

応用一般均衡分析入門

第 14 章：政府の導入 *

武田 史郎†

Date: 2024/01/28,

Version 4.0

目次

1	導入	2
2	政府	2
2.1	政府の活動	2
2.2	ここまでの政府の扱い	3
2.3	CGE モデルにおける政府の捉え方	3
2.3.1	基本的なアプローチ	3
2.3.2	一括の税 (トランスファー)	3
2.3.3	財政赤字	4
2.4	政府のデータ	5
2.4.1	政府消費のデータ	5
2.4.2	現実最終消費	5
2.4.3	税金のデータ	8
3	政府消費の導入方法	8
3.1	政府消費についての二つの決定	9
3.1.1	一般的な形式	9
3.1.2	よく利用される特定化	12
3.2	税のタイプと表現方法	12
3.2.1	従量税と従価税	12
3.2.2	市場価格と Agent 価格	13
3.3	政府消費の決定	14
3.3.1	A-1: 実質的な政府消費額を固定するケース	15
3.3.2	A-2: 政府の収入の変化に応じて政府消費額を変化させるアプローチ	15
3.3.3	二つのアプローチの比較	15
3.3.4	GTAP モデルのアプローチ	16

*このファイルの配布場所: <https://shirotakena.github.io/ja/research-ja/cge-howto.html>†所属: 京都産業大学経済学部. Website: <https://shirotakena.github.io/ja/>

4	モデル	17
4.1	A-1: 政府消費を固定するケース	17
4.2	A-2: 政府消費が自由に動くケース	18
5	利用する SAM	19
6	シミュレーション	20
6.1	カリブレーション	20
6.2	gov_model_A.gms のシミュレーション	21
6.2.1	シミュレーションのシナリオ	21
6.2.2	シミュレーション結果	23
6.3	gov_model_B.gms のシミュレーション	25
7	終わりに	27
	参考文献	27
8	履歴	27

1 導入

今回の内容について

- ここまで利用してきたモデルでは税金などの政策は考えたが、「政府」というものを明示的には扱っていなかった。
- 政府は政策をおこなう主体であるとともに、それ自身が様々なサービスを提供・消費する主体である。政府をどのように扱うかも CGE モデルにおいて重要な要素の一つとなるので、ここで「政府」について詳しくとりあげることにする。

2 政府

2.1 政府の活動

現代の社会では政府は様々な形で経済活動に関わっている。まず、様々な種類の課税によって税を徴収するとともに、様々な公共サービスの提供（供給）をおこなっている。また、社会保険料の徴収するとともに、社会保障サービスの提供もおこなっている。さらに、公共インフラの整備をおこなうとともに、経済活動に関わる様々な規制や政策を立案・実施する役割も果たしている。

以上のように多様な経済活動に関わる政府であるが、CGE 分析では主に次の 3 つの観点で政府を捉える。

- 規制・政策をおこなう主体
- 税等を通じて収入を得る主体
- 政府消費をおこなう主体

3つに分けて書いたが、規制や政策が税という形で行なわれる場合には1と2は重なる部分が多くなるように、3つが全く異なるものを指すというわけではない。また、3つの活動以外に非常に重要な政府の活動として「公共投資」を挙げる人もいるだろう。公共投資が経済的に非常に重要な意味を持つことは間違いないが、CGEモデルではそれを第13章で扱った「投資」に含めて考えることが多いので、この章での政府の役割からは除外することにする。

2.2 ここまでの政府の扱い

ここまでの章でも税金等の政策の効果を扱ってきた。税金は政府が導入するものであるから、その意味で政府を導入してきたとも言えるが、そこでは政府自身の活動である政府消費は考慮していなかった。また、税金の導入に伴ない税収が生じたが、政府自身の活動を考慮しないため、それをそのまま家計の所得に組み込むという扱いにし、政府の所得というものを明示的には考えなかった。

2.3 CGEモデルにおける政府の捉え方

2.3.1 基本的なアプローチ

現実には、政府は多様な活動に関わっており、政府と民間企業、家計の間には複雑な金銭、財・サービスの流れが存在している。そのような多様な活動、金銭、財、サービスの流れを詳細に考慮したモデルを構築することが望ましいが、そのためにはモデルを複雑化させる必要があるのと同時に、詳細なデータを作成する必要がある。しかし、そのようなモデルの複雑化や詳細なデータの構築には多大な労力、費用がかかることから難しいことが多い。

このような事情もあることから、CGE分析では分析の目的上どうしても詳細に扱う必要がある部分以外は政府の役割、活動をできる限り簡略化させてしまうことが多い。例えば、筆者はTakeda (2007) という研究において、CO₂の排出規制の導入に伴ない既存の税を変更するという「二重の配当」の分析をおこなっている。このような分析をおこなうには、既存の税をできる限り詳細にモデルに導入しておく必要があるため、所得税、法人税、消費税、社会保障負担についての詳細なデータを収集し、モデルに導入している。一方、Takeda et al. (2012)、Takeda et al. (2014)、Takeda et al. (2019) では排出規制の分析が主な関心であったので、所得税、法人税、消費税については特別なデータも集めず、モデルでも簡略な扱いしかしていない。

この第14章のシミュレーションでは仮想的なデータを使うので、データ収集の手間という問題はないが、実際にCGEモデルを作成する際には、そのような点も考慮し、政府の行動・政策のどこまでをモデルで考慮するかを考える必要がある。

2.3.2 一括の税（トランスファー）

上述のように、CGE分析では現実のお金、財・サービスの流れを簡素化して扱うことが多い。しかし、一方でCGEモデルでは家計の予算制約に加えて政府の予算制約も考慮し、それらの予算制約が満たされるようなデータ、モデルを構築する必要がある。このように一部のお金、財・サービスの流れを省略してしまうことによって、家計、政府の収入（所得）、支出の間に辻褄が合わな

い部分が生じてくる。

例えば、現実には家計側が社会保障負担として 100 億円支払うと同時に、政府が家計側に社会保障給付を 150 億円支払っているとすると、政府から家計にネットで見ると 50 億円分のお金の移転が存在することになる。しかし、モデルでは社会保障負担や社会保障給付を明示的に扱わないとすると（実際、社会保障負担や社会保障給付を明示的に扱っている CGE モデルは非常に少ない）、なんらかの形でこの 50 億円の移転を説明する必要がある。CGE モデルではこのようなときに、家計と政府の間の「一括 (lump-sum) の税やトランスファー (移転)」を導入することで処理することが多い。つまり、実際には社会保障負担や社会保障給付の結果として生じている政府から家計へのネットの 50 億円を政府から家計への一括のトランスファーとして処理をおこなっている。

第 7 章において日本のデータから SAM を作成したが、その際にも、現実の多様なお金、財・サービスの流れを省略したために最終的に家計、政府の間のお金の流れで説明できない残差が生じた。第 7 章ではそのような部分をまとめて政府から家計へのトランスファーとして処理をしたが、モデル内では一括のトランスファーとして扱うということである。

2.3.3 財政赤字

現実の多様なお金、財・サービスの流れを簡素化して扱うと説明したが、「財政赤字」についても同様である。具体的には、**多くの CGE モデルでは「財政赤字 (あるいは、黒字)」が存在せず、政府の財政収支が均衡していると想定する**。現在、日本は毎年巨額の財政赤字を計上し、債務を積み増している状態にある。政府債務の削減が日本政府の重要な課題の一つであり、実際の政策（例えば、消費税の増税）の導入も議論されている。その意味で、財政赤字は重要な要素であることは間違いないが、CGE 分析で財政赤字を明示的に分析することはほとんどないと言ってよい。

この一つの理由は、通常の CGE モデルでは財政赤字を適切に分析することが難しいためである。財政赤字を分析する際に重要な要素の一つは異時点間の予算制約、つまり、現在の債務を将来返還しなければならないという制約を考慮することであろう。マクロ経済学で利用するような動学的最適化に基づくモデルではこのような異時点間の予算制約を考慮しているが、CGE 分析で通常利用する、静学モデル、あるいは逐次動学モデルでは、そのような異時点間の予算制約を考慮することができない。もちろん、静学モデルであっても、形式上、財政赤字を入れることはできるのだが、一時点のみでの赤字を考えてもそれでは財政赤字の持つ意味の一側面しか捉えられないため意味のある分析をすることは難しい。

動学的最適化+異時点間の予算制約を組み込んだ CGE モデルを構築すれば財政赤字の分析も可能であるが、それには部門、財、地域の数削減したり、モデルを単純化する必要が生じ、それは CGE モデルを利用することの大きな利点を損うことになる。以上のように、通常の CGE モデルでは財政赤字を適切に分析することが難しいこともあり、財政赤字を分析の主眼とすることがほとんどないため、モデル上では財政赤字を存在しないものとして扱うことが多い。この章（及び後の章）でも基本的にそのような想定を置く。政府、家計、企業のお金のやりとりの残差を一括の財・トランスファーとして扱うと説明したが、その残差は財政収支が均衡しているという前提で導

かれる。

2.4 政府のデータ

モデルを考える前に、まず政府に関連するデータを確認しておこう。以下ではベンチマーク・データとして利用する産業連関表における政府消費、税のデータを概観する。

2.4.1 政府消費のデータ

まず政府消費のデータを見てみよう。表 1 は日本の 2015 年産業連関表の政府消費のデータである¹⁾。表では「政府消費」を「個別的消費支出」と「集会的消費支出」の二つに分けている。それぞれ次のようなものを指している。まず、「政府集会的消費支出」とは、政府が経済的に意味のない価格で提供する集会的なサービス（議会・警察などの社会全体に対するサービス）に関する支出のうち、政府自身が負担した費用のことである。一方、「政府個別的消費支出」は政府が経済的に意味のない価格で提供する個別的な財・サービス（教育・保健衛生などの個人に対する財・サービス）に関する支出のうち、政府自身が負担した費用を指す。

家計の消費と言った場合には文字通り家計が消費している額を計上するが、上の定義からわかるように、政府消費といっても政府が消費しているとは限らない。例えば、医療サービスを考えよう。家計は医療サービスを購入しているが、日本では家計が直接負担している費用は全体の費用の一部でしかなく、多くの費用を政府が負担している。その政府が負担している部分が「政府消費」に計上されている。あくまで家計が消費しているのであるが、その費用（の一部）を政府が負担している場合に、その額が政府消費に計上されるということである。

個別的消費の合計が約 64.4 兆円、集会的消費の合計が約 41.1 兆円で、合計は約 105.5 兆円となっている。内訳を見ると、ごく一部の財に集中していることがわかる。具体的には「公務」、「教育・研究」、「医療・福祉」の 3 つでほぼ 100% である。元々、「公務」は政府が提供している財を生産部門の一つとして計上しているものであるため、政府消費（政府の負担）が多いのは当然である。残りの二つについても活動の性質上政府消費が多いのは当然であろう。第 13 章において見たように投資についての一部の財に非常に集中しているのだが、政府消費はそれ以上に極端に集中しているということがわかる。

もう一つ、CGE 分析でよく利用される GTAP データにおける政府消費データも見てみよう。表 2 は 2014 年の GTAP10 データの政府消費のデータである（財の記号については GTAP のページを見て確認して欲しい²⁾）。OSG が「Public Administration and Defense」、EDU が「Education」であり、HHT が「Human health and social work activities」であるが、やはりこの 3 つでほぼ 100% を占めていることがわかる。

2.4.2 現実最終消費

第 2.4.1 節で、政府消費がどのようなものかを説明した。政府の消費支出には、個別消費支出と集会的消費支出があるということであったが、この政府消費の概念は「費用負担」に基づくもので

1) ここでは部門を 37 部門に統合している。日本の産業連関表について詳しくは 総務省 (2020) を見て欲しい。

2) https://www.gtap.agecon.purdue.edu/databases/v10/v10_sectors.aspx

表1：2015年産業連関表（37部門）における政府消費データ（単位：10億円）

	政府消費（個別）	政府消費（集合）	合計	シェア（%）
1 農林漁業	0.0	0.0	0.0	0.0
2 鉱業	0.0	0.0	0.0	0.0
3 飲食品	0.0	0.0	0.0	0.0
4 繊維製品	0.0	0.0	0.0	0.0
5 パルプ・紙	2.1	0.0	2.1	0.0
6 その他の製	0.0	0.0	0.0	0.0
7 化学製品	0.0	0.0	0.0	0.0
8 石油・石炭	0.0	0.0	0.0	0.0
9 プラスチック	3.9	0.0	3.9	0.0
10 窯業・土石	0.0	0.0	0.0	0.0
11 鉄鋼	0.0	0.0	0.0	0.0
12 非鉄金属	0.0	0.0	0.0	0.0
13 金属製品	0.6	0.0	0.6	0.0
14 はん用機械	0.0	0.0	0.0	0.0
15 生産用機械	0.0	0.0	0.0	0.0
16 業務用機械	0.2	0.0	0.2	0.0
17 電子部品	0.0	0.0	0.0	0.0
18 電気機械	0.0	0.0	0.0	0.0
19 情報通信機	0.0	0.0	0.0	0.0
20 輸送機械	0.0	0.0	0.0	0.0
21 建設	0.0	0.0	0.0	0.0
22 電力・ガス	0.0	0.0	0.0	0.0
23 水道	0.0	-212.4	-212.4	-0.2
24 廃棄物処理	0.0	783.7	783.7	0.7
25 商業	10.3	0.0	10.3	0.0
26 金融・保険	0.0	0.0	0.0	0.0
27 不動産	22.0	0.0	22.0	0.0
28 運輸・郵便	2.9	49.6	52.5	0.0
29 情報通信	36.2	0.0	36.2	0.0
30 公務	858.8	36,555.2	37,414.0	35.5
31 教育・研究	13,744.9	3,769.0	17,514.0	16.6
32 医療・福祉	49,753.7	148.6	49,902.3	47.3
33 他に分類さ	0.0	0.0	0.0	0.0
34 対事業所サ	0.0	0.0	0.0	0.0
35 対個人サー	0.0	0.0	0.0	0.0
36 事務用品	0.0	0.0	0.0	0.0
37 分類不明	0.0	0.0	0.0	0.0
合計	64,435.6	41,093.7	105,529.3	100.0

表 2 : GTAP9 の日本の政府消費データ (2011 年、単位: 100 万ドル)

	額	シェア (%)		額	シェア (%)
pdr	0.0	0.0	bph	7.7	0.0
wht	0.3	0.0	rpp	97.3	0.0
gro	0.0	0.0	nmm	0.0	0.0
v_f	3.2	0.0	i_s	0.0	0.0
osd	0.1	0.0	nfm	0.0	0.0
c_b	0.0	0.0	fmp	5.8	0.0
pfb	0.0	0.0	ele	0.7	0.0
ocr	0.0	0.0	eeq	0.3	0.0
ctl	0.0	0.0	ome	1.2	0.0
oap	22.6	0.0	mvh	15.0	0.0
rmk	57.3	0.0	otn	9.7	0.0
wol	0.2	0.0	omf	16.7	0.0
frs	0.2	0.0	ely	0.0	0.0
fsh	0.1	0.0	gdt	0.0	0.0
coa	0.0	0.0	wtr	7,250.3	0.8
oil	0.0	0.0	cns	0.5	0.0
gas	0.0	0.0	trd	90.9	0.0
oxt	0.0	0.0	afs	51.4	0.0
cmt	0.0	0.0	otp	98.0	0.0
omt	0.2	0.0	wtp	29.4	0.0
vol	0.0	0.0	atp	21.3	0.0
mil	0.3	0.0	whs	19.4	0.0
pcr	0.0	0.0	cmn	808.8	0.1
sgr	0.0	0.0	ofi	233.0	0.0
ofd	2,202.0	0.2	ins	0.0	0.0
b_t	0.0	0.0	rsa	659.2	0.1
tex	25.5	0.0	obs	88.8	0.0
wap	2.3	0.0	ros	117.4	0.0
lea	5.9	0.0	osg	345,030.0	37.5
lum	12.0	0.0	edu	150,416.0	16.3
ppp	0.0	0.0	hht	412,506.0	44.8
p_c	0.0	0.0	dwe	336.0	0.0
chm	50.0	0.0	Total	920,294.0	100.0

ある。つまり、誰がその支出を負担しているかという観点から消費を捉えるものである。

しかし、消費にはもう一つ「**現実最終消費**」という概念がある。これは消費を「**便益享受**」の観点、つまりその消費によって誰が便益を得るかという観点で捉えるものである。現実最終消費という概念では、「**民間（家計）の現実最終消費 = 通常民間（家計）の最終消費支出 + 政府の個別的消費支出**」であり、「**政府の現実最終消費 = 政府の集会的消費支出**」となる。つまり、「政府の個別的消費支出」の部分は民間の消費にカウントされることになる。なぜかという、政府の個別的消費支出は医療のように家計が消費主体であるものの一部の費用を政府が負担しているものであり、その便益を享受するのは家計であるからである。

CGE モデルにおいて消費を捉える際に「最終消費支出」ではなく、「現実最終消費」という分類を用いる、つまり「費用負担」ではなく、「便益享受」の観点で消費を捉えるのが適切かもしれないが、以下では普通に「費用負担」という観点で分類することにする³⁾。この問題についてはまた別のところで議論したい。

2.4.3 税金のデータ

次に税金のデータを見てみよう。現実には多様な税金が存在し、日本では特に「所得税」、「法人税」、「消費税」の3つが代表的な税金と言える。しかし、CGE 分析では税金に関連する分析をおこなうことを目的とする場合以外、ほとんどの税を省略してしまうことが多い。ただし、その場合であっても、基準データとして利用する産業連関表に含まれる税については考慮する必要がある。

以下では、(日本の) 産業連関表に含まれている税金のデータについて確認しよう。産業連関表には表3の税・補助金のデータが含まれている。基本的に間接税だけで、所得税、法人税等の直接税は含まれていない。また、消費税は含まれているが、独立した項目としては扱われておらず、付加価値部門の「間接税」と最終需要部門の「輸入品商品税」に他の税金と混ざった形で含まれている。従って、もし「所得税」、「法人税」、「消費税」等の税金の分析をおこないたいのなら、他のデータを組み合わせてデータを作成する必要がある。

表4が4つの税金・補助金のデータである。額として大きいのは「間接税」であり、約35.7兆円になる。これは間接税に、消費税、ガソリン税、固定資産税等、多様な税が含まれているからである。「関税」については日本が既に多くの財の貿易自由化を実現していることもあり、「飲食物品」、「繊維製品」以外は少なく、0のものも多い。「輸入品商品税」には輸入品に対して課される消費税が含まれることもあり、8.1兆円とそれなりの額になっている。

3 政府消費の導入方法

以下で政府消費をどのようにモデルに導入するかを説明するが、政府消費の導入方法は第13章で説明した投資の導入方法と共通する部分が多いため。特に、第3.1節は、第13章の「投資の配分」の説明における投資を政府消費に置き換えただけで全く同じと言ってよい。ただし、全体の政府消費額の決定の部分については、投資が民間の家計によっておこなわれるのに対し、政府消費

3) 筆者の Takeda (2007) では、現実最終消費の観点を取り、政府の個別的消費を家計の消費に対する補助金のように扱っている。

表 3：日本の産業連関表に含まれる税・補助金関連項目

部門	税	説明
最終需要部門	関税	最終需要の一項目（控除）。
最終需要部門	輸入品商品税	最終需要の一項目（控除）。具体的には、酒税、たばこ税、揮発油税、地方揮発、油税、石油ガス税、石油石炭税及び輸入品に係る消費税等
付加価値部門	間接税	付加価値部門の一項目。国税では、消費税、酒税、たばこ税、揮発油税、自動車重量税等が、地方税では地方たばこ税、固定資産税等が、税外負担では、各種手数料等が、間接税に相当する。
付加価値部門	経常補助金	付加価値部門の一項目（控除）。1) 産業に対して支払われるものであること、2) 産業の経常費用を賄うために交付されるものであること、3) 財・サービスの市場価格を低下させると考えられるものであることの3つの条件を満たす経常交付金が範囲。

は政府が税収等を用いておこなうという大きな違いがある。

3.1 政府消費についての二つの決定

モデルに政府消費を導入するには、どれだけ政府消費が行なわれるのかを決定する仕組みを考えなければいけないが、その決定は次の二つの段階に分けて考えることができる：1) 全体としての政府消費（額）の決定、2) 政府消費にどのような財が利用されるか（つまり、政府消費がどの財の購入に利用されるか）という決定。

以下ではこの二つの決定に分けて考えていく。

- 政府消費（額）全体の決定
- 政府消費の配分の決定

ここでは政府消費の決定のうちまず二段階目、つまり政府消費が各財にどのように配分されるかを考える。最初に一般的な形式のケースを説明し、その後、実際によく利用される特殊ケースを説明する。

3.1.1 一般的な形式

x_i^{GOV} を政府消費の財 i の購入量（財 i に対する政府消費需要）とし、さらに q^{GOV} を政府消費全体を表す数量指数（以下、「政府消費財」と呼ぶ）とする。一般的なケースではこの二つの間に以下のような関係があると想定する。

$$q^{\text{GOV}} = f^{\text{GOV}}(x_1^{\text{GOV}}, x_2^{\text{GOV}}, \dots, x_n^{\text{GOV}}) = \left[\sum_i \alpha_i^{\text{GOV}} (x_i^{\text{GOV}})^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} \right]^{\frac{\sigma}{\sigma-1}} \quad (1)$$

表4：2015年産業連関表（37部門）における税データ（単位：10億円）

	付加価値部門側			最終需要部門側		
	間接税 (A)	補助金 (控除) (B)	純間接税 (A- B)	関税 (C)	輸入品商品税 (D)	輸入に関する税 (C+D)
1 農林漁業	513.5	754.9	-241.4	46.3	207.8	254.1
2 鉱業	59.6	0.3	59.4	0.0	2,151.8	2,151.8
3 飲食物品	3,418.9	133.5	3,285.4	450.5	1,553.9	2,004.5
4 繊維製品	164.5	0.0	164.4	269.3	375.7	645.0
5 パルプ・紙・木製品	297.2	0.1	297.1	29.3	189.5	218.9
6 その他の製造工業製品	286.6	0.1	286.5	108.3	224.6	332.9
7 化学製品	574.7	0.1	574.7	51.7	569.6	621.4
8 石油・石炭製品	3,722.8	62.7	3,660.0	8.1	282.7	290.8
9 プラスチック・ゴム製品	502.6	0.1	502.5	55.8	144.6	200.5
10 窯業・土石製品	196.8	0.0	196.8	4.2	54.7	58.9
11 鉄鋼	436.4	0.1	436.3	2.3	77.4	79.7
12 非鉄金属	65.5	0.0	65.5	8.0	270.6	278.7
13 金属製品	339.3	0.1	339.2	7.4	92.1	99.4
14 はん用機械	84.6	0.1	84.6	0.0	114.0	114.0
15 生産用機械	132.2	0.1	132.1	0.0	150.1	150.1
16 業務用機械	91.9	0.0	91.8	0.7	156.2	156.9
17 電子部品	136.1	0.1	136.0	0.0	309.2	309.2
18 電気機械	83.1	0.1	83.1	0.1	349.6	349.8
19 情報通信機器	73.2	0.0	73.2	0.0	474.2	474.2
20 輸送機械	-82.0	0.3	-82.3	0.0	333.1	333.1
21 建設	2,246.8	292.0	1,954.8	0.0	0.0	0.0
22 電力・ガス・熱供給	828.7	7.9	820.8	0.0	0.0	0.0
23 水道	202.8	225.5	-22.7	0.0	0.0	0.0
24 廃棄物処理	93.6	0.0	93.6	0.0	0.0	0.0
25 商業	3,974.9	47.0	3,927.9	0.0	0.0	0.0
26 金融・保険	746.7	526.1	220.6	0.0	0.0	0.0
27 不動産	3,986.7	23.0	3,963.7	0.0	0.0	0.0
28 運輸・郵便	2,454.8	149.1	2,305.7	0.0	0.0	0.0
29 情報通信	1,622.5	0.7	1,621.8	0.0	7.3	7.3
30 公務	73.9	0.0	73.9	0.0	0.0	0.0
31 教育・研究	617.9	142.8	475.1	0.0	0.0	0.0
32 医療・福祉	986.0	765.5	220.5	0.0	0.0	0.0
33 他に分類されない会員制団体	152.6	100.3	52.3	0.0	0.0	0.0
34 対事業所サービス	3,591.4	3.7	3,587.8	0.0	0.0	0.0
35 対個人サービス	2,908.8	0.3	2,908.5	0.0	0.7	0.7
36 事務用品	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
37 分類不明	82.1	23.7	58.4	0.0	0.0	0.0
合計	35,668.0	3,260.4	32,407.6	1,042.4	8,089.5	9,131.9

ただし、 f^{GOV} は各財を政府消費財に合成するための CES 関数である。つまり、各財を投入することで生産物を生み出す、あるいは、各財を投入することで投資財を生産することと同様に、**各財を投入することで「政府消費財」が生み出される**という想定をおこなうということである。

そして、政府消費財の水準が決まった（つまり、全体としての政府消費の水準が決定された）という状況での各財への政府消費需要は、支出を最小化するように決定すると想定する。つまり、以下の問題を解くようにして各財への政府消費需要が決定するということである。

$$\min_{\mathbf{x}^{\text{GOV}}} \left[\sum_i p_i x_i^{\text{GOV}} \mid f^{\text{GOV}}(\mathbf{x}^{\text{GOV}}) = q^{\text{GOV}} \right]$$

これは、生産において各財への投入需要が費用を最小化するように決定され、消費において各財への消費需要が支出を最小化するように決定されることと形式上全く同じである。

ここでは政府消費財の合成関数に一次同次関数を仮定しているので、政府消費財生産の単位費用 c^{GOV} を定義できる。

$$c^{\text{GOV}} \equiv \min_{\mathbf{x}^{\text{GOV}}} \left[\sum_i p_i x_i^{\text{GOV}} \mid f^{\text{GOV}}(\mathbf{x}^{\text{GOV}}) = 1 \right]$$

これは政府消費財一単位を得る（生産する）のに必要な費用を表している。

さらに、 f^{GOV} の定義より、単位費用関数は結局次のような形式になる。

$$c^{\text{GOV}} = \left[\sum_i (\alpha_i^{\text{GOV}})^{\sigma} (p_i)^{1-\sigma} \right]^{1-\sigma} \quad \{c^{\text{GOV}}\}$$

政府消費の単位費用関数が定義できれば、Shephard's lemma より財 i に対する単位政府消費需要（政府消費財一単位を得るのに必要な財 i の量）が次式で与えられる。

$$a_i^{\text{GOV}} = \frac{\partial c^{\text{GOV}}}{\partial p_i} = \left[\frac{\alpha_i^{\text{GOV}} c^{\text{GOV}}}{p_i} \right]^{\sigma} \quad \{a_i^{\text{GOV}}\}$$

これを使うと財 i に対する総政府消費需要を $a_i^{\text{GOV}} q^{\text{GOV}}$ と表現できる。

また、政府消費財の価格を p^{GOV} としたとき、政府消費財の生産量（つまり、政府消費の水準）は

$$\max_{q^{\text{GOV}}} \pi^{\text{GOV}} = p^{\text{GOV}} q^{\text{GOV}} - c^{\text{GOV}} q^{\text{GOV}}$$

という政府消費財生産の利潤最大化問題によって決定される。これは通常の財の生産量が利潤最大化で決定されることと同じである。

上の利潤最大化問題の条件は

$$p^{\text{GOV}} - c^{\text{GOV}} = 0 \quad \{q^{\text{GOV}}\}$$

であるので、この条件が満たされるように q^{GOV} が決まるということである。

3.1.2 よく利用される特定化

ここまで f^{GOV} を (1) 式のような CES 関数と仮定してきた。しかし、**実際の CGE モデルでは f^{GOV} をレオンチェフ関数と仮定することがほとんどである。**つまり、以下のような関数形を想定する。

$$f^{\text{GOV}}(x_1^{\text{GOV}}, x_2^{\text{GOV}}, \dots, x_n^{\text{GOV}}) = \min \left[\frac{x_1^{\text{GOV}}}{\bar{a}_1^{\text{GOV}}}, \dots, \frac{x_n^{\text{GOV}}}{\bar{a}_n^{\text{GOV}}} \right] \quad (2)$$

ただし、 \bar{a}_i^{GOV} は一単位の政府消費財を生産するのに必要な財 i の量（つまり、投入係数）である。これは政府消費のためには全ての財が固定比率で利用されるということである。

f^{GOV} が (2) 式であるとする、これまで求めた政府消費財生産の単位費用、及び単位政府消費需要は次式になる。

$$c^{\text{GOV}} = \sum_i p_i \bar{a}_i^{\text{GOV}}$$

$$a_i^{\text{GOV}} = \frac{\partial c^{\text{GOV}}}{\partial p_i} = \bar{a}_i^{\text{GOV}}$$

3.2 税のタイプと表現方法

3.2.1 従量税と従価税

税のタイプとして、「一単位当たりの税額を設定する従量税」と「価格（額）に対して一定率で設定する従価税」の二つがある。現実の税では、従量税、従価税が場合によって使い分けられているが、CGE モデルではほとんどのケースで従価税しか扱わない。現実には従量税である税でもモデル上では従価税の形で導入することがほとんどである。従量税を用いない理由は、CGE モデルにおける数量が現実の数量と厳密に対応しているわけではなく、指数としての意味しか持たないことが多いためである。例えば、タバコに対する税を考えよう。タバコ税はタバコ一本当たりの税額が設定された従量税である。よって、タバコ税の税額を考えるにはタバコの数量（本数）の情報が必要になる。しかし、実際の数量ではなく、単なる指数としての数量（例えば、最初の時点での値を 100 に規準化した数量）しか情報がなければ税額を計算しようがない。

第 8 章で SAM データからパラメータのカリブレーションをおこなう方法を説明したが、その際 CGE 分析では Harberger convention を用いる、つまり基準均衡における価格を 1 と置くことが多いことも言及した。「金額＝価格 × 数量」という関係が存在するときに、価格を 1 と置くということは、結局、ベンチマークデータの「金額＝数量」とみなすということである。つまり、Harberger convention を用いるということは、モデル上の価格や数量の水準が現実の価格や数量とは全く異なることを意味することになる。このように CGE 分析における「数量」が本当の意味での数量ではなく、規準化されたという指標という意味での数量でしかないことから、数量を基準にして税をかけるという従量税を適切には扱うことができないのである。

[注]

ただし、これは CGE 分析で従量税が扱えないということではない。例えば、CGE モデルにおいて従量税として扱うことが多いものとして、CO₂ の排出量に応じて税金をかけるという「炭素税」がある。ただし、炭素税を扱うには、SAM データとして通常の金額のデータだけではなく、CO₂ 排出量のデータも用意する必要がある。

3.2.2 市場価格と Agent 価格

上述のように、基本的に従価税を扱うが、その従価税には二つの表現方法がある。

- 市場価格を基準とする表現
- Agent 価格を基準とする表現

例えば、第 5 章のモデルでは労働に対する税を導入していた。そこでは労働税率、市場価格の労働価格（賃金）、企業が支払う労働価格（第 8 章の用語で言うと Agent 価格の労働価格）に次のような関係が成り立った。

企業が支払う (Agent 価格の) 労働の価格 = (1 + 労働税率) × 市場価格の労働の価格

労働の市場価格を p^L 、労働への従価税率を t^L 、労働の Agent 価格を \tilde{p}^L とすると上の関係は次式のように表現できる。

$$\tilde{p}^L = (1 + t^L)p^L \quad (3)$$

つまり、このような想定では「市場価格 × 税の係数 = Agent 価格」という関係、つまり市場価格に対し税に関連する係数がかけられ Agent 価格になるという関係になっている。このような表現方法を「市場価格を基準にした表現」と呼ぼう。

一方、生産の産出側で生産物に税が導入されているケースでは、市場価格 p^Y が Agent 価格 \tilde{p}^Y よりも高くなるので、市場価格と Agent 価格が入れ替わり

$$p^Y = (1 + \tau^Y)\tilde{p}^Y \quad (4)$$

となる。(3) 式と似ているが、この場合「市場価格 × 税の係数 = Agent 価格」ではなく「Agent 価格 × 税の係数 = 市場価格」となっているので、先程と同じような言い方をすると、「Agent 価格を基準にした表現」になっている。

もし生産側でも市場価格を基準にした形、つまり「市場価格 × 税の係数 = Agent 価格」とするには

$$\tilde{p}^Y = (1 - t^Y)p^Y \quad (5)$$

というように税を導入すればよい。

どちらを選択するかはあくまで形式上の問題で、モデルが変わってくるわけではない。というのは、(4)、(5) 式から導ける

$$p^Y = (1 + \tau^Y)(1 - t^Y)p^Y \quad \rightarrow \quad t^Y = \frac{\tau^Y}{1 + \tau^Y}$$

という関係を用いると、二つの形式の税を互いに変換することができるからである。例えば、(4) 式の形式で $\tau = 0.2$ の税金を導入することは、(5) の形式において

$$t^Y = \frac{0.2}{1+0.2} = 0.166667$$

の税を導入することと全く同値である。

このように形式上はどちらの形式で税を入れるのもいいのだが、以下では、「市場価格を基準にした表現」、つまり「市場価格 × 税の係数 = Agent 価格」という表現に統一するため、生産に対する税を考えるとときに (5) 式の表現を用いることにする⁴⁾。

(3) 式のように労働に税金がかかっているとすると、このとき、 l を労働投入量とすると (3) より

$$\tilde{p}^L l = p^L l + t^L p^L l \quad \rightarrow \quad t^L = \frac{\tilde{p}^L l - p^L l}{p^L l} = \frac{\text{労働税額}}{\text{市場価格の労働投入額}} \quad (6)$$

となる。ベンチマークデータから労働税額と市場価格の労働投入額の値はわかるので、(6) 式でベンチマークデータにおける労働税率を計算することができる。

同様に、(5) 式より

$$\tilde{p}^Y y = p^Y y - t^Y p^Y y \quad \rightarrow \quad t^Y = \frac{\tilde{p}^Y y - p^Y y}{p^Y y} = \frac{\text{生産税額}}{\text{市場価格の生産額}}$$

となるので、これからベンチマークの生産税率を計算できる。後のシミュレーションでは、基準均衡において既に労働税や生産税が導入されているので、上の関係式によってベンチマークの税率を計算している。

3.3 政府消費の決定

ここまで政府消費の各財への配分を考えた。ここでは、政府消費全体がどう決まるかを考える。政府消費の決定については様々な考え方があるのだが、ここでは以下の 2 つのアプローチを紹介する。

- A-1: 実質的な政府消費額を固定するアプローチ
- A-2: 政府の収入の変化に応じて政府消費額を変化させるアプローチ

政府の所得を m^{GOV} とすると、次のような表現になる。

$$m^{\text{GOV}} = T + p^{\text{GOV}} \tau^{\text{LUMP}}$$

ただし、 T は一括税以外の様々な税の税収を表し、 $p^{\text{GOV}} \tau^{\text{LUMP}}$ は一括税の税収を表している⁵⁾。 τ^{LUMP} が実質的な一括税の水準を表しており、それを金額表示に直すために政府消費財 p^{GOV} を利用している。言い換えれば、ここでは一括税の量は「政府消費財」と同じ単位で表されている

4) 生産に対する税と同様に (5) 式の形式が適用される例として所得税がある。所得税は収入から税が差し引かれるので、「労働者にとっての賃金 (Agent 価格の賃金) = (1 - 所得税率) × 市場価格の賃金」という関係になる。

5) 場合によっては $\tau^{\text{LUMP}} < 0$ となる、つまり一括税ではなく、政府から家計への一括のトランスファーになる場合もある。実際、第 15 章でのシミュレーションではそのようなケースを想定している。

ということである。 p^{GOV} ではなく、別の価格を用いてもいいが、ここではとりあえず p^{GOV} を利用しておく⁶⁾。 $p^{\text{GOV}}\tau^{\text{LUMP}}$ が政府の所得に加わるのとは逆に一括税を支払う家計の所得からは $p^{\text{GOV}}\tau^{\text{LUMP}}$ が差し引かれることになる。

政府は所得を用いて政府消費をおこなう。 $m^{\text{GOV}}/p^{\text{GOV}}$ が政府消費財への需要になるので、政府消費財の市場均衡式は

$$q^{\text{GOV}} = \frac{m^{\text{GOV}}}{p^{\text{GOV}}} \quad \{p^{\text{GOV}}\} \quad (7)$$

で与えられ⁷⁾、この関係で政府消費財の価格 p^{GOV} が決まる。

3.3.1 A-1: 実質的な政府消費額を固定するケース

これは政府消費財への需要が外生的に固定されているというケースである⁸⁾。外生的に与えられる需要量を \bar{q}^{GOV} とすると、次式のような条件を加えるということである。

$$q^{\text{GOV}} = \bar{q}^{\text{GOV}} \quad \{\tau^{\text{LUMP}}\} \quad (8)$$

しかし、一方で q^{GOV} については(7)式も満たさねばならない。そこでどうするかというと、(8)式が満たされるように一括税の変数 τ^{LUMP} が調整されるという想定を置く。つまり、政府消費が外生的に与えられる水準に等しくなるように、一括税の水準を調整するということである。このアプローチでは、政府の(一括税以外の)税収が変わったとしても、政府消費を一定に保つように、一括税の水準が調整されてしまうということである。例えば、消費税を増税した場合、消費税収によって税収が増加するが、その分一括税が減少する方向に調整され、政府消費が一定に保たれることになる。

\bar{q}^{GOV} の値としては基準データにおける政府消費額を用いることが多い。よって、このアプローチでは(実質的な)政府消費額が基準均衡から変わらないという想定を置くことになる。

3.3.2 A-2: 政府の収入の変化に応じて政府消費額を変化させるアプローチ

このアプローチでは、A-1とは逆に政府の収入の変化に応じて政府消費額を変化させる。具体的には、このアプローチでは一括税の水準 τ^{LUMP} を固定することになる。 τ^{LUMP} を固定するため政府の所得が変化すれば、それに応じて政府消費も変化することになる。例えば、消費税を増税した場合、消費税収によって税収が増加するので、政府消費も増加するという結果になる。

3.3.3 二つのアプローチの比較

第13章の投資のケースでも総投資決定について複数のアプローチがあり、それぞれ長短があり、一概にどれがよいとは言えないことは見た。この政府消費決定のアプローチについても同様であ

6) 詳しい話は省略するが、A-1という想定を置くケースではどの財の価格を用いても同じ結果になる。

7) 我々のモデルは実物モデルであるので、 $p^{\text{GOV}}\tau^{\text{LUMP}}$ という表現からわかるように、一括税といっても厳密にはお金が移動するのではなく、政府消費財が τ^{LUMP} だけ家計から政府に移動するという形になる。これは家計が τ^{LUMP} だけ政府消費財を供給し、政府が τ^{LUMP} だけ政府消費財を需要することを意味するので、厳密には市場均衡条件の左右両辺に τ^{LUMP} が加わるのであるが、それはちょうどキャンセルアウトされてしまうので省略している。

8) 投資を固定するモデルにおいて実質的な投資 q^{INV} を固定したのと同様に、ここでも実質的な政府消費 q^{GOV} を固定する。

り、A-1、A-2 のどちらがいいとか一概には言えない。しかし、投資のモデルにおいて投資が可変的と想定した場合には消費にのみ依存する効用によって厚生への効果を判断することは不適切であったのと同様に、政府消費を考慮したモデルでも政府消費が可変的と想定した場合（つまり、A-2 のアプローチを採用した場合）、（民間の）消費のみに依存する効用を厚生 の尺度として用いることは不適切になる。理由は投資の議論のときと同様で、例えば、民間消費が減少する場合であっても、政府消費が増加していれば、必ずしも社会全体として厚生が悪化したとは言えないにも関わらず、民間消費のみを考慮した効用を尺度にすると厚生が悪化したと判断してしまうからである。

仮に A-2 のように政府消費を可変だとするならば、効用（厚生）が政府消費にも依存するように変更した方がよい。実際、GTAP モデル (Hertel 1999) では政府消費は可変であるが、効用が政府消費に依存しており、政府消費と民間消費が逆に動くような場合でも、効用（厚生）の判断ができるようにしている。

後のシミュレーションでも、A-2 のアプローチをとった場合に民間消費にのみ依存した効用で厚生を測ることが問題となることを確認する。

3.3.4 GTAP モデルのアプローチ

GTAP モデルの効用関数について言及したので、参考までに GTAP モデルのアプローチを紹介しておこう。

まず、GTAP モデルでは（民間の）家計、政府という区別はなく、家計も政府も含めた「地域家計 (regional household)」という主体を想定する。所得についても家計と政府を区別せず、生産要素所得、税金を全て含んだ「地域家計の所得」で考える。この「地域家計」が効用関数を持っており、それは民間消費 (private consumption)、貯蓄 (savings)、政府消費 (government consumption) の Cobb-Douglas 関数と仮定されている。つまり、地域家計の効用を u 、民間消費を q^C 、貯蓄を q^S 、政府消費を q^{GOV} とすると次のような関数だということである。

$$u = \phi (q^C)^{\alpha_C} (q^S)^{\alpha_S} (q^{GOV})^{\alpha_G}$$

ただし、 α は $\alpha_C + \alpha_S + \alpha_G = 1$ のパラメータである。

民間消費、貯蓄、政府消費の価格をそれぞれ p^C 、 p^S 、 p^{GOV} とし、地域家計の所得を m を置くと、Cobb-Douglas 効用関数より次式が成り立つ。

$$\frac{p^C q^C}{m} = \alpha_C \quad \frac{p^S q^S}{m} = \alpha_S \quad \frac{p^{GOV} q^{GOV}}{m} = \alpha_G$$

つまり、民間消費、貯蓄、政府消費への支出のどれもシェアが一定になるということである。

このような想定を置いているため、GTAP モデルでは消費も貯蓄も政府消費も全て変動するようになっている。ただし、効用を民間消費だけではなく、貯蓄、政府消費にも依存するようにしているため、その効用水準によって厚生の変化を測ることができる。GTAP モデル以外にこのような想定を置いているモデルは多くないが、GTAP モデルはよく知られた、そしてよく利用される CGE モデルであるので、その想定について覚えておくとよい。GTAP モデルについては、また多地域モデルを扱うところで、詳しくとりあげたい。

4 モデル

第5章や第8章で利用したモデルに政府を導入する。第3.3節の A-1 と A-2 の二つのモデルを作成する。

4.1 A-1: 政府消費を固定するケース

まず、A-1 のモデルの均衡条件式は次式で与えられる。

$$c_i = \left[\sum_j (\alpha_{ji}^x)^{\sigma_i} (p_j)^{1-\sigma_i} + (\alpha_i^v)^{\sigma_i} (p_i^{va})^{1-\sigma_i} \right]^{\frac{1}{1-\sigma_i}} \quad \{c_i\}_{i=1, \dots, n} \quad (9)$$

$$c_i^{va} = \left[\sum_f (\beta_{fi}^v)^{\sigma_i^v} [(1+t_{fi}^F)p_f^F]^{1-\sigma_i^v} \right]^{\frac{1}{1-\sigma_i^v}} \quad \{c_i^{va}\}_{i=1, \dots, n} \quad (10)$$

$$c_i - (1-t_i^Y)p_i = 0 \quad \{y_i\}_{i=1, \dots, n} \quad (11)$$

$$c_i^{va} - p_i^{va} = 0 \quad \{v_i^a\}_{i=1, \dots, n} \quad (12)$$

$$a_{ji}^x = \left[\frac{\alpha_{ji}^x c_i}{p_j} \right]^{\sigma_i} \quad \{a_{ji}^x\}_{i,j=1, \dots, n} \quad (13)$$

$$a_i^v = \left[\frac{\alpha_i^v c_i}{p_i^{va}} \right]^{\sigma_i} \quad \{a_i^v\}_{i=1, \dots, n} \quad (14)$$

$$x_{ij} = a_{ij}^x y_j \quad \{x_{ij}\}_{i,j=1, \dots, n} \quad (15)$$

$$a_{fi}^F = \left[\frac{\beta_{fi}^v}{(1+t_{fi}^F)p_f^F c_i^{va}} \right]^{\sigma_i^v} \quad \{a_{fi}^F\}_{i=1, \dots, n, f=1, \dots, m} \quad (16)$$

$$v_{fi} = a_{fi}^F v_i^a \quad \{v_{fi}\}_{f=1, \dots, m, i=1, \dots, n} \quad (17)$$

$$e = \left[\sum_j (\gamma_j)^{\sigma^c} [(1+t_j^C)p_j]^{1-\sigma^c} \right]^{\frac{1}{1-\sigma^c}} u \quad \{e\} \quad (18)$$

$$d_i = \left[\frac{\gamma_i(e/u)}{(1+t_i^C)p_i} \right]^{\sigma^c} u \quad \{d_i\}_{i=1, \dots, n} \quad (19)$$

$$c^{\text{GOV}} = \sum_i p_i \bar{a}_i^{\text{GOV}} \quad \{c^{\text{GOV}}\} \quad (20)$$

$$c^{\text{GOV}} - p^{\text{GOV}} = 0 \quad \{q^{\text{GOV}}\} \quad (21)$$

$$y_i = \sum_j a_{ij}^x y_j + d_i + \bar{a}_i^{\text{GOV}} q^{\text{GOV}} \quad \{p_i\}_{i=1, \dots, n} \quad (22)$$

$$v_i^a = a_i^v y_i \quad \{p_i^{va}\}_{i=1, \dots, n} \quad (23)$$

$$\bar{v}_f = \sum_i a_{fi}^F v_i^a \quad \{p_f^F\}_{f=1, \dots, m} \quad (24)$$

$$q^{\text{GOV}} = \frac{m^{\text{GOV}}}{p^{\text{GOV}}} \quad \{p^{\text{GOV}}\} \quad (25)$$

$$m^{\text{GOV}} = \sum_i t_i^C p_i^C d_i + \sum_{i,f} t_{fi}^F p_f^F v_{fi} + \sum_i t_i^Y p_i y_i + p^{\text{GOV}} \tau^{\text{LUMP}} \quad \{m^{\text{GOV}}\} \quad (26)$$

$$m = \sum_f p_f^F \bar{v}_f - p^{\text{GOV}} \tau^{\text{LUMP}} \quad \{m\} \quad (27)$$

$$e = m \quad \{u\} \quad (28)$$

$$q^{\text{GOV}} = \bar{q}^{\text{GOV}} \quad \{\tau^{\text{LUMP}}\} \quad (29)$$

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

税金としては、生産要素の投入に対する財（生産要素税）、消費に対する税（消費税）、生産物に対する税（生産税）と調整項としての一括税がある。一括税を除いて全て従価税であり、生産要素税の税率は t_{fi}^F 、消費税の税率は t_i^C 、生産税の税率は t_i^Y で表されている。

(11) 式は生産の利潤最大化条件であるが、生産税の存在により企業の Agent 価格（企業が受ける額としての価格）は $(1 - t_i^Y)p_i$ となる。(20) 式は政府消費財の単位費用関数である。合成関数に Leontief 関数を仮定しているの、各財の価格の線形結合の形式になる。(21) 式は政府消費財生産の利潤最大化条件であり、この条件によって政府消費財の生産量 q^{GOV} が決まる。(22) 式は財の市場均衡条件であるが、需要として政府消費のための需要 ($\bar{a}_i^{\text{GOV}} q^{\text{GOV}}$) が入ってきている。(25) 式の左辺は政府消費財の供給量（生産量）、右辺は需要量であり、全体として市場均衡条件を表している。この条件で政府消費財の価格 p^{GOV} が決まる。

(26) 式は政府の所得の定義式である。これまでは政府を明示的には考えていなかったため、政府の所得という変数は現れなかったが、ここでは政府の所得を明示的に扱う。生産要素税、消費税、生産税の収入に一括税の収入を加えたものが政府の所得となる。(27) 式は家計の所得（厳密には消費に支出できる可処分所得）である。家計の所得は、生産要素所得から一括税を差し引いた額となる。ここではまず実質的な政府支出を固定するモデルを考える。(29) 式がその条件であり、この条件が満たされるように一括税の水準 τ^{LUMP} が調整されることになる。

最後の p^u は効用の価格（一単位の効用を得るのに必要な費用）である。消費のための財の価格に基づいて計算される価格指数であるので、「消費者物価指数」に相当するもので、後のシミュレーションで価格をデフレートするのに利用している⁹⁾。

4.2 A-2: 政府消費が自由に動くケース

政府消費が税収の変化に応じて自由に動くケースでは、(29) 式の代わりに、次式が導入され、一括税の水準が外生的な値 ($\bar{\tau}^{\text{LUMP}}$) に固定されることになる。

$$\tau^{\text{LUMP}} = \bar{\tau}^{\text{LUMP}} \quad \{\tau^{\text{LUMP}}\}$$

他は A-1 と変わらない。

表 5：SAM データ

		Sector	Sector	Sector	Factor	Factor	Goods	Goods	Goods	Other	Other	Policy	Policy	Policy	Agent	Agent	Sum
		AGR	MAN	SER	LAB	CAP	AGR	MAN	SER	CON	GCN	LAB	CAP	ITX	HH	GOV	
Sector	AGR	0	0	0	0	0	200	0	0	0	0	0	0	0	0	0	200
Sector	MAN	0	0	0	0	0	0	410	0	0	0	0	0	0	0	0	410
Sector	SER	0	0	0	0	0	0	0	310	0	0	0	0	0	0	0	310
Factor	LAB	50	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	250
Factor	CAP	60	140	70	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	270
Goods	AGR	30	20	30	0	0	0	0	0	120	0	0	0	0	0	0	200
Goods	MAN	20	60	50	0	0	0	0	0	260	20	0	0	0	0	0	410
Goods	SER	20	40	20	0	0	0	0	0	130	100	0	0	0	0	0	310
Other	CON	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	510	0	510
Other	GCN	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	120	120
Policy	LAB	10	20	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50
Policy	CAP	0	20	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30
Policy	ITX	10	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30
Agent	HH	0	0	0	250	270	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	520
Agent	GOV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	50	30	30	10	0	120
Sum		200	410	310	250	270	200	410	310	510	120	50	30	30	520	120	0

5 利用する SAM

ここでは、シミュレーションで利用する SAM の説明をおこなう。表 5 が SAM のデータである。SAM では二段階のインデックスを用いており、第 12 章での SAM と似ている。異なるのは主に以下の点である。

まず、第 12 章では貿易を考慮したが、ここでは考慮しないため輸出向け供給と国内向け供給の配分をおこなうための DE というインデックスがなくなる。また、ここでは政府を考えるので、経済主体として家計 (HH) に加え、政府 (GOV) が追加され、さらに消費として民間消費 (CON) だけではなく、政府消費 (GCN) も加わる。GCN の列は政府消費に利用される財への支払いを表している。MAN を 20、SER を 100 政府消費のために利用しているということになる。一方、GCN の行は政府消費財がどこに供給されるかを表している。データでは 120 の政府消費財を政府 (GOV) が購入している。

第 12 章では基準均衡において何も政策が行われていないという想定であったので、SAM には政策に関する部分は現れなかったが、ここで税金の流れを表す Policy というインデックスが加わっている。Policy には LAB、CAP、ITX の 3 つの要素が含まれているが、それぞれ生産における労働課税、資本課税、生産税を表している。モデルではこれら以外に消費税も考慮するが、消費税は基準均衡において税率がゼロという想定であるので、SAM には現れない。

Sector.AGR の列で Policy.LAB に 10 が計上されているが、これは AGR 部門の労働投入に対して 10 の税金がかけられているということである。同様に、Sector.AGR の列で Policy.ITX に 10 とあるのは、AGR 部門の生産に 10 の税金がかけられているということである。この SAM のデー

9) 「消費者物価指数」に相当すると書いたが、現実の消費者物価指数は「ラスパイレ型」の価格指数であり、ここでの p^u と全く同じわけではない。

タから基準均衡における従価税率を計算できる。まず、労働への税率は以下のようになる。

$$t_{LAB,AGR}^F = \frac{\text{労働税額}}{\text{市場価格での労働への支払額}} = \frac{10}{50} = 0.2$$

同様に、生産税率は次式で計算できる。

$$t_{AGR}^Y = \frac{\text{生産税額}}{\text{市場価格での生産額}} = \frac{10}{200} = 0.05$$

Policy の列は徴収された税金がどこに還流するかを表しているが、3つの税金とも全て GOV の行に計上されている。つまり、税金は全て政府の収入になるということである。

最後に、Agent.GOV 行と Agent.HH 列のセルに 10 が計上されている。これは家計から政府に 10 だけ支払われているということである。この部分が 2.3 節で説明した調整項であり、ここに 10 を入れることで政府の予算制約（財政収支）、家計の予算制約が満たされ、SAM がバランスするようにしている。モデルではこの部分は家計に対する一括税として扱われている。

6 シミュレーション

ここでは第 4 節のモデルを利用して、シミュレーションをおこなってみる。シミュレーション用のプログラムは gov_model_A.gms と gov_model_B.gms の二つである。ただし、この二つを実行するには、data_create.gms を実行し、chap_14_SAM_example.xlsx から SAM のデータを作成しておく必要がある。

6.1 カリブレーション

シミュレーションのプログラムではこれまでと同様に、生産関数、効用関数等のシェアパラメータのカリブレーションをおこなう必要があるが、税金を考慮しているときには一つ注意が必要である。

例えば、(16) 式内の β_{fi}^v というパラメータであるが、税金がない第 12 章では

$$\beta_{fi}^v = \frac{(\bar{a}_{fi}^F)^{1/\sigma_i^v} \bar{p}_f^F}{\bar{c}_i^{va}}$$

でカリブレーションすることができたが、ここでは

$$\beta_{fi}^v = \frac{(\bar{a}_{fi}^F)^{1/\sigma_i^v} (1 + \bar{t}_{fi}^F) \bar{p}_f^F}{\bar{c}_i^{va}}$$

のように変更しなければいけない。カリブレーションの際に利用する価格は経済主体の直面する価格（Agent 価格）を用いなければいけないため、SAM において税金が存在する場合には市場価格を Agent 価格に修正しなければいけないということである。

また、これまでと異なる部分として、ベンチマークにおける単位費用の値の設定がある。これまででは Harberger convention に従い全ての市場価格のベンチマークの値を 1 と置き、さらに利潤最大化条件より「価格＝単位費用」が成り立つので、単位費用の値も結局 1 に等しくなっていた。今回も基本的には同じであるが、一箇所だけ 1 と置けない部分が出てくる。それは生産の単位費用

である。というのは、(11) 式より $\bar{p}_i = 1$ と置いてしまうと、 \bar{c}_i を 1 と置くことができなくなってしまうからである。他の単位費用のベンチマーク値は全て 1 としているが、生産の単位費用のみ

$$\bar{c}_i = (1 - \bar{t}_i^Y) \bar{p}_i = 1 - \bar{t}_i^Y \neq 1$$

という値になる。

6.2 gov_model_A.gms のシミュレーション

シミュレーションではモデルとして A-1 と A-2 の両方を利用する。A-1 では政府消費が常に基準均衡の値で保たれるように一括税の額が調整される。一方、A-2 では、一括税の値が一定に保たれ、政府の所得の変化に応じて政府消費の量も変化する。

6.2.1 シミュレーションのシナリオ

表 6: gov_model_A.gms のシナリオ

シナリオ名	説明
bench	基準均衡を解くシナリオ。
scn_ca	MAN に 20% の消費税を導入するシナリオ。
scn_cb	全ての財に 20% の消費税を導入するシナリオ。
scn_ra	(一括税を除いた) 全ての税金を撤廃するシナリオ。
scn_rb	AGR 部門の労働への課税のみ撤廃するシナリオ。
scn_sub	生産税を生産補助金に変更するシナリオ。

表 6 はシミュレーションのシナリオである。まず、bench が基準均衡を解くシナリオであり、他のシミュレーションでは変数の値がこの基準均衡の値からどれだけ変化するかを分析する。二番目の scn_ca は MAN に 20% の消費税を導入するシナリオである。基準均衡では消費には全く税金がないが、そこに MAN のみであるが税を導入するケースである。scn_cb も消費税を導入するケースであるが、こちらは全ての財に一律 20% の消費税を導入するシナリオである。

scn_ra は基準均衡で存在している生産要素への税、生産物への税を全て撤廃するシナリオである。A-1 ではこれらの税の撤廃に対し一括税が増えるという調整がおこなわれるが、A-2 ではそのまま税収の大きな減少となる。scn_rb は AGR 部門の労働への課税のみ撤廃するシナリオである。最後の scn_sub は生産税を撤廃し、生産補助金を導入するシナリオである。新たに導入する生産補助金の率は 10% を想定している。

ここで利用しているモデルは完全競争で市場の失敗も存在しないモデルであるため、基本的には自由放任によってパレート効率的な状態が実現するはずである。従って、税や補助金は存在しない方が望ましい結果をもたらすはずであるが、実際にそうなるかシミュレーションで確認する。

表 7: gov_model_A.gms の結果

A-1					
	scn_ca	scn_cb	scn_ra	scn_rb	scn_sub
q_gov	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
p_gov	-9.01	-16.67	-0.69	1.52	0.11
tax_lump	-496.15	-1020.00	1100.00	106.41	1084.22
u	-0.22	0.00	0.06	-0.05	-0.20
y_man	-2.85	0.00	0.92	-0.66	2.27
y_agr	3.27	0.00	0.41	2.43	5.50
y_ser	1.88	0.00	0.94	-0.52	2.54
c_man	-4.46	0.00	0.20	-0.75	-0.89
c_agr	4.63	0.00	-0.66	2.36	1.26
c_ser	4.59	0.00	0.44	-0.81	-0.12

A-2					
	scn_ca	scn_cb	scn_ra	scn_rb	scn_sub
q_gov	38.01	71.37	-91.67	-9.07	-91.91
p_gov	-8.84	-16.38	-1.12	1.47	-0.33
tax_lump	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
u	-9.09	-16.70	21.43	2.07	21.23
y_man	-6.08	-6.54	9.29	0.15	10.47
y_agr	-2.26	-9.84	12.92	3.69	18.33
y_ser	9.91	15.40	-18.76	-2.48	-17.22
c_man	-12.90	-16.59	21.42	1.34	20.19
c_agr	-4.69	-16.73	20.57	4.53	23.05
c_ser	-4.82	-16.89	22.26	1.32	21.69

6.2.2 シミュレーション結果

表7がシミュレーション結果である。上側がモデル A-1、下側がモデル A-2 であり、表の数値は基準均衡からの各変数の変化率 (%) を表している。q_gov が政府消費財の生産量 (q^{GOV})、p_gov が (効用の価格でデフレートした) 政府消費財の価格 (p^{GOV}/p^u)、tax_lump が一括税 (τ^{LUMP})、u が効用 (u)、y_ 付きの変数は生産量 (y_i)、c_ 付きの変数は消費量 (d_i) である。

まず、A-1 のケースを見ていこう。scn_ca では MAN に消費税が導入されるため、MAN の消費量と生産量が減少している。そして、消費税収が増加するため、その分一括税の水準が減少している。100% を越える減少率になっているのは、消費税の税収により、一括税がマイナスの値に変化している (つまり、政府から家計へのトランスファーに変わっている) ためである。家計の効用は低下し、税の導入が効率性を引き下げていることが確認できる。

scn_ca で効用が低下するのだから、他の財にも消費税が加わる scn_cb ではさらに大きく効用が低下することになると予想するかもしれない。しかし、結果を見ればわかるように、scn_cb では、消費量も生産量も効用水準も基準均衡と全く変わらない。消費に税が導入されたにもかかわらず消費量も生産量も効用水準も全く変わらないという結果を意外に思うかもしれないが、ここで利用しているモデルを前提とすれば当然の結果である。

全ての財に同率で消費税を導入した場合、家計 (消費者) から見て各財の価格は同率で上昇することになり、相対的な価格は全く変わらない。従って、(CES 関数という相似拡大的な効用関数を前提にすると) 各財の消費量を同率で減少させようとする。一方、消費税の税収が政府に入るが、政府消費一定という仮定より、新たな収入をそのまま家計に返還する (一括税を減税する) ことになる。消費税で徴収された額と等しい収入の増加があるので家計は消費量を増加させるが、やはり相似拡大的な効用関数より、全ての財の需要が同率で増加することになる。結局、価格の上昇による需要の減少をちょうど相殺するだけ所得の増加による需要量の増加が生じるので、消費量、生産量、効用などの実質的な変数の値は全く変わらない結果になる。

このシミュレーションの結果は、我々が利用している実物的なモデルの重要な特徴、つまり、実物モデルでは相対価格に影響を与えるような政策でなければ意味を持たないという特徴をよく表している。scn_ca では一つの財のみに消費税が導入されたため、消費者から見て各財の相対価格が変化することになる。その結果、消費者は需要の構成を変化させることになり、それがさらに生産量等に影響を与えることとなった。一方、全ての財への同率での消費税の導入は相対価格に全く影響を与えないため、消費者、生産者とも影響を受けないことになる。ただし、これは一律の消費税が常に効果をもたないということではない。例えば、効用関数が消費だけではなく、余暇にも依存しているケースでは、一律の消費税であっても消費税の導入が消費と余暇の相対価格に影響を与えることになるので、消費量、生産量等が変化することになる。いずれにせよ、現実には何らかの効果をもたらすことが当たり前の政策であっても、実物モデルでは効果が生じないことがあるので、モデルや政策シナリオの設定を考える場合には注意する必要がある。

次に、全ての税金を撤廃する scn_ra の結果を見てみよう。税金を全て撤廃し、その代わりに一括税を増税することで効用は上昇していることがわかる。これは**生産税、生産要素税等を用いて税金を徴収するよりも、一括税を用いた方が望ましい**ということであり、経済学の理論ではよく知られた結果である。すなわち、生産税や生産要素税は生産や生産要素の投入という行動にリンクされ

た税であるため、税の導入により行動が歪められるのに対し¹⁰⁾、一括税は企業や家計の行動とリンクしていないので行動が歪められるという効果が生じない。このため、他の税と異なり一括税は効率性を損う効果が生じないという結果である。scn_ra では歪みをもたらす税から歪みをもたらさない一括税に変えるという政策がおこなわれているので、効用が上昇しているのである。

scn_ra では全ての生産要素税、生産税の撤廃（一括税への置き換え）を分析したが、scn_rb では生産要素財の中の AGR 部門の労働課税のみを撤廃するというシナリオを分析している。全ての撤廃で効用が上昇することはわかったが、全てではなく一部の撤廃でも効用の上昇をもたらすのではないかと思われるが、結果からわかるように、効用は低下してしまっている。つまり、全ての税の撤廃が効率性の上昇をもたらすケースであっても一部のみの撤廃は逆に効率性を悪化させてしまう可能性があるということである。

最後の、生産補助金を導入するというシナリオ scn_sub でも効用は低下している。生産税の導入が効率性を悪化させるのと同様に、生産補助金も効率性を悪化させる。それは、生産補助金によって、過剰に生産が行なわれるようになるからである。

次に A-2 のモデルのシミュレーション結果を見よう。ただし、第 3.3.3 節で説明したように、A-2 のモデルについては（消費のみに基づく）効用の水準によって政策の善し悪しを測ることに問題がある。これは、政府消費が変動する A-2 では、政策導入による効率性への影響の効果に加えて、「政府から家計」、あるいは「家計から政府」という所得移転の効果が入ってくるからである。

scn_ca では消費税により税収が増加するため政府消費が 4.6% と大きく増加するが、その代わりに効用が 9.1% も減少している。同じ政策が A-1 では 0.2% の効用の減少しかもたらさなかったのに対し、A-2 では 9.1% も増加させているということは、9.1% の減少のほとんどは「家計から政府への所得の移転」という効果によるものであることを示唆している。

同様に A-1 では scn_cb が全く効果をもたらさなかったのに対し、A-2 では大きい効果をもたらしている。これは、A-1 では税収が結局家計に還流していたのに対し、A-2 ではそのまま政府消費にとられてしまうからである。この A-2 の 16.7% という効用の変化の全てが「家計から政府への所得の移転」によるものである。

scn_ra では税金を撤廃するので、税収が大きく減少し、その結果、政府消費が 9 割も減少してしまう。しかし、税金が少なくなった分、民間消費は大きく増加し、効用も 9% も増加する。残りの scn_rb、scn_sub についても税金を下げる、あるいは補助金を増加させる政策であるので、政府支出は減り、効用が増加している。

以上のように、A-2 という想定の下では税金、あるいは補助金の効率性への効果よりも、「家計→政府」、「政府→家計」の間の所得移転の効果はるかに大きくなってしまうため、民間消費に基づく効用 (u) によって効率性を測るという分析がほとんど無意味になってしまう。仮に、A-2 のケースで厚生への影響を測りたいのなら、効用を民間消費だけではなく、政府消費にも依存するように変更し、民間消費だけではなく、政府消費も考慮した厚生尺度を作成する必要がある。

10) 税がかかった生産物の生産量が減ったり、税がかかった投入物の投入量を減らしたりするという行動のことである。

6.3 gov_model_B.gms のシミュレーション

次に gov_model_B.gms のシミュレーションを説明しよう。gov_model_B.gms も基本的なモデルは gov_model_A.gms と全く同じであり、単に分析している政策シナリオが異なるだけである。

gov_model_B.gms では経済学の分析でよくおこなわれる税金の効率性の比較をおこなっている。税には様々な種類があるが、税の種類によってその効率性への影響も変わってくる。同じ税収入を確保するのなら、最も歪みが少ない効率的な税を利用することが望ましい。gov_model_B.gms では、各税を別の税で置き換えたときに効用が改善するか、悪化するかで、どちらの税が望ましいかを分析している。ここでは、各税の効率性の比較をしたいので、モデルとしては A-1 の方しか利用しない。

表 8: gov_model_B.gms のシナリオ

シナリオ名	説明
bench	基準均衡を解くシナリオ。
scn_lump	一括税以外の税を撤廃し、一括税に置き換えるシナリオ。
scn_con	一括税を撤廃し、消費税に置き換えるシナリオ。
scn_lab	一括税を撤廃し、労働税に置き換えるシナリオ。
scn_cap	一括税を撤廃し、資本税に置き換えるシナリオ。
scn_out	一括税を撤廃し、生産税に置き換えるシナリオ。

表 8 が分析するシナリオである。scn_lump は基準均衡における一括税以外の税（具体的には、生産税と生産要素税）を撤廃し、それを一括税に置き換えるというシナリオである。これは gov_model_A.gms の A-1 の scn_ra と同じシナリオである。もし、これで効用が改善すれば、同じ税収入を得るには生産税と生産要素税よりも一括税を利用する方が効率的で望ましいということになる（実際にその通りになることは既に見たが）。

scn_con は一括税を撤廃し、その代わりに消費税を使うというシナリオである。もし、これで効用が改善すれば、一括税よりも消費税の方が効率的で望ましいということになる。残りの scn_lab、scn_cap、scn_out も全て一括税を別の税に置き換えるというシナリオである。効用が上昇するか低下するかで、どちらの税が望ましいかを判断することができる。

なお、消費税については全ての財に同率の税（つまり、 $t_i^C = t^C$ ）を想定するが、その他の税については、ベンチマークの税率を比例的に変化させるという方法をとっている。例えば、scn_cap では一括税を撤廃する代わりに資本税を増税するが、その際に

$$t_{CAP,i}^F = \bar{t}_{CAP,i}^F \xi$$

の ξ というパラメータを変化させることで、 $\bar{t}_{CAP,i}^F$ を比例的に変化させているということである。

表 9 が分析結果である。モデル A-1 を利用しているのでどのシナリオでも政府消費財の生産は不変である。まず、scn_lump は先程見た通り、効用は上昇する。つまり、基準均衡で利用されている生産税、生産要素税の組み合わせよりも、一括税を利用することが効率的ということである。

表 9: gov_model_B.gms の結果

A-1	scn_lump	scn_con	scn_lab	scn_cap	scn_out
q_gov	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
p_gov	-0.69	-1.92	0.00	0.30	-0.07
tax_lump	1100.00	-100.00	-100.00	-100.00	-100.00
u	0.06	0.00	0.00	-0.03	-0.02
y_man	0.92	0.00	0.00	-0.25	-0.11
y_agr	0.41	0.00	0.00	0.65	-0.90
y_ser	0.94	0.00	0.00	-0.10	-0.27
c_man	0.20	0.00	0.00	-0.27	0.19
c_agr	-0.66	0.00	0.00	0.64	-0.48
c_ser	0.44	0.00	0.00	-0.17	-0.02

scn_con では効用は全く変化していない。これはこのモデルでは「一括税と消費税が同値の税」ということを意味する。つまり、実質的に同じ税ということである。これは先程既に確認したことである。このモデルでは全ての財に一律の消費税は実質的な効果を何をもたらさないということであった。これは言い換えれば、一括税と同じということであり、そのため一括税を消費税で置き換えても何も変わらないのである。

次の scn_lab でも効用は全く変化していない。実はこのモデルでは労働課税も一括税と同じ税になっているのである。表 5 の SAM を見て欲しい。3 つの部門の労働投入額と労働税額を見れば、全ての部門の労働税率が 20% で等しいことがわかるであろう。

同率の消費税と同様、同率の労働税では部門間での労働の相対価格が変わらない。また、部門内で他の生産要素、投入物との相対価格は変化しうるのだが、このモデルでは労働供給が外生的に固定されているため、税がかかった分と同じだけ労働の市場価格が低下し、労働の Agent 価格がどの部門でも変わらなくなってしまう。以上のような効果により、労働課税が全く何の変化ももたらさないということになっているのである。結局、労働課税は、消費税、一括税と同値になり、一括税を労働課税で置き換えても消費量、生産量、効用が全く変化しないということになる。

一方、一括税を資本課税で置き換える scn_cap では効用が低下している。これは一括税よりも資本課税が非効率であることを意味している。先程、労働課税は全ての部門で一律になっている（さらに、労働供給が固定されている）ため実質的な効果を持たないと説明した。これに対し、資本課税は一律の税率になっていないため歪みをもたらす効果がある。その結果、一括税よりも非効率な税となり、一括税を資本課税で置き換えると効用が低下するのである。仮に資本課税についてもベンチマークの税率が一律であれば、労働課税 (scn_lab) と全く同じ結果になる。

最後の scn_out でも効用は低下している。これは一括税よりも生産税の方が非効率적ということである。生産税も企業の行動に影響を及ぼす税（行動に歪みをもたらす税）であるので、これは当然の結果である。

以上、個別に一括税と各税を比較してきたが、これまでの結果から税同士の比較もできる。例えば、scn_cap と scn_out を比較すると、前者の方が効用の低下率が大きい。これは資本課税と生産税を比較すると後者の方が効率的であるということを示唆している。ただし、この比較はベンチ

マークの税率を比例的に変化させるという前提での比較であり、比例的に変化させるのではなくればどちらが効率的という結果も変わってくる可能性が高いので注意して欲しい。

7 終わりに

本章では、CGE モデルにおける政府の扱いについて説明した。政府は、規制をおこなう主体、税等を通じて収入を得る主体、公共投資、政府消費をおこなう主体など様々な観点で捉えることができるが、ここでは特に政府消費をどのように扱うかを中心に扱っている。

参考文献

- Hertel, T. W. (1999). *Global Trade Analysis: Modeling and Applications*. Ed. by T. W. Hertel. New York: Cambridge University Press. URL: <http://econpapers.repec.org/RePEc:cup:cbooks:9780521643740> (visited on 04/01/2011) (cit. on p. 16).
- Takeda, S. (2007). “The Double Dividend from Carbon Regulations in Japan”. In: *Journal of the Japanese and International Economies* 21.3, pp. 336–364. DOI: [10.1016/j.jjie.2006.01.002](https://doi.org/10.1016/j.jjie.2006.01.002) (cit. on pp. 3, 8).
- Takeda, S., T. H. Arimura, and M. Sugino (2019). “Labor Market Distortions and Welfare-Decreasing International Emissions Trading”. In: *Environmental and Resource Economics* 74.1, pp. 271–293. DOI: [10.1007/s10640-018-00317-4](https://doi.org/10.1007/s10640-018-00317-4). (Visited on 04/09/2020) (cit. on p. 3).
- Takeda, S., T. H. Arimura, H. Tamechika, C. Fischer, and A. K. Fox (2014). “Output-Based Allocation of Emissions Permits for Mitigating the Leakage and Competitiveness Issues for the Japanese Economy”. In: *Environmental Economics and Policy Studies* 16.1. Resources for the Future Discussion Paper Series, RFF DP 11-40, pp. 89–110. DOI: [10.1007/s10018-013-0072-8](https://doi.org/10.1007/s10018-013-0072-8). (Visited on 03/05/2014) (cit. on p. 3).
- Takeda, S., T. Horie, and T. H. Arimura (2012). “A Computable General Equilibrium Analysis of Border Adjustments under the Cap-And-Trade System: A Case Study of the Japanese Economy”. In: *Climate Change Economics* 03.01, p. 1250003. DOI: [10.1142/S2010007812500030](https://doi.org/10.1142/S2010007812500030). (Visited on 06/29/2013) (cit. on p. 3).
- 総務省（編）（2020）『平成 27 年（2015 年）産業連関表 - 総合解説編 -』, URL: https://www.soumu.go.jp/toukei_toukatsu/data/io/015index.html (cit. on p. 5).

8 履歴

- 2023-04-29: 誤植の修正。
- 2022-01-21: 説明の追加・修正。データのアップデート。

-
- 2018-07-20: 説明の追加・修正。
 - 2017-03-15: 最初の原稿。