

2A15 技術のグローバルスピルオーバーとその技術経営へのインパクトの分析

○渡辺千似, 朱 兵, Behrooz Asgari (東工大経営工学)

1. 序 論

昨年夏の通貨危機に端を発するアジアの経済混乱は日本をも包摂し、ロシアや中南米をも巻き込み、欧州や米国までも動揺させるに至った。文字通りグローバル経済は一衣帯水である。かつてのような「貿易や投資を通じた相互依存関係の深化」という類のなまやさしい構図ではない。第一に、そのインパクトは瞬時に地球を駆けめぐり、第二に、その影響は民族や地域をを問わず、地球全体を一つの不離一体のシステムとして覆う。第三に、従って、地球上の一つの傷はあつという間に、地球全体に拡がる。第四に、その結果、好循環もあつという間に悪循環に転じ、際限なく進行する。

このような「21世紀的グローバル経済」の根底には、情報技術の指数関数的な発展に支えられて、人、モノ、カネ、情報が文字通り光速で地球全体をくまなくぐるぐる回る「技術牽引型グローバル化」が脈絡と流れ、その流れは年々加速される。そして、これに付随して、好むと好まざるに係わらず、技術のグローバルなスピルオーバーが進行し、それを同化する能力が技術経営戦略に決定的な影響を及ぼす。

本論は、このような同化能力とその技術経営に与えるインパクトを分析する。

2. 技術のスピルオーバーとそのメカニズム

2. 1 技術のスピルオーバー

O E C Dは1997年の「技術及び産業パフォーマンスに関する報告書」[9]において、多くの産業において生産性の向上はその産業の研究開発投資によるよりも生産性向上のために導入されたコンピューター等をはじめとするハイテク機器・設備に体化した技術の貢献による効果の方が大きいとの分析を示した。技術革新は自らの直接的な研究開発投資と合わせて、ハイテク設備に体化した技術や人の交流・資本や中間財の調達に付随して流入する技術等の他者の行った技術成果の流入に少なからぬ影響を受ける。このような現象を技術のスピルオーバー（溢出）という。O E C Dの指摘は産業の生産性等の向上には直接的な研究開発投資もさることながら技術のスピルオーバーの効果が看過できないことを示唆するものであり、「21世紀的グローバル経済」の進行に照らせば、これは企業の技術経営戦略を検討する上で決定的に重要である。

2. 2 スピルオーバーの功罪

1960, 70年代にはノーベル経済学者ケネス・アロー (K. J. Arrow, 1962) の「技術革新にはスピルオーバーによる外部性が存在するので、市場機構による資源配分の最適化は困難」との見方に代表されるように「スピルオーバー-罪悪論」が支配的であった。だが、グリリクス (Z. Griliches, 1979) [5] は、「企業の生産性の上昇に貢献する要因は自らの行う研究開発努力の他にも様々な存在しており、中でも他の企業が行う研究開発のスピルオーバー-効果が重要である」との認識を指摘した上で、その効果を発揮するか否かは技術をスピルオーバーする側（ドナー）とそれを受入れる側（ホスト）の両者の技術ポジション (Technological position) の類似性に依存することを示唆した¹⁾。これに触発されて、ジャフェ (A. B. Jaffe, 1986) [7] は技術ポジションの類似度を示す指標として「技術距離」という概念を提唱した。これをもとにベルンシュタインやナディリ (J. I. Bernstein, M. I. Nadiri, 1988, 1989) [2, 3] 等を中心にスピルオーバーの計量的な計測・評価が進められるようになった。

1) 技術ポジションが類似した企業間では①製品構成や研究開発内容等も類似しておりドナーで開発された技術知識をフルに活かしようとする製造設備・研究資源・市場ネットワーク等のインフラの整備度が高くスピルオーバー技術の利用・吸収が容易、②必要としていた技術とタイムリーに触れ合う可能性が高い、等による。

2. 3 技術スピルオーバーのメカニズム

以上の Jaffe や Bernstein & Nadiri の実際的な研究をもとに、技術スピルオーバーのメカニズムを整理すると図1のように示される。その要諦は、

- ① 実効ある技術スピルオーバーは、ドナーからホストへの単なる一方方向の流れではなく、両者の双方方向のダイナミクスであり、スピルオーバー → ホストの社会経済の発展 → 双方の相互作用 (Interaction) の活性化 → ドナーの社会経済の発展 → スピルオーバーの増大という好循環を形成するものである。
- ② 好循環形成の鍵は、双方の相互作用と合わせてホストのスピルオーバー技術と同化能力 (Assimilation capacity) に依存する。
- ③ 相互作用及び同化能力の程度は、技術距離及びホストにおけるスピルオーバーを得た技術の限界生産性で示される (図2)。

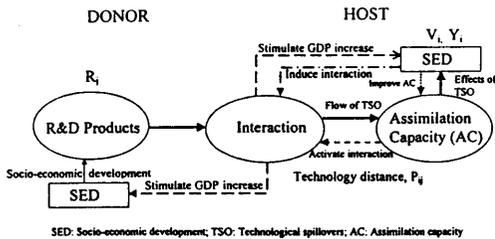


図1 技術スピルオーバーのダイナミズム

$$V_t = F(L_t, K_t, T_t, [T_t], t)$$

V_t : GDP
 L_t : Labor
 K_t : Capital
 T_t : Own technology stock
 $[T_t]$: Stock of technology spillovers (TSO)
 t : Time trend

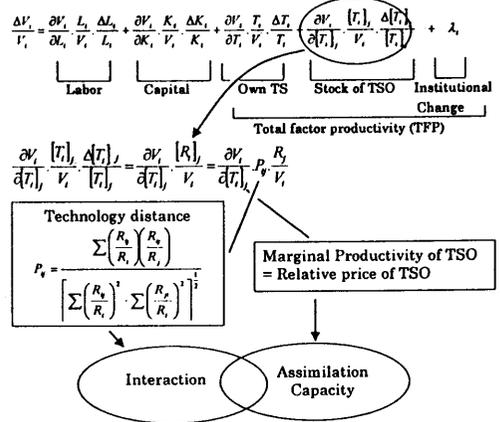


図2 スピルオーバー技術の生産への貢献メカニズム

3. スピルオーバー技術の同化能力

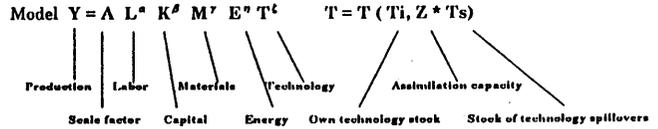
3. 1 同化能力の計測・評価

特定の主体の行う研究開発は意識するとしないうにかかわらず広範な技術スピルオーバーのフローを形成する。しかし、このフローはあくまでも潜在的な可能性を秘めたスピルオーバー技術のフローに過ぎず、そのフローを活かすためには、ホストの同化能力が不可欠である。この同化能力と技術のスピルオーバーとがマッチすることにより、ホストはイ) 自らの生産性等の向上に効果的な技術を選択的に取り入れ、ロ) 自らの技術体系に内部化させ、ハ) 自らの生産システムに体化させて、自らの技術との相乗効果をフルに発揮することによって、スピルオーバー効果をフルに活かすことが出来る [4]。従って、スピルオーバーの計測・評価に当たっては、同化能力の計測・評価が重要であるが、未だに概念的な研究の域を出ていない [1]。

このような問題意識に立脚して、1975-1995年の間の我が国電気機械工業の業種間技術スピルオーバーの分析結果 (本予稿集 1C7 参照) に基づき、スピルオーバー技術の同化プロセスの検証を行った。即ち、独自技術及びスピルオーバー技術それぞれのストック (T_i 及び T_s) からなる技術知識ストック (T) を取り入れたコブ・ダグラス型の生産関数において、スピルオーバー技術ストックの技術体系への内部化及び生産システムへの体化のメカニズムについての各種ケース²⁾の比較評価を行った。この際、我が国の輸入技術の同化において卓越した労働者の質が顕著な役割を果たしてきたことに鑑み、生産関数における労働力について、(A) 在来的な就業者数 \times 労働時間 という量的側面だけを扱ったケース及び (B) 賃金に反映される労働の質 (能力) をも取り入れたケース³⁾の両ケースを比較することにより、同化能力と労働者の質の関係についても合わせて評価した。

2) スピルオーバー効果勘案・同無視、同化能力勘案・同固定、生産システムへの体化努力勘案・同無視のケース

3) 労働の質の計測は、ラッシュ・テイトム (Rasche-Tatom, 1977) [10] のアプローチに倣って労働の質を反映する賃金を織り込んだ生産関数を用いて行った。



分析結果は表1にとりまとめた通りであり、(A), (B) いずれのケースにおいてもスピルオーバー技術の生産プロセスへの体化努力をも織り込んだ同化能力を勘案したケースが統計的に顕著な有意性を示した。

また、労働力については、その質的側面をも勘案した(B)のケースがより顕著な統計的有意性を示した。

以上の分析を通じてスピルオーバー技術の同化プロセスについて、次のような知見が得られた。

- ① スピルオーバー技術の生産への実効をあげるためには同化能力が鍵となる。
- ② 同化能力にはスピルオーバー技術の生産システムへの体化努力が重要な役割を果たす。
- ③ 同化能力を高める上で労働の質が大きな影響を及ぼす。

(A) Labor measured by labor quantity ((Number of employed persons) * (working hours))

	α	β	γ	η	ζ	adj. R ²	DW	
a. ($T = T_i + zT_s$)	0.24 (2.96)	0.08 (1.68)	0.89 (25.42)	0.01 (0.32)	0.15 (3.05)	0.23 (4.15)	0.999	1.46
b. ($T = T_i + T_s$)	0.17 (1.54)	-0.01 (-0.14)	0.94 (21.51)	0.01 (0.15)	0.23 (3.95)		0.999	1.21
c. ($T^\zeta = T_i^\zeta + T_s^\zeta$)	0.17 (2.41)	0.16 (3.09)	0.79 (17.84)	0.02 (0.55)	-0.32 (-2.66)	0.33 (4.96)	0.999	2.01
d. ($T = T_i$)	0.08 (0.66)	0.01 (0.10)	0.96 (21.16)	0.04 (0.61)	0.20 (2.91)		0.999	1.40

(B) Labor measured by labor quality (by means of wage level: Rasche-Tatom approach)

	α	β	γ	η	ζ	adj. R ²	DW	
a. ($T = T_i + zT_s$)	-0.29 (-2.30)	0.10 (1.97)	1.05 (18.19)	0.10 (3.64)	0.20 (2.68)	0.35 (3.79)	0.999	1.61
b. ($T = T_i + T_s$)	0.06 (0.55)	0.03 (0.40)	0.95 (14.07)	0.09 (2.41)	0.11 (1.17)		0.999	1.41
c. ($T^\zeta = T_i^\zeta + T_s^\zeta$)	-0.08 (-0.90)	0.18 (3.05)	0.84 (15.74)	0.09 (3.26)	-0.39 (-2.89)	0.36 (4.12)	0.999	2.39
d. ($T = T_i$)	0.09 (0.79)	0.03 (0.46)	0.94 (13.70)	0.10 (2.46)	0.09 (0.96)		0.999	1.41

表1 スピルオーバー技術同化プロセスの比較検証結果

3. 2 同化能力の計量的計測

以上の知見をもとに、ホストがスピルオーバー技術の生産への実効を最大限あげることをねらいに、同技術の生産プロセスへの体化に最大限の努力を追求するとすると、スピルオーバー及び独自の両技術の価格が競争的に決定されている場合には、同化能力(Z)は両技術の限界生産性の割合 ($\phi = [\partial Y / \partial (zT_s)] / [\partial Y / \partial T_i]$) を用いて次のように示される。

$$\phi = \frac{T_i \Delta \frac{T_s}{T_i}}{\Delta T_s - \Delta T_i * \frac{T_s}{T_i} - z T_s \Delta \frac{T_s}{T_i}} = \frac{1}{1 - z \frac{T_s}{T_i}}, \quad Z = (1 - \frac{1}{\phi}) * \frac{T_i}{T_s} \quad 0 < Z < T_i / T_s \quad (T_s, T_i \text{ はスピルオーバー、独自両技術のストック})$$

この式からあらためて先に見たドナーとホスト双方の技術開発を軸とした好循環、相互作用、同化能力の関係を見ると、次のような知見が得られる(図3)。

- ① 同化能力は技術スピルオーバーの好循環を形成する上で決定的な役割を果たす。
- ② 同化能力は長期的には遞減傾向をたどる。

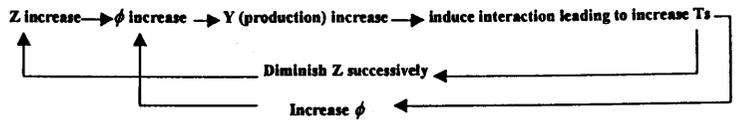


図3 スピルオーバー技術同化能力のダイナミズム

我が国製造業主要業種の同化能力の推移を計測した結果は表2に示す通りである。

表2 我が国製造業主要業種のスピルオーバー技術同化能力の推移 (1981-1995)

	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	*
EM	2.82	2.70	3.48	3.83	3.83	4.01	3.30	2.46	2.53	2.48	2.03	1.40	1.83	1.40	1.40	(1.68)
GM	0.46	0.41	0.42	0.44	0.49	0.52	0.46	0.27	0.23	0.26	0.25	0.20	0.15	0.10	0.10	(0.17)
TM	0.31	0.54	1.68	1.58	1.84	1.61	1.37	1.18	0.78	0.60	0.35	0.32	0.69	1.03	1.03	(0.70)
CH	2.95	3.07	3.11	2.56	2.25	2.52	2.42	2.30	2.24	2.12	1.74	1.07	0.68	0.35	0.35	(1.06)
PM	1.06	1.16	1.38	1.46	1.45	1.47	1.28	1.08	0.81	0.62	0.45	0.36	0.31	0.27	0.27	(0.38)
FD	0.18	0.25	0.28	0.19	0.17	0.17	0.17	0.16	0.14	0.12	10.09	0.09	0.11	0.09	0.09	(0.11)
CR	0.17	0.14	0.21	0.24	0.18	0.19	0.20	0.20	0.19	0.15	0.07	0.05	0.06	0.06	0.06	(0.08)
TX	0.10	0.13	0.12	0.11	0.09	0.08	0.07	0.07	0.05	0.03	0.03	0.01	0.01	0.02	0.01	(0.02)

* 1990-95 平均

電 気 機 械
一 般 機 械
輸 送 機 械
化 学
一 次 金 属
品 石
食 業 土 石
織 維

3. 3 同化能力支配要因の分析

以上の分析を通じて、同化能力は技術スピルオーバーの好循環を形成する上で決定的な役割を果たし、それは労働の質に大きく影響され、また長期的には減傾向をたどることが明らかになった。これをてこに更に同化能力支配要因を分析する。昨今、情報化の急速な進展と同時に急速な高齢化趨勢が顕著に見られ、これが労働の質に大きな影響を及ぼすようになってきていることがつとに指摘されつつある [8]。

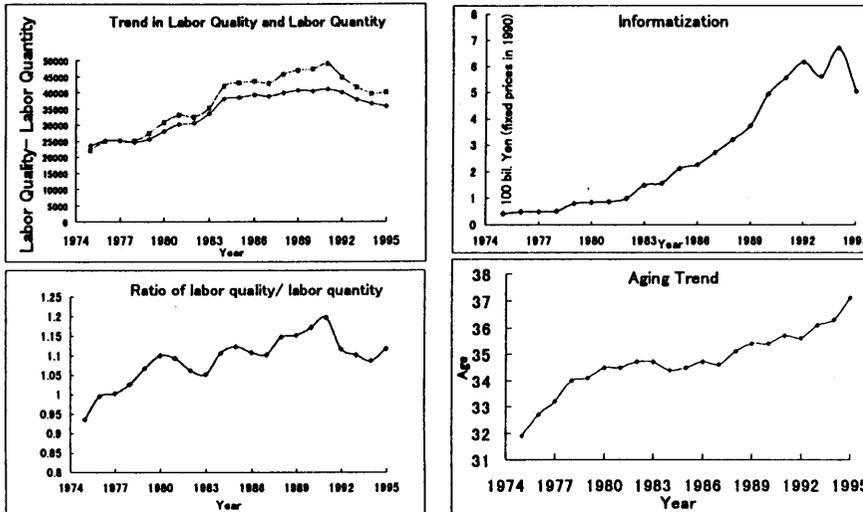


図4 我が国電気機械工業の労働の量・質、情報化、高齢化の推移 (1975-1995)

図4は我が国電気機械工業の1975-1995年の間の労働の量質両面のトレンド及び同業種の情報化⁴⁾及び就業者平均年齢の推移を示したものである。これを見ると、上昇の一途をたどった情報化はバブルの崩壊と軌を一にして停滞傾向に転じ、他方、就業者平均年齢は一貫して高齢化傾向を続けていることが伺われる。

Labor quality ratio	Informatization Index	Average age of employee	
$\ln [Y/(W/Py)]/(EP \cdot H) = 3.65 + 0.06 \ln Inf - 0.98 \ln Age$			adj.R ² 0.626 DW 1.48
	(3.75)	(-2.00)	
	Positive	Negative	

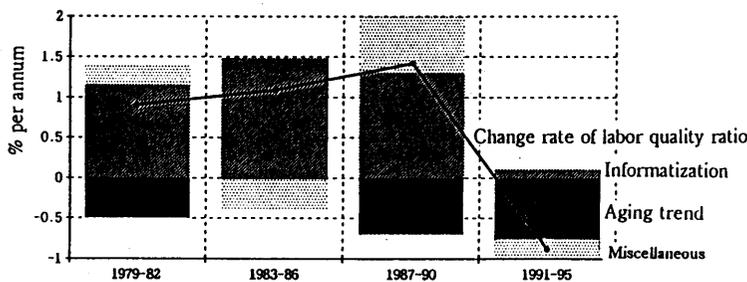


図5 我が国電気機械工業の労働の質の変化と影響要因 (1979-1985)

これらの趨勢を反映するかのごとく労働の質はバブル崩壊後低下傾向を示している。これらの傾向をベースに図5は電気機械工業の労働の質に及ぼす情報化及び高齢化の影響を分析したものであり、情報化が労働の質の向上に顕著な貢献を果たしている反面、高齢化はその低下をもたらしていることが伺われる。とくにバブル崩壊期(1991-95)の労働の質の低下は高齢化とあわせて同期における情報化の停滞に起因することが伺われる。

4) 企業の情報化投資は、各種情報化手段のうち生産性向上に最も効果的な手段の組み合わせをねらいとするとの考えに立脚して、毎年の情報化投資(「我が国情報処理の現状」、通産省、年刊)をもとに情報化指標を構築して、これを用いた分析を行った。

以上の分析により同化能力は、情報化、高齢化に大きく支配されまた、長期的には遞減傾向を示すことが伺われる。

表3はこれらの結果に基づき我が国製造業主要業種の同化能力支配要因を分析したものである。

表3 我が国製造業主要業種の技術スピルオーバー同化能力支配要因 (1975-1995)

この分析により、技術スピルオーバーの同化能力支配要因に関し、先の仮説を支持する次のような知見が得られた。

- ① すべての業種において長期的な遞減傾向が見られる。
- ② 同様に情報化は同化能力の向上に貢献している。
- ③ 化学、一次金属、食品においては依然高齢化の同化能力の向上効果（高齢者の習熟効果の発揮現象）が維持されているのに対して、電機・一般・輸送の機械3業種及び窯業土石、繊維においては高齢化に伴う同化能力減殺現象（高齢者の情報化からの脱落現象）が顕著に見られるようになってきている。

今日、このような知見は決して我が国固有のものではなく、今や世界的に普遍化しつつある兆候である [6]。

情報化は言うまでもなく、21世紀に向けて高齢化問題も南北を問わぬ深刻な問題化しつつある（表4）。また、世界的な同化能力の遞減傾向はいろいろな側面で指摘されて既に久しい。

これらはおしなべて同化能力の「国際普遍化」を促すものである。

かくして、経済活動のグローバル化に必然的に伴い技術スピルオーバーのフローが加速的に増大し地球上をくまなくぐるぐる回るのと合わせて、それを同化する能力も国際普遍化して技術のグローバルスピルオーバーとも言うべき潮流が地球全体を覆うのは時間の問題と化している。

$$\text{Assimilation capacity } Z = A e^{\lambda t} \text{ Inf}^{\alpha} \text{ Age}^{\beta}$$

Successive deminution factor
Informatization
Average age of employee

Industry	λ	α	β	adj. R ²	DW
EM	-0.11 (-2.31)	0.50 (2.05)	-10.23 (-3.25)	0.941	1.83
GM	-0.17 (-4.20)	0.67 (2.48)	-3.27 (-0.67)	0.947	1.53
TM	-0.08 (-0.92)	0.66 (2.34)	-12.41 (-1.00)	0.798	1.48
CH	-0.31 (-4.78)	0.93 (1.91)	10.67 (3.08)	0.912	1.43
PM	-0.24 (-7.94)	0.04 (0.11)	23.78 (6.63)	0.919	1.43
FD	-0.22 (-4.22)	0.38 (1.66)	21.54 (2.88)	0.820	1.14
CR	-0.04 (-1.19)	0.09 (0.53)	-15.71 (-2.30)	0.905	1.94
TX	-0.18 (-9.20)	0.09 (0.62)	-0.66 (-0.30)	0.990	1.35

Figures in parenthesis indicate t-value.

表4 世界の高齢化の潮流
(65才以上人口の7% → 14%の時期・期間)

Country	Year when population older than 65 reaching the certain share		Year from 7% to 14%
	7%	14%	
Japan	1970	1994	24 years
USA	1942	2012	70
UK	1929	1976	47
Germany	1932	1972	40
France	1864	1992	128
South Korea	2000-2005	2020-2025	20
Thailand	2005-2010	2025-2030	20
China	2000-2005	2025-2030	25
India	2015-2020	2040-2050	30
Indonesia	2020	2040-2050	25-30

Source: World Population Prospects: The 1996 Revision, UN (Washington, 1996)

4. 考 察 - 技術のグローバルスピロオーバーと技術経営へのインパクト

「21世紀的グローバル経済」は人、モノ、カネ、情報の国境を越えた交流を指数関数的に深め、必然的にスピロオーバー技術の国境を越えたフローを加速する。同時にそのフローを活かす上で決定的な役割を果たす同化能力の国際普遍化も加速的に進行する。このような技術のグローバルスピロオーバーは技術経営に決定的なインパクトを与える。

1990年代初めの日米逆転からすでに久しい(本予稿集1C5, 6参照)。日本経済は期待に反して混迷の度を深めるばかりである。かつてのように一定の時間とともに自律的に回復が期待されたり、特定の部門へのコンフル剤が功を奏するような代物ではない。社会・経済や諸制度・慣習等のシステムの変容や、研究・技術・経済の多層的な循環プロセスの失速が複合した構造的・制度的な要因に起因する。そして、この構造的・制度的要因は、急速に進むグローバル化の波の中での日本的システムの制度疲労や、日本的システムのグローバルシステムとの相溶化のプロセスにおけるシステムヒッチと無関係ではない。

日本は今までややもすると「日本の日本による日本のシステム」に立脚して日本固有のシステムを構築し、それに磨きをかけて、それを通じてその独自性や比較優位を追求してきた。「日本の経営システム」はこのような中で、日本固有の効率の高いシステムとして生み出され、世界的にも注目された高効率の同化能力を備えていた。

だが、今日、急速に進むグローバル化の潮流の中で、一方でこのような同化能力の国際普遍化が加速的に進行し、他方で、グローバルシステムとの互換性・相溶性のない「固有のシステム」など存在し得ないようになってきている。

このような中で、日本の技術経済システムの回復はグローバルシステムとの好循環の構築が前提となり、そのような形で技術のグローバルスピロオーバーのうねりとの互換性・相溶性を有する技術経営戦略を構築できるか否かにかかっている。

基本データ

国民経済計算年報(経済企画庁、各年)、民間企業資本ストック(経済企画庁、各年)、毎月勤労統計要覧(労働省、各年)、経済統計年報(日本銀行、各年)、工業統計表(通産省、各年)、科学技術研究調査報告(総務庁、各年)、総合エネルギー統計(通産省、各年)、我が国情報処理の現状(通産省、各年)他

References

- [01] B. Asgari, "Impacts of Technology Spillovers on Socio-economic Development and the Role of Information Technology," Master Thesis submitted to Tokyo Institute of Technology (1998).
- [02] J. I. Bernstein and M. I. Nadiri, "Interindustry R&D Spillovers, Rates of Return, and Production in High-Tech Industries," *The American Economic Review* 78, No. 2 (1988) 429-434.
- [03] J. I. Bernstein and M. I. Nadiri, "Research and Development and Intra-industry Spillovers: An Empirical Application of Dynamic Duality," *Review of Economic Studies* 56 (2) No. 186 (1989) 249-269.
- [04] C. Griffy-Brown and C. Watanabe, "A Systems Approach to Technology Transfer in the Energy Sector," Paper presented at the United Nations International Workshop on Technology Transfer in the Energy Sector (Amsterdam, 1998).
- [05] Z. Griliches, "Issues in Assessing the Contribution of R&D to Productivity Growth," *Bell Journal of Economics* 10 (Spring 1979) 92-116.
- [06] G. M. Grossman and E. Helpman, "Innovation and Growth in the Global Economy" (The MIT Press, Cambridge, Massachusetts and London, 1991).
- [07] A. B. Jaffe, "Technological Opportunity and Spillovers of R&D: Evidence from Firm's Patents, Profits, and Market Value," *The American Economic Review* 76, No. 5 (1986) 984-1001.
- [08] K. Motohashi, "ICT Diffusion and Its Economic Impact in OECD Countries," *STI Review*, No. 20 (1997) 13-45.
- [09] OECD, *Technology and Industrial Performance* (Paris, 1997).
- [10] R. H. Rasche and J. A. Tatom, ".Energy Resources and Potential GNP, Review" (Federal Reserve Bank of St. Louis, June 1977) 10-24.