

## GAMS-HERCULESの概要

## 1. GAMSについて

GAMSは、General Algebraic Modeling System のacronym (頭字語) である。GAMSは、1970年代に、Alexander MeerausとAnthony Brookeに率いられた世界銀行のコンピュータ科学者チームによって開発された。このチームは、世銀の経済モデリング活動をサポートする業務に携わっていたが、GAMS開発の出発点は、FORTRAN全盛の時代に彼らを感じたフラストレーションにあったという。FORTRANを用いた作業は、面白くないうえ要求がきつい。さらに誤りを犯しやすいし、しかもその誤りを発見しにくい。データを各々の数理計画法のオプティマイザーの要求にあわせて変換するためのプログラムを書かなければならなかった。それも時間のかかる仕事であった。こういった事情のため、モデルのプログラマーがモデルの機能を知る唯一のスタッフであるといったことも多く、プログラマーがやめた場合、後任のスタッフがそれをマスターするのに何ヶ月もかかることもあった。このようにモデルの変更が難しく費用がかかることが、モデラーに本意ながら既存のモデルを（それが不合理であるにもかかわらず）擁護せざるを得ない状況を作り出してきた。GAMSが変えようとしたのは、このような状況であったという<sup>1</sup>。

GAMSは、1) 大規模かつ複雑なモデルを簡潔に表現する高級言語を提供すること、2) モデルのスペシフィケーションの改変を容易かつ安全に行うことを可能とすること、3) 代数的関係の明瞭な記述を可能とすること、4) 問題を解くアルゴリズムから独立にモデルの記述を可能とすることによって、こうした状況を改善しようとしたのである。その功績のため、GAMSの開発チームは、GAMSの「独創的な長所」とそれが「新時代の先駆け」となったことを認められて、米国オペレーションズリサーチ協会からCSTS賞を授賞されている。

GAMSは、次のような基本的特徴をもっている<sup>2</sup>。

## 1) 一般的特徴

1) -a モデル表現の変更なしに数理計画法の既存のさまざまなアルゴリズムを活用できる。GAMSがサポートしているのは、現在、次の5つの基本的モデル・タイプである。GAMSに付属するソルバーないしオプションとして入手可能なソルバーを通じて、これらの数理計画問題に対応することができる。ソルバーとモデル・タイプの対応表を掲げる（表中、“\*”印は、GAMS付属ソルバーであることを示す）。

LP Linear Programming

NLP Non-Linear Programming

MIP Mixed-Integer Programming

MINLP Mixed-Integer Nonlinear Programming

MCP Mixed Complementarity Problems

<sup>1</sup> Anthony Brooke, David Kendrick, and Alexander Meeraus, GAMS: A User's Guide, Release 2.25, Scientific Press, 1992, PrefaceおよびGAMS Development Corporationのホームページ (<http://www.gams.com/>) による。

<sup>2</sup> Anthony Brooke, David Kendrick, and Alexander Meeraus, GAMS: A User's Guide, Release 2.25, Scientific Press, 1992, IntroductionおよびGAMS Development Corporationのホームページによる。

	LP	NLP	MIP	MINLP	MCP
BDMLP*	+				
CONOPT	+	+			
CPLEX	+		+		
DICOPT				+	
MILES*					+
MINOS	+	+			
OSL	+		+		
PATH					+
SBB				+	
SNOPT	+	+			
XA	+		+		
XPRESS	+		+		

1) - b データとは独立に最適化問題を表現することが可能である。

1) - c リレーショナル・データベースの利用により、コンピュータ・リソースのアロケーションが自動的に行なわれるためユーザーは、配列のサイズやスクラッチ・ストレージのような細かいことに気を配る必要がない。

## 2) モデルの記述・ドキュメンテーション

GAMSのモデル表現は簡潔であり、かつ数学的表現のエレガンスさを失っていない。GAMSについての知識をもたないひとでも、数学的訓練を受けたひとであればだれでも容易にモデルの内容を知ることができる。データの変換も簡潔かつ代数的に行なわれるので、データをその最も基本的なかたちでモデルに入れることができる。そのうえで、モデルを構築し、レポートする際に行なわれる変換を、すべて容易に点検することができるのである。また、すべてのシンボルの定義には、説明のためのテキストを付すことができ、関連する数値が示される際には再掲される。当該モデルを理解するのに必要な情報がすべてひとつのドキュメントにおさまっていることも便利な特徴であり、この点は、次項とつながる。

## 3) ポータビリティ

PC、ワークステーション、メインフレームとプラットフォームが変わってもGAMSのモデル表現を変える必要はまったくない。また、GAMSのモデル表記は、数百行を超えることはめったになく、フロッピー・ディスクに収まるほどであり、要するに、「ポータブル」なのである。

## 4) ユーザー・インターフェース

GAMSは、ファイル指向のシステムであり、エディティング関係のコマンドをもたない。エディターでユーザーがGAMSのモデルを記述し、拡張子“.GMS”（PCの場合）をつけて適当なファイル名で保存すれば、それがGAMSのインプット・ファイルとなる。GAMSをインプット・ファイルからバッチ・モードで走らせると、結果は、拡張子“.LST”（PCの場合）をもったアウトプット・ファイルに保存されて

いる。たとえば、GAMS TRANSPORT.GMS (return)<sup>3</sup>とすれば、正常に動作する限り、その結果を、TRANSPORT.LSTというファイルによって知ることができる。

#### 5) モデル・ライブラリー

GAMSの開発当時から収集されたモデル・ライブラリーがある。GAMS Development Corporationのホームページから、それらを簡単にダウンロードすることができる。

最後に、われわれの関心から、GAMSの特徴をひとつ追加しておこう。

#### 6) CGEへの広範な応用

CGE (Computable General Equilibrium Analysis、計算可能一般均衡分析) への適用である。GAMSがSAMベースのCGE分析に用いられてきた事実を見逃さない。GAMSは、そのサブシステム (ソルバー) としてのHERCULESを通して世界銀行の開発政策と密接なつながりをもったのである。ほとんどすべての途上国にSAMがあり、それに基づいたCGE分析が存在するとまでいわれる。少なくとも80年代までは、そのCGE分析の多くは、GAMS-HERCULESによって実行されたものと考えてよい。

## 2. HERCULESについて

HERCULESは、High-level Economic Representation for Creating and Using Large Economywide Systemsのacronym (頭字語) である。HERCULESもGAMSと同様に世銀で開発されたソフトウェアであり、GAMSのソルバーないしサブ・システムのひとつとして使われてきたが、その開発意図は、60年代末以降に見られた世銀の開発戦略の変化とSAM (社会会計行列Social Accounting Matrices) の意義に結びつけて説明するのがよいだろう。HERCULESの開発者のひとりであるArne Stolbjerg Drud (世銀) とその発展に貢献したDavid Kendrick (テキサス大) による説明を見ておこう<sup>4</sup>。

50年代、60年代における開発戦略の立案をサポートするモデルの力点は、生産を拡大することであり、さまざまな経済セクターの関係を分析し、ボトルネックなしのバランスのとれた成長を促進することを目的として投入・産出モデルが開発された。一方、60年代末および70年代に、政策立案者の関心の変化があった。それは、生産そのものから貧困、所得分配、雇用といった問題への政策立案者の関心のシフトであり、そのため、モデルに要素市場や制度的側面が組み込まれていった。さらに、1973年の第1次石油ショックとその帰結は、相対価格の変化への反応、市場の不完全性、外国貿易、価格の硬直性といった点により力点をのこしたモデルの作成を促した。今日のエコノミーワイドモデルは、価格反応性と多部門性によって特徴づけられ、さらに通常、それは外国貿易を内生化し、要素市場を明示化し、かなりの制度的詳細を組み込んだものとなっている。そうしたエコノミーワイドモデルにふさわしいデータベースは、生産、所得形成、所得分配、消費、貯蓄、投資、外国貿易の一貫した描写を与えるものでなければならない。また、いくつかの生産部門と商品、いくつかの生産要素、いくつかの消費者グループへとディスアグリゲートされたものでなければならないし、ディスアグリゲート・レベルで整合性をもったものでなければならない。そうした要請にぴったりあてはまったのが、SAMであった。

しかし、SAMというデータベースを得ただけでは、不十分であったのも事実である。モデル・ビル

<sup>3</sup> 拡張子は省略可能。

<sup>4</sup> A. S. Drud and D. Kendrick, "HERCULES - A System for Large Economywide Models," (mimeo), ARKI Consulting and Development A/S, Denmark, 1991, Preface.

ディングには、多くの段階があり、そのいくつかの段階を自動化しないかぎり、このようなエコノミーワイドモデルが広範に利用されることにはならなかったであろう。そのためのアイデアを提供したのは、Graham Pyattであり、それを実現したのが、Wafik GraisとArne Drudであった。

GraisとDrudは、1980年に世界銀行の資金供給を得て、“The Development and Extension of Macromodeling in Relation to Thailand”（「タイに関するマクロモデリングの展開と拡張」）という研究プロジェクトを実施している。このプロジェクトは、モデル・ビルディングのひとつの方法とHERCULESの原型となるソフトウェアSAMLIBを副産物としてもたらした。TVアプローチと呼ばれるその方法は、上に述べた線に沿って、モデル・ビルディング（とカリブレーション）の多くの部分を自動化することを可能とするPyattのアイデアに基づくものであった。Pyattのアイデアは、SAMをデータベースとしての「数値SAM」とそれをエコノミーワイドモデルと結びつける「代数SAM」との「二重構造」として捉えようとするものであった。その際、数値SAMの各々のセルには、取引金額 (Transaction Values) が入るわけだから、代数SAMモデルを作成する際にも、数量や価格のタームではなく、取引金額のタームでモデルを構築する必要がある。このような「TVアプローチ」は、その後、世銀のいくつかのプロジェクトで用いられたり、David Kendrickの指導のもとでテキサス大学のプロジェクトで用いられたりする中で、モデルの定式化やソリューションの諸段階をスピードアップするうえで有効であることが確かめられてきた。このようにSAMLIBは、TVアプローチ形式のSAM分析をサポートするソフトウェアシステムであったが、データフォーマットがリジッドであること、レポート・ライティング・ファシリティーが欠如していること、他のシステムとのインターフェースが欠けていることなどの限界があった。HERCULESは、こうした欠点を補うために、同じ時期に世銀で開発されていた、汎用モデリングシステムであるGAMSとのインターフェースを構築したものである。そうすることによって、HERCULESは、GAMSがもつデータ・マニピュレーションとレポートライティングの能力を広範に利用することができるようになった。

GAMSやHERCULESに対する関心が、世銀や途上国の関連機関の外側にも広がりを見せるようになるにつれて、それらのサポートと一層の発展に向けた作業は、世銀の自然な役割の領域を超えたものとみなされることになった。1988年にGAMSとHERCULESの販売と一層の発展は、世銀の手を放れ、前者の事業は、GAMS Development Corporationに、後者は、ARKI Consulting and Developing A/Sに譲渡されることになった。ただし、HERCULESは、最新版 (WINDOWS版) のGAMS (Release 2.50) 上では機能しないことに注意しなければならない。HERCULESを利用してCGE分析を行なおうとする場合、以前のヴァージョン (2.05) のGAMSを入手しなければならない。

### 3. SAMベースCGEの概要

CGE (AGE) モデル分析を行なう場合、分析手法を分類する基本軸のひとつは、明らかに、SAMをベースにするかどうかということであろう。そのことがプログラム言語 (FORTRAN、GAMS、GEMPACK、Mathematica等) の選択にも影響する。本稿で紹介しようとするGAMS-HERCULESは、その中でもSAMベースのCGE分析をサポートするために特化したプログラム言語である。GAMSは、数値解法によって数理計画問題 (LP、NLP…) を解く「ソルバー」とユーザーを橋渡しすることを主任務として開発されたソフトウェアであったが、HERCULESは、SAMベースのCGE分析をGAMSを使って行なうための特別なソルバーであった。しかし、GAMSは、現在、HERCULESをサポートしていない。その代わりにCGE分析用のソルバーとしてRutherfordによって開発されたMPS/GEを用意している。MPS/GE (Mathematical Programming Software / General Equilibrium) は、相補性アルゴリズムを使う点でHERCULESとは異なる<sup>5</sup>。また、

---

<sup>5</sup> D. Greenaway, S. J. Leybourne, G. V. Reed, and J. Whalley, Applied General Equilibrium Modelling: Applications, limitations and future development, HMSO, 1993, pp.122-123.

SAMベースのCGEを、HERCULESやMPS/GEなどそれに特化したソルバーを用いず、MCPソルバー（やNLPソルバー）によって実行しようとする研究もふえている<sup>6</sup>。

したがって本稿で取りあげるHERCULESは、やや時代遅れのものとなった感は否めないが、かつて一世を風靡したソフトウェアであること、そのアルゴリズムがその後のSAMベースCGEの基本形を構成していること、したがって、SAMベースのCGEを大学院レベルで教育するさいに適していることなど、ここで紹介する価値は十分あると考えられる。

A. S. Drud and D. Kendrick前掲書（以下、Herculesマニュアルと記す）は、デモンストレーションのための簡単なエコノミーワイドモデルを用意しているから、以下では、彼らのデモンストレーションモデルを、(1)数式、(2)SAM、(3)GAMS-HERCULESによって記述されたプログラムの3つの方式で示すことによって、SAMベースのCGE分析、そしてHERCULESの概要を見てゆくことにしよう。

### 3-1. 数式によるモデル表現

2つの生産者部門サブモデル（農業：生産物は、食料。工業：生産物は、衣料）2つの生産要素サブモデル（労働、資本）2つの家計部門サブモデル（農村、都市）をもったエコノミーワイドの経済モデルを考察する。産出の価格、要素の価格、家計部門別の消費者物価指数という3種類の価格変数は、サブモデルを通じて登場するグローバル変数である。2部門、2要素、2家計部門をS部門、F要素、H家計部門のモデルに拡張することには何の困難もない。

$$p_s = \text{部門 } s \text{ の産出の価格 } \quad s=a, i$$

$$p_f = \text{要素 } f \text{ の価格（労働に対する賃金率、資本のレンタル・レート）} \quad f=l, c$$

$$p_h = \text{家計 } h \text{ の消費者物価指数 } \quad h=r, u$$

生産者サブモデルでは、次のようなコブダグラス型の生産関数が使用される。

$$(1q) \quad q_s = b_s \prod_f c_{fs}^{a_{fs}}$$

ここで、 $q_s$ は、部門  $s$  の産出の数量、 $c_{fs}$ は、部門  $s$  へ投入される要素  $f$  の数量、 $a_{fs}$ は、部門  $s$

---

<sup>6</sup> Hans Löfgren, Rebecca Lee Harris, Sherman Robinson with the assistance of Marcelle Thomas and Moataz El-Said, "A Standard Computable General Equilibrium (CGE) Model in GAMS" は、MPSGEを用いずMCP用のソルバーを用いて、GAMSによってSAMベースのCGE分析を実行する手順を示している。GAMS Development Corporationのホームページ<http://www.gams.com/>を参照せよ。同じ方針に沿った研究として、中村靖「計算可能一般均衡 (CGE) モデル作成マニュアル——ウズベキスタンCGEモデルを例として——」（北海道大学スラブ研究センター研究報告シリーズNo. 84、2002年）がある。また、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年）は、より基礎的なNLPソルバーによるCGEの実行方法を説明している。

における要素  $f$  のシェア・パラメーター、 $b_s$  は、スケール・パラメーターである。完全競争の仮定のもとで、利潤最大化によって要素需要が決定されるとすると、簡単な計算により、

$$(2\ q) \quad c_{fs} = a_{fs} p_s q_s / p_f$$

であることがわかる。ところで、部門  $s$  の収入を  $y_s$ 、部門  $s$  から要素  $f$  への支払を  $t_{fs}$  と書くと、このような支払金額と数量の間には、次のような定義的關係がある。

$$(1\ d) \quad y_s = p_s q_s$$

$$(2\ d) \quad t_{fs} = p_f c_{fs}$$

HERCULESでは、数量ベースでなく、支払金額ベースで（価格以外の）すべての変数を表現する、TVアプローチを採用する。

$$(2\ y) \quad t_{fs} = a_{fs} y_s$$

(1 q) の支払バージョンである

$$y_s = p_s b_s \prod_f (t_{fs} / p_f)^{a_{fs}}$$

から、(2 y) と  $\sum a_{fs} = 1$  であることにより、生産物価格と要素価格の關係を示す次式が得られる。

$$(1\ y) \quad p_s = \beta_s \prod_f p_f^{a_{fs}}$$

ここで、

$$\beta_s = \prod_f a_{fs}^{-a_{fs}} / b_s$$

生産要素サブモデルでは、各要素の総量  $q_f$  が外生的に固定され、要素価格  $p_f$  が完全雇用（利用）を達成するまで調整される。すなわち、各要素は、均質で部門間の移動に制約はない。

また、家計グループは、各々の要素所有割合に応じて、要素所得シェアを確保する。要素  $f$  が獲得する所得合計  $y_f$  に関して、次の定義的關係が存在する。

$$(3\ d) \quad y_f = p_f q_f$$

また、家計  $h$  に向かう要素  $f$  に対する所得  $t_{hf}$  については、家計  $h$  によって所有される要素  $f$  の割合を  $a_{hf}$  と仮定することにより、次式が得られる。

$$(4\ y) \quad t_{hf} = a_{hf} y_f$$

家計部門については、 $c_{sh}$ を家計hによって消費される財sの数量、 $y_h$ を家計hの所得と書き、家計は、次のような効用関数を最大化することと仮定する。

$$U_h(.) = \sum_s a_{sh} \log(c_{sh})$$

上式において、 $a_{sh}$ は、財sのウェイト。ただし、 $\sum_s a_{sh} = 1$ である。この効用関数から得られる消費システムは、よく知られているように、

$$(5\ q) \quad c_{sh} = a_{sh} y_h / p_s$$

あるいは、家計hの財sに対する支出を $t_{sh}$ と書くと、

$$(5\ d) \quad t_{sh} = p_s c_{sh}$$

$$(5\ y) \quad t_{sh} = a_{sh} y_h$$

消費者物価指数（CPI） $p_h$ は、効用不変の前提のもとで最小支出を与える金額の比として定義する。いわゆる「真の物価指数」である。付録で示す計算により、

$$(6\ y) \quad p_h = \prod_s p_s^{a_{sh}}$$

であることがわかる。対応する実質消費指数は、

$$(6\ q) \quad q_h = \alpha_h \prod_s c_{sh}^{a_{sh}}$$

である。ここで、 $q_h$ は、家計hについての実質消費指数。 $\alpha_h = \prod_s a_{sh}^{-a_{sh}}$ である。もちろん、次の定義的關係が満たされている。

$$(6\ d) \quad y_h = p_h q_h$$

最後に、生産者、生産要素、家計の各サブモデルを結びつけるリンケージ式を導入する。生産物の需給バランスは、次式で表現される。

$$(7 \text{ q}) \quad q_s = \sum_h c_{sh}$$

支払金額では、

$$(7 \text{ y}) \quad y_s = \sum_h t_{sh}$$

要素については、

$$(8 \text{ q}) \quad q_f = \sum_s c_{fs}$$

あるいは、

$$(8 \text{ y}) \quad y_f = \sum_s t_{fs}$$

によって、その需給バランスが表現される。

最後に、家計所得については、要素から家計所得にリンクする式を以下のように書く。

$$(9 \text{ y}) \quad y_h = \sum_f t_{hf}$$

この式には、数量バージョンは存在せず、金額バージョンのみである。

モデルの方程式と変数を一覧表にする。

モデルの方程式一覧表

	数量 $q$	支払 $y$	定義 $d$
生産			
1. 産出	$q_s = b_s \prod_f c_{fs}^{a_{fs}}$	$p_s = \beta_s \prod_f p_f^{a_{fs}}$	$y_s = p_s q_s$
2. 投入	$c_{fs} = a_{fs} p_s q_s / p_f$	$t_{fs} = a_{fs} y_s$	$t_{fs} = p_f c_{fs}$
要素			
3. 所得			$y_f = p_f q_f$
4. 移転		$t_{hf} = a_{hf} y_f$	
家計			
5. 消費	$c_{sh} = a_{sh} y_h / p_s$	$t_{sh} = a_{sh} y_h$	$t_{sh} = p_s c_{sh}$
6. CPI	$q_h = \alpha_h \prod_s c_{sh}^{a_{sh}}$	$p_h = \prod_s p_s^{a_{sh}}$	$y_h = p_h q_h$
リンケージ			
7. 生産者	$q_s = \sum_h c_{sh}$	$y_s = \sum_h t_{sh}$	
8. 要素	$q_f = \sum_s c_{fs}$	$y_f = \sum_s t_{fs}$	
9. 家計		$y_h = \sum_f t_{hf}$	

モデルの変数の一覧表

	数量QとC	支払YとT	価格P
生産			
1. 産出	$q_s$	$y_s$	
2. 投入	$c_{fs}$	$t_{fs}$	
要素			
3. 所得	$q_f$	$y_f$	
4. 移転		$t_{hf}$	
家計			
5. 消費	$c_{sh}$	$t_{sh}$	
6. CPI	$q_h$	$y_h$	
グローバル変数			
財価格			$p_s$
要素価格			$p_f$
消費者物価指数			$p_h$

最後に、このモデルの変数と方程式の勘定をしておく。

	変数	方程式	自由度
生産	$2S + 2FS$	$2S + 2FS$	0
要素	$2F + HF$	$F + HF$	F
家計	$2H + 2SH$	$2H + 2SH$	0
グローバル変数と リンケージ方程式	$S + F + H$	$S + F + H$	0
合計	$3S + 3F + 3H$ $+ 2FS + HF + 2SH$	$3S + 2F + 3H$ $+ 2FS + HF + 2SH$	F

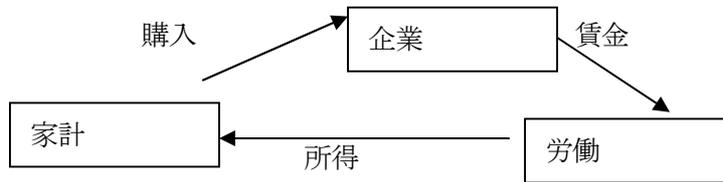
まず、価格変数は、 $S + F + H$ 。数量変数と支払変数は、生産者サブモデルで $2(S + FS)$ 、要素サブモデルで $2F + HF$ 、家計サブモデルで $2(H + SH)$ 、合計 $3S + 3F + 3H + 2SF + HF + 2SH$ である。方程式の数は、リンケージ式が $2S + 2F + H$ 、生産者サブモデルで $3(S + SF)$ 、要素サブモデルでは、 $F + HF$ 、家計サブモデルでは、 $3(H + SH)$ である。リンケージ式などでは価格変数を掛けることにより、数量版から支払版が得られるから、独立な式の数は、ずいぶん減る。独立な式は、生産者サブモデルで $2(S + FS)$ 、家計サブモデルで $2(H + SH)$ 、要素サブモデルは $F + HF$ となっている。リンケージ式は、 $S + F + H$ である。要素サブモデルの自由度を除くために、要素賦存量を所与とすることは、既に見た。

このように、各サブモデルおよびリンケージパートの方程式と変数の数とが全体として対応しているように見える（上の表を見よ）が、周知のワルラス法則のため<sup>7</sup>、式が1つたりない。そこで、価格変数の1つ（たとえば、都市家計のCPI）がニューメレールとして取り扱われることになる。

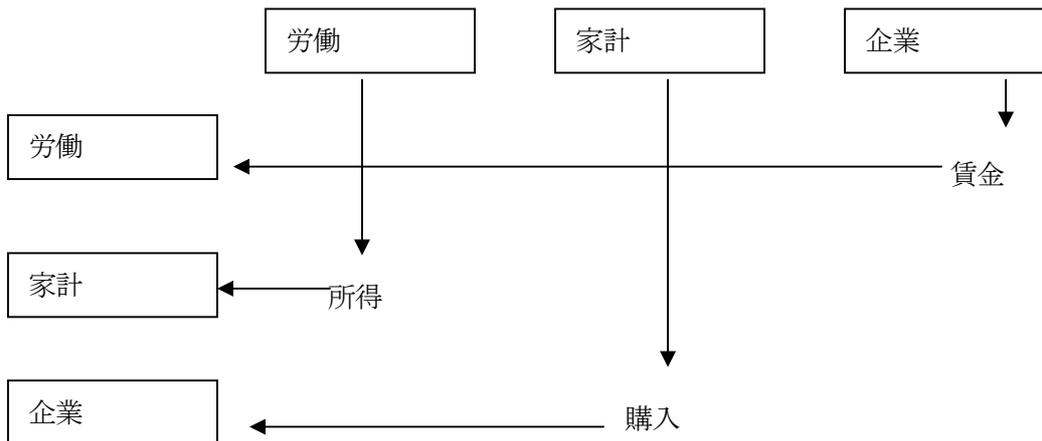
<sup>7</sup> 完全接合性から、といった方がわかりやすいかもしれない。

### 3-2. SAMによる表現

HERCULESの中核をなすアイデアは、モデルの定式化に、SAM、すなわち社会会計行列 (Social Accounting Matrix) を用いることである。ここで、経済のすべての支払を表章する体系的であり、なおかつ首尾一貫したひとつの方法であるSAMを導入しなければならない。



この、ごく単純な経済循環図を次のように書き直すことができる。さらに、下の図を行列 (所得、購入、賃金の数値をすべて270とした) に書き直すことには、なんの障害もない。ここから、SAMの基本的な2つの慣行あるいは性質が知られるであろう。すなわち、SAMの約束として、「列が行に支払う」。2つ目は、「行の合計値は、列の合計値に等しい」。すなわち、列と行の組み合わせは、ひとつの「勘定」をあらわしている。行が貸方、列が借方である。



	要素	家計	企業
要素			270
家計	270		
企業		270	

少しだけ、複雑化し、前節の2部門・2要素・2家計部門を含むデモンストレーション・モデルに数値例を与え、数値SAM (numerical SAM) として構成したのが、次の表である。

		要素		家計		企業		合計
		労働	資本	農村	都市	農業	工業	
要素	労働					75	85	160
	資本					50	60	110
家計	農村	90	30					120
	都市	70	80					150
企業	農業			60	65			125
	工業			60	85			145
合計		160	110	120	150	125	145	

数値例でなく、SAMを記号で表現することにしよう。所得（ $y$ ）、支出（ $t$ ）変数に対して、次のように、添字を定める。

$l = \text{labour}$   
 $c = \text{capital}$   
 $r = \text{rural}$   
 $u = \text{urban}$   
 $a = \text{agriculture}$   
 $i = \text{industry}$

		要素		家計		企業		合計
		労働	資本	農村	都市	農業	工業	
要素	労働					$t_{la}$	$t_{li}$	$y_l$
	資本					$t_{ca}$	$t_{ci}$	$y_c$
家計	農村	$t_{rl}$	$t_{rc}$					$y_r$
	都市	$t_{ul}$	$t_{uc}$					$y_u$
企業	農業			$t_{ar}$	$t_{au}$			$y_a$
	工業			$t_{ir}$	$t_{iu}$			$y_i$
合計		$y_l$	$y_c$	$y_r$	$y_u$	$y_a$	$y_i$	

数量変数では、次のSAMが得られる。このSAMは、「不変価格表示のSAM (constant-price SAM)」でもある。実際、モデルにあらわれる価格変数はすべて、基準となるケース（ベースSAM）において1となるように、カリブレートされている。なお、数量をもたない支払フローもあることに注意する必要がある。

		要素		家計		企業		合計
		労働	資本	農村	都市	農業	工業	
要素	労働					$c_{la}$	$c_{li}$	$q_l$
	資本					$c_{ca}$	$c_{ci}$	$q_c$
家計	農村							$q_r$
	都市							$q_u$
企業	農業			$c_{ar}$	$c_{au}$			$q_a$
	工業			$c_{ir}$	$c_{iu}$			$q_i$
合計		$q_l$	$q_c$	$q_r$	$q_u$	$q_a$	$q_i$	

勘定と価格の対応は、次の通りである。

要素	労働	$p_l$
	資本	$p_c$
家計	農村	$p_r$
	都市	$p_u$
企業	農業	$p_a$
	工業	$p_i$

HERCULESアプローチの最大のポイントは、上に導入した数値SAM（あるいは、データSAM）とスペック表（specification table）の組み合わせとして、モデルを表現することである。われわれの単純なモデルの場合、次のようなスペック表が与えられることになる。

		要素		家計		企業	
		労働	資本	農村	都市	農業	工業
要素	労働					CD	CD
	資本					CD	CD
家計	農村	IDIST	IDIST				
	都市	IDIST	IDIST				
企業	農業			VSHR	VSHR		
	工業			VSHR	VSHR		

表中にあるCD、IDIST、VSHRは、アクロニム（Acronym）の呼ばれるもので、CDは、そのセルで、コブダグラス生産関数が仮定されていることを示す。IDISTは、固定比率の所得分配が行なわれること、VSHRは、価値額ベースの固定比率をあらわしている。こうしたアクロニムは、そのままHERCULESのキーワードとして使われることになる。

数値SAM、スペック表とともに、モデルには、もうひとつの構成要素がある。それが、勘定表（Account Table）である。そこでは、要素賦存量が外生であるとか、都市家計のCPIがニュメールになるとか、という数値SAM、スペック表では示されていないモデルの情報が与えられるとともに、勘定の経済的分類（価格をもつ勘定かどうか等）が与えられる。われわれのモデルの場合、次の通りである。

勘定表		
	勘定タイプ	固定される変数
労働	MF	Q
資本	MF	Q
家計：農村	INSTC	
家計：都市	INSTC	NP
農業	AC	
工業	AC	

表中のMF、Q、NP、ACは、やはり、アクリニムである。MFは、「市場要素」(Market Factor)、すなわち、価格をもつ生産要素の勘定という意味である。INSTCは、「制度－消費」(Institution - Consumption)、すなわち、家計や政府といった、消費する制度の勘定という意味である。ACは、「活動または商品」(Activity or Commodity、生産活動や商業活動あるいは対応する商品の勘定という意味である。

Qは、数量が固定された変数であるという意味、価格が固定変数であるときには、Pである。Yは、支払変数の固定、PQは、価格および数量の双方の固定。いずれも、勘定トータルである変数についての指定である。Nを前に置いた場合、すなわち、NP、NYあるいはNPQは、P、Yがモデルのニューメレールであるという意味である。

われわれのモデルには、いくつかのパラメーターがある。(1) 生産関数におけるシェア・パラメーター  $a_{fs}$  とスケール・パラメーター  $b_s$  (2) 要素所得の分配における  $a_{hf}$  (3) 消費システムにおけるシェア・パラメーター  $a_{sh}$  (4) 要素賦存量  $q_f$  そして (5) ニュメレール  $p_u$  である。モデルを解く際には、こうしたパラメーターを推計しなければならない。ところが、ベースSAMがモデルの解になっていると考えることができるから、パラメーターの多くをベースSAMから導出することができる。このことがSAMベースCGEにおけるカリブレーション上の利点である。たとえば、

$$a_{ci} = t_{ci}^0 / y_i^0 = 60 / 145$$

である。ここで、上付の添字0は、ベースSAMの値であることを示している。ニューメレール  $p_u$  が1であるのは当然であるが、 $b_s$  については、

ベース・ケースにおけるすべての価格は、1である

ように、測定単位を選ぶことによって処理する。すなわち、

$$b_s = q_s^0 / \prod_{fs} (c_{fs}^0)^{a_{fs}} = y_s^0 / \prod_{fs} (t_{fs}^0)^{a_{fs}}$$

である。たとえば、 $s = i$  のとき、

$$b_i = \frac{145}{\frac{85}{145} \frac{60}{145}} = 1.97$$

以上見てきたように、HERCULESアプローチにおいては、SAMに数値を入れ、スペック表、勘定表に、HERCULESの「キーワード」を供給することによって、ひとつの経済を記述し、モデルを表現し、比較静学分析などを容易に実行することができる。

実際に用いられる数学的定式化の種類はそれほど多くなく、むしろ、その組み合わせこそ、多様性の源泉であることに注意すれば、表中のキーワードを変更することによって、数学的定式化の組み合わせを容易に変更することができ、カリブレーション・ソリューションのプロセスを自動的に実行してくれるHERCULESの利点が理解されるであろう。

### 3-3. HERCULESモデル

HERCULESのための<GAMSインプット・ファイル>の主要な構成要素は、以下の通りである。

勘定リスト	Account List
セル・アレイ	Cell Array
SAM	Social Accounting Matrix
スペシフィケーション・テーブル	Specification Table
勘定表	Accounts Table
アクリニム	Acronyms
モデル・ステートメント	Model Statement
ソルブ・ステートメント	Solve Statement
実験情報	Experiment Information

以下、順次説明してゆく。

#### ◆勘定リスト

勘定として以下のものを考える。

労働  
資本  
家計（農村）  
家計（都市）  
食料  
衣料

インプットするのに必要なGAMSステートメントは、以下の通り。<sup>8</sup>

<sup>8</sup> GAMS言語については、「GAMS文法概要」を参照されたい。

```
SET ACC ACCOUNTS /  
    LABOR  
    CAPITAL  
    HHLD-RURAL  
    HHLD-URBAN  
    FOOD  
    CLOTHING /;
```

GAMS言語では、大文字、小文字の区別はない。SETは、GAMSのキーワードである。SETは、以下でひとつないし複数の「集合」を宣言することを示す。S = {a, b, c} のかわりに、

```
SET S /a, b, c/;
```

と書くわけである。ACCは、識別名 (identifier) である。次の制限のもとに、モデル作成者が自由に決めてよい。1) GAMSのキーワードと重なってはいけない。2) キャラクターの数の制限は、1~10。3) 最初のキャラクターは、文字。4) 他のキャラクターは、文字または数字。

次の"ACCOUNTS"は、ドキュメンテーション・テキスト、すなわち、説明文である。この場合、ACCという「集合」の説明文である。識別名には、説明文をつけることができる。説明文は、識別名と同じ行に置かなければならない。説明文は、識別名のあとの最初のノン・ブランク・キャラクターから始まり、次のセパレータ (たとえば、; や / のこと、以下を参照) の前の最後のノン・ブランク・キャラクターで終わる。ブランクがはいってもよい。説明文の制限は、1) キャラクターの数は、0-80。2) 使ってよいキャラクターは、セパレータと引用符 ("と') 以外すべて。説明テキストを引用符 (のペア) でくくれば、セパレータ (、や/) も使える。

初期値を2つのスラッシュ (/...../) の間に書いてよい。ここでは、集合の要素を定義するのに、スラッシュを使っている。スラッシュの間にある6つの名前がACCという集合の要素である。集合の要素およびその他一般にインデックスは、GAMSラベルと呼ばれる。GAMSラベルは、キャラクターの数1~10、文字、数字、+、および-のキャラクターを使って、モデル作成者が自由につけられる。もし、引用符 ("、') でくくれば、「\*」、「\_」や「/」のような特殊なキャラクターを含めることができる。識別名 (集合名、パラメータ名) とは別のものなので、ラベルと識別名とが同じ名になってもかまわない。

GAMS言語のセパレータには、いくつかのレベルがある。

1. 「;」

GAMSステートメントの区切りである。次のGAMSステートメントが新しい行で、しかも、GAMSキーワードから始まる場合には、「;」はいらないが、「;」をつけることが望ましい。

2. 「/」

初期値のリスト、たとえば、集合の要素の<リスト>、モデルの構成要素の<リスト>を他から切り離す。

3. 「,」および行末 (改行文字)

SET、ACRONYM、PARAMETERSまたはMODELの宣言文における、集合の要素 (ラベル) どうし、複数の識別名どうしを区別するのに使われる。上の例では、行末が使われているが、かわりに、「,」でもよい。つまり、次のように書いてもよかった。

```
SET ACC ACCOUNTS /LABOR, CAPITAL, HHLD-RURAL, HHLD-URBAN, FOOD, CLOTHING /;
```

SAMの行と列とに別々にアクセスする必要がある。その場合、集合（たとえば、ACC）のコピーを作る必要がある。そのため、次のようなGAMSステートメントを使う。

```
ALIAS (ACC, ACCP);
```

ALIASは、GAMSキーワードである。括弧のなかには、識別名のリストがはいる。その中の1つ（正確に1つ）は、すでにSETで宣言されたものでなければならない。

ACCP (Accounts Prime) は、正確にACCと同じものとして作られる。ちなみに、英語の"alias"は、「またの名は…」という意味である。

#### ◆セル・アレイ

モデルの基本的部分（数値）SAMとスペシフィケーション・テーブル（代数SAM）という2つの表によって定義される。それをやるのが、GAMSのTABLE ステートメントである。前者は、下に示すように入力する。

```
TABLE SAM(ACC, ACC) SOCIAL ACCOUNTING MATRIX
```

```
LABOR CAPITAL HHLR-RURAL HHLR-URBAN FOOD CLOTHING
```

LABOR			75	85		
CAPITAL			50	60		
HHLR-RURAL	90	30				
HHLR-URBAN	70	80				
FOOD			60	65		
CLOTHING			60	85;		

TABLEもGAMSのキーワードである。TABLEには、2つの機能がある。ひとつは、パラメーターを、この場合、多次元のアレイ（配列）を宣言すること（ここまでは、やはりGAMSのコマンドであるPARAMETERと同じ）、もうひとつは、それに、表の形式（Tabular form）で数値を与えて、初期化（Initialize）することである。SAMは、識別名、つまり、パラメータの名前である。括弧内のキャラクター(ACC, ACC)は、テーブルの領域（ドメイン）である。すなわち、行および列を定義するラベルは、ACCという集合に属していなければならない。ドメインはなくてもよい。すなわち、\*を使って、

```
TABLE SAM(*,*) SOCIAL ACCOUNTING MATRIX;
```

のような書き方でもよいが、（書いておけばドメイン・チェックをしてくれるから）誤記をなくすためには、あった方がよい。SOCIAL ACCOUNTING MATRIXは、説明文。また、フリー・フォーマットなので、ブランク・ラインを自由にいれて見やすくすることができる。数字は、列見出しの下のフィールドにだいたいはいってればよい。左右に多少はみ出しても他のフィールドと重ならない限りかまわない。

スペシフィケーション・テーブルは、データSAMの場合に数値がはいっていたところに、スペシフィケーション・アクロニムをいれたもの。

TABLE SPEC(ACC, ACC) SPECIFICATION MATRIX

LABOR CAPITAL HHLD-RURAL HHLD-URBAN FOOD CLOTHING

LABOR			CD	CD
CAPITAL			CD	CD
HHLD-RURAL	IDIST	IDIST		
HHLD-URBAN	IDIST	IDIST		
FOOD		VSHR	VSHR	
CLOTHING		VSHR	VSHR;	

こんどは、「SPEC」がパラメータの名前（識別名）。「CD」、「IDIST」、「VSHR」は、HERCULESのキーワードだから、正確に入力しなければならない。しかし、これらは、GAMSの予約語ではないで、出てくる前に宣言しなければならない。GAMSキーワードの「ACRONYMS」を使う。

ACRONYMS	CD	COBB DOUGLAS PRODUCTION SPECIFICATION
	IDIST	INCOME DISTRIBUTION SPECIFICATION SYSTEM
	VSHR	FIXED VALUE SHARE CONSUMPTION SYSTEM;

説明文によって、内容は明瞭であろう。念のために書くと、「CD」は、コブ・ダグラス生産関数によって、機能的所得分配が決定されること、「IDIST」は、全所得が固定比率で所得の受領者に分配されること、「VSHR」は、金額ベースでのシェア固定をあらわす。以上のアクリニムは、スペシフィケーション・テーブルで用いられるスペシフィケーション・アクリニムである。後掲の表1、表2にまとめてある。

SAMとスペシフィケーション・テーブルは、セル・テーブルと呼ばれる3次元アレイのプレーンとして、HERCULESに渡される必要がある。

SPECS					
LABOR CAPITAL HHLD-RURAL HHLD-URBAN FOOD CLOTHING					
TBASE					
LABOR CAPITAL HHLD-RURAL HHLD-URBAN FOOD CLOTHING					
LABOR				75	85
CAPITAL				50	60
HHLD-RURAL	90	30			
HHLD-URBAN	70	80			
FOOD			60	65	
CLOTHING			60	85	

セル・テーブルの宣言は、GAMSキーワードの「PARAMETER」を使う。「PARAMETER」は、多次元配列（アレイ）を宣言するが、初期化はしない。

PARAMETER CT(ACC, ACC, \*) CELL TABLE;

このセル・テーブルは、3次元であり、上図のような“カード・ボックス”に譬えることができる。1枚1枚のカードの行と列には、勘定の名前のラベルがつけられている。第3の次元のラベルは、ベースSAMであり、スペシフィケーション・テーブルであり、あるいは、ほかのものである。この次元の領域は、定義されていないから、領域のチェックは行なわれない。

SAMをこのセル・アレイの最初のプレーンにコピーしなければならない。その際、アサインメント文 (Assignment Statement、FORTRANの代入文) が使われる。

CT(ACC, ACCP, "TBASE")=SAM(ACC, ACCP);

「CT」につづく括弧の中の3番目の項、「TBASE」における「TBASE」は、HERCULESキーワード。基準期間の  $t_{ij}$  ということである。同様に、HERCULESキーワードである「SPECS」を使って、

CT(ACC, ACCP, "SPECS")=SPEC(ACC, ACCP);

として、スペシフィケーション・テーブルをコピーして“カード・ボックス”に入れる。これで、セル・アレイのふたつのプレーンができあがった。HERCULESアプローチのもとでは、この段階で自動的にカリブレーション・プロセスの多くの部分 (“Calibration” は、目盛りの“調整”の意味) ができてしまっている。しかし、SAMのデータからは計算できなかつたり、SAMのデータから計算されるのとは異なるパラメーターを使いたい場合には、セル・アレイの他のプレーン、すなわち、パラメーター・テーブルを導入することになるであろう。

#### ◆勘定表

クロージャー・ルールである。われわれの場合、方程式と未知数の数を比べてみると、方程式の数が生産要素の数だけ足りない。それに独立な方程式となるとさらに一つ足りない。そこで、モデルを閉じるために仮定を追加する。以下のように、ATという名前をもった勘定表をTABLE文によって定義する。表の行ドメインは、ACCのもの、列ドメインは、“\*”を用いることによって確定させるのを避けているが、「TYPE」および「FIX」は、HERCULESのキーワードである。表中には、説明済みのいくつかのアクロニムがあらわれている。

TABLE AT(ACC, \*) ACCOUNT TABLE

	TYPE	FIX
LABOR	MF	Q
CAPITAL	MF	Q
HHLR-RURAL	INSTC	
HHLR-URBAN	INSTC	NP
FOOD	AC	
CLOTHING	AC;	

「TYPE」は、勘定のタイプ、「FIX」は、固定される変数が何であることを示している。（「Q」は、数量の固定、「P」は、価格の固定、「Y」は、支払額の固定、「PQ」は、価格・数量双方の固定を示す。「NP」のように前につけた「N」は、固定された「P」などがモデルのニューメーラールであることを示す。）ここであらわれた勘定のタイプは、「MF」は、要素市場勘定で、市場に伴う価格をもつ。「INSTC」は、家計などの消費主体である制度部門の勘定であること、「AC」は、活動ないし商品の勘定であることを示す。さきにあらわれたスペシフィケーション・アクロニムとともに、アカウント・フィックス・アクロニム、アカウント・タイプ・アクロニムと呼ばれる。

#### ◆アクロニム

アクロニムは、モデルを定式化するために使われる略語である。（「頭字語」の本来の意味から考えると言葉の誤用であるがその点は問わない。）HERCULESで用いられるアクロニムは、HERCULESのキーワードであるが、GAMSの予約語ではないので、ユーザー定義語と区別するために宣言しなければならない。たとえば、次のように宣言する。宣言文の形式は、他の宣言文と同様であるが、各行のブランクのあとは、説明テキストである。アクロニムのリストをみやすくするためにスペーシングを入れてある。最初のグループは、勘定表のTYPE列で使われるもの、2番目のグループは、FIX列で使われるもの、3番目のグループは、スペシフィケーション・テーブルで使われるものである。

ACRONYMS	MF	MARKET FACTOR ACCOUNT
	INSTC	INSTITUTIONS CONSUMPTION ACCOUNT
	AC	ACTIVITY OR COMMODITY ACCOUNT
	Q	QUANTITY FIXED
	NP	PRICE FIXED AS A NUMERAIRE
	CD	COBB DOUGLAS PRODUCTION FUNCTION SPECIFICATION
	IDIST	INCOME DISTRIBUTION SPECIFICATION
	VSHR	FIXED VALUE SHARE CONSUMPTION SYSTEM;

次の表1は、HERCULESのスペシフィケーション・アクロニムの一覧表である。VSHRのように、配分ルールそのものに名称が由来するものと、CDのように、その配分ルールを導出した生産関数の名称を取っているものがあることに注意する。

表1 スペシフィケーション・アクリニムのリスト (アルファベット順)

AVRG	PERFECT SUBSTITUTION WITH <u>AVERAGE</u> PRICE
CD	<u>COBB-DOUGLAS</u>
CES	<u>CONSTANT ELASTICITY OF SUBSTITUTION</u>
CES2	<u>CONSTANT ELASTICITY OF SUBSTITUTION, 2 LEVELS</u>
CET	<u>CONSTANT ELASTICITY OF TRANSFORMATION</u>
CETINF	<u>CET WITH INFINITE ELASTICITY</u>
CETO	<u>CET WITH 0 ELASTICITY</u>
DQEXO	CHANGE IN ( <u>DELTA</u> ) <u>EXOGENOUS QUANTITY</u>
DTAX	<u>DIRECT TAX</u>
DVEXO	CHANGE IN ( <u>DELTA</u> ) <u>EXOGENOUS VALUE</u>
EXPORT	<u>EXPORT DEMAND FUNCTION FROM THE REST OF THE WORLD</u>
EXPINF	<u>EXPORT WITH INFINITE ELASTICITY OF DEMAND</u>
EXP1	<u>EXPORT WITH ELASTICITY OF DEMAND EQUAL TO 1</u>
EXP0	<u>EXPORT WITH ELASTICITY OF DEMAND EQUAL TO 0</u>
FALOC	<u>FOREIGN EXCHANGE ALLOCATION</u>
FALOCI	<u>FOREIGN EXCHANGE ALLOCATION WITH INFINITE ELASTICITY</u>
FALOCO	<u>FOREIGN EXCHANGE ALLOCATION WITH 0 ELASTICITY</u>
FAVRG	<u>FOREIGN EXCHANGE WITH AVERAGE EXCHANGE RATE</u>
FDIST	<u>FOREIGN EXCHANGE DISTRIBUTION</u>
FEXCHD	<u>FOREIGN EXCHANGE WITH DIFFERENT EXCHANGE RATE</u>
FEXCHE	<u>FOREIGN EXCHANGE WITH EQUAL EXCHANGE RATE</u>
FEXO	<u>EXOGENOUS IN FOREIGN EXCHANGE</u>
FEXOF	<u>EXOGENOUS IN FOREIGN EXCHANGE RECEIVED FROM ABROAD</u>
FEXOT	<u>EXOGENOUS IN FOREIGN EXCHANGE TO ABROAD</u>
FRENT	<u>RENT ON FOREIGN EXCHANGE</u>
FTAX	<u>TAX ON FOREIGN EXCHANGE</u>
IDIST	<u>INCOME DISTRIBUTION</u>
IMPORT	<u>IMPORT OF GOODS AND SERVICES</u>
IO	<u>INPUT/OUTPUT</u>
ITAX	<u>INDIRECT TAX</u>
LES	<u>LINEAR EXPENDITURE SYSTEM</u>
MARKUP	<u>MARKUP OVER AND ABOVE COSTS</u>
QEXO	<u>EXOGENOUS QUANTITY</u>
QSHR	FIXED <u>QUANTITY SHARES</u>
SUBST	PERFECT <u>SUBSTITUTES</u>
TEXO	<u>EXOGENOUS TSOL</u>
TRANSF	<u>TRANSFER</u>
UNSPEC	<u>UNSPECIFIED (RESIDUAL)</u>
VE XO	<u>EXOGENOUS VALUE</u>
VSHR	FIXED <u>VALUE SHARES</u>

表2 スペシフィケーション・アクロニムのリスト (用途別)

消費、投資その他の最終使用

DQEXO DVEXO LES QEXO QSHR VEXO VSHR

生産、生産物の変換、要素や中間投入への支払い

AVRG CD CES CES2 CET IO MARKUP RENT SUBST TRANF

所得分配と移転

IDIST TEXO UNSPEC

租税

DTAX FTAX ITAX

外国為替取引

EXPORT FALCO FALOCI FAVRG FDIST FEXCHD FEXCHE FEXO FRENT  
FTAX IMPORT UNSPEC

◆モデル・ステートメント

モデルの特定には、3つの構成要素を定義する必要がある。

勘定セット

勘定表

セル・テーブル

である。

このことを行なうのが、次のようなモデル・ステートメントである。

```
MODEL MODELA INITIAL DEMONSTRATION MODEL  
/ ACC, AT, CT /;
```

「MODEL」は、GAMSのキーワードである。「MODELA」は、モデルの名前、つまり、その識別名である。その行の残りの部分「INITIAL DEMONSTRATION MODEL」は、説明文である。モデルの構成要素のリストは、スラッシュ (/) でくくられ、モデルの個々の要素同士は、コンマ (,) で区切られている。識別名のつけかたは自由であるが、順序は、上のとおり、すなわち、勘定セット、勘定表、セル・テー

ブルの順にしなければならない。

◆ソルブ・ステートメント

```
SOLVE MODELA USING HERCULES;
```

「SOLVE」、 「USING」 および 「HERCULES」 は、GAMSキーワードである。「USING HERCULES」という部分で、モデルのタイプと解法とをともに示している。

モデル・ソリューションの結果は、アカウント・テーブルとセル・テーブルの追加列・追加プレーンとして返される。このことを見るために、ソルブ・ステートメント前後のアカウント・テーブルとセル・テーブルの状態を「DISPLAY」文によって見る。

```
DISPLAY "ACCOUNT AND CELL TABLES BEFORE SOLVE:", AT, CT;
SOLVE MODELA USING HERCULES;
DISPLAY "ACCOUNT AND CELL TABLES AFTER FIRST SOLVE:", AT, CT;
```

「DISPLAY」は、GAMSのプリント文である。引用符中のストリングは、そのままアウトプット上にプリントされる。

ソルブ前の勘定表とセル表、ソルブ後の勘定表とセル表とを比べてみよう。インプットファイル(付録1)の68行目と73行目にDISPLAY文があり、対応するアウトプットには、インプット中の行番号とともに “----” が含まれるからわかりやすい。

```
----      68 ACCOUNT AND CELL TABLES BEFORE SOLVE:
```

```
----      68 PARAMETER AT          ACCOUNT TABLE
```

	TYPE	FIX
LABOR	MF	Q
CAPITAL	MF	Q
HHLR-RURAL	INSTC	
HHLR-URBAN	INSTC	NP
FOOD	AC	
CLOTHING	AC	

```
----      68 PARAMETER CT          CELL TABLE
```

		TBASE	SPECS
LABOR	. FOOD	75.000	CD
LABOR	. CLOTHING	85.000	CD

CAPITAL . FOOD	50.000	CD
CAPITAL . CLOTHING	60.000	CD
HHLR-RURAL. LABOR	90.000	IDIST
HHLR-RURAL. CAPITAL	30.000	IDIST
HHLR-URBAN. LABOR	70.000	IDIST
HHLR-URBAN. CAPITAL	80.000	IDIST
FOOD . HHLR-RURAL	60.000	VSHR
FOOD . HHLR-URBAN	65.000	VSHR
CLOTHING . HHLR-RURAL	60.000	VSHR
CLOTHING . HHLR-URBAN	85.000	VSHR

---- 73 ACCOUNT AND CELL TABLES AFTER FIRST SOLVE:

73 PARAMETER AT		ACCOUNT TABLE			
	TYPE	FIX	PSOL	QSOL	YSOL
LABOR	MF	Q	1.000	160.000	160.000
CAPITAL	MF	Q	1.000	110.000	110.000
HHLR-RURAL	INSTC		1.000	120.000	120.000
HHLR-URBAN	INSTC	NP	1.000	150.000	150.000
FOOD	AC		1.000	125.000	125.000
CLOTHING	AC		1.000	145.000	145.000
+ YBASE					
LABOR	160.000				
CAPITAL	110.000				
HHLR-RURAL	120.000				
HHLR-URBAN	150.000				
FOOD	125.000				
CLOTHING	145.000				

73 PARAMETER CT		CELL TABLE			
		TBASE	SPECS	TSOL	QCSOL
LABOR . FOOD	75.000		CD	75.000	75.000
LABOR . CLOTHING	85.000		CD	85.000	85.000
CAPITAL . FOOD	50.000		CD	50.000	50.000
CAPITAL . CLOTHING	60.000		CD	60.000	60.000

HHL-D-RURAL. LABOR	90.000	IDIST	90.000	
HHL-D-RURAL. CAPITAL	30.000	IDIST	30.000	
HHL-D-URBAN. LABOR	70.000	IDIST	70.000	
HHL-D-URBAN. CAPITAL	80.000	IDIST	80.000	
FOOD . HHL-D-RURAL	60.000	VSHR	60.000	60.000
FOOD . HHL-D-URBAN	65.000	VSHR	65.000	65.000
CLOTHING . HHL-D-RURAL	60.000	VSHR	60.000	60.000
CLOTHING . HHL-D-URBAN	85.000	VSHR	85.000	85.000

+ A-USED

LABOR . FOOD	0.600
LABOR . CLOTHING	0.586
CAPITAL . FOOD	0.400
CAPITAL . CLOTHING	0.414
HHL-D-RURAL. LABOR	0.562
HHL-D-RURAL. CAPITAL	0.273
HHL-D-URBAN. LABOR	0.437
HHL-D-URBAN. CAPITAL	0.727
FOOD . HHL-D-RURAL	0.500
FOOD . HHL-D-URBAN	0.433
CLOTHING . HHL-D-RURAL	0.500
CLOTHING . HHL-D-URBAN	0.567

ソルブ前の勘定表、セル・テーブルと比べ、ソルブ後の勘定表には、「PSOL」、「QSOL」、「YSOL」および「YBASE」という列がふえている。「YBASE」は、基準年SAMの勘定トータルを返しているだけ、「PSOL」、「QSOL」、「YSOL」は、それぞれ、解についての $p_i$ 、 $q_i$ 、 $y_i$ である。セル・テーブルの方には、「TSOL」、「QCSOL」および「A-USED」という列が追加されている。「TSOL」は、解におけるSAMすなわち $t_{ij}$ 、「QCSOL」は、対応する不変価格SAMすなわちセルの数量 $c_{ij}$ を返している。「A-USED」は、基準年SAMからカリブレートされたパラメータ値、 $a_{ij}$ を返している。QSOL=YSOL=YBASE、TSOL=QCSOL=TBASEであることは、要するに、基準年SAMが解として再現されていることがわかる。

#### ◆実験情報

HERCULESによって行なう実験は、多く場合、比較静学である。すなわち、ひとつないし複数の外生変数や政策変数やパラメータに変化があったとき、その前後の経済の状態を比較することである。外生変数の変化、たとえば、資本が10%増加したときの影響を調べるには次のように書く。右辺のAT("CAPITAL", "QSOL")は、first solveのものである。このモデルには、労働の数量、資本の数量、ニューメール(都市家計のCPI)の3つの外生変数があるから、左辺のAT("CAPITAL", "QFIX")の部分にAT("LABOR", "QFIX")ないしAT("HHL-D-URBAN", "PFIX")とすることにより、他の外生変数についての実験も同様にできる。セカンド・ソルブ後のディスプレイ結果から勘定表を見ると、QFIXの列が付け加わっている。現在の場合、外生変数が数量であるからであるが、外生変数が価格ならPFIXの列が付け加わり、外生変数が金額であれば、YFIXの列が付け加わったであろう。

```

AT("CAPITAL", "QFIX")= 1.1*AT("CAPITAL", "QSOL");
SOLVE MODELA USING HERCULES;
DISPLAY "ACCOUNT AND CELL TABLES AFTER SECOND SOLVE:", AT, CT;

```

#### ◆GAMSの実行

モデルのすべての構成要素を提示したが、モデルを記述する順序は、以下の通りにすることを勧める。とくに、アクロニム文は、使われる前に宣言されなければならないから、インプットの最初近くに置かれる。具体的には、末尾に付録として掲げた。

```

*ACCOUNT LIST
*ACRONYMS
*CELL TABLE
  *SOCIAL ACCOUNTING MATRIX
  *SPECIFICATION TABLE
*ACCOUNTS TABLE
*MODEL STATEMENT
*SOLVE STATEMENT FOR BASE CASE
*EXPERIMENT DEFINITION
*SOLVE STATEMENT FOR EXPERIMENT

```

提示されたモデル（インプット・ファイル）には、「MODELA」という名前がついているから、

GAMS MODELA

として実行。計算実行後、「MODELA.LST」というアウトプット・ファイルが返されてくる。

ソリューション・サマリーを見る。「HHLD-URBAN」の価格は、ニューメレールだからあらゆる解の中で1である。資本が豊富になったため、資本の価格は下落している。食料の方が労働コンテンツが若干大きいことを反映して食料の価格があがり、衣料の価格が相対的にさがっている。

#### S O L U T I O N   S U M M A R Y

	PSOL	QSOL	YSOL	YBASE	RESIDUAL
LABOR	1.040	160.000	166.341	160.000	
CAPITAL	0.945	121.000	114.360	110.000	
HHLD-RURAL	1.000	124.745	124.756	120.000	
HHLD-URBAN	1.000	155.945	155.945	150.000	
FOOD	1.001	129.858	129.954	125.000	-0.142
CLOTHING	0.999	150.833	150.747	145.000	-0.167

実験の詳細な結果をセル・ベースで見るためには、実験後のCTを「DISPLAY」し、TSOL、QCSOLを検討すればよい。「TSOL」は、「当期価格表示のソリューションSAM」、「QCSOL」は、基準年価格で表示された「不変価格表示のソリューションSAM」である。

---- 83 PARAMETER CT

CELL TABLE

	TBASE	SPECS	TSOL	QCSOL
LABOR . FOOD	75.000	CD	77.973	75.000
LABOR . CLOTHING	85.000	CD	88.369	85.000
CAPITAL . FOOD	50.000	CD	51.982	55.000
CAPITAL . CLOTHING	60.000	CD	62.378	66.000
HHLR-RURAL. LABOR	90.000	IDIST	93.567	
HHLR-RURAL. CAPITAL	30.000	IDIST	31.189	
HHLR-URBAN. LABOR	70.000	IDIST	72.774	
HHLR-URBAN. CAPITAL	80.000	IDIST	83.171	
FOOD . HHLR-RURAL	60.000	VSHR	62.378	62.332
FOOD . HHLR-URBAN	65.000	VSHR	67.576	67.526
CLOTHING . HHLR-RURAL	60.000	VSHR	62.378	62.414
CLOTHING . HHLR-URBAN	85.000	VSHR	88.369	88.419
	+	A-USED		
LABOR . FOOD	0.600			
LABOR . CLOTHING	0.586			
CAPITAL . FOOD	0.400			
CAPITAL . CLOTHING	0.414			
HHLR-RURAL. LABOR	0.562			
HHLR-RURAL. CAPITAL	0.273			
HHLR-URBAN. LABOR	0.437			
HHLR-URBAN. CAPITAL	0.727			
FOOD . HHLR-RURAL	0.500			
FOOD . HHLR-URBAN	0.433			
CLOTHING . HHLR-RURAL	0.500			
CLOTHING . HHLR-URBAN	0.567			

「TSOL」と「QCSOL」の部分をそれぞれ行列形式で表章しなおしてみよう。

当期価格表示ソリューションSAM (TSOL)

LABOR	CAPITAL	HHLR-RURAL	HHLR-URBAN	FOOD	CLOTHING
LABOR				77.973	88.369

CAPITAL			51.982	62.378
HHL-D-RURAL	93.567	31.189		
HHL-D-URBAN	72.774	83.171		
FOOD			62.378	67.576
CLOTHING			62.378	88.369

不変価格表示ソリューションSAM (QCSOL)

	LABOR	CAPITAL	HHL-D-RURAL	HHL-D-URBAN	FOOD	CLOTHING	QSOL
LABOR					75.000	85.000	160.000
CAPITAL					55.000	66.000	121.000
HHL-D-RURAL							124.745
HHL-D-URBAN							155.945
FOOD			62.332	67.526			129.858
CLOTHING			62.414	88.419			150.833
RESIDUAL			0.001	0.000	-0.142	-0.167	
TOTAL			124.746	155.945	129.858	150.833	
QSOL	160.000	121.000	124.745	155.945	129.858	150.833	

しかし、実は、この「不変価格SAM」は、真のSAMではない。所得分配 (IDIST) スペシフィケーションのセル (HHL-D-RURAL. LABOR、HHL-D-RURAL. CAPITAL、HHL-D-URBAN. LABOR、HHL-D-URBAN. CAPITAL) は、定義上「QCSOL」をもたない。要素から家計への移転に対応する物理的フローは存在しないからである。要素投入量と生産量との関係の定式化において生産関数のそれを用いて要素需要関数を導出しているが、要素所得が制度部門に分割されてゆくさいには、むしろ、所得分配の制度的な性格を強調しているように見える。そのことに関連して要素サービスの実質化と所得の実質化とは別のことがらであるということにも十分注意する必要がある。この点は、付論で議論する。このように「要素勘定」は、きわめて特殊なスクリーン勘定である。

さらに「QCSOL」をもつ食料、衣料のような勘定でも、行和と列和とが一致していない。このことも、「不変価格SAM」を真のSAMではなくする。多くの場合（「CET」スペシフィケーションの場合は例外）、「QCSOL」の行和が「QSOL」となる。ソリューション・サマリーの「RESIDUAL」は、その行和と列和との差額である。

QCSOLの存在しない家計行 (HHL-D-RURAL、HHL-D-URBAN) のQSOLは、家計の「実質所得」とでも呼ぶべきものである。名目所得YSOLを各々の部門のCPIで割ることによって間接的に求めたものである。都市家計のCPIは、ニュメールであるから、当然1である。この場合、農村家計のCPIも1に近い数字であった (YSOLは124.756、QSOLは124.745)。

FOOD、CLOTHING列についてのRESIDUALは、価格変化に対する調整効果を、実質タームではかったものであると考えることができるだろう。たとえば、食料生産について、基準年価格の投入の合計は、75+55=130、産出は、129.858であり、両者の差額は、-0.142となる。前出の点とあわせ、不変価格SAMあるいは実質値SAMについては、さらに、付論で議論することにしよう。

作間 逸雄

文献

A. S. Drud and D. Kendrick, "HERCULES - A System for Large Economywide Models," (mimeo), ARKI Consulting and Development A/S, Denmark, 1991.

A. Brooke, D. Kendrick, and A. Meeraus, *GAMS: A User's Guide, Release 2.25*, Scientific Press, 1992.

D. Greenaway, S. J. Leybourne, G. V. Reed, and J. Whalley, *Applied General Equilibrium Modelling: Applications, limitations and future development*, HMSO, 1993.

## 付論 不変価格 SAM から実質値 SAM へ

不変価格 SAM は、政策変更などの比較静学を行なった後に行なうべき well-being の比較評価を行なう用具として重要である。この付録は、不変価格 SAM あるいは実質値 SAM をめぐる若干の覚え書きである。

まず、実質化について、若干の一般論的考察を行なっておく。実は、実質化（実質値に変換すること）にはふたつの意味がある。ひとつめの意味は、1) なんらかの物価指数で名目値を割る（デフレーターする）ことである。適切な物価指数に選択の余地がある。もうひとつの意味は、2) 不変価格表示するという意味である。金額データが  $\sum pq$  のかたちのもので考察できる場合、 $p$  部分（ベクトル）を「不変価格」（ベクトル） $p_0$  で置き換えることにより、実質化が可能となる。この場合、1)

の意味の実質化とこのような意味でのそれとを両立させるデフレーターが存在する。そのようなデフレーターをインプリシット・デフレーターと呼ぶ。

イニシャル・デモンストレーション・モデルの構造をごく簡単に示してみたのが下の行列である。PQ 型は、当該セルのエントリーが上のような意味で数量要素と価格要素との積に分解できるものであることを示す。N 型は、名目フローである。生産勘定借方からは、要素サービスの実質化をすることは容易であるが、所得フローとしては、名目額が同じであれば、それがどのような理由で得られたものであっても区別する理由がない（何に使うかということとは別）。一国経済規模で一律のデフレーターを用いるか、制度部門ごとにそうするかは選択の余地があるであろう。

	要素	制度部門	生産
要素			PQ 型
制度部門	N 型		
生産		PQ 型	

上の図では、要素・生産の交点にある PQ 型エントリーは、要素投入であり、生産・制度部門の交点にある PQ 型エントリーは、最終消費される生産物である。不変価格表示の国民勘定とは異なり、双方が独立に不変価格表示されているので、生産勘定の行側・列側で不整合が生じる。そのために行側または列側に「残差項 (residual)」を置く必要がある。

制度部門・要素の交点にある N 型のエントリーは、不変価格表示できないから、不変価格 SAM は、不完全なものにならざるをえない。そこで、Stuvel の構成に沿って<sup>9</sup> N 型エントリーを一律デフレーター（ニューメール・デフレーター）で実質化し、さらに、価格構造効果項目を置くことで真正の SAM の性質（勘定バランス）を維持することができることを示す。なお、Stuvel の一律デフレーターとしては、（他のデフレーターを採用することもできるであろうが）モデルのニューメールにあわせて都市

<sup>9</sup> 拙稿「交易条件効果をめぐって」（経済統計学会第47回総会報告資料、2002年）を参照のこと。

家計CPIに取ることにしよう。定義により、都市家計CPIはつねに1であるから、この一律デフレーターによる実質値＝名目値である。

下のような概念的枠組みで実質値勘定を構成することができる。＜価格構造効果PSE1＞は、要素の不変価格表示値としての実質値と一律デフレーターによる実質値との開差である。＜価格構造効果PSE2＞は、要素の不変要素価格値と生産物（消費）の不変価格表示値との開差である。要素支払い額を一律デフレーションタイプの実質所得（ $\bar{y}$ ）に置き換えるためにPSE1が必要である。制度部門行を見ると、実質所得 $\bar{y}$ を不変価格表示タイプの、言い換えれば、ラスパイレス型の数量指標に置き換えるために制度部門行のやや煩雑な変換を行なう。具体的には、 $\bar{y} - \text{PSE1} + \text{PSE2} = \text{不変価格表示の最終使用値の合計}$ である。

マス目2個分右へつきだしている部分は、各家計制度部門に固有の物価指数による数量指標（モデルのQSOL、 $\hat{y}$ ）を得るための調整である。なお、不変価格表示は、ティルドであらわしている。

数値表示の表では、列和が0になるため、PSE1、PSE2の行を省略した。モデルでRESIDUALと表示されているのは、この表で太い枠で示した部分であることがわかる。ただし、符号は逆になっている。kまた、不変価格SAMとRESIDUALだけを表章による場合と比べ、外生的な条件が及ぼす効果を、数量の変化そのものが影響を与えている部分と相対価格（交易条件）の変化による部分すなわちPSEとを切り離して表章でき、よりの確な評価を行なうことができると思われる。なお、比較の便宜のために、QSOL、YSOL、PSOL、YBASEをまとめた表を付している。

	要素	価格構造効果1	制度部門	生産	価格構造効果2	価格構造効果3 制度部門固有の物価指数による数量指標	
要素		PSE1		$\tilde{T}$			
価格構造効果1							
制度部門	$\bar{Y}$	-PSE1			PSE2	PSE3	$\hat{Y}$
生産			$\tilde{C}$		-PSE2		
価格構造効果2							

**Real Value SAM: Urban CPI Deflation Version**

	Labour	Capital	PSE 1	R hhold	U hhold	Food	Clothing	PSE 2	PSE 3	Indicators using PIs specific to Sector
Labour			6.341			75.000	85.000			
Capital			-6.640			55.000	66.000			
Rhhold	93.567	31.189	-1.756					1.746	-0.001	124.745
U hhold	72.774	83.171	2.055					-2.055	0	155.945
Food				62.332	67.526			0.142		
Clothing				62.414	88.419			0.167		

	QSOL	YSOL	PSOL	YBASE
Labour	160.000	166.342	1.03964	160.000
Capital	121.000	114.360	0.94512	110.000
R hhold	124.745	124.756	1.00009	120.000
U hhold	155.945	155.945	1.00000	150.000
Food	129.858	129.954	1.00074	125.000
Clothing	150.833	150.747	0.99943	145.000



## 付録1 HERCULESのディスクに含まれているMODELA

```
1 $ TITLE MODELA: INITIAL DEMONSTRATION MODEL
2 * THE FOLLOWING MODEL IS THE INITIAL MODEL IN DRUD AND KENDRICK:
3 * "HERCULES - A MODELING SYSTEM FOR LARGE ECONOMYWIDE MODELS".
4 * IT DESCRIBES A SIMPLE MODEL WITH TWO PRODUCTION SECTORS, TWO FACTORS
5 * OF PRODUCTION, AND TWO HOUSEHOLDS.
6
7 SET ACC ACCOUNTS /
8     LABOR
9     CAPITAL
10    HHLR-RURAL
11    HHLR-URBAN
12    FOOD
13    CLOTHING /;
14
15 ALIAS (ACC, ACCP);
16
17 ACRONYMS MF     MARKET FACTOR ACCOUNT
18          INSTC  INSTITUTIONS CONSUMPTION ACCOUNT
19          AC     ACTIVITY OR COMMODITY ACCOUNT
20
21          Q      QUANTITY FIXED
22          NP     PRICE FIXED AS A NUMERAIRE
23
24          CD     COBB DOUGLAS PRODUCTION FUNCTION SPECIFICATION
25          IDIST  INCOME DISTRIBUTION SPECIFICATION
26          VSHR   FIXED VALUE SHARE CONSUMPTION SYSTEM;
27
```

```

28 TABLE SAM(ACC, ACC) SOCIAL ACCOUNTING MATRIX
29
30           LABOR CAPITAL HHLR-RURAL HHLR-URBAN FOOD CLOTHING
31 LABOR                                75      85
32 CAPITAL                              50      60
33 HHLR-RURAL  90      30
34 HHLR-URBAN  70      80
35 FOOD                                60      65
36 CLOTHING                                60      85
37
38 TABLE SPEC(ACC, ACC) SPECIFICATIONS TABLE
39
40           LABOR CAPITAL HHLR-RURAL HHLR-URBAN FOOD CLOTHING
41 LABOR                                CD      CD
42 CAPITAL                              CD      CD
43 HHLR-RURAL IDIST  IDIST
44 HHLR-URBAN IDIST  IDIST
45 FOOD                                VSHR   VSHR
46 CLOTHING                                VSHR   VSHR
47
48 * DEFINE CELL ARRAY
49
50 PARAMETER CT(ACC, ACC, *) CELL TABLE;
51     CT(ACC, ACCP, "TBASE") = SAM(ACC, ACCP);
52     CT(ACC, ACCP, "SPECS") = SPEC(ACC, ACCP);
53
54 TABLE AT(ACC, *) ACCOUNT TABLE
55
56           TYPE    FIX

```

```

57
58     LABOR      MF      Q
59     CAPITAL    MF      Q
60     HHLR-RURAL INSTC
61     HHLR-URBAN INSTC  NP
62     FOOD       AC
63     CLOTHING   AC
64
65     MODEL  MODELA  INITIAL DEMONSTRATION MODEL
66           / ACC, AT, CT /;
67
68     DISPLAY "ACCOUNT AND CELL TABLES BEFORE SOLVE:",
69           AT, CT;
70
71     SOLVE  MODELA  USING  HERCULES;
72
73     DISPLAY "ACCOUNT AND CELL TABLES AFTER FIRST SOLVE:",
74           AT, CT;
75
76 * EXPERIMENT INFORMATION:
77 * CHANGE THE QUANTITY OF CAPITAL BY A FACTOR 1.1 FROM THE BASE VALUE.
78
79     AT("CAPITAL", "QFIX")= 1.1*AT("CAPITAL", "QSOL");
80
81     SOLVE  MODELA  USING  HERCULES;
82
83     DISPLAY "ACCOUNT AND CELL TABLES AFTER SECOND SOLVE:",
84           AT, CT;

```

## 付録2 第(6 y)式および(6 q)式の導出

次の効用関数について、効用一定下の費用最小問題をラグランジュ乗数法で解く。

$$U_h(.) = \sum_s a_{sh} \log(c_{sh})$$

ラグランジュ関数  $V_h$  は、次のようになる。

$$V_h = \sum_s p_s c_{sh} - \mu \left\{ \bar{U}_h - \sum_s a_{sh} \log(c_{sh}) \right\}$$

$V_h$  を  $c_{sh}$  と  $\mu$  について偏微分して0と置く。

$$\frac{\partial V_h}{\partial c_{sh}} = p_s - \mu \frac{a_{sh}}{c_{sh}} = 0. \quad s = 1, \dots, S$$

$$\frac{\partial V_h}{\partial \mu} = - \left\{ \bar{U}_h - \sum_s a_{sh} \log(c_{sh}) \right\} = 0.$$

最小支出を  $E$  と書くことにすると、

$$E = \sum_s p_s c_{sh} = \mu \sum_s a_{sh} = \mu$$

ある価格構造 ( $p_s$ ) のもとで、

$$\begin{aligned} \bar{U}_h &= \sum_s a_{sh} \log \left( \frac{\mu a_{sh}}{p_s} \right) \\ &= \sum_s a_{sh} \log \mu + \sum_s a_{sh} \log(a_{sh}) - \sum_s a_{sh} \log p_s \end{aligned}$$

他の価格構造 ( $p'_s$ ) のもとで、

$$\begin{aligned} \bar{U}_h &= \sum_s a_{sh} \log \left( \frac{\mu' a_{sh}}{p'_s} \right) \\ &= \sum_s a_{sh} \log \mu' + \sum_s a_{sh} \log(a_{sh}) - \sum_s a_{sh} \log p'_s \end{aligned}$$

2つの式を比べて、

$$\log \mu - \log \mu' = \sum_s a_{sh} \log p_s - \sum_s a_{sh} \log p'_s$$

すなわち、

$$\frac{\mu}{\mu'} = \frac{\prod_s p_s^{a_{sh}}}{\prod_s p'_s{}^{a_{sh}}}$$

後者の価格構造を基準均衡のものとする、定義により、 $p'_s = 1$ 。これが、第(6 y)式である。すなわち、コブダグラス効用関数をベースにした効用不変物価指数(このモデルのCPI)は、幾何平均型になる。いわゆる平均論争に言及するまでもなく、このCPIは、消費者が価格の変化に反応する十分な時間が存在することを前提しないかぎり妥当しないと考えられることに注意す

る。

数量指数は、このように構成された価格指数と金額指数とから間接的に導き出されたものであるから、 $\alpha_h = \prod_s a_{sh}^{-a_{sh}}$  と書くことにすれば、

$$\begin{aligned} q_h &= \frac{y_h}{p_h} = \frac{y_h}{\prod_s (a_{sh} y_h / c_{sh})^{a_{sh}}} \\ &= \alpha_h \prod_s c_{sh}^{a_{sh}} \end{aligned}$$

これが、(6 q) 式である。効用関数の形状から見て、この数量指数が事実上効用指標であることが知られる。

付録3 CGE分析のためのソフトウェア

CGE 分析のためのソフトウェア

分類	ソフトウェア名	内容	特徴	供給元/問い合わせ先
インハウス		FORTRAN、BASIC 等を使ってモデラー自身がプログラムを書く。	モデラーにかなりのプログラミング能力が必要になる。プロブレム・スペシフィック、オーサー・スペシフィックになりがち。モデルの一般化・改善が難しい。	
汎用数学・統計ソフトウェアの利用		MATHEMATICA、GAUSS、GAMS など、数学・統計用に一般に用いられているソフトウェアを利用する。	モデル・プログラミングは、FORTRAN 等より容易であるが、CGE 専用のソフトと比べれば、モデラーが自分でプログラミングしなければならない部分が多い。ソフトウェア中の統計用の部分や GAUSS のインビルトオペレーターの多くの部分は余計。	
	GAUSS	強力な行列処理言語をベースに開発された汎用統計・数学解析システム。一般統計処理、エコノメトリックス、時系列解析を含む多岐にわたる応用分野をもつ。1984 年開発。	行列志向のシンタックス。インデックス・フリーなので、代数類似にモデル・コーディングができ、モデルのチェックが容易である。数値的に非線形連立方程式を解くモジュールが用意されている。言語機能としても十分柔軟である。	Aptech Systems, Inc. 23804 SE Kent-Kangley Road Maple Valley, WA 98038 USA info@Aptech.com <a href="http://www.aptech.com/s2_apps.html">http://www.aptech.com/s2_apps.html</a>

	MATHEMATICA	技術計算のための統合された環境を提供する。1988年リリース。科学技術分野を始めとする多くの分野で用いられている。	インデックス・フリーに行列を取り扱うことができることなど、GAUSSと共通点が多い。連立方程式の代数解および数値解を与えるアルゴリズムをもっている(CGEでは、代数解をもたないことが多いだろうから前者は——モデル構築のさいの参考ということを除けば——あまり役に立たないであろう)。	Wolfram Research, Inc. 100 Trade Center Drive Champaign, IL 61820-7237 USA info@wolfram.com <a href="http://www.wolfram.com/">http://www.wolfram.com/</a>
	GAMS General Algebraic Modelling System	1970年代に世界銀行によって開発された。本来は、数理計画法のソフトウェア。少なくとも、1990年代半ばまでは、CGE分析で最も多用されたプログラミング言語である。次のようなステップを踏む。1) 外生変数集合とその要素の定義、2) 集合要素に対するパラメータ値の代入、3) 内生変数の定義、4) モデルの方程式、制約条件、目的関数(CGEの場合ダミー目的関数)の定義、5) 目的関数を最適化するための指示。ソリューション・プロセスそのものは、ソルバーが担当している。	GAUSS、MATHEMATICAと異なり、要素インデックスを排除せず、それを容易に行なうことを重視したソフトウェアである。少なくとも、1990年代半ばまでは、カリブレーション時のデータ操作が容易であることなどの利点により、CGE分析で最も多用されたプログラミング言語である。CGE用のソルバーであるHERCULES(ver.2.05まで)、MPSGEとともに、使用されることもあるし、MCP用ソルバーによって直接GAMSでモデルを記述することも出来る。	GAMS Development Corporation 1217 Potomac Street, NW Washington, DC 20007 USA <a href="http://www.gams.com/">http://www.gams.com/</a>
CGE専用ソフトウェアの利用		CGEように専用に開発されたソフトウェアを利用する。	モデラーのプログラミング上の負担は最も少ないが、関数形等がリジッドになりやすい。	

<p>HERCULES High level Economic Representation for Creation and Use of Large Economywide System</p>	<p>GAMS ベース。GAMS のとともに世界銀行によって開発され、世界銀行を中心に数多く手がけられた SAM ベース CGE 分析の多くをサポートした GAMS ソルバー。</p>	<p>GAMS の基礎が理解されていれば、Acroym、Account table、Cell table といった HERCULES 特有の仕組みをマスターすることにより、初心者にも SAM ベースの CGE モデルを実行可能にする。関数形は、hardwired であり、レオンチェフ、コブ=ダグラス、CES 等が、最適化の 1 階の条件つきで組み込まれている。自動カリブレーションが行なわれが、弾力性などのパラメーターは、必要ならユーザー側で入力することもできる。もちろん、レプリケーション・チェックはソフトウェア側でやってくれる。</p>	<p>ARKI Consulting and Development Bagsvaerdvej 246 A DK-2880 Bagsvaerd, Denmark email: info@arki.dk</p>
<p>MPS/GE Mathematical Programming Software / General Equilibrium</p>	<p>Scarf=Hansen に由来する一般均衡分析への数理計画的アプローチをプログラム化したもの。Rutherford によって開発された。GAMS のソルバーであり、GAMS ベースで機能する。</p>	<p>CGE モデルの構築・分析を支援するための hardwired な関数ライブラリーとヤコービアンの評価ルーティンを含む。モデル・カリブレーション、レプリケーション・チェックは自動。SAM ベースではむずかしい相補性を使ったアルゴリズムを利用することもできる。</p>	<p>GAMS Development Corporation 1217 Potomac Street, NW Washington, DC 20007 USA <a href="http://www.gams.com/">http://www.gams.com/</a></p>
<p>ASAP A Social Accounting Package</p>	<p>SAM ベース。英国政府が開発。</p>	<p>行列志向のシンタックスである点は、GAUSS 等と類似している。関数形が hardwired でないこと、自動カリブレーションが行なわれないこと、レプリケーション・チェックが行なわれないことなど、モデラーの負</p>	<p>Overseas Development Administration, UK</p>

			担が大きい。	
MAQM Maquett	SAM ベースを含む。Maquett クラス (Bourguignon=Branson=de Melo) に属するモデルを構築し、解くための環境を提供するソフトウェア。きわめて柔軟な不動点アルゴリズムを用いる。	クロージャー・オプションを含むモデルの特定化、データ・エントリー (SAM フォーマットのデータを含む) など、オール・メニュー方式である。関数形は hardwired。カリブレーション、さらに必要な場合には、RAS 調整もやってくれる。	Professor J. de Melo, The World Bank, 1818H, St. NW, Washington DC 20433, USA	
GEMPACK General Equilibrium Modelling PACKage	ORANI モデル=Impact プロジェクト (Monash 大学)、GTAP プロジェクト (Purdue 大学) という大規模な CGE 分析プロジェクトをサポートしているソフトウェアである。	多様なクロージャー・ルールが用意されている。カウンターファクチュアルな分析においては、非線形関数を線形近似することにより、きわめて規模の大きいモデルを扱うこともできる。	Impact, Monash University, Clayton, Victoria, Australia	

## 付録4 GAMSとHERCULESのインストールについて

HERCULESのフロッピー・ディスクから、パソコン（DOS/V機種）に、GAMS-HERCULESをインストールする方法を示す。

1. WINDOWSのDOSプロンプトにするか、DOSモードで立ち上げる。エクスプローラ等によっても、PATHを変更する部分を除けば同等のことができるはずである。
2. ドライブC：に「GAMS205」という名称のディレクトリーを作る。

```
MD GAMS205
```

そのうえで、

```
CD GAMS205  
VERIFY ON
```

としてからGAMS2.05のフロッピー・ディスクをフロッピー・ドライブに挿入し、「GAMS205」のディレクトリーに、次のように、必要なファイルをコピーする。

```
COPY A:GAMS*.*
```

ここで、いったんルート・ディレクトリーにもどり（CD ¥）、「GAMSLIB」という名称のディレクトリーをつくり（MD GAMSLIB）、そのディレクトリーに移動（CD GAMSLIB）。ディレクトリー名は、他の名前でもよい。

```
COPY A:*.GMS  
COPY A:*.IDX  
COPY A:*.LST
```

とコピー。ついでに、HERCULESのモデル・ライブラリーのためのディレクトリーも作っておこう。

```
CD ¥  
MD HERCLIB  
CD HERCLIB
```

HERCULESのモデル・ライブラリーは、GAMS2.05のフロッピーの中の「A:¥HERCLIB」というディレクトリーに入っているから、

```
A:  
CD HERCLIB  
COPY *.* C:  
VERIFY OFF  
C:
```

CD GAMS205

3. ここで、GAMSNSTLとすると、次のように画面に表示されるであろう。

```
The following solver systems are available
```

```
GAMS/BDMLP
```

```
GAMS-HERCULES
```

```
OK to rewrite GAMS capability file (Y/N) ?
```

```
Y
```

と反応すると、

```
GAMS install terminated
```

と表示されるであろう。インストールの主要部分は、これで終わり。

4. 最後に、AUTOEXEC.BATの書き替えを行ない、パスをつくる。AUTOEXEC.BATを書き替えたくない場合は、ブート・ディスクをつくるという方法もある。2通りのGAMSを使おうとする場合にも、ブート・ディスクの利用は、有効であろう。

エディターを使って、たとえば、

```
PATH=C:¥;C:¥GAMS205;C:¥DOS (アンダー・ライン部分をつけ加える。)
```

などとする。カレント・ディレクトリーで見つからないコマンド・ファイルをさがしてもらうためである。ついでに、CONFIG.SYSに、

```
FILES=16
```

```
BUFFERS=10
```

があることを確認する。16および10以上の数値がもともと入っていればそれでよい。

5. 動作チェックを行なっておこう。カレント・ディレクトリー（作業用のディレクトリーを作っておいた方がよい）に、GAMSライブラリーから、TRANSPORT.GMS（輸送問題）をコピーし、

```
GAMS TRANSPORT
```

とすると、インストールがうまくいっていれば、

```
TRANSPORT. LST
```

というファイルに結果をうちだしておいてくれる。最適値は、153.6750である。

6. なお、原因は不明であるが、GAMS-HERCULESをWINDOWS 2000およびWINDOWS XP上で実行するのは、困難であるようである。

7. HERCULES の入手可能性についての問い合わせ先は、以下。

ARKI Consulting & Development A/S  
Bagsvaerdvej 246 A  
DK-2880 Bagsvaerd  
Denmark

