付録 A　GTAP モデルの構造

訳・解説　柴崎隆一

本稿は，Hertel, T.W.(etd.), Global Trade Analysis –Modeling and Applications, 1997[1)]の Chapter 2: Structure of GTAP (by Thomas W. Hertel and Marinos E. Tsigas)を，Hertel 教授の許可を得て，共著者の一人が，他の著者らと相談しながら翻訳したものである．訳出にあたっては，原文の文意を損ねないよう注意しながら，部分的に，日本語として意味が分かりやすくなるような変更・修正や，訳者による解説の付加を行った．さらに，GTAP モデルは，上書が出版された後も，地域家計の集計効用関数と民間家計の需要関数の整合性を図る（McDougall, 2002[2)]）など，いくつかの点において改良がなされており，これらの箇所についても，可能な範囲で，本文中に訳注を加えている（詳細については，Itakura and Hertel, 2001[3)]，Hertel, et al., 2001[4)]および McDougall, 2003[5)]を参照されたい）．また，本文中で他章の内容について言及している箇所についてもそのまま訳出したが，本章以外の内容については，原著[1)]を参照されたい．本稿中の変数については，**付録 B**（原著の”Glossary of GTAP notation”の訳）を参照されたい．なお，万一誤りや表現が不適切な箇所があった場合は，訳者が責任を負うべきものであるが，今後の改善のために，誤りや表現が不適切な箇所を発見された場合は，著者ら宛てにご指摘いただければ幸いである．

I Introduction and Overview（イントロダクションと全体構成）

本章の目的は，GTAP 国際貿易モデルに含まれる変数の定義・数式や世界観について述べることにある．基本モデルを記述したプログラム”GTAP94.TAB”が，インターネット上で入手可能である（詳細は，原著[1)]第 6 章を参照されたい）．このプログラムは，モデルの背景となる理論を完全に記述したものであり，GEMPACK ソフトウェア・パッケージ（Harrison and Pearson, 1994）を用いることによって実行ファイルに変換することができる．このファイルは，原著第 3 部で示される応用例の計算実行の際にも用いられるものである．

本章の構成は以下の通りである．はじめに，国際貿易分析プロジェクト(Global Trade Analysis Project)モデルの概要を述べる．次に，データベースとモデルを支える会計上の基本的な関係を定式化する．この定式化は，全世界的なデータベースを用いた，生産・販売から中間・最終需要までの総額ベースのフロー(value flow)[訳注 1]を追うものである．このフローについて定式化する際は，価格(price)や，あるいは，課税・補助金の体系などのように経済活動に様々なショックを与える存在に対して，深い注意を払う必要がある．その次に，これらの会計上の関係とモデルにおける均衡条件の関係について述べる．一般的な議論の方法としては，いくつかの方程式が省略され，かつ関連する変数を固定した「部分均衡」状態を仮定した場合に導き出される，結論や示唆と対比させることによって，その特徴を把握するというものである．さらに，本章では，これらの会計上の関係を，線形の方程式に表現しなおす．これにより，非線形均衡問題を，線形化と求解の繰り返し問題に変換することによって解を得るソフトウェアである，GEMPACK を用いて解くことが可能になる．

本章の IV 節では, モデルにおける経済活動を表現する数式の定式化について議論される. 生産, 消費, 世界の貯蓄, 投資について，順番に取り上げる．また，GTAP モデルにおけるマクロ経済的な閉じ方についての議論も行われる．最後に，本章の内容の理解を深めるために，簡単な数値実験例として，２国間の保護政策を考慮した３地域・３品目のモデルを取り上げる．

II Overview of the model（モデルの概要）

税金なし・閉鎖経済モデル

図 A-1 は，GTAP モデルにおける各主体の経済活動の概要を簡略化したものである**[原注 1]**. この図においては, 一地域のみの表現となっており, したがって, 貿易は存在しない. また，減価償却・税金・補助金も存在しない．図の一番上には「地域家計」(Regional Household)が描かれている．この家計による支出は，３つの部門，すなわち，民間家計(private household)，政府(government)，および貯蓄(savings)への支出で構成される集計的効用関数(aggregate utility

[訳注 1] value flow を名目ベースの金銭フロー，後出の quantity を実質ベースのフローと捉えると理解しやすい場合もある．

[原注 1] より詳細な図表を用いた GTAP モデルの説明については，Brockmeier (1996)を参照されたい．

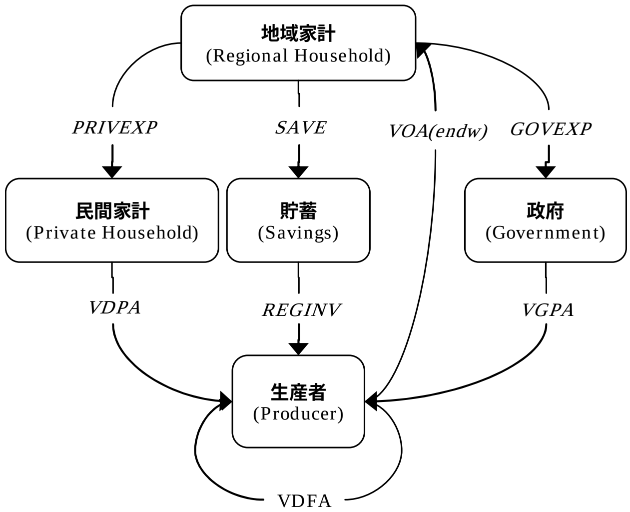

図 A-1 政府関与のない１地域閉鎖経済の構造

function)によって定められている[原注2]．モデルを構築する際には，これらの３種類の最終需要に対する支出割合の決定において，いくつかの考え方がある．標準的な手段としては，地域家計は，各部門への支出割合を一定とするCobb-Douglas 型の効用関数を持つと仮定するものであろう．しかしながら，実際の政府サービスの購入や貯蓄量については，外生的（すなわち，常に固定するか，もしくは何らかのショックが外生的に与えられるとするか）に与えられると考えることもできるだろう．この場合は，民間家計の消費は，地域家計の予算制約を満たすという条件下で最適化されるものと捉えることができる．

地域の支出におけるこのような定式化は，いくつかの優れた長所と同時に，欠点も持っている．最大の欠点は，おそらく政府の支出と税収がリンクされていない点にある．GTAP モデルにおいては，減税は必ずしも政府支出の削減を意味しない．つまり，ある程度の減税は，各家計における過度の負担の削減につながり，地域の実質収入が増加するとともに, 政府への実質支出をも増加させることもある．この財政上の不統一は，GTAP データが，各地域の財政に関する情報をすべて網羅できていないことに起因するものである．そのため，本モデルを用いて，税収総額に関する何らかの予測を正確に行うことを難しくさせ，また，政府支出の効果に着目したいモデルユーザーは，どんな場合でも何らかの外生的な仮定をおく必要に迫られるのである．

地域家計に関し，**図 A-1** に示されたように定式化することの最大のメリットは，社会厚生に関する指標が，地域家計の効用関数（集計的効用関数）によって明確に定義されることにあろう．あるシミュレーションによって，貯蓄や政府が購入する合成財の相対価格が下がり，民間家計が購入する合成財の相対価格が上昇したとしよう．もし民間家計の実質購入が減少し，貯蓄と政府消費が増加した場合，地域家計にとってこれは望ましいことだろうか？　もし集計的効用関数がなかったら，このような疑問に答えることができないのである．

社会厚生の計測に関するこのような問題に対する別のアプローチとして，実質貯蓄と政府購入のレベルを固定し，民間家計による消費量を，そのまま社会厚生の指標として用いる，という方法もある．しかしながら，なかには，民間消費が最終需要の 50%強程度しか占めないような地域もみられる．地域経済の最終需要を民間消費ですべて代表させるようなやり方は, やや極端であるといわざるを得ない. Cobb-Douglas 型による地域支出関数（集計的効用関数）を定義し，固定された支出割合を仮定するという方法は，経験的にも受け入れられやすいものと考えられる. すなわち, 収入の増加は，民間消費の増加とともに，貯蓄や政府支出の増加ももたらすと考えるのである．

図 A-1 においては税金を考慮していないため，地域家計にとっての唯一の収入源は，生産要素（労働，資本など）を企業に「販売」することとなる．この収入の流れは，*VOA*(*endw*) = *Value of Output at Agents' prices*：*当事者（ここでは，地域家計を意味する）価格で表示された生産要素の産出総額*で表される（GTAP における変数の定義については，**付録 B** に収録されているので参照されたい）. 企業は，これらの生産要素と，中間財 *VDFA* = *Value of Domestic purchases by Firms at Agents' prices*：*当事者（ここでは，生産者を意味する）価格で表示された企業の国内需要総額*を投入することによって，最終需要向けの財を生産する．そして企業は，生産された財を，民間家計および政府家計へそれぞれ *VDPA*（= *Value of Domestic purchases by Private households at Agents' prices*：*当事者価格で表示された民間家計の国内購入総額*），*VDGA* （= *Value of Domestic purchases by Government household at Agents' prices*：*当事者価格で表示された政府家計の国内購入総額*）だけ販売し，地域家計の貯蓄需要を満たすために，投資財 *REGINV* を販売する．これで，税金なしの閉鎖経済における，収入・支出・生産の循環が完全に記述されたことになる．

税金なし・開放経済モデル

図A-2（本図も Brockmeier, 1996 から引用したものである）に示すのは，他地域（ここでは ROW = *Rest of the World* とする）との国際貿易を考慮したものであり，ここでは図の

[原注2] ここで，このような時間の経過を考慮しない効用関数に貯蓄を含めるという考え方は，Howe, 1975 に従うものである．詳細は後ほど議論する．

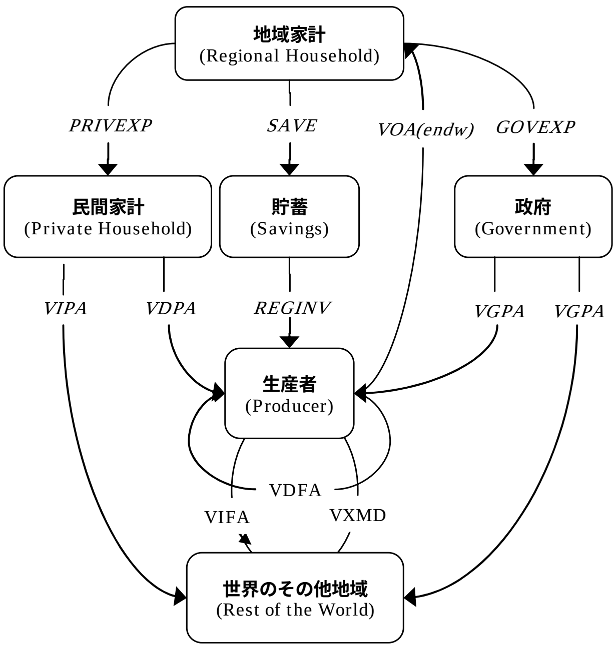

図 A-2 政府関与のない多地域開放経済の構造

最下段に追加されている．この ROW 地域は，本モデルで対象とする国の国内経済と同じ構造をもっているものとするが，本図においてはその詳細は省略されている．この ROW 地域は，当該地域経済の輸入元であり，同時に輸出先（このとき当該経済の企業が受け取る金額を，*VXMD* = *Value of eXports at Market prices by Destination*：*輸出国の市場価格で表示された相手国別の輸出総額*, とする）でもある．輸入については，国内経済のどの部門が購入したかを特定することが重要であり，ROW への民間家計からの支払い *VIPA*, 政府家計からの支払い *VIGA*, および企業からの支払い *VIFA* に分けられる．このように，輸入製品の購入を部門ごとに分割したのは, Jomini et al. 1991 の SALTER モデルに従ったものであり，他の国際貿易モデルの多くにはみられない特徴となっている．このことは，同じ品目でも利用形態によって輸入集約度が大きく異なるような地域の貿易政策の分析を行う際には，特に重要となる．

閉鎖経済から開放経済への変更に伴い，さらにあと２つの国際セクターの導入が必要となる．ひとつは，**図 A-2** の中央にも示されている，世界貯蓄と地域への投資の間に位置する，国際銀行セクター(*global bank*)である．詳細は後ほど議論するが，このセクターは，当該地域に対する投資財のポートフォリオを作成し，地域家計の貯蓄需要を満たすために，これを販売するものである．

２つめの世界的セクターは，**図 A-2** には示されていないが，国際貿易取引および輸送活動を担う部門である．このセクターは，輸出品と輸送サービス，保険サービスを組み合わせて各地域間の商品貿易に供する合成財を生産するものである．このセクターのサービス価格は，世界の *fob* ベースの全輸出総額と *cif* ベースで評価された全輸入総額の差額として，厳密に定義される．

III Accounting relationships in the “levels”（総額ベースでみた会計上の関係式）

地域市場における販売額の分配

データベースおよびモデルにおける，会計上の基本的な関係式は，フローチャートの形で示したほうが理解しやすいだろう．たとえば，**表 A-1** は，国際経済データベースにおける各部門の収入源が記載されている．（このデータとモデルにおいて，すべての部門は単一の製品を生産するとしている．そのため，生産部門と製品には一対一の関係が成立している．）表の最初には，*VOA*(*i, r*) = *Value of Output at Agents' prices*：*当事者価格で表示された生産総額*が示されている．（ここで, 変数の一般的なつけ方を説明すると，総額・価格・数量の別(Value/ Price/ Quantity)／取引の種類(type of transaction)／価格の種類(type of price)の順である．**付録 B** に，モデルで用いられている全変数のリストとその説明が収録されている．）*VOA*(*i, r*)は，地域 *r* における産業 *i* の企業が受け取る代金を表している．あとでみるように，純利益がゼロとの仮定を行うため，この金額はコストと厳密に一致することになる．*VOA* の右側に記された *PS*(*i, r*) と *QO*(*i, r*)は，*VOA* を構成する価格と数量の指標を表している．これらについては，後ほど詳細に議論する．

この *VOA* に，*PTAX*(*i, r*)で表される生産者税（法人税）や補助金の控除を加えたものが，*VOM*(*i, r*) = *Value of Output at Market Prices*：*市場価格で表示された生産総額*となる．これは，*VDM*(*i, r*) =*Value of Domestic Sales at Market prices*：*市場価格で表示された国内販売総額*と，*VXMD*(*i, r, s*) =*Value of eXports of i from r evaluated at domestic Market prices (in r), and Destined for s*：*地域 r の国内市場価格で表示された r から s への輸出総額を*，すべての輸出相手国に対して足し合わせたものとの合計となる．これに加えて，*VST*(*i, r*)で表される，*国際輸送部門の売上*を考慮しなければならない．この販売額は，国際輸送のマージンをカバーするように設定され，市場価格で評価され，かつ越境税などのどんな税金もかからないものとする．同様に，国内の販売は国境を越えないので，そのような税金はかからない[訳注2]．

[訳注2] GTAP モデルにおいては, 一国内が複数の地域に分割されることがないため，国内販売における輸送費はゼロとみなされる．

表 A-1 地域市場における販売額の分配

$i \in TRAD$

○r 地域における国内市場

$$VOA(i,r) = PS(i,r) * QO(i,r)$$

$$VOA(i,r) + PTAX(i,r) = VOM(i,r) = PM(i,r) * QO(i,r)$$

$$VOM(i,r) = VDM(i,r) + \sum_{s \in REG} VXMD(i,r,s) + VST(i,r)$$

$$VXMD(i,r,s) = PM(i,r) * QXS(i,r,s)$$

$$VDM(i,r) = VDPM(i,r) + VDGM(i,r) + \sum_{j \in PROD} VDFM(i,j,r)$$

$$VDPM(i,r) = PM(i,r) * QPD(i,r)$$

$$VDGM(i,r) = PM(i,r) * QGD(i,r)$$

$$VDFM(i,j,r) = PM(i,r) * QFD(i,j,r)$$

○世界市場

$$VXMD(i,r,s) + XTAXD(i,r,s) = VXWD(i,r,s) = PFOB(i,r,s) * QXS(i,r,s)$$

$$VXWD(i,r,s) + VTWR(i,r,s) = VIWS(i,r,s) = PCIF(i,r,s) * QXS(i,r,s)$$

○s 地域における国内市場

$$VIWS(i,r,s) + MTAX(i,r,s) = VIMS(i,r,s) = PMS(i,r,s) * QXS(i,r,s)$$

$$\sum_{r \in REG} VIMS(i,r,s) = VIM(i,s) = PIM(i,s) * QIM(i,s)$$

$$VIM(i,s) = VIPM(i,s) + VIGM(i,s) + \sum_{j \in PROD} VIFM(i,j,s)$$

$$VIPM(i,s) = PIM(i,s) * QPM(i,s)$$

$$VIGM(i,s) = PIM(i,s) * QGM(i,s)$$

$$VIFM(i,j,s) = PIM(i,s) * QFM(i,j,s)$$

輸出品を *fob* 価格で表示するためには，*XTAX*(i, r, s)で表される*輸出税*を加える必要がある．この税金は，輸出相手国別に設定される(*XTAXD*)ことに注意されたい．データベースには，輸出相手国別や輸入相手国別の貿易政策手段が，個別の地域や品目ごと，あるいは政策干渉の種類ごとに，「個別に」記述されている．データベースを品目や地域で統合してしまうと，貿易財の構成割合が異なるため，2 国間の関税率はさまざまに異なるだろう．そのため，モデルを作成する際に，2 国間の詳細な実状を逐一観察しなくてはならないということになるのである．このような輸出税が付加されたものが，*VXWD*(i, r, s) =*Value of eXports at World prices by Destination*：*世界価格で表示された相手国別の輸出総額*である．これと，*cif* ベースで表される *VIWS*(i, r, s)：*世界価格で表示された相手国別の輸入総額*との差が, 財 i における地域 r から s への国際輸送のマージン *VTWR*(i, r, s) =*Value of Transportation at World prices by Route*：*世界価格で表示された 2 地域間の輸送総額*[訳注3]となるのである．

以下でも，今までと同様に，地域 r で生産された財 i が，地域 s に輸出される場合を考える．この売上を，地域 s における国内価格で評価するためには，*輸入税* *MTAX*(i, r, s)を加えた *VIMS*(i, r, s) =*Value of Imports at Market prices by Source*：*市場価格で表示された相手国別の輸入総額*を得る必要がある．各国からの輸入額を表す *VIMS* をひとつにまとめたものを，*VIM*(i, s) =*Value of Imports of i into s at Market prices*：*市場価格で表示された地域 s における財 i の輸入総額*で表す．地域 r の市場における売上が，家計・政府・企業といった各部門に分配されるのと同様に，地域 s に輸入される財 i についても，市場において各部門に分配される必要がある．すなわち，*VIPM*(i, s)：*市場価格で表示された民間家計の輸入総額*, *VIGM*(i, s)：*市場価格で表示された政府家計の輸入総額*, および *VIFM*(i, j, s)：*市場価格で表示された産業 j の企業における輸入総額*にわけられる．同様のやり方で，*VDM*(i, r)で表される国内販売額についても，**表 A-1** の r 地域における国内市場の最下部に示すように, 民間家計・政府・企業による利用に分割することができる．

[訳注3] 原著では”by route”となっているが，このモデルにおいて輸送経路（航路）は考慮されていないため，単に「2 地域間」と訳出した．

表 A-2 家計による購入の内訳

$i \in TRAD$

○民間家計	
$VPA(i,s)$	$= PP(i,s) * QP(i,s)$
$VPA(i,s) = VDPA(i,s) + VIPA(i,s)$	
$VDPA(i,s)$	$= PPD(i,s) * QPD(i,s)$
$VDPA(i,s) - DPTAX(i,s) = VDPM(i,s)$	$= PM(i,s) * QPD(i,s)$
$VIPA(i,s)$	$= PPM(i,s) * QPM(i,s)$
$VIPA(i,s) - IPTAX(i,s) = VIPM(i,s)$	$= PIM(i,s) * QPM(i,s)$
○政府家計	
$VGA(i,s)$	$= PG(i,s) * QG(i,s)$
$VGA(i,s) = VDGA(i,s) + VIGA(i,s)$	
$VDGA(i,s)$	$= PGD(i,s) * QGD(i,s)$
$VDGA(i,s) - DGTAX(i,s) = VDGM(i,s)$	$= PM(i,s) * QGD(i,s)$
$VIGA(i,s)$	$= PGM(i,s) * QGM(i,s)$
$VIGA(i,s) - IGTAX(i,s) = VIGM(i,s)$	$= PIM(i,s) * QGM(i,s)$

家計購入の内訳

ここまでで，各市場から分配された販売額と関税・輸送マージンなどをすべて考慮したので，ここからは，個別の市場における家計と企業の購入について記述する．**表 A-2** は，貿易財の家計購入の内訳について示している．表の上半分は，民間家計の購入 *VPA(i, s) = Value of Private household purchases at Agents' prices*：*当事者価格で表示された民間家計の購入総額*について記述したものである．これは，*VDPA(i, s)*：*国内で生産された財への支出*と，*VIPA(i, s)*：*消費者価格で表示された合成輸入財への支出*の和で表される．後者から，*IPTAX(i, s)*：*民間家計の輸入財の消費に対する税金*を差し引けば，**表 A-1** で示した *VIPM(i, s)*となる．同様に，*DPTAX(i, s)*：*国内財の消費に対する税金*を *VDPA(i, s)* から差し引くと，*VDPM(i, s)*を得る．これで，**表 A-1** の最上部に示される生産者価格で示された各産業の売上と，**表 A-2** の最上部に示された消費者価格で示された民間家計の購入が，結び付けられたことになる．まったく同様の手続きにより，上記変数の *P* と *G* を入れ替えれば，**表 A-2** の下半分に示される政府家計の購入に対する同様の関係が導ける．

企業購入の内訳と家計の要素収入

次に，企業による中間財および生産要素の購入に移ろう．**表 A-3** の上部では，*VFA(i, j, s) = Value of Firms' purchase of i, by sector j, in region s at Agents' prices*：*当事者価格で表示された地域 r における j 生産部門の企業による財 i の購入総額*で示される中間財投入からはじめよう．これは，*国内財消費* *VDFA(i, j, s)*と*輸入財消費* *VIFA(i, j, s)*に分解される．それぞれの中間財の*消費税* *DFTAX(i, j, s)*，*IFTAX(i, j, s)*を差し引くと，**表 A-1** の各地域の市場に記された，*市場価格で表示された消費総額* *VDFM(i, j, s)*と *VIFM(i, j, s)*が得られる．

企業はまた，貿易財以外のものも購入する．本モデルではこれを生産要素(endowment commodities)とよび，現在のデータベースでは，農業用の土地，労働，および資本からなる[訳注4]．**表 A-3** の次のパートは，これらの生産要素を利用する企業から，それらを供給する家計までの金銭フローが記述されている．*VFA(i, j, s) = Value of Firms' purchases at Agents' prices*：*当事者価格で表示された企業の購入総額*から，*ETAX(i, j, s)*：*生産要素 i を産業 j で利用するときに必要となる税金*を差し引くと，*VFM(i, j, s) = Value of Firms' purchases at Market prices*：*市場価格で表示された企業の購入総額*が得られる．**表 A-3** の一番下には，**表 A-1** で定義された企業の収入 *VOA(j, s)*と，**表 A-3** で定義された企業の支出 *VFA(i, j, s)*の関係が記されている．純利潤がゼロという条件は，企業の総収入が，すべての貿易財（中間投入財）と生産要素への支払いによって，すべて消費されるということを意味している．

表 A-4 には，家計における要素収入の内訳について示さ

[訳注4] 現在のバージョン(GTAP Database ver.4 以降)では，労働は熟練労働者と非熟練労働者に分割され，天然資源が追加されている．

表 A-3 企業による購入の内訳

$j \in PROD$

○中間財の購入（ $i \in TRAD$ ）

$VFA(i,j,s)$	$= PF(i,j,s) * QF(i,j,s)$
$VFA(i,j,s) = VDFA(i,j,s) + VIFA(i,j,s)$	
$VDFA(i,j,s)$	$= PFD(i,j,s) * QFD(i,j,s)$
$VDFA(i,j,s) - DFTAX(i,j,s) = VDFM(i,j,s)$	$= PM(i,s) * QFD(i,j,s)$
$VIFA(i,j,s)$	$= PFM(i,j,s) * QFM(i,j,s)$
$VIFA(i,j,s) - IFTAX(i,j,s) = VIFM(i,j,s)$	$= PIM(i,s) * QFM(i,j,s)$

○生産要素の購入（ $i \in ENDW$ ）

$VFA(i,j,s)$	$= PFE(i,j,s) * QFE(i,j,s)$
$VFA(i,j,s) - ETAX(i,j,s) = VFM(i,j,s)$	$= PM(i,s) * QFE(i,j,s)$

○ゼロ利潤条件

$$VOA(j,s) = \sum_{i \in TRAD} VFA(i,j,s) + \sum_{i \in ENDW} VFA(i,j,s)$$

表 A-4 家計の生産要素サービスによる収入の内訳

○移動自由な生産要素 (Mobile Endowments)（ $i \in ENDWM$ ）

$\sum_{j \in PROD} VFM(i,j,s) = VOM(i,s)$	$= PM(i,s) * QO(i,s)$
$VOM(i,s) - HTAX(i,s) = VOA(i,s)$	$= PS(i,s) * QO(i,s)$

○移動困難な生産要素 (Sluggish Endowments)（ $i \in ENDWS$ ）

$VFM(i,j,s)$	$= PMES(i,j,s) * QOES(i,j,s)$
$VOM(i,s)$	$= PM(i,s) * QO(i,s)$
$VOM(i,s) - HTAX(i,s) = VOA(i,s)$	$= PS(i,s) * QO(i,s)$

れている．ここでは, 移動が完全に自由(mobile)であるため, どの市場でも同じ収益を上げることが期待できる生産要素（*ENDWM_COMM*）と，反応が鈍く(sluggish)，均衡状態においても市場によって収益率が異なると考えられる要素（*ENDWS_COMM*）に分けられる．前者については，市場価格が等しいため，単にすべての要素の利用収入を合計すればよく, *家計による地域 s における生産要素 i の供給に対する税金* *HTAX*(*i, s*)を差し引けば, *当事者価格で評価された生産要素の「生産」総額* *VOA = Value of this endowment's "Output" at Agents' prices* が得られる．後者の場合は，当該要素を民間家計が供給することによって実際に得られた金額で評価することになる．

土地のように，移動が難しい生産要素の場合には，モデルにショックを与えると，その価格変化は，部門によって異なるだろう．すなわち，企業の購入額を表す *VFM*(*i, j, s*)の価格要素が産業 *j* によって異なることを意味する（表中の *PMES*(*i, j, s*)）．このように産業によって価格の異なる生産要素を，単位収入関数(a unit revenue function)を用いて，市場価格で表示された合成された利潤に統合すると（詳細は後述），*VOM*(*i, s*) = *Value of endowment Output at Market prices*：*市場価格で評価された生産要素の生産総額*が得られる．ここから，移動可能な生産要素と同様に，家計収入に対する所得税を差し引くと，*VOA*(*i, s*)が得られる．

地域収入の分割と収入源

税金を明示すると，**図 A-1** および **A-2** に示された地域家計の可処分所得の計算は，より複雑になる．**表 A-5** の最上部に示すように，地域収入は，民間家計と政府家計の消費額と貯蓄額の和で表される消費総額と厳密に一致しなくてはならない．表においては，収入源ごとに分解された地域家計の収入が記されている．ここで，ある地域内で獲得された収入は，すべて当該地域内の家計の収入となると仮定されていることに注意されたい．**図 A-1**, **A-2** でみたように，

表 A-5 地域家計収入の内訳

$$EXPENDITURE(r) = INCOME(r)$$

$$EXPENDITURE(r) = \sum_{i \in TRAD}[VPA(i,r) + VGA(i,r)] + SAVE(r)$$

$$\begin{aligned}
INCOME(r) = & \sum_{i \in ENDW}[VOA(i,r) - VDEP(r)] && \text{（減価償却の控除）} \\
& + \sum_{i \in NSAV}[VOM(i,r) - VOA(i,r)] && \text{（生産要素または中間財の生産に関する所得税収入）} \\
& + \sum_{j \in PROD}\sum_{i \in ENDW}[VFA(i,j,r) - VFM(i,j,r)] && \text{（企業による生産要素利用に関する課税の収入）} \\
& + \sum_{i \in TRAD}[VIPA(i,r) - VIPM(i,r)] + \sum_{i \in TRAD}[VDPA(i,r) - VDPM(i,r)] \\
& + \sum_{i \in TRAD}[VIGA(i,r) - VIGM(i,r)] + \sum_{i \in TRAD}[VDGA(i,r) - VDGM(i,r)] \\
& + \sum_{j \in PROD}\sum_{i \in TRAD}[VIFA(i,j,r) - VIFM(i,j,r)] + \sum_{j \in PROD}\sum_{i \in TRAD}[VDFA(i,j,r) - VDFM(i,j,r)] \\
& && \text{（各家計における国内財・輸入財の購入に関する消費税収入）} \\
& + \sum_{i \in TRAD}\sum_{s \in REG}[VXWD(i,r,s) - VXMD(i,r,s)] + \sum_{i \in TRAD}\sum_{s \in REG}[VIMS(i,s,r) - VIWS(i,s,r)] \\
& && \text{（輸出および輸入に関する関税収入）}
\end{aligned}$$

はじめに生産要素収入から見ていこう．初期の資本ストックを維持するために必要な<u>*減価償却費*</u>(depreciation) *VDEP*(*r*)を控除する必要がある．さらに，何らかの量的制約によって定義される純税収およびレント（要素収入）を加える必要がある．

ここでとられるアプローチは，モデルにおける個々の補助金や税金の流れを追うのではなく，それぞれの取引において，当事者価格・市場価格・世界価格で表示された評価額の差を使用するものである．ここで，労働供給による家計収入と市場価格で表示された供給額のあいだに相違がある場合，それは**表 A-4** に示された *HTAX*(*i*, *r*)と一致するだろう．あるいは，この税収は，<u>*生産要素 i に対する家計の市場価格で表示された供給額に対する従価税率*</u>$\tau(i, r)$を用いて，以下のように表すこともできる．

$$\begin{aligned}
HTAX(i,r) &= VOM(i,r) - VOA(i,r) \\
&= \tau(i,r) \cdot PM(i,r) \cdot QO(i,r)
\end{aligned}$$

または，<u>*従価税力*</u>(power of the ad valorem tax) *TO*(*i*, *r*)を用いれば，

$$PS(i,r) = (1 - \tau(i,r)) \cdot PM(i,r) = TO(i,r) \cdot PM(i,r)$$

と表される．このように，あらゆる税金や補助金政策が財政的に意味するところを，当事者価格と市場価格（もしくは，市場価格と世界価格）で表示された取引額を比較することによって，把握するのである．なお，本モデルでは，ある地域 *r* で課された税金は，すべて当該地域家計に帰着すると仮定する．

表 A-5 に示される収入を表す式の残りの項については，各地域経済における，考えられうるすべての税収および補助金支出が列挙されたものである．すなわち，企業による生産要素使用に対する課税，家計および企業による貿易財購入の際の商品消費税，および関税である[原注3]．

Brockmeier (1996)から引用した**図 A-3** および **A-4** は，GTAP において越境貿易に影響する要素を図示したものである．**図 A-3** に示される 2 つの図は，輸出に関する政府関与について表したものである．（輸出相手国は多数存在するので，この図に示される供給曲線は，国内市場と他国への輸出市場に対する正味の販売額を反映したものと解釈してほしい．）上の図では，国内価格が世界価格を上回る（$PM(i, r) > PFOB(i, r, s)$）ケース，つまり輸出補助金が存在するケース（$XTAX(i, r, s) = VXWD(i, r, s) - VXMD(i, r, s) < 0$）を表している．また，下の図には，逆のケースが示されている．ここで，世界価格が市場価格を上回る場合は，その差は地域家計に正の収入をもたらすだろう．このことは，*VXWD* と *VXMD* の差異の原因が何であるかにかかわらず成立する．たとえば，課税ではなく，輸出制限が行われた場合にもこの差異は発生し，そのときの地域家計の収入は，数量割当による利潤に依存するだろう．この場合でも，本モデルにおいては，その利益は，輸出国側（地域 *r*）に帰着

[原注3] 場合によっては，これらのうちのいくつかの税金が存在せず，初期データベースにその課税収入が含まれていないこともあるだろう．しかし，本モデルによって，そのような税金の導入可能性についての検討も可能とするためには，地域家計収入の計算式に，これらの課税収入が予め含まれていることが必要である．

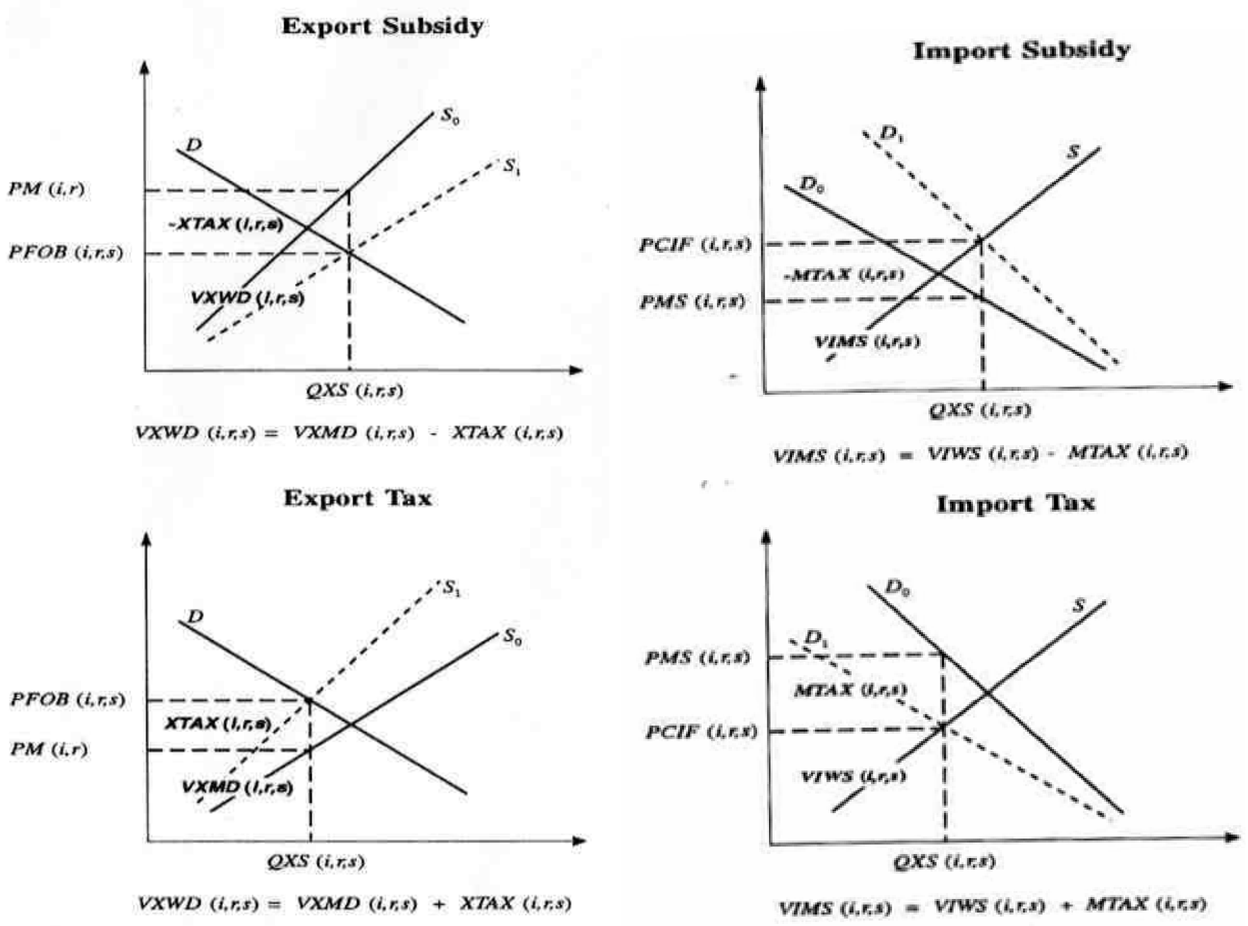

図 A-3（左）および **A-4**（右）　地域 *r* における地域 *s* へ（から）の輸出（輸入）補助金と輸出（輸入）税の図解

することになるのである．

図 A-4 に示された 2 つの図は，輸入に関する政府関与について説明したものである．GTAP では，輸入需要に対して Armington アプローチを採用しているので，同一財であっても，厳密には国によって生産物が異なり，国内供給財が，輸入財と完全に代替されることはないと仮定されている．そのため，この図に示された地域 *s* における財 *i* の需要曲線は，当該地域における当該品目の競合輸入品価格や国内財の市場価格を考慮した，条件付きの集計された需要と考える必要がある．また，地域 *r* から *s* への財 *i* の輸入に関する超過供給曲線は，輸出国 *r* における供給条件や，輸入国 *s* における当該品目の需要に依存する．

市場価格が世界価格を上回る（$PMS(i, r, s)>PCIF(i, r, s)$）場合，$MTAX(i, r, s) > 0$ となり，地域家計の収入は正となる．このようなことは，輸入に対する関税が存在するか，あるいは輸入割当が存在する場合にも発生する．財 *i* に対する地域 *r* から *s* への強制的な輸入数量割当が存在する場合は，この割当数量に関連する収入が下記の式で表される．

$$
\begin{aligned}
&VIMS(i,r,s) - VIWS(i,r,s) \\
&= \left(TMS(i,r,s) - 1\right) \cdot PCIF(i,r,s) \cdot QXS(i,r,s) > 0
\end{aligned}
$$

この場合は，当該輸入量を表す $QXS(i, r, s)$をモデルの**外生変数として与え**，税収相当額 $TMS(i, r, s)$がモデルの**内生変数として**決定されるように，モデル構成を変更しなければならない．また，輸出制限の場合と同様に，このような数量割当による収益は，割当を実施した地域に帰着されると仮定されている点にも注意する必要がある．

世界セクター

モデルを完成させるために，2 つの世界的セクターを導入する必要がある．国際運輸セクター(global transportation sector)は，各貿易相手国間を輸送される各品目について，*fob* 価格と *cif* 価格の差で表されるサービスを提供する．すなわち，$VTWR(i, r, s) = VIWS(i, r, s) - VXWD(i, r, s)$[訳注5]．すべての

[訳注5] 本文でも触れたように，ver5.0 以降では，国際運輸セクターの輸送機関 *m*（陸送・海運・航空の３種類）が考慮され，輸送機関

表 A-6 国際運輸セクター

$$VT = PT * QT$$

$$VT = \sum_{i \in TRAD} \sum_{r \in REG} \sum_{s \in REG} VTWR(i,r,s) = PT * QS(i,r,s)$$

（国際運輸セクターによる２国間輸送サービスの供給）

$$= \sum_{i \in TRAD} \sum_{r \in REG} VST(i,r) = PM(i,r) * QST(i,r)$$

（国際運輸セクターによる需要＝各国・各産業からの輸送サービスの供給）

表 A-7 投資部門

○地域投資財の需要

$$REGINV(r) = PCGDS(r) * QCGDS(r)$$

$$VDEP(r) = PCGDS(r) * [DEPR(r) * KB(r)]$$

$$\sum_{r \in REG} [REGINV(r) - VDEP(r)] = GLOBONV = PSAVE * GLOBALCGDS$$

$$GLOBONV = \sum_{r \in REG} SAVE(r) = PSAVE * QSAVE(r)$$

○資本ストック

$$VKB(r) = PCGDS(r) * KB(r)$$

$$VKB(r) + REGNIV(r) - VDEP(r) = VKE(r)$$

貿易相手国と品目の組み合わせにおける輸送量を足し合わせると，**表 A-6** の最上段に示される国際輸送サービスの総需要が得られる．これらのサービスは，各地域経済による国際運輸セクターへの輸出（*VST*(*i*, *r*)）という形で供給される．現時点では，各地域における輸送サービスの輸出と特定の品目や貿易相手国に関する関係についての情報が十分でないため，供給されたすべてのサービスが区別なくプールされ，すべての輸送需要は，すべての輸送サービスの輸出価格を合成した価格に直面していると仮定する．

もうひとつの世界的セクターは，国際銀行セクター(global bank)である．このセクターは，**表 A-7** に示されるように，世界の貯蓄と投資を仲介するものである．このセクターは，各地域の純投資額（総投資額から減価償却を差し引いたもの）のポートフォリオに基づき，<u>*合成投資財*</u> *GLOBINV* を生産し，地域家計の貯蓄需要を満たすようにこれを供給する．したがって，（すべての貯蓄商品が国際銀行セクターによって提供されるので，）すべての貯蓄者は，共通価格 *PSAVE* で貯蓄商品を購入することになる[訳注 6]．このように別々に計算された合成投資財の供給と集計された貯蓄需要に対して，ここまでに記述された会計上の関係式を利用して，方程式を導くこととする．すなわち，もし，(1)すべての他の市場が均衡しており，(2)国際運輸セクターを含むすべての企業の利潤がゼロで，(3)すべての家計が予算制約下にあったとした場合，Walras 法則の指し示すところにより，世界の投資総額も世界の貯蓄総額と一致しなければならないのである．

最後に，<u>*初期における総資本ストック額*</u>（*Value of the beginning of period capital stock*）*VKB*(*r*)は，<u>*地域家計の投資収入*</u> *REGINV*(*r*)および<u>*減価償却*</u> *VDEP*(*r*)によって，<u>*期末の総資本ストック額*</u>（*Value of ending capital stocks*）*VKE*(*r*)に更新される．この関係は，**表 A-7** の下半分に描かれている．

ごとに輸送サービスの需要・供給が考慮されることになった [3]．すなわち，**表 A-6** は，以下のように書き直される．

$$VT(m) = PT(m) * QT(m)$$

$$= \sum_{i \in TRAD} \sum_{r \in REG} \sum_{s \in REG} VTWR(m,i,r,s) = PT(m) * QS(m,i,r,s)$$

$$= \sum_{m \in MARG} \sum_{r \in REG} VST(m,r) = PM(m,r) * QST(m,r)$$

ここで，最後の式に見られるように，国際運輸セクターの需要は，以前のバージョンのように各国の全産業からではなく，各輸送部門だけからの供給によって賄われている（*VST*(*m*, *r*)）ことに注意されたい．

[訳注 6] ver4.0 以降では，貯蓄の価格についても，地域差を考慮できるような設定となった（*PSAVE*(*r*)）[3]．

IV Equilibrium conditions and partial equilibrium closures **（均衡条件と部分均衡的閉合）**

これまでの議論では，個々の企業と家計が具体的にどのように行動するかについては，何も言及されてこなかった．このような行動に対する新古典派主義的な制約条件は，一般均衡体系を記述する際には必要がない．むしろ，ここまでで包括的に整理された会計上の関係式が，そのまま本モデルに対する一般均衡条件となるのである．もしこれまでの関係式のどれかひとつでも欠けると，それは Walras 法則が成り立たないことを意味する．多くの経済学者にとっては，均衡条件式は，総額（value，または名目）ベースではなく，数量（quantity，または実質）ベースで記述されたもののほうが見慣れているかもしれないので，ここまでで説明した会計上の関係式が，実際に通常の一般均衡体系を形成していることを以下に示そう．たとえば，本モデルにおける，*地域 r における財 i の貿易財供給に関する市場清算条件*(market clearing condition)は，以下のように表される．

$$VOM(i,r) = VDM(i,r) + VST(i,r) + \sum_{s \in REG} VXMD(i,r,s) \tag{A.1}$$

これを，価格と数量で表された式に書き直せば，

$$\begin{aligned} &PM(i,r) * QO(i,r) \\ &= PM(i,r) * \left[QDS(i,r) + QST(i,r) + \sum_{s \in REG} QXS(i,r,s) \right] \end{aligned} \tag{A.2}$$

両辺を $PM(i, r)$で割れば，見慣れた形での貿易財における市場清算条件を得ることができる．

$$QO(i,r) = QDS(i,r) + QST(i,r) + \sum_{s \in REG} QXS(i,r,s) \tag{A.3}$$

同じような式変形が，非貿易財に関する市場清算条件にも適用できる．結局，すべての市場清算条件は，同じ価格表示体系における価格を両辺に乗じれば，総額ベースの条件式に変換することができる．そうすれば，金銭の流れを，価格と量に分ける必要性を回避することができる．そうすることにより，後ほど述べるようなモデルのキャリブレーションにおいて，問題を簡略化できるという恩恵が得られるのである．

会計上の関係式が，必要な一般均衡条件式をすべて網羅していることが確認できたので，いくつかの条件が欠けた場合の，モデルの特別な閉じ方についての議論に移ろう．今度は，いくつかの変数を外生的に固定することを認めよう．つまり，以降の分析では，部分均衡分析を行っていることになる．はじめに，均衡条件と結びついている変数を確認しよう．一般均衡モデルに関する**相補性条件**(complementary slackness condition)を同定することと同義である．

おそらく，もっとも明白な相補的な関係は，価格と市場清算条件の間にみられるものだろう．つまり，もし後者の市場清算条件が維持(hold)されている場合，需要と供給の不一致を調整するため，価格が自由に変化することが可能でなければならない．逆に，貿易財の価格を固定した場合には，(A.3)式のような関連する市場の清算条件を割愛する必要がある．よくみられる部分均衡分析のパターンとしては，農業と食料に関する問題がある．この場合は，それ以外の品目の価格をすべて固定して議論を行うことになる．本モデルにおいて，このような分析を実行するためには，すべての非食料品の市場清算条件を割愛する必要がある．（ここで，個々の方程式を「割愛する」(dropping)とは，方程式の内生変数を外生化することをさす．モデルから唯一の均衡解を得るためには，内生変数（＝未知数）の数と方程式の数が一致するという条件を保持しなければならない．）

また，部分均衡分析においては，分析対象以外の生産要素の機会費用については，外生的に与えられるものと仮定するのが一般的である．たとえば，上述の農業分析のような場合には，労働賃金と資本のレンタル率（収益率）は固定される．このようにすることで，非貿易財であるこれらの生産要素に関する地域市場の清算条件が割愛される．同様に，収入を求める方程式が割愛されたとすれば，収入が固定されたということになる．

しかし，供給量についてはどうだろうか？　これについても，いくつかの変数が固定される必要があるだろうか？たとえば，上記例のように，非食料品の価格が固定された場合，その供給量が内生的に決定されると仮定しても，ほとんど意味がないだろう．なぜならば，このような（価格が固定されており，かつゼロ利潤条件が成立するという）状況下では，コストの上昇は，その産業が市場から退出してしまうことを意味するからである．したがって，非食料品の生産高を固定し，ゼロ利潤条件を割愛する必要が出てくる．結局，たとえば食料品に関する政策ショックの分析における部分均衡条件は，以下のようにまとめられる．

- 非食料品の清算レベルと価格は外生的に与えられる．
- 収入も外生的に与えられる．
- 分析対象以外の生産要素のレンタル率についても，外生的に与えられる．

V Linearized representation of accounting equations（会計方程式の線形表現）

線形化による求解

図 A-1, 2 および**表 A-1 - 5** に示された会計上の関係式は，総額で表示されるともっともわかりやすいが，モデルにおいて個々の行動を記述する際には，価格と量の変化率で表記することがもっとも便利である[原注4]．実際問題としても，総額がどの程度であるかというよりも，変化がどの程度であるかという点に関心があることのほうが多いだろう．この非線形モデルを変化率ベースで表現することで，真の非線形モデルの解に到達できないわけではない．非線形 AGE モデルの解を, 線形表現によって求める方法（Pearson 1991）[原注5] は，下記の等式によって，総額ベースの変数を変換することからはじめる：

$$d(PQ) = (P + dP)\cdot(Q + dQ) - PQ$$
$$= P\cdot dQ + dP\cdot Q + dP\cdot dQ \approx P\cdot dQ + dP\cdot Q$$

より，v を当初の総額 V と変化額 dV の比率（＝変化率）とすれば,

$$v = \frac{dV}{V} = \frac{d(PQ)}{PQ} \approx \frac{P\cdot dQ + dP\cdot Q}{PQ} = \frac{dP}{P} + \frac{dQ}{Q} = p + q$$

となり，価格の変化率 p と数量の変化率 q の和で表される（近似される）ことがわかる．

図 A-5 は，非線形モデルの線形表現による解法のひとつについて，図示したものである．議論を簡単にするため，本モデルがただひとつの方程式 $g(X, Y) = 0$ で与えられていると単純化する．ここで，X は外生変数，Y は内生変数である．当初の均衡が，点(X_0, Y_0)で表されている．仮に，外生変数に対して何らかのショックが与えられ，X_1 になった場合に，結果として内生的に得られる解が Y_1 となったとしよう．また，点(X_0, Y_0)におけるモデルの線形表現が, $B_J = (X_1, Y_J)$で表されるとしよう．これは Johansen アプローチといわれ，$Y_J >> Y_1$ となるので，明らかに誤りである．この種のエラーが存在するため，線形化された計算可能な一般均衡（CGE）モデルを用いることが批判されてきた．

しかしながら，線形モデルの精度は，X に対して与えるショックを 2 分割し，最初のショックのあとで均衡条件を再度考慮するという方法で, かなり改善することができる．このアプローチによれば，近似解を与える経路は，点 A から点 C_2 を経由して，点 B_2 に至ることになる．これが，線形表現による Euler の求解方法である. 刻みの数を多くしていけば, 非線形モデルを直接解いた際の解に近づいていく．

Euler の貢献により，モデルの線形化アプローチは，厳密解(X_1, Y_J)への素早い収束を確保することができた（詳細は, Harrison and Pearson, 1994 の 2.5 節を参照いただきたい）．GTAP モデルの標準的な解法は, Gragg 法という外挿法を採用している．この方法は，連続する細かい格子の中で毎回解を求めるというものである．外挿された解が，これらの結果にもとづいて得られる．この方法は，Harrison and Pearson (1994)が示すように，非常に良い近似解を得ることができる．

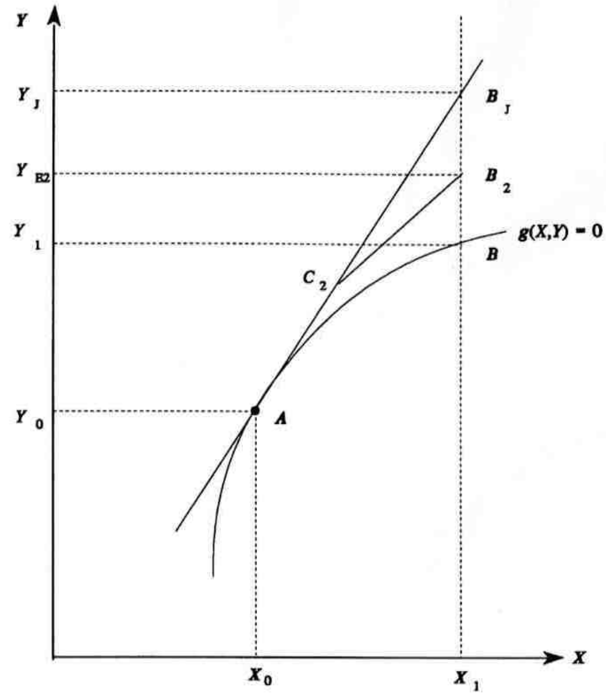

図 A-5　線形表現による非線形モデルの求解

会計方程式の変形

会計方程式の線形化については，全微分を行うことにより，適宜重み付けされた価格と数量の変化の線形和を得ることになる．たとえば，(A.3)式で表される貿易財の市場清算条件は下記のように変形される．

[原注4] このモデルを構築する際の，最も自然なやり方としては，総額ベースと変化率ベースの両者の表現を適当にミックスさせて定式化することである．実際のところ，GEMPACK では，このような定式化が可能である（Harrison and Pearson 1994）．しかし，このような方法は，計算時により負担がかかる．また，会計方程式を線形化することによって，新たな知見を得ることもできるため，本書では，できるだけ変化率ベースの表現を採用する．

[原注5] 非線形問題に関するこのような解法は，GEMPACK でも選択可能となっている．AGE モデルの解法に関する，線形化と総額ベースを混在させたアプローチとの詳細な比較については，Hertel, Horridge, and Pearson (1992)を参照されたい．

表 A-8 モデルにおける会計関係式（その１）

(1) $$VOM(i,r)*qo(i,r)= VDM(i,r)*qds(i,r)+VST(i,r)*qst(i,r)+\sum_{s\in REG}VXMD(i,r,s)*qxs(i,r,s)+VOM(i,r)*tradslack(i,r)$$
$$\forall i\in TRAD, \forall r\in REG$$

(2) $$VIM(i,r)*qim(i,r)=\sum_{j\in PROD}VIFM(i,j,r)*qfm(i,j,r)+VIPM(i,r)*qpm(i,r)+VIGM(i,r)*qgm(i,r)$$
$$\forall i\in TRAD, \forall r\in REG$$

(3) $$VDM(i,r)*qds(i,r)=\sum_{j\in PROD}VDFM(i,j,r)*qfd(i,j,r)+VDPM(i,r)*qpd(i,r)+VDGM(i,r)*qgd(i,r)$$
$$\forall i\in TRAD, \forall r\in REG$$

(4) $$VOM(i,r)*qo(i,r)=\sum_{j\in PROD}VFM(i,j,r)*qfe(i,j,r)+VOM(i,r)*endwslack(i,r) \qquad \forall i\in ENDWM, \forall r\in REG$$

(5) $$qoes(i,j,r)=qfe(i,j,r) \qquad \forall i\in ENDWS, \forall j\in PROD, \forall r\in REG$$

(6) $$VOA(j,r)*ps(j,r)=\sum_{i\in ENDW}VFA(i,j,r)*pfe(i,j,r)+\sum_{I\in TRAD}VFA(i,j,r)*pf(i,j,r)+VOA(j,r)*profitslack(j,r)$$
$$\forall i\in PROD, \forall r\in REG$$

(7) $$VT*pt=\sum_{i\in TRAD\_COMM}\sum_{r\in REG}VST(i,r)*pm(i,r)$$

(8) $$PRIVEXP(r)*yp(r)=INCOME(r)*y(r)-SAVE(r)*[psave+qsave(r)]-\sum_{i\in TRAD}VGA(i,r)*[pg(i,r)+qg(i,r)]$$
$$\forall r\in REG$$

$$dZ=(X+dX+Y+dY)-(X+Y)=dX+dY$$

より，

$$dQO(i,r)=dQDS(i,r)+dQST(i,r)+\sum_{s\in REG}dQXS(i,r,s)$$

であるから，これを，前式と同様に，変化率を表す小文字の変数を用いて書き直せば，$dQO=QO\cdot qo$ などより，

$$QO(i,r)\cdot qo(i,r) = QDS(i,r)\cdot qds(i,r)+QST(i,r)\cdot qst(i,r) + \sum_{s\in REG}QXS(i,r,s)\cdot qxs(i,r,s) \qquad (A.4)$$

を得る．さらに，両辺に共通の価格 $PM(i,r)$を乗じると，**表 A-8** に示された(1)式を得る．この式では，総額ベースの変数表示となっていることに注意されたい．（このアプローチにおいては，価格と量の絶対値（すなわち，P や Q）の真値をあらかじめ知っておく必要はない．また，何かひとつの変数の値をニューメレールとして定義してやれば（たとえば，$PM(i,r)=1$ など），残りの数値を得ることは可能である．）また，**表 A-8** の等式においては，スラック変数が導入されていることに注意されたい．この変数は，すべての貿易財および地域ごとに定められるものである．この変数を内生化することにより，個々の製品における市場清算条件を割愛することができる．すなわち，この場合は，対象となる貿易財の価格を外生的に固定（すなわち，$pm(i,r)=0$）するかわりに，$tradslack(i,r)$が内生的に変化することによって，新しい均衡状態における需要に対する超過供給量を（初期の均衡状態の生産量に対する比率として）説明するのである．

表 A-8 における次の 2 つの方程式は，貿易財の国内市場における均衡を表現したものであり，(2)式は地域 r から輸入された財，(3)式は国内で生産された財についてのものである．したがって，共通の価格表示体系としては，ここでも国内市場価格が用いられている．これらの方程式に，スラック変数が含まれていないのは，同じ品目についてすでに(1)式で考慮されているからである．部分均衡問題を解くためには，モデル中のある場所におけるこの商品の価格を固定すれば十分である．

表 A-8 の(4), (5)式は，非貿易財である生産要素の市場清算に関するものである．既に述べたように，本モデルにおける生産要素は，部門間の移動が自由に可能であるか，またはこれらの調整が緩慢に行われるものに，区別されている．後者の生産要素については，均衡レンタル率は，使用者によって異なる結果となる．(4)式に示される移動自由な生産要素については，各部門で共通の市場価格が存在するため，国内市場価格で表示された総額ベースで，均衡関係を記述することができる．また, 市場清算式を割愛して個々

表 A-8 モデルにおける会計関係式（その２）

$$(9)\quad INCOME(r)*y(r)= \qquad \forall r \in REG$$
$$\sum_{i\in ENDW} VOA(i,r)*[ps(i,r)+qo(i,r)]-VDEP(r)*[pcgds(r)+kb(r)]$$
$$+\sum_{i\in NSAV}\{VOM(i,r)*[pm(i,r)+qo(i,r)]-VOA(i,r)*[ps(i,r)+qo(i,r)]\}$$
$$+\sum_{i\in ENDWM}\sum_{j\in PROD}\{VFA(i,j,r)*[pfe(i,j,r)+qfe(i,j,r)]-VFM(i,j,r)*[pm(i,r)+qfe(i,j,r)]\}$$
$$+\sum_{j\in ENDWS}\sum_{i\in PROD}\{VFA(i,j,r)*[pfe(i,j,r)+qfe(i,j,r)]-VFM(i,j,r)*[pmes(i,j,r)+qfe(i,j,r)]\}$$
$$+\sum_{j\in PROD}\sum_{i\in TRAD}\{VIFA(i,j,r)*[pfm(i,j,r)+qfm(i,j,r)]-VIFM(i,j,r)*[pim(i,r)+qfm(i,j,r)]\}$$
$$+\sum_{j\in PROD}\sum_{i\in TRAD}\{VDFA(i,j,r)*[pfd(i,j,r)+qfd(i,j,r)]-VDFM(i,j,r)*[pm(i,r)+qfd(i,j,r)]\}$$
$$+\sum_{i\in TRAD}\{VIPA(i,r)*[ppm(i,r)+qpm(i,r)]-VIPM(i,r)*[pim(i,r)+qpm(i,r)]\}$$
$$+\sum_{i\in TRAD}\{VDPA(i,r)*[ppd(i,r)+qpd(i,r)]-VDPM(i,r)*[pm(i,r)+qpd(i,r)]\}$$
$$+\sum_{i\in TRAD}\{VIGA(i,r)*[pgm(i,r)+qgm(i,r)]-VIGM(i,r)*[pim(i,r)+qgm(i,r)]\}$$
$$+\sum_{i\in TRAD}\{VDGA(i,r)*[pgd(i,r)+qgd(i,r)]-VDGM(i,r)*[pm(i,r)+qgd(i,r)]\}$$
$$+\sum_{i\in TRAD}\sum_{s\in REG}\{VXWD(i,r,s)*[pfob(i,r,s)+qxs(i,r,s)]-VXMD(i,r,s)*[pm(i,r)+qxs(i,r,s)]\}$$
$$+\sum_{i\in TRAD}\sum_{s\in REG}\{VIMS(i,s,r)*[pms(i,s,r)+qxs(i,s,r)]-VIWS(i,s,r)*[pcif(i,s,r)+qxs(i,s,r)]\}$$
$$+INCOME(r)*incomeslack(r)$$

$$(10)\quad ke(r)=INVKERATIO(r)*qcgds(r)+[1.0-INVKERATIO(r)]*kb(r) \qquad \forall r\in REG$$

$$(11)\quad globalcgds=\sum_{r\in REG}\{[REGINV(r)/GLOVBINV]*qcgds(r)-[VDEP(r)/GLOVBINV(r)]*kb(r)\}$$

$$(12)\quad walras\_sup=globalcgds$$

$$(13)\quad GLOVBINV*walras\_dem=\sum_{reREG} SAVE(r)*qsave(r)$$

$$(14)\quad walras\_sup=walras\_dem+walaslack$$

の生産要素のレンタル率を固定した分析を可能とするために，スラック変数が導入されている．移動困難な生産要素については，価格は各部門で共通とはならず，それぞれの部門における供給量に等しい需要が存在する形になる．この供給量については，ある生産要素を利用することにより別の要素の利用が促進されるという考え方に基づく，転換の弾力性一定の収入関数(constant elasticity of transformation revenue function: CET)によって得られるものとする．

表 A-8 の(6)式は，ゼロ純利潤条件である．企業は利益の最大化を図ると仮定されているため，**表 A-3** の最下段に示された式を最適解の近傍で全微分したときには，数量に関する変化が脱落する（たとえば，Varian 1978 を参照）．このため，(6)式は投入価格と生産価格の関係について記述された式となり，これらの比率の変化が当事者価格で表示された総額で重み付けされた形になる．なおここでは，計算を分かりやすくするため，企業の直面する合成中間財の価格(*pf*)と，生産要素価格(*pfe*)の変数を区別している．また，*profitslack*(*j*, *r*)を導入することにより，どんな地域 *r* のどんな部門 *j* に対しても，生産量を固定し，ゼロ利潤条件を割愛することができる．同様のやり方によって，(7)式に示されるように，国際輸送セクターのゼロ利潤条件も得られる．ここで，輸送サービス総額 *VT* は，**表 A-6** に示されたように，このセクターに対する各地域からのサービス輸出額 *VST* の総和に等しくならなければならない．

表 A-8 の(8)式は，地域家計の所得を分解したものである（**表 A-5** を参照されたい）．この式は，可処分地域所得から，貯蓄と政府支出（モデルの構造によっては，外生的に定められるケースもある）を差し引いたものが，民間家計の支出 *PRIVEXP*(*r*)となることを表している．次に示される(9)式は，各地域家計の収入を表したものである[訳注 7]．この式は，本モデルの方程式の中で一番複雑なものである．この式においては，地域の生産要素総額の変化や，従価税・補助金による純歳入の変化も考慮に入れられている．たとえ税率が変化しなくても，市場価格と数量が変化すれば，歳入も変化するだろう．そのため，微分系の式では，すべての項において，総額ベースの構成要素である価格と量の両者の変化率の和によって乗じられる必要がある．

表 A-8 の(9)式に示される各課税の項において，量の変化に関する変数は共通していることに注意されたい．たとえば，企業による生産要素の使用に関する課税の項においては，企業の生産要素需要の変化率である *qfe*(*i, j, r*)が，（課税前と課税後の）両項に含まれている．これは，課税というのは量の取引に対してかけられるものであるという事実をそのまま反映させたものである，逆に，企業が直面する価格は，①そもそも市場価格とは異なるだろうし，②この両者の差であらわされる税金の税率が変化した場合には，価格の変化率も異なるだろう．このため，*VFA*(*i, j, r*)には *pfe*(*i, j, r*)が乗じられるいっぽう，*VFM*(*i, j, r*)は *pm*(*i, r*)に連動して変化すると表現されるのである．

(9)式の詳細をさらに検討する前に，税金と価格の変化の関係について明示することが理解の助けとなるだろう．これらの関係式は，価格の関係に関する恒等式として**表 A-9** に示されている．たとえば，(15)式は，*VOM*(*i, r*)と *VOA*(*i, r*)を結びつける所得もしくは生産税の役割について示したものである．従価税力(*power of the ad valorem tax*) *TO*(*i, r*)が，*VOA*(*i, r*)/*VOM*(*i, r*)で定義されるとしよう．ここで，*TO*(*i, r*) > 1 ならば，企業や家計は，財や生産要素を供給する際に補助金を受け取ることを意味する．したがって，*dTO*(*i, r*)/*TO*(*i, r*) = *to*(*i, r*) > 0 ならば，補助金が増加することをさす．このような正負の定義は，やや奇異な印象も与えるが，課税手段のバリエーションを考える際には有効となる．ここでは，税率は，常に市場価格に対する当事者価格の比率（関税の場合には，世界価格に対する市場価格の比率）で定義するという規則を導入することとする．

つぎの価格関係式である**表 A-9** 中の(16)式については，

表 A-9 各価格の関係に関する方程式

(15) $ps(i,r) = to(i,r) + pm(i,r)$
$\forall i \in NSAVE, \forall r \in REG$

(16) $pfe(i,j,r) = tf(i,j,r) + pm(i,r)$
$\forall i \in ENDWM, \forall j \in PROD, \forall r \in REG$

(17) $pfe(i,j,r) = tf(i,j,r) + pmes(i,j,r)$
$\forall i \in ENDWS, \forall j \in PROD, \forall r \in REG$

(18) $ppd(i,r) = tpd(i,r) + pm(i,r)$
$\forall i \in TRAD, \forall r \in REG$

(19) $pgd(i,r) = tgd(i,r) + pm(i,r)$
$\forall i \in TRAD, \forall r \in REG$

(20) $pfd(i,j,r) = tfd(i,j,r) + pm(i,r)$
$\forall i \in TRAD, \forall j \in PROD, \forall r \in REG$

(21) $ppm(i,r) = tpm(i,r) + pim(i,r)$
$\forall i \in TRAD, \forall r \in REG$

(22) $pgm(i,r) = tgm(i,r) + pim(i,r)$
$\forall i \in TRAD, \forall r \in REG$

(23) $pfm(i,j,r) = tfm(i,j,r) + pim(i,r)$
$\forall i \in TRAD, \forall j \in PROD, \forall r \in REG$

(24) $pms(i,r,s) = tm(i,s) + tms(i,r,s) + pcif(i,r,s)$
$\forall i \in TRAD, \forall r \in REG, \forall s \in REG$

(25) $pr(i,s) = pm(i,s) - pim(i,s)$
$\forall i \in TRAD, \forall s \in REG$

(26) $pcif(i,r,s) =$
$FOBSHR(i,r,s) * pfob(i,r,s) + TRNSHR(i,r,s) * pt$
$\forall i \in TRAD, \forall r \in REG, \forall s \in REG$

(27) $prob(i,r,s) = pm(i,r) - tx(i,r) - txs(i,r,s)$
$\forall i \in TRAD, \forall r \in REG, \forall s \in REG$

TF(*i, j, r*)が増加，すなわち *tf*(*i, j, r*) > 0 の場合，税収は**増加**するだろう．なぜなら，この場合，*pfe*(*i, j, r*) > *pm*(*i, r*)であり，地域 *r* における *j* 部門の企業が，移動自由な生産要素 *i* を購入するときの価格の変化率が，市場価格の変化率よりも大きい状態を意味するからである．移動困難な生産要素については，企業が購入する際の市場価格が唯一ではないことから，(17)式に示されるように，個別部門ごとに価格関係式が必要となる．

表 A-9 の(18)-(20)式は，国内市場価格と**国内生産された**財（厳密には，貿易可能財 tradable commodities）の購入者価格の関係式である．これらの商取引に課せられる税金は，品目や地域によって異なるだけでなく，各地域における部門別の企業や家計主体（＝民間家計および政府家計）によっても異なる．同様に，(21)-(23)式は，地域 *r* からの財 *i* の輸入に対する，地域 *s* における各主体の当事者価格と国内

[訳注 7] ver 5 以降では，所得に応じた所得税率の変化が考慮され，税収が所得の絶対値に依存することとなったため，(9)式のうち税収の項が大幅に書き直されている．

市場価格の関係式である[訳注8].

表 A-9 における(24)式は，地域 s における財 i の国内市場価格の変化率を，当該財の水際価格の変化率 $pcif(i, r, s)$と，2 種類の越境障壁（両者とも輸入従価税）で表したものである．$tms(i, r, s)$は，基本的には 2 カ国間の関税であり，いっぽうの $tm(i, s)$は輸入相手国によらない関税である．後者は，世界価格の変化から国内経済を隔絶するときに用いられる．つまり，$tm(i, s)$を内生化し，いくつかの国内価格に対して目標値(target)を設定するのである．このようなモデルにおいては，財 i の国内市場価格の輸入合成財価格に対する比率が固定されることになる．この状況は，次の価格関係式(25)に定義されるものである. 通常の均衡計算においては，$tm(i, s)$は外生変数で，$pr(i, s)$が内生変数となる．しかしながら, EU で実施された食料品輸入に対する可変課税などは，$pr(i, s)$が固定され $tm(i, s)$が変動すると解釈したほうが良いだろう．このような状況では，国内消費者は国内食料品の代替として輸入品を購入するインセンティブは全く存在しないことになる．

表 A-9 における(26)式は, $pcif(i, r, s)$と $pfob(i, r, s)$を結合するものである．ここでは，収入がすべての 2 国間かつすべての品目における費用をカバーしなければならない，という仮定に基づいて微分が行われている．したがって，*cif* 価格の変化は, *fob* 価格の変化と一般化交通費用の指標である pt の変化の重み付き合成値となる．ここで，「重み」は，*fob* 価格と交通費の *cif* 価格に占めるシェア（それぞれ $FOBSHR(i, r, s)$, $TRNSHR(i, r, s)$とする）で表される[訳注9]．企業が航路間等で相互補填を行っていたり，各国間の輸送サービスのコストの変化がばらばらであったりする場合には，この恒等式は正確ではないだろう．また，市場を通じた価格情報の伝播という点についても, (26)式の与える示唆は重要である．ある 2 国間輸送において輸送マージンが大きくなれば（すなわち，$TRNSHR(i, r, s)$が大きくなれば），輸出地域 r の市場における財 i の価格変化と, 輸入地域 s の市場における同じ財の価格変化との結びつきは弱くなる．

[訳注8] ver6.0 以降では，民間家計と政府家計に共通の消費税（の変化率）を表すパラメータ $tp(r)$が導入された．これにより，(18)および(21)式は次のように書き直される [3].

(18’) $ppd(i,r) = tp(r) + tpd(i,r) + pm(i,r)$

(21’) $ppm(i,r) = tp(r) + tpm(i,r) + pim(i,r)$

[訳注9] シェアが与えられた変数の和 $Z = X + Y$ で，変数 X, Y のシェアがそれぞれ SHR_X, $1- SHR_X$であるとき，

$dZ = (X + dX + Y + dY) - (X + Y) = dX + dY$ であるので，

$$z = \frac{dZ}{Z} = \frac{dX}{Z} + \frac{dY}{Z} = \frac{X}{Z}\cdot\frac{dX}{X} + \frac{Y}{Z}\cdot\frac{dY}{Y}$$
$$= SHR_X \cdot x + (1 - SHR_X)\cdot y$$

となる．3 変数以上の場合も同様.

(27)式は，**表 A-9** に示された価格結合の「輪」を完成させるために，$pfob(i, r, s)$と国内市場価格 $pm(i, r)$の関係について記述したものである. (24)式で輸入側についてみたのと同様に，輸出税についても 2 種類用意する．最初の $txs(i, r, s)$は相手国別の税であり，つぎの $tx(i, r)$は輸出相手国によらない税である．後者の変数は，世界価格の揺らぎから国内生産者を切り離すために，通常は内生的に変化する部門別生産高を外生的にコントロールするものであり, たとえば, EU の共通農業政策をモデル化するための, さまざまな輸出税または補助金を定義するのに用いられてきた．なお，これらの輸出税は，国内市場価格の世界価格に対する割合で定義されているので，$TXS(i, r, s)$の増加は財政支出の増加, すなわち輸出に対する補助金の交付を意味することに注意されたい．

ここまででみてきたような本モデルにおける価格関係式を用いて，**表 A-8** の(9)式に示される収入の定義式を再度見てみよう．特に，この煩雑な等式を構成する各項を省いたときに何が起きるかについて考えてみよう．たとえば，このような省略が，貿易政策の変更による厚生変化の分析において，どのように影響するのだろうか？当初の均衡データベースにおいて, 所得税が存在し（$VOM(i, r) > VOA(i, r)$），分析において所得税率に変化がなかったとすると，

$to(i, r) = 0$ なので，$ps(i,r) = pm(i,r) \equiv \alpha, \forall i \in ENDW$ と表せる．これは，２つの中カッコ[ ]内の項が，同じ比率で変化することを意味する．もしこの変化が正であれば，この項を考慮しない場合，新しい均衡状態における所得税収を過小評価することになり，可処分所得や家計の厚生も過小評価されることになる．このようなことから，たとえある政策実験において結果的に歪みが生じなかったとしても，正確な厚生分析が可能であるかどうかについて確認することは非常に重要であることがわかる．

表 A-8 の(10)式以下に示される会計方程式の最後のグループは，世界貯蓄と投資に関するものである．本モデルは比較静学モデルであるので，現在の投資は，企業が生産に用いることのできる現時点で入手可能な資本ストックを増大させない．企業が生産に用いることのできるのは，初期の資本ストックだけであり，これは外生的に与えられる．そのため，本モデルにおける投資の役割は，非常に限定されたものとならざるを得ない．投資量（および貯蓄量）が外生的に与えられたときには，期末の資本ストックの蓄積量が得られるだろう（(10)式を参照されたい）．投資が内生化されている場合は，世界貯蓄の需要を満たすように調整される（この点に関するマクロ経済上の閉じ方については，後ほど詳細に議論する）．(11)式は，地域の**総**投資額を集計し，減価償却を差し引くことによって，世界純投資が得ら

れることを表している．(13)式は地域貯蓄額の集計であり，(12)・(14)式は，この両者（貯蓄と投資）が等しいことを表現する（この場合，*walraslack* は外生変数である）か，もしくは Walras 法則を保証する（この場合，*walraslack* は内生変数であり，その解がゼロとなる必要がある）ものである．

VI Behavioral equations （**行動方程式**）

企業の行動

技術の樹形図

図 A-6 は，本モデルの各産業の企業における技術に関する仮定について図示したものである．この種の生産に関する「樹形図」（ツリー）は，分割可能で，かつ規模に関する収穫一定の技術の記述としては非常に便利である．逆さまになったツリーの左列の最下段には，たとえば，土地・労働・資本などの生産要素など，企業によって需要される個々の投入物が記されている．その投入量が *QFE*(*i, j, s*)であり，図においてはその変化率 *qfe*(*i, j, s*)で表されている．（いまのところは，**図 A-6** の[ ]内に示されている項はとりあえず無視していただきたい．これらの項は，技術の変化率に関する項であり，この後すぐに言及される．）企業はまた，中間財を購入し，そのうちのいくらかは国内で生産された財 *qfd*(*i, j, s*)であり，残りが輸入財 *qfm*(*i, j, s*)であろう．輸入財の場合には，中間財は輸入相手国別に区分される（*qxs*(*i, j, s*)）必要がある．ここで，国境での取引においては輸入合成財の部門別の内訳に関する情報が得られない，という**図 A-2** における議論を思い出して欲しい．このため，より上位の企業の生産ツリーと，２国間貿易における**代替弾力性一定**(*constant elasticity of substitution*: CES)という仮定のもとで合成される輸入財の間は，点線で区別されている．

企業が個々の投入物を合成し，生産物 *QO*(*i, s*)を生み出す方法は，各企業における投入財の**分割性**(separability)についてどのような仮定を置くかに大きく依存している．たとえば，企業は，中間投入財の価格とは**完全に独立して，**最適な生産要素の組み合わせを選択できると仮定する．また，規模に関する収穫一定という想定下においては，生産量の決定も（最適な生産要素の組み合わせとは）独立に決まるので，付加価値要素（＝生産要素）に関する企業の条件付き需要方程式の議論においては，土地・労働・資本の相対価格のみ注目すればよいことになる．このような性質を仮定することによって，各生産要素と中間投入財の間における代替弾力性が等しいという制約を課すことができる．こ

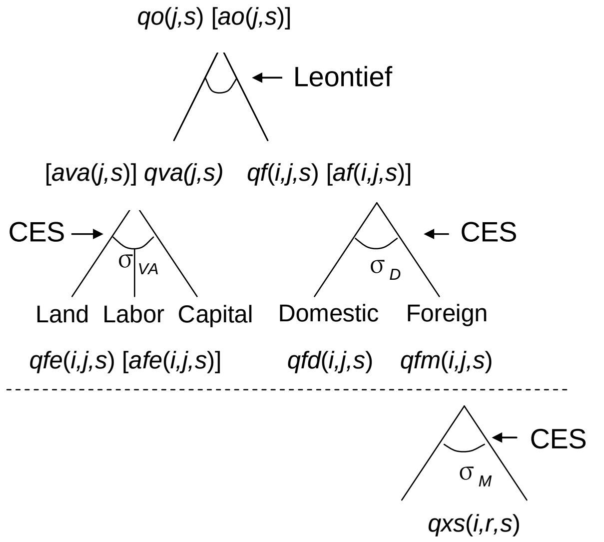

図 A-6　生産の構造（樹形図）

れにより，ツリーにおける中間財と生産要素が統合される部分に，共通の代替弾力性を記入することができ[訳注 10]，生産の樹形図を完成させることができるのである．これは，モデルを実際に運用する際において，必要とされるパラメータの数を大幅に減らすことができるという点から見ても，重要な仮定である．

生産ツリーの生産要素の部分についてみると，これらの要素間の代替の可能性についても，ひとつのパラメータで規定されていることがわかる．この CES（代替弾力性一定）という仮定は，資本と労働の２つの生産要素しか持たない部門においては，きわめて一般的な仮定である．しかしながら，３つめの投入物である土地をもつ農業のような部門を生産関数に含める場合には，すべての生産要素の組み合わせにおける代替弾力性が等しいという，比較的強い仮定を置かなければならない．このような仮定は，実際には真実ではないだろうけれども，この点についてより一般性のある何らかの仮定を置くための情報を，われわれは十分に持ち合わせていないのが現状である．

一般に，生産ツリーの各レベルにおける行動パラメータは，モデルの利用者が特定するのが通常であろう．しかしながら，以降で行う企業の行動を表現する方程式の定式化においては，合成された中間財と生産要素の間には，代替性は全くないものという仮定を置く．この仮定は，通常の応用一般均衡モデルでよく置かれるものであるというのは，GTAP モデルにおいてこの仮定を採用した理由としては，説得力が弱いかもしれない．実際には，いくつかの中間財と生産要素の間には，かなり大きな代替性があるという証

[訳注 10] ただし，この後すぐに言及されるように，GTAP モデルにおいては，生産要素と中間財の代替弾力性はゼロと仮定される．

拠も存在する．たとえば，1970 年代のエネルギー価格の高騰の際には，企業は，エネルギー効率のより高い新しい設備を購入することによって, 燃料の節約を図った. 同様に, 農家は，化学肥料価格の地代に対する相対的な変化に応じて，化学肥料の利用率を変更するという事実も示されている．しかしながら，ここまでに示されたような代替可能性は，すべての中間財が持ち合わせるものではないし，このような関係を適切に扱うためには，**図 A-6** の生産ツリーに描かれるよりも，よりフレキシブルな形の生産関数を設定しなければならない[原注 6,訳注 11].

図 A-6 に示される生産ツリーの，中間財投入の側の説明に移ろう．ここにおいても，これまでと同様の分割性，つまり，中間財の構成比率が生産要素価格とは独立であると仮定する．さらに，輸入中間財が，国内生産された中間投入財と分割できると仮定する．すなわち，企業は，最初に輸入相手国（の組み合わせ）を決定し，その結果得られる合成された輸入財価格に基づいて，合成輸入財と国内財の最適な組み合わせを決定する，と仮定するのである．このような仮定は，1969 年に Paul Armington によって始めて採用され, 輸入需要のモデル化における「Armington アプローチ」として知られているものである．しかしながら，このアプローチは，さまざまな文献で批判されてきた．たとえば，Winters (1984)や Alston et al. (1990)では，このような定式化はあまりに制限が強いので，ホモセティックでない AIDS(Almost Ideal Demand System)的な定式化が望ましい，と述べられている．可能ならば，よりフレキシブルな形での定式化が望ましいことは当然であるけれども，このような批判は，本モデルにおける他のあらゆる行動の定式化においても当てはまるものである．つまり，非集計的な世界モデルを構築し，キャリブレーションを行い，運用していくことが可能であるかどうかが問われているのである．一地域モデルにおいては，このような観点を取り入れたモデルの構築も見られるようにはなっているものの（たとえば, Robinson et al. 1993 など），このような問いに対する現時点における回答は，「不可能である」というものであろう．

Armington アプローチに対するより基本的な批判は, 産業組織論や不完全競争・貿易の分野における文献からみられる. このような分野においては, 製品差別化は内生化され, 個々の企業が自らの存在基盤(a market niche for themselves)を確立しようとする行為と密接に関連付けられる．このようなアプローチは，Spence (1976)や Dixit and Stiglitz (1979)によってはじめられたもので, いまや AGE モデルにおいて不完全競争を考慮する際に，よく採用されるアプローチとなっている（たとえば、Brown and Stern, 1989）．また，貿易政策の自由化効果に対しても，重大な示唆を与えるものである（Hertel and Lanclos, 1994）．また，Feenstra (1994)は，製品差別化が内生化されていないことが，輸入需要がホモセティックでないようにみえることの理由のひとつであると指摘した．この考え方に従えば，ある企業が新たに輸出を開始することによって輸入製品の多様性が増加すると, 当該地域家計の収入も増加するという相関関係があり, たとえ価格が一定であっても，輸入財の市場シェアが増加するという現象が生じるのである．

結局, Armington アプローチを採用することがベストだと考えられているわけではないものの，このアプローチは，同一種類の生産物の双方向貿易を説明でき，各国間貿易の流れを追跡することができるという利点がある．当然のことながら，多くの部門においては，不完全競争や製品差別化を内生化するアプローチのほうが望ましいだろう．しかしながら，このようなモデルでは，たとえば企業数などといった産業集積や，規模の経済性（もしくは固定費用）などに関するより多くの情報が必要とされ，世界規模でいえばこのようなデータはまだ未整備なのが現状である．ただし，この問題は，今後の重大な課題のひとつであることは明らかである．実際に，GTAP の集計データベースを利用し，不完全競争モデルを構築する類の研究が増加しているのは事実である（Harrison, Rutherford, and Tarr, 1995, Hertel and Lanclos, 1994, Francois, McDonald, and Nordstrom, 1995 など）．

行動方程式

図 A-6 に描かれた企業行動を表現する方程式が，**表 A-10** と **A-11** に示されている．方程式の各グループは，上記で議論した技術ツリーの各枝，つまり統合部分（ネスト）のひとつを表している．各ネストは２種類の方程式からなる．ひとつめは，ネストに含まれる**投入物の間の弾力性に関する方程式**である．この式は，当該ネストにおける CES 型の生産関数から直接得られるものである（詳細はこの節の後半で述べられる）．２種類めの方程式は，たとえば，合成輸入財などといった，そのネストで生産されることになる合成財の単位あたり費用を決定する，**合成財価格の方程式**である（**表 A-8** に示された部門別のゼロ利潤条件式と同じ式形となる）．ここで定められた合成財価格は，ひとつ上のネストを構成する方程式に組み込まれ，この合成財の需

[原注 6] このような操作に関心のある分析者は，自らの手でモデルの一部を修正する必要がある．ただし，後ほどみるように，この作業はさほど難しいことではない.

[訳注 11] なお，ver 4.1 以降では，代替弾力性がゼロでないケース（CES 関数）も考慮可能となったが，データの入手可能性の問題などにより，デフォルト値はゼロに設定されている．

表 A-10 輸入財の合成に関する方程式

(28)	$pim(i,s) = \sum_{k \in REG} MSHRS(i,k,s) * pms(i,k,s)$	$\forall i \in TRAD, \forall s \in REG$
(29)	$qxs(i,r,s) = qim(i,s) - \sigma_M(i) * [pms(i,r,s) - pim(i,s)]$	$\forall i \in TRAD, \forall r \in REG, \forall s \in REG$

表 A-11 企業の行動方程式

○中間財の合成

(30) $pf(i,j,r) = FMSHR(i,j,r) * pfm(i,j,r) + [1 - FMSHR(i,j,r)] * pfd(i,j,r)$ $\quad \forall i \in TRAD, \forall j \in PROD, \forall r \in REG$

(31) $qfm(i,j,s) = qf(i,j,s) - \sigma_D(i) * [pfm(i,j,s) - pf(i,j,s)]$ $\quad \forall i \in TRAD, \forall j \in PROD, \forall s \in REG$

(32) $qfd(i,j,s) = qf(i,j,s) - \sigma_D(i) * [pfd(i,j,s) - pf(i,j,s)]$ $\quad \forall i \in TRAD, \forall j \in PROD, \forall s \in REG$

○生産要素の合成

(33) $pva(j,r) = \sum_{k \in ENDW} SVA(k,j,r) * [pfe(k,j,r) - afe(k,j,r)]$ $\quad \forall j \in PROD, \forall r \in REG$

(34) $qfe(i,j,r) + afe(i,j,r) = qva(j,r) - \sigma_{VA}(j) * [pfe(i,j,r) - afe(i,j,r) - pva(j,r)]$ $\forall i \in ENDW, \forall j \in PROD, \forall r \in REG$

○最終製品の生産

(35) $qva(j,r) + ava(j,r) = qo(j,r) - ao(j,r)$ $\quad \forall j \in PROD, \forall r \in REG$

(36) $qf(i,j,r) + af(i,j,r) = qo(j,r) - ao(j,r)$ $\quad \forall i \in TRAD, \forall j \in PROD, \forall r \in REG$

○修正後のゼロ利潤条件

(6') $$VOA(j,r) * [ps(j,r) + ao(j,r)] = \sum_{i \in ENDW\_COMM} VFA(i,j,r) * [pfe(i,j,r) - afe(i,j,r) - ava(j,r)] + \sum_{i \in TRAD\_COMM} VFA(i,j,r) * [pf(i,j,r) - af(i,j,r)] + VOA(j,r) * profitslack(j,r)$$ $\forall j \in PROD, \forall r \in REG$

要が決定される，という構図になっている．

CES から派生する需要方程式を得る方法としては，いくつかのアプローチがある．ここでは，代替弾力性の定義からはじめて直感的に理解できる方法で説明しよう．実際のところ，以下で示す方法は，CES 関数が発明された経緯そのものである（Arrow et al. 1961）．２つの財を投入するケースを考え，各投入財の価格比の逆数が 1%変化したときの，コストを最小にするような投入財需要の変化率で，代替弾力性を定義する．すなわち，

$$\sigma \equiv (Q_1 \hat{/} Q_2)/(P_1 \hat{/} P_2) \quad \text{(A.5)}$$

ここで，ハットは%単位の変化をあらわす．よく知られる Cobb-Douglas 型の場合は，σ = 1 となる．この場合，価格の変化に関わらず，この２財の費用のシェアは不変である．σがより大きい場合には，数量シェアの変化率が価格シェアの変化率を上回り，価格が上昇した投入財が費用に占めるシェアは，小さくなることになる．(A.5)式を変化率（小文字で表される）で表示すれば，

$$(q_1 - q_2) = \sigma(p_2 - p_1) \quad \text{(A.6)}$$

を得る．

表 A-10 で用いられる需要方程式の式形を得るために，いくらかの式変形が必要となる．はじめに，生産関数の全微分を行い，企業の支払が生産物の限界価値に分解できるという事実を利用すれば，投入物と，合成財という生産物の間には，下記の関係が成立する[訳注 12]．

[訳注 12] CES 関数の定義および費用最小化行動から(A.7)式の導出

CES 関数は，

$$Q = \gamma \left[\delta_1 Q_1^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} + (1-\delta_1) Q_2^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} \right]^{\frac{\sigma}{\sigma-1}} \quad \text{i)}$$

と表される．ただし，γは生産規模を表すパラメータ，δ_1は財 1 の投入割合を表すパラメータである．i)式 $Q = F(Q_1, Q_2)$を Q_1, Q_2でそれぞれ偏微分し，さらに i)式を用いて書き直せば，

$$\frac{\partial F}{\partial Q_1} = \gamma^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} \cdot \delta_1 \cdot \left(\frac{Q}{Q_1}\right)^{\frac{1}{\sigma}}, \quad \frac{\partial F}{\partial Q_2} = \gamma^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} \cdot (1-\delta_1) \cdot \left(\frac{Q}{Q_2}\right)^{\frac{1}{\sigma}} \quad \text{ii)}$$

が得られる．このとき，

$$dQ = \frac{\partial F}{\partial Q_1} \cdot dQ_1 + \frac{\partial F}{\partial Q_2} \cdot dQ_2$$

に，ii)式および $dQ = q \cdot Q$，$dQ_1 = q_1 \cdot Q_1$，$dQ_2 = q_2 \cdot Q_2$ を代入すると，

$$q = \theta_1 q_1 + (1-\theta_1) q_2 \tag{A.7}$$

ここで，θ 1 は，投入財 1 の費用のシェアであり，(1- θ 1)は，投入財 2 の費用のシェアである．この式において q_2 を求めれば，

$$q_2 = (q - \theta_1 q_1)/(1-\theta_1) \tag{A.8}$$

となる．これを(A.6)式に代入すれば，

$$q_1 = \sigma(p_2 - p_1) + [q - \theta_1 q_1]/(1-\theta_1) \tag{A.9}$$

上式を整理すると，ひとつめの投入財に対する派生需要方程式が得られる．

$$q_1 = (1-\theta_1)\sigma(p_2 - p_1) + q \tag{A.10}$$

この条件付き需要方程式は，価格に対してゼロ次同次であることと，需要の価格に対する補償交差弾力性が，(1- θ 1)*σとなることに注意されたい．

CES 型の需要方程式を得るために必要な最後の関係式として，下記のような合成財価格に関する式が必要となる．

$$p = \theta_1 p_1 + (1-\theta_1) p_2 \tag{A.11}$$

上式は，**表 A-8** の(6)式に示されるゼロ利潤条件の両辺を当事者価格で表示された生産総額で除したものである．収入はすべて支出に費やされるので，合成財の価格は，各投入財の価格がその支出シェアで重み付けされたものとなる．ここから，上記で行った式展開と同様の方法により，最初に p_2 を p_1 と p の関数として解き，それを(A.10)式に代入すれば，

$$q_1 = (1-\theta_1)\sigma\{[p - \theta_1 q_1]/(1-\theta_1) - p_1\} + q \tag{A.12}$$

を得る．これを整理すると，下記の式が得られ，これが，ひとつめの投入財に関する CES 型の合成財の最終的な派生需要方程式となる．

$$q_1 = \sigma(p - p_1) + q \tag{A.13}$$

(A.13)式は非常にすっきりした形をしており，また**投入財の数が２つ以上存在する場合にも結果が変わらない**という特徴がある．この等式は，当該企業の派生需要の変化 q_1 が，２つの部分に分解されることを表している．ひとつめは代替効果である．これは，定数である代替弾力性と，投入財 1 の価格に対する合成財価格の比率の変化の積である．２つめの要素は拡大効果である．規模に関する収穫一定を仮定しているため，生産物と投入物の間に比例関係が成立することを表している．

では，**表 A-10** および **A-11** に戻り，個々の等式について詳しく見ていこう．既に述べたように，**図 A-6** に示される各 CES のネストは，一本の合成財価格の方程式と，複数の条件付き需要方程式の，２種類の方程式を含んでいる．たとえば，**表 A-10** の最上段に示される(28)式は，輸入合成財価格の変化 *pim*(*i*, *s*)を説明するものである．**表 A-8** の(6)式に示された部門別の価格方程式とは異なり，ここでは，地域 *k* からの財 *i* の輸入が，地域 *s* における当該品目の合成輸入財に占める費用のシェアを表す *MSHRS*(*i*, *k*, *s*)を用いる（ここで，この合成財は当該地域における全ての用途に対して同じものが利用されることに注意されたい）．その次の方程式は，輸入合成財の価格変化率 *pim*(*i*, *s*)と各輸入相手国における市場価格の変化率 *pms*(*i*, *r*, *s*)によって，相手国別の輸入量の変化率を決定する式である[訳注 13]．

表 A-11 に示される最初の方程式群は，合成中間財投入のネストについて表現したものである．ここでは，個別の産業を考慮する必要がある．*FMSHR*(*i*, *j*, *r*)は，地域 *r* の産業 *j* に属する企業における財 *i* の購入量のうち，輸入財が占める割合を表す．ここまでの定式化において，輸入合成財と国内生産財の購入量が区別されていたことに注意すれば，条件付き需要方程式も輸入財（(31)式）と国内生産財（(32)式）に分けて定式化する必要がある．

表 A-11 における(33)式および(34)式は，企業の生産ツリーの付加価値に関するネストについて，合成付加価値財の価格変化 *pva* と各部門における生産要素の条件付き需要の変化 *qfe* を説明したものである．ここで，係数 *SVA*(*i*, *j*, *r*)は，

$$q \cdot Q = q_1 \cdot (\gamma \cdot Q_1)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} \cdot Q^{\frac{1}{\sigma}} + q_2 \cdot (\gamma \cdot Q_2)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} \cdot (1-\delta_1) \cdot Q^{\frac{1}{\sigma}}$$

を得る．したがって，

$$q = q_1 \cdot \frac{\delta_1 \cdot Q_1^{\frac{\sigma-1}{\sigma}}}{(Q/\gamma)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}}} + q_2 \cdot \frac{(1-\delta_1) \cdot Q_2^{\frac{\sigma-1}{\sigma}}}{(Q/\gamma)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}}}$$

$$= q_1 \cdot \frac{\delta_1 \cdot Q_1^{\frac{\sigma-1}{\sigma}}}{\delta_1 \cdot Q_1^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} + (1-\delta_1) \cdot Q_2^{\frac{\sigma-1}{\sigma}}} + q_2 \cdot \frac{(1-\delta_1) \cdot Q_2^{\frac{\sigma-1}{\sigma}}}{\delta_1 \cdot Q_1^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} + (1-\delta_1) \cdot Q_2^{\frac{\sigma-1}{\sigma}}}$$

ここで，$\dfrac{\delta_1 \cdot Q_1^{\frac{\sigma-1}{\sigma}}}{\delta_1 \cdot Q_1^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} + (1-\delta_1) \cdot Q_2^{\frac{\sigma-1}{\sigma}}} = \theta_1$ は，財１の支出シェアであるので，(A.7)式が得られる．

[訳注 13] **表 A-17** に示されるように，国際輸送において輸送技術係数 ATS(*i*, *r*, *s*)（技術係数については次段落以降を参照されたい）が考慮されているのと同様に，GTAP ver6.0 以降では，入国後（関税課税後）の輸入財輸送に関する技術係数 AMS(*i*, *r*, *s*)が導入された．このため，**表 A-17** の解説に示されたものと同様の考え方にしたがって，**表 A-10** の(28)・(29)式は，次のように書き直される [3]．

(28’) $pim(i,s) = \sum_{k \in REG} MSHRS(i,k,s) * \{pms(i,k,s) - ams(i,k,s)\}$

(29’) $qxs(i,r,s) + ams(i,r,s) =$
$qim(i,s) - \sigma_M(i) * [pms(i,r,s) - ams(i,r,s) - pim(i,s)]$

地域 r の産業 j における総付加価値費用のうちの，生産要素 i の占める割合である．これらの方程式においては，価格変化の変数 $pfe(i, j, r)$に加えて，生産要素の利用効率を増加させるような技術変化率を表す変数 $afe(i, j, r)$も含んでいる．もう少し説明を加えれば，この変数 afe は，変数 $AFE(i, j, r)$の変化率を表し，$AFE(i, j, r)^* QFE(i, j, r)$は，地域 r の産業 j における生産要素 i の**実効**投入量（effective input）を表すのである．このような考え方に基づき，$afe(i, j, r)$を $pfe(i, j, r)$から差し引く項が方程式に含まれているので，たとえば，$afe(i, j, r) > 0$ である場合，生産要素 i の実効価格（実質的な価格）は減少することになる．このとき，①(34)式の右辺に示されるように，生産要素 i における他の要素への代替が促進され，②(34)式の左辺に表されるように，生産要素 i の需要が（実効価格一定のもとで）減少し，③(33)式に表されるように，合成付加価値の費用が減少する，という３つの効果がもたらされ，これにより，（当該生産要素を含む）すべての生産要素の利用拡大をもたらす．

最後に，付加価値と中間投入財の合成需要生成に関する最上レベルのネストについて議論しよう．ここでは，付加価値と中間投入財の間には（いまのところ）代替性が存在しないと仮定しているので，これらの条件付需要関数における価格変化の相対差に関する項は消去され，需要拡大効果のみが残ることとなる．さらに，このネストにおいては，3 種類の技術変化が考慮されている．$ava(j, r)$と $af(i, j, r)$は，合成された付加価値と中間財それぞれに関する技術進歩を表現するために導入された変数である．また，$ao(j, r)$は Hicks 中立的な技術変化に関する変数である．この変数は，ある所与の生産レベルに対する必要投入量を，付加価値・中間財にかかわらず一律に減少させるものである．最後に，この部門の生産物価格を決定するゼロ利潤条件（(6')式）を再度定式化する．この方程式は，地域 r における製品 j の合成生産物の価格に，技術変化の効果を反映させるという修正を加えたものである．

関税改定に対する示唆

表 A-11 に示された生産者の行動に関する線形の方程式系は，貿易政策に関するショックの効果について検討する際に非常に有用である．たとえば，地域 r から s への財 i の輸入に課せられる２国間関税の減税（$tms(i, r, s) < 0$）について考えてみよう．この減税により，**表 A-9** の(24)式に示される価格リンク式に従えば，$pms(i, r, s)$が減少する．国内消費者の需要は，**表 A-10** の(29)式に従って，競合する（他国からの）輸入財からただちにシフトする．また(28)・(23)式より，産業部門 j が直面する輸入合成財の価格が下がり，**表 A-11** の(31)式に従って，輸入の集計需要が増加する．(30)式により，輸入品の値下がりは，合成中間財価格の価格を引き下げ，(6')式に従って，現状の価格に対する超過利潤を発生させる．これにより，生産の拡大がもたらされ，**表 A-11** の(35)・(36)式を通じて生産拡大効果が広まっていくのである．（もちろん，非食料品部門の活動レベルが外生的に与えられるような部分均衡モデルにおいては，生産拡大効果は，食料品部門に対してのみ発現する．）

この生産拡大効果は，**表 A-11** の(34)式に従って，生産要素需要の増加をもたらす．上記の部分均衡問題においては，非食品部門から労働と資本の供給が無尽蔵に供給されると仮定されているので，i が労働または資本を表すとき，$pfe(i, j, r)$は変化しない．しかしながら，一般均衡モデルにおいては，生産の拡大は，(4)式に示される移動可能な生産要素に関する市場清算条件に従って超過需要の発生をもたらすので，これらの要素価格の上昇を招き，減税地域の他部門へショックが伝播していく．

今度は，$tms(i, r, s)$が減少した製品を生産している地域 r に着目しよう．**表 A-10** の(29)式を用いれば，地域 s における関税ショックに対する各当事者の反応が与えられているときの，地域 r から s への財 i の総売上についての示唆が得られるだろう．続けて，(1)式を用いれば，（市場清算条件を割愛し $pm(i, r)$が固定されるような，何らかの部分均衡的なモデルの閉じ方がされていなければ，）当該地域の総生産 $qo(i, r)$にどのような影響を与えるかが予想できる．さらに，**表 A-11** の(35)式および(36)式にしたがって，生産拡大効果が中間財需要と地域 r における生産要素市場に伝播していくことも確認できる．

家計の行動[訳注 14]

理論

図 A-1 および **A-2** に示されるように，地域家計の行動は，合成された民間消費と政府購入，および貯蓄から構成される，集計された効用関数で表現される．この静的効用関数に貯蓄を含めるという扱いは，異時点間における拡張された線形支出システム（ELES: Extended Linear Expenditure System）が，これと等価な，効用関数に貯蓄を考慮した時間に依存しない最大化問題に置き換えることができることを示した，Howe (1975)の業績による．ここでは，貯蓄の家計予算全体に占める割合の下限値がゼロであるという制約のもとで定義される，Stone-Geary 型の効用関数が採用され

[訳注 14] この項に関しては，GTAP ver6.0 において，地域家計の効用関数をはじめとして大幅な修正が施された．その内容については，**付録 C** を参照されたい．

表 A-12 家計の行動方程式

○集計された効用

(37) $INCOME(r)*u(r)=PRIVEXP(r)*up(r)+GOVEXP(r)*[ug(r)-pop(r)]+SAVE(r)*[qsave(r)-pop(r)]$ $\forall r\in REG$

○貯蓄

(38) $qsave(r)=y(r)-psave+saveslack(r)$ $\forall r\in REG$

○政府購入

(39) $ug(r)=y(r)-pgov(r)+govslack(r)$ $\forall r\in REG$

・政府の合成財需要

(40) $pgov(r)=\sum_{i\in TRAD\_COMM}(VGA(i,r)/GOVEXP(r))*pg(i,r)$ $\forall r\in REG$

(41) $qg(i,r)=ug(r)-[pg(i,r)-pgov(r)]$ $\forall i\in TRAD,\forall r\in REG$

・合成財の構成

(42) $pg(i,s)=GMSHR(i,s)*pgm(i,s)+[1-GMSHR(i,s)]*pgd(i,s)$ $\forall i\in TRAD,\forall s\in REG$

(43) $qgm(i,s)=qg(i,s)+\sigma_D(i)*[pg(i,s)-pgm(i,s)]$ $\forall i\in TRAD,\forall s\in REG$

(44) $qgd(i,s)=qg(i,s)+\sigma_D(i)*[pg(i,s)-pgd(i,s)]$ $\forall i\in TRAD,\forall s\in REG$

○民間家計の需要

(45) $yp(r)=\sum_{i\in TRAD}[CONSHR(i,r)*pp(i,r)]+\sum_{i\in TRAD}[CONSHR(i,r)*INCPAR(i,r)]*up(r)+pop(r)$ $\forall r\in REG$

・家計の合成財需要

(46) $qp(i,r)=\sum_{k\in TRAD}EP(i,k,r)*pp(k,r)+EY(i,r)*[yp(r)-pop(r)]+pop(r)$ $\forall i\in TRAD,\forall r\in REG$

・合成財の構成

(47) $pp(i,s)=PMSHR(i,s)*ppm(i,s)+[1-PMSHR(i,s)]*ppd(i,s)$ $\forall i\in TRAD,\forall s\in REG$

(48) $qpd(i,s)=qp(i,s)+\sigma_D(i)*[pp(i,s)-ppd(i,s)]$ $\forall i\in TRAD,\forall s\in REG$

(49) $qpm(i,s)=qp(i,s)+\sigma_D(i)*[pp(i,s)-ppm(i,s)]$ $\forall i\in TRAD,\forall s\in REG$

ている．ここで表現される現在の消費に関する一連の支出方程式は，Lluch (1973)の異時点間最適化問題から得られる結果と等価になる[原注7]．GTAP モデルでは，すべての項目の予算に対するシェアの下限値がゼロであるという，Stone-Geary 効用関数の一特殊形を採用する．関数形をこのように特定することで，うまく定義された(well-defined)異時点間最適化問題と関連付けることができるという，Howe の業績を利用することができる．

本モデルにおける地域家計の効用関数に関するその他の特徴として，政府による，当該地域の民間家計に対する公共財およびサービスの提供によって獲得される厚生の代理指標として，現在の政府支出を用いている点が上げられる．ここでは，Keller (1980, 第 8 章)の業績を紹介しよう．すなわち，①もし公共財の選好が民間消費財の選好と分離可能で，②公共財に対する効用関数が，地域経済に含まれる各家計について特定可能であれば，公共財効用関数を導出することができる，というものである．地域の厚生を推定するために必要な民間家計の効用の統合的な指標を作成するためには，さらに，当初の均衡状態で提供されている公共財のレベルが最適であるという仮定が必要である．このような仮定を置くことを望まない場合は，民間家計の消費を適宜修正しながら，集計的な政府効用レベルを固定するという方法も可能である．

方程式

本モデルにおける地域家計の行動方程式は，**表 A-12** に示されるとおりである．上記で述べたように，地域家計は，総地域収入を，一人当たりの Cobb-Douglas 型効用関数に従って，民間家計支出，政府支出，および貯蓄の 3 種類の最終需要に分割する（(37)式）[訳注15]．このような標準的な手続

[原注7] Howe(1975)では，時間に依存しない効用関数における貯蓄シェアパラメータが，（1 - 資本の再生産率に対する消費者の時間選好率）で表現されることも示されている．

[訳注15] Cobb-Douglas 型効用関数からの(37)式の導出

きにおいては，総収入に対する各支出分野の占める割合を一定と仮定する必要がある．これは，貯蓄への実質支出の変化率を決定する(38)式と,政府の活動を地域収入や価格の関数で表現する(39)式からもわかることである．これらの方程式は，貯蓄量の変化率 *qsave* および政府の合成財消費による効用の変化率 *ug* を，外生的に与える必要のあるときに，これらの固定された変数に代わって変動するスラック変数も含まれている．このような定式化において，地域の総収入が過不足なくすべて消費されるためには，当該地域住民の民間家計支出の変化率が，(8)式によって算出される必要がある．民間家計と政府家計の合成財に対する需要は，より詳細な検討が必要である．はじめに，集計前の政府需要から見ていこう．

政府需要

実質政府支出の変化率がきまれば，次の作業は，この消費額を各合成財に割り当てることである．ここでは，各合成財の予算総額に占めるシェアが一定(constant budget share)であるという Cobb-Douglas 型の仮定を再度置くことになる．**表 A-12** の(40)式および(41)式に，この方程式が示されている．ひとつめの式は，すべての政府購入について集計された価格指標 *pgov*(*r*)を定義するものである．次の式では，この指標を用いて，合成された貿易財の条件付需要 *qg*(*i*, *r*)を得ている．ここで，(41)式の導出においては，**表 A-11** に示される CES 型の生産関数に関するネストにおける関係式（たとえば(31)式，(32)式など）と類似性をもつことに注意されたい．（本モデルでは，政府の効用関数については Cobb-Douglas 型（すなわち，σ＝1）を仮定しているので，(41)式では代替弾力性パラメータが省略されている．）

合成財に対する集計需要が得られれば，政府の効用を構成するツリーを，企業について説明した**図 A-6** および**表 A-11** の類推によって，構築することができる．最初に，価格指標は(42)式によって定義されるので，(43)式および(44)式に従って，合成需要を輸入財と国内生産財に分配することができる．最後に，国境において行われる各輸入相手国

本モデルにおける地域家計の効用関数は，地域家計を構成する民間家計消費・政府消費・貯蓄のそれぞれにおける人口一人当たりの効用と，各部門への支出が地域家計支出に占めるシェアを用いて，次式のように表される [2]．

$$U(r)=\{UP(r)\}^{\frac{PRIVEXP(r)}{INCOME(r)}}\cdot\left\{\frac{UG(r)}{POP(r)}\right\}^{\frac{GOVEXP(r)}{INCOME(r)}}\cdot\left\{\frac{QSAVE(r)}{POP(r)}\right\}^{\frac{SAVE(r)}{INCOME(r)}}$$

ここまでの議論と同様に，変化率で表示すれば，

$$u(r)=\frac{PRIVEXP(r)}{INCOME(r)}\cdot up(r)+\frac{GOVEXP(r)}{INCOME(r)}\cdot[ug(r)-pop(r)]+\frac{SAVE(r)}{INCOME(r)}\cdot[qsave(r)-pop(r)]$$

両辺に地域家計の全所得 *INCOME*(*r*)を乗じれば，(37)式が得られる．

への需要の分配は，**表 A-10** に示された方程式に従う．Armington の代替弾力性パラメータ σ_D は，各部門の企業や政府家計・民間家計といった需要元ごとに定義されているわけではないので，すべての需要元について等しいと仮定されていることになる．そのため，企業と家計の輸入需要が区分されているのは，輸入総額のシェアが異なるという点においてのみとなる．しかしながら，これは些細な違いではない．産業部門や家計によっては，輸入財を大量に利用することもあるかもしれない．そのような部門においては，結果として，たとえば輸入財に対する関税の変化に対して他部門よりも大きな影響を受けるだろう．このようなことの存在が，本プロジェクトにおいて，各部門に関する輸入相手国などの詳細を調査し，データを設定することに相当の労力がかけられていることの理由でもある．

民間家計の需要

民間家計の需要は，ホモセティックでないと考えられるため，これまでと若干異なる取り扱いが必要となる．とりわけ，民間家計の消費による効用を計算する際には，人口増加率を明示的に考慮しなければならない．そのため，民間家計の効用の変化率 *up*(*r*)は，ひとりあたりの変化として定義されなければならない．民間家計の消費効用の変化率を求める手法は，民間家計の選好に関する仮定に依存する．ここでは，実用に耐えうるという理由により，Hanoch (1975) によって最初に提案された CDE（Constant Difference of Elasticities: 代替弾力性の差が一定）関数を用いることとする．この関数は，ホモセティックでない CES 関数と，完全にフレキシブルな式形を持つ関数の中間に位置するものである．本モデル構築の観点からいえば，この関数を利用することのメリットは，収入や，自らの需要に対する価格弾力性といった，実際に存在する情報を用いて比較的簡便にキャリブレートすることが可能である，という点にある（CDE 関数形を用いた AGE モデルにおけるキャリブレーションの詳細な方法については，Hertel et al., 1991 を参照されたい）．

CDE 型間接支出関数は，(A.14)式で与えられる．

$$\sum_{i\in TRAD}\left\{\begin{array}{l}B(i,r)*UP(r)^{\beta(i,r)\gamma(i,r)}\\ *\left[PP(i,r)/E(\mathbf{PP}(r),UP(r))\right]^{\beta(i,r)}\end{array}\right\}\equiv 1 \qquad \text{(A.14)}$$

ここで，*E*(***PP*(*r*)**, *UP*(*r*))は，民間家計の価格ベクトル ***PP*(*r*)** が与えられた際に，事前に定められた民間家計の効用水準 *UP*(*r*)を保持するという条件下において，支出を最小にする関数（支出関数）である．このようにして得られた最小支出は，個々の価格を標準化するために用いられている．CDE 関数は，このようにして基準化された価格を β(*i*, *r*)乗した

項を含むものの加法形で表される．当該地域において，すべての品目に対してβが共通でない場合は, (A.14)式の左辺において最小支出項を加法和（シグマ）の外側に出すことができないため，この式は，支出関数の絶対加法和(implicitly additive)となる．キャリブレーションの際には，必要となる補償需要の自己弾力性を再現するβの値を選択し，次に必要となる需要の収入に対する弾力性を再現するγの値を選択する，という過程をとる．（変換係数 $B(i, r)$ は，この選好関係を線形表現した際の予算シェア $CONSHR(i, r)$を導くためのスケールパラメータである．）

(A.14)式を全微分し，Shephrd の補題を用いれば，**表 A-12** の(45)式に与えられるような最小支出と効用, 価格の関係が得られる（詳しくは，Hertel, Horridge, and Pearson, 1992 を参照されたい）[訳注16]．(46)式は，貿易合成財に対する民間家計ひとりあたりの需要 $qp(i, r)$-$pop(r)$を決定するものである．$EY(i, r)$が１でない限り，つまり政府や貯蓄需要がホモセティックでない場合には，この $pop(r)$の項はキャンセルアウトされない．**表 A-12** の最後に示される(47)-(49)式は，貿易財についての国内財と輸入合成財の合成された消費に関する方程式群である（これらの方程式は，政府消費の場合と同じ形をしている）．

２つ前のパラグラフで述べたように，CDE 型関数のパラメータは，前もって決められていた需要の自己価格弾力性および所得弾力性を再現するように，あらかじめ推定される．しかしながら，たとえば Cobb-Douglas 型関数などの特殊ケースを除いては，CDE 型関数における弾力性は一定ではない．むしろ，支出シェアと相対価格の比は様々に異なる．（この定式化の導出やより詳細な議論については，Hertel et al., 1991 を参照されたい．また，原著 [1]第４章においても，需要の所得弾力性が，支出レベルによってどのように異なってくるかについての概観が述べられている．）このような理由により，非線形問題の求解過程における弾力性の更新方法について，補足的な等式を提示する必要がある．

表 A-13 に，需要の非補償価格弾力性 $EP(i, k, r)$および所得弾力性 $EY(i, r)$に関する等式を示す．（なお，これらの等式には，通しの式番号がつけられておらず，代わりに，先頭に「F」とつけられた式番号が振られている．これは，これらの等式は，本モデルにおける方程式系において用いられるパラメータを推定するためだけに利用されるからである．）最初の式(F1)は，以降の等式を簡潔に記述するために，(A.14)式に示される CDE 型関数に含まれるパラメータβを１から引くことにより，パラメータαを得るという単純な式である．(F2)式および(F3)式は，消費に関する Allen の部分自己価格弾力性および交差価格弾力性である（ここで後者の弾力性は，各品目に対して対称的に定義されていることに注意されたい）．これらの等式は，パラメータαと消費シェアに関する単純な関数である．ここで，$\beta(i, r)$が財 i に対して共通（$\beta(i, r)=\beta, \forall i$）である場合は，交差価格弾力性は $\alpha = 1-\beta$ に等しくなり，この関数は，CES 型関数となる．さらに，$\beta=1$ のときは消費に関する弾力性はゼロとなり，$\beta=0$ のときは Cobb-Douglas 型関数となる．(F3)式の両辺に $CONSHR(i, r)$を乗じることによって，i 財に

[訳注16] (45)式の導出

(A.14)式を変数 $UP, PP, E(\mathbf{PP}, UP)$について全微分すれば,

$$\left\{\sum_{i\in TRAD}\frac{\beta(i,r)\cdot\gamma(i,r)\cdot B(i,r)\cdot UP(r)^{\beta(i,r)\gamma(i,r)}}{\cdot[PP(i,r)/E(\mathbf{PP}(r),UP(r))]^{\beta(i,r)}}\right\}\cdot\frac{dUP(r)}{UP(r)}$$
$$+\sum_{i\in TRAD}\left\{\begin{array}{l}\beta(i,r)\cdot B(i,r)\cdot UP(r)^{\beta(i,r)\gamma(i,r)}\\ \cdot[PP(i,r)/E(\mathbf{PP}(r),UP(r))]^{\beta(i,r)}\cdot\dfrac{dPP(i,r)}{PP(i,r)}\end{array}\right\} \quad \text{i)}$$
$$-\left\{\sum_{i\in TRAD}\frac{\beta(i,r)\cdot B(i,r)\cdot UP(r)^{\beta(i,r)\gamma(i,r)}}{\cdot[PP(i,r)/E(\mathbf{PP}(r),UP(r))]^{\beta(i,r)}}\right\}\cdot\frac{dE(\mathbf{PP}(r),UP(r))}{E(\mathbf{PP}(r),UP(r))}=0$$

となることから，$E(\mathbf{PP}, UP)$の $PP(i, r)$に関する偏微分は,

$$\frac{\partial E(\mathbf{PP}(r),UP(r))}{\partial PP(i,r)}=\frac{\begin{array}{l}\beta(i,r)\cdot B(i,r)\cdot UP(r)^{\beta(i,r)\gamma(i,r)}\\ \cdot[PP(i,r)/E(\mathbf{PP}(r),UP(r))]^{\beta(i,r)}\end{array}}{\sum_{i\in TRAD}\left[\begin{array}{l}\beta(i,r)\cdot B(i,r)\cdot UP(r)^{\beta(i,r)\gamma(i,r)}\\ \cdot[PP(i,r)/E(PP(i,r),UP(r))]^{\beta(i,r)}\end{array}\right]}\cdot\frac{E(\mathbf{PP}(r),UP(r))}{PP(i,r)} \quad \text{ii)}$$

となる．ここで，Shephard の補題

$$QP(i,r)=\frac{\partial E(\mathbf{PP}(r)\cdot UP(i,r))}{\partial PP(i,r)}$$

および支出シェアの定義

$$CONSHR(i,r)=\frac{PP(i,r)\cdot QP(i,r)}{E(\mathbf{PP}(r)\cdot UP(r))}$$

を用いれば，ii)式は,

$$CONSHR(i,r)=\frac{\begin{array}{l}\beta(i,r)\cdot B(i,r)\cdot UP(r)^{\beta(i,r)\gamma(i,r)}\\ \cdot[PP(i,r)/E(\mathbf{PP}(r),UP(r))]^{\beta(i,r)}\end{array}}{\sum_{i\in TRAD}\left[\begin{array}{l}\beta(i,r)\cdot B(i,r)\cdot UP(r)^{\beta(i,r)\gamma(i,r)}\\ \cdot[PP(i,r)/E(\mathbf{PP}(r),UP(r))]^{\beta(i,r)}\end{array}\right]} \quad \text{iii)}$$

と書き直せる．ここで，当該地域における民間家計の消費支出総額の $YP(r)$は,

$$YP(r)=POP(r)\cdot E(\mathbf{PP}(r),UP(r))$$

と表される．これを変化率の式

$$yp(r)=\frac{dE(\mathbf{PP}(r),UP(r))}{E(\mathbf{PP}(r),UP(r))}+pop(r)$$

に書き直し，i), iii)式を代入すれば,

$$yp(r)=\sum_{i\in TRAD}[\gamma(i,r)\cdot CONSHR(i,r)]\cdot up(r)+\sum_{i\in TRAD}[CONSHR(i,r)\cdot pp(i,r)]+pop(r)$$

となり(45)式が得られる($\gamma(i,r)=INCPAR(i,r)$).

表 A-13 民間家計の CDE 関数に含まれる需要弾力性パラメータに関する方程式

(F1) $\alpha(i,r) = [1-\beta(i,r)]$ $\quad \forall i \in TRAD, \forall r \in REG$

(F2) $APE(i,k,r) = \alpha(i,r) + \alpha(k,r) - \sum_{m \in TRAD} [CONSHR(m,r) * \alpha(m,r)]$ $\quad \forall i \in TRAD, \forall r \in REG$

(F3) $APE(i,i,r) = 2.0 * \alpha(i,r) - \sum_{m \in TRAD} [CONSHR(m,r) * \alpha(m,r)] - \frac{\alpha(i,r)}{CONSHR(i,r)}$ $\quad \forall i \in TRAD, \forall r \in REG$

(F4) $EY(i,r) = \frac{\gamma(m,r) * [1.0 * \alpha(i,r)]}{\sum_{m \in TRAD} CONSHR(m,r) * \gamma(m,r)} + \sum_{m \in TRAD} CONSHR(m,r) * \gamma(m,r) * \alpha(m,r)$

$+ \left\{ \alpha(i,r) - \sum_{m \in TRAD} [CONSHR(m,r) * \alpha(m,r)] \right\}$ $\quad \forall i \in TRAD, \forall r \in REG$

(F5) $EP(i,k,r) = [APE(i,k,r) - EY(i,r)] * CONSHR(k,r)$ $\quad \forall i \in TRAD, \forall k \in TRAD, \forall r \in REG$

表 A-14 移動困難な生産要素の供給

(50) $pm(i,r) = \sum_{k \in PROD\_COMM} REVSHR(i,k,r) * pmes(i,k,r)$ $\quad \forall i \in TRAD, \forall r \in REG$

(51) $qoes(i,j,r) = qo(i,r) - endwslack(i,r) + \sigma_T(i) * [pm(i,r) - pmes(i,r)]$ $\quad \forall i \in ENDWS, \forall j \in PROD, \forall r \in REG$

おける補償された需要の自己価格弾力性を得ることができる. 一度これらの値が決められれば, 線形方程式によって, αおよびβをキャリブレーションによっても求めることができる（キャリブレーションの詳細な方法については，原著第４章を参照されたい．）

(F4)式には，需要の所得弾力性が，支出シェアと所得拡大パラメータγ，およびαの関数として定義されている．このため，需要の自己価格弾力性を求めるためのキャリブレーションが，所得弾力性を求めるキャリブレーションに先んじて行われる必要がある．最後に，(F5)式に示されるように，これら２つの弾力性値をもとに，需要の非補償自己価格弾力性を求める．

生産要素の不完全な移動可能性

表 A-14 に示される２つの方程式は, 移動の困難な生産要素を利用している生産部門におけるレンタル率の変化が当該生産要素に及ぼす影響について記述したものである．これらの生産要素の移動可能性は，Powell and Gruen (1968)によって提案された，CET 所得関数によって表現される．ここで CET 所得関数とは，所得が価格に対して凸関数（増加関数）であることを除けば，CES 生産関数と全く同様の形式をしている．従って，その転換弾力性 σ_T は負（$\sigma_T < 0$）となる．σ_T の絶対値が大きくなると，移動の「困難さ」が減少して流動性が高まり，各生産部門におけるレンタル率がより連動するようになる．これまでの議論で CES 関数を用いたネストについてみたときと同様に，ひとつめの式である(50)式は価格の合成について表したものであり，２つめの(51)式は転換の関係について規定したものである．また，(51)式においては, 移動の困難な生産要素の市場価格を固定した分析を行う際に用いられるスラック変数を導入していることにも注意されたい.

マクロ経済上の閉じ方

ここまでで GTAP モデルにおける最終需要の構造と生産要素市場の閉じ方に関する記述が終了し，あとは集計された投資の決定に関する議論が残されている．多くの比較静学 AGE モデルと同様に，GTAP においても，集計された投資に関する通常の説明要因であるマクロ経済政策や貨幣の流通に関する知見を含めることはできない．それよりも，我々の関心は，貿易政策や生産資源に関するショックが，世界規模の生産や貿易に関する中期的なパターンにどのような影響を及ぼすかについてシミュレーションを行うことにある．このモデルは，McKibbin and Sachs (1991)のような多時点モデルでもないし，Burniaux and van der Mensbrugghe (1991)のような時間の経過を連続的に捉え, 各時点における一連の均衡を得るモデルでもないので，「現状の配分のまま(“on-line”)」投資は，本モデルの各産業や地域における次期の生産能力に影響を及ぼすことはないだろう．しかしながら，地域をまたいだ投資の再配分は，最終需要の構成に対する影響を通じて, 生産や貿易に影響を与えるだろう．そのため，我々のモデルにおいて，投資についても注意を払う必要がある．加えて，世界経済システムを完成させ，会計上の一貫性を確保するためには，貯蓄と投資のリンクを適切に取り扱うことが必要となってくる．

投資の決定に関する時点をまたいだメカニズムというものは存在しないので，Sen (1963)が定義したマクロ経済における閉じ方をみてみよう（この点については，Taylor and Lysy, 1969 も参照されたい）．Dewatripont and Michel (1987)に従い，比較静学モデルにおける投資の基本的な不確定性を解決する，４つの主たる手段についてみていこう．最初の３つは，投資は単純に固定されており，他の資源が変化することにより全体が調整されるという，非新古典派的な閉じ方である．４つ目の閉じ方は，投資額を調整するものである．ただし，この方法は，投資に関する独自の関係式を構築するというよりは，単に貯蓄を変化させるというものである．

投資に関するルールを組み込むことに加えて，国際収支(current account)上考えられる変化についても考慮しておく必要がある．多くの多地域貿易モデルは，２国間商品貿易フローによって結び付けられた単一地域モデルの組み合わせとして進化してきた（たとえば，Lewis, Robinson, and Wang, 1995 に示されるように，初期の SALTER モデルは，オーストラリアの ORANI モデルから進化したものである）．これらのモデルにおいては，世界規模で貯蓄と投資が一致することを保証する式は存在せず，そのかわりに各地域レベルで経済が閉じることとしている．ここでは，貿易の収支バランスを固定することにより，域内の貯蓄と投資が完全に連動すると仮定することが一般的である．このことを理解するためには, たとえば Dornbusch (1980)に示されるような，所得と消費の両側からの国民経済上の関係を表す，下記の定義を思い起こせば十分である．

$$S - I \equiv X + R - M \qquad \text{(A.15)}$$

この式は，国際収支における余剰（純輸出）が国民貯蓄 S から総投資額 I を引いたものと定義されることを意味している．また，R は国際的な為替差益を表す（ただし，GTAP データベースにおいては，R に関する現状値がわからないため，ゼロと仮定し，国民貯蓄 S のなかで，観測できない為替差益による住民の純利益が予め差し引かれているものと解釈されている）．(A.15)式において右辺を固定することは，国民貯蓄（政府貯蓄も含む）と投資の差額をも固定することを意味する．このような考え方は，GTAP のフレームワークにおいても，貿易収支を固定し（**表 A-18** の(98)式において $DTBAL(r) = 0$ とおくことを意味する），国民貯蓄か投資のどちらかに自由度を持たせる（国民貯蓄の場合は，(38)式の *saveslack*(r)を内生化することを意味し，投資の場合は，(11)'式において *cgdslack*(r)を内生化することを意味する）することによって，表現可能である．

もし当初の均衡状態において世界投資と世界貯蓄が等しければ，(A.15)式の左辺はゼロとなり，すべての国際収支の総計もまたゼロ（ただし，cif 価格と fob 価格の差で表される輸送費用を，輸出国が全て負担すると仮定した場合）となる．さらに，(A.15)式の右辺を各地域ごとに固定すると，世界の総純貯蓄額に占める各地域のシェアが固定される．このようにして，新しい均衡状態においても，世界貯蓄と世界投資が等しくなることが保証され，さらにこの場合は，世界規模における貯蓄と投資を仲介する国際銀行セクターが存在する必要がなくなる．さらに補足すれば，この場合，各地域における投資額は，各地域の貯蓄の変化を直接的に反映して変化することになるので，Dewatripont and Michel (1987)で示されたように，新古典派的な閉じ方の一種といえるのである．

国際収支勘定を外生化するということは，この収支を，ミクロ経済学的というよりは，マクロ経済学的な現象として捉えていることを意味する．いいかえれば，恒等式(A.15)における因果関係は，左辺から右辺に向かって生じていることを意味する．それはまた，外部的に発生するすべてのインバランスを，国際収支勘定のなかで調整することで分析が進められる，ということである．GTAP 以外の多地域 AGE モデルによくみられるように，仮に貯蓄が地域家計の効用関数に含まれていない場合には，社会厚生分析をする上において，このようなアプローチが正しいだろう．なぜなら，そうでないと，貯蓄が国際資本消費や輸入の増加にまわされた場合に，効率性や交易条件の向上が見られないケースにおいても効用が増加してしまうことになるからである．

しかしながら，シミュレーションの目的によっては，恒等式(A.15)の両辺における収支を内生化したい場合もあるだろう．たとえば，貿易政策の変更が，資本の収益を向上させ，輸入資本財の価格を減少させる場合を考えよう．この場合，新規投資の収益性は向上し，当該地域における投資総額が増加し，他の事情に変化がなければ，国際収支の均衡は崩れてしまうだろう．ほかにも，たとえば，海外直接投資を外生的に増加させ，その効果を計測したい場合にも，国際収支の均衡は成立しなくなってしまう．いったん(A.15)式の左辺が変化することを認めれば，新たな均衡解に到達した際に，貯蓄に対する世界需要と投資に対する世界需要が等しくなることを保証するメカニズムが必要となる．このメカニズムとして最も簡単な方法は，貯蓄を集め，投資に支出する国際銀行セクター（global bank）を考慮することである．これが，我々のとるアプローチである．

GTAP モデルにおける国際銀行セクターは，価格 *PSAVE*

[訳注17]で，地域の投資商品のポートフォリオを購入するために，個々の地域家計に一次同次の貯蓄商品を販売することによって収入を得る．このポートフォリオのサイズが，世界貯蓄の変化に沿うように変動するのである．このため，本モデルにおける世界経済の閉合は，新古典派的といえる．しかしながら，各地域ベースにおいては，投資商品の構成を変化させることが可能なのである．このため，本モデルにおける投資の決定に関して，以下で見るように，いくつかの方程式を追加する必要がある．

固定資本形成と地域間の投資配分

本モデルにおいては，２種類の投資行動に関するオプションを考慮することとする．モデルの利用者は，個々のニーズやシミュレーションの種類に応じて，導入する「理論」を選択することができる．最初の投資行動オプションは，資本の収益率に関する地域間のリンクに関するものである．この要素は，以下の(A.16)から(A.26)式に示されるものである．これは，ORANI モデルにおける**部門間の**投資配分に関して用いられた数式である（Dixon et al., 1982）．２つめの投資行動オプションは，世界資本ストックにおける各地域の構成がシミュレーションにおいて変更されないと仮定された場合のものであり，(A.26)および(A.27)式に示される．この節の最後に，これら２種類の投資行動に関するオプションを一連の合成式に組み込み，利用者がどちらを用いるかをどうやって決めるかについて説明する．

はじめに，資本の生産性が時間の経過とともに幾何学的に減少する比率，すなわち減価償却率 *DEPR*(*r*)を仮定するところから始めよう．このとき，期末における資本ストック *KE*(*r*)は，期首の資本ストック *KB*(*r*)に(1- *DEPR*(*r*))を乗じたものに，当該期における総投資額 *REGINV*(*r*)を加えたものになる．この会計上の関係式は，**表 A-7** の下段に示されているもので，以下に再掲する．

$$KE(r) = KB(r)\cdot[1 - DEPR(r)] + QCGDS(r) \tag{A.16}$$

(A.16)式の両辺を微分すれば，

$$dKE(r) = [1 - DEPR(r)]\cdot dKB(r) + dQCGDS(r) \tag{A.17}$$

上式を変化率で書き直せば，

$$ke(r) = [1 - DEPR(r)]\cdot\frac{KB(r)}{KE(r)}\cdot kb(r) + \frac{QCGDS(r)}{KE(r)}\cdot qcgds(r) \tag{A.18}$$

ここで，上式中の小文字で表される変数は，同じ内容の大文字で表される変数の変化率を表す．

ここで，期末の資本ストックに対する投資の比率 *INVKERATIO*(*r*)を定義すると，

$$INVKERATIO(r) = \frac{QCGDS(r)}{KE(r)} = \frac{REGINV(r)}{VKE(r)}$$

また，以下の関係が成立する．

$$[1 - DEPR(r)]\cdot\frac{KB(r)}{KE(r)}$$
$$= \frac{VKB(r)\cdot[1 - DEPR(r)] + REGINV(r) - REGINV(r)}{VKE(r)}$$
$$= \frac{VKE(r) - REGINV(r)}{VKE(r)} = 1 - INVKERATIO(r)$$

これらの関係を(A.18)式に代入すると，

$$ke(r) = [1 - INVKERATIO(r)]\cdot kb(r) + INVKERATIO(r)\cdot qcgds(r) \tag{A.19}$$

これが**表 A-8** に示される(10)式である．

つぎに，地域 *r* における現在の固定資本の純収益率 *RORC*(*r*)を，資本サービスのレンタル率 *RENTAL*(*r*)の資本財の購入価格 *PCGDS*(*r*)に対する比率から，減価償却率 *DEPR*(*r*)を差し引いたもので定義する．

$$RORC(r) = \frac{RENTAL(r)}{PCGDS(r)} - DEPR(r) \tag{A.20}$$

(A.20)式を変化率で表現すれば，

$$rorc(r) = \frac{RENTAL(r)}{RORC(r)\cdot PCGDS(r)}\cdot[rental(r) - pcgds(r)] \tag{A.21}$$

ここで，

$$\frac{RENTAL(r)}{RORC(r)\cdot PCGDS(r)} = \frac{RORC(r) + DEPR(r)}{RORC(r)} \tag{A.22}$$

であり，総収益 *RORC*(*r*)+ *DEPR*(*r*)に対する純収益の比率を

$$GRNETRATIO(r) = \frac{RORC(r) + DEPR(r)}{RORC(r)} \tag{A.23}$$

と定義すれば，(A.22)式および(A.23)式を(A.21)式に代入することにより，**表 A-15** における(57)式を得る．

投資要素の収益率に関しては，投資家は，当該地域の純投資効果に対して関心を払うものと仮定する．すなわち，投資家は，資本ストックが増加するとき，当該地域における次期の資本収益率 *RORE*(*r*)は減少するものと考える．この減少率は，適応性パラメータ *RORFLEX*(*r*)（> 0）の関数として表される．

$$RORE(r) = RORC(r)\cdot\left[\frac{KE(r)}{KB(r)}\right]^{-RORFLEX(r)} \tag{A.24}$$

つまり，*RORE*(*r*)の *KE*(*r*)に対する弾力性が-*RORFLEX*(*r*)に等しい．(A.24)式を変化率で表現すると，**表 A-15** における(58)式となる．さらに，投資家は，各地域における収益率

[訳注17] 訳注 6（p.25）を参照のこと．以下同様.

表 A-15 投資に関する方程式

○各変数の定義式

(52) $ksvces(r) = \sum_{h \in ENDWC} [VOA(h,r) / \sum_{k \in ENDWC} VOA(h,r)] * qo(h,r)$ $\forall r \in REG$

(53) $rental(r) = \sum_{h \in ENDWC} [VOA(h,r) / \sum_{k \in ENDWC} VOA(h,r)] * ps(h,r)$ $\forall r \in REG$

(54) $qcgds(r) = \sum_{h \in CGDS} [VOA(h,r) / REGINV(r)] * qo(h,r)$ $\forall r \in REG$

(55) $pcgds(r) = \sum_{h \in CGDS} [VOA(h,r) / REGINV(r)] * ps(h,r)$ $\forall r \in REG$

(56) $kb(r) = ksvces(r)$ $\forall r \in REG$

○収益率に関する方程式

(57) $rorc(r) = GRNETRATIO(r) * [rental(r) - pcgds(r)]$ $\forall r \in REG$

(58) $rore(r) = rorc(r) - RORFLEX(r) * [ke(r) - kb(r)]$ $\forall r \in REG$

(11*) $RORDELTA * rore(r) + (1 - RORDELTA) * \{[REGINV(r) / NETINV(r)] * qcgds(r) - [VDEP(r) / NETINV(r)] * kb(r)\}$
$= RORDELTA * rorg + (1 - RORDELTA) * globalcgds + cgdslack(r)$ $\forall r \in REG$

(59) $RORDELTA * globalcgds + (1 - RORDELTA) * rorg$

$$= RORDELTA * \sum_{r \in REG} \left\{ \frac{REGINV(r)}{GLOBINV} * qcgds(r) - \frac{VDEP(r)}{GLOBINV} * kb(r) \right\}$$
$$+ (1 - RORDELTA) * \sum_{r \in REG} \left\{ \frac{NETINV(r)}{GLOBINV} * rore(r) \right\}$$

○貯蓄の価格

(60) $psave = \sum_{r \in REG} \left\{ \frac{NETINV(r)}{GLOBINV} * pcgds(r) \right\}$

表 A-16 投資の地域配分に関する 2 種類の仮定

○収益率要素（Rate-of-return component）

$rore(r) = rorg$

$globalcgds = \sum_{r \in REG} \{[REGINV(r) / GLOBINV] * qcgds(r) - [VDEP(r) / GLOBINV] * kb(r)\}$

○その他の要素（Alternative component）

$globalcgds = [REGINV(r) / NETINV(r)] * qcgds(r) - [VDEP(r) / NETINV(r)] * kb(r)$

$rorg = \sum_{r \in REG} [NETINV(r) / GLOBINV] * rore(r)$

の変化が等しくなるように行動すると仮定する．すなわち，

$$rore(r) = rorg \quad \text{(A.25)}$$

ここで，$rorg$ は世界収益率の変化率である．このようにして，本モデルにおいては，各地域の世界貯蓄の変化額が，全ての地域の**期待**収益率の変化率が等しくなるように分配されることになる．このとき，$RORFLEX(r)$が十分小さく，たとえば $RORFLEX(r) = 0.5$ のとき，$KE(r)$が 1%増加すると，資本収益率は0.5%だけ減少するものと期待されるのである．（たとえば，もし現在の収益率が 10%であったとすると，$KE(r)$の 1%増加に等しい期待純収益率は 9.995%になる．これは，十分小さい値と言える．）この場合は，新しい投資商品の供給は，期待資本収益率に非常に敏感になるだろう．地域間で $RORE$ の変化率が等しくなるように，本モデルにおける各地域の投資量は，非常に大きく変化するだろう．

しかしながら，$RORFLEX(r)$が十分大きい値をとる場合，たとえば $RORFLEX(r) = 50$ のとき，$KE(r)$が 1%増加すると，資本の収益率は半分になる．この場合は，新しい投資商品は期待収益率の変化に対し，あまり敏感ではなくなる．そのため，地域間で $RORE$ の変化率が等しくなるための各地域における投資の変化量は，それほど大きなものを必要としない．いいかえれば，分析の対象となる事象が，各地域

の投資量に対してあまり大きなインパクトをもたらさないと考えられる際（もしくは，そのような効果を取り除きたいと考える際）には，*RORFLEX*(*r*)を大きな値に設定すればよいことがわかる．

Feldstein and Horioka (1980)によれば，*RORFLEX*(*r*)の値は比較的大きいものと考えられる．彼らの研究成果（Feldstein and Horioka, 1980 および Feldstein, 1983 を参照されたい）は，国内総投資の国内総生産に対するシェアと，国内総貯蓄の国内総生産に対するシェアには，相関関係がみられるというものである．すなわち，貯蓄と投資の間には緊密な相関関係がみられるいっぽう，先進工業国どうしにおける国際資本移動は限定されたものである，と結論づけている．

２つめの投資に関する行動オプションは，各地域における資本ストックの構成が完全に不変で，各地域の純投資と世界純投資が同じように変動するという，極端な仮定を置いたケースである．

$$globalcgds = \frac{REGINV(r)}{NETINV(r)} \cdot qcgds(r) - \frac{VDEP(r)}{NETINV(r)} \cdot kb(r) \quad \text{(A.26)}$$

ここで，*globalcgds* は，新規投資商品の世界供給量の変化率である．この場合，資本の世界収益率の変化率 *rorg* は，各地域の収益率の変化率 *rore*(*r*)の重み付け平均値として計算される．

$$rorg = \sum_{r \in REG} \frac{NETINV(r)}{GLOBINV} \cdot rore(r)$$

ここで，

$$NETINV(r) = REGINV(r) - VDEP(r) \quad \text{(A.27)}$$

である．

まとめると，第１の投資行動オプション（収益率要素：Rate-of-return component）においては，投資行動は，上記(A.25)式および**表 A-8** 中の(11)式で表現される．第２のオプション（その他の要素：Alternative component）においては，投資行動は，(A.26)式および(A.27)式で表現される．両者は，**表 A-16** にまとめられている．

以上の２つのオプションを，ゼロもしくは１をとるパラメータ *RORDELTA* を用いて，以下に示す(A.28), (A.29)式で表そう．*RORDELTA* ＝１のときは第１の収益率モデルを表し，*RORDELTA* = 0 のときは第２のその他モデルを表す．

$$\begin{aligned} & RORDELTA \cdot rore(r) + (1 - RORDELTA) \cdot \\ & \left[\frac{REGINV(r)}{NETINV(r)} \cdot qcgds(r) - \frac{VDEP(r)}{NETINV(r)} \cdot kb(r) \right] \\ & = RORDELTA \cdot rorg + (1 - RORDELTA) \cdot globalcgds \end{aligned} \quad \text{(A.28)}$$

$$\begin{aligned} & RORDELTA \cdot globalcgds + (1 - RORDELTA) \cdot rorg \\ & = RORDELTA \\ & \cdot \sum_{r \in REG} \left[\frac{REGINV(r)}{GLOBINV} \cdot qcgds(r) - \frac{VDEP(r)}{GLOBINV} \cdot kb(r) \right] \\ & + (1 - RORDELTA) \cdot \sum_{r \in REG} \left[\frac{NETINV(r)}{GLOBINV} \cdot rore(r) \right] \end{aligned} \quad \text{(A.29)}$$

(A.28)式は，**表 A-15** において(59)式として示されており，(A.29)式は，**表 A-15** において(11’)式として示されている．後者は，**表 A-8** 中の(11)式を置き換えるものである．

いったん各地域における投資活動レベルが決まると，地域 *r* において固定資本を生産するために投入される国内財および輸入財に対する支出（*VDFA*(*i*, ”*cgds*”, *r*)および *VIFA*(*i*, ”*cgds*”, *r*)を決定する必要がある．これは，貿易財の生産関数と全く同様の手続きによって得られる．実際のところ，これまでに示されてきた方程式のいくつかが，派生需要を算出するためにも用いられる．**表 A-11** の(36)式に従い，地域 *r* における投資資本は，比率を固定された合成中間投入財を組み合わせることによって産み出される．さらに, **表 A-11** の(31)式, (32)式および**表 A-10** の(29)式に従い，合成中間投入財は，国内投入財および海外からの輸入財の CES 型の合成によって得られる．しかしながら，資本の生産においては生産要素の提供は必要ない点が，貿易財の生産と異なる．これは，地域 *r* における固定投資を目的とした資本の集約というのは，モデル構築の便宜上仮定した仮想の活動であるという理由による．いいかえれば，資本形成に必要な土地・労働・資本の利用は，この投資部門によって集約された中間投入財のなかに，すでに織り込み済みということである．

国際運輸セクター

本モデルにおいては，国際銀行セクターに加えて，国際輸送サービスの需要と供給を橋渡しするための，もうひとつの世界規模の活動が必要となる．これらのサービスは，各地域からのサービスの輸出を投入財として需要する，Cobb-Douglas 型の生産関数として表現される．各地域による輸送サービスの輸出と，各輸送ルートとの関係に関するデータが存在しないため，ここでは単純に，これらのサービス輸出は単一の合成国際輸送商品に集約されるものと仮定し，そのサービス量を *VT*（= *QT*・*PT*）とする．この合成価格指標を変化率で表示したものが，**表 A-8** 中の(7)式である（なおこの式は，**表 A-17** の(7’)式に再掲されている）．この集計された運輸部門においても，ゼロ利潤条件が適用されることを思い出そう．**表 A-17** に示される次式(61)は，輸送サービス部門に対する投入財の条件付需要を示したも

表 A-17 国際運輸セクターにおける関係式

(7’)	$VT * pt = \sum_{i \in TRAD} \sum_{r \in REG} VST(i,r) * pm(i,r)$	
(61)	$qst(i,r) = qt + (pt - pm(i,r))$	$\forall i \in TRAD, \forall r \in REG$
(62)	$VT * qt = \sum_{i \in TRAD} \sum_{r \in REG} \sum_{s \in REG} VTWR(i,r,s) * [qxs(i,r,s) - atr(i,r,s)]$	
(26’)	$pcif(i,r,s) = FOBSHR(i,r,s) * pfob(i,r,s) + TRNSHR(i,r,s) * [pt - atr(i,r,s)]$	$\forall i \in TRAD, \forall r \in REG, \forall s \in REG$

のである．ここでは，当該部門における全世界の生産量に占める各地域の生産量のシェアが一定であるという，Cobb-Douglas 型の技術を仮定しているため，この式は，所得拡大効果 qt と代替弾力性が１とおかれた場合の代替効果の和で表される．

表 A-17 の次の２式は，合成された国際輸送サービスの利用に関するものである．ここでは，この合成財は品目別の２国間貨物量 $QXS(i, r, s)$に比例した形で表される．いいかえれば，$QXS(i, r, s) = ATR(i, r, s) * QTS(i, r, s)$と表され，$QTS(i, r, s)$は地域 r から s への財 i に関する QT の同次生産物であり，$ATR(i, r, s)$は技術係数である．ここで，国際運輸サービス市場における均衡状態を考えれば，

$$\sum_{i \in REG} \sum_{r \in REG} \sum_{s \in REG} QTS(i,r,s) = QT \qquad \text{(A.30)}$$

が成立する[訳注 18]．この両辺を微分すれば，

$$\sum_{i \in REG} \sum_{r \in REG} \sum_{s \in REG} QTS(i,r,s) \cdot qts(i,r,s) = QT \cdot qt \qquad \text{(A.31)}$$

となる．両辺に合成輸送サービスの共通価格を乗じ，$qts(i, r, s)$を $qxs(i, r, s)$ - $atr(i, r, s)$と書き直すと，**表 A-17** における(62)式が得られる．この方程式に $atr(i, r, s)$が含まれていることにより，国際輸送サービスの品目別・輸出入相手国別の技術変化を考慮することが可能となる．同時に，特定の２国間における特定の品目の輸送に関する効率性の向上は，*fob* 価格が所与のときの *cif* 価格の低下をもたらすため，**表 A-9** の(26)式に示される *fob* 価格と *cif* 価格の結合式を修正する必要も生じる．このような修正を行ったものが，**表 A-17** の(26’)式である．

訳注 18　初期均衡状態では $ATR(i, r, s) = 1$ と仮定されているため，(A-30)式は，

$$\sum_{i \in REG} \sum_{r \in REG} \sum_{s \in REG} QTS(i,r,s) = \sum_{i \in REG} \sum_{r \in REG} \sum_{s \in REG} QXS(i,r,s) = QT$$

となる．また，訳注 5（p.25）で述べたように，GTAP 5.0 以降では輸送機関（マージン）m が考慮されるようになったため，**表 A-17** 中の式は以下のように書き直される．

(7’’)　$VT(m) * pt(m) = \sum_{r \in REG} VST(m,r) * pm(m,r) \quad \forall m \in MARG$

(61’)　$qst(m,r) = qt(m) + (pt(m) - pm(m,r))$

(62’)　$VT(m) * qt(m) =$

$$\sum_{i \in TRAD} \sum_{r \in REG} \sum_{s \in REG} VTWR(m,i,r,s) * [qxs(i,r,s) - atmfsd(m,i,r,s)]$$

(26’’)　$pcif(i,r,s) = FOBSHR(i,r,s) * pfob(i,r,s)$

$$+ TRNSHR(i,r,s) * \sum_{m \in MARG} [pt(m) - atmfsd(m,i,r,s)]$$

集計評価指標

本節では，GTAP モデルにおいて算出される評価指標について解説する．以下で見る方程式群は，均衡解を求める際にかならずしも必要となるものではない．実際に，これらの指標は，すべて均衡解が得られた後に計算することもできるものである．しかしながら，これらの指標の変化率を他の変数の推定結果から容易に導くことができるため，モデルの計算に含めておくこととする．**表 A-18** には，はじめに，(64)式および(65)式でそれぞれ表される，各地域における商品の販売および購入において用いられる価格の合成指標 $psw(r)$および $pdw(r)$が示されている（この価格指標には，国際銀行セクターを通じて取引される貯蓄や投資も含まれている）．この $psw(r)$と $pdw(r)$の差 $tot(r)$は，各地域の交易条件(terms of trade)の変化率を表している．

GTAP においては，シミュレーションを行うことにより発生する，各地域の等価変分 $EV(r)$も算出される．$EV(r)$の値は，次式で定義され，1992 年の US 百万ドル価格で表示される[原注 8]．

$$EV(r) = u(r) \cdot INC(r)/100$$ [訳注 19]

本モデルにおける $u(r)$は，ひとりあたりの厚生の変化率と定義されており，いっぽうで EV は地域の総厚生に関す

原注 8　ここで，係数 $INC(r)$は，各地域における支出総額の初期均衡値であり，そのため，総所得と等しいことが保証される．

訳注 19 GTAP ver.6では，地域家計の効用関数の再定義にあわせ，$EV(r)$の定義についても修正が施された．McDougall[2)]によれば，**表 A-18** の(67)式に示される $EV(r)$の定義は，所得に対する効用の弾力性の初期値が 1 で，かつ効用の変化が微小であると仮定した場合にのみ成立する．前者の仮定は，GTAP ver.5 以前で用いられていた地域家計の効用関数を定義する際にも，暗黙のうちに置かれていた仮定であり，GTAP の標準データベースもこれを前提として構築されているため，妥当な近似であり，現実には大きな問題とはならないと考えられる[2)]．しかし，他のデータベースを利用する場合や，効用の大きな変化を取り扱う際には，より厳密な定義を用いたほうがよりよいだろう．なお，定義の詳細は，McDougall[2)]を参照されたい．

表 A-18 集計評価指標（その１）

(64) $VWLDSALES(r)*psw(r) = \sum_{i\in TRAD}\sum_{s\in REG} VXWD(i,r,s)*pfob(i,r,s) + VST(i,r)*pm(i,r) + [REGINV(r) - VDEP(r)]*pcgds(r) \quad \forall r\in REG$

(65) $VWLDSALES(r)*pdw(r) = \sum_{i\in TRAD}\sum_{s\in REG} VXWD(i,k,r)*pcif(i,k,r) + SAVE(r)*psave \quad \forall r\in REG$

(66) $tot(r) = psw(r) - pdw(r) \quad \forall r\in REG$

(67) $EV(r) - [INC(r)/100]*[URATIO(r)*POPRATIO(r)]*[u(r) + pop(r)] = 0 \quad \forall r\in REG$

(68) $WEV - \sum_{r\in REG} EV(r) = 0 \quad \forall r\in REG$

(69) $PRIVEXP(r)*ppriv(r) = \sum_{i\in TRAD} VDA(i,r)*pp(i,r) \quad \forall r\in REG$

(70) $GDP(r)*vgdp(r) = \sum_{i\in TRAD} VGA(i,r)*pg(i,r) + qg(i,r) + \sum_{i\in TRAD} VPA(i,r)*[pp(i,r) + qp(i,r)] + REGINV(r)*[pcgds(r) + qcgds(r)] + \sum_{i\in TRAD}\sum_{s\in REG} VXWD(i,r,s)*[pfob(i,r,s) + qxs(i,r,s)] + \sum_{i\in TRAD} VST(i,r)*[pm(i,r) + qst(i,r)] - \sum_{i\in TRAD}\sum_{s\in REG} VIWS(i,r,s)*[pcif(i,r,s) + qxs(i,r,s)] \quad \forall r\in REG$

(71) $GDP(r)*pgdp(r) = \sum_{i\in TRAD} VGA(i,r)*pg(i,r) + \sum_{i\in TRAD} VPA(i,r)*pp(i,r) + REGINV(r)*pcgds(r) + \sum_{i\in TRAD}\sum_{s\in REG} VXWD(i,r,s)*pfob(i,r,s) + \sum_{i\in TRAD} VST(i,r)*pm(i,r) - \sum_{i\in TRAD}\sum_{s\in REG} VIWS(i,r,s)*pcif(i,r,s) \quad \forall r\in REG$

(72) $qgdp(r) = vgdp(r) - pgdp(r) \quad \forall r\in REG$

(73) $VXW(i,r)*vxwfob(i,r) = \sum_{s\in REG} VXWD(i,r,s)*[qxs(i,r,s) + pfob(i,r,s)] + VST(i,r)*[qst(i,r) + pm(i,r)] \quad \forall i\in TRAD, \forall r\in REG$

(74) $VIW(i,s)*viwcif(i,s) = \sum_{r\in REG} VIWS(i,r,s)*[pcif(i,r,s) + qxs(i,r,s)] \quad \forall i\in TRAD, \forall s\in REG$

(75) $VXWREGION(r)*vxwreg(r) = \sum_{i\in TRAD} VXW(i,r)*vxwfob(i,r) \quad \forall r\in REG$

(76) $VXWREGION(s)*viwreg(s) = \sum_{i\in TRAD} VIW(i,s)*viwcif(i,s) \quad \forall s\in REG$

(77) $VXWCOMMDOD(i)*vxwcom(i) = \sum_{r\in REG} VXW(i,r)*vxwfob(i,r) \quad \forall i\in TRAD$

(78) $VIWCOMMDOD(i)*viwcom(i) = \sum_{s\in REG} viw(i,s)*viwcif(i,s) \quad \forall i\in TRAD$

(79) $VXWLD*vxwwld = \sum_{r\in REG} VXWREGION(r)*vxwreg(r)$

(80) $VWOW(i)*vakuew(i) = \sum_{r\in REG} VOW(i,r)*[pxw(i,r) + qo(i,r)] \quad \forall i\in TRAD$

(81) $VXW(i,r)*pxw(i,r) = \sum_{s\in REG} VXWD(i,r,s)*pfob(i,r,s) + VST(i,r)*pm(i,r) \quad \forall i\in TRAD, \forall r\in REG$

(82) $VIW(i,s)*piw(i,s) = \sum_{r\in REG} VIWS(i,r,s)*pcif(i,r,s) \quad \forall i\in TRAD, \forall r\in REG$

(83) $VXWREGION(r)*pxwreg(r) = \sum_{i\in TRAD} VXW(i,r)*pxw(i,r) \quad \forall r\in REG$

(84) $VXWREGION(s)*piwreg(s) = \sum_{i\in TRAD} VIW(i,s)*piw(i,s) \quad \forall s\in REG$

(85) $VXWCOMMDOD(i)*pxwcom(i) = \sum_{r\in REG} VXW(i,r)*pxw(i,r) \quad \forall i\in TRAD$

(86) $VIWCOMMDOD(i)*piwcom(i) = \sum_{s\in REG} VIW(i,s)*piw(i,s) \quad \forall i\in TRAD$

表 A-18 集計評価指標（その２）

(87)	$VXWLD * pxwwld = \sum_{r \in REG} VXWREGION(r) * pxwreg(r)$	$\forall i \in TRAD$
(88)	$VWOW(i) * pw(i) = \sum_{r \in REG} VOW(i,r) * pxw(i,r)$	$\forall i \in TRAD$
(89)	$qxs(i,r) = vxwfob(i,r) - pxw(i,r)$	$\forall i \in TRAD, \forall r \in REG$
(90)	$qiw(i,s) = viwcif(i,s) - piw(i,r)$	$\forall i \in TRAD, \forall s \in REG$
(91)	$qxwreg(r) = vxwreg(r) - pxwreg(r)$	$\forall r \in REG$
(92)	$qiwreg(s) = viwreg(s) - piwreg(s)$	$\forall s \in REG$
(93)	$qxwcom(i) = vxwcom(i) - pxwcom(i)$	$\forall i \in TRAD$
(94)	$qiwcom(i) = viwcom(i) - piwcom(i)$	$\forall i \in TRAD$
(95)	$qxwwld = vxwwld - pxwwld$	
(96)	$qow(i) = valuew(i) - pw(i)$	$\forall i \in TRAD$
(97)	$DTBALi(i,r) = [VXW(i,r)/100] * vxwfob(i,r) - [VIW(i,r)/100] * viwcif(i,r)$	$\forall i \in TRAD, \forall r \in REG$
(98)	$DTBAL(r) = [VXWREGION(r)/100] * vxwreg(r) - [VIWREGION(r)/100] * viwcif(r)$	$\forall r \in REG$

る指標であるため，**表 A-18** における(67)式の右辺には，人口の変化率に関する項が含まれていることに注意されたい．全世界総計の等価変分 *WEV* は，(68)式に示されるように，各地域における *EV* の単純和で表される．さらに，次式(69)は，各地域における消費者価格指標の変化率 *ppriv*(*r*)が定義されている．

GTAP に含まれる，価格と数量に関するその他の有用な指標としては，貿易額および貿易量，国内総生産（GDP），総所得等があげられる．数量の指標を得るためには，異なる財を集計する必要があるため，はじめに当該変数の総額および価格に関する指標を算出しなければならない．たとえば，**表 A-18** の(72)式における変数 *qgdp*(*r*)は，国内生産物の数量に関する指標である[原注9]．

表 A-18 においては，はじめに(70)式で価格と数量の両方の変化を含む総額ベースの指標 *vgdp*(*r*)が算出される．さらに(71)式に従い，価格の変化だけを説明する，価格指標 *pgdp*(*r*)を算出する．これらの結果から，この両者（*vgdp*(*r*) および *pgdp*(*r*)）の差によって，*qgdp*(*r*)が定義されるのである．貿易政策や国内のその他の政策を実施するというようなシミュレーションにおいては，固定された資源の再配分を通じて，経済の生産可能性フロンティアが拡張的にシフトするだけなので，*qgdp*(*r*)の変化は一般的にあまり大きくないものと考えられる．しかし，生産要素の拡大のようなシミュレーションにおいては，*qgdp*(*r*)の増加量が，当該地域の成長のほとんどすべてを説明するものと考えられる．

次に，集計された貿易総額や，価格や数量に関する指標の変化を定義する方程式群に移ろう．(73)-(78)式は，輸出および輸入総額の変化率を，①品目別かつ地域別，②全品目総計かつ地域別，③世界の全地域総計かつ品目別，のそれぞれについて算出するものである．また，(79)式は，世界の総貿易額の変化率を，(80)式は，世界の総産出の品目別の変化率を算出するものである[原注10]．

つぎの 8 つの式（(81)-(88)式）は，総額ベースの指標に関するこれまでの 8 つの式と同様のものを，価格指標に関して産出する方程式群である．さらに，その次の 8 つの式（(89)-(96)式）は，集計された貿易と産出に関する数量ベースの指標を，上記２種類の指標から求めるものである．

本モデルにおける最後の 2 つの方程式が，**表 A-18** の最下段に示されている．これらの式は，貿易収支の変化を計算する際に用いられるもので，品目別および地域別に定義されるものである．たとえば，(98)式に示される *DTBAL*(*r*)は，総額ベースで表される，各地域の貿易収支の変化を示したものである．

[原注9] 国内総生産の総額 *GDP*(*r*)は，下記の式で定義される．

$$GDP(r) = \sum_{i \in TRAD} [VGA(r) + VPA(r)] + VOA(\text{"CGDS"}, r) + \sum_{i \in TRAD} \sum_{r \in REG} VXWD(i,r,s) + \sum_{i \in TRAD} VST(i,r) - \sum_{i \in TRAD} \sum_{r \in REG} VIWS(i,r,s)$$

[原注10] 係数 *VOW*(*i*, *r*)は，世界価格で表示された地域総生産額であり，次のように定義される．

$$VOW(i,r) = VDM(i,r) \cdot PW\_PM(i,r) + \sum_{s \in REG} VXWD(i,r,s)$$

ここで，*PW_PM*(*i*, *r*)は，市場価格で表示された国内消費総額 *VDM*(*i*, *r*)を，世界価格表示に変換するパラメータであり，次のように求められる．

$$PW\_PM(i,r) = \frac{\sum_{s \in REG} VXWD(i,r,s)}{\sum_{s \in REG} VXMD(i,r,s)}$$

VII A simple numerical example（簡単な数値例）

ここまでで紹介したモデルが，実際にどのような働きをするのかについて理解する一番の方法は，おそらく，簡単な実験を行い，分析の対象となる変数を内生化した場合の，当該変数の変化を調べてみることであろう．なお，以下で紹介する数値実験例は，原著第 6 章で紹介されるように，Web サイトで入手可能なオンラインドキュメントの例 21 である．状況を単純化するために，データベースを３品目・３地域に集約する．すなわち，３品目とは，第１次産業産出品（食料品），第２次産業産出品（工業製品），および第３次産業産出品（サービス）であり，３地域とは，アメリカ合衆国(US)，欧州連合(EU)，およびその他世界(ROW)である．実験の対象となるのは，アメリカ合衆国の食料品に対する EU の輸入関税レベルの引き下げであり，ここでは，*tms*(*food*, *usa*, *eu*) = -10%としよう．すなわち，従価税力(power of the ad valorem tariff)が 10%減少し，他の条件が同じならば，EU 域内におけるアメリカ産の食料品の価格が 10%減少することを意味する．さらに，これまでに構築したモデルにおける多段階推定の最初のステップだけみてみることにしよう．つまり，**図 A-5** でいえば，（X_0, Y_0）から（X_1, Y_J）（ただし，Y_Jは，Yの真値 Y_1の Johansen 近似値である）への変化だけをみることを意味する．Johansen の求解法というのは，たとえば本モデルにおいて，まさに**表 A-8** から **A-18** までに示される線形表現を行うことそのものをさすので，このようなアプローチは，以下で例示される計算の見通しを単によくするという教育的効果以上の意味を持つ．特に与えるショックが小さい場合には，このような方法は，非線形な価格および数量の変化と考えられる真値に対して，リーズナブルな近似を与えるものである．しかしながら，厚生変化を評価するような場合には，非常に限定された役割しか果たさない（この問題に関するより詳細な議論は，Hertel, Horridge, and Pearson 1992 を参照されたい）．以下に示される**表 A-20**，**A-22**，および **A-23** では，この Johansen 法による推定結果と，Gragg 法による推定結果（角カッコ内に示される）が併記されており，両者の誤差をみることができる．

表 A-19 および **A-20** は，２国間関税の減少により，EU 域内で生じた変化のいくつかが示されている．**表 A-19** の最上段は，アメリカ合衆国における食料品の市場価格の変化が示されており，需要の増加に呼応して，0.140%だけ価格が上昇したことを意味する．輸出に対する課税に変化はないので，**表 A-9** の(27)式に従い，*pfob* も同じ率だけ増加する．アメリカから EU への食料品輸出に関する *cif* 価格は，国際輸送サービスの価格指標 *pt* の変化に従って，*pfob* とは異なる数値をとる．*pt* の減少は，EU が供給する輸送サービスの価格が減少したことによるものである（(7)式を参照されたい）．このため，*pcif* の増加率は，*pfob* 等と比較すると，やや小さくなるのである．

本実験において外生的に与えられるショックである，２国間関税率の引き下げは，**表 A-9** における(24)式に導入される．この関税引き下げは，アメリカからの EU の食料輸入の市場価格 *pms*(*food*, *usa*, *eu*)を 9.876%引き下げる．このような価格低下は，２つの変数に対して直接的な効果を及ぼす．ひとつめは，**表 A-10** の(28)式に従い，輸入合成財価格を 1.631%だけ引き下げるというものである．これは，大ざっぱにいえば，輸入食料品に対する総支出におけるアメリカ産品のシェアに，-9.876%を乗じたものである（実際は，その他世界で算出される食料品価格も連動して若干変化する）．２つめの直接的な効果は，**表 A-10** の(29)式に従う，EU における食料輸入におけるアメリカ産品に対する依存度の上昇効果である．本モデルにおける輸入相手国のシフトの程度は，食料品輸入に関する代替弾力性 σ_M の大きさに依存する．本データベースによれば，この値は，4.64 とされている．この数値が，アメリカからの食料輸入費用と合成された輸入費用の，各変化率の差に乗じられ，38.26%という数値が得られる．もし輸入量そのものが変化しなければ，ここで話は終わりであるが，輸入品が安価になると，国産品に対する（合成）輸入品の代替が生じるため，影響の波及はまだ続くのである．このような代替効果は，合成中間財に対する輸入品の重要性が異なるため，各産業部門によって異なってくる．ただし，各部門とも，輸入代替のメカニズムはおなじであるため，以下では，総食料輸入の 52.7%を占める食品産業についてみていこう．この産業においては，総食料輸入は 3.18%だけ増加する．そこで，EU の食品産業（第１次産業）におけるアメリカ産食品の輸入増加率は，38.28 + 3.18 = 41.4%となる．

図 A-3 に示される生産ツリーの次の段階における変化は，**表 A-11** の(30)式および(31)式に代入することで得られる．結果として，この部門における合成輸入食品の使用量は，3.0%の増加となる．しかしながら，この場合，*qf*(*food*, *eu*) = *qo*(*food*, *eu*) < 0 なので，(31)式から，所得拡大効果と代替効果は反対の効果を持つことに注意されたい．つまり，全体として食料品（第１次産業）部門は縮小し，これに伴い，中間財としての食料品の需要も減少することになる．(32)式は，国内で生産される中間財の需要が減少することを示している．最後に，国内生産される食料品の総需要が減少するのに伴い，EU 産の食料品の価格が低下する．

表 A-20 には，この２国間関税の引き下げによって，EU

表 A-19 アメリカ合衆国産の１次産品の輸入に対する従価税の 10%低減が
EU の第１次産業に及ぼす影響（Johansen 解法の利用および
投資ポートフォリオを固定($RORDELTA = 0$)した場合の一般均衡モデルの出力結果）

変数　変化率	参照式
$pm(food,usa) = .140$	
$pfob(food,usa,eu) = .140(tx, tx\ sexogenous)$	(27)
$pcif(food,usa,eu) = .124 = (.893)*(.140) + (.107)*(-.008)$	(26)
$pms(food,usa,eu) = -9.876 = .124 - 10.0$	(24)
$pim(food,eu) = -1.631 = (.164)*(-9.876) + (.000)*(-.121) + (.836)*(-.016)$	(28)
$qxs(food,usa,eu) = 41.433 = 3.18 - (4.64)*[-9.876 - (-1.631)]$	(29)
$pf(food,usa,eu) = -.259 = .092*(-1.631) + .908*(-.121)$	(30)
$qfm(food,usa,eu) = 3.002 = -.288 - (2.40)*[-1.631 - (-.259)]$	(31)
$qfd(food,usa,eu) = -0.621 = -.288 - (2.40)*[-.121 - (-.259)]$	(32)
$ps(food,eu) = -0.121$	(1)

表 A-20　アメリカ合衆国産の１次産品の輸入に対する従価税の 10%低減が EU における各経済指標にもたらす影響
（Johansen 解法の利用および投資ポートフォリオを固定($RORDELTA = 0$)した場合の一般均衡モデルの出力結果，
また[ ]内は非線形解法による計算結果）

生産要素および財	各変数の変化率					
	pm(i,eu)		*qo(i,eu)*		*qp(i,eu)*	
Land	-.414	[-.515]	0.0	[0]	na	[na]
Labor	-.029	[-.041]	0.0	[0]	na	[na]
Capital	-0.28	[-.041]	0.0	[0]	na	[na]
Food	-.121	[-.154]	-.288	[-.355]	.036	[.042]
mnfrs	-.030	[-.041]	.064	[.086]	.012	[.007]
Services	-.030	[-.042]	.012	[.012]	.011	[.007]
cgds	-.026	[-.037]	-.003	[-.004]	na	[na]

において各財の価格と数量がどの程度変化したかについて，示されている．本モデルにおいては，農地が食品生産以外に用いることができない構造になっているため，農地の価格は低下し，この部門の産出も減少する．労働と資本は食料品部門から離れ，他部門に移ることが可能である．新しい均衡状態において，家計は，これらの財のうち，貯蓄以外については，価格が下がったことに呼応して消費量を増加させている．貯蓄の需要は，その価格が，すべての地域における資本財の価格の重み付け平均で表されるため，他の財の価格よりも低下率が小さくなることから，結果として減少している．

今度は，この関税率の減少が，アメリカ経済にどのような影響を及ぼすかみてみよう．これらの結果は，**表 A-21** および **A-22** にまとめられている．**表 A-21** の(1)式は，アメリカ・EU 間の輸出の増加についてまとめたものであり，ここでは，アメリカにおける食品部門の産出変化を推定するために，他の地域や財への販売額の変化についても考慮されている．最初のカッコ内の数値は，アメリカ産食品の販売額に占めるシェアを示している．これより，EU への輸出は，アメリカにおける食品部門の（国内市場価格で表示された）産出の 1.3%しか占めていないことがわかる．このため，EU 向け販売量が 41.4%増加したとしても，全産出額に対する影響は，それほど大きくないことがわかる．もちろん，個々の生産者グループ単位でみれば，EU 向け食品市場の重要性がもっと大きい場合もあるだろう．そのような効果を計測するためには，必要に応じたデータベースの分割が重要となってくる．

アメリカで産出される食料品の多くが国内市場向けである（全体の 92.6%）ことは驚くに値しない．しかしながら，EU における関税の引き下げが，アメリカにおける国内の食料品売上高を増加させることは，ある意味驚くべき結果である．この結果について，**表 A-21** に示すような，国内販売の構成の変化を示す(3)式への数値の代入結果から，より詳細に分析してみよう．EU の消費者によってアメリカ産食料品の供給価格が吊り上げられたことにより，他の産業部門や最終需要への販売量が減少している点は予想通りである．しかしながら，この減少量は，アメリカの第１次産業による中間財としての食品需要の増加によって，打ち消されて

表 A-21 アメリカ合衆国産の１次産品の輸入に対する従価税の 10%低減がアメリカ合衆国における一次産品の総販売額に及ぼす影響（Johansen 解法の利用および投資ポートフォリオを固定 ($RORDELTA = 0$)した場合の一般均衡モデルの出力結果）

変数	変化率	参照式
$qo\left(food,usa\right) = 0.688$		(1)
$= SHRODM\left(food,usa\right) * qds\left(food,usa\right) \Rightarrow (.926) * (.207)$		
$SHROTM\left(food,usa\right) * qst\left(food,usa\right) \Rightarrow (.000) * (.000)$		
$\sum_j SHROXMD\left(food,j,usa\right) * qfd\left(food,j,usa\right)$		
$s = usa \Rightarrow (.000) * (.662)$		
$s = eu \Rightarrow (.013) * (41.433)$		
$s = row \Rightarrow (.030) * (-.634)$		
Where:		
$qds\left(food,usa\right) = .207$		(3)
$= \sum_j SHRDFM\left(food,j,usa\right) * qfd\left(food,j,usa\right)$		
$j = food \Rightarrow (.334) * (.662)$		
$j = mnfcs \Rightarrow (.010) * (-.143)$		
$j = svcs \Rightarrow (.121) * (-.022)$		
$j = egds \Rightarrow (.000) * (-.042)$		
$+ SHRDPM\left(food,usa\right) * qpd\left(food,usa\right) \Rightarrow (.517) * (-.019)$		
$+ SHRDGM\left(food,usa\right) * qgd\left(food,usa\right) \Rightarrow (.018) * (-.031)$		

表 A-22　アメリカ合衆国産の１次産品の輸入に対する従価税の 10%低減がアメリカ合衆国における各経済指標にもたらす影響（Johansen 解法の利用および投資ポートフォリオを固定($RORDELTA = 0$)した場合の一般均衡モデルの出力結果，また[ ]内は非線形解法による計算結果）

生産要素および財	各変数の変化率					
	pm(i,usa)		*qo(i,usa)*		*qp(i,usa)*	
land	1.066	[1.378]	0	[0]	na	[na]
labor	.109	[.141]	0	[0]	na	[na]
capital	.125	[.162]	0	[0]	na	[na]
food	.140	[.181]	.688	[.886]	-.000	[-.000]
mnfrs	.100	[.129]	-.120	[-.155]	.037	[.048]
services	.111	[.144]	-.001	[-.001]	.009	[.011]
cgds	.095	[.123]	-.001	[-.002]	na	[na]

いるのである．いいかえれば，EU における食品需要の増加を満たすために，国内の中間財の販売量もまた増加する必要があるのである．

表 A-22 は，２国間関税の引き下げが，アメリカ経済に及ぼす影響についてみたものである．ここでは，土地のレンタル率は，食品価格の上昇率を大きく上回る増加率となっている．いっぽう，賃金率や資本のレンタル率は，食品価格の上昇率よりは小さいものの，増加しており，また，賃金率よりも資本レンタル率の上昇率のほうが大きいことから，食品部門は，相対的に資本集約的な産業であることがわかる．同様の類推により，アメリカにおける食品部門の拡大を可能にするために，工業（第２次産業）部門は縮小する必要があることがわかる．また，家計においては，国内産の第２次産品と第３次産品の需要が輸入品で代用されることによって，これらの生産物の合成消費需要が増加していることにも注意されたい．

最後の表となる**表 A-23** には，EU における２国間関税の引き下げがマクロ経済に及ぼす影響がまとめられている．アメリカ産品の需要の増加によって，アメリカ産品の価格が, EU やその他世界によって供給される生産物の価格と比べて相対的に高くなる．EU は，食品輸入の増加による支出の拡大に対応するために，**表 A-23** の２列目の一番上に示されるように，輸出量を 0.233%増加させる（この計算結果は，*RORDELTA* = 0 かつ Johansen 法を用いたときの解である）．そのため，他地域にくらべ EU 産品の供給価格が相対的に減少し，**表 A-23** の３行目に示されるように，EU の交易条件を悪化させる．その他世界における交易条件についても，アメリカによる輸出の代替が生じるため，多少悪化する．このことは，その他地域における厚生の損失を意味している．EU においては，交易条件の悪化が，国内資源の再配分による厚生の増加を打ち消すため，集計された地域厚生は 3.46 億 US ドルの増加となる．アメリカにおいては，EU への食品輸出の際の関税が引き下げられたことによって交易条件の改善されたため，7.78 億 US ドル厚生が増加する．

本シミュレーションでは *RORDELTA* = 0 と仮定したこともあり，貿易収支がほとんど変化しない，すなわち *DTBAL*(*r*)　0 であることも興味深い．このことは，(A.15)式および本モデルにおける貯蓄と投資の取り扱いから得られる結果がロバストであることを意味している．貯蓄需要は，所得と直接的に強く結びついており，今回の実験で考慮された政策（そして他の多くの場合も同様と考えられるが）の影響はほとんど受けない．各地域の貯蓄がほとんど変化しないので，世界貯蓄も，また世界投資もほとんど変わらない．そのため，(A.15)式の左辺に示される $S - I$ や貿易収支を変化させる唯一の手段は，各地域における投資配分を変更することであるが，*RORDELTA* = 0 のときは，この手段は許されない．そのため，(A.15)式の右辺 $X - M$ はほとんど変化しないのである．

しかしながら，*RORDELTA* = 1 の場合は，国際銀行セクターによる地域間の自由な投資配分の変更が可能なので，上記の内容は真実ではなくなる．**表 A-23** の各カラムの下段にカッコ付きで示されるのは，Johansen 法を用いて，かつ *RORFLEX* = 10（このパラメータのデフォルト値である）としたときの結果である．ここでは，投資収益率の変化が重

表 A-23 アメリカ合衆国産の１次産品の輸入に対する従価税の 10%低減が各地域におけるマクロ経済指標にもたらす影響（Johansen 解法の利用および投資ポートフォリオを固定(*RORDELTA* = 0)した場合の一般均衡モデルの出力結果，また( )内は投資ポートフォリオを移動可能とした場合(*RORDELTA* = 1)の計算結果，[ ]内は非線形解法による計算結果）

変数	US		EU		ROW	
	変化率					
qxwreg(r)	.138	[.178]	.233	[.317]	-.007	[-.006]
	(.057)		(.263)		(.007)	
rorc(v)	.045	[.059]	-.003	[-.006]	-.003	[-.003]
	(.051)		(-.005)		(-.004)	
toto(v)	.110	[.142]	-.043	[-.060]	-.007	[-.008]
	(.128)		(-.049)		(-.008)	
up(r)	.013	[.017]	.015	[.013]	-.003	[-.004]
	(.016)		(.014)		(-.004)	
ug(r)	.013	[.016]	-0.007	[-.014]	-.005	[-.006]
	(.015)		(-.008)		(-.007)	
qsave(r)	.118	[.153]	-.037	[-.056]	-.006	[-.006]
	(.138)		(-.042)		(-.007)	
u(r)	.015	[.019]	.006	[.001]	-.004	[-.004]
	(.018)		(.004)		(-.005)	
	100 万US ドル					
EV(r)	778	[1004]	346	[62]	-347	[-396]
	(941)		(251)		(-410)	
DTBAL(r)	-8	[-9]	0	[-22]	7	[31]
	(-663)		[297]		(366)	

要な役割を果たしている．**表 A-23** の２行目をみると，資本のレンタル率が資本財の価格よりも相対的に低下したため，*rorc*(*eu*) < 0 となっていることがわかる．このため，投資需要の一部が他地域に移転する．貯蓄 *S* を所与とし，投資 *I* が減少した場合，恒等式(A.15)より，*X* - *M* が増加する必要がある．したがって，EU からの輸出量の増加率は，*RORDELTA* = 0 の場合の 0.233%に比べると，0.263%とわずかに大きくなっており，同様に，輸入量の増加率は小さくなる．その結果，*RORDELTA* = 0 の場合とくらべ，交易条件はますます悪化し，厚生の増加を弱めることになる．

Johansen 法による推定結果と，**表 A-23** の角カッコ内に示される非線形計算の結果を比較すると，今回与えたショックはあまり大きなものではなかったにもかかわらず，Johansen 法による EU の厚生変化に関する推定結果は，真値の近似とは到底いえないものとなっている．これは，EU 地域における効用の変化が，生産効率の向上という正の効果と，交易条件の悪化という負の効果の，２つの大きな効果の差として求められることによるものと考えられる．**表 A-23** の３行目をみればわかるように，Johansen 法の推定結果は，EU の交易条件の悪化を 1/3 程度過小評価している．いっぽう，この手法は，貿易障壁を除去することによって得られる利益を過大評価する傾向がある．そのため，EU の厚生の増加額は，真値の 6200 万 US ドルの５倍以上の，３億 4600 万 US ドルと，非常に過大評価されている．実際のところ，各地域の厚生についてこのような比較を行うと，符号が逆転するケースも少なくない．結局のところ，Johansen の１ステップ解法は，**表 A-19** や **A-21** に示されるような，価格と数量に関する小さな変化を分析する際には非常に有効である．**しかしながら，政策変更による厚生変化の分析に用いる手法として，ふさわしい方法とはいえない**．

厚生変化の分析を行う際は，GEMPACK において利用可能な，非線形の解法を用いるべきである．

本文の参考文献

Alston, J. M., C. A. Carter, R. Green, and D. Pick (1990) “ Whither Armington Trade Models? ” American Journal of Agricultural Economics 72(2)：455-467.
Armington, P. A. (1969)“A Theory of Demand for Products Distinguished by Place of Production, ”IMF Staff Papers 16:159-178
Arrow, K. J., H. B. Chenery, B. S. Minhas, and R. M. Solow (1961) “Capital-Labor Substitution and Economic Efficiency,” Review of Economics and Statistics 43:225-250.
Brockmeier, M. (1996) “A Graphical Exposition of the GTAP Model, ”GTAP Technical Paper, Center for Global Trade Analysis, Purdue University, West Lafayette, IN.
Brown, D. K. and R. M. Stern (1989) “U.S.-Canada Bilateral Tariff Elimination: The Role of Produce Differentiation and Market Structure.” In R.C.F reenstra (ed.), Trade Policies for International Competitiveness. Chicago: University of Chicago Press.
Burniaux, J. M., and D. van der Mensbrugghe (1991) “Trade Policies in a Global Context: Technical Specification of the Rural/Urban-North/South (RUNS) Applied General Equilibrium Trade Model, ”Technical Paper No.48, Paris, OECD, The Development Centre, November.
Dewatripont, M., and G. Michel (1987) “On Closure Rules, Homogeneity and Dynamics in Applied General Equilibrium Models, ”Journal of Development Economics 26:65-76
Dixit, A. K., and J. E. Stiglitz (1979)“ Monopolistic Competition and Optimum Product Diversity、 ”American Economic Review 67:297-308
Dixton, P. B., B. R. Paramenter, J. Sutton, and D. P. Vincent (1982) Orani: A Multisectoral Model of the Australian Economy. New York: North Holland.
Dornbusch, R. (1980) Open Economy Macroeconomics. New York: Basic Books.
Feenatra, R. C. (1994) “New Product Varieties and the Measurement of International Prices, ”American Economic Review 84:157-177.
Feldstein, M. (1983) “Domestic Savings and International Capital Movements in the Long Run and Short Run,” European Economic Review 21;129-151.
Feldstein, M., and Charles Horioka (1980) “Domestic Savings and International Capital
Flows“ Economic Journal 90:314-329
Francois, J., B.McDonarld, and H. Nordstrom (1995) ”Assessing the Uruguay Round”, paper presented at the World Bank Conference on Developing Economies and the Uruguay

Round ,January.
Honoch, G. (1975) "Production and Demand Models in Direct or Indirect Implicit Additivity, "Econometrica 43:395-419
Harrison, G., T. Rutherford, and D. Tarr(1995) "Quantifying the Uruguay Round", paper presented at the World Bank Conference on Developing Economies and the Uruguay Round, January.
Harrison, W. J., and K. R. Pearson（1994）" Computing Solutions for Large General Equilibrium Models Using GEMPACK, " Impact Project Preliminary Working Paper No.IP-64.
Hertel, T. W., J. M. Horridge, and K. R. Pearson (1992) "Mending the Family Tree: A Reconciliation of the Linearization of Levels Schools of Applied General Equilibrium Modeling", Economic Modelling 9:385-407.
Hertel, T. W., and D. K. Lancos (1994) "Trade Policy Reform in the Presence of Product Differentiation and Imperfect Competition: Implications for Food Processing Activity. "In M. Hartmann, P. M. Schmitz, and H. von Witzke (eds.), Agricultural Trade and Economic Integration in Europe and in North America. Kiel: Wissenschaftsverlag Vark Kiel KG.
Hertel, T. W., E. B. Peterson, P. V. Preckel, Y. Surry, and M. E. Tsigas (1991) "Implicit Additivity as a Strategy for Restricting the Parameter Space in CGE Models, "Economic and Financial Computing 1(1):265-289
Howe, H. (1975) "Development of the Extended Linear Expenditure System from Simple Saving Assumptions," European Economic Review 6:305-310
Jomini, P., J. F. Zeitsch, R. McDougall, A. Welsh, S. Brown, J. Hambley. and J. Kelly (1991) SATLER: A General Equilibrium Model of World Economy, Vol.1, " Model Structure, Database and Parameters. " Canberra, Australia: Industry Commission.
Keller, W. J. (1980) Tax Incidence: A General Equilibrium Approch. Amesterdam: North Holland.
McKibbin, W., and J. Sachs (1991) Global Linkages: Macroeconomic Interdependence and Cooperation in the World Economy. Washington, DC: The Brookings Institution.
Lewis, J. D., S. Robinson, and Z. Wang (1995) "Beyond the Uruguay Round: The Implications of an Asian Free Trade Area, "China Economic Review 6(1) 35-90.
Lluch, C. (1973) "The Extended Linear Expenditure System," European Economic Review 4:21-32
Pearson, K. R. (1991) "Solving Nonlinear Economic Models Accurately via a Linear Representation, "Impact Project Working Paper No.IP-55.
Powell, A. A, and F. H. Gruen (1968) " The Constant Elasticity of Transformation Frontier and Linear Supply System, " International Economic Review 9(3): 315-328
Robinson, S., M. E. Burfisher, R. Hinojosa-Ojeda, and K. E. Thierfelder (1993) "Agricultural Policies and Migration in the U.S.-Mexico Free Trade Area: A Computable General Equilibrium Analysis, "Journal of Policy Modeling, 15(5): 673-701.
Sen, A. K. (1963) "Neo-classical and Neo-Keynesian Theories of Distribution, "Economic Record 39: 54-64.
Spemce, M. E. (1976) "Product Selection, Fixed Costs and Monopolistic Competition, "Review of Economic Studies 43: 217-236.
Taylor, L., and F. J. Lysy (1979)"Vanishing Income Redistributions: Keynesian Clues about Model Surprises in the Short Run, "Journal of Development Economics 6:11-29
Varian, H. R. (1978) Microeconomic Analysis. New York: Norton.
Winters, L. A. (1984) "Separability and the Specification of Foreign Trade Functions, "Journal of International Economics 17:239-263.

付録 B　GTAPモデルで用いられる記号・変数

A. Sets（集合）

REG	地域
NSAV_COMM	貯蓄(Savings)以外の財
TRAD_COMM	貿易（可能）財
DEMD_COMM	需要財
PROD_COMM	生産財
ENDW_COMM	生産要素
ENDWS_COMM	移動不可能な生産要素
ENDOM_COMM	移動自由な生産要素
CGDS_COMM	資本商品（"*cgds*"をさす）
ENDWC_COMM	資本生産要素（"*capital*"をさす）

B. Base Data（基本データ）

1 Value Flows（総額フロー）

1) 当事者価格で表記された総額フロー

EVFA(i,j,r)　$= PFE(i,j,r) * QFE(i,j,r)$

当事者価格で表記された地域rにおける産業jの企業による生産要素iの購入総額

$\forall i \in ENDW\_COMM, \forall j \in PROD\_COMM, \forall r \in REG$

EVOA(i,r)　$= PS(i,r) * QO(i,r)$

当事者価格で表記された地域rにおいて生産または供給された生産要素iの総額

$\forall i \in ENDW\_COMM, \forall r \in REG$

VDFA(i,j,r)　$= PFD(i,r) * QFD(i,r)$

当事者価格で表記された地域rにおける産業jの企業による国内貿易財iの購入総額

$\forall i \in TRAD\_COMM, \forall j \in PROD\_COMM, \forall r \in REG$

VIFA(i,j,r)　$= PFM(i,r) * QFM(i,r)$

当事者価格で表記された地域rにおける産業jの企業による輸入貿易財iの購入総額

$\forall i \in TRAD\_COMM, \forall j \in PROD\_COMM, \forall r \in REG$

VDPA(i,r)　$= PPD(i,r) * QPD(i,r)$

当事者価格で表記された地域rの民間家計による国内貿易財iの購入総額

$\forall i \in TRAD\_COMM, \forall r \in REG$

VIPA(i,r)　$= PPM(i,r) * QPM(i,r)$

当事者価格で表記された地域rの民間家計による輸入貿易財iの購入総額

$\forall i \in TRAD\_COMM, \forall r \in REG$

VDGA(i,r)　$= PGD(i,r) * QGD(i,r)$

当事者価格で表記された地域rの政府家計による国内貿易財iの購入総額

$\forall i \in TRAD\_COMM, \forall r \in REG$

VIGA(i,r)　$= PGM(i,r) * QGM(i,r)$

当事者価格で表記された地域rの政府家計による輸入貿易財iの購入総額

$\forall i \in TRAD\_COMM, \forall r \in REG$

SAVE(r)　$= PSAVE * QSAVE(r)$

地域rにおける純貯蓄（総）額

$\forall r \in REG$

VDEP(r)　$= PCGDS(r) * DEPR(r) * KB(r)$

地域rにおける減価償却支出総額

$\forall r \in REG$

VKB(r)　$= PCGDS(r) * KB(r)$

地域rにおける期首の資本ｽﾄｯｸ総額

$\forall r \in REG$

2) 市場価格で表記された総額フロー

VFM(i,j,r)

市場価格で表記された地域rにおける産業jの企業による生産要素iの購入総額

$\forall i \in ENDW\_COMM, \forall j \in PROD\_COMM, \forall r \in REG$

$= PM(i,r) * QFE(i,j,r)$ $\quad \forall i \in ENDWM\_COMM$

$= PMES(i,j,r) * QFE(i,j,r)$ $\quad \forall i \in ENDWS\_COMM$

VDFM(i,j,r) $= PM(i,r) * QFD(i,r)$

市場価格で表記された地域rにおける産業jの企業による国内貿易財iの購入総額

$\forall i \in TRAD\_COMM, \forall j \in PROD\_COMM, \forall r \in REG$

VIFM(i,j,r) $= PIM(i,r) * QFM(i,r)$

市場価格で表記された地域rにおける産業jの企業による輸入貿易財iの購入総額

$\forall i \in TRAD\_COMM, \forall j \in PROD\_COMM, \forall r \in REG$

VDPM(i,r) $= PM(i,r) * QPD(i,r)$

市場価格で表記された地域rの民間家計による国内貿易財iの購入総額

$\forall i \in TRAD\_COMM, \forall r \in REG$

VIPM(i,r) $= PIM(i,r) * QPM(i,r)$

市場価格で表記された地域rの民間家計による輸入貿易財iの購入総額

$\forall i \in TRAD\_COMM, \forall r \in REG$

VDGM(i,r) $= PM(i,r) * QGD(i,r)$

市場価格で表記された地域rの政府家計による国内貿易財iの購入総額

$\forall i \in TRAD\_COMM, \forall r \in REG$

VIGM(i,r) $= PIM(i,r) * QGM(i,r)$

市場価格で表記された地域rの政府家計による輸入貿易財iの購入総額

$\forall i \in TRAD\_COMM, \forall r \in REG$

VXMD(i,r,s) $= PM(i,r) * QXS(i,r,s)$

（輸出国側の）市場価格で表記された輸出国rから輸入国sへ輸送される貿易財iの総額

$\forall i \in TRAD\_COMM, \forall r \in REG, \forall s \in REG$

VIMS(i,r,s) $= PMS(i,r,s) * QXS(i,r,s)$

（輸入国側の）市場価格で表記された輸出国rから輸入国sへ輸送される貿易財iの総額

$\forall i \in TRAD\_COMM, \forall r \in REG, \forall s \in REG$

VST(i,r) $= PM(i,r) * QST(i,r)$

市場価格で表記された地域rにおける国際輸送に対する貿易財iからの販売額

$\forall i \in TRAD\_COMM, \forall r \in REG$

3) 世界価格で表記された総額フロー

VXWD(i,r,s) $= PFOB(i,r,s) * QXS(i,r,s)$

世界価格（*fob*価格）で表記された輸出国rから輸入国sへ輸送される貿易財iの総額

$\forall i \in TRAD\_COMM, \forall r \in REG, \forall s \in REG$

VIWS(i,r,s) $= PCIF(i,r,s) * QXS(i,r,s)$

世界価格（*cif*価格）で表記された輸出国rから輸入国sへ輸送される貿易財iの総額

$\forall i \in TRAD\_COMM, \forall r \in REG, \forall s \in REG$

2 Technology,Preference,and Mobility Parameters（技術･選好･自由度に関するパラメータ）

SUBPAR(i,r)　地域rのCDE型最小支出関数における貿易財iの代替性パラメータ
$\forall i \in TRAD\_COMM, \forall r \in REG$

INCPAR(i,r)　地域rのCDE型最小支出関数における貿易財iの収入パラメータ
$\forall i \in TRAD\_COMM, \forall r \in REG$

ESUBVA(j)　すべての地域に共通な，部門jにおけるCES型生産ツリーの付加価値ネスト部分における生産要素間の代替性パラメータ　$\forall j \in PROD\_COMM$

ESUBD(i)　すべての地域に共通な，行動主体または部門iにおけるArmington型の効用もしくは生産構造における，国内生産財と合成輸入財間の代替性パラメータ　$\forall i \in TRAD\_COMM$

ESUBM(i)　すべての地域に共通な，行動主体または部門iにおけるArmington型の効用もしくは生産構造における，異なる地域からの輸入財に関する代替性パラメータ　$\forall i \in TRAD\_COMM$

ETRAE(i)　すべての地域に共通な，CET型生産構造における移動不自由な生産要素iの利用に関するシフトパラメータ　$\forall i \in ENDWS\_COMM$

RORFLEX(r)　地域rにおける資本ストックの期待純収益率の流動性に関するパラメータ（当該地域の資本ストックが1%増加した場合に期待される資本の純収益率の減少率(%)）　$\forall r \in REG$

RORDELTA　地域間の投資配分メカニズムに関するダミー変数（*RORDELTA* = 0のとき，現在の資本ストックの地域間構成比を変更しないように新規投資分も配分され，*RORDELTA* = 1のとき，地域間の投資配分比率は期待収益率$rore(r)$の変化に応じて変更される）

C. derivatives of the Base Data（基本データから派生する変数）

1 Value Flows（総額フロー）

VOA(i,r)　当事者価格で表記された地域rにおいて生産または供給された各非貯蓄財iの総額
$\forall i \in NSAV\_COMM, \forall r \in REG$

$= EVFA(i,j,r)$　$\forall i \in ENDW\_COMM$

$= VDFA(i,j,r) + VIFA(i,j,r)$　$\forall i \in TRAD\_COMM$

VFA(i,j,r)　当事者価格で表記された地域rにおける産業jの企業によって需要される財iの購入総額
$\forall i \in DEMO\_COMM, \forall j \in TRAD\_COMM, \forall r \in REG$

$= EVOA(i,r)$　$\forall i \in ENDW\_COMM$

$= \sum_{j \in DEMD\_COMM} VFA(j,i,r)$　$\forall i \in PROD\_COMM$

VOM(i,r)　市場価格で表記された地域rにおいて生産または供給された各非貯蓄財iの総額
$\forall i \in NSAV\_COMM, \forall r \in REG$

$= \sum_{j \in PROD\_COMM} VFM(i,j,r)$　$\forall i \in ENDW\_COMM$

$= VDM(i,r) + \sum_{s \in REG} VXMD(i,r,s) + VST(i,r)$　$\forall i \in TRAD\_COMM$

$= VOA(i,r)$　$\forall i \in CGDS\_COMM$

VDM(i,r)　$= VIPM(i,r) + VIGM(i,r) + \sum_{j \in PROD\_COMM} VIFM(i,j,r)$
市場価格で表記された地域rにおける貿易財iの国内販売総額
$\forall i \in TRAD\_COMM, \forall r \in REG$

VIM(i,r)　$= VDPM(i,r) + VDGM(i,r) + \sum_{j \in PROD\_COMM} VDFM(i,j,r)$
市場価格で表記された地域rにおける貿易財iの輸入総額
$\forall i \in TRAD\_COMM, \forall r \in REG$

VPA(i,r)　$= VDPA(i,r) + VIPA(i,r)$
当事者価格で表記された地域rにおける貿易財iに対する民間家計の支出総額
$\forall i \in TRAD\_COMM, \forall r \in REG$

PRIVEXP(r)　$= \sum_{i \in TRAD\_COMM} VPA(i,r)$
当事者価格で表記された地域rにおける全貿易財に対する民間家計の支出総額
$\forall r \in REG$

$VGA(i,r) = VDGA(i,r) + VIGA(i,r)$

当事者価格で表記された地域rにおける貿易財iに対する政府家計の支出総額

$\forall i \in TRAD\_COMM, \forall r \in REG$

$GOVEXP(r) = \sum_{i \in TRAD\_COMM} VGA(i,r)$

当事者価格で表記された地域rにおける全貿易財に対する政府家計の支出総額

$\forall r \in REG$

$INCOME(r) = PRIVEXP(r) + GOVEXP(r) + SAVE(r)$

地域rにおける支出総額（＝純収入）

$\forall r \in REG$

$INC(r) = INCOME(r)$

基本データ（Base Data）から得られる，地域rにおける支出総額（＝総収入）の初期値（EVの計算に用いられる）

$\forall r \in REG$

$REGINV(r) = \sum_{k \in CGDS\_COMM} VOA(k,r)$

地域rにおける投資総額（"*cgds*"部門における生産総額に等しい）

$\forall r \in REG$

$NETINV(r) = \sum_{k \in CGDS\_COMM} VOA(k,r) - VDEP(r)$

地域rにおける純投資額

$\forall r \in REG$

$$GLOBINV = \sum_{r \in REG} NETINV(r) = \sum_{r \in REG} SAVE(r)$$

全世界における純投資額の総計

$$INVKERATIO(r) = \frac{REGINV(r)}{[VKB(r) + NETINV(r)]}$$

地域rにおける期末の資本ストックに対する投資総額の比率

$\forall r \in REG$

$$GRNETRATIO(r) = \frac{\sum_{k \in ENDWC\_COMM} VOA(k,r)}{\left[\sum_{k \in ENDWC\_COMM} VOA(k,r) - VDEP(r)\right]}$$

資本の純収益率に対する資本の総収益率（＝ VOA("*capital*", r)）の比率

$\forall r \in REG$

$$GDP(r) = \sum_{i \in TRAD\_COMM} VPA(i,r) + \sum_{i \in TRAD\_COMM} VGA(i,r) + \sum_{i \in CGDS\_COMM} VOA(i,r) + \sum_{i \in TRAD\_COMM} \sum_{s \in REG} [VXWD(i,r,s) + VST(i,r)] - \sum_{i \in TRAD\_COMM} \sum_{s \in REG} VIWS(i,s,r)$$

地域rにおける国内総生産（貿易額は世界価格で表記）

$\forall r \in REG$

$VTWR(i,r,s) = VIWS(i,r,s) - VXWD(i,r,s)$

地域rからsへの貿易財iの輸送に関する輸送サービスの供給総額（*fob*価格-*cif*価格で表現される輸送マージン）

$\forall i \in TRAD\_COMM, \forall r \in REG, \forall s \in REG$

$$VT = \sum_{i \in TRAD\_COMM} \sum_{r \in REG} \sum_{s \in REG} VTWR(i,r,s)$$

国際輸送サービスの供給総額（*fob*価格-*cif*価格で表現される輸送マージンの全貿易財･全2カ国間輸送についての総和）

VXW(i,r) $= \sum_{s \in REG} VXWD(i,r,s) + VST(i,r)$

世界価格（*fob*価格）で表記された地域*r*からの貿易財*i*の輸出総額

$\forall i \in TRAD\_COMM, \forall r \in REG$

VXWREGION(r) $= \sum_{i \in TRAD\_COMM} VXW(i,r)$

世界価格（*fob*価格）で表記された地域*r*からの全貿易財の輸出総額

$\forall r \in REG$

VWLDSALES(r) $= \sum_{i \in TRAD\_COMM} \sum_{s \in REG} [VXWD(i,r,s) + VST(i,r)] + NETINV(r)$

世界価格（*fob*価格）で表記された地域*r*から世界市場への総販売額

$\forall r \in REG$

VXWCOMMOD(i) $= \sum_{r \in REG} VXW(i,r)$

世界価格（*fob*価格）で表記された全地域合計の貿易財*i*の輸出総額

$\forall i \in TRAD\_COMM$

VIW(i,r) $= \sum_{s \in REG} VIWS(i,s,r)$

世界価格（*cif*価格）で表記された地域*r*への貿易財*i*の輸入総額

$\forall i \in TRAD\_COMM, \forall r \in REG$

VIWREGION(r) $= \sum_{i \in TRAD\_COMM} VIW(i,r)$

世界価格（*cif*価格）で表記された地域*r*への全貿易財の輸入総額

$\forall r \in REG$

VIWCOMMOD(i) $= \sum_{r \in REG} VXWREGION(r)$

$= \sum_{r \in REG} VIWREGION(r)$

世界価格（*cif*価格）で表記された全地域合計の貿易財*i*の輸入総額

$\forall i \in TRAD\_COMM$

VXWLD $= \sum_{r \in REG} VIW(i,r)$

世界価格（*fob*価格）で表記された全世界合計の貿易総額

PW_PM(i,r) $= \dfrac{\sum_{s \in REG} VXWD(i,r,s)}{\sum_{s \in REG} VXMD(i,r,s)}$

地域*r*の貿易財*i*における国内市場価格に対する世界市場価格（*fob*価格）の比率

$\forall i \in TRAD\_COMM, \forall r \in REG$

VOW(i,r) $= VDM(i,r) * PW\_PM(i,r) + \sum_{s \in REG} VXWD(i,r,s) + VST(i,r)$

世界価格（*fob*価格）で表記された地域*r*における貿易財*i*の生産総額

$\forall i \in TRAD\_COMM, \forall r \in REG$

VWOW(i) $= \sum_{r \in REG} VOW(i,r)$

世界価格（*fob*価格）で表記された貿易財*i*の全世界の供給総額

$\forall r \in REG$

2 Shares（シェア）

$SHRDFM(i,j,r) = \dfrac{VDFM(i,j,r)}{VDM(i,r)}$

市場価格で表記された地域rにおける貿易財iの総販売額のうち，産業jの企業によって利用されるもののシェア

$\forall i \in TRAD\_COMM, \forall j \in PROD\_COMM, \forall r \in REG$

$SHRDPM(i,r) = \dfrac{VDPM(i,r)}{VDM(i,r)}$

市場価格で表記された地域rにおける貿易財iの総販売額のうち，民間家計によって利用されるもののシェア

$\forall i \in TRAD\_COMM, \forall r \in REG$

$SHRDGM(i,r) = \dfrac{VDGM(i,r)}{VDM(i,r)}$

市場価格で表記された地域rにおける貿易財iの総販売額のうち，政府家計によって利用されるもののシェア

$\forall i \in TRAD\_COMM, \forall r \in REG$

$SHRIFM(i,j,r) = \dfrac{VIFM(i,j,r)}{VIM(i,r)}$

市場価格で表記された地域rにおける貿易財iの総輸入額のうち，産業jの企業によって利用されるもののシェア

$\forall i \in TRAD\_COMM, \forall j \in PROD\_COMM, \forall r \in REG$

$SHRIPM(i,r) = \dfrac{VIPM(i,r)}{VIM(i,r)}$

市場価格で表記された地域rにおける貿易財iの総輸入額のうち，民間家計によって利用されるもののシェア

$\forall i \in TRAD\_COMM, \forall r \in REG$

$SHRIGM(i,r) = \dfrac{VIGM(i,r)}{VIM(i,r)}$

市場価格で表記された地域rにおける貿易財iの総輸入額のうち，政府家計によって利用されるもののシェア

$\forall i \in TRAD\_COMM, \forall r \in REG$

$FMSHR(i,j,r) = \dfrac{VIFA(i,j,r)}{VFA(i,j,r)}$

当事者価格で表記された地域rにおける産業jの企業による貿易財iの利用総額のうち，輸入財のシェア

$\forall i \in TRAD\_COMM, \forall j \in PROD\_COMM, \forall r \in REG$

$PMSHR(i,r) = \dfrac{VIPA(i,r)}{VPA(i,r)}$

当事者価格で表記された地域rにおける民間家計による貿易財iの利用総額のうち，輸入財のシェア

$\forall i \in TRAD\_COMM, \forall r \in REG$

$GMSHR(i,r) = \dfrac{VIGA(i,r)}{VGA(i,r)}$

当事者価格で表記された地域rにおける政府家計による貿易財iの利用総額のうち，輸入財のシェア

$\forall i \in TRAD\_COMM, \forall r \in REG$

$CONSHR(i,r) = \dfrac{VPA(i,r)}{PRIVEXP(r)}$

当事者価格で表記された地域rにおける民間家計支出総額のうち，貿易財iのシェア

$\forall i \in TRAD\_COMM, \forall r \in REG$

$MSHRS(i,r,s) = \dfrac{VIMS(i,r,s)}{\sum_{r \in REG} VIMS(i,r,s)}$

市場価格で表記された地域sにおける貿易財iの輸入総額のうち，地域rから輸入財のシェア

$\forall i \in TRAD\_COMM, \forall r \in REG, \forall s \in REG$

$SVA(i,j,r) = \dfrac{VFA(i,j,r)}{\sum_{k \in ENDW\_COMM} VFA(k,j,r)}$

当事者価格で表記された地域rにおける産業jの企業による付加価値のうち，生産要素iのシェア

$\forall i \in ENDWS\_COMM, \forall j \in PROD\_COMM, \forall r \in REG$

$REVSHR(i,j,r) = \dfrac{VFM(i,j,r)}{\sum_{k \in PROD\_COMM} VFM(i,k,r)}$

市場価格で表記された地域rにおける産業jの企業による利用総額のうち，生産要素iのシェア

$\forall i \in ENDWS\_COMM, \forall j \in PROD\_COMM, \forall r \in REG$

$FOBSHR(i,r,s) = \dfrac{VXWD(i,r,s)}{VIWS(i,r,s)}$

地域rからsへ輸送される貿易財iのcif価格ベースの総額のうち，fob価格ベースの総額の占める割合

$\forall i \in TRAD\_COMM, \forall r \in REG, \forall s \in REG$

$TRNSHR(i,r,s) = \dfrac{VTWR(i,r,s)}{VIWS(i,r,s)}$

地域rからsへ輸送される貿易財iのcif価格ベースの総額のうち，輸送費の占める割合

$\forall i \in TRAD\_COMM, \forall r \in REG, \forall s \in REG$

D. Variables（変数）

1 Quantity Variables（量に関する変数）

QO(i,r)　地域rにおいて生産または供給される非貯蓄財iの総量
$\forall i \in NSAV\_COMM, \forall r \in REG$

QOES(i,j,r)　地域rにおける産業jの企業に対して供給される移動不自由な生産要素iの総量
$\forall i \in ENDW\_COMM, \forall j \in PROD\_COMM, \forall r \in REG$

QDS(i,r)　地域rにおける貿易財iの国内販売総量
$\forall i \in TRAD\_COMM, \forall r \in REG$

QXS(i,r,s)　地域rからsへの貿易財iの輸出総量
$\forall i \in TRAD\_COMM, \forall r \in REG, \forall s \in REG$

QTS(i,r)　国際運輸部門に対する地域rの貿易財iからの販売総量
$\forall i \in TRAD\_COMM, \forall r \in REG$

QFE(i,j,r)　地域rにおける産業jの企業によって需要される生産要素iの総量
$\forall i \in ENDW\_COMM, \forall j \in PROD\_COMM, \forall r \in REG$

QVA(j,r)　地域rにおける産業jの企業による付加価値量に関する指標
$\forall j \in PROD\_COMM, \forall r \in REG$

QF(i,j,r)　地域rにおける産業jの企業によって需要される合成貿易財iの総量
$\forall i \in TRAD\_COMM, \forall j \in PROD\_COMM, \forall r \in REG$

QFD(i,j,r)　地域rにおける産業jの企業によって需要される貿易財iのうち，国内生産財の総量
$\forall i \in TRAD\_COMM, \forall j \in PROD\_COMM, \forall r \in REG$

QFM(i,j,r)　地域rにおける産業jの企業によって需要される貿易財iのうち，輸入財の総量
$\forall i \in TRAD\_COMM, \forall j \in PROD\_COMM, \forall r \in REG$

QP(i,r)　地域rにおける民間家計によって需要される合成貿易財iの総量
$\forall i \in TRAD\_COMM, \forall r \in REG$

QPD(i,r)　地域rにおける民間家計によって需要される貿易財iのうち，国内生産財の総量
$\forall i \in TRAD\_COMM, \forall r \in REG$

QPM(i,r)　地域rにおける民間家計によって需要される貿易財iのうち，輸入財の総量
$\forall i \in TRAD\_COMM, \forall r \in REG$

QG(i,r)　地域rにおける政府家計によって需要される合成貿易財iの総量
$\forall i \in TRAD\_COMM, \forall r \in REG$

QGD(i,r)　地域rにおける政府家計によって需要される貿易財iのうち，国内生産財の総量
$\forall i \in TRAD\_COMM, \forall r \in REG$

QGM(i,r)　地域rにおける政府家計によって需要される貿易財iのうち，輸入財の総量
$\forall i \in TRAD\_COMM, \forall r \in REG$

QIM(i,r)　市場価格で重み付けされた，地域rにおいて需要される貿易財iの総輸入量
$\forall i \in TRAD\_COMM, \forall r \in REG$

QIW(i,r)　世界（*cif*）価格で重み付けされた，地域rにおいて需要される貿易財iの総輸入量
$\forall i \in TRAD\_COMM, \forall r \in REG$

QXW(i,r)　世界（*fob*）価格で重み付けされた，地域rから供給される貿易財iの総輸出量
$\forall i \in TRAD\_COMM, \forall r \in REG$

QIWREG(r)　地域rにおいて需要される全貿易財の輸入量
$\forall r \in REG$

QXWREG(r)　地域rから供給される全貿易財の輸出量
$\forall r \in REG$

QIWCOM(i)　貿易財iの全世界輸入量
$\forall i \in TRAD\_COMM$

QXWCOM(i)　貿易財iの全世界輸出量
$\forall i \in TRAD\_COMM$

QXWWLD　全世界の貿易総量

QOW(i)　貿易財iの世界供給量に関する指標
$\forall i \in TRAD\_COMM$

QT	国際輸送の全世界供給量	
QCGDS(r)	地域rにおける資本財の総供給量	$\forall r \in REG$
QSAVE(r)	地域rにおいて需要される総貯蓄量	$\forall r \in REG$
GLOBALCGDS	純投資として用いられる資本の全世界供給量	
KSVCES(r)	地域rにおける資本サービスの供給量	$\forall r \in REG$
KB(r)	地域rにおける期首の資本ストック	$\forall r \in REG$
KE(r)	地域rにおける期末の資本ストック	$\forall r \in REG$
POP(r)	地域rにおける人口	$\forall r \in REG$
QGDP(r)	地域rにおけるGDP総量指標	$\forall r \in REG$
WALRAS_DEM	省略された市場における総需要量（＝貯蓄の世界総需要）	
WALRAS_SUP	省略された市場における総供給量（＝新規の資本合成財の世界総供給量）	

2 Price Variables

PS(i,r)	地域rにおける非貯蓄財iの供給者価格	$\forall i \in NSAV\_COMM, \forall r \in REG$
PM(i,r)	地域rにおける非貯蓄財iの市場価格	$\forall i \in NSAV\_COMM, \forall r \in REG$
PMES(i,j,r)	地域rにおける産業jの企業に対して供給される移動不自由な生産要素iの市場価格	$\forall i \in ENDWS\_COMM, \forall j \in PROD\_COMM, \forall r \in REG$
PFE(i,j,r)	地域rにおける産業jの企業による生産要素iの需要価格	$\forall i \in ENDWS\_COMM, \forall j \in PROD\_COMM, \forall r \in REG$
PVA(j,r)	地域rにおける産業jの企業による付加価値価格	$\forall j \in PROD\_COMM, \forall r \in REG$
PF(i,j,r)	地域rにおける産業jの企業による合成貿易財iの需要価格	$\forall i \in TRAD\_COMM, \forall j \in PROD\_COMM, \forall r \in REG$
PFD(i,j,r)	地域rにおける産業jの企業による国内貿易財iの需要価格	$\forall i \in TRAD\_COMM, \forall j \in PROD\_COMM, \forall r \in REG$
PFM(i,j,r)	地域rにおける産業jの企業による輸入貿易財iの需要価格	$\forall i \in TRAD\_COMM, \forall j \in PROD\_COMM, \forall r \in REG$
PP(i,r)	地域rにおける民間家計による合成貿易財iの需要価格	$\forall i \in TRAD\_COMM, \forall r \in REG$
PPD(i,r)	地域rにおける民間家計による国内貿易財iの需要価格	$\forall i \in TRAD\_COMM, \forall r \in REG$
PPM(i,r)	地域rにおける民間家計による輸入貿易財iの需要価格	$\forall i \in TRAD\_COMM, \forall r \in REG$
PG(i,r)	地域rにおける政府家計による合成貿易財iの需要価格	$\forall i \in TRAD\_COMM, \forall r \in REG$
PGD(i,r)	地域rにおける政府家計による国内貿易財iの需要価格	$\forall i \in TRAD\_COMM, \forall r \in REG$
PGM(i,r)	地域rにおける政府家計による輸入貿易財iの需要価格	$\forall i \in TRAD\_COMM, \forall r \in REG$
PPRIV(r)	地域rにおける民間家計支出の価格指標	$\forall r \in REG$

PGOV(r)	地域rにおける政府家計支出の価格指標	$\forall r \in REG$
PFOB(i,r,s)	地域rからsへの貿易財iの輸出における世界（*fob*）価格（輸送マージンが加えられる以前の価格）	$\forall i \in TRAD\_COMM, \forall r \in REG, \forall s \in REG$
PCIF(i,r,s)	地域rからsへの貿易財iの輸入における世界（cif）価格（輸送マージンが加えられた価格）	$\forall i \in TRAD\_COMM, \forall r \in REG, \forall s \in REG$
PMS(i,r,s)	地域rからsへの貿易財iの輸入における相手国別の市場価格	$\forall i \in TRAD\_COMM, \forall r \in REG, \forall s \in REG$
PIM(i,r)	地域rにおける輸入貿易財iの市場価格	$\forall i \in TRAD\_COMM, \forall r \in REG$
PIW(i,r)	地域rにおける輸入貿易財iの世界価格	$\forall i \in TRAD\_COMM, \forall r \in REG$
PXW(i,r)	地域rにおける貿易財iの輸出に関する価格指標	$\forall i \in TRAD\_COMM, \forall r \in REG$
PIWREG(r)	地域rにおける輸入に関する価格指標	$\forall r \in REG$
PXWREG(r)	地域rにおける輸出に関する価格指標	$\forall r \in REG$
PIWCOM(i)	貿易財iの輸入に関する価格指標	$\forall i \in TRAD\_COMM$
PXWCOM(i)	貿易財iの輸出に関する価格指標	$\forall i \in TRAD\_COMM$
PXWWLD	世界貿易に関する価格指標	
PR(i,r)	地域rにおける貿易財iに関する輸入品の市場価格に対する国内価格の比率	$\forall i \in TRAD\_COMM, \forall r \in REG$
PW(i)	貿易財iの総供給に関する世界価格指標	$\forall i \in TRAD\_COMM$
PSW(r)	地域rにおいて産出された貿易財（国際銀行セクターへの純投資の販売額も含む）による収入に関する価格指標	$\forall r \in REG$
PDW(r)	地域rにおいて利用された貿易財（国際銀行セクターからの貯蓄の購入も含む）に対する支出に関する価格指標	$\forall r \in REG$
TOT(r)	地域rにおける交易条件$TOT(r) = [PSW(r) / PDW(r)]$	$\forall r \in REG$
PT	国際輸送サービスの供給価格	
PCGDS(r)	地域rにおける投資財価格（＝$PS("cgds", r)$）	$\forall r \in REG$
PSAVE	国際銀行セクターによって貯蓄者に提供される合成資本財の価格	
RENTAL(r)	地域rにおける資本のレンタル率（＝$PS("capital", r)$）	$\forall r \in REG$
RORC(r)	地域rにおける資本ストックの現況の純収益率	$\forall r \in REG$
RORE(r)	地域rにおける資本ストックの期待純収益率	$\forall r \in REG$
RORG	資本ストックの世界純収益率	
PGDP(r)	地域rにおけるGDP価格指標	$\forall r \in REG$

3 Policy Variables (政策変数)

TO(i,r)	地域rにおける非貯蓄財iの生産(または収入)に関する課税指標 $\forall i \in NSAV\_COMM, \forall r \in REG$
TF(i,j,r)	地域rにおける産業jの企業による生産要素iの需要(購入)に関する課税指標 $\forall i \in ENDW\_COMM, \forall j \in PROD\_COMM, \forall r \in REG$
TFD(i,j,r)	地域rにおける産業jの企業による国内貿易財iの需要(購入)に関する課税指標 $\forall i \in TRAD\_COMM, \forall j \in PROD\_COMM, \forall r \in REG$
TFM(i,j,r)	地域rにおける産業jの企業による輸入貿易財iの需要(購入)に関する課税指標 $\forall i \in TRAD\_COMM, \forall j \in PROD\_COMM, \forall r \in REG$
TPD(i,r)	地域rにおける民間家計による国内貿易財iの需要(購入)に関する課税指標 $\forall i \in TRAD\_COMM, \forall r \in REG$
TPM(i,r)	地域rにおける民間家計による輸入貿易財iの需要(購入)に関する課税指標 $\forall i \in TRAD\_COMM, \forall r \in REG$
TGD(i,r)	地域rにおける政府家計による国内貿易財iの需要(購入)に関する課税指標 $\forall i \in TRAD\_COMM, \forall r \in REG$
TGM(i,r)	地域rにおける政府家計による輸入貿易財iの需要(購入)に関する課税指標 $\forall i \in TRAD\_COMM, \forall r \in REG$
TXS(i,r,s)	地域rからsへの貿易財iの輸出に関する課税指標(地域rへの課税) $\forall i \in TRAD\_COMM, \forall r \in REG, \forall s \in REG$
TMS(i,r,s)	地域rからsへの貿易財iの輸入に関する課税指標(地域sへの課税) $\forall i \in TRAD\_COMM, \forall r \in REG, \forall s \in REG$
TX(i,r)	地域rからの貿易財iの輸出における相手国によらない課税指標 $\forall i \in TRAD\_COMM, \forall r \in REG$
TM(i,r)	地域rへの貿易財iの輸入における相手国によらない課税指標 $\forall i \in TRAD\_COMM, \forall r \in REG$

4 Technical Change Variables (技術変化に関する変数)

AO(j,r)	地域rの産業jにおける生産に関する技術変化 $\forall j \in PROD\_COMM, \forall r \in REG$
AFE(i,j,r)	地域rの産業jにおける生産要素iの利用効率に関する技術変化 $\forall i \in ENDWS\_COMM, \forall j \in PROD\_COMM, \forall r \in REG$
AF(i,j,r)	地域rの産業jにおける合成中間財iの投入効率に関する技術変化 $\forall i \in TRAD\_COMM, \forall j \in PROD\_COMM, \forall r \in REG$
AVA(j,r)	地域rの産業jにおける付加価値に関する技術変化 $\forall j \in PROD\_COMM, \forall r \in REG$
ATR(i,r,s)	地域rからsへの貿易財iの輸送に関する技術変化 $\forall i \in TRAD\_COMM, \forall r \in REG, \forall s \in REG$

5 Dummy(0,1) Variables（ダミー変数）

D_EVFA(i,j,r)　*EVFA(i,j,r)* がゼロ（当該産業における当該生産要素の購入なし）のケースを検出するダミー変数

$\forall i \in ENDW\_COMM, \forall j \in PROD\_COMM, \forall r \in REG$

$$D\_EVFA(i,j,r)=0$$
$$D\_EVFA(i,j,r)=1 \quad \forall \quad EVFA(i,j,r)>0$$

D_VFA(i,j,r)　*VFA(i,j,r)* がゼロ（当該産業における当該財の購入なし）のケースを検出するダミー変数

$\forall i \in TRAD\_COMM, \forall j \in PROD\_COMM, \forall r \in REG$

$$D\_VFA(i,j,r)=0$$
$$D\_VFA(i,j,r)=1 \quad \forall \quad VFA(i,j,r)>0$$

D_VXWD(i,r,s)　*VXWD(i,r,s)* がゼロ（当該2国間における当該貿易財の貿易なし）のケースを検出するダミー変数

$\forall i \in TRAD\_COMM, \forall r \in REG, \forall s \in REG$

$$D\_VXWD(i,r,s)=0$$
$$D\_VXWD(i,r,s)=1 \quad \forall \quad VXWD(i,r,s)>0$$

D_VST(i,r)　*VST(i,r)* がゼロ（当該国から輸出される当該貿易財の輸送なし）のケースを検出するダミー変数

$\forall i \in TRAD\_COMM, \forall r \in REG$

$$D\_VST(i,r)=0$$
$$D\_VST(i,r)=1 \quad \forall \quad VST(i,r)>0$$

6 Slack Variables（スラック変数）

profitslack(j,r)　ゼロ利潤条件式（ZEROPROFITS）におけるスラック変数（このスラック変数は，当該地域における当該財の産出量$QO(j,\ r)$が内生化されている限り，外生変数として扱われる）

$\forall j \in PROD\_COMM, \forall r \in REG$

cgdslack(r)　世界の資本収益率に関する等式（RORGLOBAL）におけるスラック変数（このスラック変数は，当該地域における資本財の産出量$QO("cgds",\ r)$が内生化されている限り，外生変数として扱われる）

$\forall r \in REG$

endwslack(i,r)　生産要素の市場清算条件と供給に関する等式（MKTCLENDWMおよびENDW_SUPPLY）におけるスラック変数（このスラック変数は，当該地域における当該生産要素のレンタル率$PM(i,\ r)$と$PMES(i,\ j,\ r)$が内生化されている限り，外生変数として扱われる）

$\forall i \in ENDW\_COMM, \forall r \in REG$

tradslack(i,r)　貿易に関する市場清算条件式（MKTCLTRD）におけるスラック変数（このスラック変数は，当該地域における当該財の価格$PM(i,\ r)$が内生化されている限り，外生変数として扱われる）

$\forall i \in TRAD\_COMM, \forall r \in REG$

incomeslack(r)　地域家計の収入に関する式（REGIONALINCOME）におけるスラック変数（このスラック変数は，当該地域における地域家計収入$Y(r)$が内生化されている限り，外生変数として扱われる）

$\forall r \in REG$

saveslack(r)　貯蓄に関する式（SAVINGS）におけるスラック変数（このスラック変数は，当該地域における貯蓄量$QSAVE(r)$が内生化されている限り，外生変数として扱われる）

$\forall r \in REG$

govslack(r)　政府の効用に関する式（GOVERTU）におけるスラック変数（このスラック変数は，当該地域における政府の実質購入$UG(r)$が内生化されている限り，外生変数として扱われる）

$\forall r \in REG$

walraslack　ワルラス均衡式（WALRAS）におけるスラック変数（このスラック変数は，標準的な一般均衡の手続きにおいては，貯蓄の価格$PSAVE$が内生化されているため，外生変数として扱われる．何らかの形で一般均衡体系が成立しない場合には，このスラック変数が価格のニューメレールとなる$PSAVE$の代わりに内生化され，世界総貯蓄と世界総投資が等しくなるように変化する）

7 Value and Income Variables（総額ベースの変数および収入に関する変数）

vxwfob(i,r)	*fob*ベースで表記された地域rにおける貿易財iの輸出総額の変化率（$VXW(i,\ r)$の線形表現）	$\forall i \in TRAD\_COMM, \forall r \in REG$
vxwreg(r)	*fob*ベースで表記された地域rからの全貿易財の輸出総額の変化率（$VXWREGION(r)$の線形表現）	$\forall r \in REG$
vxwcom(i)	*fob*ベースで表記された貿易財iの全世界輸出総額の変化率（$VXWCOMMOD(i)$の線形表現）	$\forall i \in TRAD\_COMM$
viwcif(i,r)	*cif*ベースで表記された地域rにおける貿易財iの輸出総額の変化率（$VIW(i,\ r)$の線形表現）	$\forall i \in TRAD\_COMM, \forall r \in REG$
viwreg(r)	*cif*ベースで表記された地域rからの全貿易財の輸出総額の変化率（$VIWREGION(r)$の線形表現）	$\forall r \in REG$
viwcom(i)	*cif*ベースで表記された貿易財iの全世界輸出総額の変化率（$VIWCOMMOD(i)$の線形表現）	$\forall i \in TRAD\_COMM$
vxwwld	*fob*ベースで表記された全世界の輸出総額の変化率（$VXWLD$の線形表現）	
valuew(i)	*fob*ベースで表記された貿易財iの全世界の供給総額の変化率（$VWOW(i)$の線形表現）	$\forall i \in TRAD\_COMM$
vgdp(r)	地域rにおけるGDP総額の変化率（$GDP(r)$の線形表現）	$\forall r \in REG$
y(r)	地域rにおける地域家計収入の変化率（$INCOME(r)$の線形表現）	$\forall r \in REG$
yp(r)	地域rにおける民間家計支出の変化率（$PRIVEXP(r)$の線形表現）	$\forall r \in REG$

8 Utility Variables（効用に関する変数）

U(r)	地域rにおける地域家計支出から得られる人口一人当たりの効用	$\forall r \in REG$
UP(r)	地域rにおける民間家計支出から得られる人口一人当たりの効用	$\forall r \in REG$
UG(r)	地域rにおける政府家計支出から得られる人口一人当たりの効用	$\forall r \in REG$

9 Welfare Variables（厚生に関する変数）

EV(r)	地域rにおける等価変分（100万US$, 正の値は効用の改善を表す）	$\forall r \in REG$
WEV	全世界合計の等価変分（100万US$, 正の値は効用の改善を表す）	

10 Trace Balance Variables（貿易収支に関する変数）

DTBAL(r)	地域rにおける貿易収支の変化（100万US$, 正の値は輸出の増加が輸入の増加を上回ることを表す）	$\forall r \in REG$
DTBALi(i,r)	地域rの貿易財iにおける貿易収支の変化（100万US$, 正の値は輸出の増加が輸入の増加を上回ることを表す）	$\forall i \in TRAD\_COMM, \forall r \in REG$

付録 C　GTAP ver.6で修正された地域家計モデル[2)]の概要

GTAP ver.5以前の家計の行動に関する定式化（**付録A** pp.36-39）においては，地域家計の効用関数は，**表A-12**の(37)式および訳注15（p.38）に示されたように，民間家計・政府家計・貯蓄の各部門への支出シェアが固定されており，かつ各部門における効用の支出に対する弾力性$\Phi_i(r)$が1（各部門における支出額の変化率が効用水準の変化率と常に一致する）と仮定した場合にのみ成立するものである[2)]．なぜなら，もしそうでなければ，各部門の効用水準が変化したときに，支出シェアも変化することになるからである．ところが，民間家計についてみると，(A.14)式（p.38）で示される支出関数においては，訳注16の式i)より，

$$\begin{aligned}\Phi_P(r) &= \frac{\partial E(\mathbf{PP}(r), UP(r))}{\partial UP(r)} \cdot \frac{UP(r)}{E(\mathbf{PP}(r), UP(r))} \\ &= \sum_{i \in TRAD} \left[\gamma(i,r) \cdot \frac{\beta(i,r) \cdot B(i,r) \cdot UP(r)^{\beta(i,r)\gamma(i,r)} \cdot \left[PP(i,r)/E(\mathbf{PP}(r), UP(r))\right]^{\beta(i,r)}}{\sum_{i \in TRAD} \left[\beta(i,r) \cdot B(i,r) \cdot UP(r)^{\beta(i,r)\gamma(i,r)} \cdot \left[PP(i,r)/E(\mathbf{PP}(r), UP(r))\right]^{\beta(i,r)} \right]} \right] \\ &= \sum_{i \in TRAD} \{\gamma(i,r) \cdot CONSHR(i,r)\} (\because \text{訳注14}iii\text{)式}) \end{aligned} \tag{C.1}$$

となり，$\Phi_P(r) = 1$となるのは，$\gamma(i, r) \equiv 1, \forall i$など，ごく限られたケースのみである．そこで，$\Phi_P(r) \neq 1$となるケースも考慮するため，以下のような修正を行っている．なお，民間家計の行動方程式については，修正点はない．

１．政府家計の行動

修正点は下記の２点である．

・政府家計の効用$UG(r)$を一人あたりの効用と再定義

表A-12の(37)式および訳注13（p.37）に示されるように，GTAP ver.5以前においては，政府家計の効用は，当該地域家計全体の効用として定義されていた．これを民間家計の効用と同様に，一人あたりの効用に定義し直す．

・スラック変数を削除

上記のように，今回の修正では，支出額の変化率が効用水準の変化率と必ずしも一致しないという点が考慮され，地域家計の効用関数を構成する各部門の効用に係るパラメータが，必ずしも支出シェアに固定されない．そこで，ある部門の支出を固定するなどといった部分均衡分析を行う際は，この変動パラメータを固定して取り扱うこととし，各部門の行動方程式からスラック変数を削除する．

これらの修正事項に従い，**表 A-12** 中の各式を下記の通り修正する．

(39') $yg(r) - pop(r) = ug(r) - pgov(r)$

(41') $qg(i,r) - pop(r) = ug(r) - [pg(i,r) - pgov(r)]$

なお，$YG(r)$および $QG(r)$は，民間家計の支出や需要と同様，全地域家計の合計値として定義される．

２．貯蓄

１．政府家計の２点目と同様の修正を行う．なお，p.25の訳注６も参照されたい．

(38') $ysave(r) = psave(r) + qsave(r)$

３．地域家計の行動

１）効用関数形と各部門の需要

地域家計の効用関数を構成する民間家計・政府家計・貯蓄の各部門の効用に係るパラメータをそれぞれ $DPPRIV(r)$, $DPGOV(r)$, $DPSAVE(r)$とする．すなわち，

$$U(r) = C \cdot UP(r)^{DPPRIV(r)} \cdot UG(r)^{DPGOV(r)} \cdot \left\{\frac{QSAVE(r)}{POP(r)}\right\}^{DPSAVE(r)} \tag{C.2}$$

ここで，C はスケールパラメータ．このとき，地域家計における効用の支出に対する弾力性を $\Phi(r)$とすれば，

$$\begin{aligned}\frac{\Phi(r)}{\Phi_P(r)} &\equiv \left\{\frac{\partial Y(r)}{\partial U(r)} \cdot \frac{U(r)}{Y(r)}\right\} \bigg/ \left\{\frac{\partial YP(r)}{\partial UP(r)} \cdot \frac{UP(r)}{YP(r)}\right\} \\ &= \frac{YP(r)}{Y(r)} \cdot \frac{\partial Y(r)}{\partial YP(r)} \cdot \left\{\frac{U(r)}{UP(r)} \bigg/ \frac{\partial U(r)}{\partial UP(r)}\right\}\end{aligned} \tag{C.3}$$

となる．ここで(C.2)式より，

$$\frac{\partial U(r)}{\partial UP(r)} \bigg/ \frac{U(r)}{UP(r)} = DPPRIV(r) \tag{C.4}$$

また，

$$Y(r) \equiv YP(r) + YG(r) + YSAVE(r) \tag{C.5}$$

より $\dfrac{\partial Y(r)}{\partial YP(r)} = 1$ となるので，(C.3)式は，

$$\frac{\Phi(r)}{\Phi_P(r)} = \frac{YP(r)}{Y(r)} \cdot \frac{1}{DPPRIV(r)} \tag{C.6}$$

と書き表され，これを変化率の式に書き直せば，下式を得る．

$$\boxed{yp(r) - y(r) = \phi(r) - \phi_p(r) + dppriv(r)} \tag{C.7}$$

同様の方法を用いて，また本モデルでは，政府家計および貯蓄部門における効用の支出に対する弾力性が１に固定されている（$\Phi_G(r) = \Phi_S(r) \equiv 1$）ことを考慮すれば，

$$\boxed{\begin{aligned} yg(r) - y(r) &= \phi(r) + dpgov(r) \\ ysave(r) - y(r) &= \phi(r) + dpsave(r) \end{aligned}} \tag{C.8}$$

を得る．

2）効用最大化行動と効用の支出に対する弾力性

地域家計は，予算制約(C.5)式のもとで効用関数(C.2)を最大化するので，ラグランジュアン L を

$L = U(r) - \lambda\{YP(r) + YG(r) + YSAVE(r) - Y(r)\}$

とすると（λ はラグランジュ未定乗数），

$$\frac{\partial L}{\partial UP} = DPPRIV(r) \cdot \frac{U(r)}{UP(r)} - \lambda \cdot \frac{\partial YP(r)}{\partial UP(r)} = 0 \tag{C.9}$$

これと(C.1)式より，

$$\begin{aligned} \lambda &= DPPRIV(r) \cdot \frac{U(r)}{UP(r)} \cdot \frac{\partial UP(r)}{\partial YP(r)} \\ &= DPPRIV(r) \cdot \frac{U(r)}{YP(r) \cdot \Phi_P(r)} \end{aligned} \tag{C.10}$$

同様にして，$\Phi_G(r) = \Phi_S(r) \equiv 1$ に注意すれば，

$$\lambda = DPGOV(r) \cdot \frac{U(r)}{YG(r)} = DPSAVE(r) \cdot \frac{U(r)}{YSAVE(r)} \tag{C.11}$$

これより，

$$\begin{aligned} Y(r) &\equiv YP(r) + YG(r) + YSAVE(r) \\ &= \frac{U(r)}{\lambda} \cdot \left(\frac{DPPRIV(r)}{\Phi_P(r)} + DPGOV(r) + DPSAVE(r) \right) \end{aligned} \tag{C.12}$$

を得る．いっぽう，地域家計における効用の支出に対する弾力性 $\Phi(r)$についてみると，地域家計の最大化された効用に関する包絡面定理$\frac{\partial U(r)}{\partial Y(r)} = \lambda$を用いれば，

$$\Phi(r) \equiv \frac{\partial Y(r)}{\partial U(r)} \cdot \frac{U(r)}{Y(r)} = \frac{1}{\lambda} \cdot \frac{U(r)}{Y(r)} \tag{C.13}$$

となるので，(C.12)，(C.13)式より，

$$\Phi(r) = \frac{1}{\left(\frac{DPPRIV(r)}{\Phi_P(r)} + DPGOV(r) + DPSAVE(r) \right)} \tag{C.14}$$

ここで，(C.14)式より，

$$\frac{\partial \Phi(r)}{\partial \Phi_P(r)} = DPPRIV(r) \cdot \frac{\Phi^2(r)}{\Phi_P^{\,2}(r)}, \frac{\partial \Phi(r)}{\partial DPPRIV(r)} = -\frac{\Phi^2(r)}{\Phi_P(r)},$$

$$\frac{\partial \Phi(r)}{\partial DPGOV(r)} = \frac{\partial \Phi(r)}{\partial DPSAVE(r)} = -\Phi^2(r)$$

となることに注意して $\Phi(r)$を全微分すれば，

$$\begin{aligned} d\Phi(r) &\equiv \frac{\partial \Phi(r)}{\partial \Phi_P(r)} \cdot d\Phi_P(r) + \frac{\partial \Phi(r)}{\partial DPPRIV(r)} \cdot dDPPRIV(r) \\ &+ \frac{\partial \Phi(r)}{\partial DPGOV(r)} \cdot dDPGOV(r) + \frac{\partial \Phi(r)}{\partial DPSAVE(r)} \cdot dDPSAVE(r) \\ &= -\Phi^2(r) \cdot \left\{ \begin{aligned} &\frac{1}{\Phi_P(r)} \cdot dDPPRIV(r) + dDPGOV(r) \\ &+ dDPSAVE(r) - \frac{DPPRIV(r)}{\Phi_P^{\,2}(r)} \cdot d\Phi_P(r) \end{aligned} \right\} \end{aligned} \tag{C.15}$$

を得る．ここで，地域家計の支出に占める民間家計・政府家計・貯蓄の各部門における支出シェアを，それぞれ $XSHRPRIV(r)$, $XSHRGOV(r)$, $XSHRSAVE(r)$とすると，(C.10), (C.11)，(C.12)，(C.14)式より，

$$\begin{aligned} XSHRPRIV(r) &\equiv \frac{YP(r)}{Y(r)} \\ &= \frac{DPPRIV(r)/\Phi_P(r)}{DPPRIV(r)/\Phi_P(r) + DPGOV(r) + DPSAVE(r)} \\ &= DPPRIV(r) \cdot \frac{\Phi(r)}{\Phi_P(r)}, \\ XSHRGOV(r) &\equiv \frac{YG(r)}{Y(r)} = DPGOV(r) \cdot \Phi(r), \\ XSHRSAVE(r) &\equiv \frac{YSAVE(r)}{Y(r)} = DPSAVE(r) \cdot \Phi(r) \end{aligned} \tag{C.16}$$

となるので，(C.15)，(C.16)式より，$\Phi(r)$の変化率 $\phi(r)$は，下式のように表される．

$$\boxed{\begin{aligned} \phi(r) &\equiv \frac{d\Phi(r)}{\Phi(r)} \\ &= -XSHRPRIV(r) \cdot dppriv(r) - XSHRGOV(r) \cdot dpgov(r) \\ &- XSHRSAVE(r) \cdot dpsave(r) + XSHRPRIV(r) \cdot \phi_p(r) \end{aligned}} \tag{C.17}$$

3）地域家計効用の変化

(C.2)式より，

$$\frac{\partial U(r)}{\partial UP(r)} = DPPRIV(r) \cdot \frac{U(r)}{UP(r)},$$

$$\frac{\partial U(r)}{\partial UG(r)} = DPGOV(r) \cdot \frac{U(r)}{UG(r)},$$

$$\frac{\partial U(r)}{\partial \left(\frac{QSAVE(r)}{POP(r)} \right)} = DPSAVE(r) \cdot \frac{U(r)}{\left(\frac{QSAVE(r)}{POP(r)} \right)},$$

$$\frac{\partial U(r)}{\partial DPPRIV(r)} = U(r) \cdot \log\{UP(r)\},$$

$$\frac{\partial U(r)}{\partial DPGOV(r)} = U(r) \cdot \log\{UG(r)\},$$

$$\frac{\partial U(r)}{\partial DPSAVE(r)} = U(r) \cdot \log\left\{\frac{QSAVE(r)}{POP(r)}\right\}$$

となることに注意して $U(r)$を全微分すれば，

$$dU(r) \equiv \frac{\partial U(r)}{\partial C} \cdot dC + \frac{\partial U(r)}{\partial UP(r)} \cdot dUP(r)$$
$$+ \frac{\partial U(r)}{\partial UG(r)} \cdot dUG(r) + \frac{\partial U(r)}{\partial \left(\frac{QSAVE(r)}{POP(r)}\right)} \cdot d\left(\frac{QSAVE(r)}{POP(r)}\right)$$
$$+ \frac{\partial U(r)}{\partial DPPRIV(r)} \cdot dDPPRIV(r)$$
$$+ \frac{\partial U(r)}{\partial DPGOV(r)} \cdot dDPGOV(r)$$
$$+ \frac{\partial U(r)}{\partial DPSAVE(r)} \cdot dDPSAVE(r)$$

$$= U(r) \cdot \left[\begin{array}{l} \frac{dC}{C} + DPPRIV(r) \cdot \frac{dUP(r)}{UP(r)} \\ + DPGOV(r) \cdot \frac{dUG(r)}{UG(r)} \\ + DPSAVE(r) \cdot \frac{d\left(\frac{QSAVE(r)}{POP(r)}\right)}{\left(\frac{QSAVE(r)}{POP(r)}\right)} \\ + \log\{UP(r)\} \cdot dDPPRIV(r) \\ + \log\{UG(r)\} \cdot dDPGOV(r) \\ + \log\left\{\frac{QSAVE(r)}{POP(r)}\right\} \cdot dDPSAVE(r) \end{array}\right]$$

より，

$$u \equiv \frac{dU(r)}{U(r)} = c + DPPRIV(r) \cdot up(r)$$
$$+ DPGOV(r) \cdot ug(r)$$
$$+ DPSAVE(r) \cdot \{qsave(r) - pop(r)\} \qquad \text{(C.18)}$$
$$+ DPPRIV(r) \cdot \log\{UP(r)\} \cdot ddppriv(r)$$
$$+ DPGOV(r) \cdot \log\{UG(r)\} \cdot dpgov(r)$$
$$+ DPSAVE(r) \cdot \log\left\{\frac{QSAVE(r)}{POP(r)}\right\} \cdot dpsave(r)$$

となるが，**表 A-12** の(45)式，および上記(C.1)，(38’)，(39’)，(C.7)，(C.8)，(C.16)，(C.17)の各式を代入すると，(C.18)式は，

$$u = c$$
$$+ \frac{XSHRPRIV(r)}{\Phi(r)} \cdot \Phi_P(r) \cdot \left\{\frac{yp(r) - pop(r) - \sum_{i \in TRAD} CONSHR(i,r) \cdot pp(i,r)}{\Phi_P(r)}\right\}$$
$$+ \frac{XSHRGOV(r)}{\Phi(r)} \cdot \{yg(r) - pop(r) - pgov(r)\}$$
$$+ \frac{XSHRSAVE(r)}{\Phi(r)} \cdot \{ysave(r) - pop(r) - psave(r)\}$$
$$+ DPPRIV(r) \cdot \log\{UP(r)\} \cdot ddppriv(r)$$
$$+ DPGOV(r) \cdot \log\{UG(r)\} \cdot dpgov(r)$$
$$+ DPSAVE(r) \cdot \log\left\{\frac{QSAVE(r)}{POP(r)}\right\} \cdot dpsave(r)$$

$$\text{(37')} \therefore u = c + \frac{1}{\Phi(r)} \cdot \{y(r) - pop(r) - p(r)\}$$
$$+ DPPRIV(r) \cdot \log\{UP(r)\} \cdot ddppriv(r)$$
$$+ DPGOV(r) \cdot \log\{UG(r)\} \cdot dpgov(r)$$
$$+ DPSAVE(r) \cdot \log\left\{\frac{QSAVE(r)}{POP(r)}\right\} \cdot dpsave(r)$$

ここで，$p(r)$は合成価格指標であり，

$$p(r) = XSHRPRIV(r) \cdot \sum_{i \in TRAD} CONSHR(i,r) \cdot pp(i,r)$$
$$+ XSHRGOV(r) \cdot pgov(r) + XSHRSAVE(r) \cdot psave(r) \qquad \text{(C.19)}$$

と表される．

付録 A～C の参考文献

1) Hertel, T. W. (etd.): Global Trade Analysis –Modeling and Applications, Chapter 2, Cambridge University Press, New York, 1997.
2) McDougall, R.: A New Regional Household Demand System for GTAP (Revision 1), GTAP Technical Paper, No. 20, 2003
3) Itakura, K. and Hertel, T. W.: A Note On Changes Since GTAP Book Model (Version 2.2a / GTAP94), Center for Global Trade Analysis, 2001
4) Hertel, T. W, McDougall, R. and Itakura, K.: GTAP Model Version 6.1, Center for Global Trade Analysis, 2001
5) McDougall, R.: Release Notes for gtap.tab 6.2, Center for Global Trade Analysis, 2003
6) 川崎研一：応用一般均衡モデルの基礎と応用　経済構造改革のシミュレーション分析，日本評論社，1999.
7) 細江宣裕・我澤賢之・橋本日出男：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，東京大学出版会，2004
8) Binger, B.R. and Hoffman, E.: Microeconomics with Calculus, HarperCollins Publishers, 1988（木村憲二訳：微積分で学ぶミクロ経済学，シーエーピー出版，1996）.