

CGE 分析入門

第12章：貿易の導入（一地域モデル）*

武田史郎†

Date: 2018/07/24,

Version 1.1.1

目次

1	導入	2
2	貿易を考慮したモデル	2
3	Armington 仮定	4
3.1	Armington 仮定とは	4
3.2	Armington 仮定の導入法	5
3.3	その他	6
3.3.1	輸入財の統合	6
3.3.2	用途別の Armington 統合	6
4	貿易のないモデル	6
5	貿易ありのモデル	7
5.1	Armington 統合	7
5.2	国内供給と輸出供給の配分	8
5.3	貿易	10
5.3.1	輸出財と輸入財の価格	10
5.3.2	輸入量	11
5.3.3	輸出量	11
5.3.4	財市場の均衡条件	11
5.3.5	貿易収支と為替レート	11
5.3.6	所得の定義	12
5.4	モデル（まとめ）	13
6	補足説明	15
6.1	式と変数の対応関係について	15
6.2	貿易収支の式の解釈	16
6.3	世界価格 p_i^{EW} と p_i^{MW} の意味	17

*ファイルの配布場所: <http://shirotaeda.org/ja/research-ja/cge-howto.html>†京都産業大学経済学部. Website: <http://shirotaeda.org/ja/>

6.4	交易条件	18
6.5	為替レートが現れないモデル	18
6.6	国内向け供給と輸出向け供給が不完全代替（不完全な変形）という仮定	19
6.7	貿易収支（及び為替レート）の扱い方	21
6.7.1	為替レートを固定して、貿易収支を可変にするという設定	21
6.7.2	所得の一定シェアを海外に投資するモデル	23
7	基準データ	23
8	プログラム例	26
8.1	プログラムの説明	26
8.2	シミュレーションのシナリオの説明	28
8.3	基準ケースの結果	29
8.4	為替レートを固定する設定	31
8.5	国内向け供給と輸出向け供給が完全代替のケース	32
8.6	その他	34
9	大国モデル（追加予定）	34
	参考文献	34
10	履歴	35

1 導入

今回の内容について。

- ここまで利用してきたモデルでは国際間の貿易は考慮していなかった。つまり、モデルとして「閉鎖経済 (autarky or closed economy)」のモデルを使ってきた。
- しかし、現実の経済では海外との貿易が存在するし、グローバル化の進展とともに貿易額は増加し続けており、貿易の重要性は高まっている。
- 理論的な分析では（貿易の持つ影響を分析するのであれば）貿易を考慮しないモデルもよく利用されるが、CGE 分析は現実の経済データに基づいてシミュレーションを行なう手法である。現実の経済に貿易が存在する以上、モデルでもなんらかの方法で貿易を考慮する必要がある。
- 第 12 章では CGE モデルに貿易を導入する方法について解説する。
- CGE 分析では多数の地域を同時に考慮する「多地域モデル」が利用されることも多いが、第 12 章では多地域モデルは扱わず、一地域のモデルを対象とする。多地域モデルについては別の場所で取り上げたい。

2 貿易を考慮したモデル

貿易を考慮したモデルは大きく二つのタイプに分けることができる。

- 多地域モデル
- 一地域モデル

「多地域モデルとは複数の地域を明示的、かつ対等の形で扱うタイプのモデル」である。例えば、モデルにおいて、日本、アメリカ、EU、中国等が全く対等の形で扱われているようなタイプのモデルである。多地域モデルでは各地域における企業、家計が生産、消費を決定する結果、各地域の貿易量が決まり、その上で世界全体として貿易がバランスするように均衡が決まることになる。財の価格は世界全体における供給量、需要量に依存して決まることになる。

多地域モデルは、FTA のような自由貿易協定を分析する場合や地球全体での温室効果ガスの排出量、排出規制を分析する場合によく利用される。代表的な多地域 CGE モデルとしては、GTAP モデル (Hertel, 1999)、MIT の EPPA モデル (Paltsev et al., 2005)、OECD の ENV-Linkages モデル (Burniaux et al., 2008) 等がある。また、筆者の研究でも Takeda et al. (2013)、Takeda et al. (2012)、Takeda et al. (2011)、Takeda (2010) 等で多地域 CGE モデルを利用している¹。上に紹介したモデルは多地域モデルと同時に世界全体を対象としていることから、世界モデルでもある。

一方、「一地域モデルとは一つの地域のみを明示的に扱う形のモデル」である。例えば、日本、及びその海外との貿易は考えるが、日本以外の国は明示的には扱わないというようなモデルである。多地域モデルでは、各地域の需要量、供給量から貿易量が導かれるが、一地域しか明示的に考慮しない一地域モデルでは貿易を考えるのに、別のアプローチが必要になる。これには、大きく分けて次の二つのアプローチがある。

- A1：一定の交易条件を仮定する（小国モデル）
- A2：輸出需要関数、輸入供給関数を導入する（大国モデル）。

A1 のように交易条件（輸出財と輸入財の交換比率）を一定と仮定するモデルを「小国モデル」と言う。小国モデルでは一定の交易条件の下で当該地域がいくらでも輸出、輸入できるので、その他の地域については全くモデルには現われず、当該地域のみを考えればよい。そのため、非常に単純で扱いやすいモデルになる。

一方、A2 は輸出需要関数、輸入供給関数を想定することで、その他の地域の需要、供給を考えるとというモデルである。輸出需要関数とは当該地域（例えば、日本）の輸出財に対する他の地域（日本以外の地域）の需要量を表す関数であり、輸入供給関数とは当該地域（日本）の輸入財の他の地域（日本以外の地域）による供給量を表す関数である。小国モデルでは一定の交易条件の下でいくらでも輸出、輸入ができる。これは輸出需要曲線、輸入供給曲線がそれぞれ水平（完全に弾力的）である状況を表す。一方、A2 のモデルでは輸出需要曲線、輸入供給曲線はそれぞれ右下り、右上りとなり、その結果、交易条件が変化するモデルになる。小国モデルに対して、交易条件が変化する A2 のようなモデルを「大国モデル」と言う。

当該国の貿易が小規模で世界における財の価格に影響を与えにくい場合には、A1 の小国モデルを用いるのが適切であるが、当該国の貿易が世界価格に影響を与えるほどの規模であるときには A2 の大国モデルを用いるのが望ましい。ただし、A2 の大国モデルが利用されることはあまりない。実際に CGE 分析でよく利用されるのは次の二つである。

¹多地域モデルについては、武田 (2007) が詳しい。

- 一地域モデルの小国モデル
- 多地域モデル

多地域モデルは交易条件が変化するモデルであるので、当然大国モデルである。つまり、大国モデルを考えるなら普通は多地域モデルを利用し、一地域モデルなら普通は小国を仮定するというパターンが多い。

多地域モデルについてはまた別の部分で説明をおこなうこととし、第 12 章では上記のモデルのうちまず単純な一地域モデルのみを取り上げる。また、上述のように一地域モデルの大国モデルが使われることはあまりないので小国モデルを中心に説明する。

[注] 上の説明では、交易条件を「輸出財と輸入財の交換比率」と説明し、小国モデルを「交易条件が一定のモデル」と定義した。しかし、人によっては小国モデルを「財の世界価格（国際価格）が一定のモデル」と定義する場合もある。本書では主に前者の定義を利用する。交易条件についてはまた第 6.4 節で説明する。

3 Armington 仮定

3.1 Armington 仮定とは

理論分析で利用される一般均衡モデルでは、財は輸出財と輸入財のどちらかに一方に分類されることが多い。逆に言えば、ある財が輸出も輸入もされるという状況は想定はされない。しかし、財が輸出財か輸入財のどちらか一方にしかならないということは現実には少ない。現実には同じタイプの財が同時に輸出も輸入もされることが普通であるからである。この同じタイプの財が同時に輸出も輸入もされることを「産業内貿易」、あるいは「Cross-Hauling」と呼ぶ。

表 1 は第 7 章で利用した日本の産業連関表（2005 年表）から各財の輸出額、輸入額を抜き出したものである。表からわかるように、輸入と輸出のどちらかしか存在しないという財は「原油（輸入のみ）」、「天然ガス（輸入のみ）」だけであり、残りの全ての財について産業内貿易が存在している²。

CGE 分析は現実のデータを基にしたシミュレーション分析であるので、現実のデータに反するようなモデルは使えない。元々、理論分析で利用される一般均衡モデルにおいて産業内貿易がないことが多いのは、その種のモデルで 1) 完全競争、2) 同質財という二つの仮定を置いているからである。完全競争と同質財という仮定の下では、財は元々価格が低かった（高かった）地域から輸出（地域に輸入）されることになり、その結果として価格は国際間で均等化される。同じ財が輸出も輸入もされることは起こり得ない。よって、CGE モデルにおいて産業内貿易を考慮するには、理論分析で仮定されることが多い二つの仮定のどちらかを修正しなければならない。

1 の「完全競争」の仮定を修正するという方法もあるが、古くから CGE 分析で使われているのは 2 の仮定を修正するというアプローチである。具体的には、「同じ財でも生産された場所によって財が差別化（不完全代替）されていると仮定する」という方法である。この仮定は Armington (1969) にちなんで「Armington 仮定」と呼ばれる。Armington 仮定を置くことで、完全競争を仮定しながら産業内貿易を考慮することができる。非常に単純な方法で、モデルも扱いやすいこ

² 「原油」と「天然ガス」の日本の輸出がないのはそもそも生産がないからであり、日本において生産がある財については全ての財で輸出と輸入があるということである。

表 1: 日本の輸出額と輸入額 (2005 年、100 万円)

	輸出	輸入	関税
農林水産業	62,464	2,092,569	149,278
原油	0	8,821,991	959,308
石炭	125	1,517,190	109,141
天然ガス	0	1,985,329	151,001
ガソリン	33,967	125,595	10,978
その他石油製品	809,040	2,384,860	132,286
コークス	41,482	70,604	3,693
その他石炭製品	316	10,099	505
セメント	25,371	15,131	883
鉄鋼	2,772,680	897,012	52,492
その他製造業	52,597,060	38,951,417	3,195,951
電力	30,339	1,079	0
都市ガス	705	183	0
輸送サービス	5,669,407	3,667,297	0
サービス	11,725,705	7,168,697	8,575
計	73,768,661	67,709,053	4,774,091

出所: 2005 年産業連関表より作成

とから CGE 分析では非常によく利用されている。実際、完全競争の CGE モデルのほぼ全てが Armington 仮定を利用していると言ってもよい。

3.2 Armington 仮定の導入法

Armington 仮定をモデルに取り入れる具体的な方法であるが³、通常は CES 関数を通して輸入財と国内財を統合（合成）するという方法が採用される。輸入財の量を q_i^{AM} 、国内財の量を q_i^{AD} としたとき、輸入財と国内財が CES 関数によって統合されて q_i^A という量になるということである。

$$q_i^A = \left[\alpha_i^{\text{AD}} (q_i^{\text{AD}})^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} + \alpha_i^{\text{AM}} (q_i^{\text{AM}})^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} \right]^{\frac{\sigma}{\sigma-1}} \quad (1)$$

このように輸入財と国内財を統合（合成）することを「**Armington 統合 (Armington aggregation)**」という³。 σ は輸入財と国内財の代替の弾力性を表すパラメータであり、「**Armington 弾力性**」と呼ばれる。仮に $\sigma \rightarrow \infty$ であれば、輸入財と国内財は同質的となるので、 q_i^A は単純に両財の量の和となる。

$$q_i^A = q_i^{\text{AD}} + q_i^{\text{AM}}$$

しかし、Armington 仮定の下では $\sigma < \infty$ であり、輸入財と国内財は不完全代替となり単純な和の関係にはならない。輸入財と国内財が (1) 式の関係によって統合されて生み出される財を

³ Armington 仮定についても武田 (2007) が詳しい。

「Armington 財」と呼ぶ。

(1) 式によって輸入財と国内財が統合されるのであるが、 q_i^A の水準に加え、 q_i^{AM} と q_i^{AD} の組み合わせがどう決まるのかという問題がある。通常は、Armington 統合についても普通の生産活動と同様に利潤最大化行動（費用最小化行動）に基づいて行なわれると仮定される。

3.3 その他

3.3.1 輸入財の統合

ここまで Armington 統合は輸入財と国内財を統合することと説明したが、輸入先が複数あるときには、1) まず異なる輸入先からの輸入を統合し、2) それから国内財と統合するという二段階での統合が想定されることもある。複数の地域を扱う多地域モデルではこのような二段階の Armington 統合を想定することが多い。第 12 章では多地域モデルは扱わないので、単純に国内財と輸入財を統合するケースのみを考える。

3.3.2 用途別の Armington 統合

Armington 統合を考える際に、その用途によって別々に扱う場合もある。例えば、ある財が民間消費、政府支出、各部門の中間投入等で利用されているとき、その利用先別に国内財と輸入財の統合を行なうということである。用途によって、国内財と輸入財の利用割合がかなり異なる場合もあり、そのようなときには用途別に Armington 統合を考えるのが望ましい。ただし、それには用途別での国内財と輸入財の割合を示すデータが必要になる（日本の産業連関表では用途別に国内財と輸入財をどれだけ使っているかがわかるので可能である）。この第 12 章では用途別には分けず一括で Armington 統合を考える。

4 貿易のないモデル

以下、実際にモデルを利用して説明を進めていく。モデルの構造はこれまで利用してきたモデルとほぼ同じで、それに貿易を導入する。まずは、貿易を導入する前のモデルを提示しておく。第 10 章の「消費活動を生産活動として扱う表現」で出てきたモデルである。第 2 章のモデルと基本的に同じである。

単位費用関数の定義

$$c_i = \left[\sum_j (\alpha_{ji}^x)^{\sigma_i} (p_j)^{1-\sigma_i} + (\alpha_i^v)^{\sigma_i} (p_i^{va})^{1-\sigma_i} \right]^{\frac{1}{1-\sigma_i}} \quad \{c_i\}$$

$$c_i^{va} = \left[\sum_f (\beta_{fi}^v)^{\sigma_i^v} [(1+t_{fi}^F)p_f^F]^{1-\sigma_i^v} \right]^{\frac{1}{1-\sigma_i^v}} \quad \{c_i^{va}\}$$

$$c^u = \left[\sum_j (\gamma_j)^{\sigma^c} [(1+t_j^C)p_j]^{1-\sigma^c} \right]^{\frac{1}{1-\sigma^c}} \quad \{c^u\}$$

利潤最大化条件

$$\begin{aligned} c_i - p_i &= 0 & \{y_i\} \\ c_i^{va} - p_i^{va} &= 0 & \{v_i^a\} \\ c^u - p^u &= 0 & \{u\} \end{aligned}$$

単位需要関数

$$\begin{aligned} a_{ji}^x &= \left[\frac{\alpha_{ji}^x c_i}{p_j} \right]^{\sigma_i} & \{a_{ji}^x\} \\ a_i^v &= \left[\frac{\alpha_i^v c_i}{p_i^{va}} \right]^{\sigma_i} & \{a_i^v\} \\ a_{fi}^F &= \left[\frac{\beta_{fi}^v c_i^{va}}{(1+t_{fi}^F)p_f^F} \right]^{\sigma_i^v} & \{a_{fi}^F\} \\ a_i^u &= \left[\frac{\gamma_i c^u}{(1+t_i^C)p_i} \right]^{\sigma^c} & \{a_i^u\} \end{aligned}$$

市場均衡条件

$$y_i = \sum_j a_{ij}^x y_j + a_i^u u \quad \{p_i\} \quad (2)$$

$$v_i^a = a_i^v y_i \quad \{p_i^{va}\} \quad (3)$$

$$\bar{v}_f = \sum_i a_{fi}^F v_i^a \quad \{p_f^F\} \quad (4)$$

$$u = \frac{m}{p^u} \quad \{p^u\} \quad (5)$$

所得の定義式

$$m = \sum_f p_f^F \bar{v}_f + \sum_i t_i^C p_i d_i + \sum_{i,f} t_{fi}^F p_f^F v_{fi} \quad \{m\} \quad (6)$$

5 貿易ありのモデル

前節で提示したモデルに貿易を導入する。

5.1 Armington 統合

既に説明したが、Armington 仮定の下では、財 i について輸入財 q_i^{AM} と国内財 q_i^{AD} は次のような CES 関数を通じて Armington 財 q_i^A に統合される。

$$q_i^A = f_i^A(q_i^{AD}, q_i^{AM}) = \left[\alpha_i^{AD} (q_i^{AD})^{\frac{\sigma_i^{DM}-1}{\sigma_i^{DM}}} + \alpha_i^{AM} (q_i^{AM})^{\frac{\sigma_i^{DM}-1}{\sigma_i^{DM}}} \right]^{\frac{\sigma_i^{DM}}{\sigma_i^{DM}-1}}$$

Armington 統合は利潤最大化行動に従って行なわれる。これは輸入財と国内財の組み合わせが費用最小化行動に基づいて決定されるということの意味する。Armington 統合は一次同次の CES 関数に基づいて行なわれるので、単位費用関数を定義することができる。

$$c_i^A \equiv \min_{a_i^{AD}, a_i^{AM}} [p_i^D a_i^{AD} + p_i^M a_i^{AM} | f_i^A(a_i^{AD}, a_i^{AM}) = 1]$$

c_i^A は Armington 財を 1 単位得るために必要な最小の費用を表している。さらに、Shephard の補題を利用すれば、輸入財への単位需要関数 a_i^M 、国内財に対する単位需要関数 a_i^D を導出できる。

$$a_i^{AM} = \frac{\partial c_i^A}{\partial p_i^M} \qquad a_i^{AD} = \frac{\partial c_i^A}{\partial p_i^D}$$

f_i^A は (1) 式のように特定化されているので、 c_i^A 、 a_i^{AM} 、 a_i^{AD} は次のような表現になる。

$$\begin{aligned} c_i^A &= \left[(\alpha_i^{AD})^{\sigma_i^{DM}} (p_i^D)^{1-\sigma_i^{DM}} + (\alpha_i^{AM})^{\sigma_i^{DM}} (p_i^M)^{1-\sigma_i^{DM}} \right]^{\frac{1}{1-\sigma_i^{DM}}} & \{c_i^A\} \\ a_i^{AD} &= \left[\frac{\alpha_i^{AD} c_i^A}{p_i^D} \right]^{\sigma_i^{DM}} & \{a_i^{AD}\} \\ a_i^{AM} &= \left[\frac{\alpha_i^{AM} c_i^A}{p_i^M} \right]^{\sigma_i^{DM}} & \{a_i^{AM}\} \end{aligned}$$

Armington 財の価格を p_i^A とすると、Armington 統合の利潤 π_i^A は次のように表現できる。

$$\pi_i^A = (p_i^A - c_i^A) q_i^A \qquad \{\pi_i^A\}$$

Armington 統合は利潤最大化行動に基づいて行なわれると仮定したので、 q_i^A は次の利潤最大化条件によって決定されることになる。

$$\frac{\partial \pi_i^A}{\partial q_i^A} = 0 \quad \rightarrow \quad c_i^A - p_i^A = 0 \qquad \{q_i^A\}$$

輸入財と国内財を統合する Armington 統合という活動は形式上は様々な財を投入して財をつくり出すという生産活動とほとんど同じことがわかる。

5.2 国内供給と輸出供給の配分

ここまで需要側において国内財と輸入財を不完全代替（差別化されている）と認識する Armington 仮定を置くという話をしてきた。さらに CGE 分析では、「供給側で国内向けの財と輸出向けの財を不完全代替」と仮定することが多い。第 12 章でもこの仮定を採用する。

もし、国内向けの財も輸出向けの財も全く同質であるのなら、全体の生産量を y_i 、輸出供給量を y_i^E 、国内供給量を y_i^D としたとき、

$$y_i = y_i^E + y_i^D \qquad (7)$$

という関係となるであろう。これは「1 単位の輸出向けの財と 1 単位の国内向けの財は等価」という関係であり、「1 単位の輸出向けの財を 1 単位の国内向けの財に変形させることが可能」ということである。しかし、輸出向けの財と国内向けの財が不完全代替なら、(7) 式のような関係は成り

立たないことになる。輸出向けの財と国内向けの財が不完全代替であるときに、(7)式に代ってしばしば想定されるのが「CET (constant elasticity of transformation、変形の弾力性一定の) 関数」の関係である。具体的には次のような関係である。

$$y_i = g_i^S(y_i^E, y_i^D) = \left[\delta_i^{\text{ES}} (y_i^E)^{\frac{\eta_i^{\text{DE}}+1}{\eta_i^{\text{DE}}}} + \delta_i^{\text{DS}} (y_i^D)^{\frac{\eta_i^{\text{DE}}+1}{\eta_i^{\text{DE}}}} \right]^{\frac{\eta_i^{\text{DE}}}{\eta_i^{\text{DE}}+1}} \quad (8)$$

ただし、 δ_i^{ES} 、 δ_i^{DS} 、 η_i^{DE} は外生的なパラメータである。特に最後の $\eta_i^{\text{DE}} \in \{0, +\infty\}$ は CES 関数における代替の弾力性と似たような働きをするパラメータで「変形の弾力性 (elasticity of transformation)」と呼ばれる。変形の弾力性が大きいほど代替度 (変形度) が高くなる。変形の弾力性が ∞ になると完全代替となり、結局 (7) 式の関係が成り立つ。一方、変形の弾力性が -1 になると全く代替がないということになる⁴。

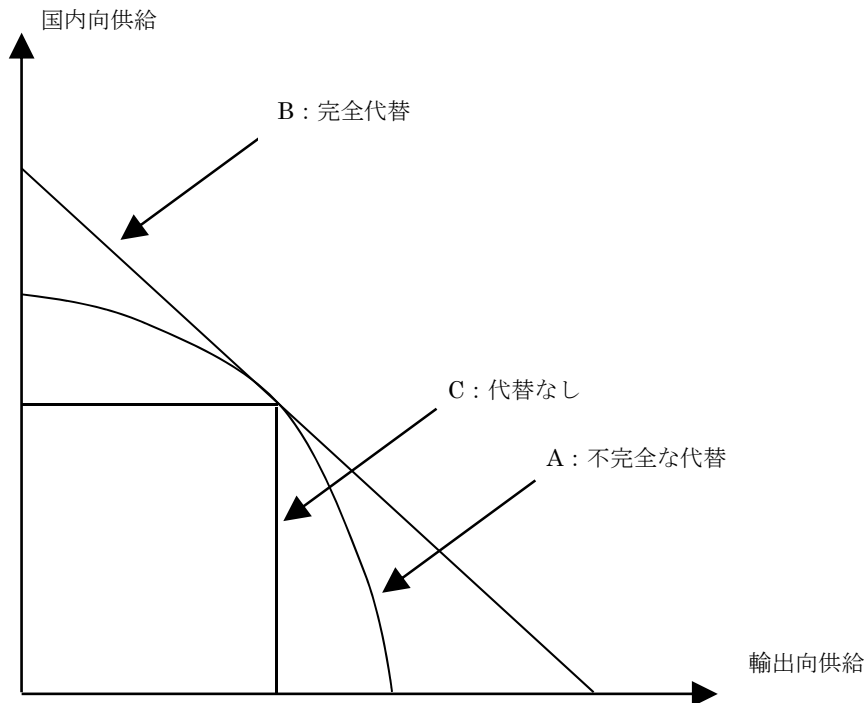


図 1: CET 関数の等産出量曲線

図は横軸に輸出向け供給量、縦軸に国内向け供給量を取り、CET 関数からある一定の y_i に対応する等量曲線 (一定の生産量に対応する輸出向け供給と国内向け供給の組み合わせ) を描いた図である。図の A は変形の弾力性が $(0, \infty)$ のケース、図 B は ∞ のケース、図 C は 0 のケースである。 $\eta_i^{\text{DE}} = \infty$ なら完全代替になるので等量曲線は直線となるのに対し、 $\eta_i^{\text{DE}} = 0$ なら全く代替がないので等量曲線は直角で折れ曲がる。

Armington 統合において費用を最小化するように国内財と輸入財の組み合わせが決まるのと同様に、「輸出向け供給と国内向け供給の組み合わせは収入を最大化するように決定される」と仮定さ

⁴ 「代替」という用語を使って説明しているが、CET 関数の名前からして本来は「変形」という用語を使うべきである。ただ、「代替」の方がなじみがある用語で、「変形」ではなく「代替」と言っても意味はだいたい通じると考えられるので、「代替」を使って説明している。

れる。この収入最大化行動から、収入関数を定義できるが、CET 関数は一次同次関数であるので一単位当りの単位収入関数 r_i^y が定義できる。

$$r_i^y \equiv \max_{a_i^{ES}, a_i^{DS}} [p_i^E a_i^{ES} + p_i^D a_i^{DS} | g_i^S(a_i^{ES}, a_i^{DS}) = 1]$$

ただし、 p_i^E 、 p_i^D はそれぞれ i 財の輸出価格と国内価格である。

この単位収入関数から Shephard の補題により、単位輸出供給関数 a_i^{ES} 、単位国内供給関数 a_i^{DS} が導出できる。

$$\begin{aligned} a_i^{ES} &= \frac{\partial r_i^y}{\partial p_i^E} && \{a_i^{ES}\} \\ a_i^{DS} &= \frac{\partial r_i^y}{\partial p_i^D} && \{a_i^{DS}\} \end{aligned}$$

輸出向け供給量は $a_i^{ES} y_i$ 、国内向け供給量は $a_i^{DS} y_i$ となる。

CET 関数は (8) 式のように特定化されているので、単位収入関数、単位供給関数はそれぞれ次のような形になる（導出については第 A-1 章を参照）。

$$\begin{aligned} r_i^y &= \left[(\delta_i^{ES})^{-\eta_i^{DE}} (p_i^E)^{1+\eta_i^{DE}} + (\delta_i^{DS})^{-\eta_i^{DE}} (p_i^D)^{1+\eta_i^{DE}} \right]^{\frac{1}{1+\eta_i^{DE}}} \\ a_i^{ES} &= \left[\frac{p_i^E}{\delta_i^{ES} r_i^y} \right]^{\eta_i^{DE}} \\ a_i^{DS} &= \left[\frac{p_i^D}{\delta_i^{DS} r_i^y} \right]^{\eta_i^{DE}} \end{aligned}$$

5.3 貿易

それでは以下で貿易の部分のモデルについて説明する。ここでは小国モデルを想定する。

5.3.1 輸出財と輸入財の価格

まず、輸出財 i の世界価格を p_i^{EW} と表現する。この世界価格は外生的に一定とする。この世界価格は外貨で表示されている価格とする。よって、本国通貨建為替レート（円/ドル）を p^{EX} とすると、輸出価格 p_i^E と輸出財の世界価格の間には次の関係が成立する。

$$p_i^E / p^{EX} = p_i^{EW}$$

輸入財 i の世界価格を p_i^{MW} とする。先程の輸出財の世界価格と同様にこれも外生的に一定とする。この世界価格と財 i の輸入価格 p_i^M には次の関係が成立する。

$$p_i^M = p^{EX} p_i^{MW}$$

[注] ここでの外貨は特定の外貨（例えば、米ドル、ユーロ、元等）を表しているわけではなく、仮想的な通貨である。よって、後のシミュレーションにおいても「外貨」を特定の通貨に結びつけることはしないし、「為替レート」を特定の為替レートに結びつけたりもしない。ここでの外貨はあくまで輸出・輸入を通じた財と財の交換を媒介するようなものとしての役割を果たすだけである。

[注] ここでは為替レートを表すのに財の価格と同様に p^{EX} という記号を用いている。なぜ価格と同じような記号を用いるかは第 6.2 節で説明する。

5.3.2 輸入量

Armington 仮定を置いたので、輸入財は Armington 統合に用いられる。よって、輸入財に対する需要は Armington 統合活動から生じる。財 i の輸入量 x_i^M は次式で与えられる

$$x_i^M = a_i^{\text{AM}} q_i^A = \left[\frac{\alpha_i^{\text{AM}} c_i^A}{(1+t_i^M) p_i^M} \right]^{\sigma_i^{\text{DM}}} q_i^A$$

シミュレーションでは輸入関税を考えるので、ここでも関税率 t_i^M を入れている。輸入関税があるときには輸入財の価格は $(1+t_i^M) p_i^M$ となる。

5.3.3 輸出量

輸出は輸出向けの供給と国内向けの供給の配分に従って決ってくる。財 i の輸出量 x_i^E は次式で与えられる。

$$x_i^E = a_i^{\text{ES}} y_i = \left[\frac{p_i^E}{\delta_i^{\text{ES}} r_i^y} \right]^{\eta_i^{\text{DE}}} y_i \quad (9)$$

5.3.4 財市場の均衡条件

元々の財市場の均衡条件式は (2) 式であり、この式によって p_i が決まった。

$$y_i = \sum_j a_{ij}^x y_j + a_i^u u$$

貿易がある場合には、生産された財は輸出されるか、国内で利用されるかのどちらかになる。輸出量は (9) 式で既に求めている。国内向けについては、国内向け供給は $a_i^{\text{DS}} y_i$ で与えられ、国内財の需要は Armington 統合からの需要 $a_i^{\text{AD}} q_i^A$ で与えられる。よって、国内向けの財の均衡条件式は次式となり、この式で国内財の価格 p_i^D が決まることになる。

$$a_i^{\text{DS}} y_i = a_i^{\text{AD}} q_i^A \quad \{p_i^D\}$$

国内向けに供給された財は輸入財と統合され Armington 財となり、それが中間投入、消費（一般的にはさらに政府消費、投資等）に利用される。Armington 財 i に対する部門 j の中間投入需要は $a_{ij}^x y_j$ 、消費需要は $a_i^u u$ であるので、Armington 財の市場均衡条件は次式となる。

$$q_i^A = \sum_j a_{ij}^x y_j + a_i^u u \quad \{p_i^A\}$$

この市場均衡条件によって、Armington 財の価格 p_i^A が決まる。

5.3.5 貿易収支と為替レート

理論分析のモデルでは貿易が存在するといっても、貿易収支は常に均衡し、ゼロとなっていると仮定することが多いが、現実の経済では貿易収支が均衡していることはないと言ってよい⁵。よっ

⁵財だけではなく、サービスもあるので、厳密には「貿易・サービス収支」であるが、簡素化のためここでは「貿易収支」という用語を利用する。

て、均衡していない（つまり、非ゼロの）貿易収支を何らかの形でモデルに組込む必要がある。また、このモデルでは為替レートという変数も存在しているので、為替レートの扱いについても考慮する必要がある。

一地域モデルにおける貿易収支と為替レートの扱いについては様々なアプローチがありうるが、代表的なものは次の二つである。

- A1：貿易収支が基準均衡の値で一定となるように為替レートが調整されると仮定する。
- A2：為替レートを固定する代わりに貿易収支が自由に変化するようにする。

このどちらを選択するかで分析結果に非常に大きな違いが生じうる。よって、非常に重要な選択になるが、ここではとりあえず A1 のアプローチをとる。二つのアプローチの比較はまた第 6.7.1 節でおこなう。

外貨で表現した輸出額は $p_i^{EW} x_i^E$ 、輸入額は $p_i^{MW} x_i^M$ であるので、外貨で表現した貿易収支額 TS は次の式で与えられる⁶。

$$TS = \sum_i p_i^{EW} x_i^E - \sum_i p_i^{MW} x_i^M$$

A1 はこれが基準年の値 \bar{TS} の値に等しくなるように 為替レート p^{EX} が決まるということである。つまり、

$$\sum_i p_i^{EW} x_i^E - \sum_i p_i^{MW} x_i^M = \bar{TS} \quad \{p^{EX}\}$$

が満たされるように p^{EX} が決まるということである。

5.3.6 所得の定義

家計の所得は基本的には変わらないが、貿易を入れることで一つ修正する必要がある。先程、見たようにこのモデルでは貿易収支は均衡していない。仮に貿易黒字が生じているとすると、それは「国内における所得 > 国内における支出」という状況にあることを意味している。それでは「国内における所得 - 国内における支出」の分の利用されなかった所得はどうかという海外に投資されることになる。普通の言い方を言えば「資本流出」が生じることになる。

以上のように貿易黒字分だけ海外に所得が流出することになるので、(6) 式を次のように修正する必要がある。

$$m = \sum_f p_f^F \bar{v}_f + \sum_i t_i^C p_i^A d_i + \sum_{i,f} t_{fi}^F p_f^F v_{fi} + \sum_i t_i^M p_i^M x_i^M$$

$$m^D = m - p^{EX} \bar{TS}$$

ただし、 m^D は国内に支出される所得を表す変数である。また、税金に關税収入も加えている。 $p^{EX} \bar{TS}$ のように p^{EX} をかけあわせているのは \bar{TS} は外貨表示の貿易収支で、それを円表示に変換するためである。貿易赤字の場合は逆に資本が流入することになる ($\bar{TS} < 0$ となる)。

⁶円で表わすと、

$$p^{EX} TS = \sum_i p_i^E x_i^E - \sum_i p_i^M x_i^M$$

となる。

5.4 モデル（まとめ）

〔単位費用関数〕 (13) 式は Armington 統合の単位費用関数である。その他は貿易がないモデルと基本的に同じであるが、中間投入物、消費財の価格が Armington 財の価格 p_i^A に変更されている。

$$c_i = \left[\sum_j (\alpha_{ji}^x)^{\sigma_i} (p_j^A)^{1-\sigma_i} + (\alpha_i^v)^{\sigma_i} (p_i^{va})^{1-\sigma_i} \right]^{\frac{1}{1-\sigma_i}} \quad \{c_i\} \quad (10)$$

$$c_i^{va} = \left[\sum_f (\beta_{fi}^v)^{\sigma_i^v} [(1+t_{fi}^F)p_f^F]^{1-\sigma_i^v} \right]^{\frac{1}{1-\sigma_i^v}} \quad \{c_i^{va}\} \quad (11)$$

$$c^u = \left[\sum_j (\gamma_j)^{\sigma^c} [(1+t_j^C)p_j^A]^{1-\sigma^c} \right]^{\frac{1}{1-\sigma^c}} \quad \{c^u\} \quad (12)$$

$$c_i^A = \left[(\alpha_i^{AD})^{\sigma_i^{DM}} (p_i^D)^{1-\sigma_i^{DM}} + (\alpha_i^{AM})^{\sigma_i^{DM}} ([1+t_i^M]p_i^M)^{1-\sigma_i^{DM}} \right]^{\frac{1}{1-\sigma_i^{DM}}} \quad \{c_i^A\} \quad (13)$$

〔単位収入関数〕 生産した財は国内向けと輸出向けに配分される。そこから得られる単位収入を表現する関数である。

$$r_i^y = \left[(\delta_i^{ES})^{-\eta_i^{DE}} (p_i^E)^{1+\eta_i^{DE}} + (\delta_i^{DS})^{-\eta_i^{DE}} (p_i^D)^{1+\eta_i^{DE}} \right]^{\frac{1}{1+\eta_i^{DE}}} \quad \{r_i^y\}$$

〔輸出財の価格と輸入財の価格〕 輸出財と輸入財の価格である。世界価格 p_i^{EW} と p_i^{MW} は外生的に与えられる。

$$p_i^E = p^{\text{EX}} p_i^{\text{EW}} \quad \{x_i^E\} \quad (14)$$

$$p^{\text{EX}} p_i^{\text{MW}} = p_i^M \quad \{x_i^M\} \quad (15)$$

ただし、 x_i^E は輸出量、 x_i^M は輸入量である。

〔利潤最大化条件〕 Armington 統合の利潤最大化条件が加わる。また、生産の利潤最大化条件は「単位費用－単位収入＝0」に変わる。

$$c_i - r_i^y = 0 \quad \{y_i\} \quad (16)$$

$$c_i^{va} - p_i^{va} = 0 \quad \{v_i^a\} \quad (17)$$

$$c^u - p^u = 0 \quad \{u\} \quad (18)$$

$$c_i^A - p_i^A = 0 \quad \{q_i^A\} \quad (19)$$

〔単位需要関数〕 (24) 式、(25) 式に Armington 統合における国内財と輸入財への単位需要が加わる。

$$a_{ji}^x = \left[\frac{\alpha_{ji}^x c_i}{p_j^A} \right]^{\sigma_i} \quad \{a_{ji}^x\} \quad (20)$$

$$a_i^v = \left[\frac{\alpha_i^v c_i}{p_i^{va}} \right]^{\sigma_i} \quad \{a_i^v\} \quad (21)$$

$$a_{fi}^F = \left[\frac{\beta_{fi}^v c_i^{va}}{(1+t_{fi}^F)p_f^F} \right]^{\sigma_i^v} \quad \{a_{fi}^F\} \quad (22)$$

$$a_i^u = \left[\frac{\gamma_i c^u}{(1+t_i^C)p_i^A} \right]^{\sigma_i^c} \quad \{a_i^u\} \quad (23)$$

$$a_i^{AD} = \left[\frac{\alpha_i^{AD} c_i^A}{p_i^D} \right]^{\sigma_i^{DM}} \quad \{a_i^{AD}\} \quad (24)$$

$$a_i^{AM} = \left[\frac{\alpha_i^{AM} c_i^A}{(1+t_i^M)p_i^M} \right]^{\sigma_i^{DM}} \quad \{a_i^{AM}\} \quad (25)$$

[単位供給関数] 生産における輸出向け供給と国内向け供給を表す単位供給である。

$$a_i^{ES} = \left[\frac{p_i^E}{\delta_i^{ES} r_i^y} \right]^{\eta_i^{DE}} \quad \{a_i^{ES}\}$$

$$a_i^{DS} = \left[\frac{p_i^D}{\delta_i^{DS} r_i^y} \right]^{\eta_i^{DE}} \quad \{a_i^{DS}\}$$

[市場均衡条件] 元々は財の市場均衡条件としていた式が、国内財の市場均衡条件、Armington財の市場均衡条件が分けられている。

$$a_i^{DS} y_i = a_i^{AD} q_i^A \quad \{p_i^D\} \quad (26)$$

$$q_i^A = \sum_j a_{ij}^x y_j + a_i^u u \quad \{p_i^A\} \quad (27)$$

$$v_i^a = a_i^v y_i \quad \{p_i^{va}\} \quad (28)$$

$$\bar{v}_f = \sum_i a_{fi}^F v_i^a \quad \{p_f^F\} \quad (29)$$

$$u = \frac{m^D}{p^u} \quad \{p^u\} \quad (30)$$

(30) 式に入ってくる所得は m^D であることに注意。

[輸出量と輸入量] 国内供給と輸出供給の配分の決定を通じて $a_i^{ES} y_i$ だけ輸出がおこなわれる。これがそのまま輸出量 x_i^E となる。また、 x_i^M だけ輸入がおこなわれるが、その輸入は Armington 統合に $a_i^{AM} q_i^A$ だけ利用されることになる。

$$a_i^{ES} y_i = x_i^E \quad \{p_i^E\} \quad (31)$$

$$x_i^M = a_i^{AM} q_i^A \quad \{p_i^M\} \quad (32)$$

[貿易収支の設定] 第 5.3.5 節で説明したように、貿易収支が基準データの値に等しくなるように為替レートが調整されると仮定する。よって、次式で為替レートが決定されることになる。

$$\sum_i p_i^{EW} x_i^E - \sum_i p_i^{MW} x_i^M = \bar{TS} \quad \{p^{EX}\} \quad (33)$$

[所得の定義式] 所得の定義式。

$$m = \sum_f p_f^F \bar{v}_f + \sum_i t_i^C p_i^A d_i + \sum_{i,f} t_{fi}^F p_f^F v_{fi} + \sum_i t_i^M p_i^M x_i^M \quad \{m\} \quad (34)$$

$$m^D = m - p^{\text{EX}} \bar{\text{T}}\text{S} \quad \{m^D\} \quad (35)$$

[まとめ] (10) から (35) 式までで以下の変数が決定されることになる： $\{c_i\}$ 、 $\{c_i^{va}\}$ 、 $\{c^u\}$ 、 $\{c_i^A\}$ 、 $\{r_i^y\}$ 、 $\{p_i^E\}$ 、 $\{p_i^M\}$ 、 $\{y_i\}$ 、 $\{v_i^a\}$ 、 $\{u\}$ 、 $\{q_i^A\}$ 、 $\{a_{ji}^x\}$ 、 $\{a_i^v\}$ 、 $\{a_{fi}^F\}$ 、 $\{a_i^u\}$ 、 $\{a_i^{\text{AD}}\}$ 、 $\{a_i^{\text{AM}}\}$ 、 $\{a_i^{\text{ES}}\}$ 、 $\{a_i^{\text{DS}}\}$ 、 $\{p_i^D\}$ 、 $\{p_i^A\}$ 、 $\{p_i^{va}\}$ 、 $\{p_f^F\}$ 、 $\{p^u\}$ 、 $\{y_i^E\}$ 、 $\{q_i^{\text{AM}}\}$ 、 $\{p^{\text{EX}}\}$ 、 $\{m\}$ 、 $\{m^D\}$ 。

6 補足説明

第5節で貿易を含んだモデルを説明した。このタイプのモデルはCGE分析ではごく標準的なモデルであるが、理論分析で使われているモデルとは異なる部分もあり、若干理解しづらい部分があるかもしれない。ここでは前節のモデルについて補足の説明をおこなう。

6.1 式と変数の対応関係について

後にモデルを解く際にはこれまでと同様にMCPの問題として解く。MCPの問題として解くには「式と変数の対応関係」を指定する必要がある。そのため、前節でのモデルの表現でも各式に変数を対応させている。多くの式については自然な対応関係になっていると感ずるであろうが、若干解説が必要と考えられるものもある。

まず、(14)、(15)式である。普通に見れば、この二つの式は価格 p_i^E 、 p_i^M の定義式に見える。そのように考えて、この二つの式に p_i^E 、 p_i^M という変数を対応させてもよい。しかし、ここでは x_i^E 、 x_i^M の輸出量、輸入量という変数を対応させている。これは次のような考え方に基づく。

まず、輸出という活動を考えたとき、国内で財を購入し、それを海外で販売するという活動と見なせる。その上で(14)式を考えてみよう。

$$p_i^E = p_i^{\text{EW}} p^{\text{EX}}$$

輸出を一単位をおこなうには国内で財を一単位購入する必要があり、その費用は p_i^E で表現される。よって、左辺の p_i^E は輸出という活動の限界費用(=単位費用)とみなせる。一方、一単位の輸出をおこなえば、それは海外で p^{EW} で販売できる。それを円に直した額が $p^{\text{EW}} p^{\text{EX}}$ である。つまり、右辺は輸出という活動の限界収入(=単位収入)を表している。こう考えると結局、(14)式は輸出という活動の「限界費用-限界収入=0」という関係である。

(16)~(19)式は様々な活動の利潤最大化条件であったが、これらはどれも「限界費用-限界収入(価格)=0」というように表されていた⁷。これから考えると(14)式は結局、輸出という活動の利潤最大化条件とみなせる。そうなれば(16)~(19)式に対して様々な活動の水準を表す変数(生産量等)が対応されていたのと同じように(14)式に対しては輸出の活動水準(つまり、輸出量)を対応させることができる。

(15)式も同じである。輸入は海外で財を購入して、国内で販売するという活動である。

$$p^{\text{EX}} p_i^{\text{MW}} = p_i^M$$

⁷このモデルでは「限界費用=単位費用」、「限界収入=単位収入」であるので、「単位費用-単位収入=0」と言ってもよい。

この式の左辺は一単位の輸入をおこなうために必要な費用、つまり輸入活動の限界費用であり、右辺は一単位の輸入によって得られる収入、つまり輸入活動の限界収入である。よって、この式についても「限界費用－限界収入＝0」という条件であり、輸入という活動の利潤最大化条件とみなせる。よって、輸入量という変数を対応させることができる。

以上が、(14)、(15) 式に x_i^E 、 x_i^M を対応させている理由であるが、これに伴い x_i^E 、 x_i^M の定義式を表しているように見える (31)、(32) 式には p_i^E 、 p_i^M という輸出価格、輸入価格が対応させられている。この対応関係は次のように解釈できる。

まず、 $a_i^{ES} y_i = x_i^E$ であるが、この左辺は輸出向けの財 i の供給量を表している。一方、 x_i^E は輸出活動の水準を表しており、それは輸出という活動からの財 i への需要を表しているとみなせる。こう考えると結局この式は輸出向けの財 i の「供給量＝需要量」を表す式、つまり輸出向けの財 i の「市場均衡」を表す式とみなせる。そうであれば、この式に輸出向けの財 i 価格である p_i^E を対応させることは極く自然なことになる。

同様に、(32)、 $x_i^M = a_i^{AM} q_i^A$ であるが、左辺は輸入量であるので、輸入という活動による国内への財 i の供給量を表している。一方、右辺は Armington 統合という活動による輸入財への需要量である。よって、この式は輸入された財 i の「供給量＝需要量」を表す式であり、やはり市場均衡を表す式ということになる。よって、この式に価格 p_i^M が対応されることになる。

以上のような解釈に基づき、(14)、(15) 式に x_i^E 、 x_i^M を対応させ、(31)、(32) 式に p_i^E 、 p_i^M を対応させている。後にモデルを GAMS のプログラムで表現するが、その際にもこの対応関係を前提としてプログラムを記述する。ただし、通常の解釈に基づき、(14)、(15) 式に p_i^E 、 p_i^M を、(31)、(32) 式に x_i^E 、 x_i^M を対応させることも別に間違いではない（そのようにしてもよい）。

6.2 貿易収支の式の解釈

ここまで均衡条件の一つとして様々な市場均衡条件式が含まれていた。財の需要量と供給量が等しくなるように、その財の価格が決定されるという条件式である。一方、(33) 式は貿易収支を表す式であり、貿易収支の額が外生的に与えられる TS という値に等しくなるように為替レート p^{EX} が決まると説明した。通常市場均衡条件と似ているが、市場均衡条件に出てくるのは需要量、供給量の「量」であるのに対し、(33) 式は輸出額、輸入額の「額」である。その点で (33) 式は通常市場均衡条件式とは異なっている。しかし、実は (33) 式は市場均衡条件式を表している。何の市場かと言えば「外貨」という財の市場である。言い換えれば、「外貨」を一種の財とみなせば、(33) 式はその「外貨」という財の市場均衡条件を表しているということである。

p_i^{EW} は財 i を一単位輸出することで得ることができる外貨の量であり、 $\sum_i p_i^{EW} x_i^E$ は財の輸出により得られる外貨の量である。輸出という活動をおこなうことで、これだけの外貨が日本にもたらされるということなので、これは「(日本における) 外貨の供給量」とみなすことができる。一方、 p_i^{MW} は財 i を一単位輸入するために必要な外貨の量であり、 $\sum_i p_i^{MW} x_i^M$ は輸入のために必要な外貨の量全体である。輸入のためにこれだけの外貨が必要になるということなので、これは「(日本における) 外貨に対する需要量」とみなせる。

最後に TS は基準年における貿易収支の (外貨表示の) 黒字額であった。第 5.3.6 節で述べたように、貿易収支の黒字は裏を返せば海外への資本流出を意味し、TS は海外への資本流出額に等しい。資本が海外へ流れるにはその分の外貨が必要になるので、結局これも「外貨に対する需要」を

意味することになる。以上より、 $\sum_i p_i^{EW} x_i^E$ は「外貨」の供給量、 $\sum_i p_i^{MW} x_i^M + \bar{TS}$ は「外貨」の需要量を表すことになるので、(33) 式は「外貨」の市場均衡条件と解釈できるのである。

通常の市場均衡条件では、それによってその財の価格が決まるが、(33) 式の場合に決まるのは「(邦貨建) 為替レート」である。その意味で、やはり普通の市場均衡条件とは違うと思えるかもしれないが、「為替レート」は「外貨」を 1 単位得るために必要な額であるので、「外貨」の価格そのものである。よって、(33) 式は「外貨」の需要と供給が等しくなるように、「外貨の価格」が決まるということであり、これは普通の市場均衡条件と全く同じ形式を持っていることがわかる。

貿易収支の式 (33) 式 → 「外貨」という財の市場均衡条件

6.3 世界価格 p_i^{EW} と p_i^{MW} の意味

(33) 式を普通に見れば、 p_i^{EW} 、 p_i^{MW} という価格がかかっていることから、「額を表す式」と解釈することが普通かもしれない。しかし、ここでの p_i^{EW} 、 p_i^{MW} は財の輸出量・輸入量を外貨という財の量に変換するための係数のような役割を果たしているものであり、しかも、モデル外で決定される外生的な変数であることから、「価格」を表す変数とは考えない方がよい（少なくともモデルに現われる他の「価格変数」とは全く違うものと考えの方がよい）。

前節で見たように輸出財 i の世界価格である p_i^{EW} は財 i を一単位輸出することで得られる「外貨」の量を表している。同様に、輸入財 i の世界価格である p_i^{MW} は財 i を一単位輸入するために必要な「外貨」の量を表している。どちらも、輸出財、輸入財と外貨を変換するための係数とみなせる。

外生的に決まる係数と同じようなものであるので、 $a_i^E = p_i^{EW}$ 、 $a_i^M = p_i^{MW}$ と置いてみると、(14)、(15)、(33) 式は次のように書ける。

$$\begin{aligned} p_i^E &= a_i^E p^{EX} && \{x_i^E\} \\ a_i^M p^{EX} &= p_i^M && \{x_i^M\} \\ \sum_i a_i^E x_i^E - \sum_i a_i^M x_i^M &= \bar{TS} && \{p^{EX}\} \end{aligned}$$

このように式を表現しなおせば、このモデルにおいて p_i^{EW} 、 p_i^{MW} は価格ではなく変換係数のようなもので、むしろ為替レートが「価格」の役割を果たしているのだということがよく理解できるであろう。為替レートはしばしば価格とは別の記号を用いて表されるが⁸、本文書では為替レートを価格のような記号で表現した。これがその理由である。

また、このように式を書き換えることで、このモデルで「価格についての 0 次同次性」が満たされることがわかる。実際、 p_i^{E*} 、 p_i^{M*} 、 p^{EX*} を均衡価格とし、 $\tilde{p}_i^E = \lambda p_i^{E*}$ 、 $\tilde{p}_i^M = \lambda p_i^{M*}$ 、 $\tilde{p}^{EX} = \lambda p^{EX*}$ とすれば、 \tilde{p}_i^E 、 \tilde{p}_i^M 、 \tilde{p}^{EX} もやはり均衡価格となることが容易に示せる（実際、自分で確認してほしい）。なお、ここで注意することは、世界価格は外生的に設定される値であり、モデルの内生変数ではないので、「価格についての 0 次同次性」を考える際の価格には含めないということである。上記のように、その代わりに為替レート（外貨の価格）を含めて考えなければいけない。

以上をまとめると

⁸例えば、細江他 (2004) では価格には p という記号を用いているが、為替レートは ε で表現している。

- 世界価格 p_i^{EW} 、 p_i^{MW} は一種の変換係数であり、「価格」とはみなさない方がよい。
- その代わりに「為替レート」が価格の役割をはたしている。

6.4 交易条件

最初にこの文書では「小国モデル」を利用すると説明した。そして、「小国モデル」とは「交易条件が一定のモデル」と説明した。「交易条件」は一般に輸出財と輸入財の交換比率と定義される。仮に輸出財、輸入財がそれぞれ一個ずつしかなければ、単純に価格の比率をとって

$$\text{交易条件} = \frac{\text{輸出財の価格}}{\text{輸入財の価格}} \quad (36)$$

と定義される（理論分析でよく利用される2財モデルではこの定義が実際に利用される）。例えば、交易条件が2に等しいとする。これは輸出を1単位行なうことで2単位の輸入財を得ることができるということである。交易条件はある一定の輸出をおこなうことでどれだけの輸入ができるようになるかを表す指標であるので、交易条件が高いほどその国にとって望ましいと言える⁹。実際、交易条件はその国の経済状態を判断する一つの指標として利用されている。

普通のCGEモデルのように、財が複数あるような場合には(36)式のような単純な定義は使えない。そのような場合には複数の価格を組み合わせて交易条件の指数のようなものを作成することが普通であるが¹⁰、ここまで前提としてきたモデルではそのような指数を考慮しなくとも、交易条件は一定になることが簡単に示せる。

(14)、(15)式より次式が成り立つ。

$$\frac{p_i^E}{p_j^M} = \frac{p_i^{EW}}{p_j^{MW}} \quad \forall i, j$$

左辺は財*i*を一単位輸出することで得られる（輸入できる）財*j*の量を表している。つまり、財*i*と財*j*の交換比率を表している。一方、右辺は外生的に決定する値であるので固定されている。よって、上式は任意の財についてその輸出入を通じた交換比率が固定されているということの意味している。どの財をとっても固定ということは、複雑な指数を作成するまでもなく、国全体としての交易条件も一定ということになる。以上のように交易条件が一定であるので、このモデルは「小国モデル」ということになる。

6.5 為替レートが現れないモデル

第5節のモデルでは「為替レート」という変数が出てきた。貿易を考慮したモデルに為替レートという変数が含まれるのはある意味当たり前のことであるが、貿易の理論モデルでは国によって異なる通貨を使うような想定はしないため、為替レートという変数が出てこないことが普通である。第5節のモデルにおいても共通の通貨を利用しているというような状況を表現することができる。以下ではそのような状況を表現してみよう。

⁹少ない輸出でたくさん輸入できるようになるからである。

¹⁰通常は、輸出財の価格指数、輸入財の価格指数を作成し、その比率をとることで作成するようである。

それには単純に「外貨をニューメレル」とし、その価格、つまり「為替レート」を1と置けばよい。すると、(14)、(15)式より次が成り立つ。

$$\begin{aligned} p_i^E &= p_i^{EW} & \forall i \\ p_i^M &= p_i^{MW} & \forall i \end{aligned}$$

為替レートが1ということは国内と海外で同じ価格が成立しているということであり、それは通貨が共通という状況を表している。

外貨をニューメレルにすることで、均衡条件からは「外貨市場の均衡条件式」である(33)式はドロップされることになる。しかし、ワルラス法則により他の市場が均衡すればこの式も自動的に満たされることになる。実際、そうなることを確かめてみよう。

まず、(34)、(35)式より $\bar{T}S$ は

$$\bar{T}S = \sum_f p_f^F \bar{v}_f + \sum_i t_i^C p_i^A d_i + \sum_{i,f} t_{fi}^F p_f^F v_{fi} + \sum_i t_i^M p_i^M x_i^M - m^D$$

となる ($p^{EX} = 1$ である)。ここでこの後の証明を簡単にするために税金がゼロであるとしよう (仮に税金があったとしても同じように証明はできる)。すると、

$$\bar{T}S = \sum_f p_f^F \bar{v}_f - m^D$$

となる。これを書き換えていく。

$$\begin{aligned} \bar{T}S &= \sum_i \left[r_i^y y_i - \sum_j p_j^A a_{ji} y_i \right] - \sum_i p_i^A a_i^u u = \sum_i r_i^y y_i - \sum_i p_i^A \left[\sum_j a_{ij} y_j + a_i^u u \right] \\ &= \sum_i r_i^y y_i - \sum_i p_i^A q_i^A \\ &= \sum_i [p_i^D a_i^{DS} y_i + p_i^E a_i^{ES} y_i] - \sum_i [p_i^D a_i^{AD} q_i^A + p_i^M a_i^{AM} q_i^A] \\ &= \sum_i p_i^E a_i^{ES} y_i - \sum_i p_i^M a_i^{AM} q_i^A = \sum_i p_i^E x_i^E - \sum_i p_i^M x_i^M \\ &= \sum_i p_i^{EW} x_i^E - \sum_i p_i^{MW} x_i^M \end{aligned}$$

すると上式が導ける。つまり、他の条件式から(33)式が満たされることを導ける。

6.6 国内向け供給と輸出向け供給が不完全代替 (不完全な変形) という仮定

第3節で、CGE分析では、cross-haulingを説明するためにArmington仮定を置くと説明した。さらに、第5.2節で「国内向けの供給と輸出向け供給は不完全代替 (変形が不完全)」とし、CET関数を通じて配分されると仮定した。Armington仮定はcross-haulingを説明するという理由があったが、それでは後者の仮定はどのような根拠を持つのか？それを以下で説明しよう。

まず明らかであるのは、国内向けの供給と輸出向け供給を不完全代替とすることで、価格の変化に伴う供給先の変化が小さくなるということである。例えば、海外の価格 (輸出価格) が上昇したとする。このとき輸出した方が特になるので、国内への供給を減らし、輸出を増やすという変化

が生じるであろう。ここでもし国内向けと輸出向けの供給が完全代替であるなら、このシフトはスムーズに働き、国内向け供給の減少量、輸出増加量は大きくなるであろう。これに対し、国内向けと輸出向けの供給が不完全代替であるなら国内向け供給から輸出へのシフトが起きにくくなるので、国内向け供給の減少量、輸出増加量は小さくなるということである。

以上のように完全代替か不完全代替かによって、ショックに対する国内向け供給量、輸出量の変化の大きさが変わってくるので、大きい変化を望まない場合には不完全代替とし、CET 関数による配分を採用したほうがよいであろう。

以上のように説明すると、国内向け供給と輸出向け供給を不完全代替とするかどうかは分析者がそのときどきの分析目的等に応じて選択することのように思えるかもしれないが、実際には「本文書で前提としているような小国の一地域モデルではほぼ必須の仮定」である。具体的には、CET 関数による配分を仮定しないと、モデルが非常に不安定になりまともな計算結果が出なくなるとともに非常に非現実的な結果が導かれるという問題が生じるため、この仮定を採用する必要があるということである。なぜそのような問題が生じるかは簡単に示すことができる。

例えば、ある i 財を考える。この財は国内で生産をし、それを国内に供給するとともに輸出もしているとする。ここで国内向けの財と輸出向けの財が完全代替であるとする。すると、国内向けの財も輸出向けの財も同じ価格が成立するので、 $r_i^y = p_i^D = p_i^E$ が成り立つことになる。全く等しいので、その変化率も等しくなる： $\hat{r}_i^y = \hat{p}_i^D = \hat{p}_i^E$ (ただし $\hat{\cdot}$ は変化率を表す記号である)¹¹。この共通の変化率を「 ρ 」と表現しよう。

この i 財は輸出されているので $p_i^E = p_i^{EW} p^{EX}$ が成り立つ。これより、 $\hat{p}_i^E = \hat{p}^{EX}$ となる。よって、 $\hat{p}^{EX} = \rho$ である。さらに、この i 財は輸入もされているとする (つまり、cross-hauling があるとする)。すると $p_i^M = p_i^{MW} p^{EX}$ が成り立つので、 $\hat{p}_i^M = \hat{p}^{EX}$ となる。 p_i^M についても $\hat{p}_i^M = \rho$ となる。 $\hat{p}_i^D = \hat{p}_i^M = \rho$ であるので、 $\hat{p}_i^A = \rho$ になる。

以上より、 i 財が輸出も輸入もされているのなら、 $\hat{r}_i^y = \hat{p}_i^D = \hat{p}_i^E = \hat{p}_i^M = \hat{p}_i^A = \hat{p}^{EX} = \rho$ が成り立つということである。つまり、 i 財が輸出も輸入もされているのなら i 財に関するほとんどの価格が全て同じような動き方をしなければいけないということである。さらに、 \hat{p}^{EX} は財が変わっても同じであるので、輸出も輸入もされている任意の財 $\forall i$ について

$$\hat{r}_i^y = \hat{p}_i^D = \hat{p}_i^E = \hat{p}_i^M = \hat{p}_i^A = \hat{p}^{EX} = \rho$$

が成り立つことになる。つまり、輸出も輸入もされている財については、異なる財であっても、その価格が全く同じように動かなければいけないということである。これは価格の挙動に対する非常に強い制約になる。このような価格に対する強い制約のため、モデルが非常に不安定になり、モデルが解けない、あるいは極端な計算結果が生じる可能性が非常に高くなる。さらに、そもそも多くの財の価格が全く同じように動くというようなことは (特殊な状況でない限り) 現実には起こりにくいという問題もある。

以上のような問題を避けるには、国内向けと輸出向けの財を不完全代替とし、異なる価格が付くようにしてやればよい。従って、国内向けと輸出向けの財を不完全代替とする仮定は、小国モデルにおいては必須な仮定と言ってよい。

[注] 上で示したように価格が同じように動くというのは輸出も輸入もしている財である。片方しかしていない財の場合には、異なった動き方をすることになるが、第3節で見たように多くの財

¹¹例えば、 $\hat{r}_i^y = \Delta r_i^y / r_i^y$ である。

(特に工業製品)について cross-hauling が生じているので、多くの財について問題が生じることになる。

また、「国内向けと輸出向けの財を不完全代替」とすることで、異なる価格が付くようになり、同じような動きをしなくてすむことになるが、それでもいくつかの価格は全く同じように動くということは変わらない(例えば、cross-hauling がある財についてはどの財も輸出価格、輸入価格、為替レートが同じ変化率となる)。そのような価格も別々に変化するようにする方法の一つは大国モデルを用いるということである。

6.7 貿易収支(及び為替レート)の扱い方

第5節のモデルでは、貿易収支がある与えられた値に等しくなるように為替レートが決まるという設定であった。つまり、「為替レートが動く代わりに、貿易収支は固定されているという設定」であった。しかし、何らかのショックがあったときに全く貿易収支が動かないというのは非現実的でもある。以下では、貿易収支について別の想定を置く方法を説明する。

6.7.1 為替レートを固定して、貿易収支を可変にするという設定

まず、第5節の設定とは逆に「為替レートを固定して、貿易収支を可変にするという設定」も可能である。これは(実質の)為替レートの値を固定し、その代わりに貿易収支が自由に動くようにする設定である。場合によってはこのような設定を置くことが適切である可能性もあるが、この設定には一つ大きな問題点がある。それは、この設定でシミュレーションをおこなうと国際間の所得移転(無償の援助のようなもの)の効果が生じてくるということである。

第5節で説明したが、貿易収支の黒字というのはその裏を考えると「資本の流出」である¹²。「資本の流出」とは要するに所得が国内では利用されず海外に流れるということ、具体的には海外に投資(貯蓄)されるということである。株式の購入という形や貸与という形等、様々な形式があるが、いずれにせよ海外に投資されたとすると、それは後に収益を伴って返ってくる可能性が高い¹³。よって、資本流出はあくまで一時的に投資しているということで、その資金をただで海外に提供しているわけではない。

しかし、資本が流出する時点のみ(つまり、貿易収支が黒字になる時点のみ)で考えると、資本流出は形式上、海外への所得移転と全く同じであり、実際、海外への所得移転と同じ効果を持つ。例えば、ある時点で10兆円の貿易収支の黒字が生じているとする。その10兆円分は裏で海外に投資されることになり、10兆円分の資本収支の赤字となる。あくまで投資であって無償で10兆円を海外に提供するわけではない。しかし、この時点でお金の動きしか考えないなら(つまり、将来のお金の動きを考えないのなら)、10兆円の海外への投資は10兆円を無償で海外へ提供することと形式的に全く同じであり、実際、モデル上全く同じ効果を持つということである。

以上のように、貿易収支黒字が所得移転と同じ効果を持つため、シミュレーションにおいて貿易収支の黒字が拡大するような変化が生じたとすると、それは海外への所得移転が増加するという現象と全く同じ効果を持つことになる。そのような所得移転は、その国の消費を減少させ、そして消費者の効用(厚生)を悪化させる効果をもたらす。逆に、貿易収支の黒字が縮小したとしたり、消

¹²実際には所得収支や経常移転収支も存在するので「経常収支の黒字=資本収支の赤字」であり、「貿易収支の黒字=資本収支の赤字」ではないが、モデル上では所得収支や経常移転収支のようなものは考えないので「経常収支=貿易収支」であり、ここでもその前提で説明をしている。

¹³実際、そうでなければ資金を投資したりはしないであろう。ただし、投資であるので結果的に回収できないということもあるが。

費、そして効用（厚生）を改善させる効果が働く。いずれにせよ、貿易収支が変化するような設定にすると、所得移転が生じると同様の効果が入ってきてしまう。シミュレーションではこのような効果が混ざると望ましくない場合がある。特に、政策が厚生に与える影響を分析するようなときには、非常に望ましくない。

例えば、TPP のような政策の分析として、関税の引き下げの分析を CGE モデルを利用しておこないたいでしょう。関税は様々な歪みを経済にもたらしていることから、関税の引き下げは歪みを軽減する（言い換えれば効率性を改善する）という効果を持つ。通常分析したいのはその歪みが軽減される効果である。しかし、貿易収支が変化してしまうモデルでは、所得移転が変化するという本来の関税の効果とは別の効果が混ざってきてしまう。しかも、その所得移転の効果は、先程説明した通り、長い目で見れば相殺されることになるはずの効果にすぎない（資本流出ならいずれ返ってくるお金であり、資本流入ならいずれ返済のお金にすぎない）。

このように貿易収支を可変とする設定にした場合には、モデルにショック（政策の導入等）を与えたときに、そのショック自体が持つ厚生効果ではなく、所得移転による厚生効果が混ざってきてしまうのである。従って、政策等の「厚生」に与える効果を分析したいのなら、貿易収支を変化させないような設定にしたほうがよい。

もちろん絶対に貿易収支を固定するモデルにするべきだということではない。例えば、ある政策やショックが貿易収支にどのような影響を与えるかが分析したいということであれば、貿易収支を可変にしなければ意味がない。そのような分析目的があるときには、貿易収支を可変とする設定を当然採用すべきである。しかし、上述のような問題があるので、そのような設定の下では厚生分析をするときに注意すべきということである。

「為替レートを固定し、貿易収支を可変にする」モデルでは均衡条件は次のような修正される。まず、実質の為替レート（実質の外貨の価格）をある値に固定する¹⁴。例えば、基準年の値で固定するなら次のように設定する。

$$p^{\text{EX}}/p^u = \bar{p}^{\text{EX}}/\bar{p}^u$$

ここでは為替レートを消費者物価に当る p^u でデフレートして実質の値にしている。

そして、これまで外生的に設定してた TS を変数 TS の置き換えた上で、(33)、(35) 式を次のように書き換える。

$$\sum_i p_i^{\text{EW}} x_i^E - \sum_i p_i^{\text{MW}} x_i^M = \text{TS} \quad \{\text{TS}\}$$

$$m^D = m - p^{\text{EX}} \text{TS} \quad \{m^D\}$$

これで p^{EX}/p^u が固定される代わりに、貿易収支 TS が自由に変化するというモデルになる。先程説明したように、もしショックの結果 TS が増加する効果が生じたとすると、それは海外への所得移転が増加することと同じ効果になる。

第 8 節のシミュレーション例で、貿易収支を固定するモデルと可変にするモデルで効果がどう変わるかを確認する。

¹⁴ このモデルは価格の 0 次同次性が成り立つモデル、つまり、価格変数の絶対的な水準は意味がないモデルである。従って、価格を固定するときも実質の価格（相対価格）を固定する必要がある。ただし、どの価格を用いて実質化するか（どの価格をデフレータとして利用するか）には選択の余地がある。ここでは消費者物価をデフレータに使っている。

6.7.2 所得の一定シェアを海外に投資するモデル

「貿易収支を固定する」という設定が極端だということで、前節で「為替レートを固定して、貿易収支を可変にする」という設定を考えた。しかし、為替レートを固定することも極端であるし、さらに貿易収支が動くことは所得移転が変化する効果をもたらす、消費や厚生への影響を分析する上で問題があるということを見た。そこで両者の間をとるような設定もある。つまり、「貿易収支がある程度動くようにすると同時に為替レートも動くようなモデル」にする設定である。

このような設定を実現するやり方にはいろいろなアプローチが考えられるが、よく利用されるのが、「所得の一定シェアを海外に投資（貯蓄）する」という仮定を置くアプローチである。貿易収支の黒字は資本流出であり、それは結局所得の一部を海外に貯蓄するということである。その海外に対する貯蓄率を一定（ s^F と表す）と仮定すると、貿易収支の額は次のように表される。

$$p^{\text{EX}}\text{TS} = s^F m$$

この式が満たされるように為替レートが調整されるというのが、このアプローチである。具体的には次のようにモデルが修正されることになる。

$$\begin{aligned} \sum_i p_i^{\text{EW}} x_i^E - \sum_i p_i^{\text{MW}} x_i^M &= \text{TS} && \{p^{\text{EX}}\} \\ p^{\text{EX}}\text{TS} &= s^F m && \{\text{TS}\} \\ m^D &= (1 - s^F)m && \{m^D\} \end{aligned}$$

このようにすれば為替レートも変動するし、貿易収支も変動する。貿易収支が変動するので所得移転の効果は生じるが、海外への貯蓄率は一定という制約があるので、第 6.7.1 節のモデルほど極端に貿易収支は動かなくなる。ただし、このモデルでも貿易収支はそれなりに動くので、やはり厚生の分析をおこなう際には利用を避けた方がよいと考えられる。

また、このアプローチには一つ難点がある。日本のように貿易収支が黒字の国の場合はいいが¹⁵、赤字の国ではお金を借りるということになるので上の考え方そのままは使えないということである。赤字の国の場合は貯蓄率ではなく、借金率（支出のうち何割を海外からの借金でまかなうか）を想定するのがよいかもしれない。

7 基準データ

ここではシミュレーションに用いる基準データの説明をおこなう。表 2 がその基準データとして利用する SAM である。データは Part_12_SAM_example.xlsx というファイルに含まれている。

- 貿易が存在するときの SAM については既に第 7 章において、SAM3 と日本の産業連関表を基にした SAM によって説明した。SAM について詳しいことは第 7 章を見て欲しい。
- ここで利用する SAM は基本的には第 7 章の SAM3 と似ている。異なるのは次の 4 点である。
 - Part_7_SAM_Japan.xlsx の SAM のように、行・列の名前を二段階のインデックスを用いて表現している。
 - 政府支出と投資は存在しないと仮定している。

¹⁵ 東日本大震災後の日本では貿易収支が赤字に転換したが。

表 2: SAM

	Sector	Sector	Sector	Factor	Factor	DE	DE	DE	Goods	Goods	Goods	Other	Agent	Agent	Sum
	AGR	MAN	SER	LAB	CAP	AGR	MAN	SER	AGR	MAN	SER	UTL	HH	ROW	
Sector	AGR	0	0	0	0	0	130	0	0	0	0	0	0	0	130
Sector	MAN	0	0	0	0	0	390	0	0	0	0	0	0	0	390
Sector	SER	0	0	0	0	0	0	170	0	0	0	0	0	0	170
Factor	LAB	40	90	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	190
Factor	CAP	30	200	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	270
DE	AGR	0	0	0	0	0	0	0	120	0	0	0	0	10	130
DE	MAN	0	0	0	0	0	0	0	0	240	0	0	0	150	390
DE	SER	0	0	0	0	0	0	0	0	0	170	0	0	0	170
Goods	AGR	30	10	30	0	0	0	0	0	0	0	70	0	0	140
Goods	MAN	10	50	20	0	0	0	0	0	0	0	220	0	0	300
Goods	SER	20	40	20	0	0	0	0	0	0	0	90	0	0	170
Other	UTL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	380	0	380
Agent	HH	0	0	0	190	270	0	0	0	0	0	0	0	0	460
Agent	ROW	0	0	0	0	0	0	0	20	60	0	0	80	0	160
Sum		130	390	170	190	270	130	390	170	140	300	170	380	460	160

- 「DE」というインデックスを追加している。これは「生産された財を国内向けと輸出向けに配分する活動を表すためのインデックス」である。ここで利用するモデルでは「国内向けの財と輸出向けの財は不完全代替」と仮定しているため、そのためにこのインデックスが追加されている。
- 第10章で説明したように消費を生産活動と同様の扱いにしているため、家計と消費（効用生産）の行・列を分けて扱っている。
- 部門と財はともに3つで AGR、MAN、SER である。生産要素は資本（CAP）と労働（LAB）の二つである。
- Sector の列
 - Sector の列は各部門の中間財、生産要素の投入額を表している。
 - 例えば、AGR 部門は労働（LAB）を40、資本（CAP）を30、AGR、MAN、SERをそれぞれ30、10、20だけ投入しているということ。
- Factor の列
 - この列は生産要素がどこから供給されているかを表している。
 - 労働も資本も一つしか存在しない家計（HH）からそれぞれ190、270だけ供給されているということ。
- DE の列
 - この列は「国内向けと輸出向けに配分する活動」を表す列である。
 - 国内で生産された財がこの列に投入されることになる。
- Goods の列
 - この列がモデルにおける Armington 統合の部分を表している。つまり、各財がどれだけ輸入され、どれだけ国内から供給されているかを表している。

- 例えば、AGR 財は国内からは 120、輸入からは 20 提供されているということ。
- Other の列
 - これは「消費」という活動を表す列。各財がどれだけ消費に投入されているかを表している。
 - AGR 財、MAN 財、SER 財がそれぞれ消費に 70、220、90 だけ利用されている。
- Agent の列
 - まずここでは国内の経済主体として「家計」のみを考えている。「政府」は考えない。
 - 海外を表す経済主体として「ROW」が追加されている。
 - HH の列は家計が何を購入しているか、何に支出しているかを表現している。「効用」という財を 380 購入し、海外に 80 支出している。海外への 80 の支出は「資本流出（海外への投資）」の額を示しており、これが貿易収支の黒字額に等しくなっている。
- Sector の行
 - Sector の行は各部門が何をどれだけ供給しているかを表している。
 - この SAM では各部門はそれぞれ 1 種類の財を供給している。生産した財は一度全て DE の列に供給される形になる。
- Factor の行
 - この行は生産要素がどの部門に供給されているかを表している。生産要素は 3 つの生産部門に供給されている。
- DE の行
 - 国内で生産された財のうちどれだけが国内に供給され、どれだけが輸出されるかを表す行である。
 - 輸出は「ROW」という Agent への供給となる。
 - 例えば、国内で生産された 130 の AGR のうち 120 が国内に供給され、10 が輸出されている。
- Goods の行
 - この行は Armington 財が国内のどの用途にどれだけ供給されているかを表している。投資や政府を考えていないので、供給先は民間消費、中間投入である。
 - 例えば、総額で 140 の AGR の Armington 財のうち、AGR、MAN、SER への中間投入として 30、10、30 が使われ、消費に 70 が使われている。
- Other の行
 - 生産された「効用」という財が誰に提供されているかを表す。効用を購入するのは家計（HH）である。
- Agent の行
 - HH の行は家計の生産要素を供給を表している。
 - ROW の行は海外の（国内への）輸出と資本の流出を表している。

8 プログラム例

第5節のモデルをプログラムにしたものが `one_region.gms` である。以下、このプログラムを解説していく。自分でもプログラムを打ち込みながら進めるのが望ましい。なお、この `one_region.gms` を実行するにはまず `data_create.gms` を実行して、`Part_12_SAM_example.gdx` というデータのファイルを作成しておく必要がある。プログラムの多くの部分はこれまでに説明したプログラムと同じであるので、ここでは異なる点を中心に説明する。

8.1 プログラムの説明

```

$ontext
貿易収支と為替レートに関する扱いの設定。
$offtext
parameter
  fl_fts      "貿易収支固定（為替レート可変）→これがデフォルト"
  fl_fex      "為替レート固定（貿易収支可変）"
  fl_alt      "海外への貯蓄率一定"
;
fl_fts = 1;
fl_fex = 0;
fl_alt = 0;

```

最初のこのコードは貿易収支、為替レートに関する設定を変更するためのパラメータの宣言である。説明の通り3タイプ考えている。

- 「貿易収支固定（為替レート可変）」→これが第5.4節のモデル。
- 「為替レート固定（貿易収支可変）」→これは第6.7.1節のモデル。
- 「海外への貯蓄率一定」→これは第6.7.2節のモデル。

これらのパラメータの値を変更することで設定を変更できる。とりあえずは「貿易収支固定（為替レート可変）」を選択しておく（`fl_fts = 1` に設定する）。

```

* -----
* 代替の弾力性パラメータ
parameter
  sig_dm(i)  Armington 弾力性
  eta_de(i)  国内供給と輸出供給の間の変形の弾力性
;
* どちらも4にしておく。
sig_dm(i) = 4;
eta_de(i) = 4;
display sig_dm, eta_de;

```

これまで利用してきたパラメータに加え、Armington 弾力性を表すパラメータ (`sig_dm`)、さらに変形の弾力性を表すパラメータ (`eta_de`) が追加される。どちらもとりあえず4という数値を

仮定している。

```
parameter
  p_ew0(i)    輸出財の世界価格
  p_mw0(i)    輸入財の世界価格
;
*           全て 1 と置く。
p_ew0(i) = 1;
p_mw0(i) = 1;
display p_ew0, p_mw0;
```

ここでは世界価格を宣言・定義している。世界価格は外生的に設定するものであるので、変数ではなく、パラメータとして宣言しておく。後に、内生変数である価格について Harberger conversion に従い、その基準年の値を 1 と置く。そのためこの世界価格についても 1 を設定しておく。

```
parameter
  srate_f      海外への貯蓄率
;
srate_f = ts0 / sum(f, SAM("Agent","hh","Factor",f));
display srate_f;
```

これは海外への貯蓄率の設定である。これは第 6.7.2 節のモデルを利用するときを使う。

```
parameter
  alpha_x(j,i)  生産関数のウェイトパラメータ
  alpha_v(i)    生産関数のウェイトパラメータ
  beta_v(f,i)   生産関数のウェイトパラメータ
  gamma(i)      効用関数のウェイトパラメータ
  alpha_ad(i)   Armington 統合関数内のウェイトパラメータ
  alpha_am(i)   Armington 統合関数内のウェイトパラメータ
  delta_es(i)   CET 関数内のウェイトパラメータ
  delta_ds(i)   CET 関数内のウェイトパラメータ
;

```

これは生産関数や効用関数のウェイトパラメータである。Armington 統合関数や CET 関数内のウェイトパラメータも追加されている。これらのパラメータはカリブレートする。カリブレーションについては第 8 章を読んで欲しい。

```
parameter
  rt_m(i)      関税率
  rt_m0(i)     関税率 (初期値)
;
*           税率の初期値はゼロとする。
rt_m0(i) = 0;

rt_m(i) = rt_m0(i);
```

税として関税も追加する。ただし、基準年の税率は 0 である。

```

*      Armington 統合の単位費用
e_c_a(i) .. c_a(i) =e=
      ((alpha_ad(i)**(sig_dm(i)) * (p_d(i))**(1-sig_dm(i)))$a_ad0(i)
       + (alpha_am(i)**(sig_dm(i)) * ((1+rt_m(i))*p_m(i))**(1-sig_dm(i)))$a_am0(i)
       )**1/(1-sig_dm(i)));

*      生産の単位収入
e_r_y(i) .. r_y(i) =e=
      ((delta_es(i)**(-eta_de(i)) * (p_e(i))**(1+eta_de(i)))$a_es0(i)
       + (delta_ds(i)**(-eta_de(i)) * (p_d(i))**(1+eta_de(i)))$a_ds0(i)
       )**1/(1+eta_de(i)));

```

ここで Armington 統合の単位費用と生産の単位収入を定義している。どちらも第 5.4 節で説明した通りの定義である。注意点は、財によって、輸入や輸出がない場合があるということである。このため a_am0(i) や a_es0(i) などのパラメータで条件を付けて定義している。

```

*      外貨の市場均衡（貿易収支）
e_p_ex .. (ts - ts0)$fl_fts + (p_ex / p_u - 1)$fl_fex
      + (p_ex * ts - srate_f * m)$fl_alt
      =e= 0;

```

ここで貿易収支の式を記述しているが、貿易収支に関する設定により変わってくる。通常の設定では fl_fts = 1 となり、ts - ts0 =e= 0 がこの式になる。

```

e_m_d .. m_d =e= m - p_ex * (ts0$fl_fts + ts$fl_fex + ts$fl_alt);

```

国内に支出される所得の定義式であるが、ここについても貿易収支に関する設定により変わってくる。

```

*      -----
*      ニュメレールの指定
p_d.fx("agr") = 1;

```

ニュメレールには国内向けの AGR 財をとっている。もちろん他の財でもよい。

8.2 シミュレーションのシナリオの説明

プログラムでは最初に benchmark replication をおこなって、その後に例として 3 つのシミュレーションをおこなっている。

- bench : これは benchmark replication。
- cap_i : これは資本の賦存量が 20% 増加するシナリオ。

- `rt_c` : これは消費税が導入されるシナリオ。
 - MAN と SER の二つの財に 10 % の消費税が導入される。
- `rt_m` : これは関税が導入されるシナリオ。
 - AGR の輸入に 20 % の関税が導入される。AGR の輸入が減少し、国内生産が増加すると期待される。

8.3 基準ケースの結果

シミュレーション結果は表 3 の「貿易収支固定」というケースに掲載している。表の左半分が変数の水準を表し、右半分は基準年の値からの変化率を表している。`y_` が付いた変数は生産量、`c_` が付いた変数は消費量、`d_` が付いた変数は国内向けの供給量、`e_` が付いた変数は輸出量、`m_` が付いた変数は輸入量を表している。価格については全て消費者物価にあたる `p_u` でデフレートし実質化した値である。詳しくは `one_region.gms` を見て欲しい。

それでは主に変化率の方の結果を見ていこう。

シナリオ `cap_i`

- `cap_i` では資本賦存量が 20 % 減少する。これに伴ない効用水準は約 15% 低下している。3 つの財とも国内生産量は減少するが、特に MAN、SER の生産が大きく減少する。消費も輸入も減少する。しかし、AGR の輸出だけは増加する。これは為替レートが円安に動くためである。
- 貿易収支は基準年の値で固定されているという設定であるので、`ts` は変化しない。そして、`ts` が変化しないように為替レートが変化する結果、`p_ex` は上昇している。つまり、円安に動いている。資本の賦存量の減少によって MAN の生産、そして輸出が大きく減少する。そのままでは貿易黒字が減少することになる。これを基の値に維持するために為替レートが円安に動くのである。
- 価格は財によって上昇するか下落するかが異なる。大きく生産が減少した MAN の価格は上昇している。

シナリオ `rt_c`

- 次に消費税を導入するシナリオ `rt_c` の結果を見てみよう。消費税の導入により効用はわずかながら低下している。これは税が歪みをもたらすものであることから当然の結果である。
- MAN と SER に消費税が導入される結果、MAN と SER の消費量が減少し、その結果、生産量、輸入量も減少している。
- 価格はほとんど低下しているが、これは消費税を含まない価格を消費者物価でデフレートしているためである。以下のような消費税を含んだ消費者にとっての価格で考えれば上昇している。

$$\frac{(1 + t_{\text{MAN}}^C)p_{\text{MAN}}^A}{p^u} \quad \frac{(1 + t_{\text{SER}}^C)p_{\text{SER}}^A}{p^u}$$

シナリオ rt_m

- 関税の導入により効用はわずかであるが低下している。これも関税が歪みをもたらすものであることから当然の結果である¹⁶。
- AGR に関税が導入される結果、AGR の輸入が大きく減少し、逆に国内生産は増加する。関税が国内生産の保護の効果を持つことが確認できる。
- 関税の導入の結果、AGR の消費者価格 p_a_agr は上昇している。

その他

- MAN と AGR はともに輸出も輸入もされている。これらの財については (14)、(15) 式の関係より、輸出価格、輸入価格が為替レートと全く同じ動きをすることになる。実際、同じ変化率になっていることを確認して欲しい。

表 3: シミュレーション結果

	変数の水準							変数の変化率 (%)						
	貿易収支固定				為替レート固定			貿易収支固定				為替レート固定		
	bench	cap i	rt c	rt m	cap i fex	rt c fex	rt m fex	cap i	rt c	rt m	cap i fex	rt c fex	rt m fex	
u	380.0	321.0	379.9	379.2	357.8	294.2	363.1	-15.54	-0.01	-0.20	-5.84	-22.59	-4.44	
y_agr	130.0	124.9	131.2	141.0	129.0	119.0	138.4	-3.90	0.91	8.46	-0.77	-8.48	6.48	
y_man	390.0	332.5	389.3	381.1	323.0	415.7	386.3	-14.74	-0.17	-2.29	-17.18	6.60	-0.94	
y_ser	170.0	148.3	169.8	170.6	157.7	147.9	166.4	-12.79	-0.14	0.32	-7.21	-12.98	-2.10	
c_agr	70.0	59.7	71.1	69.5	66.5	55.0	66.6	-14.74	1.56	-0.66	-4.96	-21.48	-4.88	
c_man	220.0	184.5	219.2	219.9	205.7	169.8	210.6	-16.14	-0.35	-0.04	-6.50	-22.81	-4.29	
c_ser	90.0	76.8	89.7	89.8	85.6	69.4	86.0	-14.62	-0.36	-0.23	-4.84	-22.89	-4.46	
d_agr	120.0	111.0	121.1	130.9	116.9	106.5	127.9	-7.48	0.92	9.09	-2.61	-11.22	6.57	
d_man	112.0	98.9	113.1	112.4	102.1	102.3	110.8	-11.69	0.96	0.37	-8.86	-8.67	-1.04	
d_ser	140.0	123.3	141.3	141.6	132.5	119.2	137.5	-11.94	0.93	1.15	-5.36	-14.87	-1.80	
e_agr	10.0	13.7	10.1	10.1	12.1	12.3	10.5	36.87	0.81	0.75	20.73	23.05	5.39	
e_man	150.0	129.0	149.9	143.1	110.8	199.2	152.2	-14.00	-0.07	-4.59	-26.13	32.77	1.45	
m_agr	20.0	12.5	20.2	11.4	15.7	12.8	10.4	-37.46	1.02	-43.03	-21.44	-35.95	-48.03	
m_man	60.0	50.2	59.8	61.8	63.3	36.1	56.3	-16.37	-0.39	3.00	5.54	-39.81	-6.20	
ts	80.0	80.0	80.0	80.0	43.8	162.5	96.0	0.00	0.00	0.00	-45.19	103.18	20.05	
p_d_m	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	3.94	-7.52	-1.56	0.00	0.00	0.00	
p_ex	1.00	1.04	0.92	0.98	1.00	1.00	1.00	-5.75	-7.50	0.42	-5.23	-7.84	0.28	
p_d_agr	1.00	0.94	0.93	1.00	0.95	0.92	1.00	3.58	-7.56	-0.61	4.56	-9.42	-0.98	
p_d_man	1.00	1.04	0.92	0.99	1.05	0.91	0.99	-5.28	-7.50	0.15	-5.14	-7.33	0.09	
p_d_ser	1.00	0.95	0.93	1.00	0.95	0.93	1.00	3.94	-7.52	-1.56	0.00	0.00	0.00	
p_e_agr	1.00	1.04	0.92	0.98	1.00	1.00	1.00	3.94	-7.52	-1.56	0.00	0.00	0.00	
p_e_man	1.00	1.04	0.92	0.98	1.00	1.00	1.00	3.94	-7.52	-1.56	0.00	0.00	0.00	
p_m_agr	1.00	1.04	0.92	0.98	1.00	1.00	1.00	3.94	-7.52	-1.56	0.00	0.00	0.00	
p_m_man	1.00	1.04	0.92	0.98	1.00	1.00	1.00	3.94	-7.52	-1.56	0.00	0.00	0.00	
p_a_agr	1.00	0.95	0.92	1.02	0.95	0.93	1.02	-4.58	-7.50	2.34	-4.55	-6.86	2.35	
p_a_man	1.00	1.04	0.92	0.99	1.04	0.92	0.99	3.65	-7.55	-0.80	3.58	-7.81	-0.78	
p_a_ser	1.00	0.95	0.93	1.00	0.95	0.93	1.00	-5.28	-7.50	0.15	-5.14	-7.33	0.09	
r_y_agr	1.00	0.95	0.92	1.00	0.95	0.93	1.00	-4.86	-7.50	0.28	-4.78	-7.13	0.26	
r_y_man	1.00	1.04	0.92	0.99	1.03	0.95	0.99	3.72	-7.54	-0.97	2.90	-5.34	-0.60	
r_y_ser	1.00	0.95	0.93	1.00	0.95	0.93	1.00	-5.28	-7.50	0.15	-5.14	-7.33	0.09	

¹⁶ 大国モデルであれば関税の導入で交易条件が改善するという効果が生じるが、小国モデルであるのでそのような効果はない。よって、基本的に関税は効率性を悪化させるだけである。

8.4 為替レートを固定する設定

`one_region.gms` をそのまま実行すると前節のシミュレーションとなるが、途中にある `$exit` 命令を除去すると、同じシナリオを「為替レートを固定する設定」で解くシミュレーションになる。この設定で同じシナリオを解いたものが表 3 の「為替レート固定」の結果である。`_fex` が付いているのが「為替レート固定」に対応している。

為替レートを固定（し、代わりに貿易収支が自由に動くように）すると結果がどう変化するか確認してみよう。

シナリオ `cap_i_fex`

- 基準年には 80 という値であった貿易収支は `cap_i_fex` では 43.8 に減少している。資本の減少は、資本集約的である MAN の生産、そして輸出を大きく減少させるので、このような結果になる。
- 貿易収支固定のケースでは、このとき為替レートが円安に調整されたが、今回はそれが起こらないため、そのまま貿易収支黒字が減少している。
- 貿易収支固定のケースと大きく違うのは、消費、及び効用への影響である。貿易収支固定ではどの財の消費も大きく減少し、その結果、効用も大きく低下していた。しかし、今回は消費の減少率はかなり小さくなり、その結果効用の減少率も 15% の減少が、5.8% の減少に大幅に縮小している。
- このような結果が生じる理由は、第 6.7.1 節で説明した「所得移転の効果」が生じるためである。今回、貿易収支黒字が大幅に減少した。これは「海外への所得移転の減少」と同じ効果を持つ。このため生産の減少に比較し、消費、効用の減少幅が大きく縮小するのである。

シナリオ `rt_c_fex`

- `rt_c_fex` では `cap_i_fex` とは逆に貿易収支黒字が拡大している。このため貿易収支一定のケースと比較し、効用の減少率が大きく拡大している（0.01%の減少であったのが、23%の減少に！）。

シナリオ `rt_m_fex`

- `rt_m_fex` でも貿易収支黒字が拡大していることから、効用の減少率が拡大している（`rt_c_fex` のケースほどではないが）。

まとめ

第 6.7.1 節で説明したように、「為替レート固定、貿易収支可変」という設定では、ショックに対し「所得移転の効果」が生じてしまうため、消費や厚生（効用）に対する影響を分析することが問題がある。本節のシミュレーション例で、その所得移転の効果が非常に強く働く場合があり、その結果、貿易収支固定とは定量的に見て全く異なる結果が生じるケースがあることがわかった。

8.5 国内向け供給と輸出向け供給が完全代替のケース

基準となるケースでは「国内向け供給と輸出向け供給が不完全代替」と仮定し、CET関数を通じて国内向け供給と輸出向け供給を配分してきた。このようにしたのは、第6.6節で説明したように「国内向け供給と輸出向け供給が完全代替」と仮定するといくつかの問題が生じるからである。以下で、「国内向け供給と輸出向け供給が完全代替」という設定でシミュレーションをしたらどのような結果が出るかを確認してみよう。

完全代替ということは輸出向けも国内向けも同じ価格 p_i が成立することになるので、

$$r_i^y = p_i^D = p_i^E = p_i$$

とし、市場均衡も輸出向け、国内向けを区別せずに

$$y_i = a_i^{AD} q_i^A + x_i^E$$

という形、つまり「生産量＝国内需要量＋輸出量」となるということである。

このモデルを記述したものが `one_region_cet.gms` というプログラムである。このプログラムにおいて `fl_cet = 0` とすると「国内向け供給と輸出向け供給が完全代替」になる。これで第8.2節のシナリオを解いた結果が表4である。

表4: シミュレーション結果

	変数の水準								変数の変化率(%)											
	CET関数利用				CET関数利用せず				CET関数利用				CET関数利用せず							
	bench	cap_i	rt_c	rt_m	cap_i	ncet	rt_c	ncet	rt_m	ncet	cap_i	rt_c	rt_m	cap_i	ncet	rt_c	ncet	rt_m	ncet	
u	380.0	321.0	379.9	379.2	326.0	379.9	379.2				-15.54	-0.01	-0.20	-14.21	-0.01	-0.21				
y_agr	130.0	124.9	131.2	141.0	261.5	130.4	129.2				-3.90	0.91	8.46	101.16	0.28	-0.60				
y_man	390.0	332.5	389.3	381.1	230.2	390.0	390.4				-14.74	-0.17	-2.29	-40.98	-0.01	0.10				
y_ser	170.0	148.3	169.8	170.6	159.9	169.7	169.7				-12.79	-0.14	0.32	-5.97	-0.18	-0.17				
c_agr	70.0	59.7	71.1	69.5	60.1	71.1	69.6				-14.74	1.56	-0.66	-14.21	1.56	-0.61				
c_man	220.0	184.5	219.2	219.9	188.7	219.2	219.8				-16.14	-0.35	-0.04	-14.21	-0.35	-0.09				
c_ser	90.0	76.8	89.7	89.8	77.2	89.7	89.8				-14.62	-0.36	-0.23	-14.21	-0.35	-0.17				
d_agr	120.0	111.0	121.1	130.9	132.4	121.0	129.2				-7.48	0.92	9.09	10.37	0.80	7.68				
d_man	112.0	98.9	113.1	112.4	123.6	112.9	111.2				-11.69	0.96	0.37	10.37	0.80	-0.68				
d_ser	140.0	123.3	141.3	141.6	154.5	141.1	139.0				-11.94	0.93	1.15	10.37	0.80	-0.68				
e_agr	10.0	13.7	10.1	10.1	129.1	9.4	0.0				36.87	0.81	0.75	1190.64	-6.01	-100.00				
e_man	150.0	129.0	149.9	143.1	24.4	150.6	150.6				-14.00	-0.07	-4.59	-83.70	0.40	0.38				
m_agr	20.0	12.5	20.2	11.4	22.1	20.2	10.6				-37.46	1.02	-43.03	10.37	0.80	-46.91				
m_man	60.0	50.2	59.8	61.8	51.4	59.8	60.0				-16.37	-0.39	3.00	-14.28	-0.26	-0.08				
ts	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0	80.0				3.94	-7.52	-1.56	0.00	-7.53	-0.57				
p_d_m	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00				p_d_agr	-5.75	-7.50	0.42	0.00	-7.53	-0.02			
p_ex	1.00	1.04	0.92	0.98	1.00	0.92	0.99				p_d_man	3.58	-7.56	-0.61	0.00	-7.53	-0.57			
p_d_agr	1.00	0.94	0.93	1.00	1.00	0.92	1.00				p_d_ser	-5.28	-7.50	0.15	0.00	-7.53	-0.18			
p_d_man	1.00	1.04	0.92	0.99	1.00	0.92	0.99				p_e_agr	3.94	-7.52	-1.56	0.00	-7.53	-0.02			
p_d_ser	1.00	0.95	0.93	1.00	1.00	0.92	1.00				p_e_man	3.94	-7.52	-1.56	0.00	-7.53	-0.57			
p_e_agr	1.00	1.04	0.92	0.98	1.00	0.92	1.00				p_m_agr	3.94	-7.52	-1.56	0.00	-7.53	-0.57			
p_e_man	1.00	1.04	0.92	0.98	1.00	0.92	0.99				p_m_man	3.94	-7.52	-1.56	0.00	-7.53	-0.57			
p_m_agr	1.00	1.04	0.92	0.98	1.00	0.92	0.99				p_a_agr	-4.58	-7.50	2.34	0.00	-7.53	2.03			
p_m_man	1.00	1.04	0.92	0.98	1.00	0.92	0.99				p_a_man	3.65	-7.55	-0.80	0.00	-7.53	-0.57			
p_a_agr	1.00	0.95	0.92	1.02	1.00	0.92	1.02				p_a_ser	-5.28	-7.50	0.15	0.00	-7.53	-0.18			
p_a_man	1.00	1.04	0.92	0.99	1.00	0.92	0.99				r_y_agr	-4.86	-7.50	0.28	0.00	-7.53	-0.02			
p_a_ser	1.00	0.95	0.93	1.00	1.00	0.92	1.00				r_y_man	3.72	-7.54	-0.97	0.00	-7.53	-0.57			
r_y_agr	1.00	0.95	0.92	1.00	1.00	0.92	1.00				r_y_ser	-5.28	-7.50	0.15	0.00	-7.53	-0.18			
r_y_man	1.00	1.04	0.92	0.99	1.00	0.92	0.99													
r_y_ser	1.00	0.95	0.93	1.00	1.00	0.92	1.00													

「CET 関数利用」はこれまでのケースと全く同じである。以下、「CET 関数利用せず」、つまり「国内向け供給と輸出向け供給が完全代替」という設定で結果がどう変わるか確認しよう。

シナリオ cap_i_ncet

- cap_i_ncet でも cap_i と消費や効用水準はそれほど変わらない。
- しかし、生産、輸出、輸入への効果が大きく変わる。
- cap_i では AGR、MAN の生産はそれぞれ 3.9% の減少、14.7% の減少であったが、cap_i_ncet では AGR の生産が 101% も増加し、逆に MAN の生産が 40% も減少している。符号が逆転しているし、変化率の大きさも大幅に拡大している。
- AGR の輸出については、1190% の増加と非常に大きく変化する。
- CET 関数を使わないと、生産、輸出入が極端に変化するということがわかる。
- さらにおかしいのが価格が全く変化しないということである。元々、完全代替を仮定すると多くの価格が同じ動きをすることになることは説明した。このケースでは（税金の導入等と異なり）財の相対価格を直接変化させるような効果が生じないため、ニューメールとして $p_{AGR}^D = 1$ の影響で、他の価格も全く変化しないという結果になっている。
- 資本の賦存量が大幅に変化したにもかかわらず、価格が全く変化しないという明かにおかしい結果が生じていることになる。

シナリオ rt_c_ncet

- rt_c_ncet は rt_c とそれほど大きい違いはでない。ただ、それでも AGR の輸出や輸入の動き方が逆にはなっている。
- それに加え、全ての財の価格が全く同じように動いている。やはり結果として非常に非現実的な状況が生じている。

シナリオ rt_m_ncet

- rt_m_ncet についても一部であるが、非常に極端な変化を見せている変数がある。例えば、AGR の輸出は 100% の減少、つまり全くなってしまっている。
- それに AGR に関税を導入しているにもかかわらず、AGR の輸入が減少するという非常におかしな結果になっている。
- このケースでは多くの価格が異なる動きを見せているが、これは AGR の輸出がなくなることによって価格の間のリンクがなくなるためである。AGR の輸出がなくなってしまうという特殊な状況が生じることで成り立つ結果にすぎない。輸出がなくなる MAN についてはやはり同じ動きをしているままである。

まとめ

- 以上の結果が示すように、「国内向け供給と輸出向け供給が完全代替」と設定することで、1) 多くの価格が同じ動き方をするようになってしまう、2) 一部の変数が極端で非現実的な変化を見せるようになってしまうという問題が生じる。
- このような問題を避けるために、小国モデルで CET 関数による配分が仮定されている。

8.6 その他

- 第 6.7.2 節で紹介した「所得の一定率を海外に投資するというモデル」は `one_region_alt.gms` に記述されている。「貿易収支固定」のケース、「為替レート固定」のケースのちょうど間の結果が生じることを確認して欲しい。ただ、このモデルでもやはり貿易収支がそれなりに変化する（つまり、「所得移転」の効果がそれなりに強く働く）ので、消費や厚生への影響を見るには利用しない方がよいかもしれない。
- また、交易条件を変化させるシミュレーションを `one_region_tot.gms` でおこなっている。交易条件を変化させるには世界価格 p_i^{EW} 、 p_i^{MW} を変化させればよい。交易条件の改善（悪化）が厚生（効用）をどのように変化させるか確認して欲しい。

9 大国モデル（追加予定）

参考文献

- Armington, Paul S. (1969) “A Theory of Demand for Products Distinguished by Place of Production,” URL: <http://www.jstor.org/pss/3866403>.
- Burniaux, Jean-Marc, Jean Château, and Jean Chateau (2008) “An Overview of the OECD ENV-Linkages Model,” DOI: <http://dx.doi.org/10.1787/230123880460>.
- Hertel, Thomas W. ed. (1999) *Global Trade Analysis: Modeling and Applications*, New York: Cambridge University Press, URL: <http://econpapers.repec.org/RePEc:cup:cbooks:9780521643740>.
- Paltsev, Sergey V., John M. Reilly, Henry D. Jacoby, Richard S. Eckaus, James R. Mcfarland, Marcus Sarofim, Malcolm Asadoorian, and Mustafa H. Babiker (2005) “The MIT Emissions Prediction and Policy Analysis (EPPA) Model: Version 4,” URL: <http://hdl.handle.net/1721.1/29790>.
- Takeda, Shiro (2010) “A computable general equilibrium analysis of the welfare effects of trade liberalization under different market structures,” *International Review of Applied Economics*, Vol. 24, No. 1, pp. 75–93, January, DOI: <http://dx.doi.org/10.1080/02692170903424307>.
- , Toshi H. Arimura, and Makoto Sugino (2011) “Labor Market Distortions and Welfare-Reducing International Emissions Trading,” URL: http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1886200.

——, Tetsuya Horie, and Toshi H. Arimura (2012) “A Computable General Equilibrium Analysis of Border Adjustments under the Cap-And-Trade System: A Case Study of the Japanese Economy,” *Climate Change Economics*, Vol. 03, No. 01, p. 1250003, February, DOI: <http://dx.doi.org/10.1142/S2010007812500030>.

——, Toshi H. Arimura, Hanae Tamechika, Carolyn Fischer, and Alan K. Fox (2013) “Output-based allocation of emissions permits for mitigating the leakage and competitiveness issues for the Japanese economy,” *Environmental Economics and Policy Studies*, Vol. 16, No. 1, pp. 89–110, August, DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10018-013-0072-8>.

武田史郎 (2007) 「貿易政策を対象とした応用一般均衡分析」,, URL : <http://www.rieti.go.jp/jp/publications/summary/07030019.html>.

細江宣裕・我澤賢之・橋本日出男 (2004) 『テキストブック応用一般均衡モデリング：プログラムからシミュレーションまで』, 東京大学出版.

10 履歴

- 2018-07-20: 説明の追加・修正。
- 2017-03-15: 説明の修正。
- 2016-03-30: 最初の原稿。
- 2016-04-12: 誤植を修正。