

温暖化対策の経済分析 応用一般均衡分析のアプローチ

武田史郎(関東学園大学)
<shiro.takeda@gmail.com>

日本経済学会2010年度秋季大会
2010/09/19 関西学院大学

発表内容

- 応用一般均衡分析(CGE分析)の説明
 - CGE分析の概要・特徴
- 温暖化対策分析におけるCGE分析
 - 分析テーマ
 - 分析例の紹介

応用一般均衡分析の基本的知識

- 応用一般均衡 (CGE) 分析とは
 - 経済モデル
 - データを組み合わせたシミュレーション
- 分析対象
 - 政策分析がメイン
 - 経済理論 + データ + 政策分析 ⇒ 融合
- 分野
 - 貿易政策、地域統合
 - 税制改革
 - 地球温暖化対策

ベンチマーク・データ

- 基本となるデータ
 - 産業連関表
 - 他のデータ(税金等)
- 多地域モデル
 - GTAPデータが標準
 - GTAPデータ:
各国の連関表から作成された国際産業連関表
- 温暖化対策分析
 - 「エネルギー投入・消費・貿易」、「CO2排出量」データ

CGEモデル

- 共通する性質
- 多数の財・部門
- 市場均衡
- 最適化行動
- マクロ経済学の要素 (貨幣等) は通常なし
 - 実物モデル ⇒ 貨幣はベール

最適化行動と市場均衡

- ミクロ経済学の一般均衡モデルの応用
- 最適化行動
 - 家計(消費者) ⇒ 効用最大化(支出最小化)
 - 企業(産業) ⇒ 利潤最大化(費用最小化)
- 市場均衡
 - 価格の伸縮性
 - ただし、不均衡、価格の粘着性を考慮する場合もあり
 - 労働市場、失業

関数型・パラメータの特定化

- シミュレーション
 - 特定化の必要
- 多くのCGEモデル
 - 多段階のCES型 (or Leontief, Cobb-Douglas型) を利用
 - cf. 固定係数のIO分析
 - ただし、flexible な関数型を利用する分析もあり
例: Jorgenson-Wilcoxon-Hoモデル、KEOモデル等
- 代替の弾力性
 - 外生的に特定化
- その他のパラメータ
 - カリブレーションによって決定

分析の対象

- 実物モデル
- 相対価格、資源配分への影響
 - 部門別の影響、要素別の影響
- 効率性への影響
 - 厚生
- GDP
- 短期的な景気への効果
 - 分析の対象とはしない(しにくい)
 - ただし、モデルによる

その他の仮定

- 地域数
 - 一地域(+ROW)
 - 多地域(or グローバル)
- 静学・動学
 - 動学は2タイプ
 - Forward looking model (普通のマクロ経済学のモデル)
 - Recursive dynamic model ⇒ こちらが多い
- 市場構造・技術
 - 完全競争 or 不完全競争
 - 規模に関して収穫一定 or 規模の経済

CGE分析の利点

- 多数の市場、経済主体を考慮
- 市場間、地域間、経済主体間の波及効果相互作用を考慮
 - vs 部分均衡分析
 - vs IO分析
- 全体への効果
 - 地域(国)全体、世界全体
 - vs 部分均衡

CGE分析の利点:波及効果

- 生産投入
 - 排出規制
 - ⇒ ある部門の生産の変化
 - ⇒ 投入の変化
 - ⇒ 他の部門の生産の変化 ⇒ . . .
- 価格・費用
 - 排出規制
 - ⇒ ある財の価格の変化
 - ⇒ 別の部門の投入物の価格(費用)の変化
 - ⇒ 価格の変化 ⇒ . . .
- 両者の組み合わせ
 - cf. IO分析

CGE分析の利点：炭素リーケージ

- 貿易チャンネル
 - 排出規制 ⇒ 費用上昇 ⇒ 競争力低下 ⇒ 海外生産増
- エネルギーチャンネル
 - 排出規制
 - ⇒ 国内エネルギー需要減
 - ⇒ 国際エネルギー価格低下
 - ⇒ 海外のエネルギー需要増
- ある地域における排出規制
 - ⇒ 貿易 ⇒ 別の地域の排出量

CGE分析の利点: Tax-interaction効果

- Bovenberg, Goulder, Parry 等による一連の分析
- Tax-interaction効果 (TI効果)
 - 排出規制 ⇒ 別の市場の歪みへの影響
- 労働課税が存在するケース
 - 排出規制
 - ⇒ エネルギー価格の上昇
 - ⇒ 物価水準の上昇
 - ⇒ 実質賃金の低下
 - ⇒ 労働供給の減少
 - ⇒ 労働課税によって既に過少な状態にある労働供給がさらに減少
 - 排出規制 ⇒ 労働市場の歪みが拡大
- 二重の配当の議論において非常に重要な意味

CGE分析の利点:全体としての整合性

- 市場均衡 (需要と供給)
 - 中間財、最終消費財、生産要素 (労働、資本ストック)
 - 供給側に制約 (cf. 連関分析)
 - ある部門の縮小 ⇒ 別の部門の拡大
- 支出・収入
 - 支出 < 収入
 - 税金 ⇒ 誰かの収入
 - 補助金 ⇒ 誰かの支出
 - 最終需要を誰がどうやってファイナンスするか

CGE分析の問題点(1)

- モデル・パラメータの実証的根拠が希薄
 - 結果 ⇒ モデル、パラメータについての仮定に依存
 - しかし、モデル、パラメータの実証的根拠が希薄
- 対処方法
 - 感応度分析
 - 推定
- 推定
 - Econometric general equilibrium model
例: Jorgenson-Wilcoxon-Ho、KEOモデル
 - Okagawa and Ban (2008) ⇒ 代替の弾力性の推定
 - ただし、限界あり

問題点(2)

- 分析内容が不透明になりやすい
 - モデル、データの十分な説明が提供されない
 - シミュレーションのコード、データが公開されない
- コード & データ
 - モデル、データの詳細がわかる
 - 結果の詳細がわかる
 - 再現可能
- コード、データを公開している場合もあり
 - GTAP: <http://www.gtap.org/>
 - T.F. Rutherford: <http://www.mpsge.org/>
 - 武田: <http://shirotaeda.org/>

温暖化対策のCGE分析

- CGEモデル
 - 向き不向きあり
 - 全ての環境問題に適しているわけではない
- 温暖化対策の分析
 - CGE分析にフィットしやすい
- 理由
 - エネルギーとCO₂の関係が比較的単純
 - CO₂
 - 排出源が多い(部門、地域)
 - 経済全体に関わってくる
 - 政策の影響大
 - 地域全体への効果も波及効果も大

温暖化対策分析におけるCGEモデル

- 分析例
- 代表的なモデル
- 日本の温暖化対策におけるCGE分析の役割
 - 中期目標検討委員会、温暖化タスクフォース etc.

研究テーマ

- 温暖化対策の費用 (負担)
- 産業別影響 (国際競争力)
- 炭素リーケージ
- 国際間の排出権取引
- CDM, JI 等のクレジット
- 国際競争力の維持, リーケージ防止策
 - 無償配分措置, 国境税調整
- 二重の配当
 - 他の政策との組み合わせ

研究テーマ(続き)

- 技術進歩
 - 外生的な技術進歩
 - 内生的な技術進歩: R&D, Learning by doing etc.
- グリーン開発
- 気候変動モジュール
 - 経済 ⇒ 気候変動
 - 気候変動 ⇒ 経済

分析例：Takeda (2007)

- 日本の排出規制における二重の配当仮説の分析
 - 炭素税と労働課税、資本課税、消費税のスワップ
- モデル
 - Forward-looking dynamicモデル
 - ⇒ 資本課税の歪みを捉えるため
 - 一国モデル(日本)
- データ
 - 日本の産業連関表 + 3EIDデータ
- 結果
 - 「弱い二重の配当」は成立.
 - 「消費税」, 「労働課税」とのスワップ ⇒ 「強い二重の配当」×
 - 「資本課税」とのスワップ ⇒ 「強い二重の配当」は成立するケースがあり
 - 理由：資本課税の歪みが大きいため.

分析例: 武田・爲近・有村・Fischer・Fox (2010)

- 排出量取引における排出権の初期配分方式の分析
- オークション方式
 - エネルギー集約部門の負担大 ⇒ 国際競争力の喪失
 - 炭素リーケージ大
- 競争力維持, リーケージ防止
 - 排出権の無償配分措置
- 初期配分方式の比較
 - オークション方式
 - グランドファザリング方式
 - OBA (output-based allocation) 方式
- モデル
 - 多地域・多部門
 - 労働供給が内生 ⇒ Tax-interaction効果が重要な意味を持つ.
 - GTAPデータ

続き

- グランドファザリング
 - 効率性、リーケージ、競争力 ⇒ ×
- オークション
 - 効率性 (厚生効果) では最もよい.
 - しかし, リークージ率大,
 - エネルギー集約貿易財部門の生産へのマイナス効果大
- OBA
 - オークションよりも効率性が劣る.
 - しかし, リークージ, 競争力の面ではよい.
- 詳細
 - ↓ディスカッションペーパー
 - <http://www.erp.sophia.ac.jp/Projects/cetr/>
「上智大学・環境と貿易研究センター」
- 「国内排出量取引制度小委員会」

分析例: 武田・堀江・有村 (2010)

- 国境税調整措置
 - 競争力対策、リーケージ防止策の一つ
 - 国内産品が国内市場(海外市場)で不利にならないように調整
- 本研究
 - 排出規制に伴う国境税調整措置(BTA)の分析
 - 様々なタイプのBTAを比較
- モデル
 - 多地域・多部門
 - GTAPデータ

続き

- BTAのタイプにより
 - 効率性
 - リーケージ防止効果
 - 競争力喪失抑止効果
が大きく変わる
- 輸入側のみ
のBTAはあまり意味がない
- 財務省「環境と関税研究会」

代表的な温暖化CGEモデル

- 多くの研究機関・研究者が独自の温暖化分析用CGEモデルを作成している
 - 複雑、大規模、継続性

EPPAモデル	MIT	
ADAGEモデル	EPA	
ENV-LINKAGEモデル	OECD	
ENVISAGEモデル	World Bank	Multi region
GEM-E3モデル	EU commission	
PACEモデル	ZEW	
AIM/Global CGEモデル	国立環境研究所	
Jorgenson-Wilcoxon-Hoモデル	Harvard University	
IGEMモデル	EPA	Single region
KEOモデル	慶応大学	

EPA (ADAGE & IGEMモデル)

The screenshot shows the EPA website's "Climate Change - Climate Economics" page. The header includes the EPA logo and the text "U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY". The main navigation bar is dark blue with "Climate Change - Climate Economics" and a "Share" button. Below the header, there is a search bar and a breadcrumb trail: "You are here: EPA Home > Climate Change > Climate Economics > Economic Analyses > Climate Economic Modeling". The page has two tabs: "Economic Analyses" and "Climate Economic Modeling", with the latter selected. The main heading is "Climate Economic Modeling". The text explains that EPA uses various economic models and analytical tools for climate economic analyses. A list of models is provided, categorized into Economy-Wide Models, Mitigation Models, and Detailed Electricity Sector Model. A small image collage titled "CLIMATE ECONOMICS" is also visible.

Climate Change - Climate Economics

U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY

Contact Us Search: All EPA This Area

You are here: EPA Home > Climate Change > Climate Economics > Economic Analyses > Climate Economic Modeling

Economic Analyses **Climate Economic Modeling**

Climate Economic Modeling

EPA uses a variety of economic models and analytical tools when conducting climate economic analyses. Below is a list of the specific models used by EPA, categorized by model type: economy-wide models, mitigation models, integrated assessment models, and detailed sector models. Each model has certain strengths that, when used alongside other models and analytical tools, can produce thorough analyses of climate change mitigation programs.

- Economy-Wide Models
 - [Applied Dynamic Analysis of the Global Economy \(ADAGE\)](#)
 - [Intertemporal General Equilibrium Model \(IGEM\)](#)
- Mitigation Models
 - [Non-CO₂ Projections and Abatement Models](#)
 - [Forestry and Agricultural Sector Optimization Model - Greenhouse Gas Version \(FASOMGHG\)](#)
 - [Global Timber Model \(GTM\)](#)
- Integrated Assessment Model
 - [Mini-Climate Assessment Model \(MiniCAM\)](#)
- Detailed Electricity Sector Model
 - [Integrated Planning Model \(IPM\)](#)

To see results of economic analyses conducted by EPA, please see the [Economic Analysis page](#).

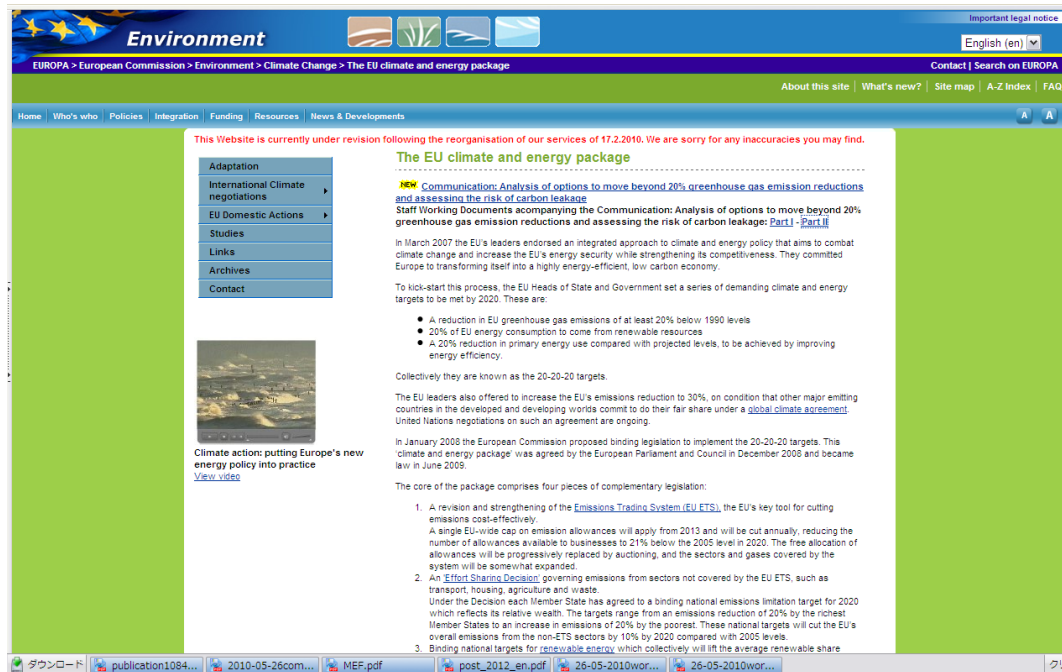
APPLIED DYNAMIC ANALYSIS OF THE GLOBAL ECONOMY (ADAGE)

ADAGE is a dynamic computable general equilibrium (CGE) model capable of examining many types of economic, energy, environmental, climate change mitigation, and trade policies at the international, national, U.S. regional, and U.S. state levels. To investigate proposed policy effects, the CGE model combines a consistent theoretical structure with economic data covering all interactions among businesses and households.

ADAGE has three distinct modules: International, US Regional, and Single Country. Each module relies on different data sources and has a different geographic scope, but all have the same theoretical structure which allows for detailed regional and state-level results that incorporate international impacts of policies. The model is developed and run by RTI International for EPA. For more information please visit the [ADAGE model Web page](#) [EXIT Disclaimer](#).

- EPA (米国環境保護局) のウェブサイト
- <http://www.epa.gov/climatechange/economics/economicanalyses.html>
- 法案 (e.g. H.2454) ⇒ CGEモデルで効果を分析

EU委員会 (GEM-E3モデル)



- EU委員会のウェブサイト
- http://ec.europa.eu/environment/climat/climate_action.htm
- GEM-E3モデルによるEUのPost-Kyoto policyの分析

日本の温暖化対策：中期目標検討委員会

- 中期目標検討委員会
 - 麻生政権
 - 2008/11-2009/4
- COP15に向けた日本の中期目標の決定
- 様々な削減シナリオをモデル分析によって評価
- CGE分析も利用
 - JCER-CGEモデル (日本経済研究センター)
 - KEOモデル (慶応大学・野村准教授)
 - AIM/CGEモデル (国立環境研究所)
 - 全て一国モデル
- 分析結果
 - 中期目標設定の際に一定の役割を果たす

CGE分析の結果(概要)

経済への影響の分析 (②分析結果)

(※1)増減率(%)はいずれも、現状からの増減ではなく、2020年時点での①の基準ケースからの増減。
 (※2)分析結果は、日本経済研究センターの一般均衡(CGЕ)モデル(失業率はマクロモデル)の分析結果。

	①需給見通し努力継続 (05年比▲4%、90年比+4%)	③需給見通し最大導入 (05年比▲14%、90年比▲7%)	⑤90年比▲15% (05年比▲21%)	⑥90年比▲25% (05年比▲30%)
実質GDP	2020年時点で ▲0.6% (押下げ)	2020年時点で ▲1.4% (押下げ)	2020年時点で ▲3.2% (押下げ)	
失業率	+0.2% (悪化)	+0.5% (悪化)	+1.3% (悪化)	
民間設備投資	+0.1%	±0%	-0.4%	
可処分所得	世帯当たり 年▲4万円	世帯当たり 年▲9万円	世帯当たり 年▲22万円	
光熱費負担	世帯当たり 年+3万円	世帯当たり 年+7万円	世帯当たり 年+14万円	
限界削減費用	35~62ドル/tCO2 ※違う種類の分析モデルの結果のため、単純に比較できない	15,000円/tCO2 (仮に、この費用の分、化石燃料の価格を上昇させるとすると、ガソリン1ℓ当たり30円に相当)	34,000円/tCO2 (同左)ガソリン1ℓ当たり70円に相当)	82,000円/tCO2 (同左)ガソリン1ℓ当たり170円に相当)

出所:『地球温暖化対策の中期目標について「中期目標検討委員会」の分析結果の概要』、2009年4月内閣官房

結果(マクロ指標)

	AIM	KEO	JCER
実質GDP	-6.0	-5.6	-3.2
家計消費	-5.3	-11.2	-4.5
設備投資	-11.9	6.6	-0.4
輸出	-6.6	-12.4	-6.8
輸入	-5.8	-14.2	-3.8
MAC (¥/ton)	61,029	87,667	81,555

- 90年比25%削減ケース
- 2020年時点のBaUからの変化率

JCER-CGEモデル

- 武田史郎・川崎泰史・落合勝昭・伴 金美, (2010)
- シミュレーションのコード、データを全て公開
 - (ソフトウェアさえあれば) 誰もが再現可能
 - 非常に稀

政策決定とCGE分析

- GDPと厚生
 - GDP(生産)と厚生(所得) ⇒ 一般には前者に焦点
 - 消費 vs 投資
 - 余暇の価値 ⇒ GDPでは無視
- 雇用(失業)
 - 雇用への影響が重大な関心事
 - 短期と長期
- 財政赤字
 - 排出権(炭素税)収入 ⇒ 財政赤字の償却
- 結果の提示方法
 - CGE分析 ⇒ BAUからの乖離

中期目標検討委員会以後

- 温暖化タスクフォース
 - 民主党政権下
 - 2009/10-11
 - 中期目標検討委員会のモデル
 - ただし、技術進歩をより積極的にモデルに組み込むような修正が加えられたものもあり
- 地球温暖化対策・中長期ロードマップ検討会
 - 2009/12-2010/3
 - 「地球温暖化対策に係る中長期ロードマップ検討会」
 - CGEモデル: 伴金美教授 (大阪大学) のモデル

今後の課題

- 日本は欧米と比較し、CGE分析の研究は少ない
- 温暖化対策の議論
 - 様々な領域で定量的な分析が必要に.
- テーマ
 - リーケージ、企業の国際競争力に配慮した制度設計
 - 国際間の排出量取引
 - CDM
 - 内生的な技術進歩 (R&D、Learning by doing)
 - データの改良

参考文献

- Bovenberg, A. L. and Goulder, L. H. (2002) "Environmental Taxation," in Auerbach, A. J. and Feldstein, M. eds. Handbook of Public Economics, Vol.3, Amsterdam: North-Holland, Chap. 21, pp. 1471-1545.
- Capros, P. et al. (1997) "The GEM-E3 Model: Reference Manual." available at <http://gem-e3.zew.de/>
- Chteau, Jean and Jean-Marc Burniaux (2008) "An Overview of the OECD ENV-Linkages Model." OECD Economics Department Working Papers, No. 653.
- Hertel, Thomas W. ed. (1997) Global Trade Analysis: Modeling and Applications, New York: Cambridge University Press.
- Mattoo, Aaditya, Arvind Subramanian, Dominique van der Mensbrugghe, and Jianwu He (2009) "Reconciling Climate Change and Trade Policy Aaditya," December.
- Paltsev, Sergey, John M. Reilly, Henry D. Jacoby, Richard S. Eckaus, James McFarland, Marcus Sarofim, Malcolm Asadoorian, and Mustafa Babiker (2005) "The MIT Emissions Prediction and Policy Analysis (EPPA) Model: Version 4." MIT Joint Program on the Science and Policy of Global Change, Report No. 125, August 2005, http://globalchange.mit.edu/files/document/MITJPSPGC_Rpt125.pdf
- Shiro Takeda (2007) "The double dividend from carbon regulations in Japan", Journal of the Japanese and International Economies, Volume 21, Issue 3, September 2007, Pages 336-364.
- Okagawa. A. and K. Ban (2008) "Estimation of substitution elasticities for CGE models," Discussion Papers In Economics And Business, No. 08-16, April 2008, Osaka University.
- 武田史郎・爲近英恵・有村俊英・Carolyn Fischer・Alan K. Fox (2010)「国際競争力及びリーケージ問題に配慮した排出量取引制度の設計: 応用一般均衡分析による生産量に基づく排出枠配分の研究」, 上智大学環境と貿易研究センター ディスカッションペーパー CETR DP J-10-
<http://www.erp.sophia.ac.jp/Projects/cetr/upload/file/DP2.pdf>
- 武田史郎・堀江哲也・有村俊秀、(2010)「応用一般均衡モデルによる排出規制に伴う国境税調整の分析」
- 武田史郎・川崎泰史・落合勝昭・伴 金美, (2010),「日本経済研究センターCGE モデルによる CO2 削減中期目標の分析」, 『環境経済・政策研究』, Vol.3, No.1, pp.31-42.
-

参考サイト

- 「中期目標検討委員会」<http://www.kantei.go.jp/jp/singi/tikyuu/kaisai/>
- 「地球温暖化タスクフォース」<http://www.kantei.go.jp/jp/singi/t-ondanka/>
- 「地球温暖化対策に係る中長期ロードマップ検討会」
http://www.env.go.jp/earth/ondanka/mlt_roadmap/comm.html
- EPA: ADAGE・IGEMモデルによる分析
<http://www.epa.gov/climatechange/economics/economicanalyses.html>
- EU commission: GEM-E3モデルによる分析
http://ec.europa.eu/environment/climat/climate_action.htm
GEM-E3モデル <http://www.gem-e3.net/>
- 上智大学・環境と貿易研究センター
<http://www.erp.sophia.ac.jp/Projects/cetr/>
- JCER-CGEモデルのコード&データ
<http://www.jcer.or.jp/report/discussion/detail3875.html>
- MIT EPPAモデル <http://globalchange.mit.edu/igsm/eppa.html>
- ZEW PACEモデル http://www.transust.org/models/pace/model_pace.htm