets per individual	World Bank data (by Country)	104
m0	0.33	Initial financial assets per individual	Household Survey /JICA Poverty Profile	105
deltah	0.004	depreciation rate of human capital	World Bank data (by Country)	106
eta0	0		INSTITUTE for STATISTICS, UNESCO/World Development Indicator, World Bank	エラー!ブックマークが定義されていません。
eta1	0		INSTITUTE for STATISTICS, UNESCO/World Development Indicator, World Bank	エラー!ブックマークが定義されていません。

eta2M	205.8			エラー!ブックマークが定義されていません。
eta2Mvector	205.8 245.3 381.3 1092.6 1504.3 1918.7 5347.2 20000	0<h<=6 6<h<=9 9<h<=11 11<h<=15 15<h<=17 17<h<=20 20<h<=60	INSTITUTE for STATISTICS, UNESCO/World Development Indicator, World Bank	1 エラー!ブックマークが定義されていません。

表 6-2 Reference of Input Data of Disaster Parameters

	Description	Data source
omegaV_DISASTER (1 or 2)	Human capital damage rate due to disaster by rank	Human capital damage: Desinventar / UNISDR population : World Bank data (by Country)
phiV_DISASTER (1 or 2)	Physical assets damage rate due to disaster by rank	Physical assets damage : Desinventar / UNISDR Household: Household Survey /JICA Poverty Profile
psiV_DISASTER (1 or 2)	Production capital damage rate due to disaster by rank	Set following the relationship between Capital damage rate and Physical assets damage rate
tauV_DISASTER (1 or 2)	Damage rate of land due to disaster by rank	There are no disaster in this study
mu	Probability of disaster occurrence by rank	UNISDR database Desinventar

表 6-3 Input Data List of sheet1 on Disaster Parameters (Disaster1 =FLOOD)

Parameter name	Sample value				
Disaster Rank	Rank 0	Rank1	Rank 2	Rank 3	Rank 4
mu	0.500	0.464	0.019	0.011	0.007
DRR	Without				
omegaV_DISASTER1	0	0.110046	0.298150	0.400638	0.475017
phiV_DISASTER1	0	0.000191	0.000488	0.000634	0.000749
psiV_DISASTER1	0	0.000840	0.002149	0.002789	0.003294
tauV_DISASTER1	0	0	0	0	0
DRR	Soft				
omegaV_DISASTER1	0	0	0	0	0
phiV_DISASTER1	0	0.000191	0.000488	0.000634	0.000749
psiV_DISASTER1	0	0.000840	0.002149	0.002789	0.003294
tauV_DISASTER1	0	0	0	0	0
DRR	Hard1				
omegaV_DISASTER1	0	0	0.078125	0.273375	0.402195
phiV_DISASTER1	0	0	0.000153	0.000474	0.000656
psiV_DISASTER1	0	0	0.000671	0.002084	0.002886
tauV_DISASTER1	0	0	0	0	0
DRR	Hard2				
omegaV_DISASTER1	0	0	0	0.099688	0.313246
phiV_DISASTER1	0	0	0	0.000200	0.000541
psiV_DISASTER1	0	0	0	0.000881	0.002380
tauV_DISASTER1	0	0	0	0	0
DRR	Hard1+soft				
omegaV_DISASTER1	0	0	0	0	0
phiV_DISASTER1	0	0	0.000153	0.000474	0.000656
psiV_DISASTER1	0	0	0.000671	0.002084	0.002886
tauV_DISASTER1	0	0	0	0	0
DRR	Hard2+soft				
omegaV_DISASTER1	0	0	0	0	0
phiV_DISASTER1	0	0	0	0.000200	0.000541
psiV_DISASTER1	0	0	0	0.000881	0.002380
tauV_DISASTER1	0	0	0	0	0

表 6-4 Input Data List of sheet2 on Disaster Parameters (Disaster2 =EARTHQUAKE)

Parameter name	Sample value				
Disaster Rank	Rank 0	Rank1	Rank 2	Rank 3	Rank 4
mu	0.5	0.468048	0.015625	0.009615	0.006711
DRR	Without				
omegaV_DISASTER2	0	0.0003	0.000928	0.001243	0.001485
phiV_DISASTER2	0	0.001339	0.003731	0.005008	0.005959
psiV_DISASTER2	0	0.005893	0.016416	0.022035	0.026222
tauV_DISASTER2	0	0	0	0	0
DRR	Soft				
omegaV_DISASTER2	0	0.0003	0.000928	0.001243	0.001485
phiV_DISASTER2	0	0.001339	0.003731	0.005008	0.005959
psiV_DISASTER2	0	0.005893	0.016416	0.022035	0.026222
tauV_DISASTER2	0	0	0	0	0
DRR	Hard1				
omegaV_DISASTER2	0	0	0.000139	0.000719	0.00116
phiV_DISASTER2	0	0	0.000914	0.003369	0.004995
psiV_DISASTER2	0	0	0.004019	0.014823	0.021976
tauV_DISASTER2	0	0	0	0	0
DRR	Hard2				
omegaV_DISASTER2	0	0	0	0.000175	0.000813
phiV_DISASTER2	0	0	0	0.001179	0.003873
psiV_DISASTER2	0	0	0	0.005188	0.017041
tauV_DISASTER2	0	0	0	0	0
DRR	Hard1+soft				
omegaV_DISASTER2	0	0	0.000139	0.000719	0.00116
phiV_DISASTER2	0	0	0.000914	0.003369	0.004995
psiV_DISASTER2	0	0	0.004019	0.014823	0.021976
tauV_DISASTER2	0	0	0	0	0
DRR	Hard2+soft				
omegaV_DISASTER2	0	0	0	0.000175	0.000813
phiV_DISASTER2	0	0	0	0.001179	0.003873
psiV_DISASTER2	0	0	0	0.005188	0.017041
tauV_DISASTER2	0	0	0	0	0

6.3 Input Dataの設定方法

Input Data を整理するにあたり、Input Data を Deep Parameter、マクロ経済データ、家計データ、災害データの 4 種類に区分して整理する。

表 6-5 Input Data のデータ種別

データ種別		データ例	データの詳細
Socio Economic Parameters	Deep Parameter	相対的危険回避度、減耗率など	固定値
	マクロ経済データ	総人口、GDP など	本章で設定方法を詳述
	家計データ	消費、貯蓄、人的投資、物的投資など	
Disaster Parameters	災害データ	人的被害率、物的被害率など	本章で設定方法を詳述

6.3.1 Deep Parameter

固定値とするパラメータを本アプリケーションでは Deep Parameter と呼ぶ。

(1) 所得階層数J

本モデルにおける所得階層数は、世界銀行の階層別所得シェアデータ等の利用可能なデータとの整合を考慮して 5 階層とする。

所得階層数	J = 5
-------	-------

(2) 災害ランク数L

災害ランクは 0~4 の 5 ランクが存在するものと仮定する。(災害ランク及びその災害被害率の具体の設定方法は、APPEMDIX D を参照)

災害ランク数	L = 4
--------	-------

(3) 時間選好率 ρ

時間選好率とは、現在の消費を抑制し、将来のために貯蓄するようになる金利水準である。つまり、現在の消費と将来の消費（貯蓄）を関連付けるものであり、時間選好率が大きいほど現在の消費を重視する傾向があることを示す。規定値を 0.12 とする。

時間選好率	$\rho = 0.12$
-------	---------------

(4) 相対的危険回避度 θ

家計のリスク選好度を示すものであり、数値が大きいほどリスクを回避する傾向があることを示す。ここでは、Kraay and Raddatz (2007) を参考に 2 と設定する。

相対的危険回避度	$\theta = 2$
----------	--------------

(5) 生存最低必要消費水準 \bar{c}

生存に最低限必要な消費額を示すものであり、貧困の罫を考慮可能とするものである。簡便化のため、0 と設定する。

生存最低必要消費水準	$\bar{c} = 0$
------------	---------------

(6) 物的資産減耗率 δ_z

毎期の物的資産が減耗する割合である。ここでは、物的資産の償却期間は 10 年であると仮定し、0.1 と設定する。

物的資産減耗率	$\delta_z = 0.1$
---------	------------------

(7) 生産資本減耗率 δ_k

毎期の生産資本が減耗する割合である。ここでは、生産資本の償却期間は 50 年であると仮定し、0.02 を設定する。

生産資本減耗率	$\delta_k = 0.02$
---------	-------------------

(8) 外生的技術進歩率 gb

全要素生産性の進歩率を示す。ここでは、一人当たり GDP と GDP 成長率の関係から、0.042 とする。（具体的設定方法は APPENDIX B を参照）

外生的技術進歩率	$gb = 0.042$
----------	--------------

(9) 人的資本形成の補正係数 ι

人的投資額と教育年数の関係を補正する係数である。パラメータの特定（キャリブレーション）の調整のために導入したものであるため、基本的には 1 とする。（1 の場合はモデルに影響が出ない）

人的資本形成の補正係数	$\iota = 1$
-------------	-------------

6.3.2 社会経済データの整理・設定

人口やGDPについてデータを収集・整理を行う。生産関数のシェアパラメータについては、産業連関表やSAMをもとに労働投入、資本投入等の分配比率を設定する。

(1) 階層別人口n

各所得階層の人口は、世界銀行の階層別所得シェアデータ等の利用可能なデータとの整合を考慮して、各階層で均等になるよう設定する。

1) 必要データ

- World Bank data (by Country)を使用
- 使用する項目は”Population,total”

2) 設定方法

総人口を所得階層数で除することにより導出する。

$$n = \frac{POT}{ICG}$$

n: 階層別人口
 POT: 総人口
 ICG: 所得階層数

3) 設定例

上述の式を用いて、階層別人口を求めた結果を以下の表にまとめる。

表 6-6 階層別人口 (2004 年値)

Country	Honduras	Pakistan	Guatemala	Peru	Costa Rica
総人口(人)	6,762,426	155,151,394	12,367,800	27,403,845	4,246,336
所得階層数	5	5	5	5	5
階層別人口 n (人)	1,352,485	31,030,279	2,473,560	5,480,769	849,267

(2) GDP

GDP の初期値は、外生的技術進歩係数 B_0 をキャリブレーションする際に用いる。なお、外生的技術進歩係数 B_0 については、GDP の初期値を入れることにより自動的に導出されるようプログラムされている。

1) 必要データ

- World Bank data (by Country) を使用
- 使用する項目は”GDP (constant 2005 US\$)”

2) 設定方法

World Bank のデータベースより取得した生データをそのまま用いる。

3) 設定例

参考として、各国の GDP を以下の表にまとめる。

表 6-7 GDP (2004 年値)

Group	Lower-middle-income economies			Upper-middle-income economies	
Country	Honduras	Pakistan	Guatemala	Peru	Costa Rica
GDP (constant 2005 US\$)	9,120,240,790	101,704,136,879	26,352,121,441	70,530,831,291	18,855,016,400

*Group は世界銀行で用いられている基準にて区分（なお、世界銀行の区分では Lower-middle-income economies は平均所得が\$1,046 から\$4,125 までの国家、Lower-middle-income economies は平均所得が\$4,126 から\$12,745 までの国家としている）

(3) 生産関数のシェアパラメータ α

1) 必要データ

- Social Account Matrix または Input Output Table

2) 設定方法

各国の Social Accounting Matrix (SAM) データにおける Wage と Capital、または Input Output Table における Wage と Non-Wage Income から生産要素の投入比率を算定し、それを生産関数のシェアパラメータとして使用する。

$$\alpha_1 = \frac{\text{WIN}}{(\text{WIN} + \text{CIN} + \text{RIN})}$$

$$\alpha_2 = \frac{\text{CIN}}{(\text{WIN} + \text{CIN} + \text{RIN})}$$

$$\alpha_3 = \frac{\text{RIN}}{(\text{WIN} + \text{CIN} + \text{RIN})}$$

α_1 : 労働投入シェア
α_2 : 資本投入シェア
α_3 : 土地投入シェア
WIN: 労働所得
CIN: 資本所得
RIN: 地代所得

3) 設定例

ホンジュラスを例に生産関数のシェアパラメータを設定したものを以下に示す。ホンジュラスの SAM データは Lizardo et al. (1999) により整理されたものが存在する。

表 6-8 生産関数のシェアパラメータ (ホンジュラス、1991 年値)

生産要素	入力値	小計額	合計額	比率
Urban Wage Earner	α_1	5606.70	6917.80	0.45
Rural Wage Earner		1311.10		
Capital	α_2	7084.50	7084.50	0.47
Land	α_3	不明	不明	0.08*

表 6-9 生産関数のシェアパラメータ

生産要素	Honduras	Pakistan	Guatemala	Peru	Costa Rica	入力値
Urban Wage Earner	0.45	0.52	0.38	0.38	0.45	α_1
Rural Wage Earner						
Capital	0.47	0.4	0.54	0.54	0.47	α_2
Land	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	α_3

*土地のデータに関する情報が不足しているため、各国の土地の比率 α_3 はパキスタンと同率（原則 0.08）と仮定した。

*Guatemala と Costa Rica に関してはデータが得られなかったため、仮定値を設定している。

Social Accounting Matrix of Honduras, 1991 *(continued)*
 Millions of current Lempiras

	FACTORS			HOUSEHOLDS AND OTHER INSTITUTIONS					
	Urblab	Rulab	Capital	hhalto	hhmedio	hhlowurb	hhlowrur	Empres	Gov
BIEN									
COMPUESTO*									
Agricultural exports (AgrExp)				27.60	27.20	27.20	20.80	0.00	
Agricultural grains (Grains)				36.00	46.80	44.10	53.90	0.00	
Livestock (Livestock)				80.70	67.70	34.80	18.40	0.00	
Other agricultural (OtherAgr)				136.60	191.90	187.20	194.40	0.00	
Agroindustry (IndAgr)				333.50	746.60	872.70	1028.50	0.00	
Other industry (OtherInd)				481.30	795.40	736.00	733.00	0.00	
Construction (Constr)				0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Trade (Trade)				314.20	441.40	430.60	447.10	0.00	
Mercantile services (MerSer)				596.50	838.00	817.40	848.80	0.00	
Public administration (PubAdmin)				0.00	0.00	0.00	0.00		1769.00
HOUSEHOLDS, ETC.									
High income (hhalto)	1513.80	354.00							1549.60
Medium income (hhmedio)	2192.20	512.60							2244.10
Urban wage Earner (hhlowurb)	1900.70	0.00							1384.70
Rural wage Earner (hhlowrur)	0.00	444.50							560.90
Enterprises (Empres)			7084.50						
Direct tax (Dirtax)				119.70	173.40	0.00	0.00		
SAVINGS/ INVESTMENT (CAPACC)				1291.20	1620.50	270.80	0.00	1345.10	-1018.10
TOTAL	5606.70	1311.10	7084.50	3417.40	4948.90	3420.70	3345.00	7084.50	750.90

(continued on next page)

Reference: Lizardo et al. (1999)

6.3.3 家計データの整理・設定

次に、消費額、物的資産、金融資産、人的資本等の家計の初期値データを収集・整理する。所得階層別にデータ把握が可能な場合には、階層別に把握する。

また、消費のシェアパラメータの初期値データについては、家計調査データを用いて、消費と物的資産への分配割合を算出して設定する。

(1) 所得分配

各階層の各所得分配額を把握する。本データは、後述の金融資産等の設定の際に用いる。

1) 必要データ

- World Bank data (by Country)を使用
- 使用する項目は”GDP (constant 2005 US\$)”、“Income share held by lowest 20%”、“Income share held by second 20%”、“Income share held by third 20%”、“Income share held by fourth 20%”、“Income share held by highest 20%”

表 6-10 所得分配の設定に必要な World Bank data

Name of Data
GDP (constant 2005 US\$)
Income share held by lowest 20%
Income share held by second 20%
Income share held by third 20%
Income share held by fourth 20%
Income share held by highest 20%

2) 設定方法

まず、社会経済データにて設定したシェアパラメータ α_i により GDP を案分して労働所得・資本所得を得る。次に、階層別のデータを算出するため、所得シェアを使用して労働所得・資本所得を階層毎に分配する。(証明は APPENDIX C の「参考：所得分配の関係式の導出」にて説明)

$$\beta_1 = \frac{\text{GDP} \cdot \alpha_1 \cdot a}{n}$$

$$\beta_2 = \frac{\text{GDP} \cdot \alpha_2 \cdot a}{n}$$

$$\beta_3 = \frac{\text{GDP} \cdot \alpha_3 \cdot a}{n}$$

β_1 : 階層別一人あたり労働所得

β_2 : 階層別一人あたり資本所得

β_3 : 階層別一人あたり地代所得

GDP : 総所得

α_1 : 労働投入シェア

α_2 : 資本投入シェア

α_3 : 土地投入シェア

a : 所得シェア

n : 階層別人口

※ α_i は生産関数のシェアパラメータを示す。

3) 設定例

ホンジュラスを例に挙げると、以下のように各階層の所得を求めることができる。

表 6-11 所得分配 (ホンジュラス、1994 年値)

所得分配	GDP (billion \$)	α_i 値	GDP (billion \$) $\times\alpha_i$ 値
労働所得	6.376	0.45	2.869
資本所得		0.47	2.997

算出した労働所得・資本所得を所得シェアで5階層に案分し、さらに案分したデータを各階層の人口で割ることで一人あたりの労働所得・資本所得を算出する。

表 6-12 階層別一人当たり労働所得 (ホンジュラス、1994 年値)

所得階層	労働所得(全体) (billion \$)	所得シェア	労働所得(階層別) (billion \$)	労働所得(一人当たり) (\$)
1st (poorest)	2.869	0.032	0.092	84.4
2nd (poor)		0.069	0.200	182.9
3rd (middle)		0.115	0.334	305.6
4th (rich)		0.192	0.556	509.0
5th (richest)		0.593	1.717	1573.3

表 6-13 階層別一人当たり資本所得 (ホンジュラス、1994 年値)

所得階層	資本所得(全体) (billion \$)	所得シェア	資本所得(階層別) (billion \$)	資本所得(一人当たり) (\$)
1st (poorest)	2.997	0.032	0.094	86.5
2nd (poor)		0.069	0.204	187.4
3rd (middle)		0.115	0.342	313.0
4th (rich)		0.192	0.569	521.3
5th (richest)		0.593	1.758	1611.2

(2) 家計の支出シェア

1) 必要データ

- Household Survey (家計調査) あるいは JICA の貧困プロファイル など

2) 設定方法

各国の家計調査データ、貧困プロファイル等を参照し、非耐久財支出(Food, Health, others など)、耐久財支出(Rent, Housing, Durables など)、教育投資(Education)の3種に分割し、その各シェアを求める。

$$H_1 = \frac{h_1}{h}$$

$$H_2 = \frac{h_2}{h}$$

H_1 : 非耐久財支出シェア

H_2 : 耐久財支出シェア

h_1 : 非耐久財支出

h_2 : 耐久財支出

h : 総支出

3) 設定例

ホンジュラスを例にとると、Honduras Poverty Assessment, Document of the World Bank (2006) に家計支出の内訳が掲載されていたため、そのデータを用いて家計の支出シェアを設定した。

表 6-14 月当たり支出の内訳 (ホンジュラス、2004 年値)

支出区分	支出内訳	小計額 (Lempira)	合計額 (Lempira)	支出比率
非耐久財 (消費)	Food	600	980	0.69
	Health	139		
	Others	241		
耐久財 (物的)	Rent	177	353	0.25
	Housing	116		
	Durables	60		
教育投資	Education	89	89	0.06

Table A 2 – B.4 Honduras 2004 - Monthly Average Per Capita values of Consumption Aggregate

		Monthly PC consumption	Food	Rent	Housing	Health	Education	Durables	Others
Area	Urban	2,005	765	278	171	196	145	97	353
	Rural	881	446	84	65	87	38	26	137
Group Total		1,424	600	177	116	139	89	60	241
Regions	Tegucigalpa	2,507	846	387	207	249	207	123	489
	San Pedro Sula	2,488	867	355	254	236	197	113	467
	Central Urban	2,034	826	247	168	216	138	101	337
	Central Rural	1,072	530	100	78	104	47	34	179
	Occident Urban	1,400	614	193	110	104	71	76	232
	Occident Rural	609	324	64	46	53	25	12	85
	Orient Urban	1,450	642	178	114	150	92	66	208
	Orient Rural	830	424	75	61	94	34	26	115
Group Total		1,424	600	177	116	139	89	60	241
Extreme Poor		358	209	44	35	18	13	3	35
Non-Extreme Poor		735	415	81	57	49	29	12	92
Non Poor		2,314	889	294	187	247	159	114	422
Group Total		1,424	600	177	116	139	89	60	241
All Poor		558	319	63	47	35	22	8	65
Non Poor		2,314	889	294	187	247	159	114	422
Group Total		1,424	600	177	116	139	89	60	241

The values in the table are the National averages Housing includes utilities and other services, others includes transportation, transfers and personal expenditures

Reference: Honduras Poverty Assessment, Document of the World Bank (2006)

(3) 消費c

1) 必要データ

- Household Survey (家計調査) あるいは JICA の貧困プロフィール など
- 家計の支出シェア (前段で算出)

2) 設定方法

各国の家計調査データ、貧困プロフィールを参照し、非耐久財支出(Food, Health, others)、耐久財支出(Rent, Housing, Durables)、教育投資(Education)の3種に分割し、その各シェアを求める。階層別の家計調査がある場合は、所得シェアではなく、階層別の家計調査結果のデータを使用する。

消費 c は、総支出額に (2) で算出した各々の支出シェアを掛け合わせるにより算出する。

$$h = \text{GDP} - \text{Gross Domestic Saving}$$

$$c = \frac{h \cdot H_1 \cdot a}{n}$$

<i>h</i> : 総支出額
<i>GDP</i> : 総所得
Gross Domestic Saving : 総貯蓄
<i>c</i> : 階層別消費 (一人あたり)
<i>H</i> ₁ : 非耐久財支出シェア
<i>a</i> : 所得シェア
<i>n</i> : 階層別人口

3) 設定例

上述の方法に従い、算出した結果を以下の表に示す。

表 6-15 一人あたり消費 c (2004 年値)

消費 c	Honduras	Pakistan	Guatemala	Peru	Costa Rica
1st (poorest)	93	208	241	295	462
2nd (poor)	243	289	545	583	1,032
3rd (middle)	448	369	889	926	1,613
4th (rich)	787	480	1,427	1,457	2,575
5th (richest)	2,564	924	3,820	3,777	6,574

(4) 人的資本h

1) 必要データ

- UNDP data (Mean years of schooling)
- Household Survey (家計調査) あるいは JICA の貧困プロファイル など

2) 設定方法

所得階層別の平均就学年数を人的資本の代理変数として設定する。

3) 設定結果

人的資本の代理変数として、平均就学年数を使用した際の設定結果を以下の表に示す。

表 6-16 人的資本（平均就学年数）の設定値（2004 年値）

人的資本 h	Honduras	Pakistan	Guatemala	Peru	Costa Rica
1st (poorest)	3.3	3.2	3.5	8.4	7.9
2nd (poor)	4.2	3.9	3.5	8.4	7.9
3rd (middle)	5.0	4.2	3.5	8.4	7.9
4th (rich)	6.0	4.4	3.5	8.4	7.9
5th (richest)	6.9	5.6	3.5	8.4	7.9

※Guatemala, Peru, Costa Rica は階層別の平均就学年数データが存在しないため、各階層の初期値は同値であると仮定した。

(5) 物的資本 z

1) 必要データ

- Household Survey (家計調査) あるいは JICA の貧困プロファイル など
- 家計の支出シェア (前段で算出)

2) 設定方法

各国の家計調査データ、貧困プロファイルを参照し、非耐久財支出(Food, Health, others)、耐久財支出(Rent, Housing, Durables)、教育投資(Education)の3種に分割し、その各シェアを求める。階層別の家計調査がある場合は、所得シェアではなく、階層別の家計調査結果のデータを使用する。

物的資本 z は、総支出額に (2) で算出した各々の支出シェアを掛け合わせるにより算出する。物的資本は、耐久財支出額を利子率で割り、フロー値をストック値へ変換することで求める。

$$h = \text{GDP} - \text{Gross Domestic Saving}$$

$$z = \frac{h \cdot H_2 \cdot a}{(I + \text{DEP} + \text{HDR} - \text{CDR}) \cdot n}$$

<p>h : 総支出額 GDP : 総所得 Gross Domestic Saving : 総貯蓄 z : 階層別物的資産 (一人あたり) H_2 : 耐久財支出シェア a : 所得シェア I : 利子率 DEP : 物的減耗率 HDR : 家計被害率 CDR : 企業被害率 n : 階層別人口</p>
--

3) 設定例

上述の方法に従い、算出した結果を以下の表に示す。

表 6-17 一人あたり物的資産 z (2004 年値)

物的資産 z	Honduras	Pakistan	Guatemala	Peru	Costa Rica
1st (poorest)	112	186	364	306	498
2nd (poor)	293	259	825	605	1,112
3rd (middle)	540	331	1,345	962	1,738
4th (rich)	949	429	2,158	1,513	2,775
5th (richest)	3,091	827	5,779	3,923	7,084

(6) 金融資産b

1) 必要データ

- World Bank data (by Country)を使用
- 使用する項目は”GDP (constant 2005 US\$)”、“Income share held by lowest 20%”、“Income share held by second 20%”、“Income share held by third 20%”、“Income share held by fourth 20%”、“Income share held by highest 20%”

表 6-18 金融資産の設定に必要な World Bank data

Name of Data
GDP (constant 2005 US\$)
Rental rate(lending rate)
Income share held by lowest 20%
Income share held by second 20%
Income share held by third 20%
Income share held by fourth 20%
Income share held by highest 20%

2) 設定方法

(1) で算出した所得分配の関係式から、資本所得は以下のように表される。

$$CI = GDP - \alpha_2 = (I + PCD) \cdot FA$$

<i>CI</i> : 資本所得
<i>GDP</i> : 総所得
α_2 : 資本投資シェア
<i>I</i> : 利子率
<i>PCD</i> : 生産資本減耗率
<i>FA</i> : 金融資産

よって、資本所得を利子率と生産資本減耗率の和で割ることにより、金融資産を求めることができる。

$$SFA = \frac{CI \cdot a}{(I + PCD)n}$$

<i>SFA</i> : 階層別金融資産 (一人あたり)
<i>CI</i> : 資本所得
<i>I</i> : 利子率
<i>PCD</i> : 生産資本減耗率
<i>a</i> : 所得シェア
<i>n</i> : 階層別人口

3) 設定例

(2)で算出した一人あたり資本所得を利子率と減耗率の和で割り戻すことで一人あたりの金融資産を算出する。

表 6-19 一人あたり金融資産 (ホンジュラス、2004 年値)

所得階層	資本所得 (一人あたり) (\$)	利子率	減耗率	金融資産 (一人あたり) (\$)
1st (poorest)	70	0.199	0.02	321
2nd (poor)	184			842
3rd (middle)	340			1,554
4th (rich)	598			2,732
5th (richest)	1,947			8,899

表 6-20 一人あたり金融資産 (2004 年値)

金融資産 b	Honduras	Pakistan	Guatemala	Peru	Costa Rica
1st (poorest)	321	1297	1277	1101	1793
2nd (poor)	842	1801	2892	2176	4005
3rd (middle)	1554	2306	4713	3458	6259
4th (rich)	2732	2992	7564	5440	9993
5th (richest)	8899	5765	20256	14104	25513

(7) 土地面積T

1) 必要データ

- World Bank data (by Country)を使用

表 6-21 土地面積の設定に必要な World Bank data

Name of Data
GDP (constant 2005 US\$)
Arable Land
Income share held by lowest 20%
Income share held by second 20%
Income share held by third 20%
Income share held by fourth 20%
Income share held by highest 20%

2) 設定方法

土地面積 T は農耕地面積と仮定し、所得シェアを用いることにより階層別の値を設定する。さらに階層別人口で一人あたりの土地面積を算出する。

$$T = \frac{CA \cdot a}{SPO}$$

T : 一人当たり土地面積 (階層別)
CA : 農耕地面積
a : 所得シェア
SPO : 所得階層別人口

3) 設定例

上述の方法に従い、ホンジュラスデータにより算出した結果を以下の表に示す。

表 6-22 階層別一人当たり土地面積 (ホンジュラス、1994 年値)

所得階層	土地面積 (全体) (ha)	所得シェア	土地面積 (階層別) (ha)	土地面積 (一人当たり) (ha)
1st (poorest)	1,650,000	0.032	52,470	0.05
2nd (poor)		0.069	113,685	0.10
3rd (middle)		0.115	189,915	0.17
4th (rich)		0.192	316,305	0.29
5th (richest)		0.593	977,625	0.90

(8) 年間教育時間比率m

1) 必要データ

- Household Survey (家計調査) あるいは JICA の貧困プロフィール など

2) 設定方法

人的投資は教育時間のデータを利用する。ただし、開発途上国においては統計データが整備されていない可能性が高い。

その場合、以下の方法により、代表的個人の年間平均教育比率を設定する。

◇仮定

- 就学者は年間を通して教育を受けるものとする。(x 時間×y 日)
- 勤労者は年間を通して労働を行うものとする。(x 時間×y 日)

ここで、就学者は年間を通して教育のみを、勤労者は労働のみを行うと仮定すると、一人当たりの年間平均教育時間比率は以下のように表される。

$$m_0 \equiv \frac{SPO}{(SPO + EPO)} = \frac{TET}{(TET + TWT)}$$

m_0 : 年間平均教育時間比率の初期値
SPO : 就学人口
EPO : 就業人口
TET : 教育時間の合計
TWT : 労働時間の合計

※就学人口：世界銀行データベースにデータが存在する「Primary」と「Secondary」の生徒数の合計として設定

※就業人口：「Primary 入学年齢（5 歳前後）から退職年齢（65 歳）までの合計人口」から「就学人口」を引いた人口として設定

3) 設定例

人口データを用いて計算した各国の結果以下のようなになる。

表 6-23 年間平均教育時間比率の初期値 m_0

Country	Honduras	Pakistan	Guatemala	Peru	Costa Rica
年間平均教育時間比率の初期値 m_0	0.33	0.18	0.31	0.31	0.26

(9) 人的資本減耗率 δ_h

1) 必要データ

- World Bank data (by Country)を使用

表 6-24 人的資本減耗率の設定に必要な World Bank data

Name of Data
Death rate, crude (per 1,000 people)
Mortality rate, infant (per 1,000 live births)
Number of infant deaths
Population, total

2) 設定方法

人的資本減耗率 δ_h は、人的資本保有者の死亡者数を総人口で除することにより得る。DR²AD model において、人的資本減耗率 δ_h は、知識の陳腐化や労働世代の入れ替わりを反映するものとしている。

$$\delta_h (\equiv \text{CFR}) = \frac{\text{DT} - \text{IDT}}{\text{TPO}}$$

δ_h : 人的資本減耗率

CFR : 死亡率

DT : 死亡者数

IDT : 乳幼児死亡者数

TPO : 総人口

3) 設定例

以下、ケーススタディ対象国の 2004 年値を用いて設定した結果を示す。各国の人的資本減耗率 δ_h とともに、概ね 0.4%~0.5%程度となった。

表 6-25 人的資本減耗率 δ_h の算定 (2004 年値)

	Honduras	Pakistan	Guatemala	Peru	Costa Rica
Death rate, crude (per 1,000 people)	5.21	7.45	5.92	5.49	4.02
Mortality rate, infant (per 1,000 live births)	26.50	81.60	34.60	23.00	9.20
Number of deaths	35,239	1,155,412	73,168	150,420	17,049
Number of infant deaths	5,160	329,382	14,941	14,105	720
Population, total	6,762,426	155,151,394	12,367,800	27,403,845	4,246,336
Depletion rate δ_k	0.004	0.005	0.005	0.005	0.004

※データの出典は、「the World Development Indicator, World Bank」より

(10) 人的資本費用関数 η

代表的個人の人的資本（平均就学年数）のレベルに応じた人的投資費用を考慮するため、人的投資費用関数を教育水準別（小学校、中学校、高校、大学等）に設定した。

1) 必要データ

■ INSTITUTE for STATISTICS, UNESCO

- Duration by level of education
- Government expenditure per student as % of GDP per capita

■ World Development Indicator, World Bank

- Country and Lending Groups
- GDP per capita (constant 2005 US\$)

2) 設定方法

教育水準別に家計が年間に教育に投じた費用と教育時間との関係についてのデータがある場合にはその関係を用いて、人的投資費用関数を推計する。

データがない場合には、所得グループに応じた教育支出率を用い簡便的に人的投資費用関数を推計する。

設定の手順は以下の通りである。



① 学生一人あたり教育支出率の設定

(必要データ)

- Country and Lending Groups
- Government expenditure per student as % of GDP per capita

World Bank 「Country and Lending Groups」で設定されている国家単位の所得グループ別に、学生一人あたり教育支出率(% GDP per capita)を算出する。算出した値は、ユニバーサル値として利用する。

表 6-26 学生一人あたり教育支出率 (% GDP per capita、2004-2012 年の平均値) (単位: %)

Income class / Education Level	Low income (GNI per capita of \$1,045 or less)	Lower middle income (GNI per capita of \$1,046 to \$4,125)	upper middle income (GNI per capita \$4,126 to \$12,745)	High income: non OECD (GNI per capita of \$12,746 or more)	High income: OECD (GNI per capita of \$12,746 or more)
Primary	12.5	13.8	17.0	15.5	20.8
Lower secondary	17.9	16.4	19.4	18.9	24.2
Upper secondary	62.7	25.7	20.5	21.2	26.7
Tertiary	215.1	74.3	36.3	28.9	29.4

② 学生一人あたり教育支出額の設定 (各国固有値)

(必要データ)

- GDP per capita (constant 2005 US\$)

①で求めた学生一人あたり教育支出率(% GDP per capita)を各国固有の GDP per capita に掛け合わせることで、各国固有の学生一人あたり教育支出額 (\$) を算出する。

$$USD = EOR \cdot GDP \text{ per capita}(USD)$$

USD : 学生一人あたり教育支出額
EOR : 学生一人あたり教育支出率 (%GDP per capita)

表 6-27 GDP per capita (2004-2012 年の平均) (単位 : USD)

Country	Honduras	Pakistan	Guatemala	Peru	Costa Rica
GDP per capita (constant 2005 US\$)	1,490	731	2,248	3,242	5,150
Income class	Lower-mid dle-income	Lower-mid dle-income	Lower-mid dle-income	Upper-mid dle-income	Upper-mid dle-income

表 6-28 学生一人あたり教育支出額 (単位 : USD)

Country	Honduras	Pakistan	Guatemala	Peru	Costa Rica
Primary	205.8	100.9	310.0	555.4	880.3
Lower secondary	245.3	120.3	369.8	632.0	1001.9
Upper secondary	381.3	187.3	575.6	665.4	1056.8
Tertiary	1092.6	536.4	1653.3	1154.8	1858.0

③ 人的投資費用関数の設定

②で求めた学生一人あたり教育支出額を用いて人的投資費用関数を設定する。人的投資費用関数は、縦軸に教育支出額 η 、横軸に就学年数の伸び m を取る。

就学年数の伸び m は、一年間を通じて教育を受けた場合は $m = 1$ 、全く教育を受けなかった場合は $m = 0$ となる。

人的投資費用関数は、就学年数の伸び m が大きくなるほど教育支出額 η が乗数的に増大するものと仮定し、その関数形は二次関数とする。人的投資費用関数の形状は他にも指数型やロジスティック型も考えられるが、二次関数とすることで就学年数の伸び m に関する一階条件式が解析的に解けるようになり、モデルの安定性や扱い易さが向上する。

以下、パキスタンのデータを用いて、人的投資費用関数を設定した例である。

表 6-29 人的投資費用関数の設定値（ホンジュラスを例に）

Pakistan	教育支出額 η (\$) (2004-2012 平均値)	就学年数の伸び m (years)	人的投資費用関数 $\eta(m)$ (\$)
Primary	205.8	1	$\eta(m)=205.8 m^2$
Lower secondary	245.3	1	$\eta(m)=245.3 m^2$
Upper secondary	381.3	1	$\eta(m)=381.3 m^2$
Tertiary	1092.6	1	$\eta(m)=1092.6 m^2$

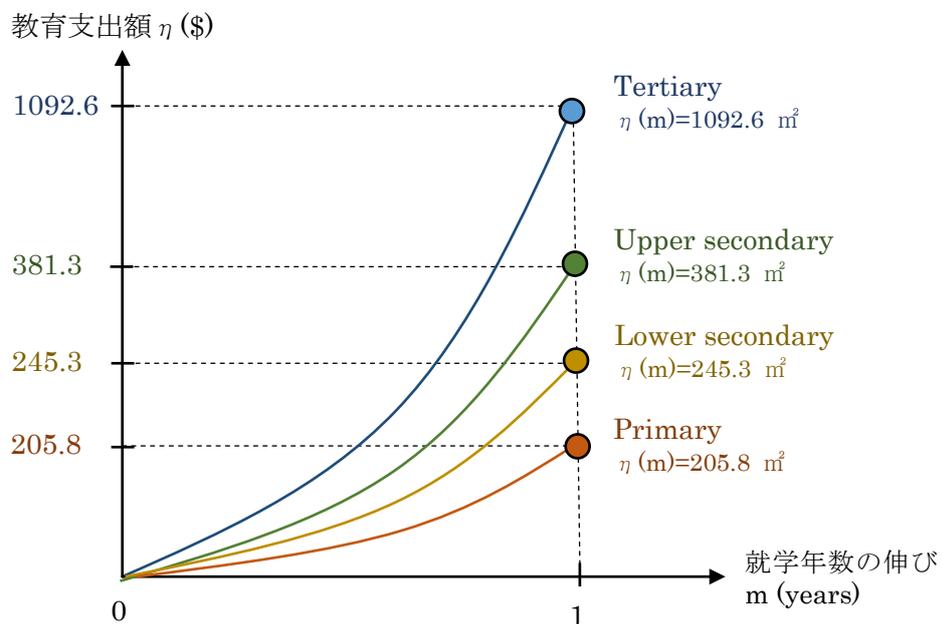


図 6-1 人的投資費用関数の設定（ホンジュラスを例に）

④教育水準別の人的投資費用関数の設定

(必要データの使用)

- Duration by level of education

国別の教育水準別の標準在籍期間 (duration) を参考に、教育水準別の人的投資費用関数の使用範囲を定める。

3) 設定例

以下の表に人的資本のレベルを考慮した人的投資費用関数を整理する。表中の Range of Human Capital の範囲は、標準在籍期間 (duration) を基に設定している。

表 6-30 人的投資費用関数 (ステップ関数型)

Education Level	Country					Duration
	Honduras	Pakistan	Guatemala	Peru	Costa Rica	
Primary	$y = 205.8 \text{ m}^2$	$y = 100.9 \text{ m}^2$	$y = 310.0 \text{ m}^2$	$y = 555.4 \text{ m}^2$	$y = 880.3 \text{ m}^2$	$0 \leq h \leq 6$
Lower secondary	$y = 245.3 \text{ m}^2$	$y = 120.3 \text{ m}^2$	$y = 369.8 \text{ m}^2$	$y = 632.0 \text{ m}^2$	$y = 1001.9 \text{ m}^2$	$6 < h \leq 9$
Upper secondary	$y = 381.3 \text{ m}^2$	$y = 187.3 \text{ m}^2$	$y = 575.6 \text{ m}^2$	$y = 665.4 \text{ m}^2$	$y = 1056.8 \text{ m}^2$	$9 < h \leq 11$
Tertiary (Bachelor)	$y = 1092.6 \text{ m}^2$	$y = 536.4 \text{ m}^2$	$y = 1653.3 \text{ m}^2$	$y = 1164.8 \text{ m}^2$	$y = 1858.0 \text{ m}^2$	$11 < h \leq 15$
Tertiary (Master)	$y = 1504.3 \text{ m}^2$	$y = 651.4 \text{ m}^2$	$y = 2275.5 \text{ m}^2$	$y = 1412.9 \text{ m}^2$	$y = 2256.9 \text{ m}^2$	$15 < h \leq 17$
Tertiary (Doctor)	$y = 1918.7 \text{ m}^2$	$y = 820.0 \text{ m}^2$	$y = 2904.4 \text{ m}^2$	$y = 1679.8 \text{ m}^2$	$y = 2685.6 \text{ m}^2$	$17 < h \leq 20$
Post-tertiary	$y = 5347.2 \text{ m}^2$	$y = 2064.6 \text{ m}^2$	$y = 8097.9 \text{ m}^2$	$y = 3860.1 \text{ m}^2$	$y = 6188.3 \text{ m}^2$	$20 < h \leq 60$

※Tertiary (Master)、Tertiary (Doctor)、Post-tertiary に関しては、Primary から Tertiary (Bachelor)までのデータを基に回帰分析により導出

6.3.4 災害データ

(1) 設定の手順

災害データを用いた設定は以下の手順により実施する。

1) 対象とする災害の特定

分析対象とする災害を最大2つ選定する（例：洪水、地震）。

2) 対象とする災害種

分析対象国の UNISDR の DesInventar 等の災害データを用い、人的被害、家屋被害、生産設備被害、土地被害の4つの被害率を設定する。

$$HSR = \frac{\sum(DT + MS + IJ + EVC + MO + AFP)}{TPO}$$

$$HDR = \frac{CHN}{THN} \text{ or } \frac{AHN}{THN}$$

$$PDR = \frac{PD}{PDS}$$

$$LDR = \frac{DFL \cdot FA}{FL}$$

HSR：人的被害率

DT：死者数

MS：行方不明者数

IJ：負傷者

EVC：避難者数

MO：移動人口

AFP：被災者数

TPO：総人口

HDR：家屋被害率

CHN：倒壊家屋数

AHN：影響家屋数

THN：家屋総数

PDR：生産設備被害率

PD：生産設備被害額

PDS：生産設備ストック額

LDR：土地被害率

DFL：被災農地

FA：森林面積

FL：農耕地面積

※総家屋数のデータがないときは、世帯数を家屋総数のかわりに用いることも考えられる。

※生産設備のストック額が把握できないときは、World Bank Indicators より各年の国内総貯蓄を用いることが考えられる。

表 6-31 被害データの存在状況

modellにinput すべき被害指標	災害データベースの 災害被害指標	データ存在状況			
		EM-DAT	DesInventar	Netcat- SERVICE	Sigma (Swiss Re)
人的被害	死者数(人)	○	○	—	○
	負傷者(人)	○	○	○	○
	行方不明者(人)	—	○	—	○
	避難者数(人)	—	○	—	—
	移動人口(人)	—	○	—	—
	被災者数(人)	—	○	—	—
物的被害	倒壊家屋数(戸数)	—	○	—	—
	影響家屋数(戸数)	—	○	—	—
生産設備被害	被害額・損失額(米ドル)	○	○	△	△
土地被害	農地、森林(ha)	—	○	—	—

○: 数量が示されている △: 数量はあるが限定的 —: 数量データなし

3) 被害関数の推計

過去に発生した被害データ等を用い、追加的な対策を行わなかった場合の被害関数を推計する。

被害率は災害が発生しなかったもしくは、ほぼ影響がなかった場合（ランク 0）、災害が発生した場合の 4 ランク（ランク 1～4）の発生確率および被害率を設定する。

ランク別の被害率は、発生確率を考慮して設定する（Appendix C 参照）。

4) 対策実施時の被害率の設定

対策を実施した場合の災害種別ランク別の被害率を設定する。

ハードソフトの対策効果をインプットすることで、それら対策効果のみならず、対策の組み合わせや、対策時期の違いによる効果が計測できる。

本バージョンでは土地被害率の対策効果は考慮しない（入力不可）。

<対策メニュー>

対策名	対策効果
対策なし	確率規模別に応じた被害率を設定
ソフト対策実施	災害発生時に予警報等による死亡や負傷等の被害の軽減が図られるなど、人的被害のみ軽減できるソフト対策の効果
ハード対策実施 1	堤防の整備等のインフラ整備により、人的被害のみならず、物的被害、生産設備被害の低減が期待できるハード対策（2種類設定可能）
ハード対策実施 2	
ハード対策あり 1 +ソフト対策	上記対策の組み合わせによる効果
ハード対策あり 2 +ソフト対策	上記対策の組み合わせによる効果
シナリオ A	5年目まで対策なし、5年目以降はハード対策 1 を実施した場合の効果
シナリオ B	5年目まで対策なし、5年目以降はハード対策 1 を実施、10年目以降はハード対策 2 を実施した場合の効果

※網掛け部の被害率を設定する必要がある。具体の被害率の設定方法は Appendix D-III を参照のこと。

(2) 設定例

ケーススタディでは、災害として洪水と地震を対象に被害率を設定した。

ハード対策1ではランク1の被害を防ぐことができ、ハード対策2では、ランク2の対策を防げるものと設定した。対策に伴い、被害関数がスライドすることで、ランク2、3、4の被害も軽減されるものとした。

ソフト対策は、洪水時には人的被害が0、地震時には効果がないものと設定した。

1) 洪水

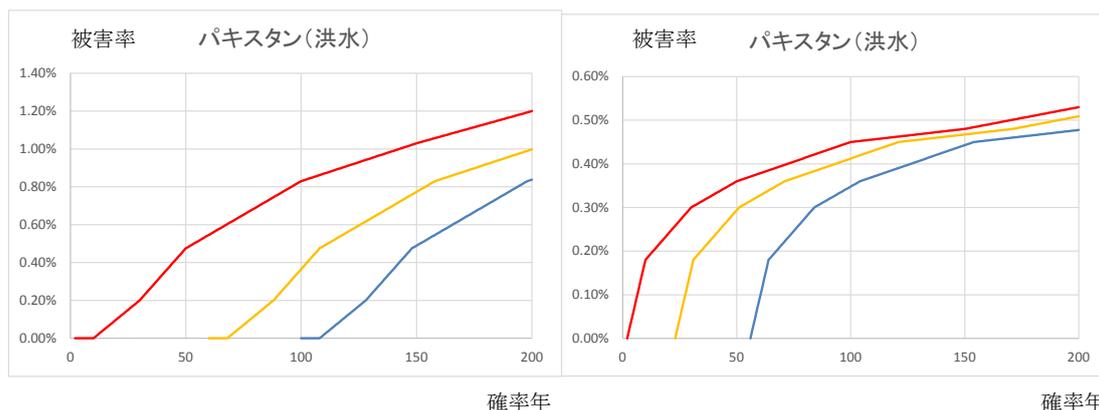


図-6-2 人的被害関数（左）と家屋被害関数（右）

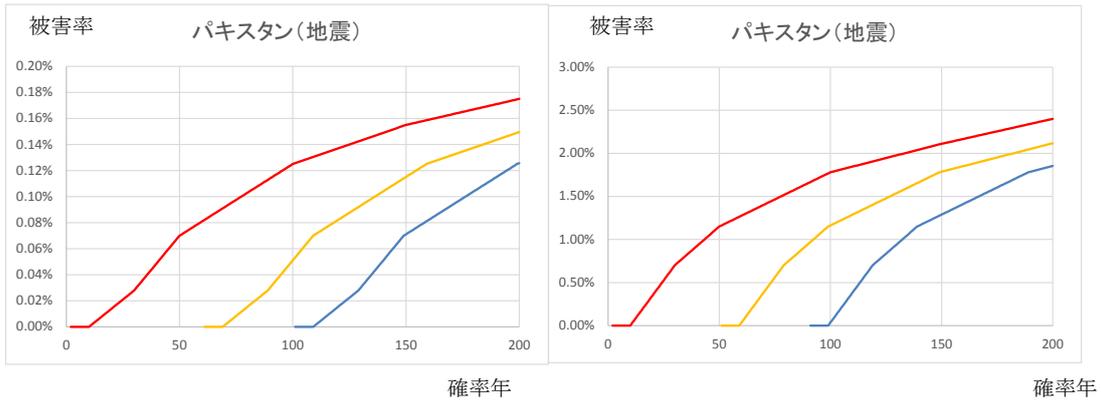
表 6-32 ランク別人的被害・家計被害・生産設備被害設定結果（パキスタンの洪水を例に）

国(災害)	ランク	発生確率	確率	人的被害			
				対策なし	ソフト対策	ハード対策あり1	ハード対策あり2
パキスタン(洪水)	0	50.0%	~1/2	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	1	46.6%	1/2~1/60	0.23%	0.00%	0.00%	0.00%
	2	1.7%	1/60~1/100	0.68%	0.00%	0.13%	0.00%
	3	1.0%	1/100~1/146	0.92%	0.00%	0.57%	0.17%
	4	0.7%	1/146~1/200	1.11%	0.00%	0.89%	0.65%

国(災害)	ランク	発生確率	確率	家計被害			
				対策なし	ソフト対策	ハード対策あり1	ハード対策あり2
パキスタン(洪水)	0	50.0%	~1/2	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	1	46.6%	1/2~1/60	0.16%	0.16%	0.00%	0.00%
	2	1.7%	1/60~1/100	0.32%	0.32%	0.21%	0.00%
	3	1.0%	1/100~1/146	0.42%	0.42%	0.38%	0.27%
	4	0.7%	1/146~1/200	0.49%	0.49%	0.47%	0.44%

国(災害)	ランク	発生確率	確率	生産設備被害			
				対策なし	ソフト対策	ハード対策あり1	ハード対策あり2
パキスタン(洪水)	0	50.0%	~1/2	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	1	46.6%	1/2~1/60	0.72%	0.72%	0.00%	0.00%
	2	1.7%	1/60~1/100	1.43%	1.43%	0.92%	0.00%
	3	1.0%	1/100~1/146	1.84%	1.84%	1.67%	1.17%
	4	0.7%	1/146~1/200	2.15%	2.15%	2.08%	1.93%

2) 地震



赤：対策なし、黄色：ハード対策1、青：対策2

図-6-3 人的被害関数（左）と家屋被害関数（右）

表 6-33 ランク別人的被害・家計被害・生産設備被害設定結果（パキスタンの地震を例に）

国(災害)	ランク	発生確率	確率	人的被害			
				対策なし	ソフト対策	ハード対策あり1	ハード対策あり2
パキスタン(地震)	0	50.0%	~1/2	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	1	46.7%	1/2~1/61	0.03%	0.03%	0.00%	0.00%
	2	1.6%	1/61~1/101	0.10%	0.10%	0.02%	0.00%
	3	1.0%	1/101~1/146	0.14%	0.14%	0.08%	0.02%
	4	0.7%	1/146~1/200	0.16%	0.16%	0.13%	0.10%
国(災害)	ランク	発生確率	確率	家計被害			
				対策なし	ソフト対策	ハード対策あり1	ハード対策あり2
パキスタン(地震)	0	50.0%	~1/2	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	1	46.7%	1/2~1/61	0.53%	0.53%	0.00%	0.00%
	2	1.6%	1/61~1/101	1.41%	1.41%	0.41%	0.00%
	3	1.0%	1/101~1/146	1.87%	1.87%	1.34%	0.53%
	4	0.7%	1/146~1/200	2.23%	2.23%	1.91%	1.53%
国(災害)	ランク	発生確率	確率	生産設備被害			
				対策なし	ソフト対策	ハード対策あり1	ハード対策あり2
パキスタン(地震)	0	50.0%	~1/2	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	1	46.7%	1/2~1/61	2.34%	2.34%	0.00%	0.00%
	2	1.6%	1/61~1/101	6.20%	6.20%	1.82%	0.00%
	3	1.0%	1/101~1/146	8.24%	8.24%	5.92%	2.34%
	4	0.7%	1/146~1/200	9.79%	9.79%	8.42%	6.75%

APPENDIX

APPENDIX A: RESTRICTIONS OF THIS MODEL

DR²AD model (Ver1.4) は、様々な国のデータを用いてケーススタディを実施した場合においても、安定的に解を算出できるよう開発が進められた。DR²AD model (Ver1.4) ではモデルの安定性を向上させるために、次のような制約条件を置いている。

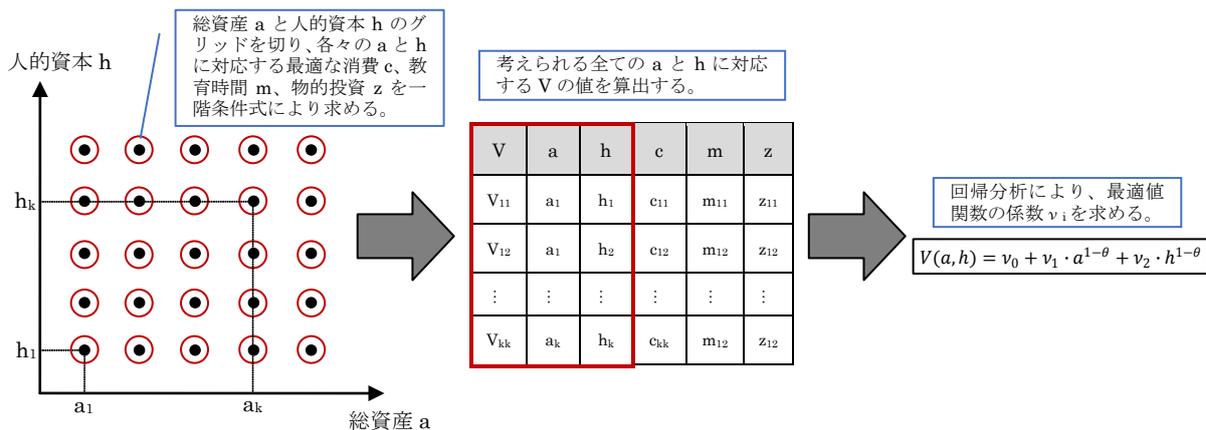
I 最適値関数の係数の計算方法の簡便化

DR²AD model (Ver1.4) の最適値関数は以下を仮定している。

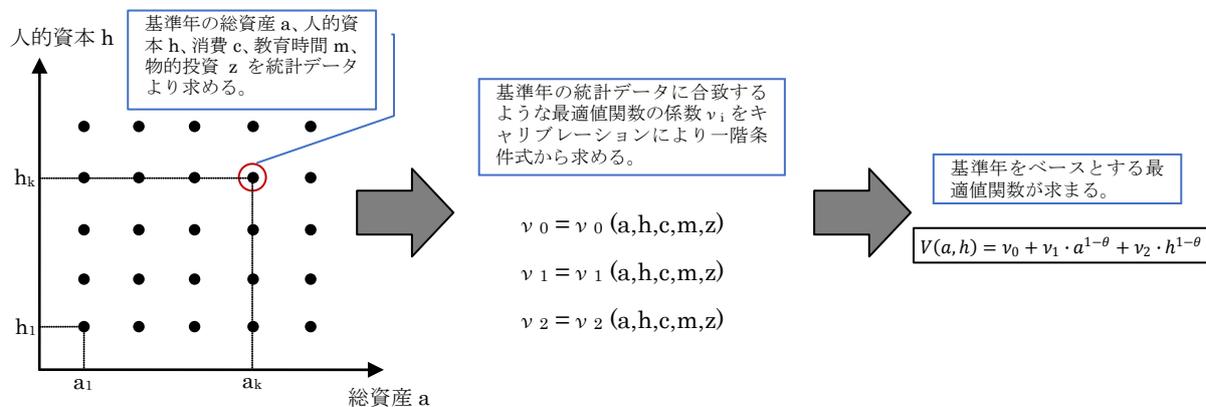
$$V(a, h) = v_0 + v_1 \cdot a^{1-\theta} + v_2 \cdot h^{1-\theta}$$

ただし、 a は総資産、 h は人的資本、 θ は相対的危険回避度を表す。 $v_i \in \{v_0, v_1, v_2\}$ は最適値関数の係数である。本来、最適値関数の係数 v_i は、一生涯のうちに取り得る可能性のある変数の全組合せを考慮して回帰的に決定するものである。しかし、プログラム・アルゴリズムが非常に難解となるため、Ver1.4では基準年のデータ（ある一時点のデータ）を利用してキャリブレーションにより最適値関数の係数を求めた。そのため、長期的な経済成長の水準が基準年のデータに引き摺られてしまう点が制約となる。

【本来の求め方（下記の例はCollocation Methodにより解いた場合）】



【簡便化した求め方（今回）】



II モデル助走区間の導入

DR²AD model (Ver1.4) は、期初の 3 年間でモデルの助走期間として設定している。

DR²AD model (Ver1.4) は、代表的個人の完全合理的な行動を仮定しているため、シミュレーション結果は最適な資源配分を達成している。一方で、現実には得られる統計データは、不完全合理的な行動の結果を含んでいるため、最適な資源配分が達成されたものではない。そのため、期初のシミュレーション結果と期初にインプットする統計値との間に資源配分に関する不整合が生じた。

その結果として、不完全合理的な行動の初期値から合理的な行動結果に移行するまで 2~3 年要しているケースが見られた。それゆえ、期初の 3 年間でモデルの助走期間として設定し、期初に生じる不整合を棄却することとしている（アプリケーションの出力グラフは、助走期間の 3 年間は削除されたものとなっている）。

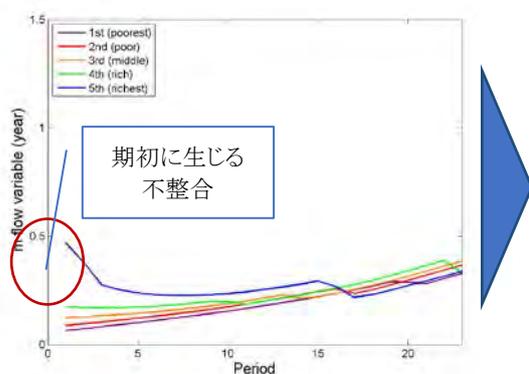


図 A-1 助走期間なし

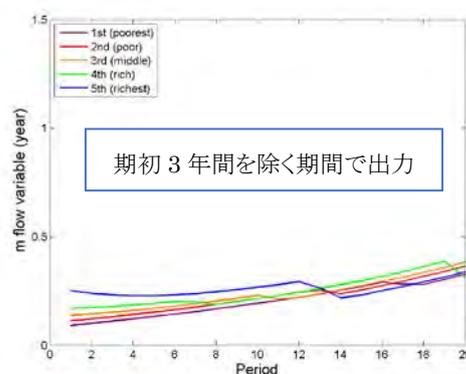


図 A-2 助走期間あり

上右図の助走期間ありの例では、計算期間を 23 年とし、期初の 3 年間で除く 4 期目から 23 期目までの計算結果をグラフに出力したものである。4 期目以降、挙動が暴れる例は発生していない。

APPENDIX B: HOW TO SET EXOGENIOUS TECHNOLOGICAL RATE

I EXOGENIOUS TECHNOLOGICAL RATE CO-EFFICIENT

防災投資を検討する上で災害年の GDP の実績とモデルの GDP が合致するように、外的な技術成長を表す変数である技術進歩係数 B_0 を設定する。

技術進歩係数 B_0 は生産関数をもとに、GDP を予測する際に補正值として設定する変数であり、下記のように規定される。

$$B_0 = \frac{GDP_0}{H(0)^{\alpha_1} K(0)^{\alpha_2} T(0)^{\alpha_3}}$$

技術成長要素 B は技術進歩率 gb に合わせて、毎年一定の成長をすると仮定しているため、

$$B(t) = B_0 \cdot (1 + gb)^{t-1}$$

と設定される。

II EXOGENIOUS TECHNOLOGICAL RATE

(1) 生産関数の残差より推計する方法

TFP growth rate (以降 gb とする) は、生産関数の残差として推計する方法が一般的に用いられる。

ケーススタディでは、ホンジュラスの gb の時系列データを用いて、 gb 成長関数を推計した。基準年は 2004 年（計算期間は統計データの利用可能な 2005 年～2011 年まで）とした。

結果、 gb は、GDP の成長とともに減少する傾向が確認され、将来的にはマイナス値となる回帰式も見られた。

Data	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
TFP rate gb								
t: Period	0	1	2	3	4	5	6	7
Y: GDP	9,120,240,790	9,672,095,584	10,307,270,097	10,945,102,350	11,408,284,210	11,130,848,997	11,546,149,370	11,989,031,445
N: Total population	6,762,426	6,898,825	7,037,428	7,178,436	7,322,368	7,469,844	7,621,204	7,776,669
H: Human stock (mean years of schooling)	33,812,130	32,424,478	33,779,654	35,174,336	37,344,077	38,843,189	41,154,502	42,771,680
K: Capital stock	19,405,645,752	21,612,568,226	24,684,226,554	27,383,427,502	26,635,781,164	24,160,164,907	25,758,669,483	27,146,308,804
T: Land stock	1,050,000	1,050,000	1,050,000	1,050,000	1,018,000	1,020,000	1,020,000	1,020,000
ω : Human damage rate	0.006	0.012	0.002	0.009	0.049	0.005	0.012	0.002
ψ : Capital damage rate	0.000	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
τ : Land damage rate	0.013	0.157	0.057	0.070	0.213	0.049	0.099	0.006
$\{(1-\omega)H\}^{\alpha 1}$: Human stock share	2,636	2,579	2,640	2,681	2,703	2,809	2,875	2,939
$\{(1-\psi)K\}^{\alpha 2}$: Capital stock share	61,487	64,348	68,771	72,177	71,248	68,091	70,144	71,878
$\{(1-\tau)T\}^{\alpha 3}$: Land stock share	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
B0: TFP coefficient	18.6	19.5	18.8	18.8	20.0	19.3	19.1	18.8
$\alpha 1$: Share parameter								
$\alpha 2$: Share parameter								
$\alpha 3$: Share parameter								
TFP rate gb		0.049	0.006	0.003	0.018	0.008	0.005	0.001

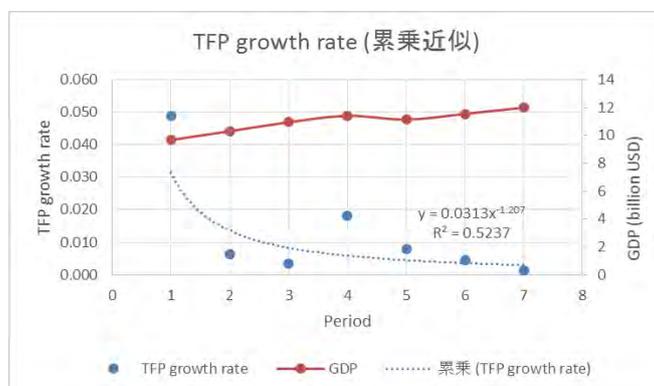
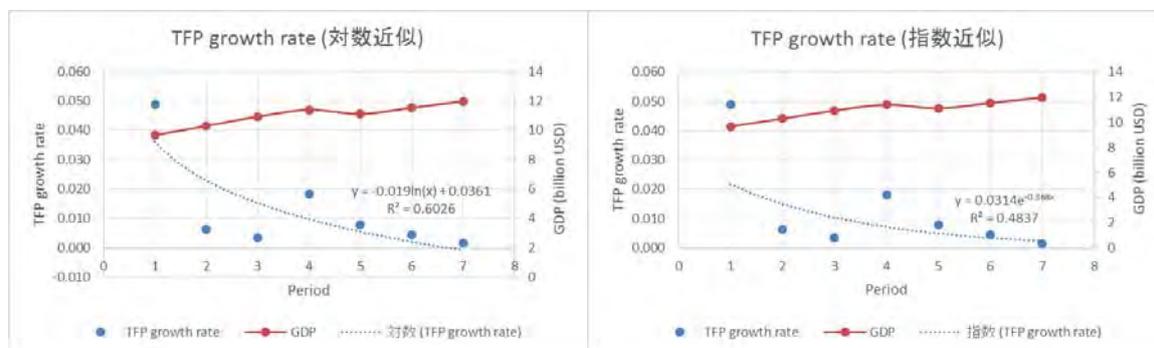


図 B-1 gb の推計

(2) GDPの伸びによる技術進歩率の設定

gb の設定方法として、簡易的に GDP の伸び率と技術進歩の伸びが同率と見直して設定することも考えられる。

その際、国毎の経済格差が gb の大きさに影響することが考えられるため、同様の経済規模の国でグルーピングして推計を行うことが考えられる。

今回のケーススタディにおいては、対象 5 カ国をグルーピングし設定を行うこととする。

分析対象国 5 カ国における 1 人あたり GDP と、GDP 成長率の推移を 1960～2013 年にかけての全データをプロットした結果、下図の通り、GDP の規模によらず、各国の成長率の平均は約 4%となった。今回のケーススタディでは 4%を gb の値として用いることとした。

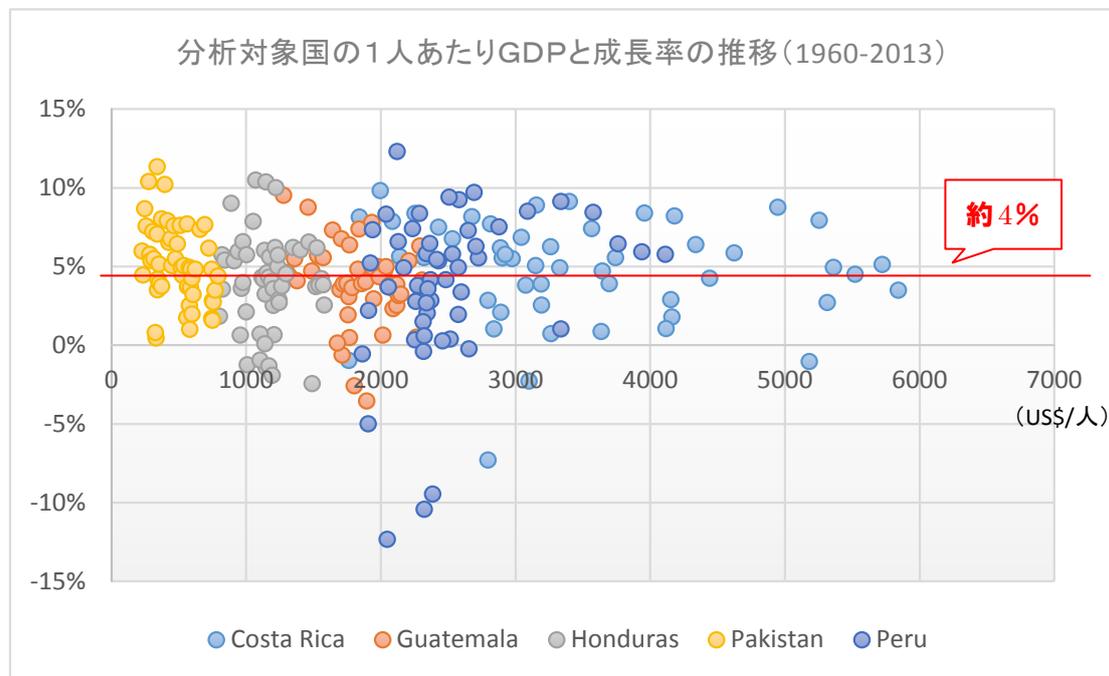


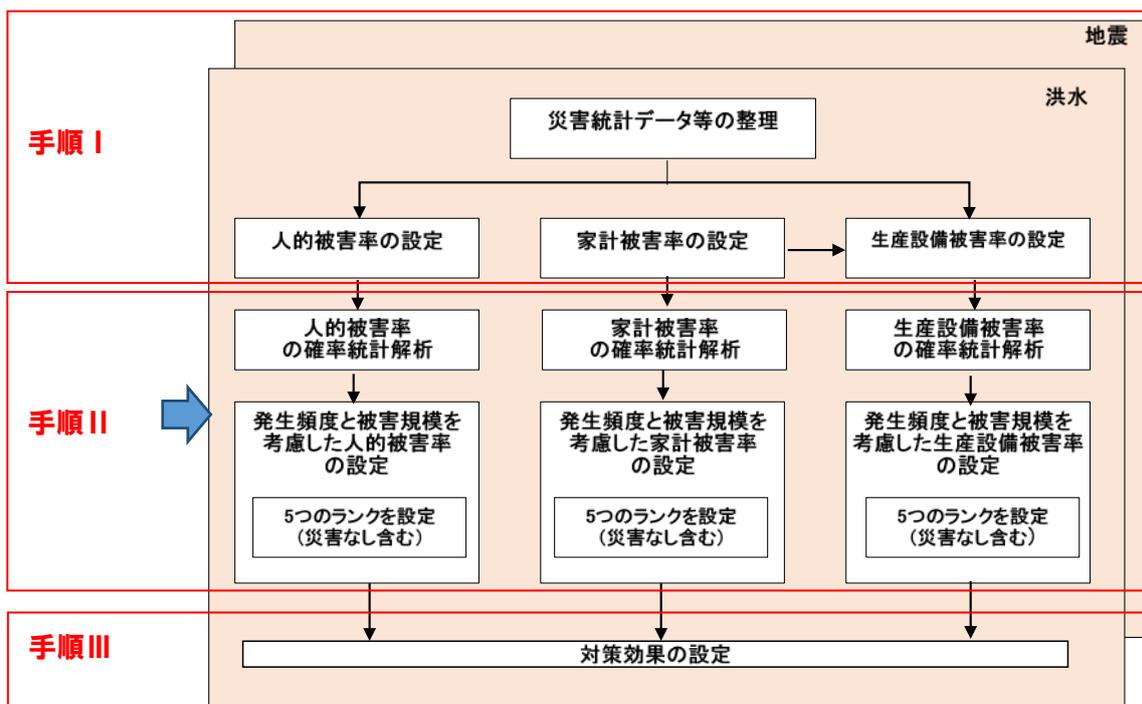
図 B-2 分析対象国の一人あたり GDP と成長率の推移

APPENDIX C: DETERMINATION OF DISASTER PARAMETERS

今回のケーススタディにおける被害率の設定方法を参考として示す。

手順Ⅰ、Ⅱ、Ⅲを順次実施し、ランク別の被害率を設定する。

<設定フロー>



I 各種被害率の設定

1. 災害種別として、地震、洪水を想定。
2. 災害種別に、①人的被害率、②家計被害率、③生産設備被害率を設定する
※土地の被害率は扱っていない
3. 以下の2つの被害率についてランク別の被害率を設定する

$$\textcircled{1} \quad \text{HSR} = \frac{\text{HS}}{\text{TPO}}$$

$$\textcircled{2} \quad \text{HDR} = \frac{\text{DHN}}{\text{FN}}$$

HSR : 人的被害率
 HS : 人的被害 (死亡・負傷等)
 TPO : 人口
 HDR : 家計被害率
 DHN : 被害家屋数
 FN : 世帯数

使用する統計データ	<ul style="list-style-type: none"> ・被害データ：DesInventar (UNISDR) ・人口データ：WDI (World Bank) 等
-----------	--

4. 生産設備被害率を、家計被害率を用いて設定

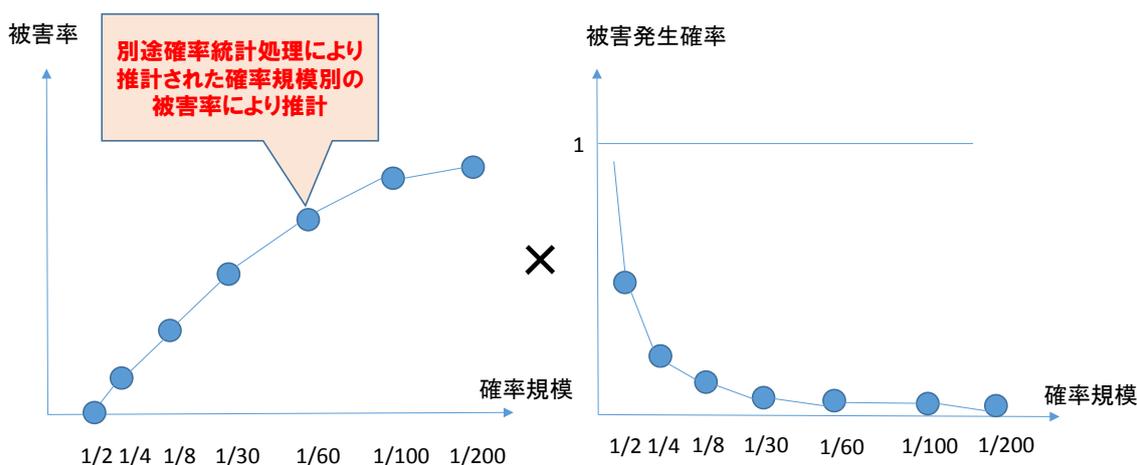
③生産設備被害=家計被害率の4.4倍 で設定

<p>※ $A = B + C$</p> <p>A：生産設備被害率</p> <p>B：事業所被害</p> <p>C：生産設備被害率</p> <p>生産設備被害率=事業所被害+公共施設被害=1+3.4=4.4</p> <p>事業所被害1 (=家屋被害の1倍)</p> <p>公共施設被害3.4 (=一般資産被害(家屋+事業所)の1.7倍= (1+1) × 1.7 = 2 × 1.7)</p> <p>一般資産被害の1.7倍は、日本の治水経済調査マニュアルの算定比率を引用</p>

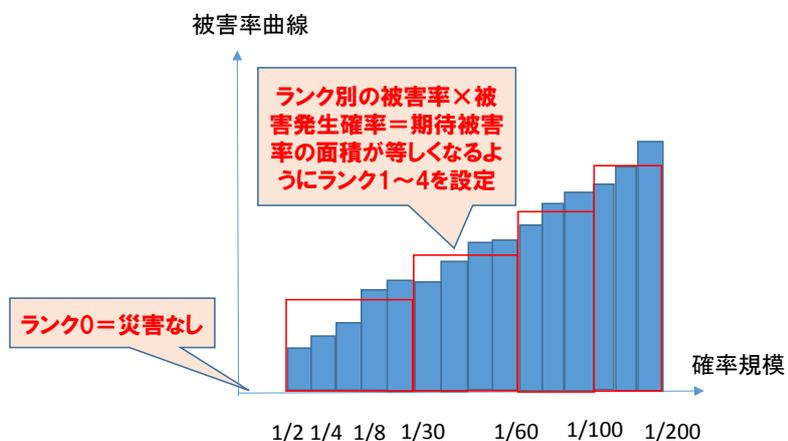
II 被害率のランク分けの設定

1. 災害種別被害率別に、イベント毎の被害率をAの被害率の考え方にに基づき設定
2. 災害種別被害率別に、非毎年データの被害率を確率統計解析
3. 確率統計解析結果より、確率規模別の被害率分布曲線（指数分布）を描画
4. 期待被害率=被害率×被害発生確率が同等なるように、確率規模 1/200 までの曲率分布曲線を4つのランクに分割し、各ランクの被害率を設定

<ランク別の被害率の設定>



II

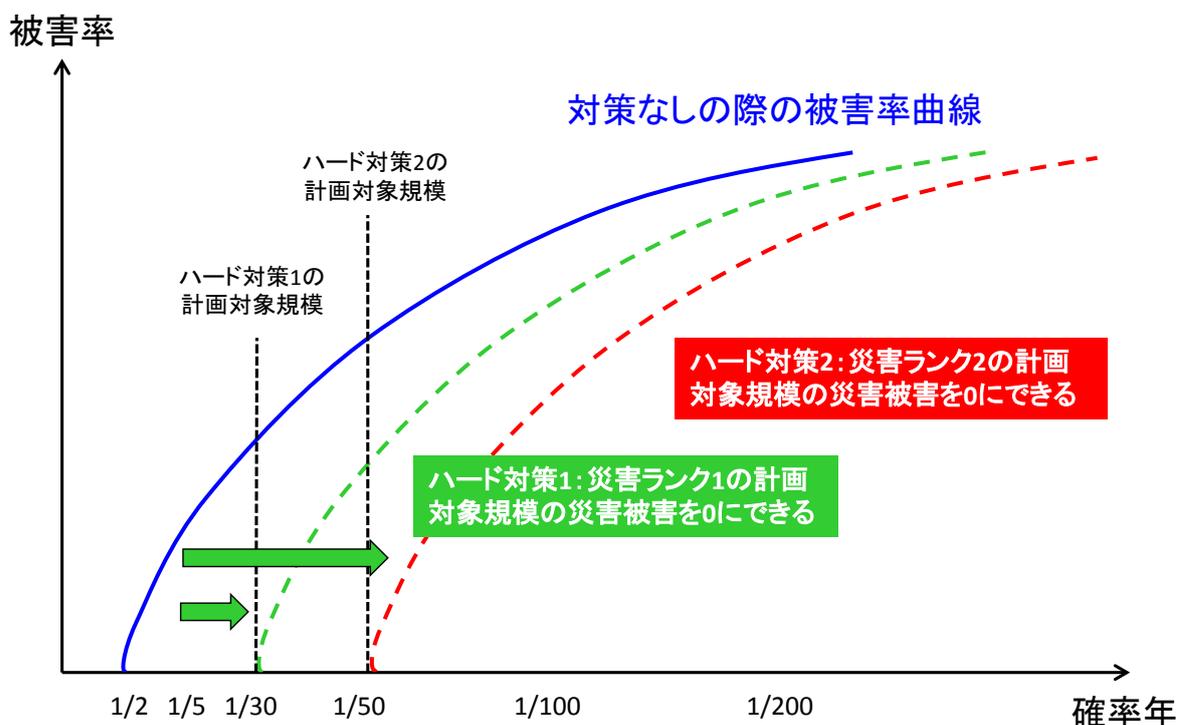


III 対策効果の設定

対策効果については、ソフト対策については、洪水は100%人的被害を防げるものとし、地震については効果がないものとした。

2つのハード対策については、下図のように対策効果を設定した。

<ハード対策実施時の対策効果の考え方>



<対策実施時の被害率の軽減効果の設定>

	地震		洪水	
	ソフト対策	ハード対策	ソフト対策	ハード対策
人的被害率	効果なし	対策なし時の被害関数をスライドさせ、ランク1の災害による被害を0にできる効果（ハード対策2の場合はランク2まで被害0）	100%減	対策なし時の被害関数をスライドさせ、ランク1の災害による被害を0にできる効果（ハード対策2の場合はランク2まで被害0）
家屋被害率	効果なし		効果なし	
生産設備被害率	効果なし		効果なし	

APPENDIX D: SAMPLE DATA SET (FIVE COUNTRIES)

今回構築したアプリケーションのサンプルデータ（5カ国）のデータセットを以下に示す。

I Socio Economic Parameter

Category	Country	HONDURAS	PAKISTAN	PERU	GUATEMALA	COSTARICA
Deep Parameters	J	5	5	5	5	5
	L	4	4	4	4	4
	rho	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12
	theta	2	2	2	2	2
	cbar	0	0	0	0	0
	deltaz	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	deltak	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
	gb	0.042	0.042	0.042	0.042	0.042
iota	1	1	1	1	1	
Socio Economic Parameters	Pop0	6762426	155151394	27403845	12367800	4246336
	GDP0	9120240790	101704136879	70530831291	26352121441	18855016400
	alpha1	0.45	0.52	0.38	0.38	0.45
	alpha2	0.47	0.4	0.54	0.54	0.47
Household Parameters	alpha3	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
	c0	93	208	295	241	462
		243	289	583	545	1032
		448	369	926	889	1613
		787	480	1457	1427	2575
		2564	924	3777	3820	6574
	h0	3.3	3.2	8.4	3.5	7.9
		4.2	3.9	8.4	3.5	7.9
		5.0	4.2	8.4	3.5	7.9
		6.0	4.4	8.4	3.5	7.9
		6.9	5.6	8.4	3.5	7.9
	z0	112	186	306	364	498
		293	259	605	825	1112
		540	331	962	1345	1738
		949	429	1513	2158	2775
		3091	827	3923	5779	7084
	b0	321	1297	1101	1277	1793
		842	1801	2176	2892	4005
		1554	2306	3458	4713	6259
		2732	2992	5440	7564	9993
		8899	5765	14104	20256	25513
	T0	0.02	0.06	0.03	0.02	0.01
		0.05	0.09	0.05	0.05	0.02
		0.08	0.11	0.09	0.08	0.03
0.15		0.15	0.14	0.13	0.05	
0.48		0.28	0.35	0.36	0.13	
m0	0.33	0.18	0.31	0.31	0.26	
deltah	0.004	0.005	0.005	0.005	0.005	
eta0	0	0	0	0	0	
eta1	0	0	0	0	0	
eta2M	205.8	100.9	632	310	1001.9	
eta2Mvector	205.8	100.9	555.4	310.0	880.3	
	245.3	120.3	632.0	369.8	1001.9	
	381.3	187.3	665.4	575.6	1056.8	
	1092.6	536.4	1164.8	1653.3	1858.0	
	1504.3	651.4	1412.9	2275.5	2256.9	
	1918.7	820.0	1679.8	2904.4	2685.6	
	5347.2	2064.6	3860.1	8097.9	6183.3	
	20000	20000	20000	20000	20000	

II Disaster parameters

表 D-1 Input Data Sample List 1

Country(Disaster)	Rank	rate	Proba.	Damage rate of human capital				damage rate of physical asstes				Damage rate of financial assets				
				without DRR	soft	hard1	hard2	without DRR	soft	hard1	hard2	without DRR	soft	hard1	hard2	
GUATE MALA (FLOOD)	0	50.0%	~1/2	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	1	43.0%	1/2~1/23	1.44%	0.00%	0.00%	0.00%	0.89%	0.89%	0.00%	0.00%	3.93%	3.93%	0.00%	0.00%	
	2	4.3%	1/23~1/56	2.82%	0.00%	1.83%	0.00%	1.62%	1.62%	1.18%	0.00%	7.13%	7.13%	5.20%	0.00%	
	3	1.8%	1/56~1/112	3.61%	0.00%	3.30%	2.32%	2.09%	2.09%	1.94%	1.46%	9.20%	9.20%	8.55%	6.43%	
	4	0.9%	1/112~1/200	4.26%	0.00%	4.11%	3.81%	2.51%	2.51%	2.45%	2.28%	11.05%	11.05%	10.76%	10.03%	
COSTA RICA (FLOOD)	0	50.0%	~1/2	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
	1	46.5%	1/2~1/56	0.15%	0.00%	0.00%	0.00%	0.03%	0.03%	0.00%	0.00%	0.13%	0.13%	0.00%	0.00%	
	2	1.8%	1/56~1/96	0.41%	0.00%	0.09%	0.00%	0.08%	0.08%	0.02%	0.00%	0.36%	0.36%	0.08%	0.00%	
	3	1.0%	1/96~1/143	0.55%	0.00%	0.37%	0.12%	0.11%	0.11%	0.07%	0.02%	0.49%	0.49%	0.32%	0.11%	
	4	0.7%	1/143~1/200	0.65%	0.00%	0.55%	0.42%	0.13%	0.13%	0.11%	0.08%	0.58%	0.58%	0.48%	0.37%	
PAKISTAN(FLOOD)	0	50.0%	~1/2	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
	1	46.6%	1/2~1/60	0.23%	0.00%	0.00%	0.00%	0.16%	0.16%	0.00%	0.00%	0.72%	0.72%	0.00%	0.00%	
	2	1.7%	1/60~1/100	0.68%	0.00%	0.13%	0.00%	0.32%	0.32%	0.21%	0.00%	1.43%	1.43%	0.92%	0.00%	
	3	1.0%	1/100~1/146	0.92%	0.00%	0.57%	0.17%	0.42%	0.42%	0.38%	0.27%	1.84%	1.84%	1.67%	1.17%	
	4	0.7%	1/146~1/200	1.11%	0.00%	0.89%	0.65%	0.49%	0.49%	0.47%	0.44%	2.15%	2.15%	2.08%	1.93%	
PERU(FLOOD)	0	50.0%	~1/2	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
	1	46.0%	1/2~1/48	0.19%	0.00%	0.00%	0.00%	0.03%	0.03%	0.00%	0.00%	0.15%	0.15%	0.00%	0.00%	
	2	2.1%	1/48~1/87	0.49%	0.00%	0.16%	0.00%	0.07%	0.07%	0.04%	0.00%	0.30%	0.30%	0.19%	0.00%	
	3	1.1%	1/87~1/136	0.64%	0.00%	0.48%	0.21%	0.09%	0.09%	0.08%	0.05%	0.38%	0.38%	0.35%	0.24%	
	4	0.7%	1/136~1/200	0.75%	0.00%	0.66%	0.55%	0.10%	0.10%	0.10%	0.09%	0.46%	0.46%	0.44%	0.40%	
HONDURAS(FLOOD)	0	50.0%	~1/2	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
	1	46.4%	1/2~1/54	11.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.02%	0.02%	0.00%	0.00%	0.08%	0.08%	0.00%	0.00%	
	2	1.9%	1/54~1/94	29.82%	0.00%	7.81%	0.00%	0.05%	0.05%	0.02%	0.00%	0.21%	0.21%	0.07%	0.00%	
	3	1.1%	1/94~1/142	40.06%	0.00%	27.34%	9.97%	0.06%	0.06%	0.05%	0.02%	0.28%	0.28%	0.21%	0.09%	
	4	0.7%	1/142~1/200	47.50%	0.00%	40.22%	31.32%	0.07%	0.07%	0.07%	0.05%	0.33%	0.33%	0.29%	0.24%	

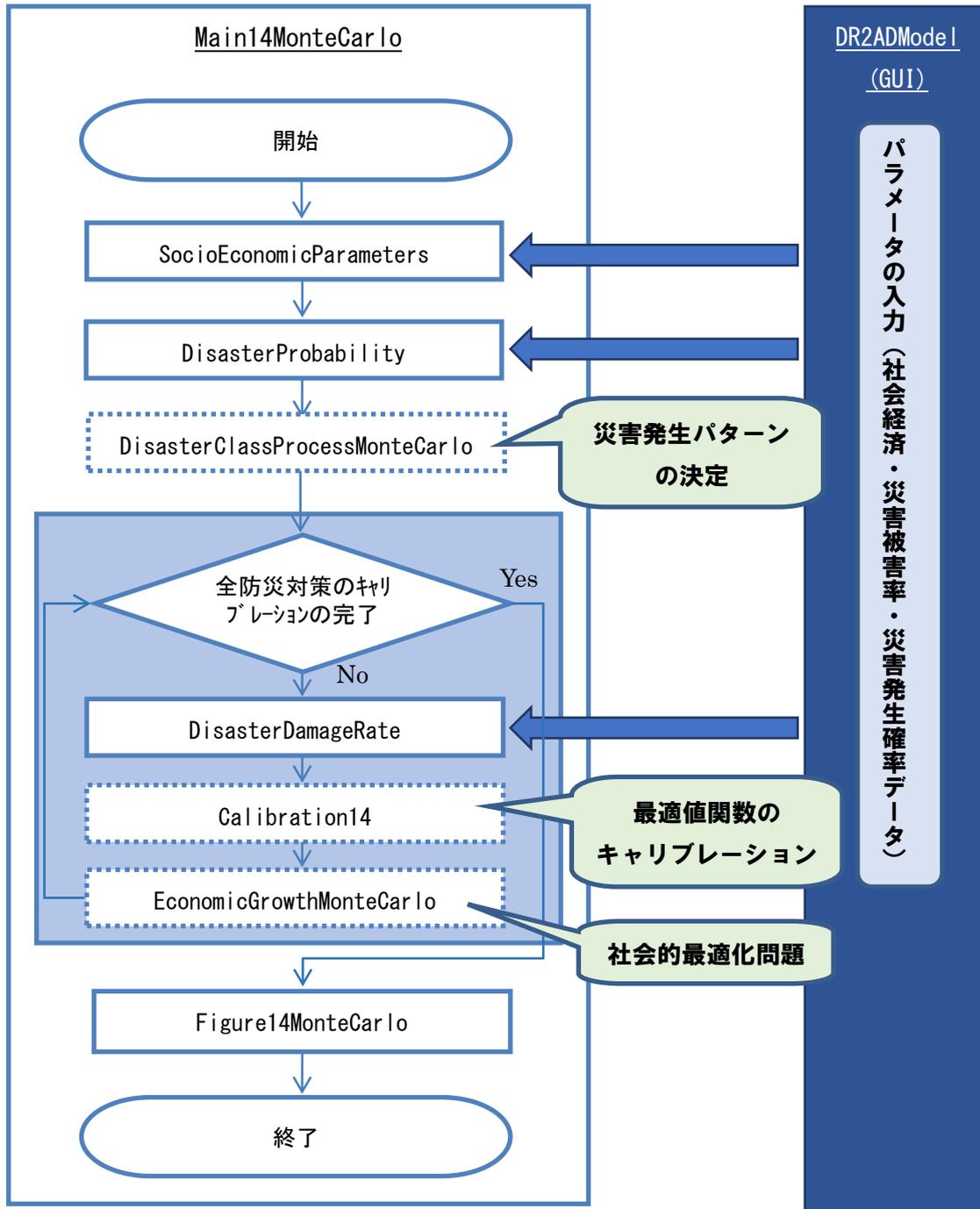
表 D-2 Input Data Sample List 2

Country(Disaster)	Rank	rate	Proba.	Damage rate of human capital				damage rate of physical asstes				Damage rate of financial assets				
				without DRR	soft	hard1	hard2	without DRR	soft	hard1	hard2	without DRR	soft	hard1	hard2	
GUATE MALA (EARTHQUAKE)	0	50.0%	~1/2	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	1	45.7%	1/2~1/43	0.19%	0.19%	0.00%	0.00%	0.31%	0.31%	0.00%	0.00%	1.35%	1.35%	0.00%	0.00%	0.00%
	2	2.3%	1/43~1/82	0.48%	0.48%	0.18%	0.00%	0.78%	0.78%	0.25%	0.00%	3.43%	3.43%	1.09%	0.00%	0.00%
	3	1.2%	1/82~1/133	0.63%	0.63%	0.50%	0.24%	1.03%	1.03%	0.75%	0.32%	4.51%	4.51%	3.32%	1.41%	0.00%
	4	0.8%	1/133~1/200	0.75%	0.75%	0.67%	0.57%	1.21%	1.21%	1.06%	0.87%	5.33%	5.33%	4.67%	3.82%	0.00%
COSTA RICA (EARTHQUAKE)	0	50.0%	~1/2	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	1	46.4%	1/2~1/54	0.46%	0.46%	0.00%	0.00%	0.44%	0.44%	0.00%	0.00%	1.95%	1.95%	0.00%	0.00%	0.00%
	2	1.9%	1/54~1/95	1.29%	1.29%	0.33%	0.00%	1.18%	1.18%	0.34%	0.00%	5.20%	5.20%	1.51%	0.00%	0.00%
	3	1.1%	1/95~1/142	1.72%	1.72%	1.18%	0.40%	1.58%	1.58%	1.13%	0.44%	6.95%	6.95%	4.96%	1.95%	0.00%
	4	0.7%	1/142~1/200	2.05%	2.05%	1.72%	1.33%	1.87%	1.87%	1.61%	1.29%	8.21%	8.21%	7.10%	5.67%	0.00%
PAKISTAN (EARTHQUAKE)	0	50.0%	~1/2	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	1	46.7%	1/2~1/61	0.03%	0.03%	0.00%	0.00%	0.53%	0.53%	0.00%	0.00%	2.34%	2.34%	0.00%	0.00%	0.00%
	2	1.6%	1/61~1/101	0.10%	0.10%	0.02%	0.00%	1.41%	1.41%	0.41%	0.00%	6.20%	6.20%	1.82%	0.00%	0.00%
	3	1.0%	1/101~1/146	0.14%	0.14%	0.08%	0.02%	1.87%	1.87%	1.34%	0.53%	8.24%	8.24%	5.92%	2.34%	0.00%
	4	0.7%	1/146~1/200	0.16%	0.16%	0.13%	0.10%	2.23%	2.23%	1.91%	1.53%	9.79%	9.79%	8.42%	6.75%	0.00%
PERU (EARTHQUAKE)	0	50.0%	~1/2	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	1	45.4%	1/2~1/39	0.54%	0.54%	0.00%	0.00%	0.63%	0.63%	0.00%	0.00%	2.79%	2.79%	0.00%	0.00%	0.00%
	2	2.6%	1/39~1/77	1.32%	1.32%	0.55%	0.00%	1.60%	1.60%	0.51%	0.00%	7.03%	7.03%	2.22%	0.00%	0.00%
	3	1.3%	1/77~1/128	1.75%	1.75%	1.40%	0.71%	2.06%	2.06%	1.56%	0.69%	9.04%	9.04%	6.87%	3.05%	0.00%
	4	0.8%	1/128~1/200	1.99%	1.99%	1.86%	1.64%	2.42%	2.42%	2.14%	1.80%	10.63%	10.63%	9.40%	7.90%	0.00%
HONDURAS (EARTHQUAKE)	0	50.0%	~1/2	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
	1	46.8%	1/2~1/64	0.03%	0.03%	0.00%	0.00%	0.13%	0.13%	0.00%	0.00%	0.59%	0.59%	0.00%	0.00%	0.00%
	2	1.6%	1/64~1/104	0.09%	0.09%	0.01%	0.00%	0.37%	0.37%	0.09%	0.00%	1.64%	1.64%	0.40%	0.00%	0.00%
	3	1.0%	1/104~1/149	0.12%	0.12%	0.07%	0.02%	0.50%	0.50%	0.34%	0.12%	2.20%	2.20%	1.48%	0.52%	0.00%
	4	0.7%	1/149~1/200	0.15%	0.15%	0.12%	0.08%	0.60%	0.60%	0.50%	0.39%	2.62%	2.62%	2.20%	1.70%	0.00%

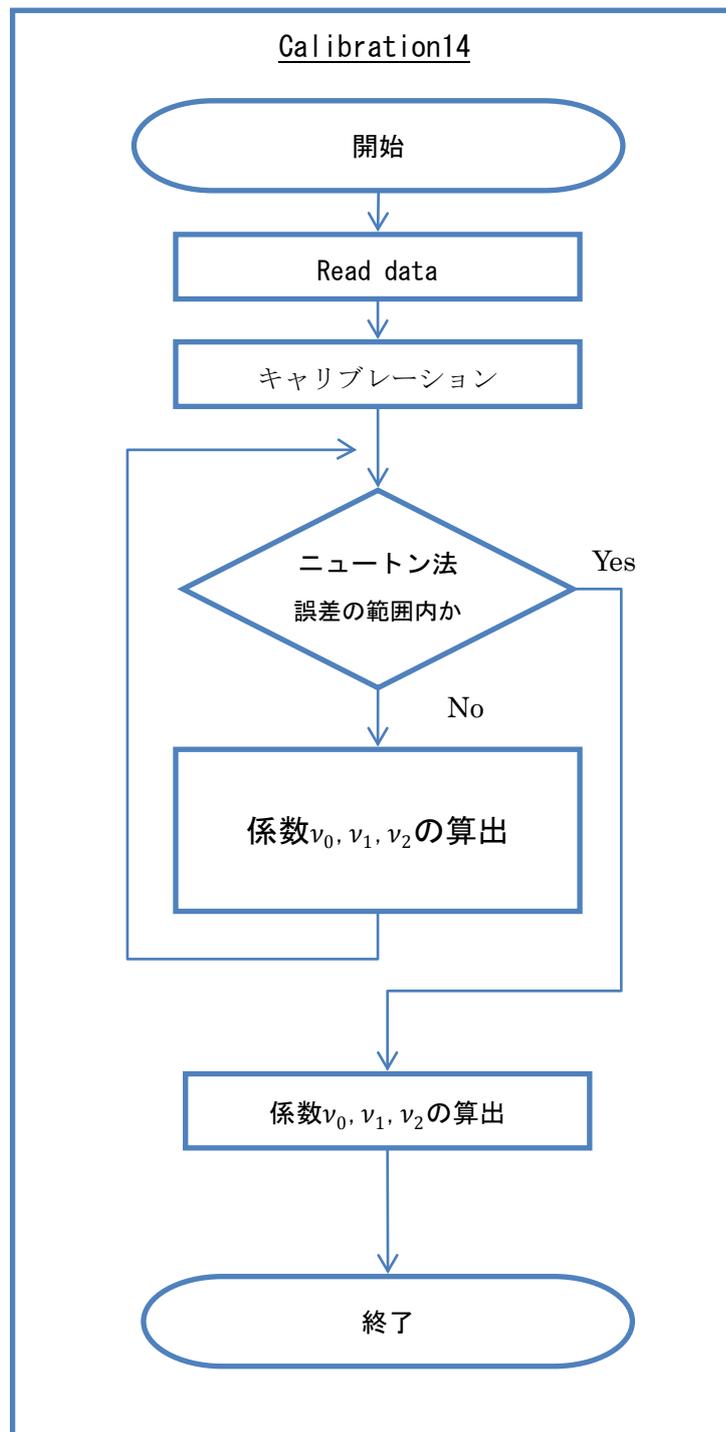
APPENDIX E: PROGRAMMING ALGORITHM FLOW

以上により構築したプログラムは下記の計算アルゴリズムに従って実行される。
プログラムのアルゴリズムは下記に示すとおりである。

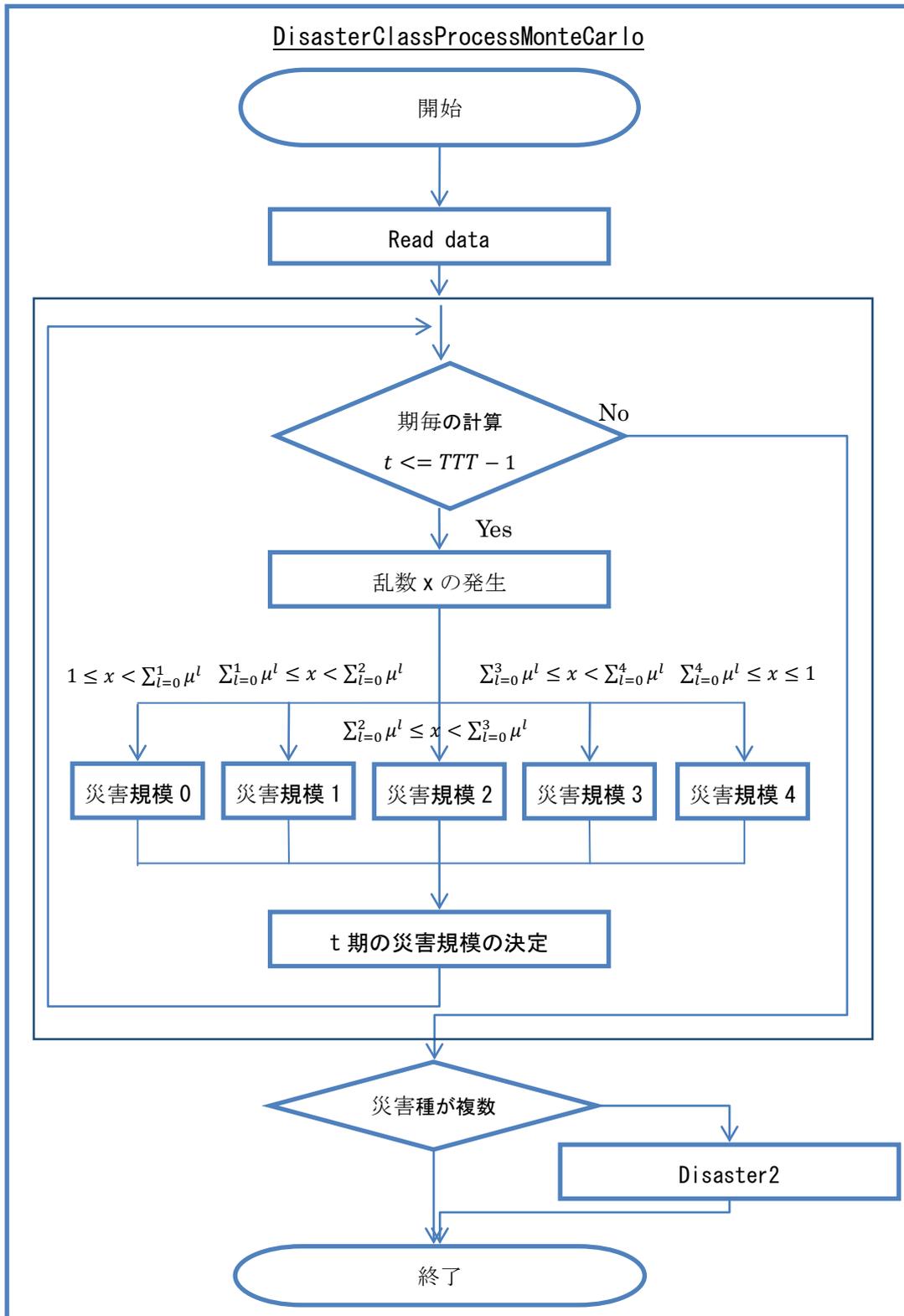
I プログラム全体の計算アルゴリズムフロー



II キャリブレーションの計算アルゴリズムフロー



III 災害ランクの決定アルゴリズムフロー



IV 経済成長の計算アルゴリズムフロー

