

GTAP9 と GTAP-Power データベースの特徴

武田 史郎、山崎 雅人、川崎 泰史、吉岡 真史

July 2016



内閣府経済社会総合研究所
Economic and Social Research Institute
Cabinet Office
Tokyo, Japan

ESRI Research Note は、すべて研究者個人の責任で執筆されており、内閣府経済社会総合研究所の見解を示すものではありません（問い合わせ先：<https://form.cao.go.jp/esri/opinion-0002.html>）。

ESRI リサーチ・ノート・シリーズは、内閣府経済社会総合研究所内の議論の一端を公開するために取りまとめられた資料であり、学界、研究機関等の関係する方々から幅広くコメントを頂き、今後の研究に役立てることを意図して発表しております。

資料は、すべて研究者個人の責任で執筆されており、内閣府経済社会総合研究所の見解を示すものではありません。

The views expressed in “ESRI Research Note” are those of the authors and not those of the Economic and Social Research Institute, the Cabinet Office, or the Government of Japan.

GTAP9 と GTAP-Power データベースの特徴

武田史郎¹、山崎雅人²、川崎泰史³、吉岡真史⁴

目次

- 1 はじめに
- 2 GTAP9 データの特徴
 - 2.1 GTAP9 本体における変更
 - 2.2 電力部門の細分化
- 3 CO₂ 排出量データの乖離
- 4 まとめと今後の課題

1 京都産業大学経済学部教授

2 名古屋大学減災連携研究センター・地域社会減災計画 寄附研究部門助教

3 内閣府経済社会総合研究所上席主任研究官

4 内閣府経済社会総合研究所上席主任研究官

1. はじめに

地球温暖化に関しては、昨年 11 月 30 日から 12 月 12 日にかけてフランスの首都パリで開催された国連気候変動枠組条約第 21 回締約国会議 (COP21) において、「パリ協定」(UNFCCC, 2015) が全会一致で採択された。「京都議定書」に代わる、2020 年以降の温室効果ガス削減等のための新たな国際的枠組みで、歴史上はじめて、すべての国が目標を掲げて対策に取り組む合意である。年末に開催された地球温暖化対策推進本部の資料では、協定のポイントとして以下の点をあげている。

- ・ 世界共通の長期目標として 2°C 目標⁵の設定。1.5°C に抑える努力を追及することに言及。
- ・ 主要排出国を含むすべての国が削減目標を 5 年ごとに提出・更新。
- ・ すべての国が共通かつ柔軟な方法で実施状況を報告し、レビューを受けること。
- ・ 適応の長期目標の設定、各国の適応計画プロセスや行動の実施、適応報告書の提出と定期的更新。
- ・ イノベーションの重要性の位置付け。
- ・ 5 年ごとに世界全体の実施状況を確認する仕組み (グローバル・ストックテイク)。
- ・ 先進国が資金の提供を継続するだけでなく、途上国も自主的に資金を提供。
- ・ 我が国提案の二国間クレジット制度 (JCM) も含めた市場メカニズムの活用を位置付け。

協定については、有馬 (2016) における高い評価をはじめ、堀 (2015) では「地球温暖化対策における歴史的な一歩」などと評価する意見が見られる一方で、交渉過程が各国の国益を反映して "a trade agreement, nothing more" だと評価する Goldtooth (2015) のような見方もある。また、比較的早い時期にこの合意の影響を定量的に試算した研究成果として、Springmann et al. (2016) があり、世界の 155 地域を対象に産業革命前からの気温上昇が今世紀末に 4°C 以上になるケースでは、温暖化がない場合に比べ 2050 年時点の 1 人 1 日あたりの摂取エネルギーが 99 キロカロリー減少し、同時に野菜や果物は 14.9 グラム、肉類が 0.5 グラム減るため、肥満などからくる生活習慣病も減るが、野菜や果物不足と低体重による死亡者数の方が上回る結果、死亡者の純増は世界全体で 529 千人増えると推定している。一方、COP21 の合意に基づいて、気候変動が今世紀末の気温上昇を 2 度未満に抑える経路に沿って進む場合、他の公衆衛生プログラムとの組み合わせ次第で、環境関連死亡数が 29-71% 減少すると試算している。しかしながら、温暖化の効果は直ちに現れるわけではなく、Robbins (2016) の指摘する通り、かなり長い視野で取り組む必要があることは事実であろう。

温暖化の大きな要因が化石燃料の燃焼にあり、その削減にはエネルギー関係の技術革新

⁵ 世界的な平均気温上昇を産業革命以前に比べて 2°C より十分低く保つこと。協定の条文の概要は Appendix 1 を参照。

や産業構造の転換が求められることから、温暖化対策と経済との相互作用を分析する必要がある。グローバルな課題についての定量的な経済分析については、GTAP (Global Trade Analysis Project) がスタンダードな分析ツールとして定着している。名前が示しているように GTAP は貿易分析のために開発された一般均衡モデルで、各国の産業連関表と世界の貿易マトリクスを統合的に結び付けたデータベースは、グローバルな分析に欠かせない共有財産となっている。さらに、貿易分析だけでなく様々なグローバルな課題を分析できるよう、各種サテライト勘定等のデータベースが順次提供されてきている。地球温暖化に関連するものに絞って言うと、まず、GTAP データベースの第 5 版から、産業連関表部分と統合的なエネルギー消費量及びエネルギー起源 CO₂ 排出量のデータが、次いで第 6 版からはメタン、代替フロン等の非 CO₂ 温室効果ガス排出量と農林業の土地利用データが作成されている。土地利用データは、国連食糧農業機関 (FAO : Food and Agriculture Organization) 等が開発した農業生態系の概念⁶で農林業への土地に係る要素投入を分類し、耕地・草地・森林等の面積、穀物の収穫量と有機的に関連させたデータベースとなっている。そして、昨年 5 月にリリースされた最新の第 9 版 (以下、GTAP9) では、電力部門を発電方式等により細分化した電力サテライト勘定 (GTAP-Power Database) が新たに作成された。

世界全体の CO₂ 排出量の約 4 割を占める電力部門を細分化することは、温暖化に関してより含意ある分析をできる可能性を高めることから、本稿では電力サテライト勘定を含む GTAP9 データの特徴を解説することとする。

2. GTAP9 データの特徴

GTAP9 データについての詳しいドキュメントは GTAP のホームページで提供されている⁷。今回のアップデートにおける主な変更点は、1) 新しい参照年のデータが追加、2) 地域の分類の細分化、3) 労働のタイプの細分化の 3 つである。以下ではまずこれらの変更点について説明した後、電力部門の細分化について取り上げる。

2.1. GTAP9 本体における変更

2.1.1. 新しい参照年の追加

GTAP データでは一つのデータが一つの参照年 (reference year) に対応している。GTAP8 データでは 2004 年と 2007 年の二つの年を参照年とするデータが含まれていたが、GTAP9

⁶ 気候帯、降水量等に基づく分類で農林関係の生産力を計測するのに適している。GTAP の土地利用データでは 18 の AEZ (Agro-Ecological Zones) に分かれている。なお、第 9 版に対応した土地利用データはまだ公表されていない。

⁷ https://www.gtap.agecon.purdue.edu/databases/v9/v9_doco.asp

では新たに 2011 年のデータが追加された。新しい参照年のデータが追加されるとともに、全体として 3 年分のデータが提供されることとなった。

通常、CGE 分析では将来行われる可能性のある政策を分析するので、ベンチマーク・データとしては政策が実施される状況にできるだけ近い新しい参照年のデータを利用することが一般に望ましい。よって、通常の CGE 分析をおこなうには新しく追加された 2011 年のデータを利用すればよいが、直近の参照年がトレンドから外れた特殊な状況を表しているような場合はあえて古い参照年のデータを利用するということも考えられる。また、ベンチマーク・データの変化がシミュレーション結果にどのような影響を与えているかを確認するために、複数の参照年のデータを用いて同じようなシミュレーションを行ってみる場合もある。

GTAP データの参照年について一つ注意すべき点がある。それは参照年が本当の意味でのデータの時期を表しているわけではないという点である。つまり、参照年が 2011 年となっていたとしても、それが本当の意味で 2011 年のデータを表しているわけではないということである。これは GTAP データの作成方法に理由がある。GTAP データは各国の産業連関表のデータを集め、それを基に作成されているが、その基にする各国のデータの年は国によって異なっている。実際、2016 年 3 月時点で GTAP に提供されている最新の産業連関表は、例えば日本については 2005 年のものであり、オーストラリアは 2009 年のものである。どちらの国についても 2011 年のデータが提供されているわけではない。従って、2011 年が参照年の GTAP データが 2011 年の産業連関表を基に作成されているわけではないことになる。

GTAP データは各国から集められた様々な年の産業連関表を、ある一つの年のマクロデータ（GDP、民間消費、政府消費、投資等）に合うようにスケール調整して利用している。データの参照年とはそのマクロデータをとっている年のことであり、基になる産業連関表のデータそのものの年を表しているわけではないことに注意する必要がある。

特に日本については 2011 年を参照年とする GTAP9 データの持つ意味に注意する必要がある。日本に関しては今のところ GTAP9 で利用されている産業連関表データは 2005 年版であるので元々 2011 年とは異なっている。それでも 2011 年の経済が 2005 年から大きく乖離している可能性が小さければ、2011 年の経済を十分正確に表現しているとみなしてもよいかもしれない。しかし、2011 年は東日本大震災に見舞われた年であり、部門や財によってはそれまでの経済のトレンドからは外れている可能性がある。従って、GTAP9 の最新の参照年が 2011 年であるからといって、それが実際の日本の 2011 年の状態を表したデータになっているとは限らない。GTAP9 の 2011 年を参照年としたデータを用いて日本の分析をする際にはその点に留意する必要がある。

2.1.2. 地域の細分化

GTAP データではバージョンが上がる際に地域の分類が細分化されることが多いが、GTAP9 へのバージョンアップでも細分化がされている。元々、GTAP8 で 129、GTAP8.1 で 134 であった地域数が、GTAP9 では 140 に増加している。GTAP8 から GTAP8.1 で追加された地域はベニン、ブルキナファソ、ギニア、トーゴ、ルワンダであり、今回のバージョンアップで追加されたのはブルネイ、ヨルダン、ドミニカ、ジャマイカ、トリニダードトバゴ、プエルトリコの 6 地域である。新しく追加された地域はどれも非常に小さい国であるので、先進国における政策を分析するという点については細分化が進んだことのメリットはほとんどないと言える⁸。また、地域の細分化は行われているが、部門の分類については 57 部門のままで変わっていない。

2.1.3. 労働の細分化

GTAP データには生産要素の投入データも含まれており、生産要素は非熟練労働 (unskilled labor)、熟練労働 (skilled labor)、資本 (capital)、土地 (land)、天然資源 (natural resource) の 5 つに分類されていたが、GTAP9 ではさらに労働の分類が細分化され 5 つの分類となった (表 2-1 の分類)。使われている分類は 2008 年国際標準職業分類 (ISCO-08) コードの 10 大分類を 5 つに分類しなおしたものである。

表 2-1 : GTAP9 データにおける労働の分類

記号	説明
off_mgr_pros	Officials and Mangers legislators (ISCO-88 Major Groups 1-2) 管理職及び専門職
tech_aspros	Technicians and associate professionals 技術者及び準専門的職業従事者
clerks	Clerks 事務的職業従事者
service_shop	Service and market sales workers サービス職業従事者、及び市場での販売従事者
ag_othlowsk	Agricultural and unskilled workers (Major Groups 6-9) 農業従事者、及び非熟練労働者

労働のデータの分割には ILO の労働データが利用されており⁹、表 2-2 は GTAP9 の 2011 年の労働データについて、日本における各部門の労働のタイプ別の支払シェア (労働に対す

⁸ このような規模の小さな国は先進国の政策を分析する際には他の国に統合してしまうことが多いためである。

⁹ 分割の手法については Walmsley and Carrico (2013) に詳しく説明されている。

る全支払における各タイプへの支払のシェア)を表している。部門は 57 部門存在しているが、部門毎に異なった値をとっているわけではなく、一定のグループ内で共通している。例えば、農林水産業のグループの中では全ての部門でシェアは同じ値をとっている。このようになるのは、各部門のタイプ別支払額を直接求めるのではなく、労働のタイプ別の支払シェアの値を決定し、それを基に支払額を決定するという方法をとっているからである。農林水産業や製造業のグループでは ag_othlowsk のシェアが高いのに対し、サービス関係の部門では off_mgr_pros、clerks、service_shop が高く、運輸通信、金融では tech_aspros のシェアが過半を占める。

多くの部門で共通の支払シェアが仮定されているなど、労働のタイプ別の支払額はかなり粗い推計に基づいていると言える。日本については職種別の従業員数など、より詳細なデータが入手可能であるので、GTAP の労働のタイプ別のデータを改善する余地があると考えられる。

表 2-2 : 日本の労働のタイプ別支払シェア (%)

部門 ¹⁰	tech_aspros	clerks	service_shop	off_mgr_pros	ag_othlowsk
農林水産業 : pdr, wht, gro, v_f, osd, c_b, pfb, ocr, ctl, oap, rmk, wol, frs, fsh	4.0	0.8	1.5	1.9	91.9
鉱業 : coa, oil, gas, omn	26.5	4.3	7.5	5.6	56.1
製造業 : cmt, omt, vol, mil, pcr, sgr, ofd, b_t, tex, wap, lea, lum, ppp, p_c, crp, nmm, i_s, nfm, fmp, mvh, otn, ele, ome, omf	16.4	7.5	0.2	18.2	57.6
公益事業 : ely, gdt, wtr	41.1	5.4	4.5	16.3	32.7
建設 : cns	7.0	5.2	0.2	9.6	78.0
商業 : trd	19.8	38.3	16.7	6.8	18.4
運輸通信 : otp, wtp, atp, cmn	76.9	5.3	2.0	7.9	7.9
金融 : ofi, isr	50.6	38.8	0.6	9.9	0.2
事業所サービス : obs	32.1	23.5	3.8	33.5	7.1
娯楽・その他サービス : ros	19.4	12.6	48.6	17.1	2.3
公共サービス・住宅 : osg, dwe	17.6	0.3	16.3	62.3	3.5

2.2. 電力部門の細分化

これまでの GTAP データでは電力（発電）に関する部門は一つの電力部門に統合されて

¹⁰ 表で利用されている部門の記号については Appendix 2 を参照。

いた。GTAP9 についても本体のデータは同じであるが、電力部門が細分化された GTAP-Power Database がサテライトデータとして提供されるようになった。電力部門を細分化して扱うことには幾つかのメリットがある。まず、CO₂を排出する発電方法と排出しない発電方法を区別して分析できるという点である。同じ発電であっても温暖化対策という観点からは CO₂を排出しない原子力、再生可能エネルギー（太陽光、風力、地熱）が重要な意味を持つが、電力部門を一つに扱ってしまうと火力発電から原子力や再生可能エネルギーへのシフトという現象を適切に分析することは難しい。

表 2-3 は世界全体の電源構成シェアを示している。2005 年には 73%あった火力のシェアが、2011 年には 68%に低下していることからわかるように、世界全体での発電のうち火力発電以外のシェアが徐々に増加してきている。このような状況を的確にとらえるには火力と火力以外を分けて扱う必要がある。

表 2-3：世界の発電の電源構成（発電電力量のシェア；%）

	2011 年	2005 年
火力	68.0	73.1
原子力	11.7	17.8
水力	15.8	6.2
地熱・風力他	2.6	1.3
可燃再生・廃棄物	1.9	1.7
合計	100.0	100.0

出所：日本エネルギー経済研究所「エネルギー・経済統計要覧」

さらに火力発電の中での細分化も重要である。電力部門において温暖化対策の規制対象となるのは火力発電であるが、火力発電といっても燃料種（石油、石炭、ガス）によって CO₂排出量は大きく異なってくる。このため火力の構成を変化させるだけでも CO₂排出量が大きく変わってくる。実際、米国ではシェールガス革命による発電における石炭からガスへのシフトで CO₂排出量が大きく減少することとなった¹¹。このような火力発電内におけるシフトの影響を分析するには、火力発電を燃料種によって分割しなければならない。

以上のように温暖化対策を分析する際に発電部門を発電方法別に分割することには大きなメリットがある。そのため、これまでも GTAP データにおける発電部門を細分化するというような作業を多くの研究者がおこなっていたが¹²、今回のアップデートにより GTAP

¹¹ 米国の電力部門からの CO₂排出量は 2005 年の 24 億トンから 2014 年には 20 億トンに減少している（U.S. Energy Information Administration のデータ）。

¹² 例えば、武田他（2015）では GTAP8 データの電力部門を独自に細分化したデータを用いた分析がおこなわれている。GTAP データの部門の細分化方法については武田他（2015）や山崎（2012）が詳しい。

自体が細分化されたデータを提供することになり、個々の研究者がデータを細分化するという作業をおこなう必要はなくなった¹³。

以下で、GTAP-Power データにおける細分化された電力部門について説明する。GTAP-Power では電力（関係）部門は表 2-4 の 12 部門に分割されている。特筆すべき点は、発電部門だけではなく「送電・配電部門」も含まれている点、ベースロード電源とピークロード電源に分割されている点である。例えば、ガス火力といってもベースロード電源とピークロード電源が分けられている。以上のように 12 個の電力部門が存在するが、実際に稼働しているとは限らず、地域によって利用されている電源は異なっている。例えば、日本では「OilBL」、「HydroP」は利用されていないという想定が置かれている。

表 2-4：電力部門（12 部門）

記号	説明	
TnD	Transmission and distribution	送電・配電
NuclearBL	Nuclear (base load)	ベースロード電源（7つ）
CoalBL	Coal (base load)	
GasBL	Gas (base load)	
WindBL	Wind (base load)	
HydroBL	Hydro (base load)	
OilBL	Oil (base load)	
OtherBL	Other (base load)	
GasP	Gas (peak load)	ピークロード電源（4つ）
HydroP	Hydro (peak load)	
OilP	Oil (peak load)	
SolarP	Solar (peak load)	

表 2-5 は国際エネルギー機関（International Energy Agency、以下 IEA）のデータに基づく日本の発電のデータ（電源別の発電電力量とシェア）である。2011 年から 2012 年で原発が大きく減少した代わりに火力が増加している。一方、表 2-6 は GTAP-Power データにおける日本の電力データである。どちらのデータでも発電量の数値が含まれているが、ほぼ同じ値（全体として約 1040TWh）になっていることが確認できる。

¹³ ただし、GTAP-Power データには改善すべき部分も多々存在すると考えられるので、そのような改善の作業は行う意義があるだろう。

表 2-5：日本の電源構成（発電量&シェア）

	発電電力量 (TWh)		シェア (%)	
	2011年	2012年	2011年	2012年
石炭	281.0	303	26.9	29.5
石油	153.0	181	14.7	17.6
天然ガス	374.0	397	35.9	38.7
原子力	102.0	15.9	9.8	1.5
水力	83.2	75.5	8.0	7.4
地熱・風力他	12.4	14.4	1.2	1.4
可燃再生・廃棄物	37.0	38.6	3.5	3.8
合計	1043.0	1026	100.0	100.0

出所：IEA Energy Balances of OECD Countries

表 2-6：GTAP データの電力データ

		TnD	Nuclear BL	CoalBL	GasBL	WindBL	HydroB L
発電 (TWh)			101.8	262.5	394.2	4.7	83.2
投入シェア (%)	資本費用	24.9	33.9	31.7	21.2	61.3	61.4
	運転費用	72.5	66.1	28.3	23.7	38.7	38.6
		エネルギー費用	2.6	0.0	40.0	55.1	0.0
		合計	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
投入額 (10億ドル)		45.8	13.7	31.1	48.3	0.9	22.0

		OtherBL	GasP	HydroP	OilP	SolarP	合計
発電 (TWh)		40.0	15.2	0.0	136.1	5.2	1042.7
投入シェア (%)	資本費用	44.3	8.1	0.0	6.8	77.3	0.0
	運転費用	55.7	20.9	0.0	18.5	22.7	0.0
		エネルギー費用	0.0	71.0	0.0	74.8	0.0
		合計	100.0	100.0	0.0	100.0	0.0
投入額 (10億ドル)		9.1	3.0	0.0	41.9	2.2	218.1

表 2-7 は総合資源エネルギー調査会の「発電コスト検証ワーキンググループ」によって計算された日本の電源別の発電コストである。表 2-6、表 2-7 とも発電方法別に費用の各項目（資本費、燃料費等）のシェアの数値が掲載されている。GTAP-Power の方はベースロード電源とピークロード電源で分けられている、また発電コスト検証ワーキンググループの計

算では社会的費用、廃熱価値、政策経費など GTAP-Power が考慮していない費用も含んでいるという違いもあり、二つのデータで項目別の費用シェアの値は当然異なるが、全体の傾向としては似たような数値になっている。よって、とりあえず GTAP-Power の数値を前提として分析をおこなうことで大きな問題は生じないと考えられるが、より正確な分析をおこなうには別のデータを用いて GTAP-Power データを修正する必要がある。

表 2-7：「発電コスト検証ワーキンググループ」による発電コスト（日本）（円/kWh）

電源種類		原子力	石炭火力	LNG 火力	石油火力	一般水力	太陽光 (メガ)
コスト (kWh)	合計（政策経費含む）	10.1	12.3	13.7	30.6	11.0	24.2
	合計（政策経費除く）	8.8	12.2	13.7	30.6	10.8	21.0
シェア (%)	資本費	34.3	16.9	7.0	12.4	77.1	74.0
	運転維持費	34.2	14.1	4.4	8.4	21.2	12.4
	燃料費	15.2	44.6	79.1	70.9	0.0	0.0
	社会的費用	3.2	24.1	9.3	8.3	0.0	0.0
	廃熱価値	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	政策経費	13.2	0.3	0.1	0.0	1.7	13.6

電源種類		太陽光 (住宅)	風力 (陸上)	小水力 (-200kW)	小水力 (200- 1000kW)	地熱
コスト (kWh)	合計（政策経費含む）	29.4	21.6	27.1	23.3	16.9
	合計（政策経費除く）	27.3	15.6	23.6	20.4	10.9
シェア (%)	資本費	81.2	56.3	35.0	32.9	34.5
	運転維持費	11.6	15.9	52.0	55.0	30.2
	燃料費	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	社会的費用	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	廃熱価値	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	政策経費	7.2	27.8	13.0	12.2	35.3

3. CO₂排出量データの乖離

GTAP の CO₂排出量は、IEA が毎年出版しているエネルギーバランス表¹⁴（以下、エネルギーバラ表）をもとに GTAP の部門・投入産出表形式に組み替えて推計されるエネルギー消費量（McDougall, 2006）と、下記の換算式から推計されている（Lee, 2008）。

¹⁴ IEA “Energy Balances of OECD Countries / non-OECD Countries.”

$$CO2_{ijr} = \left(FC_{ijr} \times CC_i \times (1 - CST_{ijr}) \times EF_i \times FOC_i \times \left(\frac{44}{12} \right) \right) \div 1000$$

$CO2_{ijr}$: r 地域の j 部門で燃焼されるエネルギー財 i からの CO_2 排出量

FC_{ijr} : r 地域の j 部門で消費されるエネルギー財 i の量 (原油換算トン)

CC_i : エネルギー財 i の熱量換算係数 (ジュール/原油換算トン)

CST_{ijr} : r 地域の j 部門で消費されるエネルギー財 i のうち原材料として利用される割合 (化学製品の原材料に使われるナフサ等)

EF_i : エネルギー財 i の炭素排出係数 (炭素トン/ジュール)

FOC_i : エネルギー財 i の炭素酸化割合

44/12 : 二酸化炭素と炭素の質量比

主要国について GTAP の最新年 (2011 年) の CO_2 排出量と同年の IEA 統計¹⁵のエネルギー起源 CO_2 排出量を比較したのが表 3-1 で、日本は乖離率が 10%を超える大きさになっている。

表 3-1 : GTAP と IEA の CO_2 排出量の比較 (2011 年)

(単位 : 百万トンの CO_2)

	IEA	GTAP	乖離率
世界全体	31,344.8	28,818.3	8.1%
国際バンカー油 (船舶)	659.4		--
国際バンカー油 (航空)	473.7		--
国際バンカー油以外	30,211.7		4.6%
日本	1,183.4	1,030.1	13.0%
アメリカ	5,288.4	5,108.0	3.4%
EU	3,547.7	3,689.2	-4.0%
ドイツ	742.2	694.7	6.4%
イギリス	436.5	470.7	-7.8%
イタリア	393.0	389.5	0.9%
フランス	328.6	357.9	-8.9%
ロシア	1,653.2	1,503.5	9.1%
中国	7,954.8	7,241.1	9.0%
インド	1,828.8	1,771.3	3.1%
インドネシア	400.3	387.1	3.3%
ブラジル	408.0	372.0	8.8%

出所 : IEA 欄は IEA “ CO_2 Emissions from Fuel Combustion 2014 Edition”

両者の間に乖離が生じるのは、GTAP データの産業連関表 (投入産出表) とエネバラ表の

¹⁵ 2015 年に IEA 統計が遡及改定されているが、作成時点からみて GTAP9 には反映されていないので、2014 年版の IEA 統計と比較する。IEA 統計の改定については Appendix 3 を参照。

間の部門・表象形式の相違があり、なかでもコークス、高炉ガス等の石炭製品がエネバラ表では石炭等に分類されるのに対し、GTAP ではガソリン、灯油等の石油製品とあわせて石油石炭製品 (p_c) 1 部門にまとめられていることが影響しているとみられる。換算係数の添え字から明らかなように原材料利用割合以外の換算係数は財ごとに各国共通と想定している (表 3-2)。しかし、IEA 統計によると代表的な石油製品であるガソリンの炭素排出係数は 18.9 と表の値に近似しているのに対し、石炭製品の一つである高炉ガスの排出係数は 66.0 と大幅に大きいことに示されるように、石油製品と石炭製品の構成割合により石油石炭製品の排出係数は異なるはずである。

表 3-2 : GTAP の換算係数

	CCi (TJ/1000toe)	EFi (ton Carbon/TJ)	FOCi
石炭	41.868	25.80	0.980
原油	41.868	20.00	0.990
天然ガス	41.868	15.30	0.950
石油石炭製品	44.50	19.00	0.990
ガス	47.31	17.20	0.995

出所 : Lee (2008) Table A1.

そこで、乖離率の特に大きい日本について、エネルギー起源 CO₂ 排出量の燃料種別・部門別値を GTAP と環境省が毎年公表している「日本の温室効果ガス排出量」(以下、環境省 GHG) で比較したのが表 3-3 である。環境省 GHG 中のエネルギー起源 CO₂ 排出量は、IEA 統計と同様、我が国のエネバラ表 (資源エネルギー庁作成の総合エネルギー統計) の活動量に炭素排出係数を掛けて算定されている。GTAP データが暦年なのに対して環境省 GHG は年度なので 2010 年度と 11 年度の両年度の値を掲載した。燃料種別にみると、原子力発電停止に伴う火力への代替により天然ガスからの CO₂ 排出が増加しているほかは両年度の値に大きな違いはない。参考に併記した産業連関表の欄は、総務省「産業連関表」の物量表に炭素排出係数を掛けて推計した排出量で、石炭製品について物量表の数値がないので過少になっている。なお、天然ガスについては、GTAP ではガス会社が消費者に供給しているものも転換を要しないものは天然ガスに計上しているので他の統計より大きくなり、その分都市ガスの値が小さくなっている。

表 3-3：日本のエネルギー起源 CO₂ 排出量データの比較

(単位:百万トンのCO₂)

		環境省 GHG		2011 年 (暦年)	
		2010 年度	2011 年度	GTAP	産業連関表*
エネルギー起源 CO ₂		1,138.8	1,188.4	1,030.1	931.4
燃料 種 別	石炭	265.8	259.4	249.1	225.8
	原油	13.3	32.0	30.1	37.1
	石炭製品	166.2	154.9		--
	石油製品	474.5	488.1	517.7	414.4
	天然ガス	130.2	162.6	222.5	170.4
	都市ガス	88.6	91.3	10.7	83.7
部 門 別 ・ 直 接 排 出 量	エネルギー転換	434.6	492.4	485.6	446.6
	電力	376.1	437.3	457.9	428.1 事業用 353.8 自家発 74.2
	産業	352.3	348.4		
	鉄鋼#	159.5	153.7	40.9	17.3
	化学#	55.7	54.6	43.6	10.6
	窯業・土石	37.9	38.6	23.1	18.0
	業務他	73.9	74.6		
	運輸	215.1	212.4		
	陸運	195.5	193.2		
	陸運－自家輸送 (家計分)	123.1	120.3	124.1	96.4
	水運 (国際バンカー油#)	10.4 (16.4)	10.2 (18.4)	26.6	6.2
	空運 (国際バンカー油#)	9.2 (15.0)	9.0 (13.5)	14.6	8.7
	家庭	62.9	60.7		
	家庭+自家輸送 (家計分)	135.3	133.5	127.9	174.1

環境省 GHG は直接排出量 (自家発・産業用蒸気配分後)、但し、鉄鋼、化学は参考 (UNFCCC に提出された CRF 及び NIR の記載値) の燃料の燃焼部分 (廃棄物のエネルギー利用を含む)、国際バンカー油は京都議定書の排出量に含まれない参考値

* 産業連関表のエネルギー転換部門はエネバラ表の炭素効率、化学部門は原料用途 (3EID の非燃焼用フラグ) により非燃焼用を控除

部門別には、鉄鋼部門の GTAP データが環境省 GHG より 1 億トン以上少ないのが目立つ。製鉄のプロセスを順を追ってみると、まず石炭 (原料炭) から乾留・生成されるコークスを還元剤に鉄鉱石 (酸化鉄) を高炉で高温燃焼することにより銑鉄が得られる。その際、高炉ガスが副産物として発生し、製鉄自身や発電等に用いられる。続いて転炉で不純物を取り除いて鉄鋼にし、連続鋳造・圧延工程を経て最終製品になる。ここでも転炉ガスが副産物として発生する。石炭からコークス生成の部分は、エネバラ表でも産業連関表でもエネルギー転換部門である石炭製品製造業の活動と位置付けており、この段階での CO₂ 排出は限られている。高炉ガス・転炉ガスも石炭製品に分類されるが、鉄鋼業の副産物として発生した後、

鉄鋼業自身や発電等に再利用される段階で燃焼し CO₂を排出する。したがって、鉄鋼部門の CO₂ 排出は石炭の直接燃焼からのものは限定的で多くが石炭製品の燃焼からになる。石炭の燃焼から直接 CO₂を排出するのは専ら発電及び熱供給（自家用を含む）となる。なお、統計により自家発電と自家用蒸気発生をエネルギー転換部門と産業部門のどちらに分類するか相違があるので注意する必要がある。環境省 GHG は両方とも産業に配分後の数値であるのに対し、産業連関表では自家用蒸気は産業に配分する一方で、自家発電は電力部門に位置づけられている。CO₂ 排出データからみて、GTAP でも電力部門は産業連関表と同様に自家発電を含むと判断される。

CO₂ 排出対策では重要となる運輸関係も統計による相違に注意が必要である。環境省 GHG やエネバラ表では家計の自家用車利用も運輸部門に含まれている。自家輸送（企業利用分）は総務省作成産業連関表の分類では運輸部門に含まれるが、GDP 等の経済統計の産業別数値では各産業に配分されている。CO₂ 排出データからみると GTAP では自家輸送（企業利用分）は運輸部門に含まれていると判断されるが、エネルギー単位や金額単位のデータも整合的かチェックしたところ、石油石炭製品の燃焼による CO₂ 排出量（変数名：MDF+MIF）、同財の消費量（同：EDF+EIF）、投入金額（同：VDFM+VIFM）について陸運部門（＝道路・鉄道輸送、部門名：otp）が全体（産業全体から石油石炭製品産業への自己投入及び化学産業への投入を除いた分）に占める割合は、それぞれ 35.4%、34.4%、35.8% と概ね一致している。

表 3-4：GTAP の鉄鋼及び電力のエネルギー財別 CO₂ 排出量

（単位：百万トンの CO₂）

	鉄鋼			電力		
	エネバラ#	GTAP	産業連関表	エネバラ#	GTAP	産業連関表
石炭	26.7	9.2	7.4	202.7	210.6	192.6
原油	0.0	0.0	0.0	27.3	30.0	24.1
天然ガス	1.0	4.7	4.2	144.2	156.7	165.5
都市ガス	4.1	0.0	2.4	17.0	0.0	0.2
石油石炭製品	104.4	27.0	4.1	90.7	60.6	45.6
計 (環境省 GHG#)	136.1 (155.1)	40.9	18.1	482.0 (422.0)	457.9	428.1

エネバラ表の鉄鋼は最終エネルギー消費と自家用蒸気発生との和、電力は事業用発電と自家用発電の和で、年度から暦年に簡易変換した値（2010年度×1/4+2011年度×3/4、環境省 GHG も同様）

それでは鉄鋼と電力に戻って、エネルギー財別に GTAP の CO₂ 排出データをエネバラ表及び産業連関表から推計したデータと対応させたのが表 3-4 である。エネバラ表からの推計でも自家発電を産業ではなく電力に含めているので、事業用発電だけを計上する環境省

GHG の値より電力部門の排出量は多く、鉄鋼部門の排出量は若干少なくなる。そのうえで GTAP のデータと比較すると、鉄鋼について GTAP はエネバラ表よりも石炭及び石油石炭製品からの排出が過少、電力については石油石炭製品からの排出が過少と判断される。なお、電力の詳細分類で石油石炭製品を使う部門は OilP で、高炉ガス等の石炭ガスによる発電の CO₂ が過少と推測される。

以上の検証を踏まえると、GTAP の 2011 年の日本の CO₂ 排出量について、鉄鋼部門の石炭からの排出を 1,800 万トン、石油石炭製品からを 7,700 万トン、電力部門（詳細分類では OilP）の石油石炭製品からを 3,000 万トン、全体では 1 億 2,500 万トン補正することが適当と考えられる（日本全体の排出量は修正前 10.30 億トン→修正後 11.55 億トン）。

GTAP 及びその CO₂ データは世界中で多くの研究者が利用しているが、海外の研究者は上記のような日本の CO₂ 排出量データの問題に気づかず、修正しない GTAP データを用いて分析を行っている可能性が高い。よって、海外の研究者によって GTAP データを用いて行われた分析の結果を見る際には注意する必要がある。

また、日本ほどではないものの、日本以外の国についても IEA 統計との乖離はそれなりにある。高炉で製鉄している国では石油製品と石炭製品を一つにしていることの影響が日本と同様にあると考えられる。しかし、自国以外の国について本章で行ったようなデータ検証を行うのは容易ではない。CO₂ 排出量データの精度向上について、GTAP 事務局が統一的对処することが望まれる。

4. まとめと今後の課題

本稿では、昨年リリースされた GTAP9 について新たに作成された電力サテライト勘定を中心にその特徴を解説し、日本の電力細分化データに関しては IEA 等の他データと概ね整合的であることをみた。また、CO₂ 排出量データについて、IEA 統計と乖離のある要因を探求した。

今後は、細分化された電力関連部門を CGE モデルにどう組み込むかが課題となる。Sue et al. (2011) にみられるように、多段階の CES 型関数で統合するのが GTAP in GAMS¹⁶ 等の既存モデルと親和性が高いが、代替の弾力性の設定をどうするかが課題となる¹⁷。さらに、電力需要が昼夜及び季節により変動するという特性に対応して、常に一定の出力を維持するベースロード電源と変動に対応するピークロード電源に分かれていることを反映する

¹⁶ Rutherford が GTAP データを GAMS で利用できるよう公開しているプログラム群で、プロトタイプの CGE モデルが提供されている。GTAP のウェブサイトから GTAP9 対応版も入手できる。(https://www.gtap.agecon.purdue.edu/about/data_models.asp)

¹⁷ Sue et al. (2011) の Phoenix モデルでは、ベースロード電源、ピークロード電源の 2 つに分けてからそれぞれ対応する発電方式をぶら下げ、ベースロードとピークロードの間の代替の弾力性は 1.0、電源区分ごとの発電方式間は 4.0 と仮定している。

には CES 型関数では簡便すぎると、Wiskich (2014) はボトムアップ型の技術モデルが想定する負荷持続曲線 (load duration curve) に沿った限界費用に基づく電気料金の決定原理を、CGE モデルの枠組みに組み込もうとしている。森林吸収源を扱うのにも CES 型関数だけでは限界があるとされており (Hertel et al. 2009)、CGE モデルの経済的枠組みに技術特性を如何に組み込むかは今後の課題である。

(Appendix 1)

「パリ協定」の概要

【協定の目的等】（第2条及び第3条）

主に以下の内容を規定。

- ・ この協定は、世界的な平均気温上昇を産業革命以前に比べて 2°Cより十分低く保つとともに、1.5°Cに抑える努力を追求すること、適応能力を向上させること、資金の流れを低排出で気候に強靱な発展に向けた道筋に適合させること等によって、気候変動の脅威への世界的な対応を強化することを目的とする。
- ・ この協定は、衡平及び各国の異なる事情に照らしたそれぞれ共通に有しているが差異のある責任及び各国の能力の原則を反映するよう実施する。
- ・ 締約国は、気候変動への世界的な対応への「自国が決定する貢献」（以下「貢献」という。）に関し、この協定の目的達成のため、関連条文に定める野心的な取組を実施し、提出する。締約国の取組は、この協定を実効的に実施するために開発途上締約国を支援する必要性を認識しつつ、長期的に前進を示す。

【緩和（排出削減のための取組）】（第4条）

主に以下の内容を規定。

- ・ 締約国は、目的に掲げる長期目標を達成するよう、開発途上締約国の排出量が最大（量）に達する時期がより長期化することを認識しつつ、世界の温室効果ガスの排出量が最大（量）に達する時期をできる限り早くするものとし、衡平に基づき、持続可能な開発と貧困を撲滅する努力との関連において、今世紀後半に人為的な温室効果ガスの排出と吸収源による除去の均衡を達成するために、最新の科学に従って早期の削減を行うことを目的とする。
- ・ 各締約国は、累次の「貢献」（削減目標・行動）を作成、提出、維持する。また、「貢献」の目的を達成するための国内措置をとる。
- ・ 累次の「貢献」は、各国の異なる事情に照らしたそれぞれ共通に有しているが差異のある責任及び各国の能力を反映し、従前の「貢献」を超えた前進を示し、及び可能な限り最も高い野心を反映する。
- ・ 先進締約国は、全経済にわたる排出の絶対量の削減目標をとることによって、引き続き先頭に立つべき。開発途上締約国は、緩和努力を高めることを継続すべきであり、各国の異なる事情に照らしつつ、全経済にわたる排出の削減又は抑制目標に移行することを奨励される。
- ・ 締約国は、「貢献」を提出する際に、第21回気候変動枠組条約締約国会議（COP21）決定等に従って明確性、透明性、理解に必要な情報を提供する。
- ・ 各締約国は、COP21決定等に従って、「貢献」を5年ごとに提出する。（注：なお、COP21決定において、2025年目標の国は2020年までに、その後は5年毎に

新たな「貢献」を提出し、2030年目標の国は2020年までに、その後は5年毎にその「貢献」を提出又は更新することを要請。）

- ・ パリ協定締約国会議（以下「締約国会議」という。）は、第一回会合において、「貢献」の共通の期間を検討する。
- ・ 締約国が提出した「貢献」は、公的な登録簿に記録される。
- ・ 締約国は、「貢献」（による排出・吸収量）を計算する。また、計算においては、環境の保全、透明性、正確性、完全性、比較可能性及び整合性を促進し、並びに二重計上の回避を確保する。
- ・ 締約国は、各国の異なる事情に照らしたそれぞれ共通に有しているが差異のある責任及び各国の能力を考慮し、第2条（協定の目的）に留意し、長期の温室効果ガス低排出発展戦略を作成、提出するよう努めるべき。

【市場メカニズム等】（第6条）

主に以下の内容を規定。

- ・ 締約国は、国際的に移転される緩和の成果を活用する場合には、持続可能な開発を促進し、環境の保全と透明性を確保する。また、締約国会議が採択する指針に従い、強固な計算（特に二重計上の回避）を適用する。
- ・ 国際的に移転される緩和の成果の活用は、自主的かつ参加締約国の承認による。
- ・ 緩和への貢献及び持続可能な開発に対する支援のメカニズムを設立する。
- ・ 当該メカニズムからの排出削減量は、他の締約国が「貢献」の達成を証明するために活用した場合には、受入国の「貢献」の達成の証明に活用してはならない。
- ・ 持続可能な開発のための非市場の取組の枠組みを規定する。

http://www.mofa.go.jp/mofaj/ic/ch/page23_001436.html (2016年3月7日アクセス)

(Appendix 2)

GTAP データの部門

記号	説明
1 pdr	Paddy rice
2 wht	Wheat
3 gro	Cereal grains nec
4 v_f	Vegetables, fruit, nuts
5 osd	Oil seeds
6 c_b	Sugar cane, sugar beet
7 pfb	Plant-based fibers
8 ocr	Crops nec
9 ctl	Bovine cattle, sheep and goats, horses
10 oap	Animal products nec
11 rmk	Raw milk
12 wol	Wool, silk-worm cocoons
13 frs	Forestry
14 fsh	Fishing
15 coa	Coal
16 oil	Oil
17 gas	Gas
18 omn	Minerals nec
19 cmt	Bovine meat products
20 omt	Meat products nec
21 vol	Vegetable oils and fats
22 mil	Dairy products
23 pcr	Processed rice
24 sgr	Sugar
25 ofd	Food products nec
26 b_t	Beverages and tobacco products
27 tex	Textiles
28 wap	Wearing apparel
29 lea	Leather products
30 lum	Wood products
31 ppp	Paper products, publishing
32 p_c	Petroleum, coal products

33	crp	Chemical, rubber, plastic products
34	nmn	Mineral products nec
35	i_s	Ferrous metals
36	nfm	Metals nec
37	fmp	Metal products
38	mvh	Motor vehicles and parts
39	otn	Transport equipment nec
40	ele	Electronic equipment
41	ome	Machinery and equipment nec
42	omf	Manufactures nec
43	ely	Electricity
44	gdt	Gas manufacture, distribution
45	wtr	Water
46	cns	Construction
47	trd	Trade
48	otp	Transport nec
49	wtp	Water transport
50	atp	Air transport
51	cmn	Communication
52	ofi	Financial services nec
53	isr	Insurance
54	obs	Business services nec
55	ros	Recreational and other services
56	osg	Public Administration, Defense, Education, Health
57	dwe	Dwellings

(Appendix 3)

IEA 統計の遡及改定について

本文の CO₂ 排出量の比較表では、2014 年版の IEA 統計から 2011 年の数値を列挙したが、最新の 2015 年版では中国、フランスも乖離率が 10%を超えている。2015 年版からは、以下の 2 つの大きな改定が行われている。

(1) 準拠する IPCC の作成指針を 1996 年改訂版から 2006 年版に変更

大部分の国で下方改定 (2013 年の世界全体の排出量は▲1.7%)

(2) 中国国家統計局が本年 9 月に発表したエネルギー統計 (2000 年に遡って改定) を採用エネルギー消費量、CO₂ 排出量ともに上方改定

	IEA			GTAP	乖離率		
	2013 年版	2014 年版	2015 年版		2013 年版	2014 年版	2015 年版
世界全体	31,342.3	31,344.8	31,292.8	28,818.3	8.1%	8.1%	7.9%
国際バンカー油(船舶)	645.1	659.4	673.0				
国際バンカー油(航空)	468.5	473.7	476.1				
国際バンカー油以外	30,228.7	30,211.7	30,143.8		4.7%	4.6%	4.4%
日本	1,186.0	1,183.4	1,177.9	1,030.1	13.1%	13.0%	12.5%
アメリカ	5,287.2	5,288.4	5,219.0	5,108.0	3.4%	3.4%	2.1%
EU	3,542.7	3,547.7	3,464.8	3,689.2	-4.1%	-4.0%	-6.5%
ドイツ	747.6	742.2	731.4	694.7	7.1%	6.4%	5.0%
イギリス	443.0	436.5	438.7	470.7	-6.3%	-7.8%	-7.3%
イタリア	393.0	393.0	384.1	389.5	0.9%	0.9%	-1.4%
フランス	328.3	328.6	310.5	357.9	-9.0%	-8.9%	-15.3%
ロシア	1,653.2	1,653.2	1,604.4	1,503.5	9.1%	9.1%	6.3%
中国	7,954.5	7,954.8	8,420.1	7,241.1	9.0%	9.0%	14.0%
インド	1,745.1	1,828.8	1,659.9	1,771.3	-1.5%	3.1%	-6.7%
インドネシア	425.9	400.3	390.5	387.1	9.1%	3.3%	0.9%
ブラジル	408.0	408.0	389.5	372.0	8.8%	8.8%	4.5%

中国の改定は、旧統計に存在した石炭の供給サイドと需要サイドにあった大きめの統計上の不突合を縮小するものである。

2012 年の中国の石炭需給の内訳 (単位: 100 万トン)

	国内生産	国内供給	不突合	運輸	転換部門 自家消費	最終需要	うち産業
旧統計	3,401	3,686	-272	2,554	112	748	548
新統計	3,506	3,917	-68	2,680	139	1,031	757

(参考文献)

Goldtooth, Dallas (2015) "Indigenous Peoples Take Lead at D12 Day of Action in Paris: Official Response to COP21 Agreement," *Indigenous Policy Journal* 26(3), December 2015
<http://indigenouspolicy.org/index.php/ipj/article/view/343/337> (2016年3月7日アクセス)

Hertel, Thomas W., Steven Rose and Richard S.J. Tol (2008) "Land Use in Computable General Equilibrium Models: An Overview," *GTAP Working Paper No.39*, Center for Global Trade Analysis, Purdue University

International Energy Agency (2015), "Special data release with revisions for People's Republic of China."

Lee, Huey-Lin (2008) "The Combustion-based CO2 Emissions Data for GTAP Version 7 Data Base," Center for Global Trade Analysis, Purdue University

McDougall, Robert A. and Huey-Lin Lee (2006) "An Energy Data Base for GTAP," *The GTAP 6 Data Base, chapter 17*. Center for Global Trade Analysis, Purdue University

Peters, Jeffrey C. (2015) "The GTAP-Power Database: Disaggregating the Electricity Sector in the GTAP Database," Center for Global Trade Analysis, Purdue University

Robbins, Anthony (2016) "How to understand the results of the climate change summit: Conference of Parties 21 (COP21) Paris 2015," *Journal of Public Health Policy advance online publication*, 7 January 2016
<http://www.palgrave-journals.com/jphp/journal/vaop/ncurrent/full/jphp201547a.html> (2016年3月7日アクセス)

Rutherford, Thomas (2010) GTAP7inGAMS, <http://www.mpsge.org/gtap9ingams.zip>

Springmann, Marco, Daniel Mason, Sherman Robinson, Tara Garnett, H. Charles J. Godfray, Douglas Gollin, Prof Mike Rayner, Paola Ballon, and Peter Scarborough (2016) "Global and regional health effects of future food production under climate change: a modelling study," *Lancet Online* 3 March 2016, March 2016
<http://www.thelancet.com/journals/lancet/article/PIIS0140-6736%2815%2901156-3/abstract> (2016年3月7日アクセス)

Sue, Wing I, K. Daenzer, K. Fisher-Vanden and K. Calvin (2011) “Phoenix Model Documentation,”
Joint Global Change Research Institute, Pacific Northwest National Laboratory

UNFCCC (2015) *ADOPTION OF THE PARIS AGREEMENT*, UN FCCC/CP/2015/L.9/Rev.1, 12
December 2015

<http://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/109r01.pdf> (2016年3月7日アクセス)

Walmsley, Terrie and Caitlyn Carrico (2013) “Disaggregating Labor Payments in the
GTAP 8 Data Base”, GTAP Resource #4560.

Wiskich, A. (2014) “Implementing a load duration curve of electricity demand in a general equilibrium
model,” *Energy Economics* 45, 373-380

有馬純 (2016) 「COP21 パリ協定とその評価」21世紀政策研究所、2016年1月

http://www.21ppi.org/pdf/thesis/160118_01.pdf (2016年3月7日アクセス)

発電コスト検証ワーキンググループ (2015) 「長期エネルギー需給見通し小委員会に対する
発電コスト等の検証に関する報告」総合資源エネルギー調査会長期エネルギー需給見通し
小委員会 (第9回会合)、2015年5月

堀千珠 (2015) 「COP21 がパリ協定を採択」みずほ総合研究所、2015年12月15日

<http://www.mizuho-ri.co.jp/publication/research/pdf/insight/pl151218.pdf> (2016年3月7日アクセス)

武田史郎・山崎雅人・森田稔 (2015) 「セクター別クレジット・メカニズムの経済分析」, 有村俊秀 (編) 『温暖化対策の新しい排出削減メカニズム：二国間クレジット制度を中心とした経済分析と展望』, 日本評論社, 早稲田大学現代政治経済研究所研究叢書 41, 第5章, pp.111-145.

山崎雅人 (2012) 「業種細分化モデルによる CO₂ 排出規制の産業影響評価」, 有村俊秀・武田史郎 (編著) 『排出量取引と省エネルギーの経済分析：日本企業と家計の現状』, 日本評論社, 第4章, pp.63-80.