

**DR<sup>2</sup>AD モデル (ver1.4)**

**利用マニュアル**

## <目次>

第1編 DR <sup>2</sup> ADモデルの構造 .....	1
1 DR <sup>2</sup> ADモデルの概要.....	1
2 DR <sup>2</sup> ADモデルの基本構造.....	3
3 DR <sup>2</sup> ADモデル (Ver1.4) の定式化.....	6
3.1 前提条件.....	6
3.2 モデル化.....	7
3.2.1 災害の設定.....	7
3.2.2 家計の設定.....	7
3.2.3 企業の設定.....	11
3.2.4 アウトプット指標.....	11
3.3 最適化問題.....	12
3.3.1 家計の最適化行動.....	12
3.3.2 企業の利潤最大化.....	13
3.3.3 市場均衡問題.....	14
第2編 DR <sup>2</sup> ADモデルVer1.4 のプログラム化.....	15
4 Ver1.4 のプログラム構築.....	15
4.1 前提条件.....	15
4.2 プログラムの流れ.....	16
4.3 プログラムの構築.....	17
4.3.1 防災対策の設定.....	17
4.3.2 パラメータの読み込み.....	17
4.3.3 最適値関数の係数 $\nu$ の計算.....	19
4.3.4 グラフの描画.....	21
4.3.5 防災投資効果の算出.....	23
第3編 DR <sup>2</sup> ADモデルVer1.4 のデータセットの構築.....	24
5 データセットの構築.....	24
5.1 データ設定における仮定.....	24
5.2 プログラムに用いる変数の設定方法.....	25
5.3 推計した変数の設定方法.....	28
5.3.1 社会経済データ.....	28
5.3.2 家計のデータ.....	30
5.3.3 災害データ.....	37
6 アウトプット.....	42
7 今後の課題.....	45
7.1 モデル化における課題.....	45
7.2 データ面における課題.....	45
参考 プログラムの計算アルゴリズム.....	47
参考 プログラムの操作方法.....	51

# 第1編 DR<sup>2</sup>ADモデルの構造

## 1 DR<sup>2</sup>ADモデルの概要

### (1) DR<sup>2</sup>ADモデルの概要

DR<sup>2</sup>ADモデル (Disaster Risk Reduction investment Accounts for Development) は、開発途上国を主たる対象とした、事前の防災投資による経済効果及び貧困削減等の効果を定量的に評価することを目的とした動学的確率的一般均衡モデルである。

災害リスクを認知した経済主体に対し、防災投資の有無別あるいは防災投資の規模別にシミュレーションを行い、経済成長及び貧困削減等の予測結果を比較することで防災投資効果を評価する。

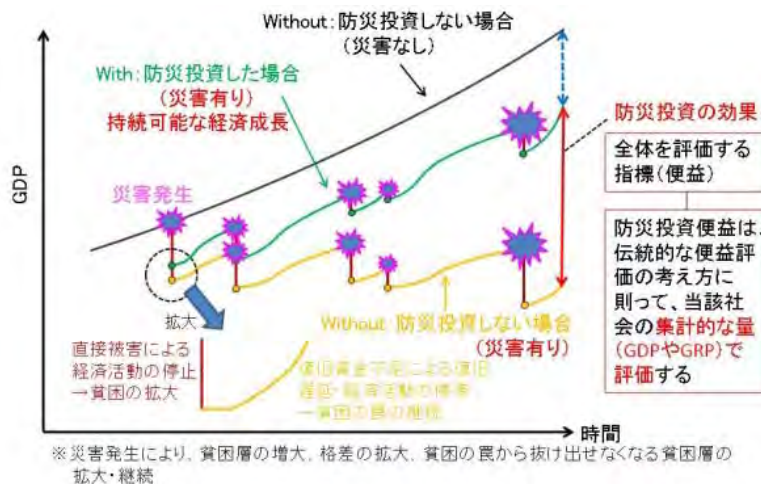


図-1 防災投資の有無による経済成長の評価

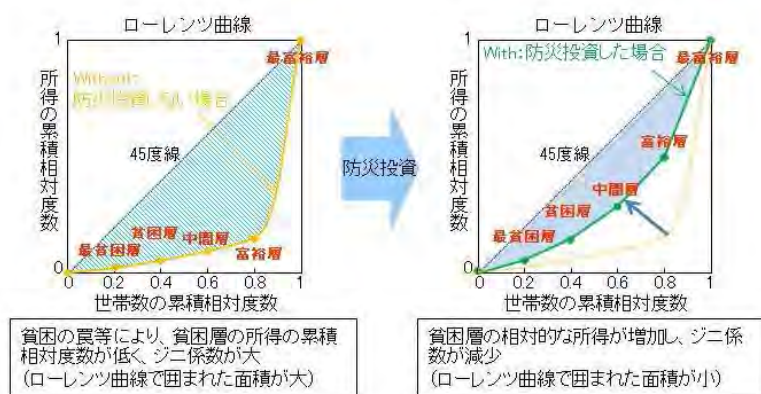


図-2 防災投資の有無による社会的格差の評価

## (2) DR<sup>2</sup>ADモデル開発の背景

2005年に国連防災世界会議にて制定された兵庫行動枠組では、「災害による人的被害、社会経済資源の損失削減に向けたしなやかな国・地域の構築」が2015年までの成果として期待されている。このように、防災を持続可能な開発に取り入れることや防災体制の整備・能力向上が戦略目標として位置づけられている。他方、開発途上国に対するミレニアム開発目標（以下、MDGs）が設定され、1992年の国連環境開発会議などの国際的な取り組みを経て2002年に持続可能な開発をテーマに、開発とともに防災の必要性が盛り込まれた「ヨハネスブルク実施計画」が採択された。このように、防災は防災分野だけにとどまらず、貧困問題解決等の国際社会における主要課題としての認識が進んでいる。

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。国連世界防災白書2009によると、災害の影響が、しばしば長期にわたって収入や消費の低迷、福祉、教育環境等に悪影響を及ぼすことになり、貧困削減がますます遅れることが謳われている。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るながら、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**“DR<sup>2</sup>ADモデル（Disaster Risk Reduction investment Accounts for Development）”**を開発する。

## 2 DR2ADモデルの基本構造

DR2AD モデルは、開発途上国の経済成長及び貧困削減等に防災投資がどのように貢献しているかを示すために、動学的確率的一般均衡モデルをベースとしたモデルである。モデルは以下のような基本構造を持つ。

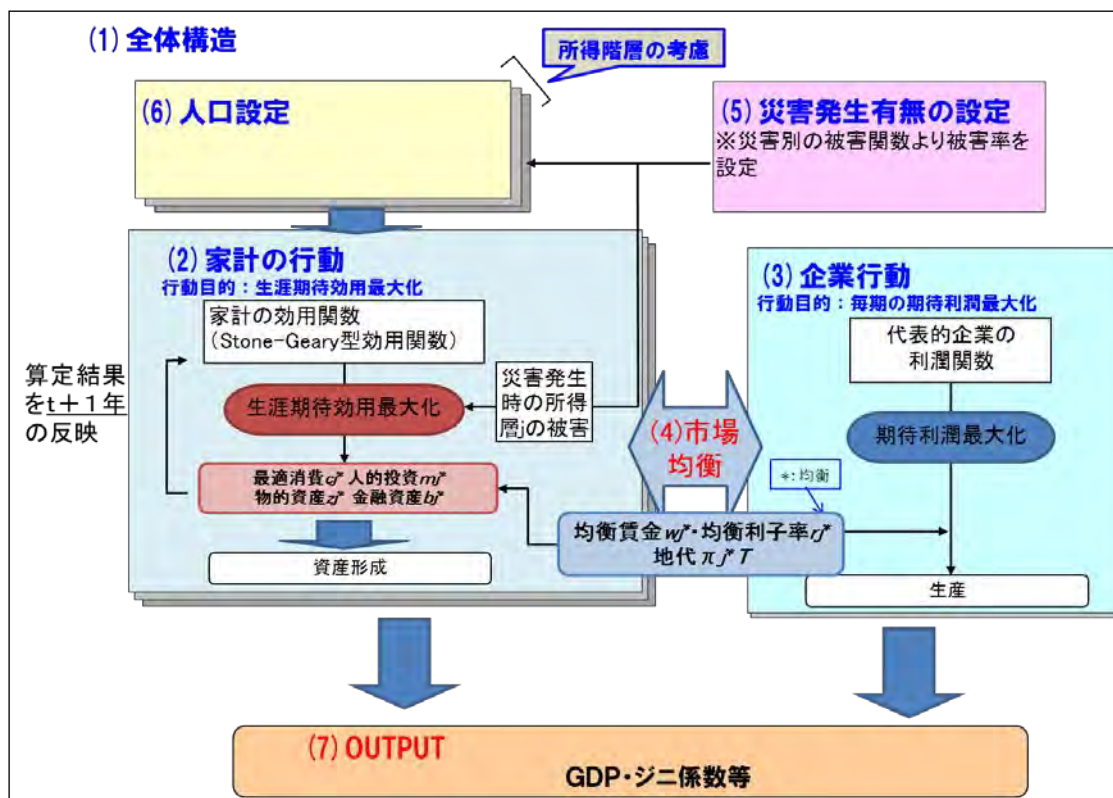


図-3 モデルの構造

また、モデルの特徴として下記があげられる。

### (1) 全体構造

- ・ 防災投資効果を経済成長及び貧困削減等の観点から評価する。
- ・ 経済成長と関係が深い災害・貧困・教育の要素を取り入れている。
- ・ 家計と企業の 2 つの経済主体で構成されたモデルである。従って、政府行動や貿易、他国政府からの援助は想定しない。
- ・ 特に開発途上国を対象としたモデルであり、貧困の削減を評価可能にするために、家計を所得階層別に分類し、各層での行動に着目する。
- ・ 所得階層毎に代表的企業が存在する。
- ・ 経済は各所得階層内で閉じられており、各所得階層内で家計と企業との市場均衡が達成される。

## (2) 家計行動

- ・家計は災害のリスク認識を含めた完全合理的な家計行動を前提とする。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、生涯の期待効用を最大化するように行動する。
- ・家計は、賃金、利子、地代により所得を得る。
- ・家計を所得レベルに応じた階層に分類し、所得階層別の家計行動を考慮する。
- ・家計行動は各所得階層における代表的個人を想定する。
- ・効用関数に生存最低必要消費額を考慮することで、消費が生存最低必要消費額付近の場合には、資産形成が後回しにされて貧困の罠に陥る状況を再現可能にする。
- ・人的資本の向上が生産性の向上・貧困削減へと繋がるという状況を示すため、人的資本を設ける。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。
- ・総労働報酬＝人的資本×賃金率×労働量とし、教育投資による人的資本を乗じることによってそのポテンシャルを評価し、所得階層別に自然減耗と災害時の一時的な低下の影響を考慮する。
- ・労働量＝人口を仮定する。

## (3) 企業行動

- ・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。
- ・所得階層毎に代表的な企業が存在すると仮定する。
- ・生産には、人的資本、設備投資、土地を要するものとする。
- ・家計の貯蓄はそのまま企業の設備投資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。

## (4) 市場均衡

- ・家計の最適化問題と企業の期待利潤最大化問題を解くことで、毎期の財及び生産要素の市場均衡問題を解く。
- ・完全競争市場を仮定する。

#### (5) 災害

- 災害は災害種類毎に、複数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。
- 保険を含む個人の防災行動概念は含まれていないため、解析条件として、防災対策の効果を設定する以外で家計が被害を緩和させるための行動をすることは設定できないものとする。
- 災害被害率の軽減は、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。

#### (6) アウトプット

- GDP 関数は、人的資本、設備投資、土地からなる Cobb=Douglas 型を仮定する。
- 防災投資の有無により災害被害率が変化することで得られる GDP や Gini 係数の差異を防災投資効果として捉える。

### 3 DR<sup>2</sup>ADモデル (Ver1.4) の定式化

本章では、DR<sup>2</sup>ADモデル (ver1.4) の具体的な設定について説明する。

#### 3.1 前提条件

DR<sup>2</sup>ADモデル (ver1.4) の定式化にあたり、以下の前提条件を置く。

- ・経済には、家計と企業の2つの経済主体のみが存在する。政府は想定しない。
- ・特に途上国を対象とし、貧困の削減を評価するために、家計を所得階層別に分類する。所得階層は5階層（最貧困層、第2貧困層、中間層、第2富裕層、最富裕層）とする。
- ・簡単化のために、各所得階層で閉鎖型経済<sup>1</sup>が成立しているとの前提を置く。よって、国際貿易や地域間交易、階層間交流、他国政府からの援助等は含まない。
- ・複数の災害規模  $l (= 1, 2, \dots, L)$  が存在し、確率的に災害が発生する。

本モデルにおけるイベントの発生順序は下図のとおりとなる。

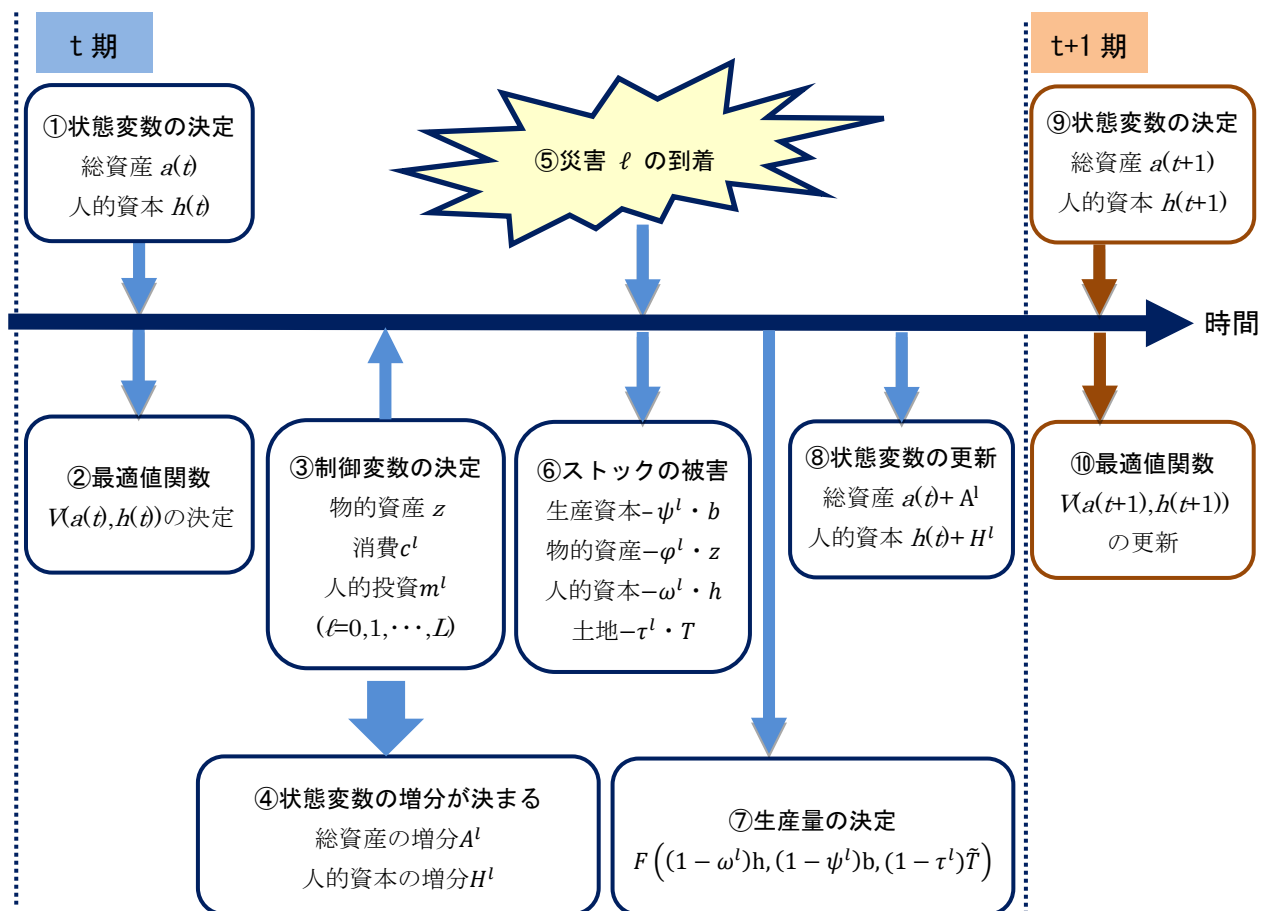


図-4 イベント発生順序のフロー

<sup>1</sup> 閉鎖型経済：外部との交流や交易が無い閉じられた経済のこと。



## 3.2 モデル化

### 3.2.1 災害の設定

各災害規模  $l (= 0, 1, \dots, L)$  に対応する災害発生確率  $\mu^l$  を設定する。ただし、災害発生確率  $\mu^l$  は以下の式を満たすものとする。

$$\sum_{l=0}^L \mu^l = 1$$

(式 1)

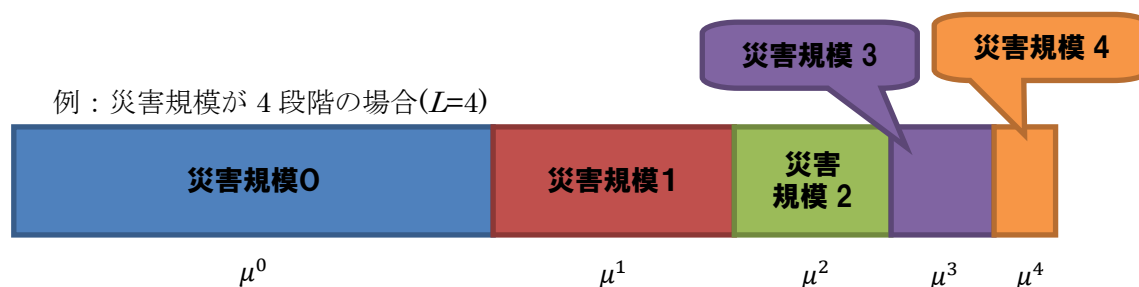


図-5 災害発生確率と災害規模との対応イメージ

### 3.2.2 家計の設定

#### (1) 人口

所得階層  $j (= 1, 2, \dots, J)$  の人口  $n_j$  は常に一定とし、以下のように設定する。

$$n_j(t+1) = n_j(t) \quad (\text{式 2})$$

where

$n_j$  : 所得階層  $j$  の人口

また、総人口  $N$  を各所得階層の人口の合計とすると、以下のように表される。

$$N = \sum_{j=1}^J n_j$$

(式 3)

これ以降、所得階層を示す数式の下付き文字  $j$  は、必要がない限り簡単化のため省略する。

また、労働量 = 人口を仮定する。

## (2) 人的資本

所得階層  $j$  の人的資本  $h$  を以下のように設定する。人的資本は自然減耗するものとし、災害により損失することはないが、災害が起きた期の人的資本は一時的に低下し、労働生産性の低下をもたらすと仮定する。なお、人的資本は、実データの取得が困難なため、平均就学年数を代理変数<sup>2</sup>として置く。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している。

$$h(t+1) = h(t) + H^l(t) \quad (\text{式 4})$$

where

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

$h$  : 人的資本

$\delta_h$  : 人的資本減耗率

$\iota$  : 時間的調整費用に関連した補正係数

$m^l$  : 時間単位の人的投資（教育に投じた時間）（年）

減耗率  $\delta_h$  は、所得階層  $j$  に依らず一定であるものとし、所得階層に関わらず知識は放っておくと一様に劣化すると仮定する。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で世代の入れ替わりも反映している。

## (3) 物的資産

物的資産  $z$  とは非耐久財を指し、具体的には家屋や家財といったストックを表す。所得階層  $j$  の物的資産は、以下ようになる。

$$z(t+1) = (1 - \delta_z)(1 - \varphi^l)z(t) + \xi \quad (\text{式 5})$$

$z$  : 物的資産

$\delta_z$  : 物的資産減耗率

$\varphi^l$  : 災害規模  $l$  における物的資産被害率

$\xi$  : 物的資産形成

## (4) 金融資産

金融資産  $b$  は家計貯蓄を表すとともに、家計貯蓄はそのまま企業設備投資に回るものと仮定する。所得階層  $j$  の金融資産は、以下ようになる。

$$b(t+1) = \{1+r(t)\} \cdot (1-\psi^l)b(t) + w(t) \cdot (1-\omega^l)h(t) + \pi^l(t) \cdot (1-\tau^l)T - c^l(t) - \eta^l(m^l(t)) - \xi \quad (\text{式 6})$$

where

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

<sup>2</sup> 代理変数：理論上では扱えるが、現実の統計データからは入手が困難な変数に対し、その変数の意味することに近い統計データを変数に置いたもの。

$$\pi^l = \frac{\Pi^l}{n \cdot (1 - \tau^l)T}$$

$b$  : 金融資産

$w$  : 1 人的資本あたりの賃金率

$r$  : 利子率

$\Pi^l$  : 災害規模  $l$  における企業利潤

$\pi^l$  : 災害規模  $l$  における 1 単位の生産可能な土地に対するレント

$T$  : 個人が保有する土地の面積

$\delta_k$  : 生産資本減耗率

$\omega^l$  : 災害規模  $l$  における人的資産被害率

$\psi^l$  : 災害規模  $l$  における生産資本被害率

$\tau^l$  : 災害規模  $l$  における土地被害率

$c^l$  : 災害規模  $l$  における消費額

$\eta^l$  : 災害規模  $l$  における教育投資額

$B_0$  : 技術進歩係数

$\eta_i$  : 人的資本費用関数のパラメータ、 $i \in \{0,1,2\}$

※ $\eta_2^l$  : 災害規模に応じて変化するパラメータ

(学校が避難所に使われること等を反映)

## (5) 土地面積

所得階層別に土地の保有面積 $\tilde{T}$ を設定する。

$$\tilde{T} = n \cdot T$$

$\tilde{T}$  : 土地面積の合計

$T$  : 個人が保有する土地の面積

土地は企業の生産要素として使われるため、各家計は地主として保有する土地を全て企業に貸与し、その対価として地代収入を得る。よって各家計は、保有する土地面積に応じた企業利潤 $\Pi^l$ の按分を地代として享受する。

## (6) 総資産

総資産  $a$  は、物的資産と金融資産との合計としている。

$$\begin{aligned} a(t+1) &= b(t+1) + z(t+1) \\ &= a(t) + A^l(t) \end{aligned} \tag{式 7}$$

where

$$\begin{aligned} A^l(t) &= w(t) \cdot (1 - \omega^l)h(t) + \{r(t) + \delta_k\} \cdot (1 - \psi^l)k(t) + \pi^l(t) \cdot (1 - \tau^l)T \\ &\quad - \{\delta_k + (1 - \delta_k) \cdot \psi^l\}a(t) - c^l(t) - \eta^l(m^l(t)) \\ &\quad - \{(1 - \psi^l)(1 - \delta_k) - (1 - \varphi^l)(1 - \delta_z)\}z(t) \end{aligned}$$

$a$  : 総資産

### (7) 最適値関数と効用関数

所得階層  $j$  の代表的個人は、以下の生涯期待効用  $V^3$  を最大化するように行動する。この際、全ての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）を、消費、物的資産形成<sup>4</sup>、人的投資<sup>5</sup>、貯蓄に配分するものとする。

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

where

$E$  : 期待値操作

$u$  : 効用関数

$\rho$  : 一般化割引率

効用関数は、家計が貧困の罍<sup>6</sup>に陥ることを表現可能なStone-Geary型を用いる。そのため、消費には生存最低消費水準 $\bar{c}$ が存在する。それらを以下の $\bar{c}$ のように効用関数に組み込むことにより、消費水準が $\bar{c}$ 付近になると限界効用<sup>7</sup>が高くなり、消費が優先されることになるため、結果的に所得を他の投資に回せなくなる。このような方法により、家計が貧困の罍に陥ることを表現する。また、全ての階層で同じ効用関数を持つとする。

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

$$s.t. \gamma_1 + \gamma_2 = 1$$

(式 8)

$\bar{c}$  : 生存最低必要消費額

$\gamma_i$  : 消費のシェアパラメータ、 $i \in \{1, 2\}$

$\theta$  : 相対的危険回避度

貯蓄によって形成された金融資産は、金融機関を通じて企業の生産資本となるため、家計の金融資産は企業の生産資本として生産性を向上させる。一方、人的投資は将来の人的資本として生産性を向上させる。このように、貯蓄や人的投資は将来の消費増加を図ることを目的とした行動である。

<sup>3</sup> 生涯期待効用：現在から将来の効用の期待値の総和のこと。将来の効用には割引率が掛かり、現在価値化される。

<sup>4</sup> 物的資産形成：非耐久財（家屋や家財）のストックを増加させること。

<sup>5</sup> 人的投資：人的資本に対する投資のこと。本モデルでは、教育投資に相当する。

<sup>6</sup> 貧困の罍：生存必要消費水準付近から抜け出せない状態のこと。

<sup>7</sup> 限界効用：効用の変化量のこと。

### 3.2.3 企業の設定

所得階層  $j$  の代表的企業の生産関数  $F$  は、以下のような Cobb-Douglas 型に従うものとし、生産要素として、人的資本、設備投資、土地の 3 要素を仮定する。

$$\begin{aligned} Y &= F\left((1 - \omega^l)H, (1 - \psi^l)K, (1 - \tau^l)\tilde{T}\right) \\ &= B\{(1 - \omega^l)H\}^{\alpha_1}\{(1 - \psi^l)K\}^{\alpha_2}\{(1 - \tau^l)\tilde{T}\}^{\alpha_3} \end{aligned} \quad (\text{式 9})$$

where

$F$  : 生産関数

$B$  : 外生的技術進歩係数

$H$  : 人的資本投入量

$K$  : 生産資本投入量

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

外生的技術進歩係数は、以下のとおり設定する。

$$B(t) = B_0(1 + \beta)^{t-1} \quad (\text{式 10})$$

$\beta$  : 技術進歩率

### 3.2.4 アウトプット指標

アウトプットは GDP、Gini 係数に加えて、毎期の人的資本投入量  $H$ 、生産資本投入量  $K$ 、消費  $c$ 、物的資産  $z$  等が算定される。

例えば、GDP については災害規模  $l$  に依存し、階層別に集計を行い算定する。本モデルでは、産出物価格を 1 と基準化しているため、生産関数は GDP と等価であると考えることが可能となる。

$$\begin{aligned} \text{GDP} &= \sum_j Y_j \\ &= \sum_j F\left((1 - \omega_j^l)H_j, (1 - \psi_j^l)K_j, (1 - \tau_j^l)\tilde{T}_j\right) \\ &= \sum_j B_j\{(1 - \omega_j^l)H_j\}^{\alpha_1}\{(1 - \psi_j^l)K_j\}^{\alpha_2}\{(1 - \tau_j^l)\tilde{T}_j\}^{\alpha_3} \end{aligned} \quad (\text{式 11})$$

### 3.3 最適化問題

#### 3.3.1 家計の最適化行動

本モデルにおける家計の最適化問題は、以下のように記述される。

$$V(a, h) = \max E \left[ \sum_{t=0}^{\infty} u(c^l(t), (1 - \varphi^l)z(t)) \cdot \Lambda^t \right]$$

*s.t.*

$$b(t+1) = \{1+r(t)\} \cdot (1-\psi^l)b(t) + w(t) \cdot (1-\omega^l)h(t) + \pi^l(t) \cdot (1-\tau^l)T - c^l(t) - \eta^l(m^l(t)) - \xi$$

$$h(t+1) = (1 - \delta_h) \cdot h(t) + \iota \cdot m^l(t)$$

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

$$\Lambda = \frac{1}{1 + \rho}$$

最適値関数の再帰方程式は、以下のとおりである。

$$V(a, h) = \max E[u(c^l, (1 - \varphi^l)z) + \Lambda \cdot V(a + A^l, h + H^l)]$$

$$= \max \left\{ \sum_l \mu^l [u(c^l, (1 - \varphi^l)z) + \Lambda \cdot (V + V_a \cdot A^l + V_h \cdot H^l)] \right\}$$

$$(1 - \Lambda) \cdot V(a, h) = \max \left\{ \sum_l \mu^l [u(c^l, (1 - \varphi^l)z) + \Lambda \cdot (V_a \cdot A^l + V_h \cdot H^l)] \right\}$$

(式 12)

家計の最適化問題は、(式 12)の右辺を最大化することに相当する。再帰方程式の一階条件より、

$$c^l : u_c(c^l, (1 - \varphi^l)z) - \Lambda \cdot V_a = 0 \quad \text{for all } l \quad (\text{式 13})$$

$$z : \sum_l \mu^l (1 - \varphi^l) \{u_z(c^l, (1 - \varphi^l)z) + \Lambda \cdot V_a \cdot (1 - \delta_z)\} = \Lambda \cdot V_a \sum_l \mu^l (1 - \psi^l) \{r(t) + 1\} \quad (\text{式 14})$$

$$m^l : -V_a \cdot \frac{\partial \eta^l(m^l)}{\partial m^l} + V_h \cdot \iota = 0 \quad \text{for all } l \quad (\text{式 15})$$

最適値関数の関数形が不明なため、最適値関数の関数形を近似する。

$$V(a, h) = v_0 + v_1 \cdot a^{1-\theta} + v_2 \cdot h^{1-\theta} \quad (\text{式 16})$$

一階微分より、

$$V_a = (1 - \theta)v_1 \cdot a^{-\theta} \quad (\text{式 17})$$

$$V_h = (1 - \theta)v_2 \cdot h^{-\theta} \quad (\text{式 18})$$

t 期の災規模  $l$  が決定したあとに、t 期における  $h_j^*$  と  $b_j^*$  が決まるため、生産要素の供給量が以下のように決定する。

$$H^S(t) = n \cdot h(t) \quad (\text{式 19})$$

$$K^S(t) = n \cdot b(t) \quad (\text{式 20})$$

### 3.3.2 企業の利潤最大化

各所得階層  $j$  における企業は、完全競争市場の下、所得階層毎に以下の期待利潤関数を最大にするよう行動する。

$$\begin{aligned} \max E \Pi^l \\ &= \sum_l \mu^l F\left((1 - \omega^l)H, (1 - \psi^l)K, (1 - \tau^l)\tilde{T}\right) - \sum_l \mu^l \cdot w(t) \cdot (1 - \omega^l)H \\ &\quad - \sum_l \mu^l \{(r(t) + \delta_k)\} \cdot (1 - \psi^l)K \\ &= P \cdot F(H, K, \tilde{T}) - w(t) \cdot P_h \cdot H - \{r(t) + \delta_k\} \cdot P_k \cdot K \end{aligned}$$

where

$$\begin{aligned} P &= \sum_l \mu^l (1 - \omega^l)^{\alpha_1} \cdot (1 - \psi^l)^{\alpha_2} \cdot (1 - \tau^l)^{\alpha_3} \\ P_h &= \sum_l \mu^l (1 - \omega^l) \\ P_k &= \sum_l \mu^l (1 - \psi^l) \end{aligned} \quad (\text{式 21})$$

期待利潤関数の一階条件より、

$$H : \frac{\alpha_1 P F(H, K, \tilde{T})}{H} - w(t) \cdot P_h = 0 \quad (\text{式 22})$$

$$K : \frac{\alpha_2 P F(H, K, \tilde{T})}{K} - \{r(t) + \delta_k\} \cdot P_k = 0 \quad (\text{式 23})$$

したがって、生産要素の需要量は以下を満たすように決定される。

$$\begin{aligned} H^D(t) &= \left[ B_0 \left\{ \frac{\alpha_1}{w(t)} \right\}^{1-\alpha_2} \left\{ \frac{\alpha_2}{r(t) + \delta_k} \right\}^{\alpha_2} \frac{P}{P_h^{1-\alpha_2} P_k^{\alpha_2}} \right]^{\frac{1}{\alpha_3}} \cdot \tilde{T} \\ K^D(t) &= \left[ B_0 \left\{ \frac{\alpha_1}{w(t)} \right\}^{\alpha_1} \left\{ \frac{\alpha_2}{r(t) + \delta_k} \right\}^{1-\alpha_1} \frac{P}{P_h^{\alpha_1} P_k^{1-\alpha_1}} \right]^{\frac{1}{\alpha_3}} \cdot \tilde{T} \end{aligned}$$

### 3.3.3 市場均衡問題

所得階層  $j$  の家計と企業間の生産要素市場の均衡は以下の方程式を解く事で求められる。

$$H^S(t) = H^D(t) \quad (\text{式 24})$$

$$K^S(t) = K^D(t) \quad (\text{式 25})$$

これより、均衡賃金率 $w^*(t)$ 、均衡利子率 $r^*(t)$ が導出される。



## 第2編 DR<sup>2</sup>AD モデル Ver1.4 のプログラム化

### 4 Ver1.4 のプログラム構築

前章における定式化を踏まえ、MATLAB（数値計算ソフトウェア）を用いてプログラム化を行う。ここでは、プログラム構築を行う上で前提条件およびその手順を示す。

プログラム化にあたっては、社会的最適化問題の枠組みで計算を行うことが大きな特徴である。

#### 4.1 前提条件

Ver1.4 のプログラムは、社会的最適化問題を用いた計算により構築する。

3.3.3 で定義した市場均衡問題は外部経済性がないため、解として同一の配分を導く社会的最適化問題（ファーストベスト問題）が存在する。動学的・確率的な問題においては、多くの場合において社会的最適化問題を用いた方が数値計算が容易になるため、本モデルにおいても、市場均衡問題をそれと等価な社会的最適化問題に置き換えて数値計算を実行する。

本モデルの社会的最適化問題は各所得層ごとに設けられる。各所得層の問題において、一人の社会計画者が、当該所得層の代表的家計の期待生涯効用水準を最大化するように、全ての家計と企業の変数を決定する。

## 4.2 プログラムの流れ

プログラムは下記の実行フローに従って実行される。

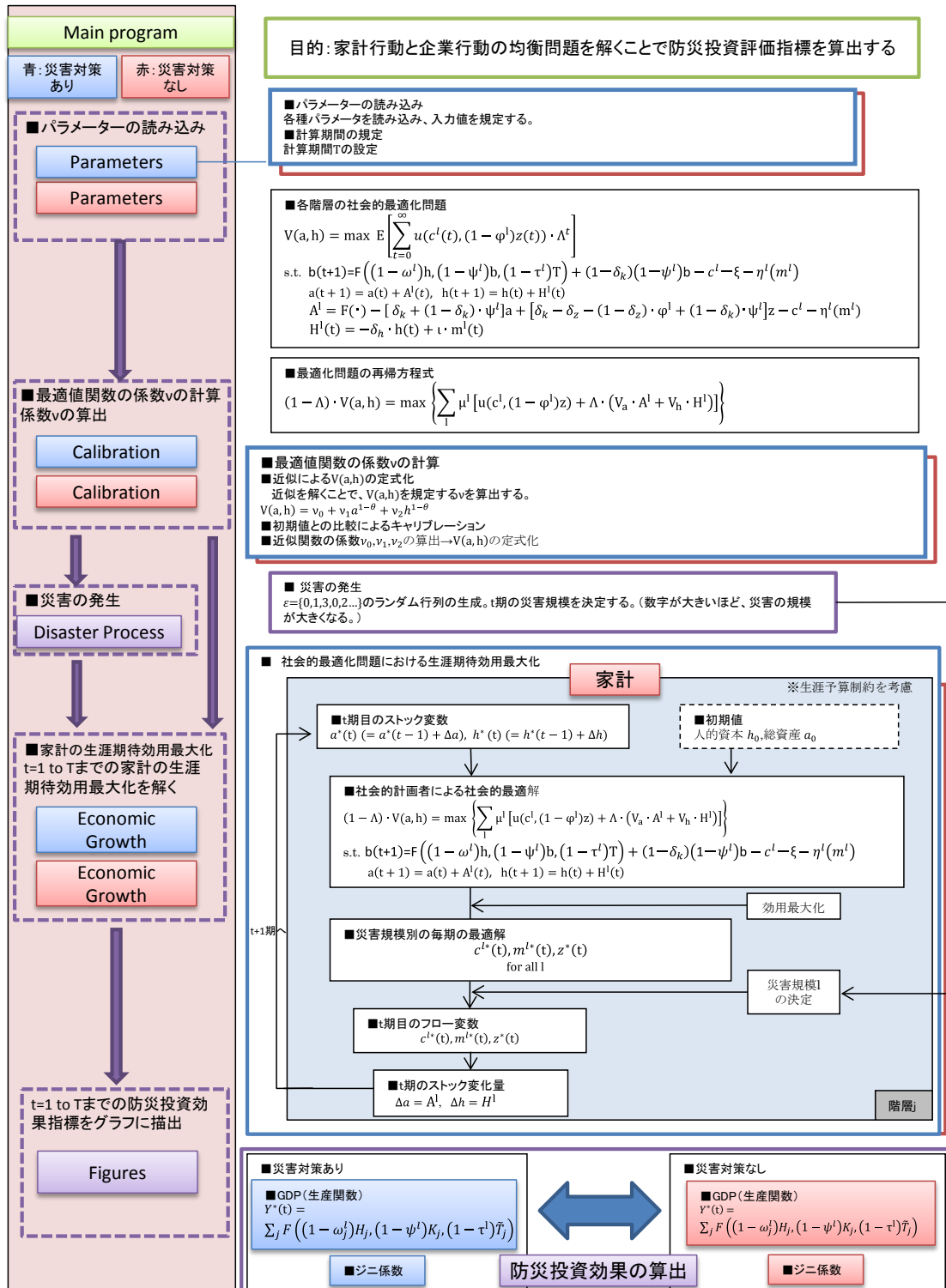


図-6 ver1.4 プログラムの実行フロー

## 4.3 プログラムの構築

ここでは、定式化したモデルを実際に計算するにあたって必要なデータの扱い方および、計算の考え方を実行フローにしたがって整理する。

### 4.3.1 防災対策の設定

図-6 で示すように、事前の防災投資効果を評価するため、防災投資有・防災投資無の 2 つのケースについて行う。防災投資の結果、各種災害被害率が減少するものとし、これを比較することで、防災投資効果の検証を行う。

ここで、防災投資により変化する変数は 4.3.2 で定義する災害データの  $\omega$ 、 $\phi$ 、 $\psi$  の 3 変数となる。

### 4.3.2 パラメータの読み込み

#### (1) パラメータの読み込み

最初に、モデルにおける各種パラメータを設定する。入力値は外生変数、内生変数、既定値に分かれる。個別のデータの値および推計方法については 5 章で別途記述するものとする。

表-7 変数の設定と入力値の特性

■社会経済データ		
変数		入力値の特性
$n_j$	人口	外生変数
$\rho$	社会的割引率	外生変数
$\delta_z$	物的資産減耗率	外生変数
$\delta_k$	生産資本減耗率	外生変数
$r_j$	利子率	内生変数
$\beta$	技術進歩率	外生変数
$\alpha_i$	生産関数のシェアパラメータ ( $i \in \{1, 2, 3\}$ )	外生変数

■家計のデータ		
$c_j^l$	消費財（非耐久財）	内生変数
$z_j$	物的資産（家屋・家財）	内生変数
$\theta$	相対的危険回避度	外生変数（各国で同一と仮定）
$\bar{c}$	生存最低必要消費額	外生変数（各国で同一と仮定）
$b_j$	金融資産	初期値のみ外生変数、以後内生変数
$T_j$	土地面積（1人あたり）	外生変数
$F$	生産関数	内生変数
$\xi_j$	物的資産形成	内生変数
$h_j$	人的資本	初期値のみ外生変数、以後内生変数
$m_j^l$	時間単位の人的資本（教育に投じた時間）	内生変数
$\delta_h$	人的資本の減耗率	外生変数
$w_j$	賃金率（1人的資本あたり）	内生変数
$\eta_i$	人的資本費用関数のパラメータ ( $i \in \{0, 1, 2\}$ )	外生変数
$\gamma_i$	消費のシェアパラメータ ( $i \in \{1, 2\}$ )	外生変数
■災害データ※1		
$\omega_j^l$	災害による人的資本の被害率	外生変数
$\phi_j^l$	災害による物的資産の被害率	外生変数
$\psi^l$	災害による生産資本の被害率	外生変数
$\psi_T^l$	災害による土地の被害率	外生変数

※1：防災投資効果の有無により被害率を変化させて設定

## (2) 計算期間の設定

プログラムの計算期間を設定する。ここでは家計が生涯期待効用を考慮できる期間（視野）の長さを有限期間  $TT$  とする。

### 4.3.3 最適値関数の係数 $\nu$ の計算

生涯期待効用関数を表す最適値関数を以下のように近似する。

$$V(a, h) = \nu_0 + \nu_1 a^{1-\theta} + \nu_2 h^{1-\theta}$$

$V(a, h)$  は上記の近似式により、最適値関数の一階の微分式として下記のとおり記述できる。

$$V_a = (1 - \theta) \nu_1 a^{-\theta}$$

$$V_h = (1 - \theta) \nu_2 h^{-\theta}$$

このセクションで行う作業は、初期時点の  $c(0)$ 、 $m(0)$ 、 $z(0)$  を再現するような  $V(a, h)$  の未知数  $\nu$  を同定する。ただし、所得階層に関わらず、家計は同一の最適値関数を持つものとし、ここで社会的最適解を求めることとする。よって、 $\nu$  は全ての階層に共通した値となる。

家計の最適化問題は、下記のとおりとなる。

$$\begin{aligned} V(a, h) &= \max E \left[ \sum_{t=0}^{\infty} u(c^t(t), (1 - \varphi^t)z(t)) \cdot \Lambda^t \right] \\ s.t \quad b(t+1) &= \{1+r(t)\} \cdot (1 - \psi^t)b(t) + w(t) \cdot (1 - \omega^t)h(t) + \pi^t(t) \cdot (1 - \tau^t)T \\ &\quad - c^t(t) - \eta^t(m^t(t)) - \xi \\ h(t+1) &= (1 - \delta_h) \cdot h(t) + \iota \cdot m^t(t) \\ &F \left( (1 - \omega^t)h, (1 - \psi^t)b, (1 - \tau^t)T \right) \\ &= B_0 \{ (1 - \omega^t)h \}^{\alpha_1} \cdot \{ (1 - \psi^t)b \}^{\alpha_2} \cdot \{ (1 - \tau^t)T \}^{\alpha_3} \\ \eta^t(m^t) &= \eta_0 + \eta_1 \cdot m^t + \eta_2 \cdot (m^t)^2 \\ \Lambda &= \frac{1}{1 + \rho} \end{aligned}$$

上記の問題を再帰方程式に変形して解く。

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

Where

$$A^l = F(\cdot) - \{\delta_k + (1 - \delta_k) \cdot \psi^l\}a(t) - c^l(t) - \eta^l(m^l(t)) \\ - \{(1 - \psi^l)(1 - \delta_k) - (1 - \varphi^l)(1 - \delta_z)\}z(t)$$

$$H^l = -\delta_h \cdot h + \iota \cdot m^l$$

$A^l, H^l$ は災害規模に応じた資産および平均就学年数の変化を表す。

家計の社会的最適解は、 $c^l$ 、 $m^l$ 、 $z$ についての一階の最適化条件を解くことで導出される。それぞれの一階の最適化条件は以下のとおりとなる。

$$c^l: u_c(c^l, (1 - \varphi^l)z) - \Lambda \cdot V_a = 0 \quad (\text{式 26})$$

$$z: \sum_t \mu^l (1 - \varphi^l) \{u_z(c^l, (1 - \varphi^l)z) + \Lambda \cdot V_a \cdot (1 - \delta_z)\} = \Lambda \cdot V_a \sum_t \mu^l (1 - \psi^l) \{F_b / \\ (1 - \psi^l) + (1 - \delta_k)\} \quad (\text{式 27})$$

$$m^l: -V_a \cdot \frac{\partial \eta^l(m^l)}{\partial m^l} + V_h \cdot \iota = 0 \quad (\text{式 28})$$

以下の手順によって、 $V(a, h)$ の係数 $v_0, v_1, v_2$ のキャリブレーションを行う。Ver1.4では実際の統計データに照らし合わせて、キャリブレーションを行うものとする。

①  $c(0), a(0), h(0)$ のデータおよび、 $z, c$ の1階の最適化条件式に加えて、 $\gamma_1 + \gamma_2 = 1$ より $v_1, \gamma_1, \gamma_2$ を求める。

② ①および初期値データ $m^l(0)$ ,  $m^l = \frac{1}{2\eta_2^l} \cdot \left\{ \frac{v_2}{v_1} \left( \frac{h}{a} \right)^{-\theta} \cdot \iota - \eta_1^l \right\}$ より $v_2$ を求める。

③ ①および②を用いて、再帰方程式より $v_0$ を求める。

これにより、 $v$ が決定し、最適値関数が決まる。

GDPは以下のとおりとなる。

$$\text{GDP} = \sum_j Y_j \\ = \sum_j F \left( (1 - \omega_j^l) H_j, (1 - \psi^l) K_j, (1 - \tau^l) \tilde{T}_j \right) \\ = \sum_j B_j \{ (1 - \omega_j^l) H_j \}^{\alpha_1} \{ (1 - \psi^l) K_j \}^{\alpha_2} \{ (1 - \tau^l) \tilde{T}_j \}^{\alpha_3} \quad (\text{式 29})$$

#### 4.3.4 グラフの描画

上記の手順を行うことで、 $t$  期における GDP や Gini 係数に加えて資本や消費等の内訳が記録される。以上を計測期間すべてについて行うことで、防災投資有のケース、防災投資無のケースのそれぞれについて、下記のとおり各種グラフが描画される。

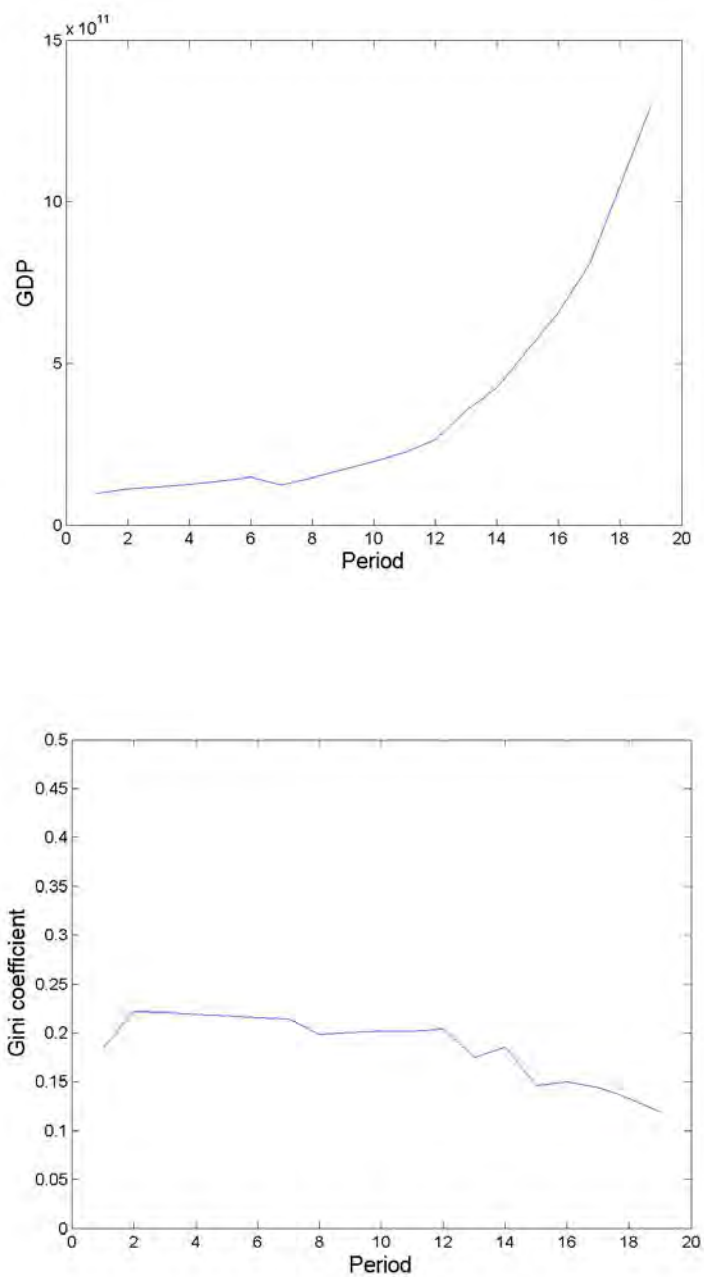


図-8 結果の例（その1）

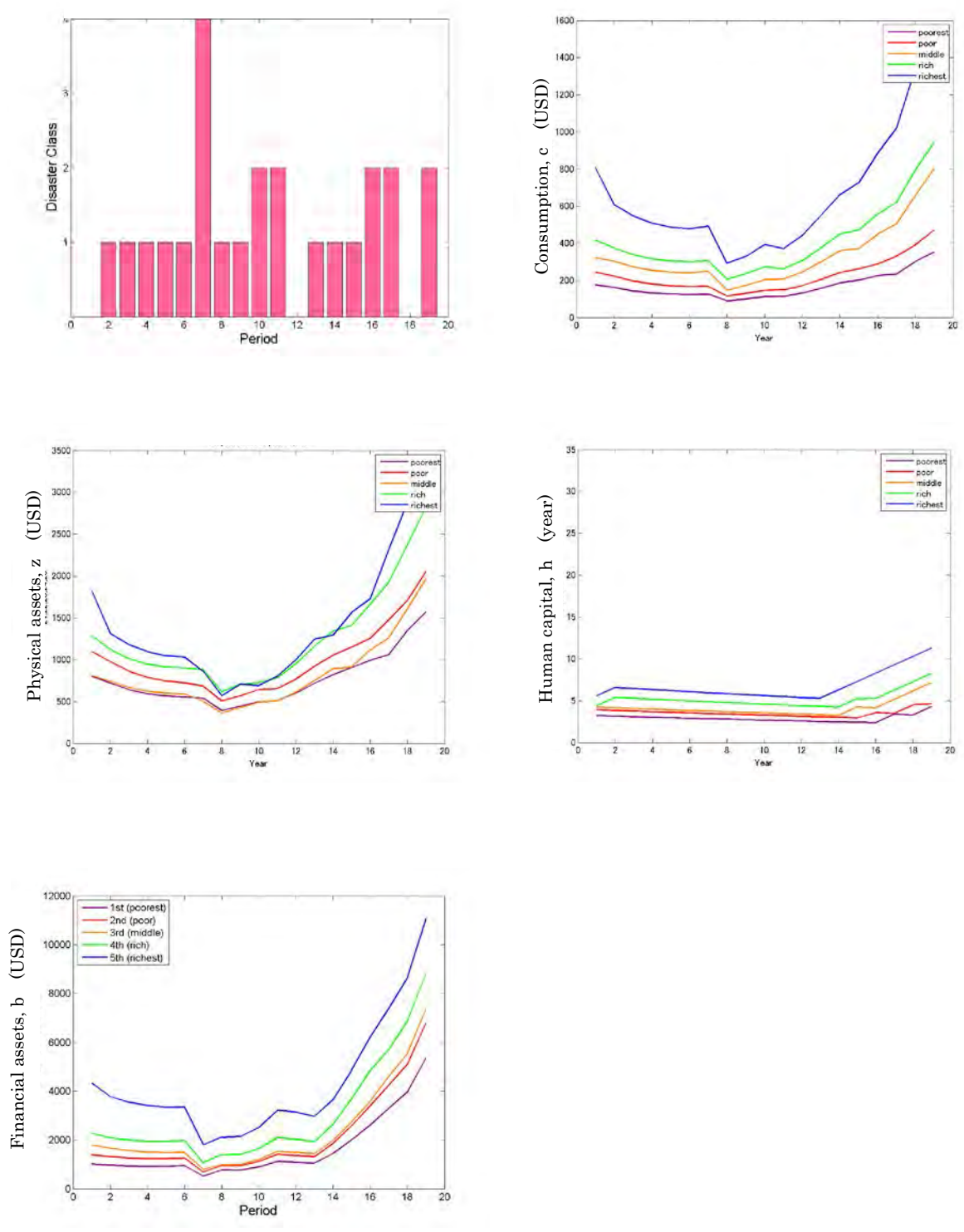


図-9 結果の例 (その2)



### 4.3.5 防災投資効果の算出

防災投資効果は、防災投資の有無の GDP の比率や、ジニ係数の値の比率をみることで、相対的な値として把握する。

$$\text{防災投資効果①} = \frac{\text{GDP}_{\text{防災投資有}}}{\text{GDP}_{\text{防災投資無}}}$$

$$\text{防災投資効果②} = \frac{\text{Gini 係数}_{\text{防災投資有}}}{\text{Gini 係数}_{\text{防災投資無}}}$$

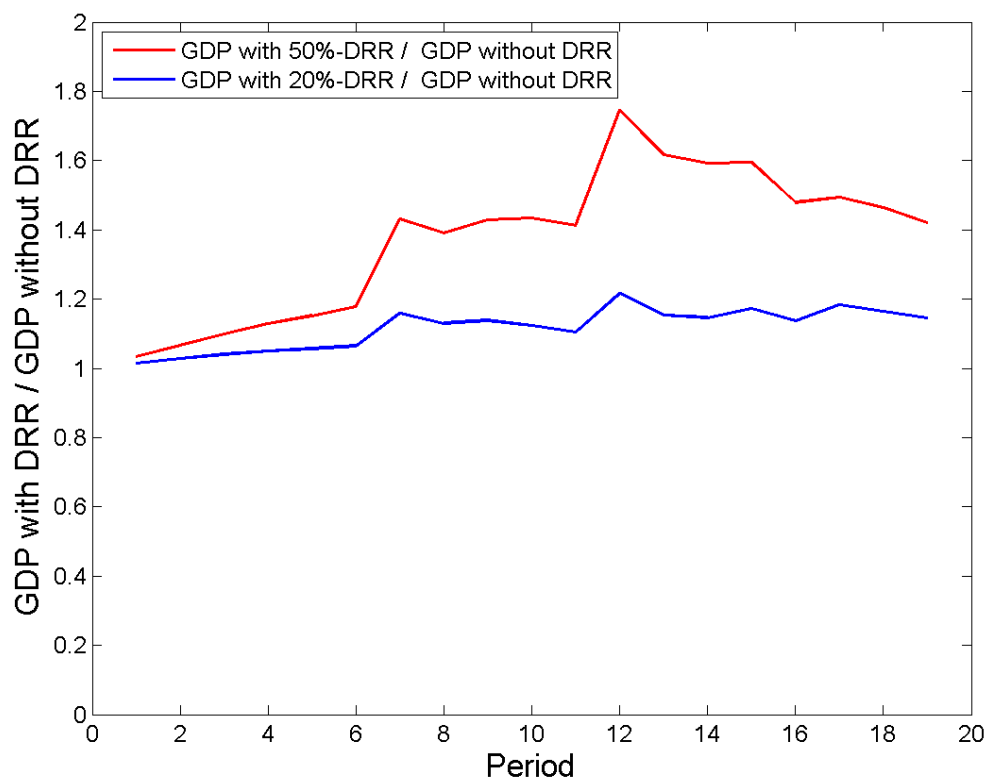


図-10 防災投資効果の有無による GDP の差 (例)

## 第3編 DR<sup>2</sup>AD モデル Ver1.4 のデータセットの構築

### 5 データセットの構築

本章では Ver1.4 におけるケーススタディ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。

#### 5.1 データ設定における仮定

Ver1.4 のケーススタディに使用するデータは、原則として各国のデータが豊富な世界銀行のデータベースに掲載されている指標を活用するものとする。そのうえで、ケーススタディにおいては以下の条件・仮定のもとでデータを収集する。

- ・所得階層は 5 階層（最貧困、貧困、中間、富裕、最富裕）を設定することが可能である。
- ・家計調査等の数字に基づき、人口を 20%ごとの 5 階層（最貧困、貧困、中間、富裕、最富裕）に分けることを標準手法として推奨する。
- ・計算初期年次のデータを用いてキャリブレーションを行うため、基準年には大きな災害が起らなかった年を設定する。
- ・有意な統計のある期間で、出来るだけ過去 10 年程度の間が発生した代表的な災害年のデータを基本として収集し、当該年の GDP が再現できるようにすることを推奨する。
- ・過去の GDP の変化を踏まえてできるだけ現況を再現できる設定を行うため、災害年の GDP が実績とモデルとが合致するように、外的な技術成長を表す変数である技術進歩率の値を設定する。

## 5.2 プログラムに用いる変数の設定方法

プログラムに使用する変数、設定方法および、例示としてパキスタン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 5.3 にて別途解説する。

表-11 変数の設定方法およびケーススタディにおける設定例

変数	設定方法	ケーススタディにおける設定値 (パキスタン)
<b>■社会経済データ</b>		
$n_j$	人口	<p>所得階層ごとの人口のデータであり、統計データから設定する。</p> <p>■総人口（2004年） 155,151,394人 ※出典：世界銀行</p> <p>■階層別人口（2004年） ⇒総人口を所得の大きさに応じて5階層に分配 ※出典：『国際協力銀行（2007）、「貧困プロファイル」パキスタン・イスラム共和国』のデータを利用するため） 各階層：31,030,279人 （各階層それぞれに人口の20%がいる）</p>
$\rho$ ロー	社会的割引率	<p>各国の実態に基づき設定する。</p> <p>0.05</p>
$\delta_z$ デルタ	物的資産減耗率	<p>各国の実態に基づき設定する。</p> <p>0.2 パキスタンの資産別償却率10~30%より設定 ※出典：バングラデシュ・パキスタン・スリランカの投資・会社法・会計税務・労務，久野康成</p>
$\delta_k$	生産資本減耗率	<p>各国の実態に基づき設定する。</p> <p>0.02</p>
$r_j$	利子率	<p>家計と企業の均衡によって決定されるため、内生的に定まる。</p> <p>内生的に定まる。</p>
$B$	技術進歩係数	<p>生産関数をもとに、GDPを予測する際に補正值として設定。技術進歩は必要に応じて外生的に設定する。</p> <p>63.0198 ⇒GDPの初期値/<math>h(0)^{\alpha_1}K(0)^{\alpha_2}T(0)^{\alpha_3}</math> 毎年 <math>(1 + 0.095)^{t-1}</math> で成長すると設定。 ※設定方法は 5.3.1(1)に記載</p>
$\alpha_i$	生産関数のシェアパラメータ	<p>生産関数をコブ=ダグラス型で設定した際の生産量の人的資本、物的資本、土地の分配比率から設定する。</p> <p><math>\alpha_1=0.52</math> <math>\alpha_2=0.40</math> <math>\alpha_3=0.08</math> ※設定方法は 5.3.1(2)に記載</p>
<b>■家計のデータ</b>		
$c_j^l$	消費財（非耐久）	<p>最適化計算の中で、各期の投資額とストックが算定され、内生的に</p> <p>1<sup>st</sup> (poorest) : \$176.0 2<sup>nd</sup> (poor) : \$242.2</p>

変数		設定方法	ケーススタディにおける設定値 (パキスタン)
		定まる。ただし、初期値は家計調査のデータを使用する。	3 <sup>rd</sup> (middle) : \$303.8 4 <sup>th</sup> (rich) : \$410.3 5 <sup>th</sup> (richest) : \$815.1 ※出典：HOUSEHOLD INTEGRATED ECONOMIC SURVEY, Pakistan
$z_j$	物的資産（家屋・家財）	最適化計算の中で、各期の投資額とストックが算定される。ただし、初期値は家計調査のデータを使用する。	1 <sup>st</sup> (poorest) : \$263 2 <sup>nd</sup> (poor) : \$362 3 <sup>rd</sup> (middle) : \$454 4 <sup>th</sup> (rich) : \$613 5 <sup>th</sup> (richest) : \$1218 ⇒パキスタンの家計調査の Housing (rent & other costs)・RURAL における過去の投資割合 8.67～9.99%から 10%と設定する。 ※出典：HOUSEHOLD INTEGRATED ECONOMIC SURVEY, Pakistan ※設定方法は 5.3.2(1)に記載
$\theta$	相対的危険回避度	既存研究データにより設定	2 ※参考：Kraay and Raddatz (2007), Poverty traps, aid, and growth, Journal of Development Economics, 82, 315-347.
$\bar{c}$	生存必要消費額	既存研究データにより設定	0 と仮定 ※David (1998)では、「The least cost requirement for sustaining an individual's minimum dietary needs is approximately \$300 a year (in 1980 dollars).」と紹介されている。
$b_j$	金融資産	国民総貯蓄のデータから、層別に所得比率等により按分して設定。毎期の均衡問題を解くことで、内生的に定まる。ただし、初期値は家計調査のデータを使用する。	1 <sup>st</sup> (poorest) : \$1104.3 2 <sup>nd</sup> (poor) : \$1534.4 3 <sup>rd</sup> (middle) : \$1906.4 4 <sup>th</sup> (rich) : \$2487.6 5 <sup>th</sup> (richest) : \$4579.9 ※出典：Finance Division, Government of Pakistan, Pakistan Economic Survey. (国民貯蓄率) ※設定方法は 5.3.2(2)に記載
$\tilde{t}_j$	土地面積の合計	金融資産の階層別シェアを参考に設定	1st(poorest) : 9.5% 2nd(poor) : 13.2% 3rd(middle) : 16.4% 4th(rich) : 21.4% 5th(richest) : 39.4% ※設定方法は 5.3.2(3)に記載
$\xi_j$ グザイ	物的資産形成	物的投資が求められれば内生的に算定される。	$z_j$ が決まると内生的に定まる。
$h_j$	人的資本	平均就学年数等を代理変数として人的資本の蓄積を設定する。各国の統計データから層別の就学年数のデータを設定する。	1 <sup>st</sup> (poorest) : 3.22years 2 <sup>nd</sup> (poor) : 3.92years 3 <sup>rd</sup> (middle) : 4.24years 4 <sup>th</sup> (rich) : 4.39years

変数		設定方法	ケーススタディにおける設定値 (パキスタン)
			5 <sup>th</sup> (richest) : 5.57years ※設定方法は 5.3.2(4)に記載
$m_j^l$	時間単位の人的投資	内生的に定まる。	内生的に定まる。 ※設定方法は 5.3.2(5)に記載
$\delta_h$ デルタ	人的資本の減耗率	教育投資額と人的資本の関係から推計する。 ※人的資本の減耗を考慮する変数。	0.075 ⇒パキスタンの平均就学年数から推計。 ※設定方法は 5.3.2(6)に記載
$w_j$	賃金率(1人的資本当たり)	家計と企業の均衡によって決定されるため、内生的に定まる。	内生的に定まる。
$\eta_i$ イータ	人的資本費用関数のパラメータ	一人当たりの政府・家計の教育投資額と人的資本変化の関係から推計する。 ※教育に投じる時間を費用に変換する関数のパラメータ	$\eta_0$ : 7.98 $\eta_1$ : 44.2  3.30 3.70 $\eta_2^l$ : 4.10 4.50 4.90  ※設定方法は 5.3.2(6)に記載
$\gamma_i$ ガンマ	消費のシェアパラメータ	$\gamma_1 + \gamma_2 = 1$ で個別の値は内生的に定まる。	内生的に定まる。
<b>■災害データ</b>			
$\omega_j^l$	災害による人的資本の被害率	過去の災害のデータから設定。 階層によって被害の影響が異なる場合には、層別に設定する。	0.0000018%~0.000012% ⇒データの制約のため、今回は各階層で災害被害率を一定としている。 ※設定方法は 5.3.3 に記載
$\phi_j^l$	災害による物的資産の被害率	過去の災害のデータから設定。 階層によって被害の影響が異なる場合には、層別に設定する。	1st(poorest) : 2.0%~22% 2nd(poor) : 1.9%~8.2% 3rd(middle) : 5.5%~22% 4th(rich) : 0.7%~8.4% 5th(richest) : 0.9%~5.4% ※設定方法は 5.3.3 に記載
$\psi^l$	災害による金融資産の被害率	過去の災害のデータから設定。 階層によって被害の影響が異なる場合には、層別に設定する。	7.9%~55% ⇒データの制約のため、今回は各階層で災害被害率を一定としている。 ⇒パキスタンの 1976 年~2011 年 (36 年間) のデータのみを扱っている。 ※出典：EM-DAT (被害額)、世界銀行 (実質 GDP、国民貯蓄) ※設定方法は 5.3.3 に記載

## 5.3 推計した変数の設定方法

### 5.3.1 社会経済データ

#### (1) 技術進歩係数

防災投資を検討する上で有意な統計のある期間を対象にした過去 10 年以上の期間の GDP の変化について、現況を再現できる設定を行うことを目的に、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を設定する。

技術進歩係数  $B$  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。いずれも、計算初期年度のパラメータを使用する。

$$B(0) = \frac{GDP_0}{H(0)^{\alpha_1} K(0)^{\alpha_2} T(0)^{\alpha_3}} \quad (\text{式 30})$$

となる。

$B$  は技術進歩率に合わせて、毎年一定の成長をすると仮定しているため、

$$B(t) = B(0) \cdot (1 + \beta)^{t-1} \quad (\text{式 31})$$

と設定される。

#### [ケーススタディの設定例]

パキスタンの設定では、基準年を 2004 年として  $B(0)$  の値を算出し、さらに毎年の技術進歩率  $\beta$  は 2010 年の GDP に合致するようにキャリブレーションを行った結果、 $\beta=0.095$  と仮定している。

## (2) 生産関数のシェアパラメータ

生産関数のシェアパラメータ $\alpha_i$ は生産関数を Cobb-Daglass 型で設定した際の生産量の人的資本投入量、生産資本投入量、土地の 3 つの生産要素の分配比率から設定される要素である。分配比率の要素は産業連関表から算定される。

分配比率算定手順は以下の事例のとおり行うことが考えられる。

### [ケーススタディの設定例]

パキスタンの設定では、労働・設備投資・土地の 3 つの分配比率の要素となる生産額の情報から産業連関表から抽出し、生産関数のシェアパラメータの算出する。手順は下表のとおりである。

表-12 生産関数のシェアパラメータの算出手順

産業連関表の項目	比率	振り分け前の比率		振り分け後の比率	入力値
Labor	0.39	0.39(労働)		0.39+0.13=0.52	$\alpha_1$
Agriculture Capital	0.09	0.30(設備投資)		0.3+0.1=0.4	$\alpha_2$
Informal non-agricultural Capital	0.21				
Land	0.06	0.06(土地)		0.06+0.02=0.08	$\alpha_3$
Transfers	0.06	0.25 (その他)	0.13	上記 3 つの生産要素に配分済み	
Others	0.19		0.1		
		0.02			
その他については、労働・設備投資・土地の 3 つの比率 (0.39:0.30:0.06) に応じてさらに按分し振り分ける。					

以上より、

$$\alpha \in \{\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3\} = \{0.52, 0.40, 0.08\}$$

と設定される。

### 5.3.2 家計のデータ

#### (1) 消費及び物的資産（耐久財）

物的資産に該当する家屋・家財は本来ストックに分類される概念であるが、ここでは耐久消費財に対して、帰属家賃を支払う形を想定する。

上記の前提に立ち、世界銀行のデータを用いて、消費と物的資産の初期値を算定する。まず、GDP から貯蓄分と人的資本にかかる費用を除き、残った分を消費と物的資産に分配する。人的資本の値は各国の教育投資額（家計と政府の支出の合計額）のデータを参考に設定する。また、支出分配に当たっての物的資産の比率は支出のうち、Housing(rent & other cost)の値を用いて決定する（下図の例を参照）。さらに、階層別消費額のデータを用いて、各階層の消費・物的資産を算出する。物的資産についてはさらに、ストックに換算するため、耐用年数を勘案して、例えば10年で償却すると想定した場合には10%で割り戻した値を使用することが考えられる。

#### [ケーススタディの設定例]

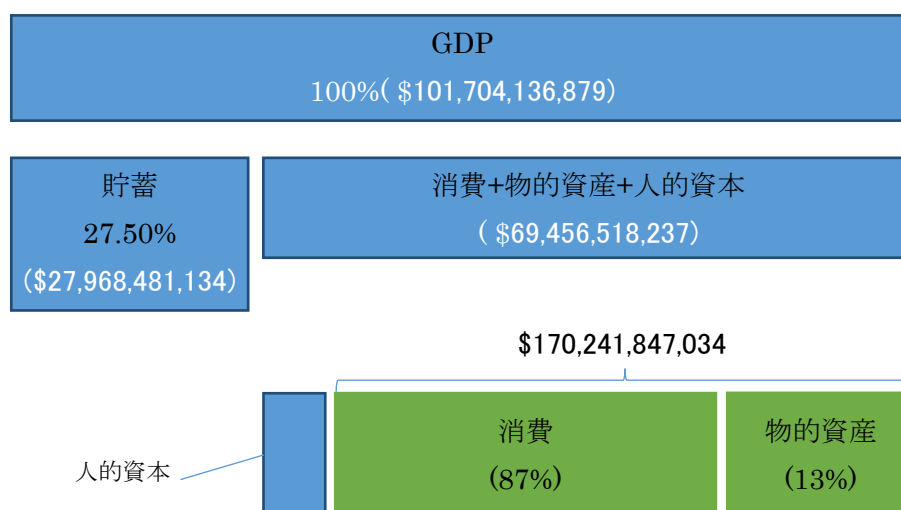


図-13 消費と物的資産の初期値の推計方法の例

パキスタンの設定では、教育投資のデータから、一人当たりの教育投資額を27.6ドルと設定し、その値に総人口をかけて人的資本への投資額を推計する。GDPから貯蓄と人的資本への投資額を引いた残りを消費と物的資産としている。

家計調査の階層別消費額のうちHousing(rent&other costs)のデータより、消費と物的資産の分配比率(13%)を設定し分配し、さらに家計調査データを用いて階層別の資産分配を行い、階層毎の一人当たりの消費と物的資産を得る。

物的資産についてはさらにストックに換算するため10%で割り戻した値を使用する。



表-14 消費と物的資産の初期値の算出

階層	階層別シェア(%)	消費(USD)	物的資産(USD)
最貧困層 (Poorest)	9.0%	\$176.0	\$263.0
第2 貧困層 (Poor)	12.4%	\$242.2	\$361.8
中間層 (Middle)	15.6%	\$303.8	\$453.9
第2 富裕層 (Rich)	21.1%	\$410.3	\$613.8
最富裕層 (Richest)	41.9%	\$815.1	\$1,218.0

## (2) 金融資産

金融資産 $b_j$ はストックの概念であるため、基準年のGDPを割引率で割り戻すことで生産資本ストック $K_0$ を算出し、これをフローである総所得分配の比率により各階層に分配した値となる。本来、ストック預金残高である $b_j$ の配分比とフローである総所得分配の比率は厳密には異なるが、生産資本ストックデータの階層別データが存在しないため、ここでは分配比率が同じであると近似することで計算する。

### [ケーススタディの設定例]

パキスタンの設定では、2004年の国全体の生産資本ストックは下記の算出式から\$360,340 (Million USD, (2005 USD))と設定される。

$r$ は割引率、 $P$ および $P_k$ は災害被害率から決定される定数である。

$$K_0 = \frac{\alpha_2 \cdot P \cdot GDP_0}{r \cdot \delta_k \cdot P_k} = \$360,340 (\text{Million USD})$$

ここで、 $r=0.0725$ ,  $P = \sum \mu_l \cdot (1 - \omega_l)^{\alpha_1} \cdot (1 - \psi_l)^{\alpha_2} \cdot (1 - \tau_l)^{\alpha_3} = 0.9304$ ,

$$P_k = \sum \mu_l \cdot (1 - \psi_l) = 0.8569$$

これを2004年の各階層人口の合計である31,026,279人で割ることで一人当たりの平均生産資本ストックを算出する。一人当たり平均生産資本ストックは\$2,322.5となる。

これを、総所得分配比率で案分することで、金融資産は下記のとおり設定される。

表-15 所得分配率を用いた金融資産の算出

階層	総所得分配比率(%)	金融資産(USD)
最貧困層 (Poorest)	9.5	\$1,104.3
第2 貧困層 (Poor)	13.2	\$1,534.4
中間層 (Middle)	16.4	\$1,906.4
第2 富裕層 (Rich)	21.4	\$2,487.6
最富裕層 (Richest)	39.4	\$4,579.9

### (3) 土地面積

土地の分配率は、初期の金融資産の分配率と等値であるとしている。また、土地の分配率は初期値に依存し、変動しないものとする。

したがって、土地の分配率 $T_{share}$ は

$$T_{share} = \frac{b_j(0)}{\sum b_j(0)} \quad (\text{式 32})$$

よって、一人当たりの土地所有割合は

$$T_j(0) = \frac{T_{share}}{n_j} \quad (\text{式 33})$$

となる。

#### [ケーススタディの設定例]

パキスタンの設定では、初期の金融資産の分配率と同様と仮定し、土地の分配率は以下のとおり設定をおこなっている。

表-16 土地の分配比率の資産

階層	土地分配率(%)
最貧困層 (Poorest)	9.5
第2 貧困層 (Poor)	13.2
中間層 (Middle)	16.4
第2 富裕層 (Rich)	21.4
最富裕層 (Richest)	39.4

### (4) 人的資本

本モデルでは人的資本の代理変数として平均就学年数を採用している。

したがって、平均就学年数が上昇すれば、労働生産性が直接上昇するという仮定をおいている。これに加えて、本来は平均就学年数の向上が労働生産性の向上に直結するまでには、一定のタイムラグが発生すると想定される。よって、平均就学年数の向上を受けて、将来のある何年か後になって労働生産性が上昇するような表現が望ましいが、実際に効果が表れるのが何年後になるかという関係性を示す具体的なデータが存在しない。今回のケースでは、就学年数の上昇は即座に労働生産性の上昇につながるという仮定をおく。

平均就学年数は UNDP で公開されている平均就学年数のデータを使用する。なお、平均就学年数は、25 歳以上の平均値となっている。

取得した平均就学年数は、教育への投資額との間で回帰を行うため、平均就学年数は時系列的に連続したデータである必要がある。前項を満たさない場合は、下記の事例のとおり、回帰分析によりこれを補完する。

さらに、階層別の就学年数あるいは就学率のデータがある場合は、これを用いて、階層別の平均就学年数を算出する。ここでは、平均就学年数が第3階層の平均就学率を反映させた結果であると仮定することで、仮に就学率が100%だった場合の仮想純就学年数を設定し、そこに各階層の就学率を再度かけ合わせることで階層別の平均就学年数を設定する。データが不足する場合は各階層の平均就学年数は共通とする。

### [ケーススタディの設定例]

パキスタンの設定では、平均就学年数の推移データを用いている。

表-17 就学年数の推移

年次	1980	1990	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
平均就学年数(年)	1.7	2.3	3.3	4.5	4.6	4.7	4.7	4.8	4.9	4.9	4.9

ただし、上記データでは毎年の平均就学年数の推移がないため、上記データを用いて回帰式を設定した。ここで、対象年次 $T_{edu}$ は1980年を1年目として、 $T_{edu} = [1, 2, \dots, 33]$ と規定する。

$$h_j = \frac{-0.00021393 \cdot T_{edu}^3 + 0.01226631 \cdot T_{edu}^2 - 0.07520949 \cdot T_{edu} + 1.79181699}{1} \quad (\text{式 34})$$

2004年の就学就学年数を初期値とする。

ただし、平均就学年数は階層別のデータではないため、ここでは平均就学率を用いて階層別平均就学年数を推計する。

ここでは、平均就学年数が、第3階層の平均就学率を反映させた結果であると仮定することで、仮に就学率が100%だった場合の仮想純就学年数を設定することで、そこに各階層の就学率を再度かけ合わせることで階層別の就学年数を設定している。

表-18 階層別平均就学年数の計算

平均就学年数	平均就学率	仮想純就学年数	階層別平均就学年数(推計)
4.235	41%	7.843 (=4.23/54%)	3.22
	50%		3.92
	54%		4.24
	56%		4.39
	71%		5.57

### (5) 時間単位の人的投資（教育に投じた時間）

t+1 期の人的資本蓄積には、前年までの人的資本蓄積と次の期に必要なフローの人的資本が必要となる。今、人的資本は毎年 $\delta_h$ で減耗するとし、時間単位の人的投資を $m^l(t)$ とすると

$$h(t+1) = (1 - \delta_h) \cdot h(t) + \iota \cdot m^l(t) \quad (\text{式 35})$$

ここで、 $\iota = 1$ と仮定し、 $m^l(t)$ について解けば

$$m^l(t) = \delta_h \cdot h(t) + \{h(t+1) - h(t)\} \quad (\text{式 36})$$

となる。よって、フローの人的資本は、t 期の人的資本の知識の維持や、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補填する要素と、 $h(t+1) - h(t)$ という人的資本蓄積の向上の要素の 2 つにより形成されることがわかる。

### (6) 人的資本費用関数のパラメータ

次に、人的資本蓄積にかかる費用関数の係数 $\eta$ を設定する。今、(5)で定義した毎期の人的資本に必要な教育投資費用を $C_{edu}^l$ とすれば、人的資本費用関数 $\eta^l(m^l(t))$ は、

$$C_{edu}^l = \eta^l(m^l(t)) \quad (\text{式 37})$$

で定式化できる。

ここから、まず $C_{edu}^l$ を算出し、次に $F(m^l(t))$ に含まれる $\delta_h$ を推計することで、毎期の人的資本費用関数と人的資本の関係式を導出する。

#### ■教育投資費用 $C_{edu}^l$

$C_{edu}^l$ は、毎期の政府の教育投資と家計の教育投資の合計値である。

政府の教育投資については、世界銀行に記載されているGDPの教育支出割合<sup>8</sup>と、一人あたりGDP(2005 実質USD)を基に算出する。

また、家計の教育投資については世界銀行の基準データがないため、各国の家計調査データを用いて、支出のうち教育支出の割合を算出することで推計する。家計調査のデータが限られた年度しか存在しない場合は、以下の例示のように、存在するデータを用いて年間あたりの家計の平均教育投資額と政府の教育投資額の比率から、教育投資額における家計の平均支出割合を算出する。この比率を残りの政府支出のみが存在する年次に適用することで、 $C_{edu}^l$ を得る。

#### [ケーススタディの設定例]

家計調査データを基に算出するが、データが限られた年度しか存在しないため、以下の手順で推計を実施する。

---

<sup>8</sup><http://data.worldbank.org/indicator/SE.XPD.TOTL.GD.ZS/countries/PK-XN?display=graph>

- ① 家計調査データの階層別支出内訳から、家計の教育投資分を算出し、これを全階層で平均した値を取る。
- ② 政府支出と家計支出の双方が存在する年次において、両者の支出額の割合を比較することで、教育投資額における家計の平均支出割合を算出する。これを残りの政府支出のみが存在する年次に適用する。

表-19 政府と家計の教育投資額の比率算出

	2004	2005	2007	2010	平均
政府投資(USD(2005))	12.8	15.6	21.1	17.7	16.8
家計投資(USD(2005))	9.7	13.4	18.1	25.4	16.7
合計	22.4	30.0	39.2	43.1	33.7
家計投資割合(%)	43%	45%	46%	59%	50%

以上を基に、家計の教育支出は下表のように設定される。

表-20 教育投資額算出手順

Year	政府+家計一人当たり教育投資(2005USD)	1人当たりの政府教育投資額(2005USD)	教育投資率(%)	1人当たり実質GDP(USD2005)	家計教育投資(年) / USD(2005USD)					1人当たりの平均家計教育投資額(2005USD)
					poorest	poor	middle	rich	richest	
1980	12.53535252	8.438894337	2.12883	396.4099687						4.096458181
1981	12.10003187	8.145833175	1.96952	413.5948442						3.954198692
1982	12.73838601	8.57557802	2.01367	425.8680926						4.162807985
1983	13.02807426	8.770598348	1.99577	439.459374						4.25747591
1984	13.7210963	9.237146039	2.06985	446.2712776						4.48395026
1985	16.794749	11.30635234	2.43543	464.2446031						5.488396663
1986	18.84525853	12.68677089	2.67813	473.7175154						6.158487633
1987	21.58118044	14.52861427	2.97746	487.953298						7.052566177
1988	0	0		508.5634791						0
1989	18.17248493	12.23385461	2.36382	517.5459473						5.938630323
1990	19.62448457	13.21135177	2.51681	524.9244786						6.413132796
1991	20.4492951	13.76662047	2.56676	536.3423333						6.682674627
1992	21.38857232	14.39894902	2.5594	562.5908032						6.989623301
1993	19.88159471	13.38444027	2.39868	557.9919067						6.497154442
1994	21.84200682	14.70420456	2.606	564.2442271						7.137802258
1995	24.14686229	16.25585074	2.81679	577.1055257						7.891011557
1996	24.60214198	16.56234847	2.81057	589.2878836						8.039793505
1997	26.020997	17.51753243	3.0223	579.6093183						8.503464572
1998	0	0		579.0398116						0
1999	22.71416012	15.29134477	2.61149	585.5410044						7.422815347
2000	16.28915603	10.96598332	1.83782	596.6842953						5.323172713
2001	0	0		595.9788713						0
2002	0	0		603.5382118						0
2003	17.97504442	12.10093616	1.94715	621.4691298						5.87410826
2004	22.43769671	12.77212871	1.94841	655.5154566	4.26254	6.0588	7.61983	10.0505	20.0724	9.665568
2005	28.99724202	15.62669802	2.25436	693.1766897	5.9454	8.27071	10.4639	13.7581	28.4851	13.370544
2006		18.97758762	2.62638	722.5758503	0	0	0	0	0	0
2007	39.20968872	21.11810472	2.84025	743.5297851	8.22259	11.3837	14.3848	18.9195	37.4815	18.091584
2008		21.71551601	2.92569	742.2357121	0	0	0	0	0	0
2009		20.16411829	2.69068	749.4060345	0	0	0	0	0	0
2010	43.11648041	17.74557641	2.37237	748.0104878	11.9609	16.5007	20.672	26.8283	60.8674	25.370904
2011		0		755.6822282	18.5628	25.6161	32.2424	42.1125	82.905	40.28856
2012		0		772.8952047						

政府一人当たり投資額×48.5%から推計



### ■ 人的資本費用関数 $\eta^l(m^l(t))$ の推計

次に、教育投資費用を所与として、 $\eta^l(m^l(t))$  の推計を行う。教育投資費用は教育年数の増加に伴い逡増していくものと仮定し、災害時は限界費用が増加するものとする。本モデルでは、これを2次式により下記のように近似している。

$$\eta^l(m^l(t)) = C_{edu}^l = \eta_{2l}m^l(t)^2 + \eta_{1l}m^l(t) + \eta_2 \quad (\text{式 38})$$

今、 $C_{edu}^l$ ,  $h(t)$ ,  $h(t+1) - h(t)$ は所与のため、 $\delta_h$ を変化させながら二次曲線による回帰を行い、 $\eta_{2l}$ が正の値かつ、一定値以上の相関係数を持つ値を $\delta_h$ とする。後述するように $\delta_h$ の設定方法は今後の課題である。

#### [ケーススタディの設定例]

パキスタンのケーススタディでは、下記データを用い、 $\delta_h$ を変化させながら二次曲線による回帰を行った結果を踏まえ、下図の通り $\delta_h=0.075$ に設定した。この時の回帰式を用いて、人的資本費用関数を決定する。

$$\eta^l(m^l(t)) = 2.499m^l(t)^2 + 41.145m^l(t) + 8.4308$$

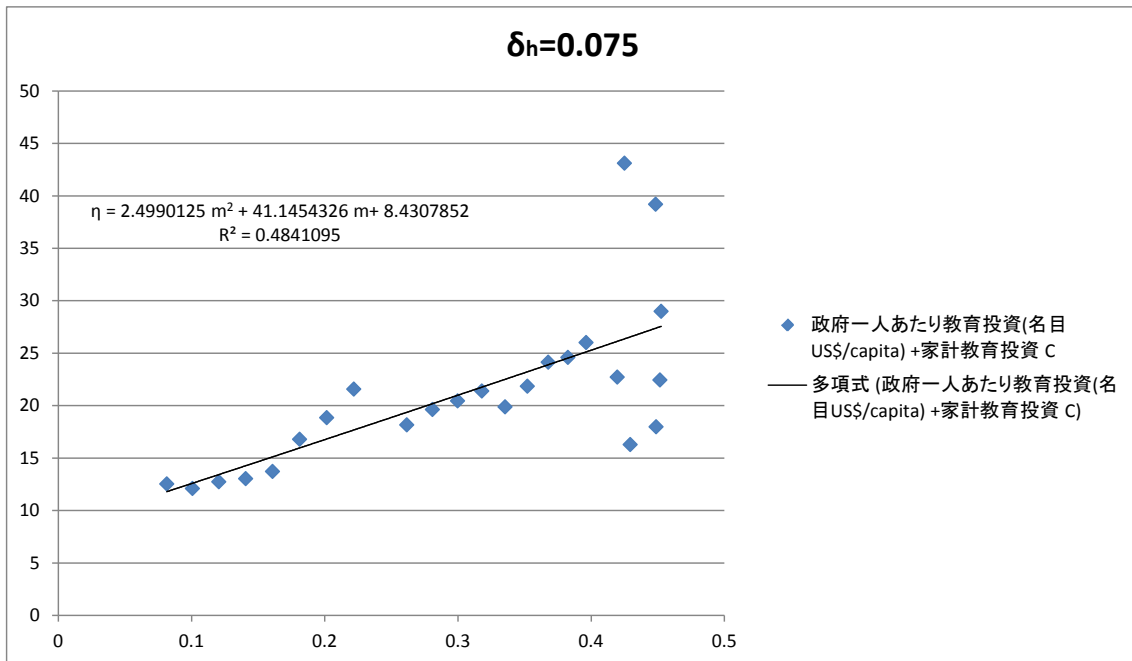


図-21 人的資本費用関数の推計

### 5.3.3 災害データ

モデルに入力する災害被害率の設定は、災害規模や災害発生頻度、災害被害額等を用いることが考えられる。ただし、UNISDR や EM-DAT をはじめとした開発途上国の災害データは、災害規模や災害発生頻度に関する統計が少ない一方、災害被害額の統計は揃っていることが多い。そのため、本モデルにおいては、開発途上国におけるデータ取得の便宜性を考慮し、災害被害額を用いた災害被害率の設定を適用するものとする。

災害被害率の設定は、災害シミュレーションや、過去の統計データから災害被害率関数を推計して適用する方法が考えられるが、十分な年数の統計データが存在しないといったデータ制約が存在する場合も多い。

そのため、本モデルでは、存在する過去の災害被害データを小さい値から順に積み上げ、データ数が同じになる様に 5 つの災害ランクに分割し、災害ランク別の災害被害率を簡便に設定する。災害被害データの収集は、UNISDR のデータベース「desinventar」を介して行う方法を基本とする。

災害発生頻度に関する統計データが存在する場合は、災害被害率と災害発生頻度を考慮し、ランクを設定することも考えられる。

災害ランク別の災害被害率の代表値は、各災害ランクに属する災害被害データの平均値や中央値、最大値、最小値などの利用が考えられる。(災害被害率が小さ過ぎる場合は最大値、大き過ぎる場合は最小値など、現況への再現性を考慮して統計指標を選択する。)

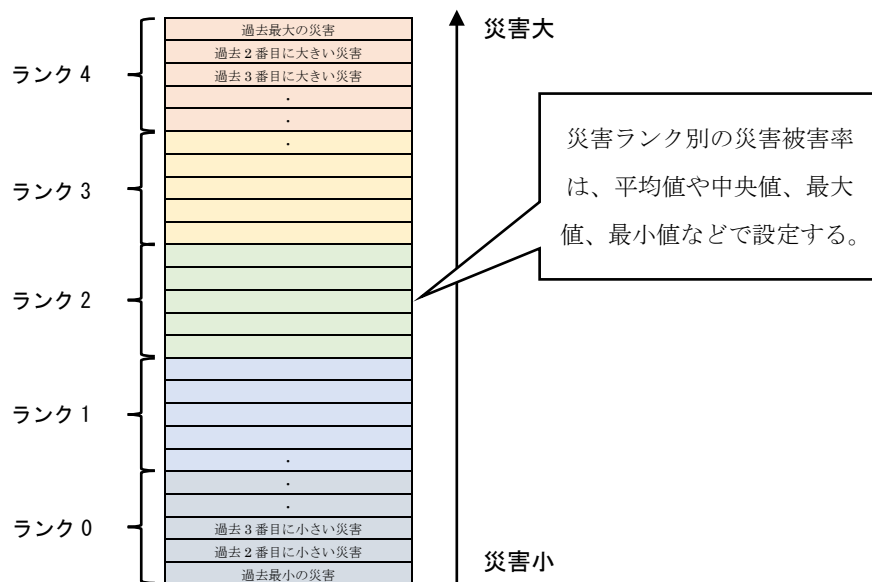


図-22 災害ランクの設定イメージ (災害発生頻度均等)

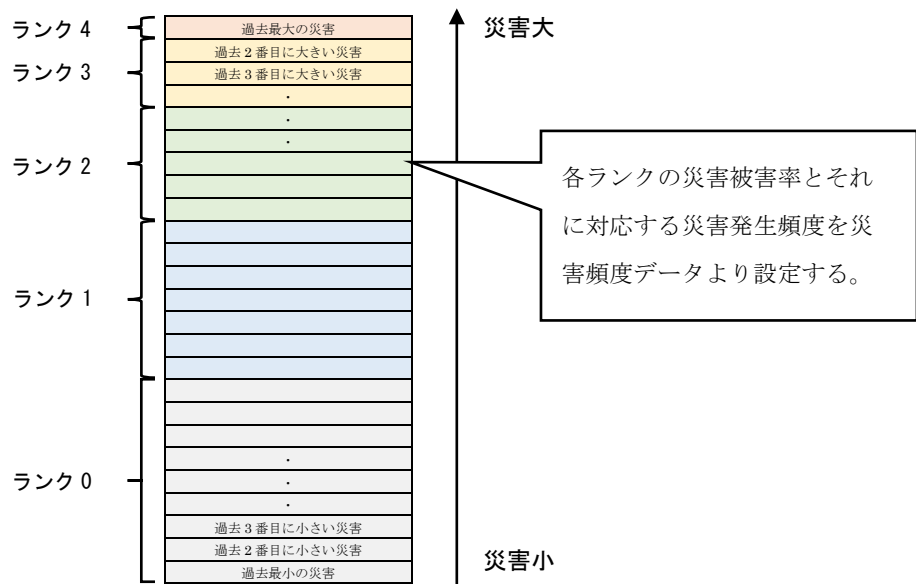


図-23 災害ランクの設定イメージ（災害発生頻度別）

【ケーススタディの設定例】

ホンジュラスの設定例と示す。各災害被害率はUNISDR「desinventar」及び世界銀行の「World Development Indicators」を用い、次の式から算出した。また、災害発生頻度に関するデータが不足しているため、各災害ランクの災害頻度は均等とした。

- 人的被害率 = 被害人口<sup>※1</sup> ÷ 総人口
- 土地被害率 = 作物被害面積 ÷ 農耕地面積
- 金融被害率 = 被害額 ÷ 国民貯蓄額
- 物的被害率<sup>※2</sup> = 金融被害率

※1 災害による負傷者・避難者等の人口。ただし、死者を除く。

※2 データ制約から、物的被害率は金融被害率に等しいと仮定した。

これら式を用いて各年次における災害被害率を算出し、前述した設定方法に従い、災害被害率を5つの災害ランクに分割した。各災害ランクの災害被害率の代表値は、各災害ランクに含まれる災害被害率の中央値を使用した。

表-24 各災害被害率の設定

災害ランク	人的被害率	土地被害率	金融被害率
0	0.00	0.00	0.00
1	0.00	0.00	0.00
2	0.00	0.01	0.01
3	0.00	0.06	0.11
4	0.04	0.16	1.43

※災害被害率は、各災害ランクに含まれる災害被害率の中央値により設定



表-25 各年次における人的被害率と災害ランクの設定

年次	総人口(人)	被害人口(人)	人的被害率	相対累積度数	災害ランク
1974	3,015,607	1,498	0.000	0.351	1
1975	3,107,735	900	0.000	0.324	1
1976	3,204,880	9,995	0.003	0.648	3
1977	3,306,985	0	0.000	0.000	0
1978	3,413,422	2,670	0.001	0.405	2
1979	3,523,279	26,559	0.008	0.729	3
1980	3,635,862	116,044	0.032	0.864	4
1981	3,750,850	1	0.000	0.189	0
1982	3,868,314	0	0.000	0.000	0
1983	3,988,404	2,976	0.001	0.378	1
1984	4,111,424	0	0.000	0.000	0
1985	4,237,518	0	0.000	0.000	0
1986	4,366,493	0	0.000	0.000	0
1987	4,497,954	13,307	0.003	0.567	2
1988	4,631,575	3,740	0.001	0.432	2
1989	4,766,961	18	0.000	0.216	1
1990	4,903,694	50	0.000	0.243	1
1991	5,041,781	53	0.000	0.270	1
1992	5,180,884	741	0.000	0.297	1
1993	5,319,841	10,715	0.002	0.540	2
1994	5,457,189	0	0.000	0.000	0
1995	5,591,935	27,249	0.005	0.675	3
1996	5,723,639	17,018	0.003	0.594	2
1997	5,852,719	0	0.000	0.000	0
1998	5,980,152	518,973	0.087	0.945	4
1999	6,107,385	7,315	0.001	0.486	2
2000	6,235,561	8,935	0.001	0.513	2
2001	6,365,040	91,026	0.014	0.837	4
2002	6,495,801	308,161	0.047	0.918	4
2003	6,628,171	214,540	0.032	0.891	4
2004	6,762,426	82,152	0.012	0.810	4
2005	6,898,825	80,795	0.012	0.783	3
2006	7,037,428	7,478	0.001	0.459	2
2007	7,178,436	76,079	0.011	0.756	3
2008	7,322,368	979,000	0.134	1.000	4
2009	7,469,844	36,860	0.005	0.702	3
2010	7,621,204	800,247	0.105	0.972	4
2011	7,776,669	23,630	0.003	0.621	3

表-26 各年次における土地被害率と災害ランクの設定

年次	農耕地面積(ha)	作物被害面積(ha)	土地被害率	累積相対度数	災害ランク
1974	1,384,000	22,450	0.016	0.567	2
1975	1,413,000	650	0.000	0.162	0
1976	1,438,000	9,717	0.007	0.378	1
1977	1,503,000	250,000	0.166	0.918	4
1978	1,504,000	283	0.000	0.108	0
1979	1,494,000	19,248	0.013	0.486	2
1980	1,484,000	2,866	0.002	0.216	1
1981	1,481,000	7,431	0.005	0.324	1
1982	1,476,000	572	0.000	0.135	0
1983	1,467,000	22,907	0.016	0.540	2
1984	1,464,000	0	0.000	0.000	0
1985	1,455,000	13,765	0.009	0.459	2
1986	1,451,000	0	0.000	0.000	0
1987	1,441,000	7,004	0.005	0.297	1
1988	1,431,000	28,950	0.020	0.594	2
1989	1,446,000	6,131	0.004	0.270	1
1990	1,462,000	111,812	0.076	0.837	4
1991	1,492,000	380,778	0.255	0.972	4
1992	1,515,000	1,697	0.001	0.189	0
1993	1,683,000	13,494	0.008	0.405	2
1994	1,650,000	0	0.000	0.000	0
1995	1,600,000	14,548	0.009	0.432	2
1996	1,600,000	3,700	0.002	0.243	1
1997	1,520,000	0	0.000	0.000	0
1998	1,520,000	50,072	0.033	0.621	3
1999	1,468,000	77,555	0.053	0.675	3
2000	1,068,000	71,460	0.067	0.783	3
2001	1,068,000	60,182	0.056	0.702	3
2002	1,068,000	577,167	0.540	1.000	4
2003	1,068,000	61,354	0.057	0.756	3
2004	1,050,000	14,084	0.013	0.513	2
2005	1,050,000	165,318	0.157	0.891	4
2006	1,050,000	60,022	0.057	0.729	3
2007	1,050,000	72,977	0.070	0.810	4
2008	1,018,000	216,588	0.213	0.945	4
2009	1,020,000	50,133	0.049	0.648	3
2010	1,020,000	100,732	0.099	0.864	4
2011	1,020,000	5,864	0.006	0.351	1

表-27 各年次における金融被害率と災害ランクの設定

年次	国民貯蓄額(\$)	被害額(\$)	金融被害率	累積相対度数	災害ランク
1974	210,463,187	300,000	0.001	0.324	1
1975	102,666,973	1,550,000	0.015	0.567	2
1976	188,981,072	4,602,240	0.024	0.594	2
1977	352,148,566	13,901,000	0.039	0.648	3
1978	501,444,195	0	0.000	0.000	0
1979	578,858,034	839,465,000	1.450	0.918	4
1980	355,386,361	190,000	0.001	0.243	1
1981	257,853,791	15,300	0.000	0.162	0
1982	4,517,824	121,480,000	26.889	1.000	4
1983	24,220,960	23,634,500	0.976	0.864	4
1984	107,845,698	1,543,000	0.014	0.540	2
1985	374,063,195	0	0.000	0.000	0
1986	313,716,457	500,000	0.002	0.351	1
1987	530,062,541	226,776	0.000	0.216	1
1988	1,148,056,607	42,650,000	0.037	0.621	3
1989	1,031,641,118	121,540,000	0.118	0.702	3
1990	1,744,547,533	461,250,000	0.264	0.810	4
1991	2,006,385,027	10,546,707,025	5.257	0.972	4
1992	2,246,182,360	5,272,000	0.002	0.432	2
1993	3,921,334,456	750,640,000	0.191	0.783	3
1994	6,230,111,593	260,000,000	0.042	0.675	3
1995	7,654,471,834	1,368,662,590	0.179	0.729	3
1996	9,099,981,654	5,000,000	0.001	0.270	1
1997	13,224,417,152	0	0.000	0.000	0
1998	15,388,624,528	72,220,140,095	4.693	0.945	4
1999	18,014,414,609	13,192,536,000	0.732	0.837	4
2000	17,148,825,049	0	0.000	0.000	0
2001	14,596,746,063	0	0.000	0.000	0
2002	16,279,281,348	23,177,147,971	1.424	0.891	4
2003	19,774,168,803	44,000,000	0.002	0.405	2
2004	24,218,904,135	2,500,000	0.000	0.189	0
2005	33,834,487,382	6,078,385,684	0.180	0.756	3
2006	40,173,463,684	70,800,000	0.002	0.378	1
2007	43,410,585,815	30,111,603	0.001	0.297	1
2008	40,172,320,966	175,580,000	0.004	0.459	2
2009	28,952,492,101	1,900	0.000	0.135	0
2010	33,551,267,707	244,068,133	0.007	0.486	2
2011	26,890,061,996	272,454,663	0.010	0.513	2

## 6 アウトプット

以上の設定データを用いてインプットすると下記のようなアウトプットを得ることが可能となる。

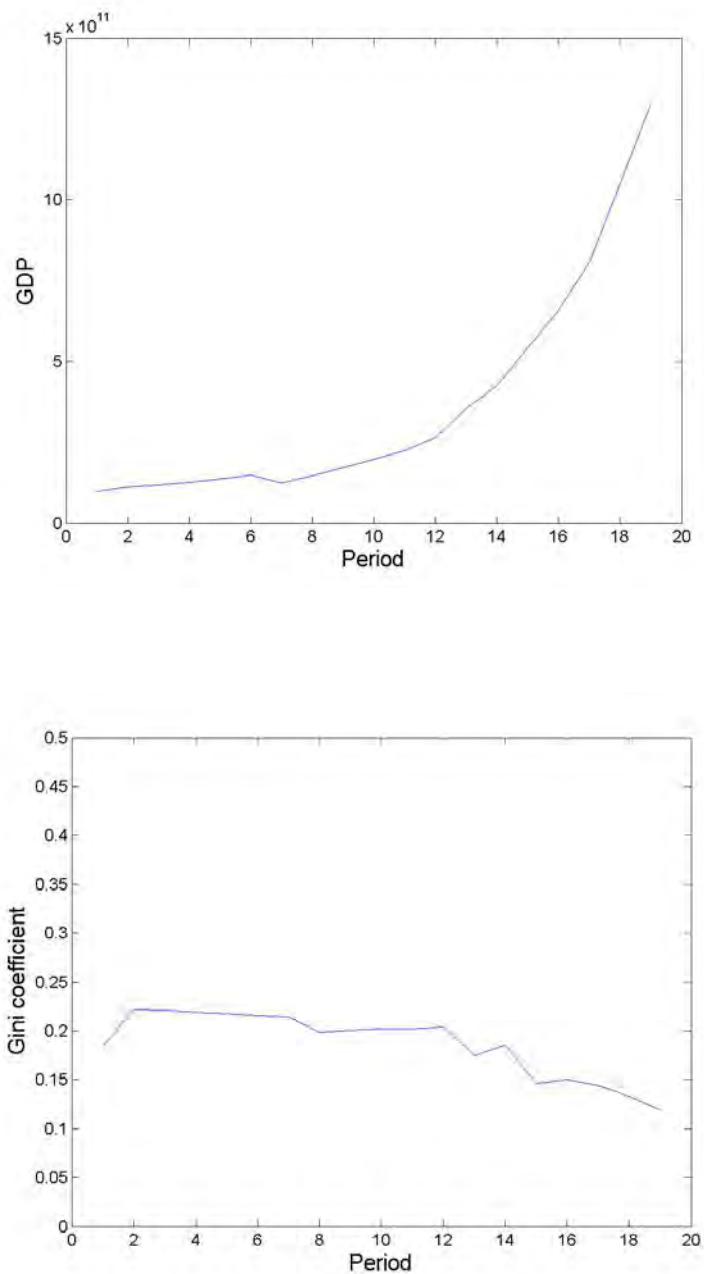


図-28 結果の例（その1）

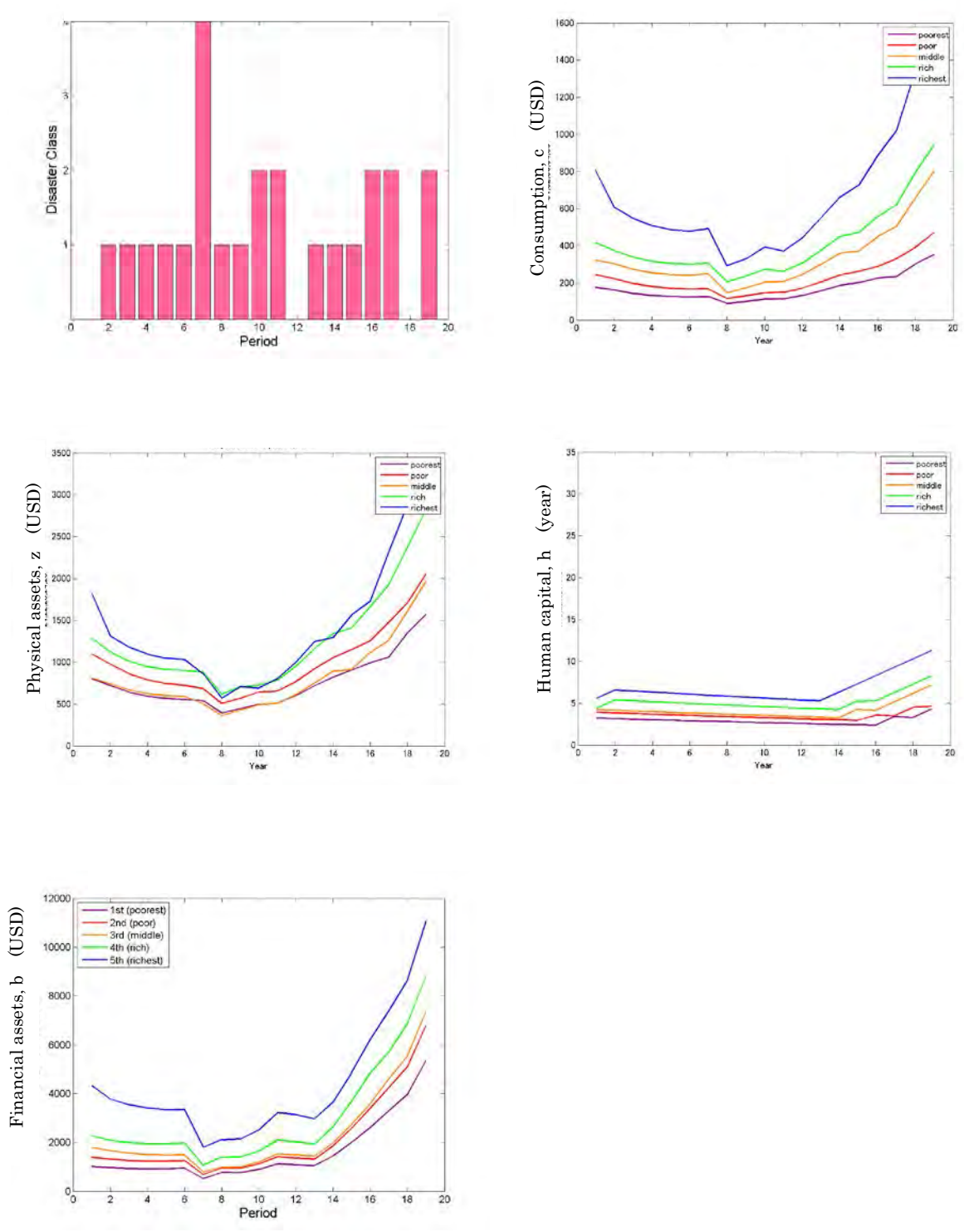


図-29 結果の例 (その2)

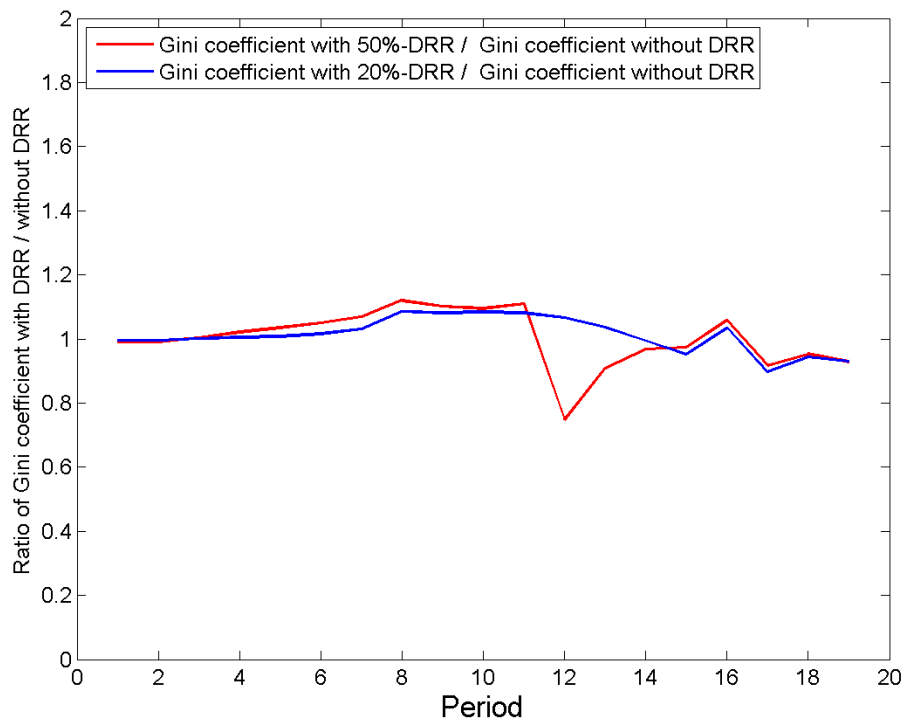
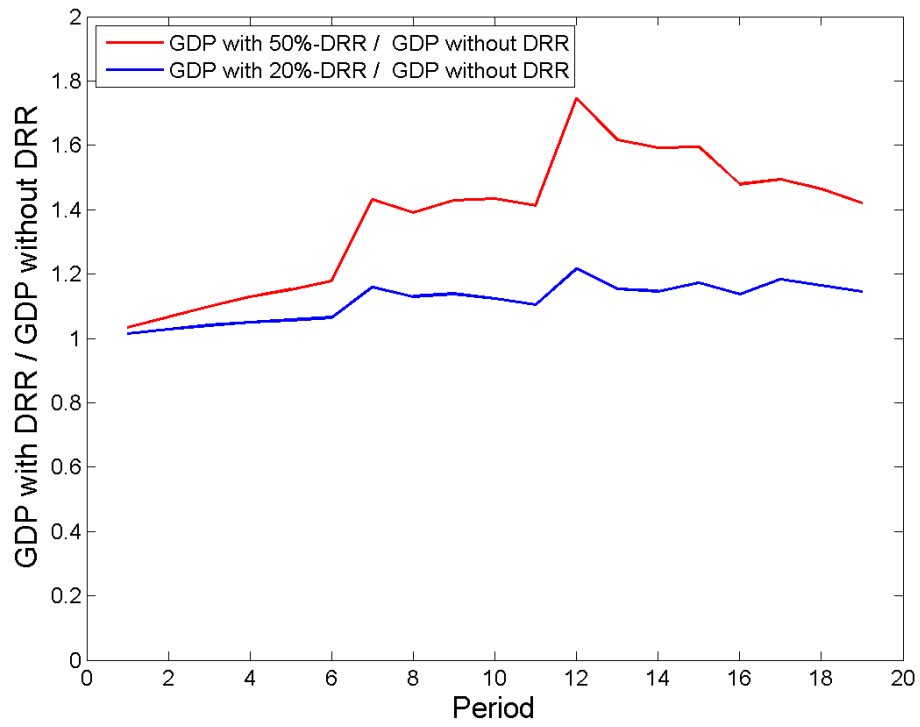


図-30 結果の例 (その2)

## 7 今後の課題

ここでは、今回構築した ver1.4 の改善点・課題を整理する。

### 7.1 モデル化における課題

#### (1) 階層間のやりとり

- ・現在は階層間のやりとりが家計・企業ともに行われず、階層毎に閉鎖された経済を想定しているが、今後は階層間のやりとりが行われるようにする。

#### (2) 人的資本形成

- ・人的資本の代理変数として平均就学年数を用いているが、今後は平均就学年数の向上による労働生産性の向上までのタイムラグを考慮する。
- ・人的資本の代理変数自体として、平均就学年数だけでなく、途上国の実態と貧困状況を反映した代理変数を検討する。

#### (3) 土地資源の取引

- ・土地資源は初期値に依存し、その後取引がなされないとしているが、将来的には土地資源の取引についても考慮する。

### 7.2 データ面における課題

#### (4) 技術進歩率

- ・技術進歩率はケーススタディにおいて 2004 年及び 2010 年の GDP の実績値が推計と合致するようにキャリブレーションを行ったが、技術進歩率の値はその後の経済成長に大きく影響するため、より長期間のデータで、なおかつその間に大きな災害や技術革新が存在しない期間を用いて設定することが望ましい。

#### (5) 生産関数のシェアパラメータ

- ・生産関数のシェアパラメータは、産業連関表に基づいて決定しているが、産業連関表が定期的に作成されていない途上国もある。そのような場合には、それに代替する指標を用いて決定する方法を開発する必要がある。

#### (6) 初期の土地分配率

- ・土地の分配率は、データが存在していないため金融資産の初期分配率と同じものとして扱っているが、本来金融資産と土地資産は相関性こそあると想定されるものの、独立した要素である。今後は、実情を適切に反映した土地のデータを取得し反映させる必要がある。

ある。

#### (7) 人的資本データ

- ・ 人的資本の代理変数として使用している平均就学年数は、現在、一国全体の平均データしか存在しない。従って、階層別のデータが存在する平均就学率を用いて仮想的に階層別の平均就学率のデータを推計してモデルに適用している。実際には平均就学率と平均就学年数の間には明確な相関関係が存在するわけではないため、**階層別の平均就学年数のデータを使用する必要がある**。

#### (8) 人的投資データ

- ・ 時間単位の人的投資については、時間単位の人的投資に関する研究・データが不足しているため、平均就学年数と教育支出データを用いて簡易的に設定している。しかし、実態を反映したものにするためには、適切な研究・データを使用する、あるいはパネル調査等を行うことでデータを収集する必要がある。
- ・ 教育投資時間を費用に変換する関数についても、政府の教育投資費用と家計の教育投資費用のデータがともに限られているほか、教育投資額と平均就学年数の間の相関性も明確に立証されているわけではない。パネル調査等を行うことで将来的には階層ごとの詳細データを反映させ、適切な関数形にする必要がある。

#### (9) 災害被害データ

- ・ 災害被害データについては、UNISDRが支援しているDESINVENTAR<sup>9</sup>やEM-DAT (CRED)などの被害データを用いた簡易被害関数を推計した上でモデルに反映させることが基本となる。
- ・ しかしながら、家計調査やGDP等の統計データが有意な期間確保されていない場合や、その期間内で代表的な災害の影響を考慮することが難しい場合があり、そのような場合はGDPや災害種類、災害の影響（頻度や規模、深刻度）等が類似した国のデータから推定することが必要である。
- ・ また、中小規模な災害の繰り返しの影響についても同様の考え方で推定することで、本モデルの効率的な適用を図ることが重要である。
- ・ さらに、気候変動等を踏まえた精緻な被害予測を行う上では、立地条件や詳細な被害データを用いて、適切な被害関数を設定する必要がある。
- ・ ケーススタディでは、影響を推計することが難しいため、水害のみを算定対象としているが、防災投資効果をより適切に検証するためには、**複数の種類の災害を独立した事象として扱い、なおかつそれぞれの災害に複数の災害規模があることを表現する必要がある**。

---

<sup>9</sup> <http://www.desinventar.org/>



## 参考 プログラムの計算アルゴリズム

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。

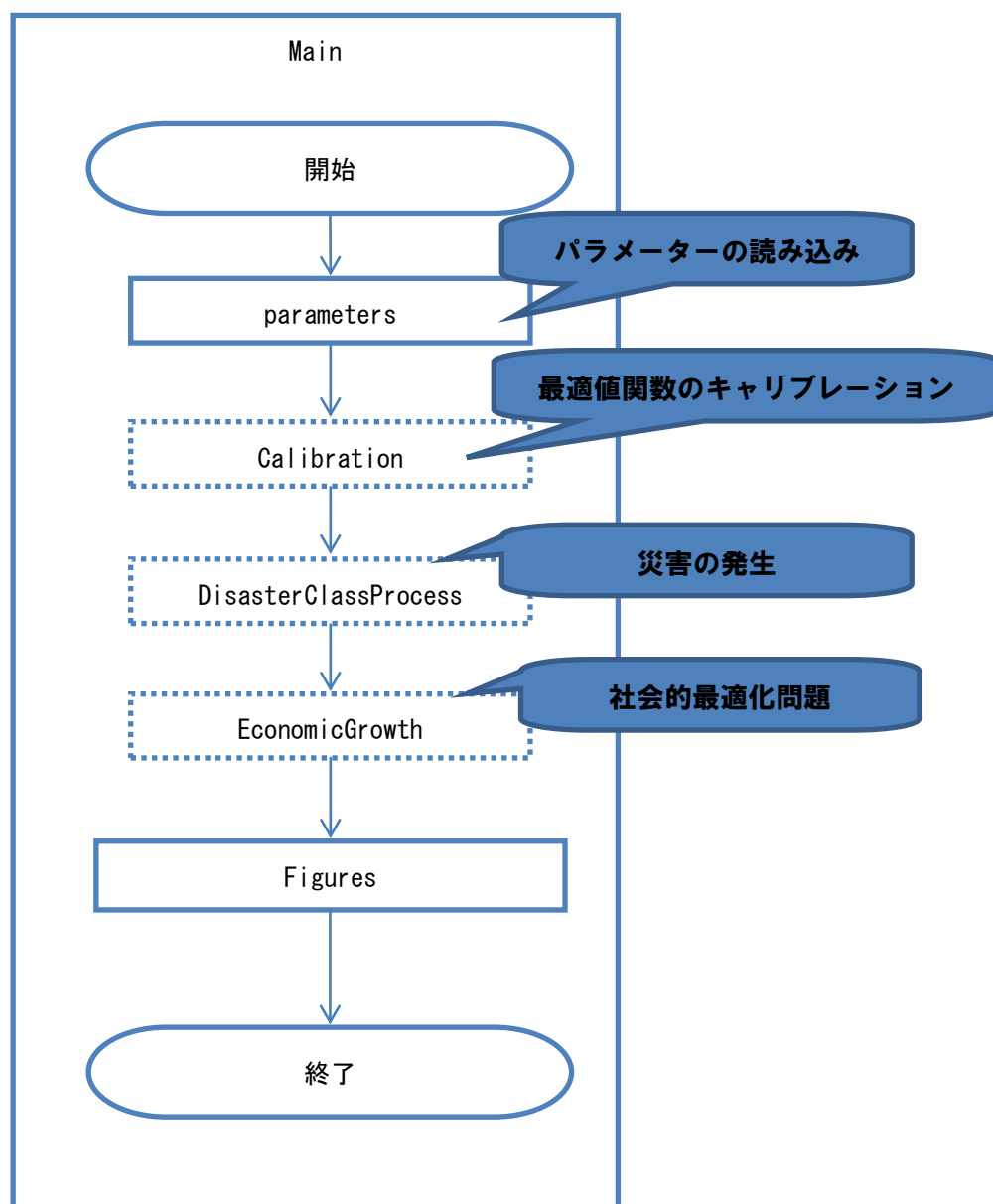


図-31 プログラム全体計算アルゴリズム

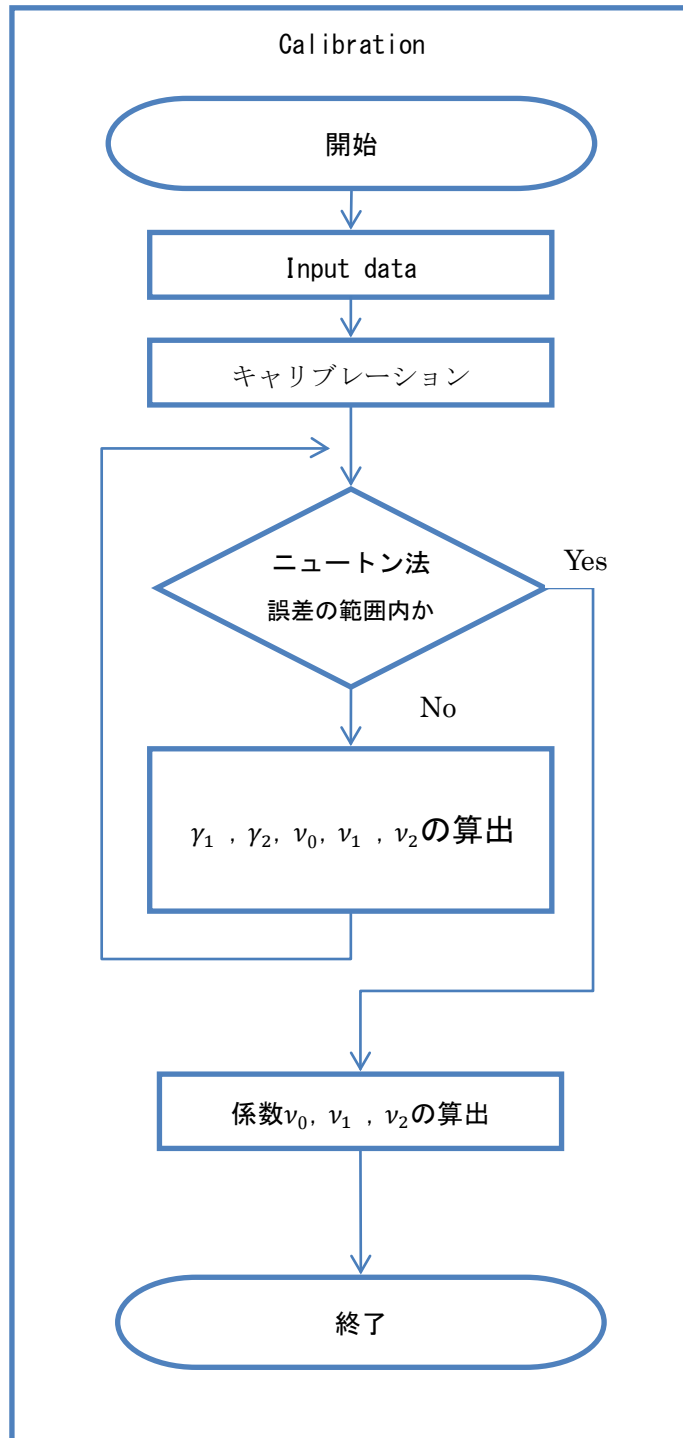


図-32 Calibration 計算アルゴリズム

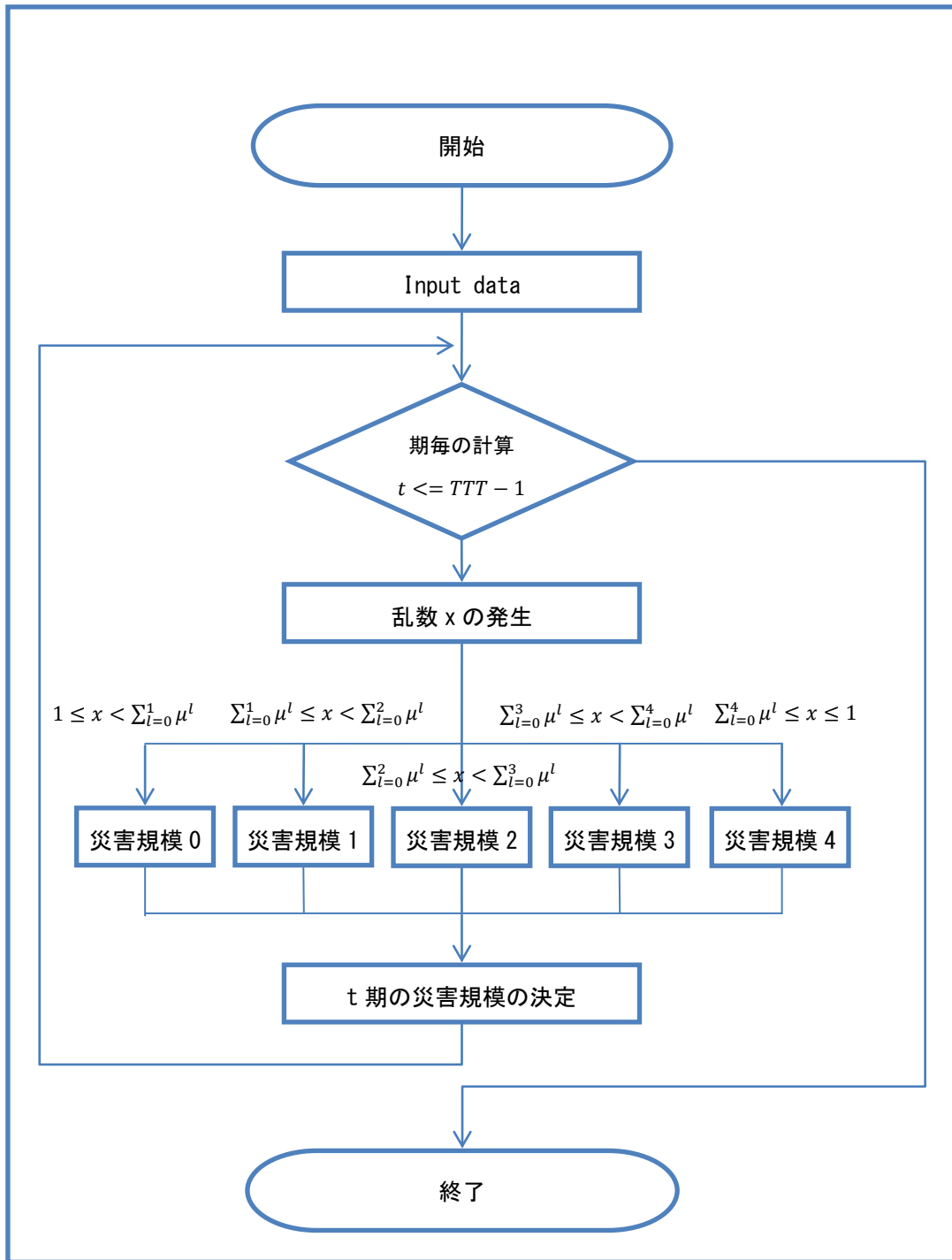


図-33 Disaster Class Process 計算アルゴリズム

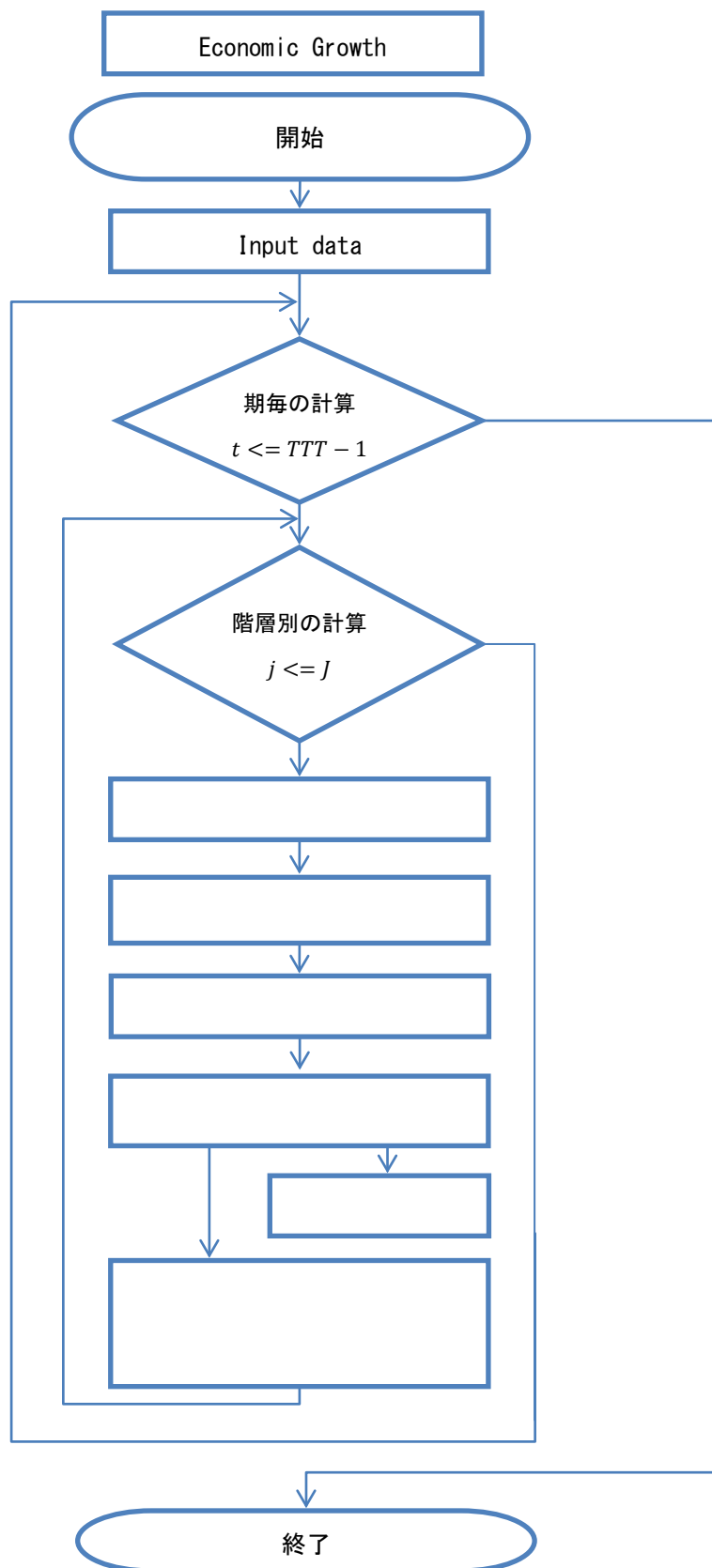


図-34 Economic Growth 計算アルゴリズム

## 参考 プログラムの操作方法

Matlab を用いた実際の操作手順を解説する。

本項は大きく 2 つに分かれ、1.パラメータの入力設定と、2.Matlab での計算からなる。

- DR<sup>2</sup>AD モデル ver1.4 は MATLAB を用いたプログラムのため、MATLAB がインストールされている必要がある。
- ただし、MATLAB がインストールされていない場合でも、プログラムのスクリプトファイル(拡張子は.m)をテキストとして編集することが可能である。
- MATLAB がインストールされていないパソコンで操作を行う場合、テキストエディタを用いて、パラメータの入力を事前に行い、パラメータの更新を行う。
- そのうえで、MATLAB がインストールされているパソコンを用いて計算を行う。

### 1. パラメータの入力設定

以下では、MATLAB がインストールされていない場合のパラメータの入力設定方法について記述する。

#### ① パラメータファイルの選択

パラメータファイル(parametersXXX.m)を選択して右クリック、「編集」を選ぶ。

※XXX 部分には必要に応じて各国の名前などを指定する。



## ② パラメータの入力

パラメータのテキスト画面が開くので、該当部分に各国のデータを入力する。（防災投資無の例）具体的な設定値については④を参照。

“Parameters below must be input”以下の数値部分を各国のデータのものに更新する。パラメータの定義部分は動かさない。%マーク以降の数字はパラメータの説明なので触れない。

```
% List of countries: n=2 and Ver1=4
% Cobb-Douglas production function: alpha=0.33
% Multiple income classes: J=5
% Multiple disaster risk: L=4

% Population and the number of income groups:
*****
% Parameters below must be input:
*****

Pop0=15151894; % Initial population (2004, world bank)
J=5; % the number of income groups
Pshare=7./J.*ones(J,1); % tentative
% sigma=0.025; % a birth rate: uniform across income groups
n0=Pop0.*Pshare; % Initial population vector
n0bar=Pop0./J;
TT=88; % length of time horizon
TTT=88; % period for calculation

% Initial GDP and Scale parameter:
*****
% Parameters below must be input:
*****

GDP0=1.01704E+11; % Initial GDP US$
GDP1=1.29517E+11; % Mid-term GDP US$
s0=0; % initial savings
s0=0-GDP0./Pop0;

% Household
*****
% Parameters below must be input:
*****

rho=0.05; % original discount rate
theta=2.0; % degree of relative risk aversion
cbar=0; % subsistence level of consumption
zbar=0; % subsistence level of household asset

% Disaster risk:
% A.K.A. W matrix: Matrix:
*****
% Parameters below must be input:
*****

%D=1; % Define the basis of disaster information
L=4; % the number of disaster classes (not including the no-disaster state)
```

Ex)

GDP0= ; % Initial GDP US\$

GDP1=  ; % Mid-term GDP US\$

赤枠の数字部分だけを更新すればよい

図-35 テキストエディタで開いたプログラム例

## ③ パラメータファイルの保存

防災投資有についても、②と同様に編集(parametersXXXRM(50 and 20).m)を行い、ファイルを保存する。

※上記の操作は MATLAB をインストールしている場合は、直接パラメータを開いて編集を行える。（後述 2. ④を参照）

#### ④ パラメータの具体的な操作

実際にテキストエディタを開いた状態での編集方法は以下のとおりとなる。青色部分は付属した表に示す収集したデータを入力する部分であり、緑色部分は設定者が変数とは別に設定するデータ或いは値である。オレンジ部分は防災投資有の場合だけ変更する部分である。それ以外については変更する必要はない。実際には、③のとおり、防災投資有の2つに同じ数字を入力し、DRRの部分のみ変更する必要がある。以下ではパキスタンの防災投資無の場合を用いて説明する。プログラム中の番号は下記表番号の数値と対応する。

表-36 プログラムに使用するデータセット（青色部分が入力部分）

Number	Variable	EX) Setting for Pakistan
(1)	$n_j$	Population ■Total population (2004) 155,151,394 people * Source: World Bank ■Stratified population (2004) ⇒The total population is distributed to each of the five groups, depending on size. *Source: "Poverty Profile of the Islamic Republic of Pakistan," Japan Bank for International Cooperation (2007); Each group: 31,030,279 people (20% of the total population from each group)
(2)	$\rho$ rho	Social discount rate 0.05
(3)	$\delta_z$ delta	Physical assets depreciation rate 0.2 Set by a 10%–30% assets write-off rate in Pakistan. *Source: Investment and corporate law, accounting tax, and labor in Bangladesh, Pakistan, Sri Lanka - Kuno Yasunari
(4)	$\delta_k$	Production capital depreciation rate 0.02
(5)	$r_j$	Capital rent Determined endogenously
(6)	$B$	Exogenous technology progress rate 63.0 ⇒The GDP initial value/ $h(0)^{\alpha_1}K(0)^{\alpha_2}T(0)^{\alpha_3}$ Set for annual growth of $(1 + 0.095)^{t-1}$ *Setting method listed in Section 5.3.1(1)
(7)	$\alpha_i$	Production elasticities of production function $\alpha_1 = 0.52$ $\alpha_2 = 0.40$ $\alpha_3 = 0.08$ *Setting method listed in Section 5.3.1(2)
(8)	$c_j^l$	Consumption 1st (poorest) : \$176.0

Number	Variable		EX) Setting for Pakistan
		goods (non-durable)	2 <sup>nd</sup> (poor) : \$242.2 3 <sup>rd</sup> (middle) : \$303.8 4 <sup>th</sup> (rich) : \$410.3 5 <sup>th</sup> (richest) : \$815.1 *Source: Household Integrated Economic Survey, Pakistan
(9)	$z_j$	Physical assets (home, household goods)	1 <sup>st</sup> (poorest) : \$263 2 <sup>nd</sup> (poor) : \$362 3 <sup>rd</sup> (middle) : \$454 4 <sup>th</sup> (rich) : \$613 5 <sup>th</sup> (richest) : \$1218 ⇒Set to a 8.67%–9.99% to 10% past investment rate of Housing (rent & other costs)/Rural from Pakistan’s Household Integrated Economic Survey. *Source: Household Integrated Economic Survey, Pakistan *Setting method listed in Section 5.3.2(1).
(10)	$\theta$	Relative risk aversion	2 *Reference: Kraay and Raddatz (2007), Poverty traps, aid, and growth, Journal of Development Economics, 82, 315-347.
(11)	$\bar{c}$	Minimum consumption amount required for survival	Assumed to be 0. * David (1998) said that “The least cost requirement for sustaining an individual’s minimum dietary needs is approximately \$300 a year (in 1980 dollars).”
(12)	$b_j$	Financial assets	1 <sup>st</sup> (poorest) : \$1104.3 2 <sup>nd</sup> (poor) : \$1534.4 3 <sup>rd</sup> (middle) : \$1906.4 4 <sup>th</sup> (rich) : \$2487.6 5 <sup>th</sup> (richest) : \$4579.9 *Source: Finance Division, Government of Pakistan, Pakistan Economic Survey. (national savings rate) *Setting method listed in Section 5.3.2(2)
(13)	$\tilde{T}_j$	Total land area	1 <sup>st</sup> (poorest) : 9.5% 2 <sup>nd</sup> (poor) : 13.2% 3 <sup>rd</sup> (middle) : 6.4% 4 <sup>th</sup> (rich) : 21.4% 5 <sup>th</sup> (richest) : 39.4% *Setting method listed in Section 5.3.2(3)
(14)	$\xi_{xi}$	Formation of physical assets	Determined endogenously when $z_j$ is determined.
(15)	$h_j$	Human capital	1 <sup>st</sup> (poorest) : 3.22years 2 <sup>nd</sup> (poor) : 3.92years 3 <sup>rd</sup> (middle) : 4.24years



Number	Variable	EX) Setting for Pakistan
		4 <sup>th</sup> (rich) : 4.39years 5 <sup>th</sup> (richest) : 5.57years *Setting method listed in Section 5.3.2(4)
(16)	$m_j^l$	Hourly human investment Determined endogenously. *Setting method listed in Section 5.3.2(5)
(17)	$\delta_h$ delta	Depreciation rate of human capital 0.07 Estimated from average number of schooling years in Pakistan. *Setting method listed in Section 5.3.2(6)
(18)	$w_j$	Wage rate (for 1 human capital) Determined endogenously.
(19)	$\eta_i$ eta	Parameters of the human capital cost function $\eta_0$ : 7.98 $\eta_1$ : 44.2 3.30 3.70 $\eta_{2i}$ : 4.10 4.50 4.90 *Setting method listed in Section 5.3.2(6)
(20)	$\gamma_i$ gamma	Shared parameters of consumption Determined endogenously
(21)	$\omega_j^l$	Damage rate of human capital due to disaster 0.0000018%–0.000012% ⇒Due to data limitations, the disaster damage rate is currently consistent for each income group. *Setting method listed in Section 5.3.3
(22)	$\phi_j^l$	Damage rate of physical assets due to disaster 1 <sup>st</sup> (poorest) : 0.9%–5.4% 2 <sup>nd</sup> (poor) : 0.7%–8.4% 3 <sup>rd</sup> (middle) : 5.5%–22% 4 <sup>th</sup> (rich) : 0.9%–8.2% 5 <sup>th</sup> (richest) : 2.0%–22% *Setting method listed in Section 5.3.3
(23)	$\psi^l$	Damage rate of financial assets due to disaster 7.9%~55% Due to data limitations, the disaster damage rate is currently consistent for each income group. Only uses data from Pakistan between 1976 and 2011 (36 years) *Setting method listed in Section 5.3.3
(24)	$\tau^l$	Damage rate of land due to disaster 2.1%~15% Due to data limitations, the disaster damage rate is currently consistent for each income group. Only uses data from Pakistan between 1976 and 2011 (36 years) *Setting method listed in Section 5.3.3

【パキスタンにおける防災投資無の場合のパラメータ】

```
% List of parameters for DR2AD_Ver1-2 and Ver1-4
% Cobb-Douglas production function
% Multiple income class, j=1,...,J
% Multiple disaster class

% Notice!
% In Ver1-4,
% Q3=delzk+Ephsl should be positive !
% deltax-deltak matters, which should be very large!
% Otherwise Q4 gets larger than 1.
% m can easily get negative! -> we need iota to increase the first term of the mj function.

% Population and the number of income groups
Pop0=155151394; % Initial
J=5; % the number of income groups
Pshare=1./J.*ones(J,1); % the population share of each income group
% sigma=0.025; % a birth rate : uniform across income groups
n0=Pop0.*Pshare; % initial population vector
n0bar=Pop0./J;
TT=20; % length of time horizon
TTT=20; % period for calculation

% Initial GDP and Scale parameter
GDP0=1.01704E+11; % Initial GDP US$ (2004, from World bank HP, 2005US$)
GDP1=1.29517E+11; % 2010 t=7 GDP US$ (from World bank HP, 2005US$)

gdp0=GDP0./Pop0;

% Household
rho=0.05; % original discount rate
theta=2.0; % degree of relative risk aversion
```

総人口のデータを入力(1)

計算期間を設定。  
通常は, TT=TTT

GDP(\$USD)の初期値を入力。

社会的割引率(2)を入力

相対的危険回避度(10)を入力

```
%cbar0=300 ; % s
cbar=0;
zbar=0; % subsistence level of household asset
```

生存必要消費額(11)を入力

```
% Disaser risk
% xxM: M means Matrix.
L=4; % the number of disaster classes (not i
```

災害リスク削減に関するパラメーター  
(50%の削減、20%の削減)の値は20  
か50に変化させる。

```
DRR=0; % without DRR, DRR=0%%%
```

```
mu=[0.360771858133789,0.293157585348079,0.215459211956662,0.110798575192407,
0.0198127693690624]; % 1*(L+1)
```

```
phiM=(1-DRR).*[0.00958343142857143, 0.023466625 , 0.03739215, 0.0363373,
0.0541332 ;
```

```
0.00742587, 0.031687765 , 0.03440585, 0.0294299, 0.0835009 ;
```

```
0.0550249571428571, 0.072353475 , 0.0607398, 0.0813099, 0.219844 ;
```

```
0.0191393014285714, 0.04982087 , 0.05330575, 0.146692, 0.082332 ;
```

```
0.0200024714285714, 0.0609288285714286 , 0.13990345, 0.218874, 0.219794 ] ; %
```

```
J*(L+1)
```

```
phiMave=sum(phiM,1)./J; % J*1
```

物的資産の被害率行列(21)を入力。

```
psiM=(1-DRR).*[0.0791446, 0.139877945 , 0.148394, 0.277004, 0.547603];% 1*(L+1)
```

```
Epsi=psiM*(mu. '); % 1*1
```

金融資産の被害率(23)を入力。

```
psiTM=(1-DRR).*[0.0211531428571429, 0.048810285 , 0.0595332, 0.0902565,
0.1500285];% 1*(L+1)
```

```
EpsiT=psiTM*(mu. '); % 1*1
```

土地の被害率(24)を入力。

```
omegaM=(1-DRR).*[1.72984435628463E-06, 2.93791921393877E-06 ,
3.51193696218263E-06, 4.37554827071657E-06 , 0.0000121876190692597;
```

```
1.72984435628463E-06, 2.93791921393877E-06 , 3.51193696218263E-06,
4.37554827071657E-06 , 0.0000121876190692597 ;
```

```
1.72984435628463E-06, 2.93791921393877E-06 , 3.51193696218263E-06,  
4.37554827071657E-06 , 0.0000121876190692597 ;
```

```
1.72984435628463E-06, 2.93791921393877E-06 , 3.51193696218263E-06,  
4.37554827071657E-06 , 0.0000121876190692597 ;
```

```
1.72984435628463E-06, 2.93791921393877E-06 , 3.51193696218263E-06,  
4.37554827071657E-06 , 0.0000121876190692597 ] ; % J*(L+1)
```

人的資本の被害率(21)を入力。

```
psiTM55=(1-DRR).*[0.0211531428571429, 0.048810285 , 0.0595332, 0.0902565,  
0.1500285 ;
```

```
0.0211531428571429, 0.048810285 , 0.0595332, 0.0902565, 0.1500285 ;
```

```
0.0211531428571429, 0.048810285 , 0.0595332, 0.0902565, 0.1500285 ;
```

```
0.0211531428571429, 0.048810285 , 0.0595332, 0.0902565, 0.1500285 ;
```

```
0.0211531428571429, 0.048810285 , 0.0595332, 0.0902565, 0.1500285];
```

土地の被害率(24)を行列としてコピー。

```
psiM55=(1-DRR).*[0.0211531428571429, 0.048810285 , 0.0595332, 0.0902565,  
0.1500285;
```

```
0.0211531428571429, 0.048810285 , 0.0595332, 0.0902565, 0.1500285;
```

```
0.0211531428571429, 0.048810285 , 0.0595332, 0.0902565, 0.1500285 ;
```

```
0.0211531428571429, 0.048810285 , 0.0595332, 0.0902565, 0.1500285 ;  
0.0211531428571429, 0.048810285 , 0.0595332, 0.0902565, 0.1500285];
```

金融資産の被害率(23)を行列としてコピー。

```
Eomega=omegaM*(mu.');
```

```
omegabarM=sum(omegaM,1)./J; % 1*(L+1)
```

```
omegaMave=sum(omegaM,1)./J;
```

```
% Past Disaster Class Data
```

```
PastDC=[ 1, 1, 1, 1, 1, 4]; % Facts From the year (2004) 2005-2010
```

過去の災害規模を入力。

```
% Discount factor
```

```
Ezzeta=zeros(J,1); % For the use of Ver.1-4
```

```
Lambda=(1-Ezzeta)./(1+rho); % generalized discount factor (discrete time): % J*1
```

```
Lambdaave=sum(Lambda)./J; % 1*1
```

```
% Initial physical assets per individual:
```

```
% Intial physical asset investment as flow variable
```

```
xi01=26.30050636;
```

```
xi02=36.18460261;
```

```
xi03=45.38851173;
```

```
xi04=61.31432921;
```

```
xi05=121.7971047;
```

```
xi0=[xi01; xi02; xi03; xi04; xi05];
```

物的資産(8)の初期値をフロー変数として  
入力。(zの初期値を `deltaz0` で割った値)  
ストック変数としての最終的な物的資産  
の値は自動的に算出される。

```
% Initial stock of physical asset:
```

```
% NO DATA! We have to estimate from the flow variable, xi0!
```

```
deltaz0=0.1; % Special depreciation rate: ad hoc
```

```
z0=xi0./deltaz0; % Estimation
```

```
z0ave=sum(z0)./J;
```

減耗率(3),(4)を入力。

```
% Depreciation rate
```

```
deltak=0.02; % depreciation rate of production capital
```

```
deltaz=[0.2;0.2;0.2;0.2;0.2] ; % depreciation rate of household asset
```

```
% deltax=[0.15;0.15;0.15;0.15;0.15];
```

```
% Initial financial assets per individual
```

```
b01=2497.425711;
```

```
b02=3470.107304;
```

```
b03=4311.345438;
```

金融資産(12)を入力。

```

b04=5625.780022;
b05=10357.74453;
b0old=[b01;b02;b03;b04;b05];

totalb=dot(n0,b0old);

% K2004=878699.12500.*10.
K00= 3.6034e+011;
% cariblated from r0=0.072575(WB), K00=alpha2.*P.*GDP0./(0.072575.*deltak.*Pk)

b0=b0old.*K00./totalb;

% Initial capital stock
k0=b0;
K0=dot(n0,k0); % Tentative

% Initial human capital per capita (years of education):
% Uniform among the classes because of the lack of data
h01=3.215742; % Poorest class
h02=3.921636;
h03=4.23536724;
h04=4.392233;
h05=5.568724; % Richest class
h0=[h01;h02;h03;h04;h05];
h0ave=sum(h0)./J;

H0=dot(n0,h0); % Tentative

% Initial consumption per capita: Data of Households' survey 2004
c01=176.011081;
c02=242.1584944;
c03=303.7538862;
c04=410.334357;

```

国全体の生産資本ストック (5.3.2(2)) を

人的資本の初期値(15)を入力。

消費の初期値(8)を入力。

```

c05=815.1037006;
c0=[c01; c02; c03; c04; c05];
avec0=sum(c0)./J;
c0ave=sum(c0)./J;

TotalC0=dot(n0,c0);

% Initial total asset
a0=b0+z0; % initial level of total asset
a0ave=sum(a0)./J;

% Initial Land: 資産 b0 のシェアで按分
T00=1;
Tshare=b0./sum(b0); % Share among income classes
T0=T00.*Tshare./n0; % Initial land per capita

% Production technology: Cobb-Douglas
alpha1=0.52; % share parameter for human capital, h
alpha2=0.40; % share parameter for physical capital, k
alpha3=0.08; % share parameter for land, ld
% Initial level of total factor productivity
B0=GDP0./ (H0.^alpha1 .* K0.^alpha2 .* T00.^alpha3 );

gb=0.095; % Exogenous technological growth rate
BProc(1)=B0;
for t=1:TTT
    BProc(t)=B0.*(1+gb).^(t-1);
end

```

生産関数のシェアパラ  
メータ(7)

外政的技術進歩率(6)を定義。B は自動的に算出される。

```
% Human capital investment
```

```
% Cost of human capital investment= $\eta(m)=\eta_0+\eta_1 \cdot m+\eta_2 \cdot m^2$ 
```

```
% the case of  $\delta=0.075$ 
```

```
deltah=0.075; % depreciation rate of human capital
```

```
eta0=8.4307852;
```

```
eta1=41.1454326;
```

```
eta2M=[2.4990125,2.6990125,2.8990125,3.0990125, 3.2990125];
```

```
eta2Mave=sum(eta2M)./J;
```

$\eta_i$  (イータ)(19) と人的資本の減耗率(17) を入力。

```
m0bar=0.45163377;% data of 2004
```

人的資本費用を推定したときに算出される  $m$  の初期値を入力 (5.3.2(2))。

```
m0=m0bar.*ones(J,1);
```

```
m0ave=sum(m0)./J;
```

```
% mcost0= $\eta_0+\eta_1 \cdot m_0bar+\eta_2M(1) \cdot m_0bar.^2$ ;
```

```
% Parameters in Firm's Expected Profit Maximization problem
```

```
% Ph=sum( $\mu \cdot (\text{ones}(1,L+1)-\text{zzetabarM}) \cdot (\text{ones}(1,L+1)-\text{omegabarm})$ ); % scalar
```

```
Pk=sum( $\mu \cdot (\text{ones}(1,L+1)-\text{psiM})$ ); % scalar
```

```
P=sum( $\mu \cdot (\text{ones}(1,L+1)).^{\text{alpha1}} \cdot (\text{ones}(1,L+1)-\text{omegabarm}).^{\text{alpha1}} \cdot (\text{ones}(1,L+1)-\text{psiM}).^{\text{alpha2}} \cdot (\text{ones}(1,L+1)-\text{psiTM}).^{\text{alpha3}}$ ); % scalar
```

```
% Dynamic Process of the per-capita variables
```

```
aProc(:,1)=a0;
```

```
hProc(:,1)=h0;
```

```
disp('1-1.All Parameters are loaded. Run Calibration')
```



## 2. MATLAB での計算

次に、上記で設定したパラメータを用いて、各国のケーススタディを行う手順について説明する。尚、以降の作業では MATLAB がインストールされている必要がある。また、プログラムはすべて同じフォルダ内に保存されている必要がある。

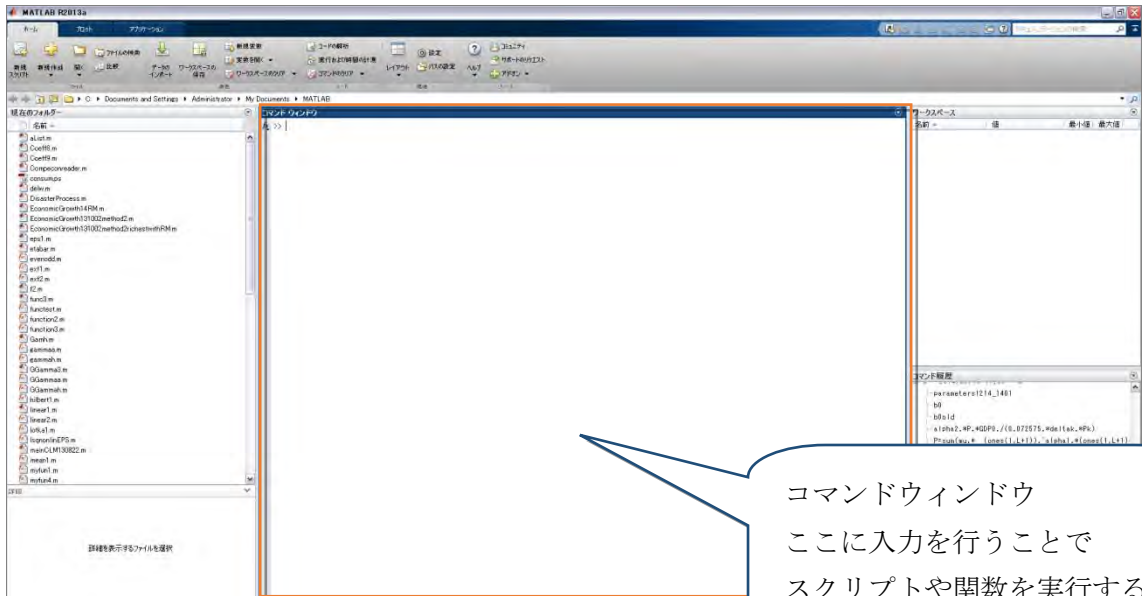
### ① MATLAB の起動



## ② メインウィンドウの立ち上げ

MATLAB はコマンドウィンドウを介して様々なスクリプト(m ファイル)や関数を実行する。

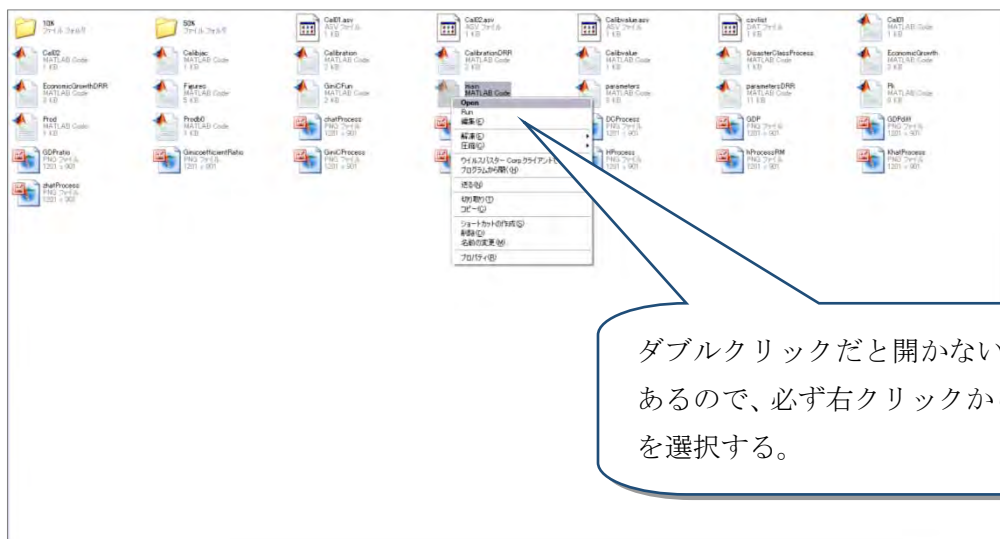
コマンドをキーボードから打ち込む手間を省くために、スクリプトファイルが用意されている。先ほど設定を行ったパラメータデータもスクリプトの1つである。



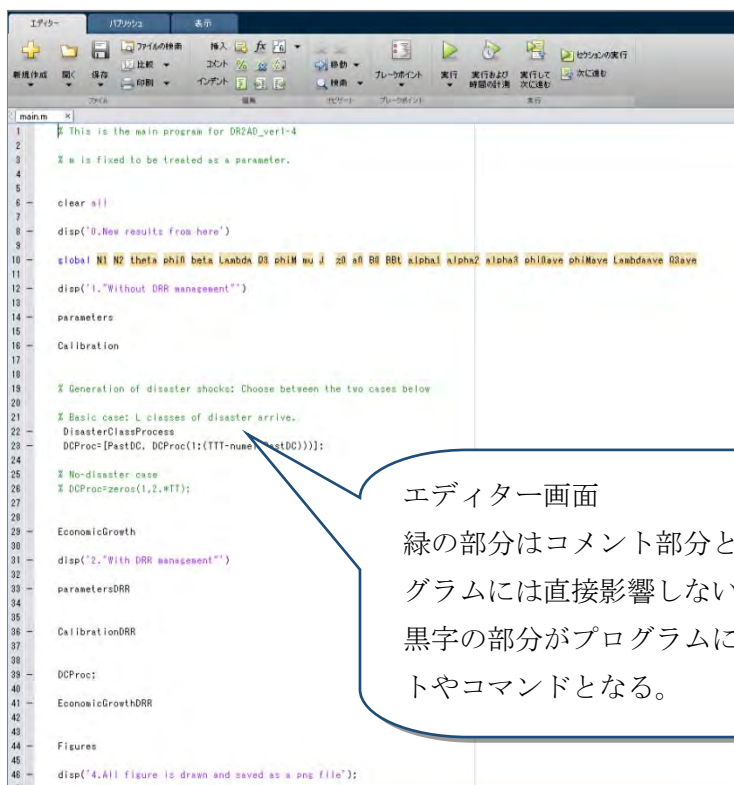
## ③ スクリプトの編集

スクリプトの編集は、コマンドウィンドウとは別の、エディターウィンドウを用いて行う。

Main プログラムを右クリックし、「open」を選択する。



以下のようなエディターが立ち上がる。



```
1  This is the main program for DR2AD_ver1-4
2
3  % m is fixed to be treated as a parameter.
4
5
6  clear all
7
8  disp('0.New results from here')
9
10 global M1 M2 theta phi1 beta Lambda DR phi1M nu i z0 a1 B1 B2 alpha1 alpha2 alpha3 phi1ave phi1Mave Lambdaave D2ave
11
12 disp('1."Without DRR management"')
13
14 parameters
15
16 Calibration
17
18
19 % Generation of disaster shocks: Choose between the two cases below
20
21 % Basic case: L classes of disaster arrive.
22 DisasterClassProcess
23 DCProc=[PastDC, DCProc(1:(TTT-numel(PastDC)))]);
24
25 % No-disaster case
26 % DCProc=zeros(1,2,*TT);
27
28
29 EconomicGrowth
30
31 disp('2."With DRR management"')
32
33 parametersDRR
34
35 CalibrationDRR
36
37
38 DCProc;
39
40 EconomicGrowthDRR
41
42
43 Figures
44
45 disp('4.All figure is drawn and saved as a png file');
```

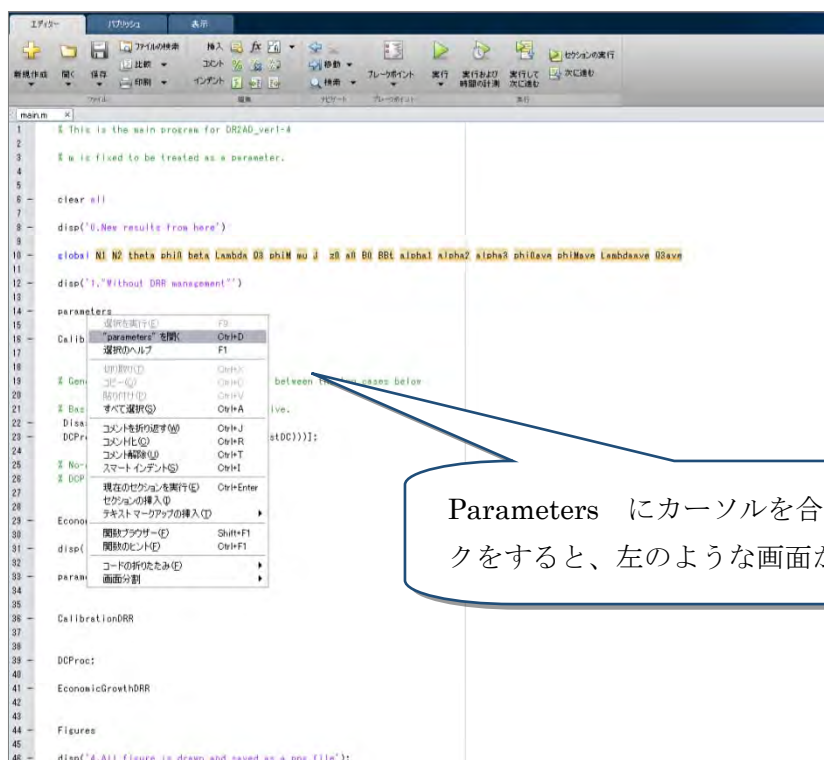
エディター画面

緑の部分はコメント部分として扱われ、プログラムには直接影響しない。

黒字の部分がプログラムに影響するスクリプトやコマンドとなる。

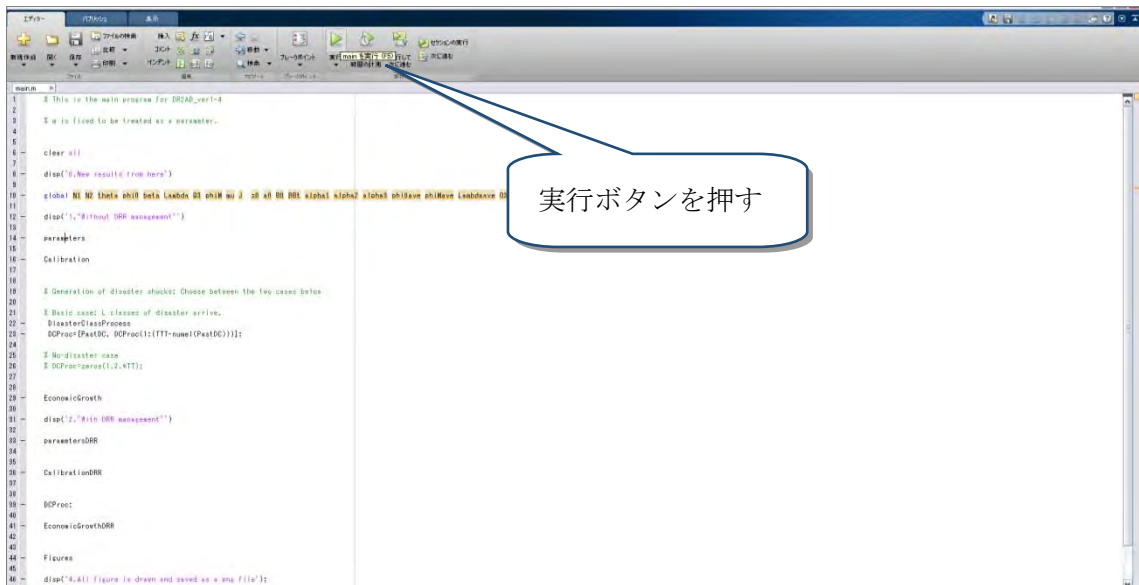
#### ④ パラメータの更新の確認

Parameter にカーソルを合わせ、右クリックをし、「パラメータを開く」を選択する。パラメータのウィンドウが立ち上がる場合は⑥に進む。空白のウィンドウが開かれた場合は⑤を行う。

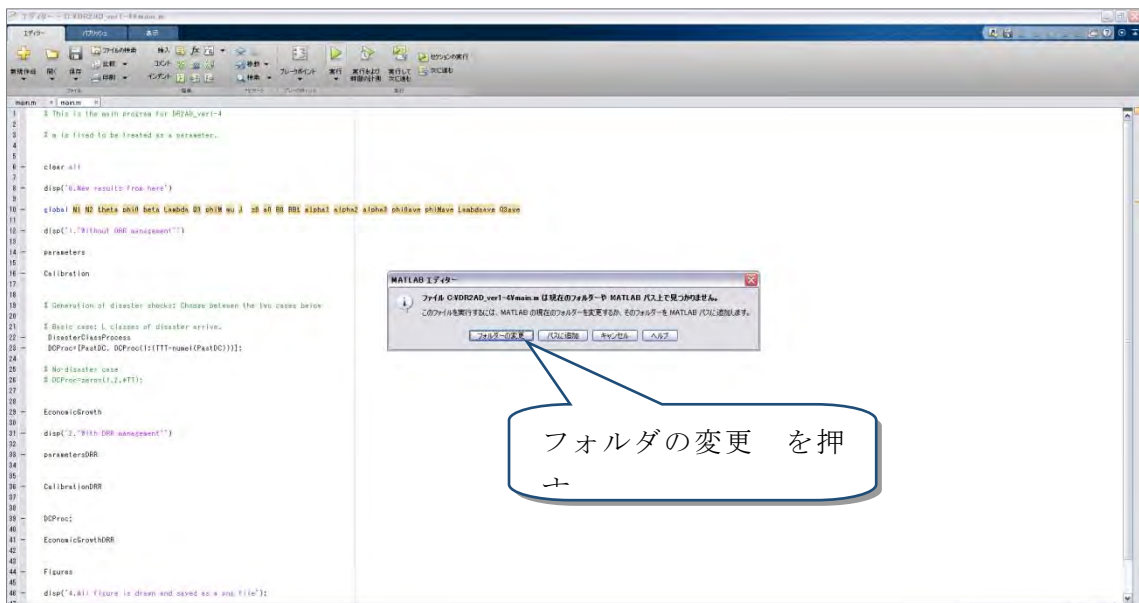


### ⑤ パラメータウィンドウの関連付け

④で空白のウィンドウが立ち上がった場合、メインプログラムとパラメータが関連付けられていないため、以下の手順を用いて、パラメータとメインプログラムを関連付ける。エディター画面上部にある実行ボタンを押す。

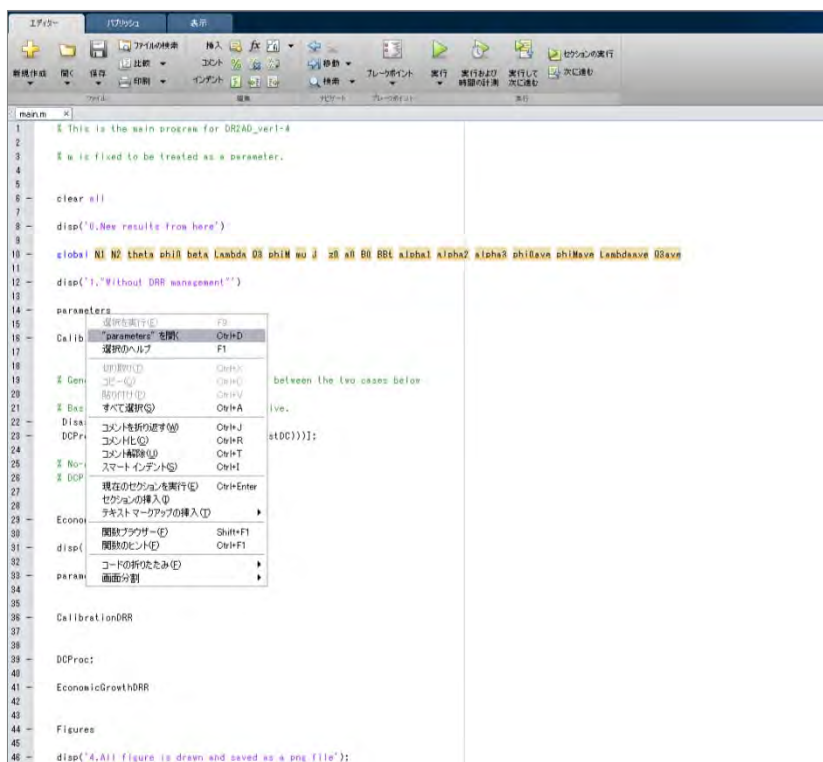


MATLAB エディター画面が表示されるので、「フォルダの変更」を押す。一度プログラムが回るが、立ち上がるグラフなどは消去する。これにより、メインウィンドウとパラメータが関連付けられるので、⑥に進む。

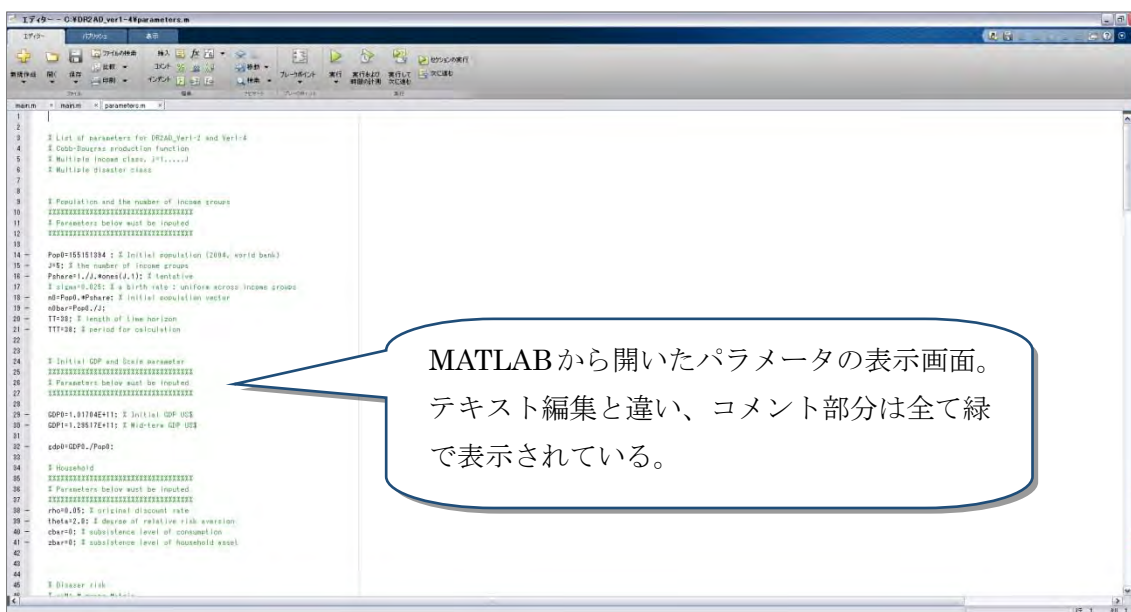


## ⑥ パラメータの更新の確認

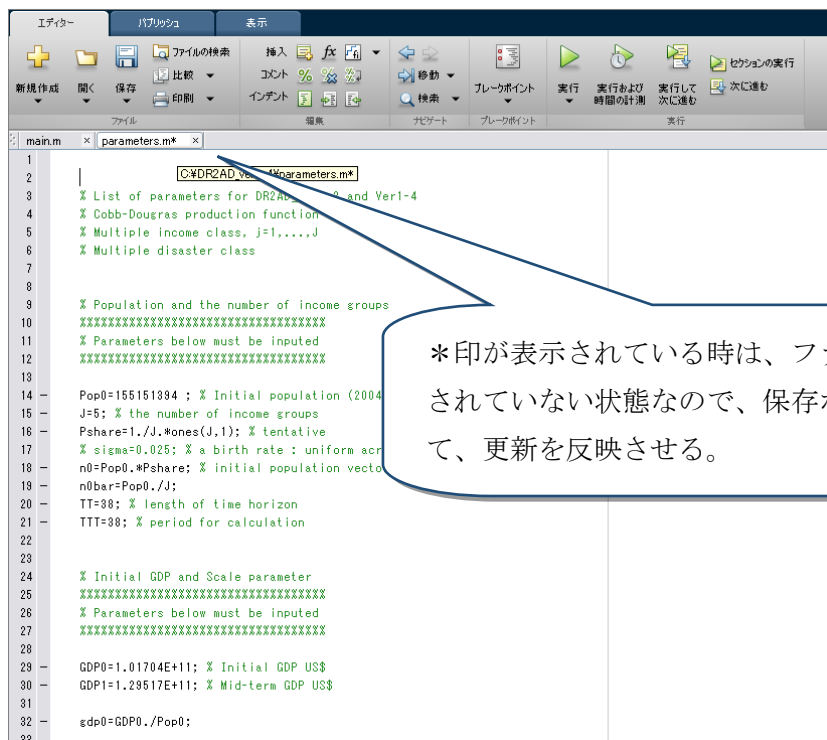
テキストエディタで編集したパラメータが変更されているかを確認する。



右クリックでパラメータを開くと、テキストエディタと同じようにスクリプトが表示される。MATLAB の場合、緑の部分はコメント部分として扱われ、プログラムには直接影響しない。黒字の部分の数値が適切に変更されていれば、パラメータの更新は行われていることとなる。



ファイルが変更された場合、下記のように\*マークが表示される。これは、変更が保存されていないことを意味するので、「保存ボタン(または ctrl+s)」を押す。\*が消えれば保存されたこととなる。



### ⑦ プログラムの指定

複数の対象国がメインプログラムに含まれている場合は、以下の手順を用いて計算する対象国を指定する。下記のように、

- ◆ Parameters
- ◆ Calibration14
- ◆ Economic Growth

の3つを黒字（選択された状態）になるように設定する。

これを、防災投資無、防災投資有（50%）、防災投資有（20%）の3ケースについてそれぞれ行う。

さらに、災害の発生パターンについても設定を行う。

最後に、main プログラムの変更を反映させるために、保存を押す。（main ところに\*がついていないことを確認する）



【ホンジュラスを対象とした場合のメインプログラムの設定方法】

```

1 % This is the main program for DR2AD_ver1-4
2 % m is fixed to be treated as a parameter.
3
4 % Choose 1 country and unhold % for targeted country.
5 % For Without DRR, 50% DRR and 20% DRR, unhold "parameters", "Calibration"
6 % and "Economic Growth" for each country.
7
8 clear all
9
10 disp('0.New results from here')
11
12 global N1 N2 theta phi0 beta Lambda D3 phiM nu J z0 a0 B0 BBT alpha1 alpha2 alpha3 phi0ave phiMave Lambdaave B3ave
13
14
15 *** WITHOUT DRR ****
16
17 disp('1.Without DRR management')
18
19 *** INPUT PARAMETERS ***
20 **Select one of them**
21
22 % parametersPAK
23 parametersHON
24 % parametersIDN
25
26
27 *** RUN CALIBRATION ***
28 **Select one of them**
29
30 % Calibration14PAK
31 Calibration14HON
32 % Calibration14IDN
33
34
35 *** RUN DISASTER Class Process ***
36 % % Generation of disaster shocks: Choose one case from below cases % %
37 ***CASE 1: Basic case: L classes of disaster arrive.
38
39 DisasterClassProcess
40 DCProc=[PastDC, DCProc(1:(TT-numel(PastDC)))]:
41
42 ***CASE 2: Case where Disaster pattern are given, choose one of them **
43
44 % DCProc=[2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2,2];
45 % DCProc=[0,0,0,4,4,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1];
46 % DCProc=[3,3,3,3,3,3,3,3,3,3,3,3,3,3,3,3,3,3,3,3,3,3,3,3,3];
47 % DCProc=[4,4,4,4,4,4,4,4,4,4,4,4,4,4,4,4,4,4,4,4,4,4,4,4,4];
48 % DCProc=[0,0,0,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,1,4,4,1,1,1,1,1];
49
50
51 ***CASE 3: No-disaster case
52 % DCProc=zeros(1,2.*TT);
53
54 **** Register Disaster Class Process as csv file****
55 csvwrite('DisasterClassProcess.csv',DCProc)
56
57
58 *** RUN ECONOMIC GROWTH ***
59 **Select one of them**
60
61 % EconomicGrowthPAK
62 EconomicGrowthHON
63 % EconomicGrowthIDN
64
65
66
67 *** WITHOUT 50% DRR management ****
68

```

対象とする国（例：ホンジュラス）の  
Parameters  
Calibration14  
EconomicGrowth  
の3つの%を外す。  
文字が黒色になればOK

対象とする  
災害発生パターン  
の%を外す。  
文字が黒色になればOK  
例は基本的なランダム災害発生パターン  
災害発生パターンを指定したい場合は  
Case2 のいずれか一つの  
DCProc(44-48 列目)の%を外す。  
災害がない場合は Case3 （52 列目）  
の%を外す。



```

69 - disp('2-1. With 50% DRR management')
70
71 - *** INPUT PARAMETERS ***
72 - **Select one of them**
73
74 - % parametersPAKRM50
75 - parametersHONRM50
76 - % parametersIDNRM50
77
78 - *** RUN CALIBRATION ***
79 - **Select one of them**
80
81 - % Calibration14PAKRM
82 - Calibration14HONRM
83 - % Calibration14IDNRM
84
85 - *** RUN ECONOMIC GROWTH ***
86 - **Select one of them**
87
88 - % EconomicGrowthPAKRM
89 - EconomicGrowthHONRM
90 - % EconomicGrowthIDNRM
91
92
93
94 - *** WITHOUT 20% DRR management ****
95
96 - disp('2-2. With 20% DRR management')
97
98 - *** INPUT PARAMETERS ***
99 - **Select one of them**
100 - % parametersPAKRM20
101 - parametersHONRM20
102 - % parametersIDNRM20
103
104
105 - *** RUN CALIBRATION ***
106 - **Select one of them**
107 - % Calibration14PAKRM2
108 - Calibration14HONRM2
109 - % Calibration14IDNRM2
110
111 - *** RUN ECONOMIC GROWTH ***
112 - **Select one of them**
113 - % EconomicGrowthPAKRM2
114 - EconomicGrowthHONRM2
115 - % EconomicGrowthIDNRM2
116
117 - **** Draw all figures****
118
119 - Figures14
120
121 - disp('4. All figure is drawn and saved as a png file');
122
123 - disp('5. End of Program')
124
125

```

防災対策有（50%,20%）についてもそ  
 れぞれ対象とする国  
 （例：ホンジュラス）の  
**Parameters**  
**Calibration14**  
**EconomicGrowth**  
 の%を外す。  
 文字が黒色になれば OK

## ⑧ 教育投資費用関数 eta2M の傾きの設定 (オプション)

基本的には⑦までのプログラムで計算を実行するが、設定状況によっては、計算初期時点に一気に人的資本に投資することがあり、現実的でない挙動を示すことがある。このような挙動にたいして、必要に応じて教育投資費用関数を変化させ、人的資本が上がるにつれ、単位当たりの人的資本の上昇に必要な費用が上がるという設定を加えることで人的資本の急激な上昇を抑える。

具体的には、EconomicGrowth プログラムの中にある教育投資費用関数の傾きの変化を必要に応じて設定する。

教育投資費用は高等教育ほど高くなるという前提に基づき、手動で教育投資費用関数の傾き eta2M の値を大きくしているが、厳密な数値の設定方法はないため、今後の課題としている。

```

34 - S0=alpha2.*S00*(mu.'');
35 - S1=S0./Q3;% J*1
36 - Q4= ((Q1.*Q2)./ (Q3.*Lambda.*(1
37
38
39 % khatProc(j,t)=kkj(DCt);
40 - if t==1;
41 -     K=(at-z0);
42 -     zj=z0;
43 - else zj=zj;
44 - end
45
46
47
48
49 - for j=1:J
50
51 % Optional Step:Adjust function eta 2M
52
53
54 - if (0<ht(j)) && (ht(j)<5);
55 -     ht(j);
56 -     eta2M=[2.4990125,2.6990125,2.8990125,3.0990125, 3.2990125] ;
57 - elseif (5<ht(j)) && (ht(j)<8);
58 -     eta2M=[12.4990125,12.6990125,12.8990125,13.0990125, 13.2990125] ;
59 - elseif (8<ht(j)) && (ht(j)<11);
60 -     eta2M=[27.4990125,27.6990125,27.8990125,28.0990125, 28.2990125] ;
61 - else
62 -     eta2M=[50.4990125,50.6990125,50.8990125,51.0990125, 51.2990125] ;
63 - end
64 - eta2M;
65
66
67
68 % Step 2: First-order conditions
69 %%% solve z by newton method%%
70 -     maxit=100;

```

<EconomicGrowth の中段あたり>  
 教育システムの変化に応じて、教育投資への費用が増加すると仮定し、必要に応じて手動で eta2M の値を変化させる。  
 下記の例であれば人的資本 h に対して

- 0<h<5
- 5<h<8
- 8<h<11
- 11<h

の4段階に分けて値を設定。  
 ※防災投資有のケースについても同じ値を設定する。

```

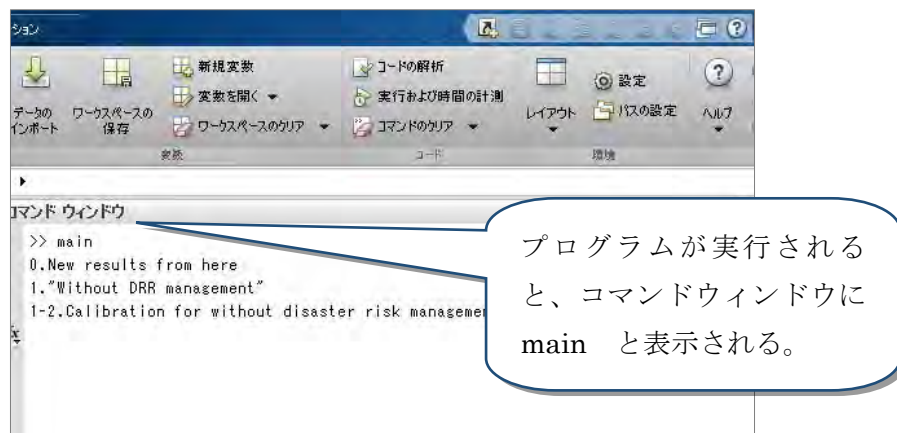
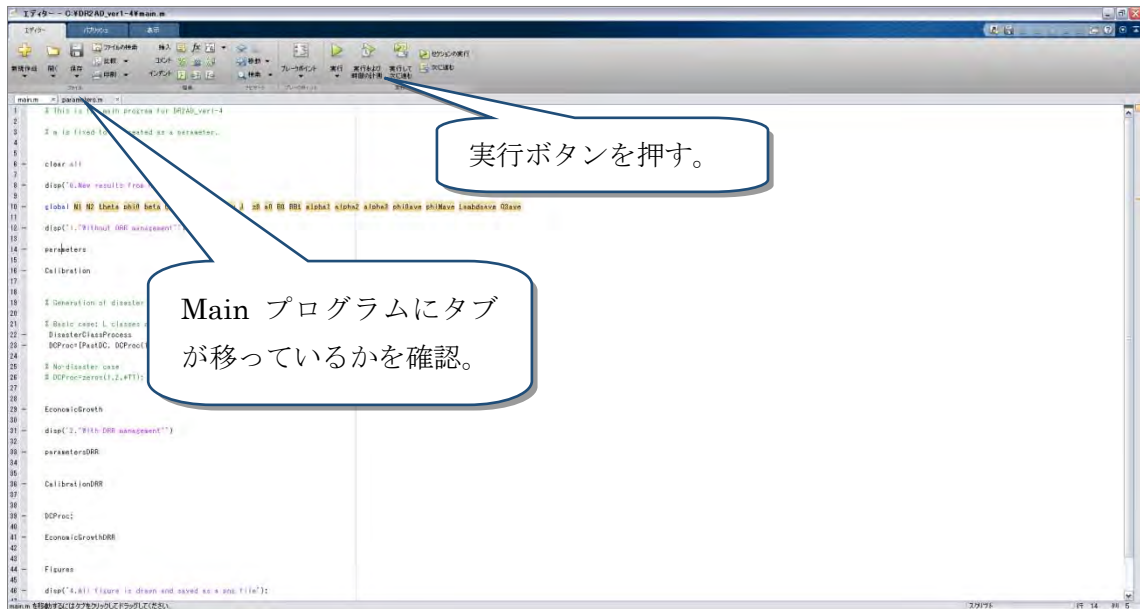
if (0<ht(j)) && (ht(j)<5);
    ht(j);
    eta2M=[2.4990125,2.6990125,2.8990125,3.0990125, 3.2990125] ;
elseif (5<ht(j)) && (ht(j)<8);
    eta2M=[12.4990125,12.6990125,12.8990125,13.0990125, 13.2990125] ;
elseif (8<ht(j)) && (ht(j)<11);
    eta2M=[27.4990125,27.6990125,27.8990125,28.0990125, 28.2990125] ;
else
    eta2M=[50.4990125,50.6990125,50.8990125,51.0990125, 51.2990125] ;
end
eta2M;

```

## ⑨ プログラムの実行

パラメータの保存をし、メインプログラムを選択する。

メインプログラムを選択したうえで、実行ボタンを選択するとプログラムが実行される。



End of Program まで表示された場合、プログラムは正常に動いたこととなる。途中でプログラムが計算を停止した場合は⑨に進む。

```

コマンドウィンドウ
>> main
0.New results from here
1."Without DRR management"
1-2.Calibration for without disaster risk management case is succeeded! Now calculating dynamic equilibrium
2."With DRR management"
Calibration for with disaster risk management case is succeeded! Now calculating dynamic equilibrium
3.All figure is drawn and saved as a png file
4.End of Program
fx >>

```

プログラムが正常に実行されると、1～4までが動き出す。

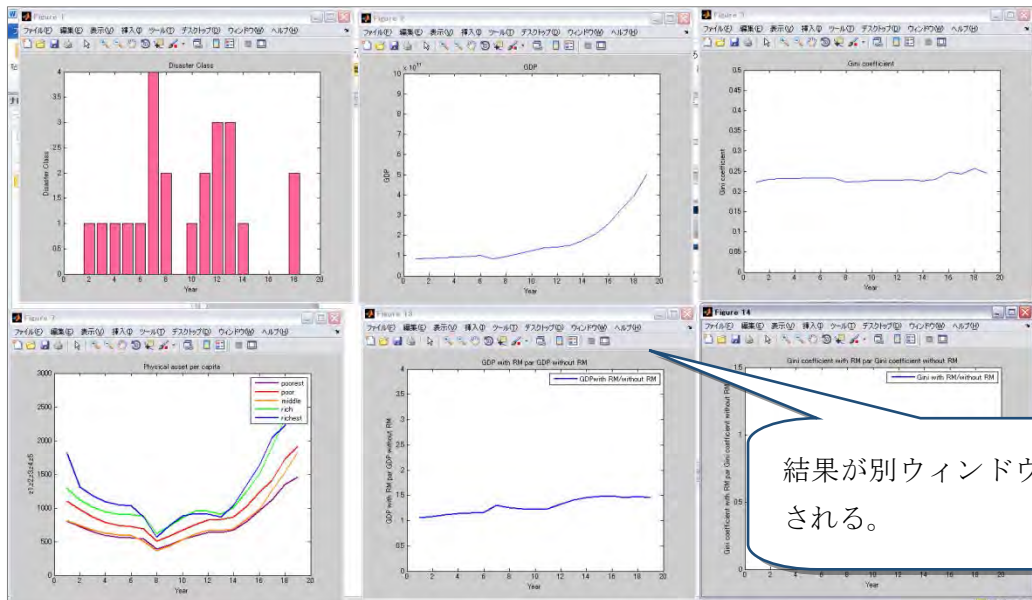
### ⑩ プログラムの計算停止

⑧でプログラムが途中で停止した場合は、プログラムの計算途中で入力データの組み合わせがモデルの制約条件を満たしていないことを示す。この場合、入力パラメータの値を修正する必要がある。

修正を行い、再度パラメータの更新から作業を行うことで、計算結果を修正することが可能である。

### ⑪ プログラムの結果

下記のようにグラフウィンドウが立ち上がる。



結果が別ウィンドウで表示される。

Png ファイルがプログラムの実行ファイルと同じ場所に保存される。

プログラムファイルと同じ場所に png ファイルが作成される。  
また、計算結果を時系列順に保存した csv ファイルも合わせて保存される。



さらに、計算が終わった状態で、数値情報が欲しいデータを入力すれば、実際の数値の推移をみる事が可能である。

例) GDP の推移の場合

「YhatProc(GDP の値)」とコマンドウィンドウに入力すると、実際の計算結果を得られる。

```
コマンドウィンドウ
>> main
0.New results from here
1."Without DRR management"
1-2.Calibration for without disaster risk management case is succeeded! Now calculating dynamic equilibrium
2."With DRR management"
Calibration for with disaster risk management case is succeeded! Now calculating dynamic equilibrium
3.All figure is drawn and saved as a png file
4.End of Program
>> YhatProc

YhatProc =

1.0e+11 *

Columns 1 through 15
0.8453 0.8694 0.8862 0.9151 0.9565 1.0108 0.8264 0.9904 1.0320 1.1721 1.3671 1.4208 1.5096 1.7380 2.0458

Columns 16 through 19
2.5783 3.1889 3.8857 5.0137

fx >>
```

コマンドウィンドウに知りたい  
パラメータを入力すれば、数値が  
表示される。