

S-3 脱温暖化社会に向けた中長期的政策オプションの多面的かつ総合的な評価・予測・立案 手法の確立に関する総合研究プロジェクト

4. ITの産業構造に与える影響に関する研究

(1) 2050年サービス・ビジネスの概要に関する研究

東京大学 先端科学技術研究センター

藤本 淳

[要旨] 2050年、わが国における産業の姿を、サービス産業を中心に検討した。2050年我が国は、ITサービス、医療・福祉などサービス産業が生産額および雇用とも大きな割合を占めることが明らかとなった。IT普及のサービス産業構造に与える影響は、国内のみを視野にいとプラスである。IT革命は、アウトソースやオフショアという形で国際分業化を加速する。この影響を考慮して2050年までの米国・インド・中国経済の長期シミュレーションを実施した。中国・インドの経済成長を考えると、我が国を含めた4国でのエネルギー総消費量は増加することが明らかとなった。IT革命の産業構造へ与える影響は、グローバル視点からはプラスとは言えない。

[キーワード] 未来社会、情報技術、産業構造、サービス・ビジネス、経済

1. はじめに

情報技術（IT）普及による社会変革を、低炭素型に導くための研究を実施している。これまでに、i) IT普及による2020年二酸化炭素排出量への影響の検討、ii) IT技術の高度化や普及によって「新たな社会システム」が構築されるとの仮説に基づく「2050年IT社会のライフスタイル」の描写と二酸化炭素排出削減の可能性の検討、およびiii) 前記社会像への「産業」の視点の付加を試みた。本年度は、ITが産業に及ぼす影響に関してさらに詳細な検討を加えた。第一に2050年に我が国産業で大きな割合を占めると予想されている「サービス産業」について概念をまとめるとともに、サービス産業におけるITの影響を俯瞰した。次に、計量モデルによるシミュレーションにより、2050年サービス産業の規模や雇用人口を推定した。推計においては、IT進展により加速するアウトソース化の影響を考慮した。最後にグローバルな視点から「ITによる産業構造変化の影響」を明らかにする目的で、我が国での試算と共通した手法で米国、中国、およびインドの2050年までの経済発展と予想される二酸化炭素排出量について試算した。

2. 研究目的

「バックキャスティング手法」では、マクロな条件をもとに複数の未来の中から「あるべき未来」を明確にし、そこから現在を振り返り（バックキャスト）、現在とのギャップを埋める各種対策のロードマップを構築する。このバックキャストのベースとなるのが将来の社会像で、これを具体化することで、人々の間で目標を共有し、それに至る実現性の高い計画を立てることが可能になる。

IT革命により社会構造は大きく変わる。資源・エネルギーの消費形態は、社会構造に立脚したものであることを考えると、IT革命により、資源・エネルギー消費の形態は大きく変化し、温室

効果ガス排出に少なからず影響を与える。IT革命へ向けて動きつつある現在、IT普及の方向を社会の環境負荷低減につながるように設計する「IT社会のエコデザイン」によって、低炭素社会実現に貢献することが本研究の目的である。

3. 研究方法

(1) 文献等によるサービス・ビジネスの概念調査

サービスの概念について、社会科学と工学との両面から調査してまとめた。また今後の技術進展が、サービス産業にどのような影響を与える可能性があるのかを検討した。

(2) 我が国の2050年産業像の定量化（サービス産業）

マクロ経済の実績データにはエコノメイト・データベース、エネルギー需要の実績データは、経済産業省の総合エネルギー統計をそれぞれ用いた。また、総務省の産業連関表（1990、1995年、2000年）を利用して（産業部門：52部門）、EU法¹⁾を用いて2050年までの産業連関表を推定した。IT部門の変化を見るため、IT機器関連（半導体製造装置、パソコン・電子計算機、通信機械、電子部品など）とIT関連サービス（電気通信、その他の通信サービス、放送、調査情報サービスなど）、およびIT革新の影響が強く出るサービス部門（広告、その他の対事業所サービスなど）を細かく分類し試算した。世界貿易は2005-2030年で年率3.1%の伸び、2030-2050年で年率2.8%の伸びと推定した。原油価格は徐々に上昇と仮定し、2030年で83.8ドル/バレル、2050年で102.2ドル/バレルとした。人口は国立社会保障・人口問題研究所（2006年12月推定）の中位値を用いた。

(3) 米国・中国・インドの2050年産業像の定量化

マクロ経済の実績データは、米国ではエコノメイト・データベース、中国とインドでは世界銀行のWDI（World Development Indicators）を用いた。産業連関表にはGTAP6（Global Trade Analysis Project）を（産業部門：31部門）、エネルギー需給モデルの実績データは、IEA（International Energy Agency）のエネルギー・バランス表を利用した。世界貿易と原油価格は、前項と同じ数値を用いた。

4. 結果・考察

(1) サービス産業

現状の経済活動ベースで、第3次産業（政府サービス生産者・対家計民間非営利サービス生産者を含む）を広義のサービス産業と考えると、我が国のGDPの72.2%を占める（2005年度）。狭義のサービス業（公共サービス、対事業所サービス、対個人サービス）で見ると、20.7%である。いずれも、増加傾向にあるのに対して、第1次産業および2次産業は減少傾向にある²⁾。今後もサービス産業は成長を続け、2050年の低炭素化社会は、経済的にはサービス産業で支えられていることは容易に想像できる。社会科学的なアプローチでは、サービスとは「人や組織に何らかの価値（効用）をもたらす活動のプロセス（無形）そのもので、市場取引の対象となるもの」と定義されている³⁾。ラブロックは、サービスを、その対象と活動の性質により表1のように分類している⁴⁾。この内、対象が「人」のサービスでは、人の知識・経験および行為が欠かせないと言われている。一方、工学的アプローチでは、富山らの研究がある⁵⁾。サービスを、「提供者がチャンネルを介して

コンテンツをサービス受容者に届け、受容者の状態変化をもたらす」と定義しており、サービスを表2のように分類している。いずれのアプローチにおいても、サービスとは、“人の感じる価値（状態変化）”で計られる“無形なプロセス（コンテンツ）”と、抽象的な要素から構成されるので、未だ製品開発のような科学的検証方法は確立していない。今後“サービス生産性を高める”研究が活発になると考える。

表1 サービスの分類（ラブロック）

		サービスの対象	
		人	所有物
サービス活動の性質		People processing (人の身体に対するサービス)	Possession processing (所有物に対するサービス)
		物理的働きかけ	交通機関 医療 介護 宿泊 レストラン・バー エステティック スポーツクラブ 理・美容 葬儀
		Mental stimulus processing (人の心に向けられたサービス)	Information processing (無形資産に対するサービス)
		無形の働きかけ	広告・宣伝 エンターテインメント 放送 コンサルティング 教育 コンサート 情報提供サービス 宗教

表2 サービスの分類（富山）

サービス類型	サービス例
メッセージ型	放送業 経営コンサルタント 遠隔医療診断
マッサージ型	マッサージ治療 エアライン
代理型(自動型)	税理士 旅行代理店
利便性・可能性提供型	レンタカー 銀行 チケット予約システム
人工物ライフサイクル付随型	家事請負 メンテナンスサービス 廃棄物処理業

ITの進展は、サービス生産活動に少なからず影響を与えている。インターネットショッピングなど提供側と受け手の関係（チャネル）、コンビニエンス・ストア等におけるサービスのデリバリーシステム、バーチャル・ユニバーシティや医療サービスなど情報提供型サービスを大きく変えている。今後、NGN (Next Generation Network) による通信の大容量化、センサーとネットワークが融合して至る所に遍在するユビキタス・ネットワークの実現、マイクロプロセッサの処理能力のさらなる向上（2020年前後にはPCの情報処理能力は、人間の脳のレベルに達する：Ray Kurzweil）⁶⁾、ロボット技術の進化とIT技術との融合等により、サービス形態が大きく変わる可能性が高い。人間並みの情報処理能力をもったロボットが、ユビキタス・ネットワークを介して大量な情報をやり取りしながら行動することで、今まで人間しかできないとされていた熟練した技

やサービスをロボットが代替することも、21世紀後半には夢物語ではない。

(2) 我が国の2050年産業像の定量化(サービス産業)

1) 2050年社会全体像

GDPの平均成長率は、2000-2010年で1.5%、2010-2030年で1.0%、2030-2050年で0.2%(1985-2000年の平均成長率が2.4%)となった。ちなみに2050年の実質GDPは737兆円(2000年価格)、しかしGNPは830兆円(同)となり、約100兆円の海外投資収益が得られる(これによって消費はかさ上げされる)。成長会計の評価では、労働投入のマイナスを資本投入の増加と技術進歩で補っていると結果が得られた。一人当たり所得は、2000年で36,000ドル/人が2030年で46,000ドル/人、2050年で46,800ドル/人程度となる(GNPベース)。円安のため(2050年188円/ドルと想定)、ドル表示では、伸びが低下する。物価の推移をGDPデフレーターでみると、2000-2010年の平均伸び率は-0.9%、2010-2030年が0.9%、2030-2050年が1.0%(1985-2000年の伸び率が0.6%)であった。2010年以降、デフレから脱却する傾向にある。

2) 産業構造の推定結果

マクロモデルから求めた最終需要を利用して、2050年までの産業構造の推移を求めた。試算結果を見やすくするため、業種を11部門に集約した形で示したのが、表3である(部門対応表は表4)。2050年の最終需要に2000年の投入係数を乗じて求めた生産額と、2050年の投入係数を用いて得られた生産額の差を表5に示す。これを見ると、2050年の生産構造は、同じ最終需要でも、全体として生産額は若干低下すること(サービス化)、個別に見ると、IT機器やITサービス部門の拡大が大きく、逆にその他サービス、建設、その他製造業の縮小が目立っている。ちなみにその他サービスの中では、卸小売と飲食店が縮小する。ITサービス、医療保険社会保障、およびその他サービスを“サービス産業”と定義して求めたサービス産業の生産額変化を図1に示す。

就業者の推移を表6に示す。2000年に5,155万人だった就業者数は、2050年には3,440万人に縮小する。これは人口の高齢化の影響である。なお15-64歳人口に占める就業人口の割合は、2000年で約6割が2050年で約7割となる。これは高齢者の労働参加が増えることを想定しているからである。図2はサービス産業での就業者人口の推移である。2050年には約8割がサービス産業に従事することになる。以上の本分析では、IT革新によるアウトソース化の影響を考慮に入れている。アウトソース化の想定率を表7のように置いた。これはMcKinsey Global Institute⁷⁾を参考にして

表3 生産額の集約表

10億円、2000年価格									
	1990	2000	2010	2030	2050	90/00	00/10	10/30	30/50
一次産業	18,824	15,748	14,697	12,134	8,440	-1.77	-0.69	-0.95	-1.80
エネ多消費	61,198	60,353	61,176	61,205	60,872	-0.14	0.14	0.00	-0.03
エネ関連産業	23,356	32,272	35,558	39,849	37,750	3.29	0.97	0.57	-0.27
IT機器	23,185	41,205	64,835	131,941	212,202	5.92	4.64	3.62	2.40
自動車	38,029	37,276	39,390	40,194	38,339	-0.20	0.55	0.10	-0.24
その他機械	55,471	50,115	52,324	49,922	39,994	-1.01	0.43	-0.23	-1.10
その他製造業	116,450	102,823	100,361	90,032	68,421	-1.24	-0.24	-0.54	-1.36
建設	92,849	77,311	72,310	67,746	46,708	-1.81	-0.67	-0.33	-1.84
ITサービス	18,608	39,755	52,304	91,505	124,119	7.89	2.78	2.84	1.54
医療・保健・社会保障	32,527	48,239	55,476	76,650	99,818	4.02	1.41	1.63	1.33
その他サービス	372,416	442,767	484,509	532,910	498,072	1.75	0.91	0.48	-0.34
合計	852,914	947,862	1,032,939	1,194,087	1,234,735	1.06	0.86	0.73	0.17

表4 日本部門の集約

1 一次	1 農林水産	2 鉱業					
2 エネ多消費	5 紙・パルプ	7 石油化学等	8 医薬品・化粧品	9 その他化学	12 セメント・同量	13 ガラス等	
3 エネ関連産業	14 粗鋼・鉄鉄	15 鋼材・鉄鋼製品					
4 IT機器	10 石油製品	11 石炭製品	33 電力	34 ガス			
5 自動車	18 産業用ロボット	19 半導体製造	20 民生用電子機	22 パソコン・電	23 通信機械	24 電子部品	
6 その他機械	25 その他の電子通信機器	27 自動車					
7 その他製造業	17 一般機械・事	21 民生用電気機	26 重電機等	28 その他の輸送	29 精密機械		
8 建設	3 食料品	4 繊維製品	6 印刷・出版	16 非鉄金属・金属製品	30 その他の製造業		
9 ITサービス	31 建築	32 土木					
10 医療・保健・社会保障	40 電気通信	41 その他の通信	42 放送	46 調査・情報・会計サービスなど			
11 その他サービス	44 医療・保険・社会保障など	35 水道・廃棄物	36 卸・小売	37 金融・保険・不	38 陸上輸送	39 その他輸送	43 公務・教育・研究
	45 広告	47 その他の対	48 娯楽サービス	49 飲食店	50 旅館など	51 その他個人サービス	
	52 事務用品など						

表5 投入係数変化の効果

10億円、2000年価格

一次産業	-8,973
エネ多消費	-14,400
エネ関連産業	-3,232
IT機器	194,353
自動車	-16,720
その他機械	-33,441
その他製造業	-58,223
建設	-55,674
ITサービス	72,672
医療・保健・社会保障	37,169
その他サービス	-126,418
合計	-12,888

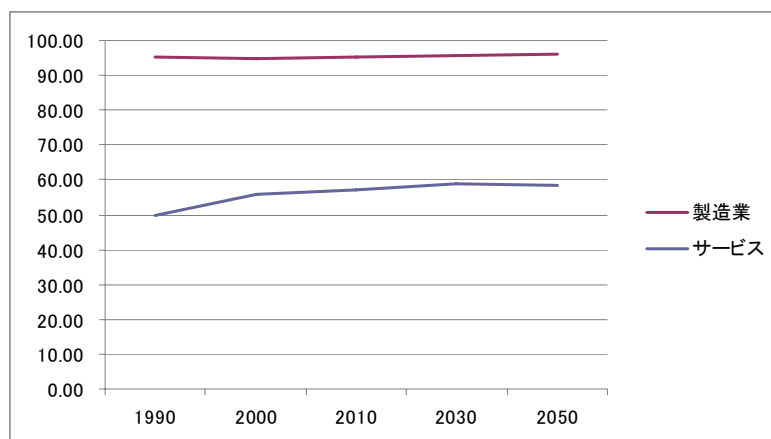


図1 生産額の推移 (縦軸は%)

表6 就業者数：集約表

千人

	1990	2000	2010	2030	2050	90/00	00/10	10/30	30/50
一次産業	556	506	434	266	139	-0.94	-1.53	-2.42	-3.18
エネ多消費	1,636	1,303	1,104	744	476	-2.25	-1.64	-1.96	-2.21
エネ関連産業	242	253	249	206	154	0.45	-0.18	-0.95	-1.45
IT機器	1,160	1,163	1,407	1,714	1,765	0.03	1.92	0.99	0.15
自動車	1,026	873	796	596	424	-1.60	-0.92	-1.44	-1.68
その他機械	2,118	1,770	1,601	1,189	793	-1.78	-1.00	-1.48	-2.00
その他製造業	5,804	4,214	3,471	2,134	1,157	-3.15	-1.92	-2.40	-3.01
建設	4,538	4,619	4,111	3,412	2,371	0.18	-1.16	-0.93	-1.80
ITサービス	1,309	1,893	2,123	2,786	2,948	3.76	1.15	1.37	0.28
医療・保健・社会保障	2,711	4,455	4,878	5,647	6,320	5.09	0.91	0.74	0.56
その他サービス	26,909	30,504	29,587	24,240	17,885	1.26	-0.30	-0.99	-1.51
合計	48,009	51,553	49,760	42,933	34,433	0.71	-0.35	-0.74	-1.10

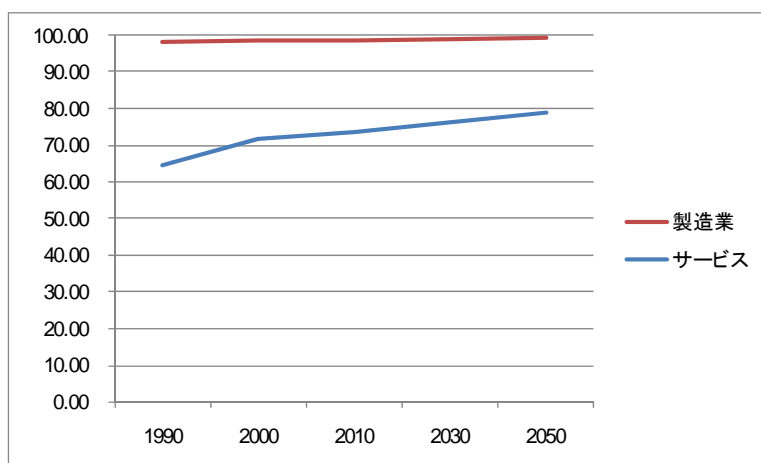


図2 就業者の割合 (縦軸は%)

表7 アウトソース化の比率 (生産額に対する比率)

	2010	2030	2050
36卸・小売	0.01	0.03	0.05
37金融・保険・不動産	0.05	0.15	0.25
44医療・保険・社会保障など	0.01	0.03	0.05
40電気通信	0.1	0.2	0.3
47その他の対事業所サービス	0.03	0.06	0.1

マクロモデルより、GDP、消費、住宅建築戸数、一般物価などを求め、また産業連関表よりエネルギー消費産業(鉄鋼、エチレン、セメントなど)の生産量を求める。さらに原油価格や為替レートなどの想定を置いて、部門別最終需要を求め(産業、家庭、業務、運輸)、さらに転換部門(発電、石油精製など)を考慮したうえで一次エネルギー需要を求め、それから各種エネルギーの輸入量やCO₂排出量(エネルギー起源)を求めた。今回のモデル分析では、とくに最終需要部門に関して、各種の構造分析を、マイクロデータを利用することにより行っている。試算結果を表8にまとめる。2050年のエネルギー最終需要は13,376PJで2000年の15,982PJより2割弱低下する。ちなみに総合エネルギー調のレファレンスケース(2030年、2005年3月発表)では425百万KLである。当方の試算では2030年の値は406百万KLであった。産業部門と運輸部門で、総合エネルギー調よりやや値が低目となっている。2050年の部門別シェアを見ると、産業の低下(2000年47%が2050年に41%)、家庭部門の上昇(2000年13%が2050年に15%)、業務部門の上昇(2000年15%が2050年に22%)、運輸部門の低下(2000年24%が2050年に22%)となる。家庭、業務、運輸での構造変化の要因導入が利いているものと思われる。

表8 日本エネルギー需給の試算結果

		1990	2000	2010	2020	2030	2050
最終需要:計	TLFDX	13,323	15,982	16,008	15,987	15,706	13,376
産業エネ:合計	TLINX	6,678	7,534	7,302	6,929	6,562	5,467
家庭:計	TLHSX	1,657	2,113	2,287	2,389	2,359	2,003
業務:計	TLCMX	1,775	2,421	2,617	2,878	3,153	2,985
運輸:計	TLTNX	3,212	3,913	3,802	3,791	3,631	2,920

3) 2050年の産業構造に与えるITの影響

2050年の産業では、生産額、および就業人口の両面で、サービス産業(特にIT機器、ITサービス、医療・保険サービス)がより大きな割合を占めることになる。産業のサービス化に伴い、産業でのエネルギー消費が占める割合は2000年に比較して6%程度低下する。IT進展が産業構造へ与えるインパクトは、我が国だけを考えると、エネルギー消費の側面ではプラスの影響であると言える。尚、今回の試算には、ITとロボット技術との融合による、サービス形態の大きな変革は考慮していない。この様な変化を考慮すると、さらに大きな生産額の増加と、エネルギー消費の削減が得られる可能性がある。

(3) 米国・中国・インドの2050年産業像の定量化

1) 各国の産業状況

人口推定には、国連のWorld Population Prospectsの推定を用いた(図3)。2050年の中国の人口は13.9億人となる。これは、2050年のインドの人口15.9億人を下回る。つまり中国の人口は今後急激に伸びないことになる。アメリカの2050年人口は4億人弱で、中国やインドの1/3から1/4にとどまる。

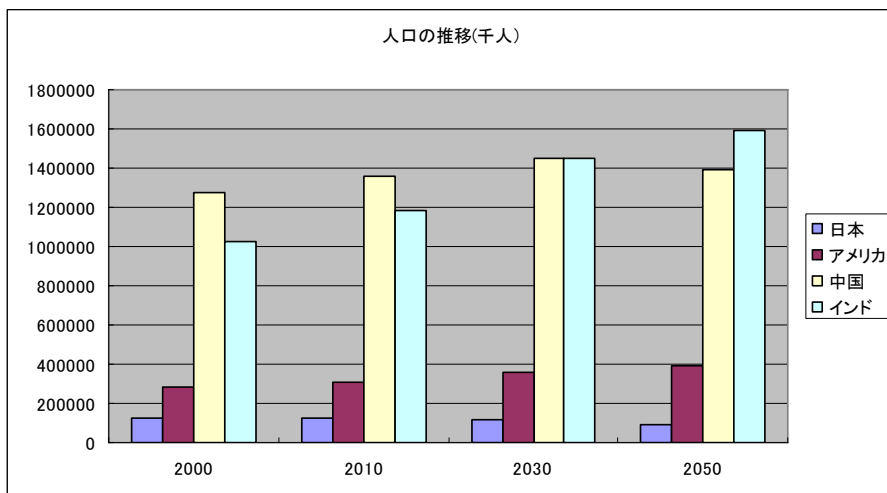


図3 4ヶ国の人口の推移

ITが、産業構造の変化に与える影響を図4のようにモデル化した。情報通信技術（IT）の急速な普及・進展は、アメリカ経済の生産性を高めるとともに、企業活動のグローバル化（アウトソース化やオフショア化）を加速している。これによりBRICs（ブラジル、ロシア、インド、および中国）、特に中国やインドの経済は、今後も急速に発展する。これらの国が先進国並みの経済規模となった際のエネルギーおよび資源消費の増加により、地球温暖化の加速、環境汚染、エネルギーや資源価格の高騰など、地球の持続可能性を脅かす様々な弊害を与えることを想像に難くない。

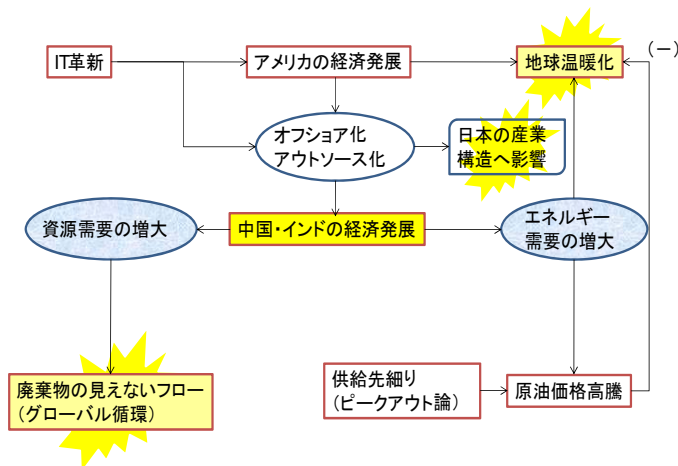


図4 各国経済の連関モデル

世界経済が波乱のない相似的な拡大を今後半世紀にわたって続けた場合（為替レート、石油価格の高騰、環境政策など急激な変化がない）、中国のGDPは、2010年代に米国に肩を並べ、2050年には米国の2倍以上となる。一方、インドも拡大を続け、2050年には米国のGDPに匹敵する規模となる（図5）。

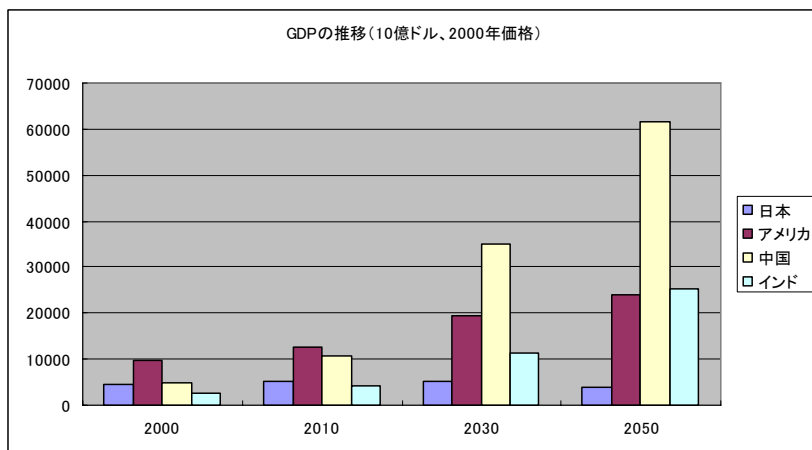


図5 GDPの推移

この変化は歴史的にみると、世界の経済中心が欧米から中国・インドに移ることを意味する。これは、世界の政治・経済バランスを大きく変える。経済史家マディソンの推定を利用すると⁸⁾ 紀元1000年頃ごろには中国とインドの経済規模は欧米を凌駕していたが、18世紀の産業革命を契機として、両者の位置は逆転した。今回のIT革命がその地位の再逆転のきっかけになる可能性がある。

図6は、二酸化炭素排出量の比較である。中国のCO₂排出量は2050年に61億トン(炭素換算)となる。2006年実績が7.6億トンだから、格段の対策が採られなければ、中国のCO₂排出量は約8倍に増えることになる。エネルギー需要に比べてCO₂排出量の伸びが高いのは、民生分門における再生不能エネルギーへの転換、発電における石炭火力の比重上昇などによる。ちなみに世銀の予測値は2050年に36億トンであり、当方の数字の約6割の水準にとどまる。インドのCO₂排出量は2050年に27億トン(炭素換算)となる。アメリカの2050年値が29億トンだから、インドの排出量は2050年にアメリカと肩を並べることになる。世銀のインドの2050年値は16億トンである。これは政策込みの数字だと考える。

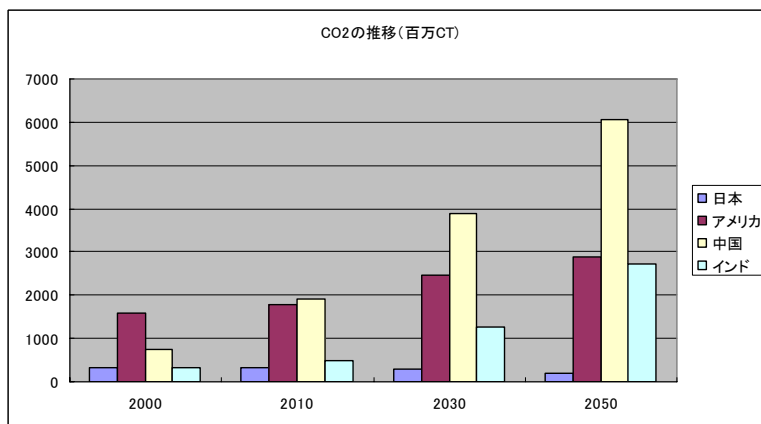


図6 CO₂排出量の比較

主要産業の生産量では、例えば自動車生産台数は、中国において、現在の米国の生産台数(2006

年：1120万台)の2030年で2倍弱、2050年で約3倍、インドでは2050年に2006年の米国並みになる。この結果から明らかなように、これらの国の資源消費量が今後急増することを示唆している。

2) グローバル視点から見たITの産業構造への影響

IT進展が産業構造へ与える影響に関して、国内に限定すれば、サービス産業の拡大(エネルギー多消費産業や製造業の飽和や減少)により、産業のエネルギー消費量が減少する可能性が高い。しかしグローバルな視点で考えると、アウトソーシングやオフショア化を加速し、これにより中国やインドなどのBRICs諸国の経済が拡大し、結果としてこれらの国のエネルギー消費は増加する。ITが産業構造に与える影響は、国内のみとグローバル視点から考えた場合、異なる可能性がある。

5. 本研究により得られた成果

(1) 科学的意義

ITの産業構造変化に与える影響をグローバルな視点で定量的に検討した例を他に知らない。

(2) 地球環境政策への貢献

地球温暖化問題への対応に向けたICT政策に関する研究会報告書(平成20年4月、総務省)の作成に貢献した(本調査の試算結果が、参考資料の1に採用されている)。今後、2050年産業像についてまとめた出版を通じて、成果の広報・普及に努める。

6. 引用文献

- (1) 良永康平：「EU全体の産業連関表とその経済構造」、産業連関、7(4)、1997
- (2) 「2007サービス産業白書」、矢野経済研究所、2007
- (3) 近藤隆雄：「サービスマネジメント入門」、生産性出版、2004
- (4) ラブロック：「サービス・マーケティング」、白桃書房、2002
- (5) 「インバースマニュファクチャリングハンドブック」、丸善、2004
- (6) www.kurzweilai.net
- (7) McKinsey Global Institute, “The Emerging Global Labor Market”, June, p22, 2005

7. 国際共同研究等の状況

なし

8. 研究成果の発表状況

(1) 誌上発表

<論文(査読あり)>

- 1) 藤本淳、松本光崇、折口壮士、西史郎、植田秀文、端谷隆文：「エコデザインによる情報技術の低炭素化実現への貢献」、地球環境、12(2)、209-218、2007

<その他誌上発表(査読なし)>

- 1) 室田泰弘、藤本淳：「中国2020年代には成長率1.4%に、急速な高齢化、元高、原油高騰で急ブレーキ」、エコノミスト、2007年10月8日号、88-94、2007

(2) 口頭発表(学会)

- 1) 室田泰弘、藤本淳：「IT革新と中国、インド、アメリカの温暖化問題」、エネルギー資源学会第24回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス発表論文、2008
- 2) M. Matsumoto and J. Fujimoto, “A study on the potential of ICT on realizing environmentally sustainable society, The 4th Asialics International Conference, Kuala Lumpur, Malaysia, 2007

(3) 出願特許

なし

(4) シンポジウム、セミナーの開催(主催のもの)

なし

(5) マスコミ等への公表・報道等

- 1) KANSAI TIME OUT (No. 364, June2007, pp44-45)
“Heaven on earth”
- 2) Eye-Ai (September2007, pp40-43)
“Low Carbon Japanese Lifestyle in 2050”
- 3) 朝日新聞(2007年10月28日、全国版、3面)

(6) その他

なし