

# IT投資のエネルギー・環境問題へのインパクト

2010年までの日米比較

室田泰弘 (湘南エコノメトリクス)

高瀬香絵 (Shonan Environmental Research Forum)

Shonan Beach, 2002

## IT投資の社会・経済影響

- 現代の半導体を基礎とする電子工学技術は、BresnahanとTrajtenbergの定義する“一般目的技術”に当てはまる。
- Modern semiconductor-based electronics technologies fit Bresnahan and Trajtenberg's definition of a "general purpose technology (GPT)"

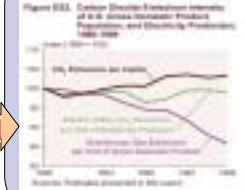
Delong & Summers (Aug. 2001)

生産性 (1990年代後半)



出所: 米国商務省

CO<sub>2</sub> 集約度 (1990年代後半)



出所: 米国環境庁

## IT化でエネルギー消費は増大?!

Mills and Huber (1999)

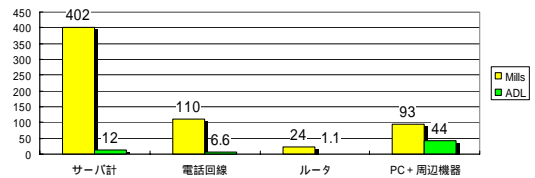
- 電力消費の最大8%が“インターネット”によるもの。(1998年)
- 2010年または2020年までに、30~50%になるだろう。

批判: 機器のうち、最大出力のものを選択 全機器に適用

- 全メインフレーム・コンピュータを、スパコンの出力レベルと想定
- Edgeルータについても、Backboneルータと想定
- 全PC(含プリンタ)が、17インチモニタと、常に印刷中のレーザープリンタと想定 等々

(ADLによる批判、IEA国際会議ペーパーより)

## MillsとADL推計値の比較



< 想定 >

	Mills	ADL	
PCs+周辺機器	1kW	~ 0.15kW	PC+モニタ
サーバ			
下限	1.5kW	0.125kW	
上限	250kW	2.5kW	
ルータ	1kW	40W	1ルータ
電話Central office	500kW	タイプ別	1CO

## 本研究の目的

- IT革命による
  - エネルギー需要は、増? 減?
  - 社会経済影響を通じた、エネルギー需給の全体構造への影響は?
  - エネルギー原単位, CO<sub>2</sub>原単位 への影響は? (逆U字曲線)



## ITによる影響の先行研究

- 経済: “生産性パラドックス論争”
  - 例えば、Solow(1987), Gordon(2000), David(2000)
- エネルギー
  - 研究はその創世記に:
    - 現存研究: Mills and Huber(1999), CECS(1999), Laitner et. al.(2000), Kawamoto et. al.(2000), 室田(2001)
  - ボトムアップ/トップダウン
    - ボトムアップ: 個別技術の影響
    - トップダウン: IT投資のマクロ経済的影響

# 研究の方法

エコノメイト

## IT 経済

### IT投資 マクロ経済

- 経済成長率
- 物価
- 失業率

by 米商務省分析

マクロ経済  
モデル

### マクロ経済 産業構造

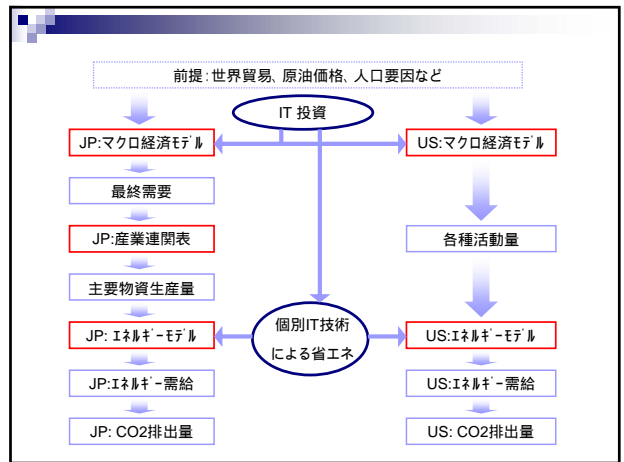
- 電気機械
- オールドエコノミー関連産業 (鉄鋼等)

IOモデル

## マクロ経済&産業構造 エネルギー

- 経済影響 エネルギー
- 個別のIT技術 エネルギー

エネルギー  
モデル



## 基準ケース, 日本 (主要想定)



世界貿易	00/85: 6.9%/y 10/00: 3.1%/y	
石油価格	2010: 23.4\$/bbl	USEIA(2001.11)
IT投資	10/00: 6%/y	

## 基準ケース, 結果 (マクロ経済)



	2000/1995	2010/2000
経済成長率	1.1%/年	1.8%/年
卸売物価上昇	-0.6%/年	-0.9%/年
	2000年	2010年
失業率	4.7%	5.5%
為替レート	111 円/ドル	135 円/ドル

2000年代になると経済はやや回復基調となるが、失業率は上昇気味など、かつてのような高成長経済は期待できない。

## 基準ケース, 結果 (産業連関モデル)



	2010/2000	
総生産額	1.9%/年	上位3
電子通信機器	4.5%/年	
通信・放送	4.0%/年	
対事業所サービス	3.5%/年	下位2
農業	-0.3%/年	
鉱業	-1.4%/年	

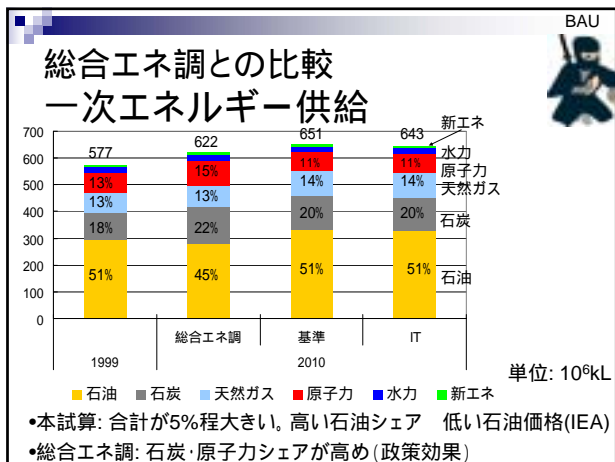
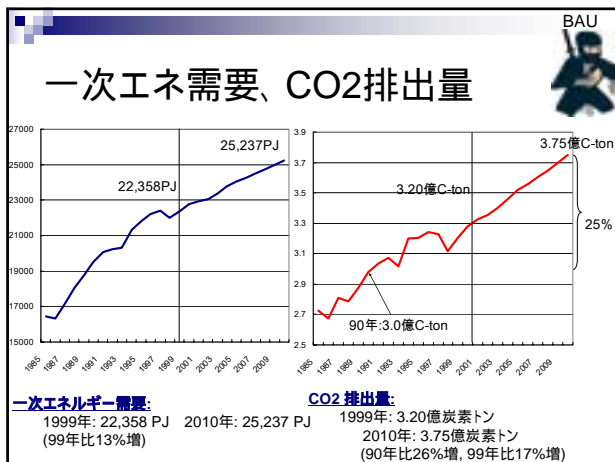
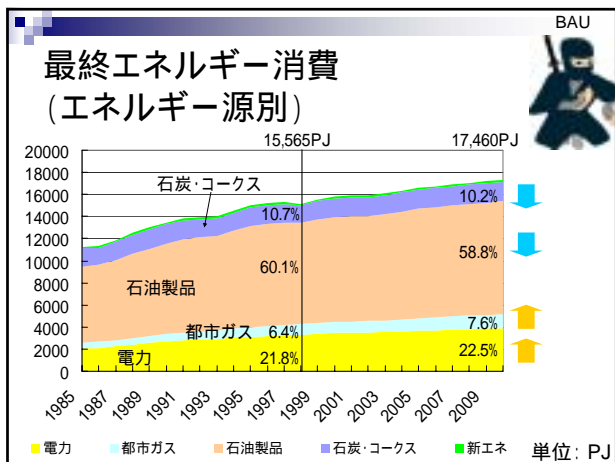
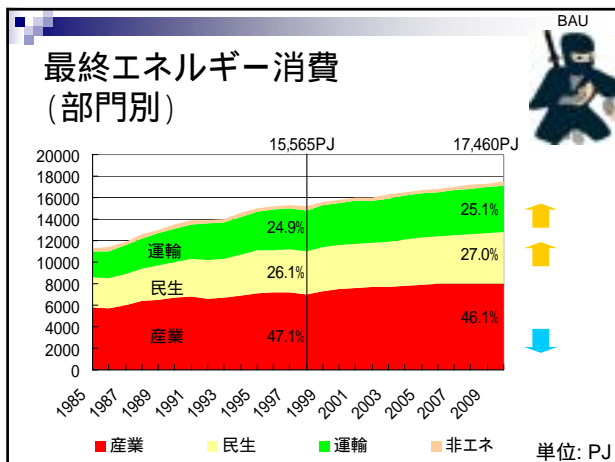
BAUケースでも、日本の産業構造はエレクトロニクスや通信などがリーディング・インダストリーとなり、IT化へ向かう。

## 基準ケース: エネルギーモデルの前提 (マクロ&IOモデルより)

	1999	2010
鉄鋼生産	9800万トン	9200万トン
セメント生産	8060万トン	7300万トン
エチレン生産	772万トン	850万トン
業務用延床面積	16.3億平米	19.1億平米
貨物輸送	5591億トンキロ	6030億トンキロ
旅客輸送	1.43兆人キロ	1.67兆人キロ

基準ケースでもエネルギー多消費型産業のアウトプットが純もしくは伸び悩む。





### 基準ケース, 米国(想定)

世界貿易	00/85: 6.9%/年 10/00: 3.1%/年	日本と同じ
石油価格	2010年: 23.4ドル/バレル	USEIA(2001.11) 日本と同じ
IT 投資	10/00: 10%/年	AEO2002の経済成長にあわせるため

### 基準ケース, 結果 (マクロ経済)

	1999/1987	2010/2000
経済成長率	3.2%/年	2.8%/年
卸売物価指数	2.0%/年	1.3%/年

	1999	2010
失業率	4.2%	4.8%

アメリカ経済は、穏やかな成長(ただし、日本より高成長)。

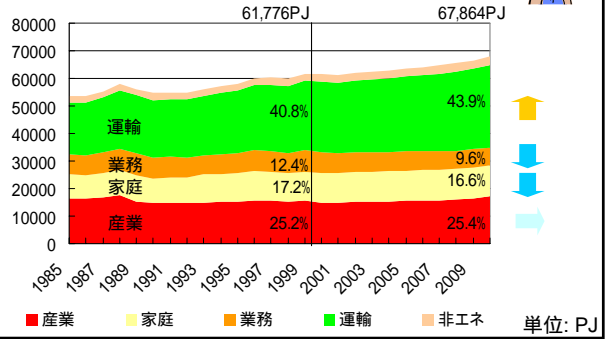
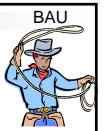
## 基準ケース: (エネルギーモデル内に推計式) エネルギー関連指標



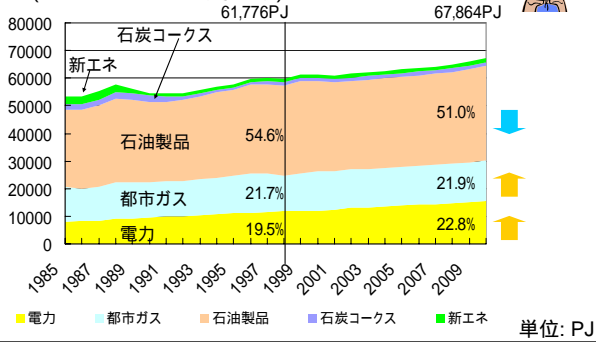
	1999	2010
車保有台数	2.18億台	2.54億台
粗鋼生産量	9,700万トン	1.2億トン
業務延床面積	673億m <sup>2</sup>	611億m <sup>2</sup>

やや低めの値だが、IT投資の床面積に対する負の効果を式に入れたためである。ただし床面積の時系列データ自体に問題があるので、今後データの改善を待って再推計したい。

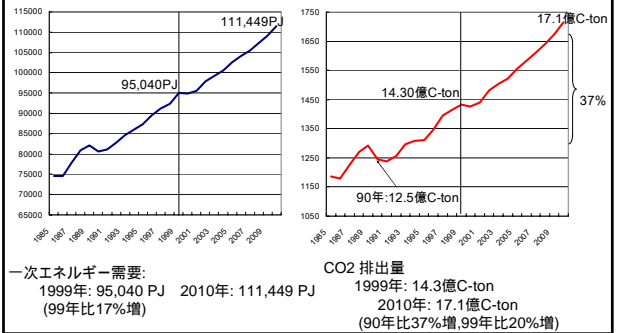
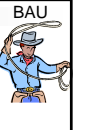
## 最終エネルギー需要 (部門別)



## 最終エネルギー需要 (エネルギー源別)



## 一次エネ需要、CO2排出量



## 政府(EIA)予測との比較 (1) 最終エネルギー需要



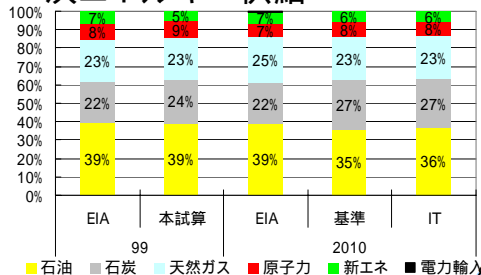
単位: %/年

	2010/1999 年平均伸び率(%)	
	政府(EIA)	本試算
産業	1.1	0.9
家庭	1.4	0.5
業務	2.3	-1.5
運輸	2.2	1.5

2010年の最終需要について、本試算の方が8%小さくなっている。産業はほぼ同水準だが、民生と運輸は本試算の方が小さくなっている。特に、業務については、本試算ではIT投資による床面積への影響を考慮したことが利いている。

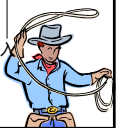
## 政府(EIA)予測との比較 (2) 一次エネルギー供給

単位: quadrillion Btu



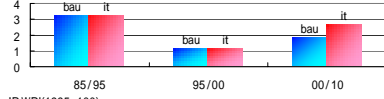
•政府(IEA2002): 石油・天然ガスシェアが高め。

•本試算: 石炭シェアが高め。

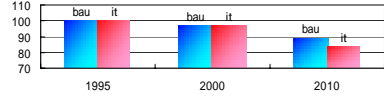


## IT投資の影響(6 12%/年) (マクロ経済モデル)

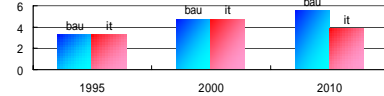
JP:GDP Growth Rate(%)



JP:WPI(1995=100)



JP:UNemployment rate(%)



米国商務省による分析  
(June 2000)と一致

## IT投資の影響 (産業連関モデル)

コンピュータに関しては、電子通信機器のシェアの伸びを減らし、その分だけ消費では商業・投資では建設・輸出では自動車等のシェアを拡大させた。また輸入係数に関しては、紙パルプやセメントなどの原料産業と自動車等の輸入係数の伸びを抑えた。

- 産業連関表の最終需要コンバータと輸入係数に変更を加えた。

	増分 (兆円)
総生産額	69 (6%)
対事業所サービス	22.6
電子・通信機器	14.8
金融保険不動産	6.3
通信・放送	3.3
輸送機器	-3.2

IT部門  
(26.6% 28.9%)

輸送機器は、自動車などの海外移転による輸入代替が進行するためである。

## IT投資の影響

### エネルギー関連指標 (マクロ経済・産業連関モデルより)

- 産業構造の脱重厚長大化が進む。(鉄鋼、化学、セメント、紙パルプ)

	2010		
	基準	IT	IT-基準
粗鋼	9200万トン	9000万トン	-190万トン
エチレン	850万トン	810万トン	-40万トン
セメント	7300万トン	6300万トン	-1000万トン
紙パルプ	2000万トン	1800万トン	-140万トン

- 乗用車保有、輸送量などは増大
- 業務用延床面積は、7%減少 (IT化によるオフィススペースの効率化。)

## IT投資の影響

### (エネルギーモデル)

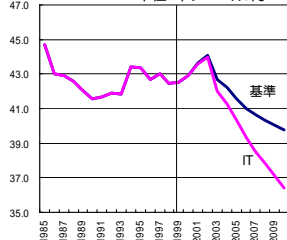
代替効果

所得効果

	2010年	
	IT-基準	%
最終エネ需要 (PJ)	-183	-1%
産業	-47	-1%
家庭	73	3%
業務	-238	-11%
運輸	22	1%
一次エネルギー供給	-325	-1%
CO2排出量 (Mton-C)	-5.7	-2%

## IT投資の影響 (エネルギーモデル)

単位:千ジュール/円



エネルギー集約度(TPE/GDP)

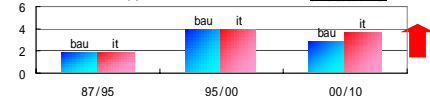
基準: 7% , IT: 14%

弾力性	99/85	10/99	
		基準	IT
TPE	0.88	0.57	0.35
CO2	0.50	0.75	0.46

## IT投資増の影響(10 12%/年) (マクロ経済モデル)

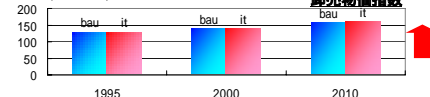
US:GDP Growth Rate(%)

経済成長率



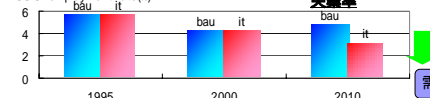
US:WPI(1995=100)

卸売物価指数



US:UNemployment rate(%)

失業率



需要増 (+) > 効率向上 (-)

USA

## IT投資の影響 エネルギー関連指標 (estimated in the model)

	2010年		
	基準	IT	IT-基準
粗鋼	1億1900万トン	1億2600万トン	640万トン
紙パルプ	6400万トン	6600万トン	170万トン
車保有ストック	254 mil.	262 mil.	7.8 mil.
業務延床面積	61 bil.ft <sup>2</sup>	58 bil.ft <sup>2</sup>	-2.9 bil.ft <sup>2</sup>

- 工業生産、輸送需要は、ITケースで大きくなる。
- 業務部門延床面積は、5%減少する。(IT投資による直接効果。)

USA

## IT投資の影響 (エネルギーモデル)

▲ 代替効果が大  
▲ 所得効果が大

	2010年	
	IT-基準	差(%)
最終エネ需要 (PJ)	2,730	4%
産業	1,873	11%
家庭	119	1%
業務	-312	-5%
運輸	948	3%
一次エネルギー供給	4,584	4%
CO2排出量(Mton-C)	77.1	4%

## IT投資の影響 (エネルギーモデル)

百万ジュール/ドル

弾力性	00/85	10/00	
		BAU	IT
エネルギー	0.51	<b>0.57</b>	<b>0.56</b>
CO2	0.39	<b>0.66</b>	<b>0.64</b>

BAU: 12% , IT: 14%

## ブッシュ政権の温暖化対策

本試算      基準: -10%(2000-2010)  
                  IT: -13%  
 ブッシュ政策      -18%(2002-2012)

私の政権は、今後の10年間で、わが国の温室効果ガス集約度を18%低下することを約束する。

## エネルギー集約度低下の理由 USA (1995~1999年)

■ 暖冬で説明(USDOE)できるのか?

	E/GDP(MJ/\$)	暖房度日
70-99年平均	10.1	4,518
95-99年平均	7.4	4,381
差(%)	<b>-27%</b>	<b>-3%</b>

暖冬によって説明されるのは、エネルギー集約度低下の、0.19\*(-3%)=-0.57%のみ。

LOG(UTLFD/UGDP) = +1.18621 + 193421 LOG(UHDD) -0.025487 TIME  
 (1.42) (1.96) (-43.97)  
 R<sup>2</sup> = 0.9878 S.E. = 0.025 D.W. = 0.481

## IT投資影響のまとめ (経済)

	日本	USA
経済成長率	▲	▲
失業率	▼	▼
卸売物価指数	▼	▲

経済成長 ( ) > 生産性上昇 ( )  
 95-99年の米国におけるデフレは、生産性の向上によるものであった。

## IT投資影響のまとめ (エネルギー需要)

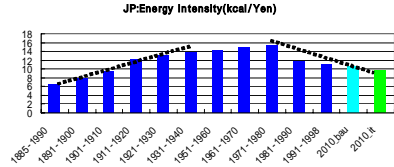
“所得効果を考慮しなければ、CO2排出量は2~3%減少する。”  
By Laitner (2000.3)

- 代替効果
  - 産業構造が鉄鋼・化学のような重厚長大産業からエレクトロニクスや通信などIT関連産業にシフト(原単位の低下)
- 所得効果
  - 家庭の所得上昇による暖房需要の増大のような効果。

最終エネ需要計	日本	USA
産業		既に、脱重厚長大
家庭		
業務	床面積の減少	床面積の減少
運輸		

## IT影響のまとめ (E/GDP)

- 日米両国のエネルギー集約度において、IT投資による逆U字曲線の勾配変化が見られた。(Schmalensee et. Al., Judson et. Al.)
  - 脱物質化と逆U字曲線 (Bernardini & Galli)
    - 需要構造の変化(モノからサービスへ)
    - モノの利用効率の向上(燃費の向上)
    - モノ間の代替(鉄鋼からプラスチックへ)
- } IT影響



## 近年の米国のE/GDPは、 IT化で下がったのか?

- 米国の95~99年の急速な低下は、暖冬による影響(-27%のうち **-0.57%**)では説明できない。(約2%)
- Cozzi(2001)では、暖冬影響を約6~28%と推計。
- ITによる影響が、急速な集約度低下の原因である可能性が高い。



## 課題

- IT投資の省エネルギーへの直接的影響を考慮する。
  - SOHO増加による、輸送需要への影響
  - 家電機器ネットワーク制御による家庭需要の低下、等々

