

ITシステムの環境影響評価

Analysis of the Environmental Effects of IT Diffusion

松本光崇*
Mitsutaka Matsumoto

入江康子*
Yasuko Irie

要旨

ITの社会への普及が、日本の二酸化炭素排出量にどのような影響をもたらすかについて、応用一般均衡モデルと呼ばれるマクロ経済分析手法を用いて試算を行いました。計算の結果、想定したIT普及シナリオのもとでは、IT化の影響によって日本の二酸化炭素排出量は約3%低減するという結果が得られました。このことから今後日本でIT化に二酸化炭素削減という視点を積極的に組み入れながら進めること、すなわち「IT社会のエコデザイン」が重要であることが示されました。

本稿では、この推定の手法と、この推定の結果を踏まえたIT社会のエコデザインについての考察を報告します。

NEC estimated the effects of IT (Information Technology) diffusion on the total CO₂ emissions of the Japanese economy. We based our evaluation on a macro economic analysis model which is called a “computable general equilibrium model”. Our results indicate that the advanced IT, based on our IT diffusion scenario, reduces CO₂ emissions of the Japanese economy by 3%. This implies that it is essentially important to promote IT innovation with the goal of CO₂ reduction, or the importance of an “eco design of IT society”. This paper reports the details of the evaluations and discusses the key factors which enable “eco design of IT society”.

1. まえがき

社会のIT化は、産業や市民生活に大きな変革をもたらしており、その傾向は今後も当面続くことは間違いありません。このような変革は、環境問題、特に地球温暖化問題の側面から見た場合にはどのような形でとらえられるのでしょうか。

IT機器の製造や利用、またITインフラの運用など、ITに由来する二酸化炭素排出量は、現在日本の二酸化炭素排

出の全体の1～2%であるというのが大方の予測です^{1,2)}。今後ITが普及するにつれ、2010年にはその割合が10%近くになるという予測もありますが²⁾、一般には、3%前後には達することが予測されており、いずれにせよIT化による環境負荷増大が懸念されます。その一方で、IT化のプラスの影響も予想されています。IT化は生産の効率を高め、経済の脱物質化を促し、経済全体のエネルギー効率を高めることが期待されています。

ITのプラスの環境負荷影響の可能性を見るために、日本の1966年から2001年までのエネルギー原単位の変化率の推移を図1に示します。図は日本の「エネルギー消費量/GDP」の前年比を示しています。オイルショックの期間、日本のエネルギー原単位は低下しています。その後1986年以降原油価格が低下し、原単位の低下傾向は鈍りましたが、90年代後半から再び低下傾向が見られます。この原因については諸説ありますが、アメリカでも類似の傾向が見られ、ある報告では、90年代後半以降のエネルギー原単位低下に

図1 日本のGDP当たりのエネルギー原単位の変化率の推移
Fig.1 Year-to-year percentage changes of “energy / GDP” of Japan.

* 基礎・環境研究所
Fundamental and Environmental Research Laboratories

はIT化が大きく寄与しているとしています³⁾。

このようなプラスとマイナスの影響を総合したトータルでのITの環境影響について、マクロ経済分析手法を用いて試算を行いました。

2. 応用一般均衡モデルを用いた分析方法

2.1 応用一般均衡モデル

環境影響の評価や予測には目的に応じていくつかの手法が用いられます。製品のLCAや個別のITソリューションの環境影響評価には、積み上げ法を基本としたマイクロ分析手法を用います。一方、社会全体に波及する変化の影響を評価する場合には、マクロ経済分析手法を用いることが一般的です。マクロ経済分析手法としては、マクロ計量モデル、技術選択経済モデル、動的最適化モデル、応用一般均衡モデルなどを用いた分析手法が挙げられます。

このなかで、本試算で用いた応用一般均衡モデル分析は、国内税や関税の影響や、技術革新の影響の分析にしばしば用いられます⁴⁾。応用一般均衡モデル分析の特長としては、1つは経済の構造的な変化を分析することができることです。このモデルでは経済の大きさ（GDP）を外生的に与え、一部の産業部門が拡大するときには、他の産業部門が相対的に縮小するという操作がモデル内生的になされます。したがってIT化によってもたらされる「経済構造の変化」の影響を分析することに有効です。もう1つの特長は、「生産関数」と「需要関数」をモデル設定者が定義することが必要であることです。関数を正確に定義することは難しいのですが、ある程度の想定を入れて定義すれば、技術波及の影響による生産効率や消費効率の変化の影響を分析することができます。これらの特長から、IT化の影響を分析する手法として、応用一般均衡モデル分析が最も適当であると判断しました。

2.2 応用一般均衡モデルを用いたIT普及の環境影響の分析方法

図2に本研究の分析の手順を示します。

まず、上で触れた「生産関数」と「需要関数」の定義を行い、これらの関数に日本産業連関表の数値を初期値として与えることにより、現状の経済に相当する経済モデルを定式化します。この経済モデルを「現状経済モデル」と呼びます（図2の①）。実際は現時点の最新の日本の産業連関表は1995年のものであり、1995年の日本経済モデルに相当します。

次にこの「現状経済モデル」に、NECが想定した「IT普及シナリオ」を加えます。IT普及シナリオとは、IT化が高度に進展したときに予想される経済の直接的な変化を、産業連関表上で表現したものです。この影響によって日本の二酸化炭素排出量がどのように変化するかを分析することが、この試算の要諦になります。IT普及シナリオの内容の詳細は後述しますが、基準として2010年レベルのIT普及度合いを想定してシナリオを作成しました（図2の②）。

ここでこの「IT普及シナリオ」を、機械的に「現状経済

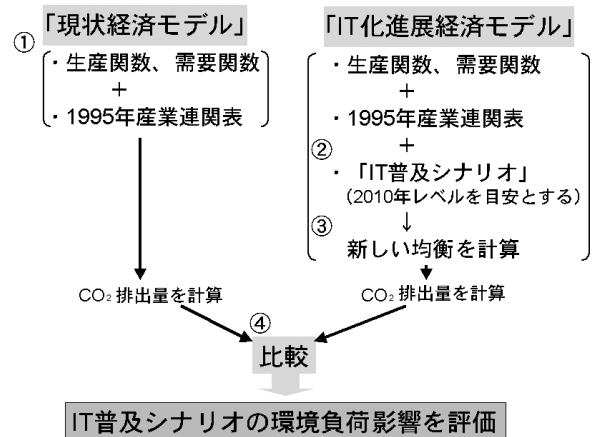


図2 応用一般均衡モデルを用いたIT普及の環境影響の分析手順

Fig.2 Procedures of the analysis of environmental effects of IT diffusion by using CGE model.

モデル」に加えるだけでは、つじつまの合わない産業連関表になります。「一般均衡が満たされない」といいます。そこでマクロ経済計算ツールを利用して、新たな均衡を算出します。算出される新しい均衡は、IT普及シナリオの影響をも含めた経済の状態に対応したモデルであり、この経済モデルを「IT化進展経済モデル」と呼びます（図2の③）。

「現状経済モデル」と「IT化進展経済モデル」の二酸化炭素排出量を求め、両者を比較します。これによって、「IT普及シナリオ」で想定した変化が、日本全体の二酸化炭素排出量に与える影響を評価することができます（図2の④）。

以上の手順をまとめると次のとおりです。

- ① 「現状経済モデル」の定式化（生産関数と需要関数の設定）
- ② 「IT普及シナリオ」の作成
- ③ 「IT化進展経済モデル」の算出
- ④ 両経済モデルの二酸化炭素排出量の算出と比較

ここで鍵になるのは、①の生産関数と需要関数の設定と、②のIT普及シナリオの作成です。特に後者が重要です。これらを次に記します。

3. 生産関数と需要関数の定義とIT普及シナリオの作成

3.1 生産関数と需要関数の定義

生産関数と需要関数は一般に用いられる形で設定しました。詳細は省きますが、生産関数はCES型関数（Constant Elasticity of Substitution Function）とし、エネルギー財以外の中間投入財間の代替弾力性は0、エネルギー財の代替弾力性は1、生産要素の代替弾力性は1、としました。需要関数はコブ・ダグラス型の関数としました。

3.2 「IT普及シナリオ」の概要

「IT普及シナリオ」、つまり本研究で想定したIT化の普及の直接的影響は次の3項目から成ります。

- 1) IT化による電力需要の増加

2) IT関連産業部門の拡大（経済構造の変化）

3) ITシステムの社会普及

第3の項目については次の6つのITシステムの普及の影響を想定しました。

- ・ BtoC Eコマース
- ・ SCM (Supply Chain Management)
- ・ 物流の効率化
- ・ オフィス業務の効率化
- ・ 情報の電子化
- ・ テレワークシステム

それぞれによる影響の「大きさ」については、2010年レベルでの影響を想定して、1995年（「現状経済モデル」）からの変化分としてシナリオを作成しました。以下に詳細を記します。

3.3 IT普及シナリオ(1): 電力需要の増加

次の第4項に示すIT関連機器の需要の増加分予測をもとに算定しました。その結果、

- ・ 電力需要の増加：6.4%増

を想定しました。これは1995年の全電力需要量の6.4%に相当する量の電力需要の増加がIT普及の結果起きるという想定を意味します。

3.4 IT普及シナリオ(2): IT関連産業部門の拡大

IT化の進展に伴い以下の産業部門が拡大することを想定しました。拡大の大きさ（率）は、それぞれに対応する製品やサービスの売上げの増加率に対応します。JEITA（電子情報技術産業協会）や経済産業省等のいくつかの統計資料から過去5～10年のIT関連財の売上げを調査し、その変化トレンドを線形推定して2010年まで延ばすことによって変化シナリオとしました。次のとおりです。

- ・ 電子計算機部門：44%増
- ・ 通信機器部門：54%増
- ・ 情報サービス部門：140%増
- ・ 国内通信サービス：66%増
- ・ 移動通信：640%増

これらの変化に伴う間接的（波及的）な影響については、シナリオ付加後に「IT化進展経済モデル」を算出する段階で評価されます。

3.5 IT普及シナリオ(3): ITシステムの社会普及

BtoC Eコマースなど6つのITシステムの影響を推定しました。これらの影響のあり方や大きさを推定することは難しい作業ですが、たとえば BtoC Eコマースについて、次のような形でシナリオを作成しました。

まずBtoC Eコマースによる影響として次のような事柄が考えられます。

- ・ 買物のための自家用車交通の減少
- ・ 家庭への商品配送のための小口輸送の増加
- ・ 卸売りマージンの減少（中抜き）
- ・ 倉庫の減少
- ・ デパート等のための建設需要の減少

次にこれらの影響の大きさを推定しました。例として「買物交通の減少」の影響を取り上げます。まず日本の小売り総額のうち BtoC Eコマースによる小売り額の割合は、2001年度の段階で0.5～1%であると推定されています（経済産業省や野村総研などの資料に基づく）。これが2005年度には2.5～4%に増加すると予測されています（同）。これより日本のBtoC Eコマース割合が2010年レベルで5%に達すると想定しました。次に、日本の自家用車利用のうち約30%が買物目的の利用であるという統計があります（国土交通省「交通センサス」）。これらの2つの数字から、30%×5%で約1.5%の自家用車利用が、2010年レベルのBtoC Eコマース普及で削減されるというシナリオとしました。

一部仮定も加えながらこのようなことを積み重ねて、以下のようなシナリオとしました。

1) BtoC Eコマース

- ・ 家計のガソリン需要：1.5%減
- ・ 道路貨物輸送のガソリン需要：0.68%増
- ・ 卸売り需要：2.5%減
- ・ 倉庫需要：1.0%減
- ・ 建設需要：4.1%減

2) SCM

- ・ 一部の工業における中間投入：10%減

3) 物流の効率化

- ・ 道路貨物輸送需要：10%減

4) オフィス業務の効率化

- ・ 紙製品の需要：5.0%減

5) 情報の電子化

- ・ 印刷・出版の需要：5.0%減
- ・ 情報記録物媒体の需要：26%減

6) テレワークシステム

- ・ 家計のガソリン需要：2.6%減
- ・ 産業部門の旅客輸送需要：0.91%減

4. 結果

以上に示した「IT普及シナリオ」を、「現状経済モデル」に加え、マクロ経済計算ツールを利用して新たな一般均衡を求めることで「IT化進展経済モデル」を算出しました。両経済モデルの二酸化炭素排出量を算出して、両者を比較した結果を表1に示します。表の値は「IT化進展経済モデル」の二酸化炭素排出量の、「現状経済モデル」の排出量（12.1億t-CO₂）からの変化分を表しています。

計算の結果、IT普及によって日本の二酸化炭素排出量は約3,600万t削減されるという結果を得ました。これは「現状経済モデル」の総排出量の約3.1%に相当します。内訳は、まずIT機器の普及増加による電力使用の増大によって二酸化炭素排出量は約1,800万t（1.5%）増加しました。その一方で、IT関連産業の拡大に伴う経済構造の変化によって二酸化炭素排出量は約3,400万t（2.9%）減少します。さらにITシステムの社会普及によって約2,000万t減少しました。

表1 IT化進展の環境影響評価結果(有効数字2桁)

Table1 Results of the analysis of environmental effects of IT diffusion (effective digits:2).

項目	CO ₂ 増減 (万t-CO ₂)	増減割合 (%)
電力需要の増大	+1,800	+1.5
経済構造の変化 (IT関連産業の拡大)	-3,400	-2.9
ITシステムの社会普及	-2,000	-1.7
総合	-3,600	-3.1

表2 ITシステムの社会普及の環境影響評価結果(有効数字2桁)

Table2 Results of the analysis of environmental effects of IT systems (effective digits:2).

項目	CO ₂ 増減 (万t-CO ₂)	増減割合 (%)
BtoC Eコマース	-4	-0.0
SCM	-1,200	-1.1
物流効率化	-440	-0.36
業務効率化	-29	-0.03
情報電子化	+3	+0.0
テレワーク	-290	-0.25
合計	-2,000	-1.7

ITシステムの影響の詳細を**表2**に示します。

現実世界における実際の影響の大きさは、今後のIT技術の進化や社会への普及のあり方にも依存するため、本研究の計算結果とは異なってくる可能性があります。ただ、本研究の最も重要な意義は、「IT化はトータルとして二酸化炭素排出量を削減するポテンシャルを持つ」ということを示したことにあります。これは今後のIT化に「二酸化炭素削減」という視点を積極的に組み入れながら進めれば、将来の日本の二酸化炭素排出量を現在予想されているよりも低減させることが可能であることを示唆しています。つまり「IT社会のエコデザイン」の重要性が示されたといえます。

5. IT社会のエコデザイン

本研究から得られたIT社会のエコデザインのヒントを挙げると、第1に、IT化による社会のモビリティとの代替の有効性です。これは表2で、物流効率化やテレワークが二酸化炭素排出量を効果的に削減することから示されます。IT化による情報の流通を、モノや人の動きを削減するような形でどれだけ実現できるかが鍵になります。第2に、ITによる資源の無駄の排除の有効性です。表2でもSCMの二酸化炭素削減効果が示されています。IT化を進めることで効率的な生産や需要情報の迅速な伝達を実現し、無駄な資源利用を削減することが課題になります。第3に、IT機器・ITインフラの省電力化が重要です。計算ではIT化による電力需要増加を6.4%と推定しましたが、これはIT機

器の消費電力改善を見込んでいない推定値です。省電力化の努力を進め消費電力を改善することは、IT化のトータルでの有効性を直接的に高める効果があります。

今後社会のエコデザインを深化させていくために、2つの課題を克服することが重要です。第1は評価手法についてです。マクロ経済評価手法の精度と評価の柔軟性を高め、より精緻で多様なIT普及シナリオの評価を行っていくことが必要です。第2は実証の問題です。ITシステムの社会普及がもたらす環境影響についてはまだ不明な点が多いため、ある領域でIT化を集中的に進化させたITコミュニティを創造し、そのコミュニティのエネルギー使用の変化を実証評価するような構想が必要になると考えられます。

参考文献

- 1) 総務省；「ITが地球環境に与える影響の評価に関する調査」、2002.
- 2) (財)国際超電導産業技術研究センター；「超電導応用技術の省エネルギー効果に関する調査」、2001.
- 3) ロムほか；「インターネット経済・エネルギー・環境」、流通経済大学出版会、2000.
- 4) ショウヴンほか；「応用一般均衡分析」、東洋経済新報社、1993.
- 5) 松本ほか；「IT社会のエコデザイン：応用一般均衡モデルを用いたIT化進展の環境負荷影響評価」、エコデザイン2002ジャパンシンポジウム、pp.30-33、2002.

筆者紹介



Mitsutaka Matsumoto

まつもと みつたか

松本 光崇

2002年、NEC入社。現在、基礎・環境研究所勤務。



Yasuko Irie

いりえ やすこ

入江 康子

2002年、NEC入社。現在、基礎・環境研究所勤務。環境経済・政策学会会員。