

# GAMS による応用一般均衡分析：基本モデル

小 平 裕

1. はじめに
2. 想定する経済
3. 分析手順
4. 基本モデルの定式化
5. ベンチマーク均衡
6. GAMS 入力ファイル
7. GAMS 出力ファイル
8. 結果のまとめ

## 1. はじめに

本稿は、GAMS を使用して応用一般均衡分析 *applied general equilibrium analysis*<sup>1)</sup> を行う練習である。GAMS (General Algebraic Modeling System) とは、Meeraus よって開発された線形計画法、非線形計画法、整数計画法などの数理計画法解法プログラムであり、大規模な経済モデルやオペレーションズ・リサーチの研究に広く利用されている。また以下で明らかになるように、応用一般均衡分析にあたっては理論モデルを定式化する必要があるが、本稿では理論モデルの展開に数式処理ソフトウェア *Mathematica* を利用する。

経済政策の評価手法の1つに、応用一般均衡分析がある。Scarf (1967) の一般均衡体系の均衡解を数値的に近似する不動点アルゴリズムの研究に

---

1) 利用分野によっては計算可能一般均衡分析 *computable general equilibrium analysis* と呼ばれることもある。本稿では、応用一般均衡分析という名称を使用する。

より始まったこの分析手法は、Walras の一般均衡体系を抽象的な数理モデルから現実経済の実際的なモデルに変換して、経済政策の具体的な選択肢の評価に利用しようとする (Scarf (1987)) ものであり、それまで定性分析に限定されていた一般均衡理論に定量分析という新たな側面を追加した。

Walras の一般均衡体系はもともと、経済政策が資源配分へ与える衝撃を、どの経済主体が利益を受けどの主体が損失を被るかという実証的マクロ・モデルでは捉えきれない水準まで掘り下げて判定することができるので、経済政策を総合的に評価するための理想的な枠組みを与えるものであったが、定量分析ができず定性分析に限られるという欠点があった。しかし、Scarf の不動点アルゴリズムやその後発展した解法アルゴリズムを利用すれば、政策実施前後の均衡解を数値的に求めることができるので、それらの比較を通じてその政策が価格体系、資源配分や所得配分、経済厚生に及ぼす影響を数値的に把握することもできるようになる。解法アルゴリズムの利用によって、どの価格が上昇しどの価格が下落するか、どの商品の生産量が増加しどの商品が減少するか、どの主体の所得が増えどの主体が損をするかという経済政策による価格、資源配分、所得配分の「変化の方向」だけではなく、何パーセント増加するか何パーセント減少するかという「変化の大きさ」も知ることができるようになる。すなわち、一般均衡体系に基づく定量分析も可能になるのである。

このような目的で、オペレーショナルなモデルを構築し政策効果を評価する「数値的な手法」(Keller (1980)) として、一般均衡理論の中に「応用」一般均衡分析と呼ばれる新しい分野が確立された。解法アルゴリズムの進歩、計算機の普及と能力向上によって、政策志向と計算志向という2つの特徴を持つ応用一般均衡分析の実用性はますます高まっており、モデルの大型化と精緻化を促している。応用一般均衡分析は、分析目的に適切な均衡体系を開発すること(モデル構築)、現実経済のデータに基づいて生産(=供給)や需要のパラメーターを特定して数値的な一般均衡モデルを推定

すること、数値解法アルゴリズムを使ってこのような実証的裏付けを持つモデルの一般均衡解を求めること、最後に得られた結果を解釈することという一連の手順で行われるが、各段階でコンピュータを利用することが多く、そのことが普及の妨げとなっている。本稿の目的は、簡単な数値例を使いながら、この応用一般均衡分析を実際に進める場合のコンピュータ利用について紹介することである。

## 2. 想定する経済

ここで、想定する経済を説明しておこう。経済には幾種類かの商品と生産要素（資本サービスと労働サービス）がある。商品と生産要素を合わせて財と呼ぶことにする。したがって、財価格には商品価格の他に要素価格（資本賃貸率と賃金率）も含まれることになる。また、多数の経済主体が存在するが、それらはその活動により2つのタイプに分類される。すなわち、自らの必要を満たすために商品の組合せを需要し消費する家計（消費者）と、生産要素や他の商品の中間投入を使ってある商品を生産し供給する企業（生産者）である。市場で成立している価格体系（財価格のベクトル＝全ての商品と要素の価格）を与えられたものと見なして、家計は予算制約の下で効用最大化を、企業は生産技術の制約の下で利潤最大化を図ることを通じて、各経済主体は全ての商品と生産要素について分権的に個別需給計画を立案する。

経済全体として、これらの個別計画が相互に整合的である保証はない。つまり、個別の需要と供給を全ての主体について集計して得られる各商品と生産要素の市場需要と市場供給が常にバランスするとは限らない。バランスは適切な価格体系においてのみ成立し、そのときこれらの個別計画は初めて相互に整合的となり同時に実行することが可能になる。このような価格体系は競争均衡価格体系（あるいは、簡単に均衡価格体系）と呼ばれ、そのとき成立する資源配分（均衡資源配分）と共に競争一般均衡（あるいは、

簡単に一般均衡)を構成する。一般均衡では、次の条件が成立している。

- (i) 家計と企業は共に価格受容者 price taker として行動する。
- (ii) 家計は自己の予算制約の下で効用を最大にしている。
- (iii) 企業は与えられた生産技術の下で利潤を最大にしている。
- (iv) 全ての商品と生産要素の市場需要は市場供給に等しい。

このように、Walras の一般均衡体系は、私有財産制度の枠組みの中で、全ての経済主体により嗜好や生産技術を所与として分権的になされる意思決定を価格体系を通じて調整することにより、経済全体の資源配分と商品の配分を達成する資本主義的市場経済を表現するものとして構築されたモデルである。これは、理論それ自体として興味を持たれるばかりでなく、経済政策が資源配分や所得分配へ及ぼす効果を定量的に把握することを可能にするという点において経済政策にも大きな意義を持つ。すなわち、新たな政策(あるいは政策パッケージ)が実施された場合あるいは政策に変更が加えられた場合には、需要者の支払う価格と供給者の受け取る価格は乖離し、価格体系に歪みが生じる。この歪みは価格メカニズムを通じて調整され、経済は新たな均衡に到達する。新旧の2つの均衡において成立する価格、実現する資源配分と所得分配を比較することにより、どの財の価格が上昇しどの価格が下落するか、どの商品の生産量が増加しどの商品が減少するか、どの主体の所得が増えどの主体が損をするかを明らかにすることが可能になる。

したがって、企業別(生産部門別)、家計別(所得階層別)に経済政策の衝撃を評価するには、経済活動を集計量で捉えて分析を行うマクロ経済モデルでは不十分であり、一般均衡モデルを利用する必要がある。また、経済政策がある1つの商品あるいは生産要素の価格だけに乖離を生じさせる場合でも、各経済主体はその歪みを見て意思決定を変更するので、他の商品や要素についての個別計画が変化する。その結果として、個別計画を集計した市場需要と市場供給も変化するるので、結局全ての商品と生産要素

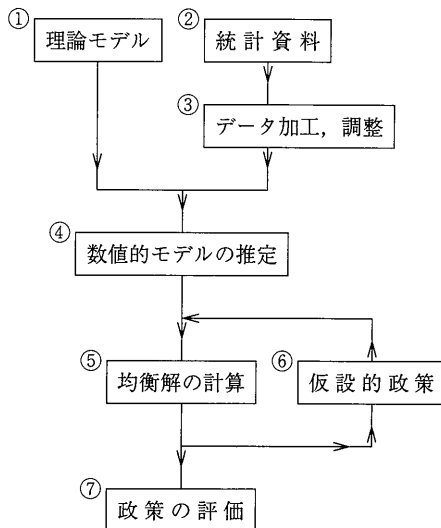
の市場価格が変化することになる。以上より、その他の商品あるいは要素の価格や取引量は不変であるという仮定の下に、当該商品あるいは要素の価格と取引量の変化だけに注目して分析を行う部分均衡の枠組みも政策評価には不適切である。

なお、一般均衡体系の枠組みを利用するといっても、競争均衡の近傍において超過需要関数の近似を行う手法は、政策が大幅に変更される場合や、複数の政策手段を組み合わせる政策パッケージの評価を行う場合には不適切である。すなわち、政策評価は Walras の一般均衡体系で行う必要があり、しかも私たちの関心は政策効果の定量分析にあるのであるから、応用一般均衡分析に拠らなくてはならないことになる。

### 3. 分析手順

次に、フローチャート（表1）を使って応用一般均衡分析の進め方を説明し、各段階におけるコンピュータ利用の可能性について検討しよう。

表1：応用一般均衡分析の手順



3.1 検討すべき政策課題が決まったら、最初になすべき仕事は一般均衡体系の枠組みにおける理論モデルの設計である（表1の①）。分析目的に応じて経済制度をモデルに組み込む必要がある。例えば、税制改革を検討するのであれば、税制や補助金の仕組みを詳細に、しかもモデルに適合した形で組み込まなければならない。分析目的に合わせてモデルをモデルを構築しなければならないので一概には言えないが、通常、内生変数としては商品や生産要素の価格、需要量、供給量が想定され、政策パラメーター（例えば税率）や人口、制度などの与件は外生変数として扱われる。理論モデル設計の段階では、一般均衡モデルとして整合的であること、何よりも先ず一般均衡の存在が保証されることを確認しなければならない。

応用一般均衡分析の目的は経済政策の定量的な評価にあるので、私たちはオペレーショナルなモデルを構築する必要がある。すなわち、効用関数や生産関数に Cobb-Douglas 型や CES 型のような具体的な関数形を想定し、効用最大化、利潤最大化を通じて需要関数や供給関数を導出することを行う。この計算には、多変数多項式の展開や項の並べ替え、分数式の通分、約分などの式の整理、多項式の因数分解、解析的な微分と積分、方程式の解の導出などが含まれ、筆算でも可能であるが誤りを犯し易くなるので、数式処理ソフトウェアを使ってコンピュータに処理させるのが便利である。ここで、数式処理とは、例えば「 $\sin x$  を  $x$  で微分せよ」という入力に対して「 $\cos x$ 」という結果を出力するような文字式を処理する情報処理であり、加減乗除を行う数値計算とは全く異なる計算機の利用形態である。汎用の数式処理ソフトウェアとしては、REDUCE, MACSYMA, muMATH などが以前から知られていたが、数式処理能力が高いことに加えて、数値計算のしやすさ、強力なグラフ描画機能などの理由から、現在では Mathematica が広く利用されている。本稿では第4節において、Cobb-Douglas 型効用関数から需要関数を導出するのに Mathematica を使用する<sup>2)</sup>。

3.2 次に、設計した理論モデルに基づいて、その基準時点における実際の経済を描写する数値的モデルを推定する。そのためには、理論モデルの設計と並行して、利用可能な統計資料を収集しなければならない（表1の②）。場合によっては、統計資料の入手可能性に応じて、理論モデルを修正することも必要である。

数値的モデルの推定に必要な統計データが1種類だけで済むということとはまずなく、通常は複数の統計資料を組み合わせる利用することになる。また分析目的にあった統計は調査、発表されていないかも知れない。それらの場合には、幾つかの原資料を加工して、自分の目的にあったデータベースを準備する必要がある（表1の③）。発表されている統計は、調査主体や種類毎にその分類基準や項目のカバレッジが異なったり、調査時期もずれているのが普通である。また年次データであっても、暦年と年度の違いがある。データベース準備作業では、基準とする基本的統計を定め、補助的資料のさまざまな相違をそれに合わせて調整する必要がある。このような作業には、Excel に代表される表集計ソフトの利用が便利である。

3.3 以上の準備の後に、数値的一般均衡モデルを推定する（表1の④）。推定方法として通常考えられるのは、時系列回帰分析のような計量経済学的手法であろう。そのためのソフトウェアとしては、SAS, TSPをはじめとして多数の統計パッケージが開発されている。しかし、説明変数（内生変数）の数が多くなる中規模以上の多部門モデルを時系列回帰分析で推定することは、残念ながら統計資料の制約により困難である。また、このように多数の説明変数を持つモデルを推定するのに十分な長さの統計データをたとえ入手できたとしても、そのような長い期間の間には経済構造が大きく変化していると考えられるので、推定される回帰式は当てはまりの

---

2) 経済分析における REDUCE の利用については小平 (1988) を、Mathematica の利用については小平 (近刊) を参照。

悪いものになろう。

ここで応用一般均衡分析では、計量経済学的手法に代わる推定法としてカラブレーション法が広く利用されている。この方法では、予め効用関数と生産関数（あるいは需要関数と供給関数）の関数形を想定しておく。次に基準時点を1つ定め、現実の経済はその時点において均衡状態（これを、ベンチマーク均衡、基準均衡などと呼ぶ）にあったと仮定する。そして、想定した効用関数と生産関数で表した経済モデルに基準時点のデータを代入し、その一般均衡としてベンチマーク均衡が再現されるように、効用関数と生産関数のパラメーターを調整するのである。

このようにカラブレーション法は、ただ1組の観察データから未知の関数パラメーターを推定しようとする便法である。しかし、先験情報を他の研究に依存していることや、得られたパラメーターの信頼性とモデルの整合性を検証できないことは、この推定法の利用に際して留意すべき点である。

3.4 数値的一般均衡モデルの推定が終わると、いよいよ解法アルゴリズムを使って一般均衡を求める段階になる（表1の⑤）。ここでは先ず、基準均衡の再現テストを行い、推定した数値的一般均衡モデルの整合性を確認する。すなわち、与えられた初期条件の下で求められるモデルの一般均衡がベンチマーク均衡と一致することを確認するのである。

一般均衡モデルの均衡解を求めるアルゴリズムは、上述したように Scarf (1967) の不動点アルゴリズムを嚆矢とするが、その後の研究によりこれは既に時代遅れになってしまった<sup>3)</sup>。現在、主に利用されているのは逐次的数値解法アルゴリズムであり、これは勾配 *gradient* に基づくものとそうでないものとに分類される。Newton 法や Gauss-Seidel 法、ホモトピー法は前者の例であり、微分可能性を仮定する。Merrill, Eaves, Sai-

3) 解法アルゴリズムの発展については、小平 (1992) 参照。



gal らの区分的線形化法は後者の例であり、関数値だけを利用する。これらのうち、Newton 法や Gauss-Seidel 法などの反復法はもともと非線形方程式体系を効率よく解くアルゴリズムとして開発されたもので、Scarf (1967) 以前から知られていた。不動点アルゴリズムが Scarf によりひとたび確立されると、大部分<sup>4)</sup>の一般均衡体系の均衡解は古くから知られていた Newton 法などのアルゴリズムによって、しかも効率よく解けることが判明したのは随分皮肉である。Newton 法や Gauss-Seidel 法は上で紹介した Mathematica<sup>5)</sup>をはじめ多くのソフトウェアで利用可能である。

理想的なアルゴリズムは、非線形方程式体系を効率よく解く Newton 法と、線形技術や等号付き不等式制約のモデルにも容易に適用できる不動点アルゴリズムを組み合わせた混合アルゴリズムであろう。Mathiesen (1987) の SLCP アルゴリズムはそのような混合アルゴリズムの一例である。Rutherford (1989) の開発した応用一般均衡分析用ソフトウェア MPS/GE はこの SLCP アルゴリズムに基づいており、カラブレーションによる数値モデルの推定と一般均衡の計算を同時に行う応用一般均衡分析のための統合型パッケージである。

3.5 再現テストに合格すれば、数値的一般均衡モデルは完成し、いよいよ経済政策の評価に進むことができる。検討する仮設的政策に応じて政策パラメーターを変更し (表1の⑥)、政策実施後の一般均衡を数値的に求める (表1の⑤)。本稿では、仮設均衡として資本ストックが10%増加した場合を想定している。これをベンチマーク均衡の価格や資源配分、分配と比較して、当該経済政策の評価を行う (表1の⑦)。

---

4) 反復法により、有限回の計算手続きで非線形方程式体系を解くことは保証されていない。すなわち、反復法の均衡解への収束は必ずしも保証されていない。

5) 変数=起点から方程式の数値解を求める組み込み関数 FindRoot [方程式, {変数=起点}] が用意されている。

#### 4. 基本モデルの定式化

基本モデルとして、2種類の商品（CA と CB）と2種類の生産要素（労働 L と資本 K）があり、経済主体として2つの企業（FA と FB）と2つの家計（HA と HB）が存在する経済を想定する<sup>6)</sup>。企業は商品を生産し、商品市場に供給する。生産に必要な生産要素は、要素市場において家計から購入する。企業は、自分の生産技術を制約として、収入と生産費用の差として定義される利潤が最大になるように要素需要、商品供給を計画する。家計は商品市場において企業から商品を需要し消費する。家計は、要素市場における要素（労働と資本）供給から獲得する所得を制約として、消費の効用が最大になるように商品需要を計画する。何れの経済主体も価格受容者として行動する。

4.1 基本モデルをオペレーショナルなものとするために、家計の効用関数の関数形を Cobb-Douglas 型

$$(4.1) \quad u = u(x_{CA}, x_{CB}) = x_{CA}^{\alpha} x_{CB}^{1-\alpha}$$

と仮定し、商品に対する需要関数を導出しておこう。ただし、 $x_{CA}$  と  $x_{CB}$  は家計の2商品の需要量であり、 $\alpha$  は商品 CA の係数（後に意味が明らかになるが、商品 CA への支出割合）である。家計の所得（予算）を  $Y$ 、2商品の価格を  $p_{CA}$  と  $p_{CB}$  と表記することになると、家計の予算制約式は

$$(4.2) \quad p_{CA} x_{CA} + p_{CB} x_{CB} = Y$$

と書かれる。したがって、効用最大化問題は次のように表される。

$$(4.3) \quad \begin{aligned} & \max_{x_{CA}, x_{CB}} x_{CA}^{\alpha} x_{CB}^{1-\alpha} \\ & \text{subject to } p_{CA} x_{CA} + p_{CB} x_{CB} = Y \end{aligned}$$

---

6) 政府部門を導入し租税を含むモデルを検討することや、国際貿易を導入してモデルを開放経済にすることは将来の課題である。

この (4.2) を解いて需要関数を導出する方法は幾つかあるが、ここでは限界代替率＝相対価格（最大化の必要条件）

$$(4.4) \quad MRS \equiv \frac{\frac{\partial u}{\partial x_{CA}}}{\frac{\partial u}{\partial x_{CB}}} = \frac{p_{CA}}{p_{CB}}$$

と予算制約式 (4.2)（最大化の十分条件）から導出する方針で Mathematica を使って解いてみよう。表 2 はそのログ・ファイル（ノートブックと呼ばれる）である。

表 2：需要関数の導出

```
In [1]= u=xCA^a * xCB^(1-a)
Out[1]= xCA^a xCB^(1-a)
In [2]= Solve[{D[u, xCA]/D[u, xCB] == pCA/pCB, pCA * xCA +
              pCB * xCB == Y}, {xCA, xCB}]
Out[2]= {{xCA -> aY/pCA, xCB -> -((-1+a)Y)/pCB}}
```

1 行目の  $In[1]=$  以下の太字は入力部分であり、Cobb–Douglas 型の効用関数の定義式 (4.1) を代入している。ここでは、ベキ乗を入力するのに記号 ^ を使用し、また商品需要量を  $x_{CA}$  の代わりに xCA などと表し、パラメーターも  $\alpha$  の代わりに a としている。Mathematica の version 3 からはパレット機能が用意され、数式エディタ風に変数のベキ乗や添え字、またギリシャ文字も容易に入力できるようになっているが、ここでは利用していない。2 行目の  $Out[1]=$  以下は Mathematica からの出力で、上の  $In[1]$  の入力に対する Mathematica の処理を示している。このように、Mathematica のノートブックには、入力行とそれに対応する出力行が交互に表される<sup>7)</sup>。

7) 入力行の最後に ; (セミコロン) を付けることによって、出力を抑制することができる。

3 行目 (*In[2]* で始まる行) では、効用最大化問題 (4.3) の解  $x_{CA}$  と  $x_{CB}$  を、限界代替率=相対価格の条件 (4.4) と予算制約式 (4.2) の連立方程式から求める入力である。ここで、**Solve** は方程式を解く組み込み関数であり、

**Solve** [方程式, 変数]

の形で使用する。方程式や変数が複数の場合 (連立方程式体系の場合) には、それぞれを { } で囲めばよい。ここでは、2 つの方程式が { } に囲まれている。最初の方程式の **D** は (偏) 微分の組み込み関数であり、

**D** [関数, 変数]

の形で使用する。したがって、 $D[u, x_{CA}]$  は  $\frac{\partial u}{\partial x_{CA}}$  を意味するから、第 1 の方程式の左辺は限界代替率に他ならない。方程式の左辺と右辺は == (2 重の等号) で結ぶ。第 1 の方程式が (4.4) を、第 2 の方程式が (4.2) を表していることは自明であろう。この 2 式からなる連立方程式体系を、変数  $x_{CA}$  と  $x_{CB}$  について解けというのが *In[2]* の入力内容である。

**Mathematica** が解いた結果は 4 行目 (*Out[2]* で始まる行) に出力されており、求める解が、

$$(4.5) \quad \begin{aligned} x_{CA} &= \frac{\alpha Y}{P_{CA}} \\ x_{CB} &= \frac{(1 - \alpha) Y}{P_{CB}} \end{aligned}$$

であることを示している。

4.2 基本モデルの構築はこのように進められるが、本稿では **GAMS** を使って一般均衡解を求める計算を行うことを考慮して、標準的ではない変数やパラメーターの表記法を用いる。すなわち、**GAMS** では変数の添え字を表すのに集合命令 **SETS** を用いるのが便利である<sup>8)</sup>。また、**GAMS**

は大文字，小文字を区別しないが，私たちは内生変数に大文字を，パラメーター（固定値あるいは外生的な値をもつ変数を含む）には小文字を使うことにする。また変数やパラメーターの最初の文字によって，数量，商品価格，要素価格の区別を行う。すなわち，最初の文字が  $Q$  あるいは  $q$  で始まる場合は数量を，最初の文字が  $P$  あるいは  $p$  の場合には商品価格を， $W$  あるいは  $w$  である場合には要素価格を表すものとする。

基本モデルでは，各企業は 1 種類の商品しか生産してないと想定するのでその必要はないが，1 つの企業が複数の商品を生産する場合（結合生産）への拡張の可能性を考えて，企業と商品を区別し，企業  $a$  の活動水準 1 単位当たりの商品  $c$  の生産量を表すパラメーター  $\theta_{ac}$  を導入する。基本モデルではこのパラメーターの値は 0 ないし 1 となる。

基本モデルでは，変数の添え字を表すのに以下の集合を使用する。

$a \in A = \{FA, FB\}$	企業 = {企業 FA, 企業 FB}
$c \in C = \{CA, CB\}$	商品 = {商品 CA, 商品 CB}
$f \in F = \{K, L\}$	生産要素 = {資本 K, 労働 L}
$h \in H = \{HA, HB\}$	家計 = {家計 HA, 家計 HB}

パラメーターは次の通りである。

$cpi$  = 消費者価格指数 CPI

$cwts_c$  = 消費者価格指数 CPI における商品  $c$  の加重

$qfs_f$  = 要素  $f$  の供給量

$shry_{hf}$  = 要素  $f$  の総要素所得のうち家計  $h$  への分配率

$\alpha_{hc}$  = 家計  $h$  の効用関数における商品  $c$  の係数（商品  $c$  への支出割合）

$\beta_{fa}$  = 企業  $a$  の生産関数における要素  $f$  の係数（要素  $f$  への分配率）

$\lambda_a$  = 企業  $a$  の生産関数の規模係数（効率性パラメーター）

$\theta_{ac}$  = 企業  $a$  の活動水準 1 単位当たりの商品  $c$  の産出量

---

8) Brooke et al. (1988, chapter 11) 参照。

4.3 基本モデルの方程式体系は次により与えられる。

(i) 生産および商品ブロック

企業  $a$  の生産関数として、Cobb-Douglas 型

$$x_a = \lambda_a K_a^{\beta_a} L_a^{(1-\beta_a)}$$

を想定する。これは、上に定めた記号を使うと、

$$(4.6) \quad QA_a = \lambda_a \prod_{f \in F} QF_{fa}^{\beta_{fa}} \quad a \in A$$

と表される。Cobb-Douglas 型生産関数の場合には、生産要素  $f$  への要素報酬  $WF_f$   $QF_{fa}$  は生産額  $PA_a$   $QA_a$  の一定割合  $\beta_{fa}$  となるから、生産要素  $f$  の要素（逆）需要関数は

$$(4.7) \quad WF_f = \frac{\beta_{fa} PA_a QA_a}{QF_{fa}} \quad f \in F, a \in A$$

により与えられる。企業  $a$  の生産 1 単位当たりの産出額（企業の価格）は

$$(4.8) \quad PA_a = \sum_{c \in C} \theta_{ac} P_c \quad a \in A$$

である。

商品  $c$  の市場生産量は、（形式的には）両企業の商品  $c$  の生産量  $\theta_{ac} QA_a$  の和となる。

$$(4.9) \quad Q_c = \sum_{a \in A} \theta_{ac} QA_a \quad c \in C$$

(ii) 制度ブロック

家計  $h$  が要素  $f$  から受け取る要素所得は、総要素供給  $\sum_{a \in A} QA_{fa}$  に対する総要素所得  $WF_f \sum_{a \in A} QF_{fa}$  の一定割合として与えられるので、

$$(4.10) \quad YF_{hf} = shry_{hf} WF_f \sum_{a \in A} QF_{fa} \quad h \in H, f \in F$$

と表される。家計  $h$  の総所得は、両要素所得の和として、

$$(4.11) \quad YH_{hf} = \sum_{f \in F} YF_{hf} \quad h \in H$$

と表される。家計  $h$  の商品  $c$  に対する需要は、効用関数が Cobb-Douglas 型の場合には (4.5) で求めたように、

$$(4.12) \quad QH_{ch} = \frac{\alpha_{hc} YH_h}{P_c} \quad c \in C, h \in H$$

により与えられる。

(iii) 体系制約ブロック

要素市場のバランス条件は

$$(4.13) \quad \sum_{a \in A} QF_{fa} = qfs_f \quad f \in F$$

により、また商品市場のバランス条件は

$$(4.14) \quad Q_c = \sum_{f \in F} QH_{ch} \quad c \in C$$

により与えられる。

このモデルは価格に関して 0 次同次である。そこで、解が一意的に定まることを保証するために、価格正規化方程式（この場合には、消費者価格指数 CPI を固定すること）

$$(4.15) \quad \sum_{c \in C} cwtsc P_c = cpi$$

を追加しよう。

## 5. ベンチマーク均衡

ベンチマーク均衡として、次のような社会勘定行列（表 3）で与えられる数値例<sup>9)</sup>を考え、資本ストックが 10 パーセント増加した場合の仮設均

---

9) この数値例は、Lofgren (1999) による。

GAMS による応用一般均衡分析：基本モデル

衡との比較を考えよう。応用一般均衡分析の慣習に倣って、ベンチマーク均衡における全ての財（商品と生産要素）の価格は 1 と想定する。なお、社会勘定行列の数値は各財の取引額（需要額と供給額）や所得であるが、ベンチマーク均衡では価格=1 とするので、これは数量（商品と生産要素の需要量、供給量）に等しい。

表 3：ベンチマーク均衡の社会勘定行列

	企業		商品		資本	労働	家計		合計
	FA	FB	CA	CB	K	L	HA	HB	
企業 FA			125						125
FB				150					150
商品 CA							50	75	125
CB							100	50	150
資本 K	63	95							158
労働 L	62	55							117
家計 HA					90	60			150
HB					68	57			125
合計	125	150	125	150	158	117	150	125	

社会勘定行列（表 3）の（例えば）企業 FA の行を横に読み進むと、企業 FA はベンチマーク均衡では商品 CA を 125（金額）生産していることが分かる。家計 HA がこの商品を 50、家計 HB が 75（何れも金額）購入していることも分かる。生産要素の労働 L の行を横に読み進むと、労働は企業 FA から 62、企業 FB から 55 の要素所得を得ていることが分かる。次に、例えば企業 FA の列を下方に読むと、企業 FA は資本 L に要素所得 63、労働 L に要素所得 62 を支払っていることが分かる。以上をまとめると、企業 FA はベンチマーク均衡では、資本 L を 63 単位（=資本の要素所得 63÷要素価格 1）、労働 L を 62 単位（=労働の要素所得 62÷要素価格 1）雇用して、商品 CA を 125 単位（=生産額 125÷商品価格 1）生産しており、これらは家計 HA へ 50 単位（=取引額 50÷商品価格 1）、家計 HB へ



75 単位 (=取引額 75 ÷ 商品価格 1) 配分されていることが明らかになる。

また家計 HA の行を横に読み進むと、この家計は労働所得 60 と資本所得 90 (何れも、金額) を得ていることが分かる。以上をまとめると、家計 HA は初期賦存量として労働 L を 60 単位 (=労働の要素所得 60 ÷ 要素価格 1)、資本 K を 90 単位 (=資本の要素所得 90 ÷ 要素価格 1) 保有しており、これらを供給して総額 150 の所得を得て、効用最大化行動の結果として商品 CA を 50 単位 (=商品 CA の需要額 50 ÷ 商品価格 1) と商品 CB を 100 単位 (=商品 CB の需要額 100 ÷ 商品価格 1) を需要していることになる。

## 6. GAMS 入力ファイル

以上検討してきた一般均衡体系について、数理計画法解法プログラム GAMS を使って、一般均衡を求めて (再現テスト)、続いて資本ストックが 10 パーセント増加した場合の仮設均衡も求めてみよう。第 4 節で検討した基本モデルと、第 5 節で準備したベンチマーク均衡データセットに基づく一般均衡体系を GAMS コードで表したファイルが、表 4 である。表の左側の数字は参照のために付けた行番号であり、GAMS 入力には無関係である。縦線より右側の部分が GAMS への入力である。

GAMS 入力ファイルは、以下より構成される。

- (i) 集合 SETS
  - 宣言
  - 要素の指定
- (ii) データ (パラメーター PARAMETERS, 表 TABLES, スカラー SCALARS)
  - 宣言
  - 値の指定
- (iii) 変数 VARIABLES
  - 宣言

GAMS による応用一般均衡分析：基本モデル

表 4：基本モデルの出力ファイル

```

1 $TITLE AGE1
2 $OFFUPPER
3 $SONSYMXREF
4
5 *INTRODUCTION=====
6 $ONTEXT
7
8 In this file, Basic Modelis implemented in GAMS.
9
10 $OFFTEXT
11
12 *SETS=====
13
14 SETS
15
16 AC global set (SAM accounts and other items)
17   /FA  firm a
18   FB  firm b
19   CA  commodity a
20   CB  commodity b
21   K   capital
22   L   labor
23   HA  urban household
24   HB  rural household
25   TOTAL  total account in SAM  /
26
27 ACNT(AC) all elements in AC except total
28
29 A(AC)  firms
30       /FA, FB/
31
32 C(AC)  commodities
33       /CA, CB/
34
35 F(AC)  factors
36       /K, L/
37
38 H(AC)  households
39       /HA, HB/
40 ;
41
42 ALIAS(AC,ACP); ALIAS(C,CP); ALIAS(F,FP);
43 ACNT(AC) = YES; ACNT('TOTAL') = NO; ALIAS(ACNT,ACNTP);
44
45
46 *PARAMETERS=====
47
48 PARAMETERS
49
50 lambda(A)  scale parameter for firm a's production
51 beta(F,A)  household h's share in firm a's value-added
52 alpha(C,H) commodity c's share in household h's spending
53 cpi        consumer price index
54 cwts(C)   weight of commodity c in the CPI

```

GAMS による応用一般均衡分析：基本モデル

```

55  qfs(F)      supply of factor f
56  shry(H,F)   household h's share in factor f's income
57  theta(A,C) commodity c's output per unit of production by firm a
58  ;
59
60  *VARIABLES=====
61
62  VARIABLES
63
64  P(C)        price of commodity c
65  PA(A)       price of firm a
66  Q(C)        output level for commodity c
67  QA(A)       production level of firm a
68  QF(F,A)     firm a's demand of factor f
69  QH(C,H)     household h's demand of commodity c
70  WF(F)       price of factor f
71  YF(H,F)     household h's income from factor f
72  YH(H)       income of household h
73  ;
74
75  *EQUATIONS=====
76
77  EQUATIONS
78
79  *PRODUCTION AND COMMODITY BLOCK+++++++
80  PRODFN(A)   firm a's production function
81  FACDEM(F,A) firm a's demand for factor f
82  OUTPUTFN(C) output of commodity c
83  PADEF(A)    price for firm a
84
85  *INSTITUTION BLOCK+++++++
86  FACTRNS(H,F) transfer from factor f to household h
87  HHDINC(H)   income of household h
88  HHDEM(C,H)  household h's demand of commodity c
89
90  *SYSTEM CONSTRAINT BLOCK+++++++
91  FACTEQ(F)   market balance for factor f
92  COMEQ(C)    market balance for commodity c
93  FNORM       price normalization
94  ;
95
96  *PRODUCTION AND COMMODITY BLOCK+++++++
97
98  PRODFN(A)..  QA(A) =E= lambda(A)*PROD(F, QF(F,A)**beta(F,A));
99
100 FACDEM(F,A).. WF(F) =E= beta(F,A)*PA(A)*QA(A) / QF(F,A);
101
102 OUTPUTFN(C).. Q(C) =E= SUM(A, theta(A,C)*QA(A));
103
104 PADEF(A)..   PA(A) =E= SUM(C, theta(A,C)*P(C));
105
106
107  *INSTITUTION BLOCK+++++++
108

```

GAMS による応用一般均衡分析：基本モデル

```

109 FACTRNS(H,F).. YF(H,F) =E= shry(H,F)*WF(F)*SUM(A, QF(F,A));
110
111 HHDINC(H).. YH(H) =E= SUM(F, YF(H,F));
112
113 HHDEM(C,H).. QH(C,H) =E= alpha(C,H)*YH(H)/P(C);
114
115
116 *SYSTEM CONSTRAINT BLOCK+++++++
117
118 FACTEQ(F).. SUM(A, QF(F,A)) =E= qfs(F);
119
120 COMEQ('CA').. Q('CA') =E= SUM(H, QH('CA',H));
121
122 PNORM.. SUM(C, cwts(C)*P(C)) =E= cpi;
123
124
125 *MODEL=====
126
127 MODEL
128 AGE1 basic model /ALL/
129 ;
130
131 *SOCIAL ACCOUNTING MATRIX=====
132
133 TABLE SAM(AC,ACP) social accounting matrix
134
135      FA  FB  CA  CB  K  L  HA  HB
136 FA              125
137 FB              150
138 CA                      50  75
139 CB                      100  50
140 K      63  95
141 L      62  55
142 HA                      90  60
143 HB                      68  57
144 ;
145
146
147 PARAMETER
148   tdiff(AC) column minus row total for account ac;
149 *This parameter is used to check that the above SAM is balanced.
150 SAM('TOTAL',ACNTP) = SUM(ACNT, SAM(ACNT,ACNTP));
151 SAM(ACNT,'TOTAL') = SUM(ACNTP, SAM(ACNTP,ACNTP));
152 tdiff(ACNT) = SAM('TOTAL',ACNT) - SAM(ACNT,'TOTAL');
153
154 DISPLAY SAM, tdiff;
155
156
157 *ASSIGNMENTS FOR PARAMETERS AND VARIABLES=====
158
159 PARAMETERS
160 *The following parameters are used to define initial values of
161 *model variables.
162 P0(C), PA0(A), Q0(C), QA0(A), QF0(F,A), QH0(C,H), WF0(F), YF0(H,F),

```

GAMS による応用一般均衡分析：基本モデル

```

163 YH0(H)
164 ;
165
166
167 *PRODUCTION AND COMMODITY BLOCK+++++++
168
169 P0(C) = 1;
170 PA0(A) = 1;
171 WF0(F) = 1;
172
173 Q0(C) = SAM('TOTAL',C)/P0(C);
174 QA0(A) = SAM('TOTAL',A)/PA0(A);
175 QF0(F,A) = SAM(F,A)/WF0(F);
176
177 beta(F,A) = SAM(F,A) / SUM(FP, SAM(FP,A));
178 lambda(A) = QA0(A) / PROD(F, QF0(F,A)**beta(F,A));
179 theta(A,C) = (SAM(A,C)/P0(C)) / QA0(A);
180
181
182 *INSTITUTION BLOCK+++++++
183
184 QH0(C,H) = SAM(C,H)/P0(C);
185 YF0(H,F) = SAM(H,F);
186 YH0(H) = SAM('TOTAL',H);
187
188 alpha(C,H) = SAM(C,H)/SUM(CP, SAM(CP,H));
189 shry(H,F) = SAM(H,F)/SAM('TOTAL',F);
190
191
192 *SYSTEM CONSTRAINT BLOCK+++++++
193
194 cwts(C) = SUM(H, SAM(C,H)) / SUM((CP,H), SAM(CP,H));
195 cpi = SUM(C, cwts(C)*P0(C));
196 qfs(F) = SAM(F,'TOTAL')/WF0(F);
197
198
199 *INITIALIZING ALL VARIABLES+++++++
200
201 P.L(C) = P0(C);
202 PA.L(A) = PA0(A);
203 Q.L(C) = Q0(C);
204 QA.L(A) = QA0(A);
205 QF.L(F,A) = QF0(F,A);
206 QH.L(C,H) = QH0(C,H);
207 YF.L(H,F) = YF0(H,F);
208 WF.L(F) = WF0(F);
209 YH.L(H) = YH0(H);
210
211
212 *DISPLAY+++++++
213
214 DISPLAY
215 cpi, cwts, qfs, shry, theta, alpha, beta, lambda,
216

```

GAMS による応用一般均衡分析：基本モデル

```

217 P.L, PA.L, Q.L, QA.L, QF.L, QH.L, WF.L, YF.L, YH.L
218 ;
219
220
221 *REPORT SETUP AND BASE REPORT=====
222
223 *SET AND PARAMETERS FOR REPORTS+++++++
224
225 SET
226   SIM simulations
227     /BASE base simulation
228       HYPO increase in capital stock/
229 ;
230
231 PARAMETERS
232
233 QFSKSIM(SIM) capital supply for simulation (experiment parameter)
234 *Parameter is used to change the value for the capital stock parameter
235 *before solving the model for simulation sim
236
237 QFSREP(F,SIM) supply of factor f for simulation sim (value used)
238 PREP(C,SIM) demand price for commodity c
239 PAREP(A,SIM) price of firm a
240 QREP(C,SIM) output level for commodity c
241 QAREP(A,SIM) production level of firm a
242 QFREP(F,A,SIM) firm a's demand of factor f
243 QHREP(C,H,SIM) household h's demand of commodity c
244 WFREP(F,SIM) price of factor f
245 YFREP(H,F,SIM) household h's income from factor f
246 YHREP(H,SIM) income of household h
247 SAMREP(SIM,AC,ACP) SAM computed from model solution
248 BALCHK(AC,SIM) column minus row total for account ac in SAM
249 ;
250
251
252 QFSKSIM('BASE') = qfs('K');
253
254 *10 per cent increase in capital stock
255 QFSKSIM('HYPO') = 1.1*qfs('K');
256
257 DISPLAY QFSKSIM;
258
259
260 LOOP(SIM,
261
262   qfs('K') = QFSKSIM(SIM);
263
264 SOLVE AGE1 USING MCP;
265
266 QFSREP(F,SIM) = qfs(F);
267
268 PREP(C,SIM) = P.L(C);
269 PAREP(A,SIM) = PA.L(A);
270 QREP(C,SIM) = Q.L(C);

```

## GAMS による応用一般均衡分析：基本モデル

```
271 QAREP(A,SIM) = QA.L(A);
272 QFREP(F,A,SIM) = QF.L(F,A);
273 QHREP(C,H,SIM) = QH.L(C,H);
274 WFREP(F,SIM) = WF.L(F);
275 YFREP(H,F,SIM) = YF.L(H,F);
276 YHREP(H,SIM) = YH.L(H);
277
278 *Payments from firms
279 SAMREP(SIM,F,A) = WF.L(F)*QF.L(F,A);
280 *Payments from commodities
281 SAMREP(SIM,A,C) = P.L(C)*theta(A,C)*QA.L(A);
282 *Payments from factors
283 SAMREP(SIM,H,F) = YF.L(H,F);
284 *Payments from households
285 SAMREP(SIM,C,H) = P.L(C)*QH.L(C,H);
286
287 );
288
289
290 *Computing totals for SAMREP
291 SAMREP(SIM,'TOTAL',ACNTP) = SUM(ACNT, SAMREP(SIM,ACNT,ACNTP));
292 SAMREP(SIM,ACNT,'TOTAL') = SUM(ACNTP, SAMREP(SIM,ACNT,ACNTP));
293
294 *Check that SAMREP is balanced
295 BALCHK(ACNT,SIM) = SAMREP(SIM,'TOTAL',ACNT) - SAMREP(SIM,ACNT,'TOTAL');
296
297
298 OPTION QFREP:3:1:1, QHREP:3:1:1, YFREP:3:1:1, SAMREP:3:1:1;
299
300 DISPLAY
301 QFSREP, PREP, PAREP, QREP, QAREP, QFREP, QHREP, WFREP, YFREP, YHREP,
302 SAMREP, BALCHK
303 ;
```

### 型の指定

下限, 上限, 初期値の指定 (オプション)

(iv) 方程式 EQUATIONS

宣言

定義

(v) モデル MODEL

(vi) 解法命令 SOLVE

(vii) 表示命令 DISPLAY

以下では、表 4 にそって、入力ファイルを簡単に説明する。

最初に、1 行目の \$TITLE, 2 行目の \$OFFUPPER など \$ (ドル記号) で始まる命令は、GAMS の出力の書式や詳細さを指定する機能を持つ \$ 制御命令である。1 行目の \$TITLE はその次の文字列 (80 字まで、この入力ファイルでは AGE1) を、出力の各ページに表題として印刷する。2 行目の \$OFFUPPER は、入力ファイルの大文字、小文字の使い方の通りに出力ファイルのエコープリントを印字させる機能を持つ。もし \$ONUPPER を指定すれば、エコープリントは全て大文字で印字される。私たちは内生変数を大文字で、パラメーターを小文字で表すという区別をしているので、\$OFFUPPER を指定する必要がある。3 行目の \$ONSYMXREF は、出力ファイルの参照マップに記号一覧 Symbol Listing を出力する機能を持つ。

5 行目のように、\* (アスタリスク) で始まる行は注釈行である。6 行目の \$ONTEXT と 10 行目の \$OFFTEXT は対で使用する \$ 制御命令で、GAMS コンパイラはこの 2 つの間の行を注釈行と見なす。したがって、1 行だけ注釈行にする場合は \* を、注釈文が複数行にわたる場合は \$ONTEXT と \$OFFTEXT を使用するのが便利である。

12 行目から 43 行目までは、集合 SETS 命令でさまざまな集合を定義している。例えば、16 行では大域集合として AC を宣言し、その要素の指定を 17 行から 25 行までで行っている。集合の要素は、通常は { } で囲むが、GAMS では代わりに / (スラッシュ) を使う。14 行の SETS 命令で、大域集合 AC の他に、AC から TOTAL という要素だけを抜いた集合 ACNT (その定義は 43 行)、企業の集合 A、商品の集合 C、生産要素の集合 F、家計の集合 H が定義されている。このように、1 つの命令で複数の定義が可能である。40 行の ; (セミコロン) まで 14 行の SETS 命令は有効である。42 行の ALIAS は同じ要素を持つ別の名前の集合を作る。例えば、AC に対して ACP を定義している。



## GAMS による応用一般均衡分析：基本モデル

データには、パラメータと表の入力方法がある。パラメータ PARAMETERS の宣言は 46 行から 58 行で、値の指定は 177 行から 179 行、188 行から 196 行で行われる。パラメータの値は、初期値（ベンチマーク均衡）が一般均衡となるように決められる（カラブレーション）。133 行の表 TABLES では、集合 AC と ACP の要素を行と列の項目とする社会勘定行列 SAM を宣言し、その値を 135 行から 143 行で指定している。このように行列の形で値を指定できるので便利である。社会勘定行列 SAM の入力では、データ入力の間違いを防ぐために、147-152 行で行和と列和の差  $tdiff$  を定義し、154 行の DISPLAY 命令で計算結果を報告させている。

さまざまな変数は、変数 VARIABLES 命令によって 60 行から 72 行で宣言され、157 行から 175 行、184 行から 186 行でその値が指定されている。方程式 EQUATIONS の宣言は 75 行から 94 行で行われ、定義（関数の具体的な記述）は 96 行から 122 行で行われる。GAMS の場合、方程式という用語は広い意味で使われ、等式と不等式を含む。等式の場合、方程式の左辺と右辺は  $=E=$  で結ぶ。ここで、98 行の企業  $a \in A = \{FA, FB\}$  の生産関数  $PROFN(A)$  に使われている  $PROD$  は総積記号  $\Pi$  であり、

$$QA(A) =E= \lambda(A) * PROD(F, QF(F,A) **beta(F,A))$$

は (4.6) を GAMS で表したものに他ならない。同様に、102 行の商品  $c \in C = \{CA, CB\}$  の産出量関数  $OUTPUTFN(C)$  に使われている  $SUM$  は総和記号  $\Sigma$  であり、

$$Q(C) =E= SUM(A, theta(A,C) * QA(A))$$

は (4.9) を意味する。

GAMS ではモデルは方程式（上述したように、等式と不等式）の集まりである。125-129 行の MODEL 命令でモデル名（ここでは AGE1）を宣言し、モデルに含まれる方程式を指定する。128 行の /ALL/ は、全ての方程式を対象とする場合に、全てを列挙する代わりにの便法である。そして 264

行の解法命令 SOLVE では、同じモデル名を指定しなければならない。この入力ファイルでは、ベンチマーク均衡と仮設均衡を、260 行から 287 行の繰り返し命令 LOOP を使い、1 つのコードで繰り返し計算をして求めている。LOOP 命令を使うために、225-229 行でベンチマーク均衡 BASE と資本ストックが 10 パーセント増した場合の仮設均衡 HYPO を要素とする集合 SIM を定義する。264 行の解法命令 SOLVE は、LOOP 文の 260-287 行の中にある。

以上が、入力ファイルの必要最小限の説明である。詳しくは、Rosenthal (1988) の「GAMS 手引き書」やマニュアル (Brooke et al. (1988)) を参照して欲しい。

## 7. GAMS 出力ファイル

第 6 節の入力ファイルを例えば AGE1.GMS というファイル名 (GAMS の入力ファイルの拡張子の既定値は .GMS である) で保存し、これを実行するとしよう。GAMS を実行するには、簡単に

```
GAMS AGE1
```

とすれば良い<sup>10)</sup>。すると、AGE1.LST という名称の出力ファイル (出力ファイルの拡張子の既定値は .LST である) が得られる。表 5 は出力ファイル AGE1.LST に、改ページ毎に挿入される表題を削除する、行番号 (左側の番号) を付けるなどの加工を施して見易くしたものである。

GAMS 出力ファイルは、以下より構成される。

- (i) エコープリント
- (ii) 記号一覧 Symbol Listing (参照マップ)

---

10) 正式には、入力ファイル名、出力ファイル名を並べて

```
GAMS AGE1.GMS AGE1.LST
```

と実行する。この場合には、入力ファイル、出力ファイルの拡張子は規定値でなくとも良い。

GAMS による応用一般均衡分析：基本モデル

表 5：基本モデルの出力ファイル

```

1 AGE1
2
3
4
5 4
6 5 *INTRODUCTION=====
7
8 In this file, Basic Modelis implemented in GAMS.
9
10 11
11 12 *SETS=====
12 13
13 14 SETS
14 15
15 16 AC global set (SAM accounts and other items)
16 17 /FA firm a
17 18 FB firm b
18 19 CA commodity a
19 20 CB commodity b
20 21 K capital
21 22 L labor
22 23 HA urban household
23 24 HB rural household
24 25 TOTAL total account in SAM /
25 26
26 27 ACNT(AC) all elements in AC except total
27 28
28 29 A(AC) firms
29 30 /FA, FB/
30 31
31 32 C(AC) commodities
32 33 /CA, CB/
33 34
34 35 F(AC) factors
35 36 /K, L/
36 37
37 38 H(AC) households
38 39 /HA, HB/
39 40 ;
40 41
41 42 ALIAS(AC,ACP); ALIAS(C,CP); ALIAS(F,FP);
42 43 ACNT(AC) = YES; ACNT('TOTAL') = NO; ALIAS(ACNT,ACNTP);
43 44
44 45
45 46 *PARAMETERS=====
46 47
47 48 PARAMETERS
48 49
49 50 lambda(A) scale parameter for firm a's production
50 51 beta(F,A) household h's share in firm a's value-added
51 52 alpha(C,H) commodity c's share in household h's spending
52 53 cpi consumer price index
53 54 cwts(C) weight of commodity c in the CPI
54 55 qfs(F) supply of factor f
55 56 shry(H,F) household h's share in factor f's income
56 57 theta(A,C) commodity c's output per unit of production by firm a

```

GAMS による応用一般均衡分析：基本モデル

```

57 58 ;
58 59
59 60 *VARIABLES=====
60 61
61 62 VARIABLES
62 63
63 64 P(C)      price of commodity c
64 65 PA(A)     price of firm a
65 66 Q(C)      output level for commodity c
66 67 QA(A)     production level of firm a
67 68 QF(F,A)   firm a's demand of factor f
68 69 QH(C,H)   household h's demand of commodity c
69 70 WF(F)     price of factor f
70 71 YF(H,F)   household h's income from factor f
71 72 YH(H)     income of household h
72 73 ;
73 74
74 75 *EQUATIONS=====
75 76
76 77 EQUATIONS
77 78
78 79 *PRODUCTION AND COMMODITY BLOCK+++++++
79 80 PRODFN(A)  firm a's production function
80 81 FACDEM(F,A)  firm a's demand for factor f
81 82 OUTPUTFN(C)  output of commodity c
82 83 PADEF(A)    price for firm a
83 84
84 85 *INSTITUTION BLOCK+++++++
85 86 FACTTRNS(H,F)  transfer from factor f to household h
86 87 HHDINC(H)     income of household h
87 88 HHDEM(C,H)    household h's demand of commodity c
88 89
89 90 *SYSTEM CONSTRAINT BLOCK+++++++
90 91 FACTEQ(F)     market balance for factor f
91 92 COMEQ(C)     market balance for commodity c
92 93 PNORM        price normalization
93 94 ;
94 95
95 96 *PRODUCTION AND COMMODITY BLOCK+++++++
96 97
97 98 PRODFN(A)..   QA(A) =E= lambda(A)*PROD(F, QF(F,A)**beta(F,A));
98 99
99 100 FACDEM(F,A).. WF(F) =E= beta(F,A)*PA(A)*QA(A) / QF(F,A);
100 101
101 102 OUTPUTFN(C).. Q(C) =E= SUM(A, theta(A,C)*QA(A));
102 103
103 104 PADEF(A)..   PA(A) =E= SUM(C, theta(A,C)*P(C));
104 105
105 106
106 107 *INSTITUTION BLOCK+++++++
107 108
108 109 FACTTRNS(H,F).. YF(H,F) =E= shry(H,F)*WF(F)*SUM(A, QF(F,A));
109 110
110 111 HHDINC(H)..   YH(H) =E= SUM(F, YF(H,F));
111 112
112 113 HHDEM(C,H).. QH(C,H) =E= alpha(C,H)*YH(H)/P(C);

```

GAMS による応用一般均衡分析：基本モデル

```

113 114
114 115
115 116 *SYSTEM CONSTRAINT BLOCK+++++
116 117
117 118 FACTEQ(F)..      SUM(A, QF(F,A)) =E= qfs(F);
118 119
119 120 COMEQ('CA')..    Q('CA') =E= SUM(H, QH('CA',H));
120 121
121 122 PNORM..          SUM(C, cwts(C)*P(C)) =E= cpi;
122 123
123 124
124 125 *MODEL=====
125 126
126 127 MODEL
127 128 AGE1 basic model /ALL/
128 129 ;
129 130
130 131 *SOCIAL ACCOUNTING MATRIX=====
131 132
132 133 TABLE SAM(AC,ACP) social accounting matrix
133 134
134 135           FA  FB  CA  CB  K  L  HA  HB
135 136 FA                125
136 137 FB                    150
137 138 CA                                50  75
138 139 CB                                100  50
139 140 K           63  95
140 141 L           62  55
141 142 HA                                90  60
142 143 HB                                68  57
143 144 ;
144 145
145 146
146 147 PARAMETER
147 148 tdiff(AC) column minus row total for account ac;
148 149 *This parameter is used to check that the above SAM is balanced.
149 150 SAM('TOTAL',ACNTP) = SUM(ACNT, SAM(ACNT,ACNTP));
150 151 SAM(ACNT,'TOTAL') = SUM(ACNTP, SAM(ACNT,ACNTP));
151 152 tdiff(ACNT)      = SAM('TOTAL',ACNT) - SAM(ACNT,'TOTAL');
152 153
153 154 DISPLAY SAM, tdiff;
154 155
155 156
156 157 *ASSIGNMENTS FOR PARAMETERS AND VARIABLES=====
157 158
158 159 PARAMETERS
159 160 *The following parameters are used to define initial values of
160 161 *model variables.
161 162 P0(C), PA0(A), Q0(C), QA0(A), QP0(F,A), QH0(C,H), WF0(F), YF0(H,F),
162 163 YH0(H)
163 164 ;
164 165
165 166
166 167 *PRODUCTION AND COMMODITY BLOCK+++++
167 168
168 169 P0(C)      = 1;

```

GAMS による応用一般均衡分析：基本モデル

```

169 170 PA0(A) = 1;
170 171 WF0(F) = 1;
171 172
172 173 Q0(C) = SAM('TOTAL',C)/P0(C);
173 174 QA0(A) = SAM('TOTAL',A)/PA0(A);
174 175 QF0(F,A) = SAM(F,A)/WF0(F);
175 176
176 177 beta(F,A) = SAM(F,A) / SUM(PP, SAM(PP,A));
177 178 lambda(A) = QA0(A) / PROD(F, QF0(F,A)**beta(F,A));
178 179 theta(A,C) = (SAM(A,C)/P0(C)) / QA0(A);
179 180
180 181
181 182 *INSTITUTION BLOCK+++++++
182 183
183 184 QH0(C,H) = SAM(C,H)/P0(C);
184 185 YF0(H,F) = SAM(H,F);
185 186 YH0(H) = SAM('TOTAL',H);
186 187
187 188 alpha(C,H) = SAM(C,H)/SUM(CP, SAM(CP,H));
188 189 shry(H,F) = SAM(H,F)/SAM('TOTAL',F);
189 190
190 191
191 192 *SYSTEM CONSTRAINT BLOCK+++++++
192 193
193 194 cwts(C) = SUM(H, SAM(C,H)) / SUM((CP,H), SAM(CP,H));
194 195 cpi = SUM(C, cwts(C)*P0(C));
195 196 qfs(F) = SAM(F,'TOTAL')/WF0(F);
196 197
197 198
198 199 *INITIALIZING ALL VARIABLES+++++++
199 200
200 201 P.L(C) = P0(C);
201 202 PA.L(A) = PA0(A);
202 203 Q.L(C) = Q0(C);
203 204 QA.L(A) = QA0(A);
204 205 QF.L(F,A) = QF0(F,A);
205 206 QH.L(C,H) = QH0(C,H);
206 207 YF.L(H,F) = YF0(H,F);
207 208 WF.L(F) = WF0(F);
208 209 YH.L(H) = YH0(H);
209 210
210 211
211 212 *DISPLAY+++++++
212 213
213 214 DISPLAY
214 215 cpi, cwts, qfs, shry, theta, alpha, beta, lambda,
215 216
216 217 P.L, PA.L, Q.L, QA.L, QF.L, QH.L, WF.L, YF.L, YH.L
217 218 ;
218 219
219 220
220 221 *REPORT SETUP AND BASE REPORT=====
221 222
222 223 *SET AND PARAMETERS FOR REPORTS+++++++
223 224
224 225 SET

```

GAMS による応用一般均衡分析：基本モデル

```

225 226 SIM simulations
226 227 /BASE base simulation
227 228 HYPO increase in capital stock/
228 229 ;
229 230
230 231 PARAMETERS
231 232
232 233 QFSKSIM(SIM) capital supply for simulation (experiment parameter)
233 234 *Parameter is used to change the value for the capital stock parameter
234 235 *before solving the model for simulation sim
235 236
236 237 QFSREP(F,SIM) supply of factor f for simulation sim (value used)
237 238 PREP(C,SIM) demand price for commodity c
238 239 PAREP(A,SIM) price of firm a
239 240 QREP(C,SIM) output level for commodity c
240 241 QAREP(A,SIM) production level of firm a
241 242 QFREP(F,A,SIM) firm a's demand of factor f
242 243 QHREP(C,H,SIM) household h's demand of commodity c
243 244 WFREP(F,SIM) price of factor f
244 245 YFREP(H,F,SIM) household h's income from factor f
245 246 YHREP(H,SIM) income of household h
246 247 SAMREP(SIM,AC,ACP) SAM computed from model solution
247 248 BALCHK(AC,SIM) column minus row total for account ac in SAM
248 249 ;
249 250
250 251
251 252 QFSKSIM('BASE') = qfs('K');
252 253
253 254 *10 per cent increase in capital stock
254 255 QFSKSIM('HYPO') = 1.1*qfs('K');
255 256
256 257 DISPLAY QFSKSIM;
257 258
258 259
259 260 LOOP(SIM,
260 261
261 262 qfs('K') = QFSKSIM(SIM);
262 263
263 264 SOLVE AGE1 USING MCP;
264 265
265 266 QFSREP(F,SIM) = qfs(F);
266 267
267 268 PREP(C,SIM) = P.L(C);
268 269 PAREP(A,SIM) = PA.L(A);
269 270 QREP(C,SIM) = Q.L(C);
270 271 QAREP(A,SIM) = QA.L(A);
271 272 QFREP(F,A,SIM) = QF.L(F,A);
272 273 QHREP(C,H,SIM) = QH.L(C,H);
273 274 WFREP(F,SIM) = WF.L(F);
274 275 YFREP(H,F,SIM) = YF.L(H,F);
275 276 YHREP(H,SIM) = YH.L(H);
276 277
277 278 *Payments from firms
278 279 SAMREP(SIM,F,A) = WF.L(F)*QF.L(F,A);
279 280 *Payments from commodities
280 281 SAMREP(SIM,A,C) = P.L(C)*theta(A,C)*QA.L(A);

```

GAMS による応用一般均衡分析：基本モデル

```

281 282 *Payments from factors
282 283 SAMREP(SIM,H,F) = YF.L(H,F);
283 284 *Payments from households
284 285 SAMREP(SIM,C,H) = P.L(C)*QH.L(C,H);
285 286
286 287 );
287 288
288 289
289 290 *Computing totals for SAMREP
290 291 SAMREP(SIM,'TOTAL',ACNTP) = SUM(ACNT, SAMREP(SIM,ACNT,ACNTP));
291 292 SAMREP(SIM,ACNT,'TOTAL') = SUM(ACNTP, SAMREP(SIM,ACNT,ACNTP));
292 293
293 294 *Check that SAMREP is balanced
294 295 BALCHK(ACNT,SIM) = SAMREP(SIM,'TOTAL',ACNT) - SAMREP(SIM,ACNT,'TOTAL');
295 296
296 297
297 298 OPTION QFREP:3:1:1, QHREP:3:1:1, YFREP:3:1:1, SAMREP:3:1:1;
298 299
299 300 DISPLAY
300 301 QFSREP, PREP, PAREP, QREP, QAREP, QFREP, QHREP, WFREP, YFREP, YHREP,
301 302 SAMREP, BALCHK
302 303 ;
303
304
305 Symbol Listing
306
307

```

SYMBOL	TYPE	REFERENCES
A	SET	DECLARED 29 DEFINED 30 REF 50
		51 57 65 67 68 80
		81 83 4*98 4*100 2*102 2*104
		109 118 3*162 2*174 175 2*177
		3*178 2*179 202 204 205 239
		241 242 269 271 272 279
		2*281 CONTROL 98 100 102 104
		109 118 170 174 175 177
		178 179 202 204 205 269
		271 272 279 281
AC	SET	DECLARED 16 DEFINED 17 REF 27
		29 32 35 38 42 133
		148 247 248 CONTROL 43
ACNT	SET	DECLARED 27 ASSIGNED 2*43 REF 43
		150 151 2*152 291 292 2*295
		CONTROL 150 151 152 291 292
		295
ACNTP	SET	DECLARED 43 REF 150 151 291
		292 CONTROL 150 151 291 292
ACP	SET	DECLARED 42 REF 133 247
AGE1	MODEL	DECLARED 128 DEFINED 128 IMPL-ASN 264
		REF 264
ALPHA	PARAM	DECLARED 52 ASSIGNED 188 REF 113
		215
BALCHK	PARAM	DECLARED 248 ASSIGNED 295 REF 302
BETA	PARAM	DECLARED 51 ASSIGNED 177 REF 98
		100 178 215



GAMS による応用一般均衡分析：基本モデル

337	C	SET	DECLARED	32	DEFINED	33	REF	42
338				52	54	57	64	66
339				82	88	92	2*102	2*104
340				2*122	3*162	2*173	2*179	2*184
341				194	2*195	201	203	206
342				240	243	268	270	273
343				2*285	CONTROL	102	104	113
344				169	173	179	184	188
345				195	201	203	206	268
346				273	281	285		
347	COMREQ	EQU	DECLARED	92	DEFINED	120	IMPL-ASN	264
348			REF	128				
349	CP	SET	DECLARED	42	REF	188	194	
350			CONTROL	188	194			
351	CPI	PARAM	DECLARED	53	ASSIGNED	195	REF	122
352				215				
353	CWTS	PARAM	DECLARED	54	ASSIGNED	194	REF	122
354				195	215			
355	F	SET	DECLARED	35	DEFINED	36	REF	42
356				51	55	56	68	70
357				81	86	91	2*98	3*100
358				111	2*118	3*162	2*175	177
359				185	2*189	2*196	205	207
360				237	242	244	245	266
361				274	275	2*279	283	CONTROL
362				100	109	111	118	171
363				177	178	185	189	196
364				207	208	266	272	274
365				279	283			
366	FACDEM	EQU	DECLARED	81	DEFINED	100	IMPL-ASN	264
367			REF	128				
368	FACTEQ	EQU	DECLARED	91	DEFINED	118	IMPL-ASN	264
369			REF	128				
370	FACTTRNS	EQU	DECLARED	86	DEFINED	109	IMPL-ASN	264
371			REF	128				
372	FP	SET	DECLARED	42	REF	177	CONTROL	177
373	H	SET	DECLARED	38	DEFINED	39	REF	52
374				56	69	71	72	86
375				88	2*109	2*111	3*113	120
376				163	184	185	186	2*188
377				2*194	206	207	209	243
378				246	273	275	276	283
379				CONTROL	109	111	113	120
380				185	186	188	189	2*194
381				207	209	273	275	276
382				285				
383	HHDEM	EQU	DECLARED	88	DEFINED	113	IMPL-ASN	264
384			REF	128				
385	HHDINC	EQU	DECLARED	87	DEFINED	111	IMPL-ASN	264
386			REF	128				
387	LAMBDA	PARAM	DECLARED	50	ASSIGNED	178	REF	98
388				215				
389	OUTPUTFN	EQU	DECLARED	82	DEFINED	102	IMPL-ASN	264
390			REF	128				
391	P	VAR	DECLARED	64	IMPL-ASN	264	ASSIGNED	201
392			REF	104	113	122	217	268

GAMS による応用一般均衡分析：基本モデル

393			281	285				
394	P0	PARAM	DECLARED	162	ASSIGNED	169	REF	173
395			179	184	195	201		
396	PA	VAR	DECLARED	65	IMPL-ASN	264	ASSIGNED	202
397			REF	100	104	217	269	
398	PA0	PARAM	DECLARED	162	ASSIGNED	170	REF	174
399			202					
400	PADEF	EQU	DECLARED	83	DEFINED	104	IMPL-ASN	264
401			REF	128				
402	PAREP	PARAM	DECLARED	239	ASSIGNED	269	REF	301
403	PNORM	EQU	DECLARED	93	DEFINED	122	IMPL-ASN	264
404			REF	128				
405	PREP	PARAM	DECLARED	238	ASSIGNED	268	REF	301
406	PRODFN	EQU	DECLARED	80	DEFINED	98	IMPL-ASN	264
407			REF	128				
408	Q	VAR	DECLARED	66	IMPL-ASN	264	ASSIGNED	203
409			REF	102	120	217	270	
410	Q0	PARAM	DECLARED	162	ASSIGNED	173	REF	203
411	QA	VAR	DECLARED	67	IMPL-ASN	264	ASSIGNED	204
412			REF	98	100	102	217	271
413			281					
414	QA0	PARAM	DECLARED	162	ASSIGNED	174	REF	178
415			179	204				
416	QAREP	PARAM	DECLARED	241	ASSIGNED	271	REF	301
417	QF	VAR	DECLARED	68	IMPL-ASN	264	ASSIGNED	205
418			REF	98	100	109	118	217
419			272	279				
420	QF0	PARAM	DECLARED	162	ASSIGNED	175	REF	178
421			205					
422	QFREP	PARAM	DECLARED	242	ASSIGNED	272	REF	298
423			301					
424	QFS	PARAM	DECLARED	55	ASSIGNED	196	262	
425			REF	118	215	252	255	266
426	QFSKSIM	PARAM	DECLARED	233	ASSIGNED	252	255	
427			REF	257	262			
428	QFSREP	PARAM	DECLARED	237	ASSIGNED	266	REF	301
429	QH	VAR	DECLARED	69	IMPL-ASN	264	ASSIGNED	206
430			REF	113	120	217	273	285
431	QH0	PARAM	DECLARED	162	ASSIGNED	184	REF	206
432	QHREP	PARAM	DECLARED	243	ASSIGNED	273	REF	298
433			301					
434	QREP	PARAM	DECLARED	240	ASSIGNED	270	REF	301
435	SAM	PARAM	DECLARED	133	DEFINED	133	ASSIGNED	150
436			151	REF	150	151	2*152	154
437			173	174	175	2*177	179	184
438			185	186	2*188	2*189	2*194	196
439	SAMREP	PARAM	DECLARED	247	ASSIGNED	279	281	283
440			285	291	292	REF	291	292
441			2*295	298	302			
442	SHRY	PARAM	DECLARED	56	ASSIGNED	189	REF	109
443			215					
444	SIM	SET	DECLARED	226	DEFINED	227	REF	233
445			237	238	239	240	241	242
446			243	244	245	246	247	248
447			262	266	268	269	270	271
448			272	273	274	275	276	279

GAMS による応用一般均衡分析：基本モデル

449			281	283	285	291	292	2*295
450			CONTROL	260	291	292	295	
451	TDIFF	PARAM	DECLARED	148	ASSIGNED	152	REF	154
452	THETA	PARAM	DECLARED	57	ASSIGNED	179	REF	102
453			104	215	281			
454	WF	VAR	DECLARED	70	IMPL-ASN	264	ASSIGNED	208
455			REF	100	109	217	274	279
456	WF0	PARAM	DECLARED	162	ASSIGNED	171	REF	175
457			196	208				
458	WFREP	PARAM	DECLARED	244	ASSIGNED	274	REF	301
459	YF	VAR	DECLARED	71	IMPL-ASN	264	ASSIGNED	207
460			REF	109	111	217	275	283
461	YF0	PARAM	DECLARED	162	ASSIGNED	185	REF	207
462	YFREP	PARAM	DECLARED	245	ASSIGNED	275	REF	298
463			301					
464	YH	VAR	DECLARED	72	IMPL-ASN	264	ASSIGNED	209
465			REF	111	113	217	276	
466	YH0	PARAM	DECLARED	163	ASSIGNED	186	REF	209
467	YHREP	PARAM	DECLARED	246	ASSIGNED	276	REF	301
468								
469								
470	SETS							
471								
472	A		firms					
473	AC		global set (SAM accounts and other items)					
474	ACNT		all elements in AC except total					
475	ACNTP		Aliased with ACNT					
476	ACP		Aliased with AC					
477	C		commodities					
478	CP		Aliased with C					
479	F		factors					
480	FP		Aliased with F					
481	H		households					
482	SIM		simulations					
483								
484								
485	PARAMETERS							
486								
487	ALPHA		commodity c's share in household h's spending					
488	BALCHK		column minus row total for account ac in SAM					
489	BETA		household h's share in firm a's value-added					
490	CPI		consumer price index					
491	CWTS		weight of commodity c in the CPI					
492	LAMBDA		scale parameter for firm a's production					
493	P0							
494	PA0							
495	PAREP		price of firm a					
496	PREP		demand price for commodity c					
497	Q0							
498	QA0							
499	QAREP		production level of firm a					
500	QP0							
501	QFREP		firm a's demand of factor f					
502	QFS		supply of factor f					
503	QFSKSIM		capital supply for simulation (experiment parameter)					
504	QFSREP		supply of factor f for simulation sim (value used)					

GAMS による応用一般均衡分析：基本モデル

```

505 QH0
506 QHREP      household h's demand of commodity c
507 QREP      output level for commodity c
508 SAM       social accounting matrix
509 SAMREP    SAM computed from model solution
510 SHRY      household h's share in factor f's income
511 TDIFF     column minus row total for account ac
512 THETA     commodity c's output per unit of production by firm a
513 WFO
514 WFREP     price of factor f
515 YFO
516 YFREP     household h's income from factor f
517 YH0
518 YHREP     income of household h
519
520
521 VARIABLES
522
523 P         price of commodity c
524 PA       price of firm a
525 Q         output level for commodity c
526 QA      production level of firm a
527 QF      firm a's demand of factor f
528 QH      household h's demand of commodity c
529 WF      price of factor f
530 YF      household h's income from factor f
531 YH      income of household h
532
533
534 EQUATIONS
535
536 COMEQ    market balance for commodity c
537 FACDEM   firm a's demand for factor f
538 FACTEQ   market balance for factor f
539 FACTTRNS transfer from factor f to household h
540 HHDEM    household h's demand of commodity c
541 HHDINC   income of household h
542 OUTFUTFN output of commodity c
543 PADEF    price for firm a
544 PNORM    price normalization
545 PRODFN   firm a's production function
546
547
548 MODELS
549
550 AGE1     basic model
551
552
553 Execution
554
555
556 ---- 154 PARAMETER SAM          social accounting matrix
557
558 FA      FB      CA      CB      K      L
559
560 FA                      125.000

```

GAMS による応用一般均衡分析：基本モデル

561	FB				150.000		
562	K	63.000	95.000				
563	L	62.000	55.000				
564	HA					90.000	60.000
565	HB					68.000	57.000
566	TOTAL	125.000	150.000	125.000	150.000	158.000	117.000
567							
568	+	HA	HB	TOTAL			
569							
570	FA			125.000			
571	FB			150.000			
572	CA	50.000	75.000	125.000			
573	CB	100.000	50.000	150.000			
574	K			158.000			
575	L			117.000			
576	HA			150.000			
577	HB			125.000			
578	TOTAL	150.000	125.000				
579							
580							
581	----	154	PARAMETER	TDIFF		column	minus row total for account ac
582							
583	(	ALL		0.000	)		
584							
585							
586	----	215	PARAMETER	CPI	=	1.000	consumer price index
587							
588							
589	----	215	PARAMETER	CWTS		weight	of commodity c in the CPI
590							
591	CA	0.455,	CB	0.545			
592							
593							
594	----	215	PARAMETER	QFS		supply	of factor f
595							
596	K	158.000,	L	117.000			
597							
598							
599	----	215	PARAMETER	SHRY		household	h's share in factor f's income
600							
601		K	L				
602							
603	HA	0.570	0.513				
604	HB	0.430	0.487				
605							
606							
607	----	215	PARAMETER	THETA		commodity	c's output per unit of
608	production	by	firm	a			
609							
610		CA	CB				
611							
612	FA	1.000					
613	FB		1.000				
614							
615							
616	----	215	PARAMETER	ALPHA		commodity	c's share in household h's

GAMS による応用一般均衡分析：基本モデル

```

617 spending
618
619           HA           HB
620
621 CA      0.333      0.600
622 CB      0.667      0.400
623
624
625 ---- 215 PARAMETER BETA           household h's share in firm a's value-added
626
627           FA           FB
628
629 K      0.504      0.633
630 L      0.496      0.367
631
632
633 ---- 215 PARAMETER LAMBDA         scale parameter for firm a's production
634
635 FA 2.000,   FB 1.929
636
637
638 ---- 215 VARIABLE P.L             price of commodity c
639
640 CA 1.000,   CB 1.000
641
642
643 ---- 215 VARIABLE PA.L            price of firm a
644
645 FA 1.000,   FB 1.000
646
647
648 ---- 215 VARIABLE Q.L             output level for commodity c
649
650 CA 125.000, CB 150.000
651
652
653 ---- 215 VARIABLE QA.L            production level of firm a
654
655 FA 125.000, FB 150.000
656
657
658 ---- 215 VARIABLE QF.L            firm a's demand of factor f
659
660           FA           FB
661
662 K      63.000      95.000
663 L      62.000      55.000
664
665
666 ---- 215 VARIABLE QH.L            household h's demand of commodity c
667
668           HA           HB
669
670 CA      50.000      75.000
671 CB      100.000     50.000
672

```

GAMS による応用一般均衡分析：基本モデル

```

673
674 ---- 215 VARIABLE WF.L          price of factor f
675
676 K 1.000,    L 1.000
677
678
679 ---- 215 VARIABLE YF.L          household h's income from factor f
680
681           K          L
682
683 HA  90.000    60.000
684 HB  68.000    57.000
685
686
687 ---- 215 VARIABLE YH.L          income of household h
688
689 HA 150.000,    HB 125.000
690
691
692 ---- 257 PARAMETER QFSKSIM      capital supply for simulation (experiment
693                                parameter)
694
695 BASE 158.000,    HYPO 173.800
696
697
698 Equation Listing      SOLVE AGE1 USING MCP FROM LINE 264
699
700
701 ---- PRODFN          =E= firm a's production function
702
703
704 PRODFN(FA)..  QA(FA) - (1)*QF(K,FA) - (1)*QF(L,FA) =E= 0 ; (LHS = 0)
705
706
707 PRODFN(FB)..  QA(FB) - (1)*QF(K,FB) - (1)*QF(L,FB) =E= 0 ; (LHS = 0)
708
709
710 ---- FACDEM          =E= firm a's demand for factor f
711
712
713 FACDEM(K,FA).. - (1)*PA(FA) - (0.008)*QA(FA) + (0.0159)*QF(K,FA) + WF(K)
714
715 =E= 0 ; (LHS = 0)
716
717
718 FACDEM(K,FB).. - (1)*PA(FB) - (0.0067)*QA(FB) + (0.0105)*QF(K,FB) + WF(K)
719
720 =E= 0 ; (LHS = 0)
721
722
723 FACDEM(L,FA).. - (1)*PA(FA) - (0.008)*QA(FA) + (0.0161)*QF(L,FA) + WF(L)
724
725 =E= 0 ; (LHS = 0)
726
727 REMAINING ENTRY SKIPPED
728

```

GAMS による応用一般均衡分析：基本モデル

```

729
730 ---- OUTPUTFN      =E=  output of commodity c
731
732
733 OUTPUTFN(CA)..  Q(CA) - QA(FA) =E= 0 ; (LHS = 0)
734
735
736 OUTPUTFN(CB)..  Q(CB) - QA(FB) =E= 0 ; (LHS = 0)
737
738
739 ---- PADEF         =E=  price for firm a
740
741
742 PADEF(FA)..  - P(CA) + PA(FA) =E= 0 ; (LHS = 0)
743
744
745 PADEF(FB)..  - P(CB) + PA(FB) =E= 0 ; (LHS = 0)
746
747
748 ---- FACTTRNS      =E=  transfer from factor f to household h
749
750
751 FACTTRNS(HA,K).. - (0.5696)*QF(K,FA) - (0.5696)*QF(K,FB) - (90)*WF(K)
752
753 + YF(HA,K) =E= 0 ; (LHS = 0)
754
755
756 FACTTRNS(HA,L).. - (0.5128)*QF(L,FA) - (0.5128)*QF(L,FB) - (60)*WF(L)
757
758 + YF(HA,L) =E= 0 ; (LHS = 7.105427E-15)
759
760
761 FACTTRNS(HB,K).. - (0.4304)*QF(K,FA) - (0.4304)*QF(K,FB) - (68)*WF(K)
762
763 + YF(HB,K) =E= 0 ; (LHS = 0)
764
765 REMAINING ENTRY SKIPPED
766
767
768 ---- HHDINC        =E=  income of household h
769
770
771 HHDINC(HA)..  - YF(HA,K) - YF(HA,L) + YH(HA) =E= 0 ; (LHS = 0)
772
773
774 HHDINC(HB)..  - YF(HB,K) - YF(HB,L) + YH(HB) =E= 0 ; (LHS = 0)
775
776
777 ---- HHDEM         =E=  household h's demand of commodity c
778
779
780 HHDEM(CA,HA).. (50)*P(CA) + QH(CA,HA) - (0.3333)*YH(HA) =E= 0 ; (LHS = 0)
781
782
783 HHDEM(CA,HB).. (75)*P(CA) + QH(CA,HB) - (0.6)*YH(HB) =E= 0 ; (LHS = 0)
784

```



GAMS による応用一般均衡分析：基本モデル

```

785
786 HHDEM(CB,HA).. (100)*P(CB) + QH(CB,HA) - (0.6667)*YH(HA) =E= 0 ; (LHS = 0)
787
788 REMAINING ENTRY SKIPPED
789
790
791 ---- FACTEQ      =E= market balance for factor f
792
793
794 FACTEQ(K).. QF(K,FA) + QF(K,FB) =E= 158 ; (LHS = 158)
795
796
797 FACTEQ(L).. QF(L,FA) + QF(L,FB) =E= 117 ; (LHS = 117)
798
799
800 ---- COMEQ      =E= market balance for commodity c
801
802
803 COMEQ(CA).. Q(CA) - QH(CA,HA) - QH(CA,HB) =E= 0 ; (LHS = 0)
804
805
806 ---- PNORM      =E= price normalization
807
808
809 PNORM.. 0.4545*P(CA) + 0.5455*P(CB) =E= 1 ; (LHS = 1)
810
811
812 Column Listing      SOLVE AGE1 USING MCP FROM LINE 264
813
814
815 ---- P          price of commodity c
816
817
818 P(CA)
819      (.LO, .L, .UP = -INF, 1, +INF)
820      -1      PADEF(FA)
821      (50)    HHDEM(CA,HA)
822      (75)    HHDEM(CA,HB)
823      0.4545  PNORM
824
825 P(CB)
826      (.LO, .L, .UP = -INF, 1, +INF)
827      -1      PADEF(FB)
828      (100)   HHDEM(CB,HA)
829      (50)    HHDEM(CB,HB)
830      0.5455  PNORM
831
832
833 ---- PA          price of firm a
834
835
836 PA(FA)
837      (.LO, .L, .UP = -INF, 1, +INF)
838      (-1)   FACDEM(K,FA)
839      (-1)   FACDEM(L,FA)
840      1      PADEF(FA)

```

GAMS による応用一般均衡分析：基本モデル

```

841
842 PA(FB)
843      (.LO, .L, .UP = -INF, 1, +INF)
844      (-1)  FACDEM(K,FB)
845      (-1)  FACDEM(L,FB)
846      1     PADEF(FB)
847
848
849 ---- Q      output level for commodity c
850
851
852 Q(CA)
853      (.LO, .L, .UP = -INF, 125, +INF)
854      1     OUTPUTFN(CA)
855      1     COMEQ(CA)
856
857 Q(CB)
858      (.LO, .L, .UP = -INF, 150, +INF)
859      1     OUTPUTFN(CB)
860
861
862 ---- QA      production level of firm a
863
864
865 QA(FA)
866      (.LO, .L, .UP = -INF, 125, +INF)
867      1     PRODFN(FA)
868      (-0.008) FACDEM(K,FA)
869      (-0.008) FACDEM(L,FA)
870      -1    OUTPUTFN(CA)
871
872 QA(FB)
873      (.LO, .L, .UP = -INF, 150, +INF)
874      1     PRODFN(FB)
875      (-0.0067) FACDEM(K,FB)
876      (-0.0067) FACDEM(L,FB)
877      -1    OUTPUTFN(CB)
878
879
880 ---- QF      firm a's demand of factor f
881
882
883 QF(K,FA)
884      (.LO, .L, .UP = -INF, 63, +INF)
885      (-1)  PRODFN(FA)
886      (0.0159) FACDEM(K,FA)
887      (-0.5696) FACTTRNS(HA,K)
888      (-0.4304) FACTTRNS(HB,K)
889      1     FACTEQ(K)
890
891
892 QF(K,FB)
893      (.LO, .L, .UP = -INF, 95, +INF)
894      (-1)  PRODFN(FB)
895      (0.0105) FACDEM(K,FB)
896      (-0.5696) FACTTRNS(HA,K)
897      (-0.4304) FACTTRNS(HB,K)

```

GAMS による応用一般均衡分析：基本モデル

```

897      1      FACTEQ(K)
898
899  QF(L,FA)
900      (.LO, .L, .UP = -INF, 62, +INF)
901      (-1)    PRODFN(FA)
902      (0.0161) FACDEM(L,FA)
903      (-0.5128) FACTTRNS(HA,L)
904      (-0.4872) FACTTRNS(HB,L)
905      1      FACTEQ(L)
906
907  REMAINING ENTRY SKIPPED
908
909
910  ---- QH      household h's demand of commodity c
911
912
913  QH(CA,HA)
914      (.LO, .L, .UP = -INF, 50, +INF)
915      1      HHDEM(CA,HA)
916      -1     COMEQ(CA)
917
918  QH(CA,HB)
919      (.LO, .L, .UP = -INF, 75, +INF)
920      1      HHDEM(CA,HB)
921      -1     COMEQ(CA)
922
923  QH(CB,HA)
924      (.LO, .L, .UP = -INF, 100, +INF)
925      1      HHDEM(CB,HA)
926
927  REMAINING ENTRY SKIPPED
928
929
930  ---- WF      price of factor f
931
932
933  WF(K)
934      (.LO, .L, .UP = -INF, 1, +INF)
935      1      FACDEM(K,FA)
936      1      FACDEM(K,FB)
937      (-90)   FACTTRNS(HA,K)
938      (-68)   FACTTRNS(HB,K)
939
940  WF(L)
941      (.LO, .L, .UP = -INF, 1, +INF)
942      1      FACDEM(L,FA)
943      1      FACDEM(L,FB)
944      (-60)   FACTTRNS(HA,L)
945      (-57)   FACTTRNS(HB,L)
946
947
948  ---- YF      household h's income from factor f
949
950
951  YF(HA,K)
952      (.LO, .L, .UP = -INF, 90, +INF)

```

GAMS による応用一般均衡分析：基本モデル

```

953         1      FACTTRNS (HA,K)
954        -1      HDDINC (HA)
955
956 YF (HA,L)
957         (.LO, .L, .UP = -INF, 60, +INF)
958         1      FACTTRNS (HA,L)
959        -1      HDDINC (HA)
960
961
962 YF (HB,K)
963         (.LO, .L, .UP = -INF, 68, +INF)
964         1      FACTTRNS (HB,K)
965        -1      HDDINC (HB)
966
967 REMAINING ENTRY SKIPPED
968
969
970 ---- YH      income of household h
971
972
973 YH (HA)
974         (.LO, .L, .UP = -INF, 150, +INF)
975         1      HDDINC (HA)
976        (-0.3333) HHDEM (CA, HA)
977        (-0.6667) HHDEM (CB, HA)
978
979 YH (HB)
980         (.LO, .L, .UP = -INF, 125, +INF)
981         1      HDDINC (HB)
982        (-0.6)   HHDEM (CA, HB)
983        (-0.4)   HHDEM (CB, HB)
984
985
986 Model Statistics      SOLVE AGE1 USING MCP FROM LINE 264
987
988
989 LOOPS                  SIM          BASE
990
991
992 MODEL STATISTICS
993
994 BLOCKS OF EQUATIONS    10      SINGLE EQUATIONS      24
995 BLOCKS OF VARIABLES   9       SINGLE VARIABLES      24
996 NON ZERO ELEMENTS     73     NON LINEAR N-Z        36
997 DERIVATIVE POOL       6       CONSTANT POOL         22
998 CODE LENGTH           413
999
1000
1001 GENERATION TIME      =      10.290 SECONDS    0.1 Mb      WAT-50-094
1002
1003
1004 EXECUTION TIME       =      10.320 SECONDS    0.1 Mb      WAT-50-094
1005
1006
1007 L O O P S           SIM          BASE
1008

```

GAMS による応用一般均衡分析：基本モデル

```

1009 SOLVE SUMMARY
1010
1011 MODEL AGE1
1012 TYPE MCP
1013 SOLVER MILES FROM LINE 264
1014
1015 **** SOLVER STATUS 1 NORMAL COMPLETION
1016 **** MODEL STATUS 1 OPTIMAL
1017
1018 RESOURCE USAGE, LIMIT 1.148 1000.000
1019 ITERATION COUNT, LIMIT 0 10000
1020 EVALUATION ERRORS 0 0
1021
1022
1023 MILES (December 1994) ver:225-wat-12
1024
1025 Technical support available by Email: tom@gams.com
1026
1027
1028
1029 Work space allocated -- 0.06 Mb
1030
1031
1032
1033 ---- EQU PRODFN firm a's production function
1034
1035 LOWER LEVEL UPPER MARGINAL
1036
1037 FA . . . .
1038 FB . . . .
1039
1040
1041 ---- EQU FACDEM firm a's demand for factor f
1042
1043 LOWER LEVEL UPPER MARGINAL
1044
1045 K.FA . . . .
1046 K.FB . . . .
1047 L.FA . . . .
1048 L.FB . . . .
1049
1050
1051 ---- EQU OUTPUTFN output of commodity c
1052
1053 LOWER LEVEL UPPER MARGINAL
1054
1055 CA . . . .
1056 CB . . . .
1057
1058
1059 ---- EQU PADEF price for firm a
1060
1061 LOWER LEVEL UPPER MARGINAL
1062
1063 FA . . . .
1064 FB . . . .

```

GAMS による応用一般均衡分析：基本モデル

```

1065
1066
1067 ---- EQU FACTTRNS      transfer from factor f to household h
1068
1069           LOWER      LEVEL      UPPER      MARGINAL
1070
1071 HA.K      .          .          .          .
1072 HA.L      .          .          .          .
1073 HB.K      .          .          .          .
1074 HB.L      .          .          .          .
1075
1076
1077 ---- EQU HHDINC      income of household h
1078
1079           LOWER      LEVEL      UPPER      MARGINAL
1080
1081 HA        .          .          .          .
1082 HB        .          .          .          .
1083
1084
1085 ---- EQU HHDEM      household h's demand of commodity c
1086
1087           LOWER      LEVEL      UPPER      MARGINAL
1088
1089 CA.HA     .          .          .          .
1090 CA.HB     .          .          .          .
1091 CB.HA     .          .          .          .
1092 CB.HB     .          .          .          .
1093
1094
1095 ---- EQU FACTEQ      market balance for factor f
1096
1097           LOWER      LEVEL      UPPER      MARGINAL
1098
1099 K  158.000  158.000  158.000  .
1100 L  117.000  117.000  117.000  .
1101
1102
1103 ---- EQU COMEQ      market balance for commodity c
1104
1105           LOWER      LEVEL      UPPER      MARGINAL
1106
1107 CA        .          .          .          .
1108
1109
1110           LOWER      LEVEL      UPPER      MARGINAL
1111
1112 ---- EQU PNORM      1.000      1.000      1.000
1113
1114 PNORM      price normalization
1115
1116
1117 ---- VAR P          price of commodity c
1118
1119           LOWER      LEVEL      UPPER      MARGINAL
1120

```

GAMS による応用一般均衡分析：基本モデル

```

1121 CA   -INF   1.000   +INF   .
1122 CB   -INF   1.000   +INF   .
1123
1124
1125 ---- VAR PA           price of firm a
1126
1127     LOWER   LEVEL   UPPER   MARGINAL
1128
1129 FA   -INF   1.000   +INF   .
1130 FB   -INF   1.000   +INF   .
1131
1132
1133 ---- VAR Q           output level for commodity c
1134
1135     LOWER   LEVEL   UPPER   MARGINAL
1136
1137 CA   -INF   125.000   +INF   .
1138 CB   -INF   150.000   +INF   .
1139
1140
1141 ---- VAR QA          production level of firm a
1142
1143     LOWER   LEVEL   UPPER   MARGINAL
1144
1145 FA   -INF   125.000   +INF   .
1146 FB   -INF   150.000   +INF   .
1147
1148
1149 ---- VAR QF          firm a's demand of factor f
1150
1151     LOWER   LEVEL   UPPER   MARGINAL
1152
1153 K.FA  -INF   63.000   +INF   .
1154 K.FB  -INF   95.000   +INF   .
1155 L.FA  -INF   62.000   +INF   .
1156 L.FB  -INF   55.000   +INF   .
1157
1158
1159 ---- VAR QH          household h's demand of commodity c
1160
1161     LOWER   LEVEL   UPPER   MARGINAL
1162
1163 CA.HA -INF   50.000   +INF   .
1164 CA.HB -INF   75.000   +INF   .
1165 CB.HA -INF  100.000   +INF   .
1166 CB.HB -INF   50.000   +INF   .
1167
1168
1169 ---- VAR WF          price of factor f
1170
1171     LOWER   LEVEL   UPPER   MARGINAL
1172
1173 K     -INF   1.000   +INF   .
1174 L     -INF   1.000   +INF   .
1175
1176

```

GAMS による応用一般均衡分析：基本モデル

```

1177 ---- VAR YF          household h's income from factor f
1178
1179           LOWER      LEVEL      UPPER      MARGINAL
1180
1181 HA.K      -INF      90.000      +INF      .
1182 HA.L      -INF      60.000      +INF      .
1183 HB.K      -INF      68.000      +INF      .
1184 HB.L      -INF      57.000      +INF      .
1185
1186
1187 ---- VAR YH          income of household h
1188
1189           LOWER      LEVEL      UPPER      MARGINAL
1190
1191 HA        -INF      150.000      +INF      .
1192 HB        -INF      125.000      +INF      .
1193
1194
1195 **** REPORT SUMMARY :           0      NONOPT
1196                                 0      INFESIBLE
1197                                 0      UNBOUNDED
1198                                 0      REDEFINED
1199                                 0      ERRORS
1200
1201
1202 Equation Listing      SOLVE AGE1 USING MCP FROM LINE 264
1203
1204
1205 ---- PRODFN          =E=  firm a's production function
1206
1207
1208 PRODFN(FA).. QA(FA) - (1)*QF(K,FA) - (1)*QF(L,FA) =E= 0 ; (LHS = 0)
1209
1210
1211 PRODFN(FB).. QA(FB) - (1)*QF(K,FB) - (1)*QF(L,FB) =E= 0 ; (LHS = 0)
1212
1213
1214 ---- FACDEM          =E=  firm a's demand for factor f
1215
1216
1217 FACDEM(K,FA).. - (1)*PA(FA) - (0.008)*QA(FA) + (0.0159)*QF(K,FA) + WF(K)
1218
1219           =E= 0 ; (LHS = 0)
1220
1221
1222 FACDEM(K,FB).. - (1)*PA(FB) - (0.0067)*QA(FB) + (0.0105)*QF(K,FB) + WF(K)
1223
1224           =E= 0 ; (LHS = 0)
1225
1226
1227 FACDEM(L,FA).. - (1)*PA(FA) - (0.008)*QA(FA) + (0.0161)*QF(L,FA) + WF(L)
1228
1229           =E= 0 ; (LHS = 0)
1230
1231 REMAINING ENTRY SKIPPED
1232

```



GAMS による応用一般均衡分析：基本モデル

```

1233
1234 ---- OUTPUTFN      =E=  output of commodity c
1235
1236
1237 OUTPUTFN(CA)..  Q(CA) - QA(FA) =E= 0 ; (LHS = 0)
1238
1239
1240 OUTPUTFN(CB)..  Q(CB) - QA(FB) =E= 0 ; (LHS = 0)
1241
1242
1243 ---- PADEF         =E=  price for firm a
1244
1245
1246 PADEF(FA)..    - P(CA) + PA(FA) =E= 0 ; (LHS = 0)
1247
1248
1249 PADEF(FB)..    - P(CB) + PA(FB) =E= 0 ; (LHS = 0)
1250
1251
1252 ---- FACTTRNS      =E=  transfer from factor f to household h
1253
1254
1255 FACTTRNS(HA,K).. - (0.5696)*QF(K,FA) - (0.5696)*QF(K,FB) - (90)*WF(K)
1256
1257      + YF(HA,K) =E= 0 ; (LHS = 0)
1258
1259
1260 FACTTRNS(HA,L).. - (0.5128)*QF(L,FA) - (0.5128)*QF(L,FB) - (60)*WF(L)
1261
1262      + YF(HA,L) =E= 0 ; (LHS = 7.105427E-15)
1263
1264
1265 FACTTRNS(HB,K).. - (0.4304)*QF(K,FA) - (0.4304)*QF(K,FB) - (68)*WF(K)
1266
1267      + YF(HB,K) =E= 0 ; (LHS = 0)
1268
1269 REMAINING ENTRY SKIPPED
1270
1271
1272 ---- HHDINC        =E=  income of household h
1273
1274
1275 HHDINC(HA)..    - YF(HA,K) - YF(HA,L) + YH(HA) =E= 0 ; (LHS = 0)
1276
1277
1278 HHDINC(HB)..    - YF(HB,K) - YF(HB,L) + YH(HB) =E= 0 ; (LHS = 0)
1279
1280
1281 ---- HHDEM         =E=  household h's demand of commodity c
1282
1283
1284 HHDEM(CA,HA)..  (50)*P(CA) + QH(CA,HA) - (0.3333)*YH(HA) =E= 0 ; (LHS = 0)
1285
1286
1287 HHDEM(CA,HB)..  (75)*P(CA) + QH(CA,HB) - (0.6)*YH(HB) =E= 0 ; (LHS = 0)
1288

```

GAMS による応用一般均衡分析：基本モデル

```

1289
1290 HHDEM(CB,HA).. (100)*P(CB) + QH(CB,HA) - (0.6667)*YH(HA) =E= 0 ; (LHS = 0)
1291
1292 REMAINING ENTRY SKIPPED
1293
1294
1295 ---- FACTEQ      =E= market balance for factor f
1296
1297
1298 FACTEQ(K).. QF(K,FA) + QF(K,FB) =E= 173.8 ; (LHS = 158, INFES = 15.8 ***)
1299
1300
1301 FACTEQ(L).. QF(L,FA) + QF(L,FB) =E= 117 ; (LHS = 117)
1302
1303
1304 ---- COMEQ       =E= market balance for commodity c
1305
1306
1307 COMEQ(CA).. Q(CA) - QH(CA,HA) - QH(CA,HB) =E= 0 ; (LHS = 0)
1308
1309
1310 ---- PNORM       =E= price normalization
1311
1312
1313 PNORM.. 0.4545*P(CA) + 0.5455*P(CB) =E= 1 ; (LHS = 1)
1314
1315
1316 Column Listing      SOLVE AGE1 USING MCP FROM LINE 264
1317
1318
1319 ---- P           price of commodity c
1320
1321
1322 P(CA)
1323      (.LO, .L, .UP = -INF, 1, +INF)
1324      -1      PADEF(FA)
1325      (50)    HHDEM(CA,HA)
1326      (75)    HHDEM(CA,HB)
1327      0.4545  PNORM
1328
1329 P(CB)
1330      (.LO, .L, .UP = -INF, 1, +INF)
1331      -1      PADEF(FB)
1332      (100)   HHDEM(CB,HA)
1333      (50)    HHDEM(CB,HB)
1334      0.5455  PNORM
1335
1336
1337 ---- PA         price of firm a
1338
1339
1340 PA(FA)
1341      (.LO, .L, .UP = -INF, 1, +INF)
1342      (-1)    FACDEM(K,FA)
1343      (-1)    FACDEM(L,FA)
1344      1      PADEF(FA)

```

GAMS による応用一般均衡分析：基本モデル

```

1345
1346 PA(FB)
1347      (.LO, .L, .UP = -INF, 1, +INF)
1348      (-1)  FACDEM(K,FB)
1349      (-1)  FACDEM(L,FB)
1350      1     PADEF(FB)
1351
1352
1353 ---- Q      output level for commodity c
1354
1355
1356 Q(CA)
1357      (.LO, .L, .UP = -INF, 125, +INF)
1358      1     OUTPUTFN(CA)
1359      1     COMEQ(CA)
1360
1361 Q(CB)
1362      (.LO, .L, .UP = -INF, 150, +INF)
1363      1     OUTPUTFN(CB)
1364
1365
1366 ---- QA     production level of firm a
1367
1368
1369 QA(FA)
1370      (.LO, .L, .UP = -INF, 125, +INF)
1371      1     PRODFN(FA)
1372      (-0.008) FACDEM(K,FA)
1373      (-0.008) FACDEM(L,FA)
1374      -1    OUTPUTFN(CA)
1375
1376 QA(FB)
1377      (.LO, .L, .UP = -INF, 150, +INF)
1378      1     PRODFN(FB)
1379      (-0.0067) FACDEM(K,FB)
1380      (-0.0067) FACDEM(L,FB)
1381      -1    OUTPUTFN(CB)
1382
1383
1384 ---- QF     firm a's demand of factor f
1385
1386
1387 QF(K,FA)
1388      (.LO, .L, .UP = -INF, 63, +INF)
1389      (-0.0067) FACDEM(K,FB)
1390      (0.0159)  FACDEM(K,FA)
1391      (-0.5696) FACTTRNS(HA,K)
1392      (-0.4304) FACTTRNS(HB,K)
1393      1     FACTEQ(K)
1394
1395 QF(K,FB)
1396      (.LO, .L, .UP = -INF, 95, +INF)
1397      (-1)  PRODFN(FB)
1398      (0.0105) FACDEM(K,FB)
1399      (-0.5696) FACTTRNS(HA,K)
1400      (-0.4304) FACTTRNS(HB,K)

```

GAMS による応用一般均衡分析：基本モデル

```

1401      1      FACTEQ(K)
1402
1403  QF(L,FA)
1404      (.LO, .L, .UP = -INF, 62, +INF)
1405      (-1)      PRODFN(FA)
1406      (0.0161)  FACDEM(L,FA)
1407      (-0.5128) FACTTRNS(HA,L)
1408      (-0.4872) FACTTRNS(HB,L)
1409      1      FACTEQ(L)
1410
1411  REMAINING ENTRY SKIPPED
1412
1413
1414  ---- QH      household h's demand of commodity c
1415
1416
1417  QH(CA,HA)
1418      (.LO, .L, .UP = -INF, 50, +INF)
1419      1      HHDEM(CA,HA)
1420      -1     COMEQ(CA)
1421
1422  QH(CA,HB)
1423      (.LO, .L, .UP = -INF, 75, +INF)
1424      1      HHDEM(CA,HB)
1425      -1     COMEQ(CA)
1426
1427  QH(CB,HA)
1428      (.LO, .L, .UP = -INF, 100, +INF)
1429      1      HHDEM(CB,HA)
1430
1431  REMAINING ENTRY SKIPPED
1432
1433
1434  ---- WF      price of factor f
1435
1436
1437  WF(K)
1438      (.LO, .L, .UP = -INF, 1, +INF)
1439      1      FACDEM(K,FA)
1440      1      FACDEM(K,FB)
1441      (-90)  FACTTRNS(HA,K)
1442      (-68)  FACTTRNS(HB,K)
1443
1444  WF(L)
1445      (.LO, .L, .UP = -INF, 1, +INF)
1446      1      FACDEM(L,FA)
1447      1      FACDEM(L,FB)
1448      (-60)  FACTTRNS(HA,L)
1449      (-57)  FACTTRNS(HB,L)
1450
1451
1452  ---- YF      household h's income from factor f
1453
1454
1455  YF(HA,K)
1456      (.LO, .L, .UP = -INF, 90, +INF)

```

GAMS による応用一般均衡分析：基本モデル

```

1457      1      FACTTRNS(HA,K)
1458     -1      HHDINC(HA)
1459
1460 YF(HA,L)
1461      (.LO, .L, .UP = -INF, 60, +INF)
1462      1      FACTTRNS(HA,L)
1463     -1      HHDINC(HA)
1464
1465
1466 YF(HB,K)
1467      (.LO, .L, .UP = -INF, 68, +INF)
1468      1      FACTTRNS(HB,K)
1469     -1      HHDINC(HB)
1470
1471 REMAINING ENTRY SKIPPED
1472
1473
1474 ---- YH      income of household h
1475
1476
1477 YH(HA)
1478      (.LO, .L, .UP = -INF, 150, +INF)
1479      1      HHDINC(HA)
1480     (-0.3333) HHDEM(CA,HA)
1481     (-0.6667) HHDEM(CB,HA)
1482
1483 YH(HB)
1484      (.LO, .L, .UP = -INF, 125, +INF)
1485      1      HHDINC(HB)
1486     (-0.6)   HHDEM(CA,HB)
1487     (-0.4)   HHDEM(CB,HB)
1488
1489
1490 Model Statistics      SOLVE AGE1 USING MCP FROM LINE 264
1491
1492
1493 LOOPS                  SIM          HYPO
1494
1495
1496 MODEL STATISTICS
1497
1498 BLOCKS OF EQUATIONS   10      SINGLE EQUATIONS      24
1499 BLOCKS OF VARIABLES   9      SINGLE VARIABLES      24
1500 NON ZERO ELEMENTS     73      NON LINEAR N-Z        36
1501 DERIVATIVE POOL       6      CONSTANT POOL         22
1502 CODE LENGTH           413
1503
1504
1505 GENERATION TIME       =          8.920 SECONDS    0.1 Mb      WAT-50-094
1506
1507
1508 EXECUTION TIME        =          10.430 SECONDS   0.1 Mb      WAT-50-094
1509
1510
1511 L O O P S            SIM          HYPO
1512

```

GAMS による応用一般均衡分析：基本モデル

```

1513 SOLVE      SUMMARY
1514
1515     MODEL  AGE1
1516     TYPE   MCP
1517     SOLVER MILES                FROM LINE 264
1518
1519     **** SOLVER STATUS      1 NORMAL COMPLETION
1520     **** MODEL STATUS      1 OPTIMAL
1521
1522     RESOURCE USAGE, LIMIT      1.102      1000.000
1523     ITERATION COUNT, LIMIT     3          10000
1524     EVALUATION ERRORS         0           0
1525
1526
1527     MILES (December 1994)                                ver:225-wat-12
1528
1529     Technical support available by Email: tom@gams.com
1530
1531
1532
1533     Work space allocated      --      0.06 Mb
1534
1535
1536
1537     ---- EQU PRODFN      firm a's production function
1538
1539           LOWER      LEVEL      UPPER      MARGINAL
1540
1541     FA      .          .          .          .
1542     FB      .          .          .          .
1543
1544
1545     ---- EQU FACDEM      firm a's demand for factor f
1546
1547           LOWER      LEVEL      UPPER      MARGINAL
1548
1549     K.FA    .          .          .          .
1550     K.FB    .          .          .          .
1551     L.FA    .          .          .          .
1552     L.FB    .          .          .          .
1553
1554
1555     ---- EQU OUTPUTFN    output of commodity c
1556
1557           LOWER      LEVEL      UPPER      MARGINAL
1558
1559     CA      .          .          .          .
1560     CB      .          .          .          .
1561
1562
1563     ---- EQU PADEF      price for firm a
1564
1565           LOWER      LEVEL      UPPER      MARGINAL
1566
1567     FA      .          .          .          .
1568     FB      .          .          .          .

```

GAMS による応用一般均衡分析：基本モデル

```

1569
1570
1571 ---- EQU FACTRNS      transfer from factor f to household h
1572
1573         LOWER      LEVEL      UPPER      MARGINAL
1574
1575 HA.K      .          .          .          .
1576 HA.L      .          .          .          .
1577 HB.K      .          .          .          .
1578 HB.L      .          .          .          .
1579
1580
1581 ---- EQU HHDINC      income of household h
1582
1583         LOWER      LEVEL      UPPER      MARGINAL
1584
1585 HA      .          .          .          .
1586 HB      .          .          .          .
1587
1588
1589 ---- EQU HHDEM      household h's demand of commodity c
1590
1591         LOWER      LEVEL      UPPER      MARGINAL
1592
1593 CA.HA     .          .          .          .
1594 CA.HB     .          .          .          .
1595 CB.HA     .          .          .          .
1596 CB.HB     .          .          .          .
1597
1598
1599 ---- EQU FACTEQ      market balance for factor f
1600
1601         LOWER      LEVEL      UPPER      MARGINAL
1602
1603 K  173.800  173.800  173.800  .
1604 L  117.000  117.000  117.000  .
1605
1606
1607 ---- EQU COMEQ      market balance for commodity c
1608
1609         LOWER      LEVEL      UPPER      MARGINAL
1610
1611 CA      .          .          .          .
1612
1613
1614         LOWER      LEVEL      UPPER      MARGINAL
1615
1616 ---- EQU PNORM      1.000      1.000      1.000      .
1617
1618 PNORM      price normalization
1619
1620
1621 ---- VAR P          price of commodity c
1622
1623         LOWER      LEVEL      UPPER      MARGINAL
1624

```

GAMS による応用一般均衡分析：基本モデル

```

1625 CA    -INF    1.007    +INF     .
1626 CB    -INF    0.994    +INF     .
1627
1628
1629 ---- VAR PA                price of firm a
1630
1631         LOWER    LEVEL    UPPER    MARGINAL
1632
1633 FA    -INF    1.007    +INF     .
1634 FB    -INF    0.994    +INF     .
1635
1636
1637 ---- VAR Q                output level for commodity c
1638
1639         LOWER    LEVEL    UPPER    MARGINAL
1640
1641 CA    -INF    131.151  +INF     .
1642 CB    -INF    159.333  +INF     .
1643
1644
1645 ---- VAR QA                production level of firm a
1646
1647         LOWER    LEVEL    UPPER    MARGINAL
1648
1649 FA    -INF    131.151  +INF     .
1650 FB    -INF    159.333  +INF     .
1651
1652
1653 ---- VAR QF                firm a's demand of factor f
1654
1655         LOWER    LEVEL    UPPER    MARGINAL
1656
1657 K.FA   -INF    69.300    +INF     .
1658 K.FB   -INF    104.500   +INF     .
1659 L.FA   -INF    62.000    +INF     .
1660 L.FB   -INF    55.000    +INF     .
1661
1662
1663 ---- VAR QH                household h's demand of commodity c
1664
1665         LOWER    LEVEL    UPPER    MARGINAL
1666
1667 CA.HA  -INF    52.460    +INF     .
1668 CA.HB  -INF    78.691    +INF     .
1669 CB.HA  -INF    106.222   +INF     .
1670 CB.HB  -INF    53.111    +INF     .
1671
1672
1673 ---- VAR WF                price of factor f
1674
1675         LOWER    LEVEL    UPPER    MARGINAL
1676
1677 K      -INF    0.960     +INF     .
1678 L      -INF    1.056     +INF     .
1679
1680

```



GAMS による応用一般均衡分析：基本モデル

```

1681 ---- VAR YF          household h's income from factor f
1682
1683         LOWER      LEVEL      UPPER      MARGINAL
1684
1685 HA.K      -INF      95.064      +INF      .
1686 HA.L      -INF      63.376      +INF      .
1687 HB.K      -INF      71.826      +INF      .
1688 HB.L      -INF      60.207      +INF      .
1689
1690
1691 ---- VAR YH          income of household h
1692
1693         LOWER      LEVEL      UPPER      MARGINAL
1694
1695 HA      -INF      158.440      +INF      .
1696 HB      -INF      132.033      +INF      .
1697
1698
1699 **** REPORT SUMMARY :          0      NONOPT
1700                                0      INFEASIBLE
1701                                0      UNBOUNDED
1702                                0      REDEFINED
1703                                0      ERRORS
1704
1705
1706 ----   301 PARAMETER QFSREP      supply of factor f for simulation sim
1707                                     (value used)
1708
1709         BASE      HYPO
1710
1711 K      158.000      173.800
1712 L      117.000      117.000
1713
1714
1715 ----   301 PARAMETER PREP      demand price for commodity c
1716
1717         BASE      HYPO
1718
1719 CA      1.000      1.007
1720 CB      1.000      0.994
1721
1722
1723 ----   301 PARAMETER PAREP      price of firm a
1724
1725         BASE      HYPO
1726
1727 FA      1.000      1.007
1728 FB      1.000      0.994
1729
1730
1731 ----   301 PARAMETER QREP      output level for commodity c
1732
1733         BASE      HYPO
1734
1735 CA      125.000      131.151
1736 CB      150.000      159.333

```

GAMS による応用一般均衡分析：基本モデル

```

1737
1738
1739 ---- 301 PARAMETER QAREP          production level of firm a
1740
1741         BASE          HYPO
1742
1743 FA      125.000      131.151
1744 FB      150.000      159.333
1745
1746
1747 ---- 301 PARAMETER QFREP          firm a's demand of factor f
1748
1749 INDEX 1 = K
1750
1751         BASE          HYPO
1752
1753 FA      63.000      69.300
1754 FB      95.000      104.500
1755
1756 301 PARAMETER QFREP          firm a's demand of factor f
1757
1758 INDEX 1 = L
1759
1760         BASE          HYPO
1761
1762 FA      62.000      62.000
1763 FB      55.000      55.000
1764
1765
1766 ---- 301 PARAMETER QHREP          household h's demand of commodity c
1767
1768 INDEX 1 = CA
1769
1770         BASE          HYPO
1771
1772 HA      50.000      52.460
1773 HB      75.000      78.691
1774
1775 INDEX 1 = CB
1776
1777         BASE          HYPO
1778
1779 HA      100.000     106.222
1780 HB      50.000      53.111
1781
1782
1783 ---- 301 PARAMETER WPREP          price of factor f
1784
1785         BASE          HYPO
1786
1787 K        1.000      0.960
1788 L        1.000      1.056
1789
1790
1791 ---- 301 PARAMETER YFREP          household h's income from factor f
1792

```

GAMS による応用一般均衡分析：基本モデル

```

1793 INDEX 1 = HA
1794
1795         BASE          HYPO
1796
1797 K      90.000      95.064
1798 L      60.000      63.376
1799
1800 INDEX 1 = HB
1801
1802         BASE          HYPO
1803
1804 K      68.000      71.826
1805 L      57.000      60.207
1806
1807
1808 ----   301 PARAMETER YHREP           income of household h
1809
1810         BASE          HYPO
1811
1812 HA     150.000     158.440
1813 HB     125.000     132.033
1814
1815
1816 ----   301 PARAMETER SAMREP           SAM computed from model solution
1817
1818 INDEX 1 = BASE
1819
1820         FA           FB           CA           CB           K           L
1821
1822 FA                                     125.000
1823 FB                                     150.000
1824 K           63.000      95.000
1825 L           62.000      55.000
1826 HA                                     90.000      60.000
1827 HB                                     68.000      57.000
1828 TOTAL     125.000     150.000     125.000     150.000     158.000     117.000
1829
1830 +           HA           HB           TOTAL
1831
1832 FA                                     125.000
1833 FB                                     150.000
1834 CA           50.000      75.000     125.000
1835 CB           100.000     50.000     150.000
1836 K                                     158.000
1837 L                                     117.000
1838 HA                                     150.000
1839 HB                                     125.000
1840 TOTAL     150.000     125.000
1841
1842 INDEX 1 = HYPO
1843
1844         FA           FB           CA           CB           K           L
1845
1846 FA                                     132.033
1847 FB                                     158.440
1848 K           66.545      100.345

```

GAMS による応用一般均衡分析：基本モデル

```

1849 L          65.489      58.095
1850 HA
1851 HB                      95.064      63.376
1852 TOTAL      132.033    158.440    132.033    158.440    166.890    123.583
1853
1854 +          HA          HB          TOTAL
1855
1856 FA                      132.033
1857 FB                      158.440
1858 CA          52.813      79.220    132.033
1859 CB          105.627     52.813    158.440
1860 K                      166.890
1861 L                      123.583
1862 HA                      158.440
1863 HB                      132.033
1864 TOTAL      158.440    132.033
1865
1866
1867 ---- 301 PARAMETER BALCHK          column minus row total for account ac in
1868                                     SAM
1869
1870          HYPO
1871
1872 FA -5.4195E-10
1873 CB 5.72498E-10
1874 L 2.84217E-14
1875 HA -1.5831E-11
1876 HB -1.4751E-11
1877
1878
1879 EXECUTION TIME = 1.260 SECONDS 0.1 Mb WAT-50-094

```

記号 SYMBOL, 型 TYPE, 参照行 REFERENCES

- (iii) 集合一覧
- (iv) パラメーター一覧
- (v) 変数一覧
- (vi) 方程式一覧
- (vii) モデル
- (viii) 状況報告 Model Statistics
- (ix) 実行結果

以下では、出力ファイルの見方について説明する。

出力ファイルの1行目に示されている表題 AGE1 は、入力ファイル 1

行目の \$TITLE で指定した表題である。つぎに 2 行目から 4 行目まで 3 行が空行が続くが、これは入力ファイルの初めに \$ 制御命令が 3 つあったためである。出力ファイルの 5 行目から 302 行目までは入力ファイルのオウム返しの出力であり、エコープリントと呼ばれる。エコープリントには自動的に行番号が付けられる（出力ファイルの行番号と一致するとは限らない）。入力時に \$OFFUPPER（入力ファイルの 2 行目）を指定しているので、エコープリントの大文字、小文字の使い方は入力ファイルのままである。

\$SONSYMXREF を指定したので、続いて記号一覧 Symbol Listing が出力される（305-467 行）。これは入力コードのデバッグに役立つ。その後、集合一覧（470-482 行）、パラメータ一覧（485-518 行）、変数一覧（523-531 行）、方程式一覧（534-545 行）が続く。

548-550 行の MODEL は、入力ファイル 125-129 行に対応している。556 行の

```
----- 154 PARAMETER SAM      social accounting matrix
```

から 578 行までは、入力ファイル 154 行の DISPLAY 命令「社会勘定行列 SAM を示せ」に対応した出力である。このように、DISPLAY 命令、SOLVE 命令などに対する出力では、入力ファイルの参照行が示される。同じ 154 行の「行和と列和の差 tdiff を示せ」に対しては、583 行で (ALL 0.000) (全て 0) と答えている。これによって、社会勘定行列の数値の入りに誤りはなかったことが確認される。

986 行以下では、状況報告が報告され、1007 行以下では LOOP の第 1 巡目 BASE（ベンチマーク均衡）の計算が始まる。注目すべき点は、1015-1016 行の SOLVER STATUS（解法プログラムの状態）が NORMAL COMPLETION（正常終了）となっており、MODEL STATUS（モデルの状態）が OPTIMAL（最適解を見つけて終了）となっていることを確認することである。求められた一般均衡解は、1117-1122 行の商品 c の価格 P から 1187-

GAMS による応用一般均衡分析：基本モデル

1192 行の家計 h の所得 YH まで順番に値が示される。1493-1703 行は、LOOP の第 2 巡目 HYPO（仮設均衡）の計算結果である。

出力ファイルの 1706 行以下は 2 つの一般均衡解の比較であり、入力ファイルの 290-303 行に対応している。出力ファイル age1.lst は、この後 USER（登録ユーザー名）とライセンス番号、入力ファイル名、出力ファイル名が示されて終了しているが、表 5 では省略する。

## 8. 結果のまとめ

計算結果を表の形でまとめておこう。モデルの拡張は今後の課題である。

表 6：仮設均衡の社会勘定行列

	企業		商品		資本	労働	家計		合計
	FA	FB	CA	CB	K	L	HA	HB	
企業 FA			132.033						132.033
FB				158.440					158.440
商品 CA							52.813	79.220	132.033
CB							105.627	52.813	158.440
資本 K	66.545	100.345							166.890
労働 L	66.489	58.095							124.584
家計 HA					95.064	63.376			158.440
HB					71.826	60.207			132.033
合計	133.034	158.440	132.033	158.440	166.890	123.583	158.440	132.033	

表 7：均衡の比較

	ベンチ マーク均衡	仮設均衡		ベンチ マーク均衡	仮設均衡
商品価格			家計需要量		
商品 CA	1	1.007	家計 HA 商品 CA	50	52.460
CB	1	0.994	CB	100	106.222
企業価格			家計 HB 商品 CA	75	78.691
企業 FA	1	1.007	CB	50	53.111
FB	1	0.994	要素需要量		
要素価格			企業 FA 資本 K	63	69.300
資本 K	1	0.960	労働 L	62	62.000
労働 L	1	1.056	企業 FB 資本 K	95	104.000
産出量			労働 L	50	55.000
商品 CA	125	131.151			
CB	150	159.333			

## 参 照 文 献

- Brooke, A., Kendrick, D., and Meeraus, A., (1988), *GAMS: A User's Guide Release 2.25*, Boyd and Fraser.
- Keller, W. J., (1980), *Tax Incidence: A General Equilibrium Approach*, North-Holland.
- 小平裕 (1988) 「経済分析と REDUCE」『経済研究』第 98・99 合併号, 1988 年 1 月。
- 小平裕 (1992) 「一般均衡モデルの構造と解法アルゴリズム」『経済研究』第 114 号, 1992 年 10 月。
- 小平裕, 「Mathematica によるミクロ経済学」(近刊)
- Lofgren, H., (1999), *Exercises in General Equilibrium Modeling using GAMS*, International Food Policy Research Institute.
- Mathiesen, L., (1987), "An Algorithm based on a Sequence of Linear Complementarity Problems Applied to Walrasian Equilibrium: An Example," *Mathematical Programming*, 37, pp. 1-18.

GAMS による応用一般均衡分析：基本モデル

- Rosenthal, R. E., (1988), "A GAMS Tutorial," in Brooke, A., Kendrick, D., and Meeraus, A., (1988), *GAMS: A User's Guide Release 2.25*, Boyd and Fraser.
- Rutherford, T. F., (1989), *General Equilibrium Modelling with MPS/GE*.
- Scarf, H. E., (1967), "The Approximation of Fixed Points of a Continuous Mapping," *SIAM Journal on Applied Mathematics*, 15 (5), pp. 1328–1348.
- Scarf, H. E., (1987), "Preface," in D. Talman and G. van der Laan eds., *The Computation and Modelling of Economic Equilibria*, North-Holland.