

# Technology 수렴가능성에 대한 실증적 고찰

조 상 섭\* , 이 장 우\*\*

한국전자통신연구원

## 요약 :

본 연구는 우리나라 산업간에 Technology 수렴가능성에 대한 기존 선형(Linearity) 설정 관계식보다 비선형(Nonlinearity) 설정관계식에서 실증분석하는 데 연구목적이 있다. 본 연구목적을 위하여 장기적 시계열자료를 이용하여(1970~2000), 우리나라 제조업과 총 산업(Grand Total)간에 Technology Gap에 대한 정상성(Stationarity)을 검증함으로써, Technology수렴가능성을 검토하였다.

본 연구결과는 Technology수렴가설에 대한 두 가지 중요한 실증분석방향을 제공하고 있다. 첫째, 우리나라 산업간에 Technology 수렴가능성은 비선형관계에서 분석해야 한다는 결론을 얻었다. 따라서 우리나라 산업간에 Technology 수렴가능성은 단순 선형관계를 기반으로 할 경우, 설정오류에 따른 Technology 수렴가능성이 성립하지 않을 가능성이 높게 나타날 수 있었다. 둘째, 우리나라 경제의 경우, Technology 수렴가능성에 대한 분석결과는 비선형관계에서 Technology Regime별로 Technology 수렴가능성이 다르게 나타나고 있음으로 실증분석방법론 및 그 결과에 대한 시사점도출에 유의해야 한다.

---

\* Corresponding author,

Senior Researcher, Economic Analysis team, ETRI. 161 Gajeong-dong, Yuseong-gu, Daejeon, 305-350, Korea.

(Voice) 82-42-860-5391 (Fax) 82-42-860-6504 (E-mail) choss@etri.re.kr

\*\* Principle researcher, Economic Analysis team, ETRI. 161 Gajeong-dong, Yuseong-gu, Daejeon, 305-350, Korea.

(Voice) 82-42-860-5690 (Fax) 82-42-860-6504 (E-mail) jwoo@etri.re.kr

## I. 서론

본 연구는 Technology 수렴가설에 대하여 최근 계량기법을 이용하여 실증검증하는 데 있다. 즉 Technology 수렴성립 여부는 두 나라 또는 두 해당 산업간에 Technology, 즉 총요소생산성(Total Factor Productivity)의 차이가 장기적으로 정상상태에 있는지에 대한 검증 방법으로 실증검증할 수 있으며, 두 나라 또는 두 산업간에 Technology 수준이 장기적으로 [1, 1] 공적분관계가 성립하는지에 대한 실증검증방법을 사용할 수 있다.[Carlino and Mills, 1993, Bernard and Durlauf, 1995, and Evans, 1996]. 그러나 기존 실증방법론에서 Technology 수렴가설을 검증할 때, 가설설정관계식에 대한 가정은 해당 관련 부분 또는 산업간 Technology Gap에 대한 선형관계를 기초로 하고 있다.

최근 Technology 수렴가능성에 관한 기존 연구들은 일반적으로 수용된 일치된 견해를 보여주고 있지 않다. 한 예로 Evans and Karras(1996) 및 Bernard and Jones(1996 a, b)은 동일하게 비정상적 패널기법인 Levin and Lin(1993)을 사용하여 1929~1991년 동안 경제수렴가능성을 검증하였으며, 사용한 실증방법론에 의할 경우에 미국의 산업간에 경제수렴화 현상이 존재함을 보였다. 그러나 Bernard and Jones(1996 a, b)은 생산성수렴현상이 제조업 부분에서는 발견되지 않았으며, 서비스 부분에서는 강하게 나타나고 있음을 보였다. 따라서 산업간에 Technology 수렴을 주도하고 있는 산업부분은 서비스부분임을 주장하였다. 역시 최근에 Evans(1996)는 선진 13개국 1870~1989년 동안 장기 시계열자료를 이용하여 각 연도별 횡단면분산을 구한 다음, 비정상적 패널방법론을 이용하여 분석한 결과 13개 국가들은 서로 경제 수렴상태에 있음을 주장하였다.

경제수렴 또는 Technology 수렴가설을 검증할 때, 선형관계 또는 비선형관계의 설정은 매우 중요한 연구사안이 된다. Durlauf and Johnson(1995)은 기존 연구에서 많이 사용되는 공통적 선형관계가정에 의한 수렴성을 검증하기 보다, 각 경제가 서로 다른 초기상태에 따라 서로 다른 장기적 정상상태를 가질 수 있기 때문에 정확한 나라간에 수렴가설 검증을 위해서는 Regression Tree 기법을 사용해야 한다는 것을 주장하였다. 역시 최근 Howitt(2000)과 Howitt and Mayer-Foulkes(2002)는 각 경제는 다른 Technology Regimes에 있기 때문에 서로 다른 수렴그룹에 접근할 수 있다는 비 선형적 설정에 대한 이론적 근거를 제공하고 있다.

상기에서 언급한 기존 연구주장에 따라 볼 때, 이론적 및 계량적 관점에서 Technology 수렴가설에 대한 정확한 실증분석은 먼저 나라 또는 산업간 Technology 수렴관계가 비선형 관계일 수 있다는 관점을 수용해야 한다. 따라서 본 연구는 Caner and Hansen (2001)이 제시한 새로운 계량기법(TAR with a Unit Root)을 이용하여 우리나라 산업간에 Technology 수렴가설을 검증하였다. 즉 1970년부터 2000년까지 제조업부분을 Technology Leader로 가

정한 후, 국가 전체 통합부분에 대한 두 부분간에 총 요소생산성(Total Factor Productivity) 간에 차이가 정상적인지에 대한 분석을 실시하였다. 이 분석을 위하여 기존에 검증방법과 다른 계량기법(TAR)을 사용하여 앞에서 설명한 비선형관계 성립여부에 대한 분석관점을 수용하였다.

본 연구와 같은 연구방향에서 PPP(Purchasing Power Parity)의 성립여부를 분석한 Sarantis(1999)와 Chortareas, Kapetanios and Shin(2002)의 기존 연구들이 있다. 먼저 Sarantis(1999)는 실질환율관계가 서로 다른 Regimes를 갖는 비정상상태에 있음을 보였으며, Chortareas, Kapetanios and Shin(2002)은 STAR기법을 이용하여 G7국가들의 실질환율이 선형가정에서 ADF Unit Root 검증결과와 비선형관계를 수용한 STAR에 의한 Unit Root 검증결과가 서로 달라짐을 보였다.

본 연구의 전개순서는 다음과 같다. 먼저 Technology 수렴가설에 대한 기존 실증연구를 간단하게 소개하고, 다음 장에는 본 연구에서 사용한 Data 설명 및 실증분석결과를 기술하였다. 마지막 장에서 간단한 본 연구결과를 요약정리하였다.

## II. 기존 연구 및 실증분석 방법론

본 연구에서 분석하는 Technology 수렴성립 여부는 거시와 미시경제학적 관점에서 중요한 관점이 되고 있다. 만일 경제에서 Technology 수렴이 이루어진다면, 다음과 같은 두 가지 경제학적 그리고 기술산업적 관점에서 신고전학과 성장이론에 매우 중요한 기반을 제공하게 된다. 먼저 거시적으로 내생적 성장이론(Agion and Howitt, 1992, Grossman and Helpman, 1991)이 주장하는 경제 및 기술정책 그리고 산업정책변수들, 특히 R&D지출을 통한 경제 및 산업성장을 이룰 있다는 주된 내용에 배치되는 실증분석결과를 제공하게 된다. 역시 Technology 수렴성립은 R&D based Growth 이론(Jones, 1995a, b)의 타당성에 커다란 의문을 제기하게 된다. 다른 한편으로 Technology 수렴은 Technology 수용장애(Parente and Prescott, 1993)에 의한 기술진보정체성과 Technology Regimes(Howitt, 2000, Howitt and Mayer-Foulkes, 2002)의 존재가능성에 대한 실제 성립여부에 대한 근거를 제공할 수 있다.

수렴가설과 비수렴가설을 검증하는 계량방법론은 Baumol(1986)이 사용한 단순한 횡단면 회귀방법에 의한 실증방법론을 시작으로 패널방법론(Islam, 1995)과 비정상적 패널방법론(Evans 1996, Bernard and Durlauf 1995, and Bernard and Jones 1996 a, b) 등이 존재하고 있다. 특히 Galton's fallacy에 연관하여, Friedman(1992)이 횡단면 회귀분석에 따른 수렴가설을 검증하는 실증방법론의 오류가능성을 비판함에 따라, 분석하고자 하는 변수의 전체 분

포형태 및 시간에 따른 분포이동성에 실증분석에 초점을 둔 Quah(1996, 1997)의 분석방법론 등이 존재하고 있다.

본 연구에서 Technology 수렴성에 대한 정의는 Carlino and Mills(1993) 및 Evans(1996)의 연구에 기반을 두고 있다. 즉 본 연구에서 technology 수렴은 어떤 산업과 비교산업간에 Technology 차이가 비교적 긴 시간을 두고 정상적 상태에 있을 경우로 정의하였다. 따라서 기존 연구에서처럼 Augmented Dickey-Fuller(ADF) procedures를 이용하여 Technology 수렴가설의 성립여부를 검증한다면, Technology 수렴이 성립하기 위해서는 두 산업간에 Technology 차이가 정상적 특성을 가져야 한다(i.e. No Unit Root in TFP Difference).

다음으로 본 연구에서 사용한 Technology 측정방법은 Funk and Strauss(2003) 또는 OECD(2001)에서 사용한 방식과 같은 간접측정방법을 사용하였다.<sup>1)</sup> 즉,

$$TFP_{i,t} = \frac{Y_{i,t}}{L_{i,t}^{\alpha} K_{i,t}^{1-\alpha}}, \quad i=\text{제조업과 국가전체산업의 합}, t=1970, 1971, \dots, 2000.$$

여기서 Y는 실질 부가가치액이며, K는 자본량, L은 총 고용자수를 사용하였다. 모든 해당 변수는 OECD'S Structural Analysis Industrial(STAN) Database(2003)을 사용하였다. 초기 자본량 및 축적자본량에 대한 계산은 Bronwyn Hall and Jacques Mairesse(1995)이 사용한 방식에 따라서 Perpetual Inventory Method을 사용하여 측정하였으며,  $\alpha$ 를 계산하는 방식은 노동보수액을 부가가치생산액으로 나눈 값을 사용하였다.

앞 장에서 언급했듯이, Technology 수렴가설에 대한 검증결과는 실증분석방법론에 따라 민감하게 작용할 수 있음을 알 수 있다. 특히 암시적인 가정인 선형관계에 대한 가정은 실증결과에 더욱 큰 영향을 미칠 수 있다. 또한 본 연구의 목적과 같이 단위근 검정결과에 따라 Technology 수렴결과가 다르게 나타날 수 있을 경우에는 더욱 선형관계 검증과 비선형 관계를 기반으로 단위근 검증을 동시에 해결할 수 있는 계량방법론이 중요하게 작용한다. 본 연구에서는 Hansen(1997) 및 Caner and Hansen(2001)가 제시한 Threshold Autoregression (이후부터 축약하여 TAR)을 사용한 단위근검증을 사용하여 Technology 수렴가설을 검증하였다. 사용한 TAR모델은 다음과 같다.

$$\Delta y_t = \theta_1 x_{t-1} \mathbb{1}_{(z_{t-1} < \lambda)} + \theta_2 x_{t-1} \mathbb{1}_{(z_{t-1} \geq \lambda)} + e_t$$

1) 자주 언급되는 생산성을 측정하는 목적은 Technology 변화를 추적하는 것이다. Technology란 “경제가 필요한 생산물을 얻기 위하여 주어진 자원을 현재 주어진 방식에 따라서 변환시키는 것”(Griliches, 1987)으로 정의하고 있다. 특히 여기서 Technology 측정은 비체화 형태 또는 체화 형태 모두를 포함하게 된다. 따라서 생산성은 직접 또는 간접적으로 기술변화와 연관되어 있지만, 그 연관관계 자체는 명시적이라고 볼 수 없다 [OECD, 2001, p. 11]. 본 연구는 Technology와 TFP을 같은 의미로 사용하였다.

본 연구에서  $y_t$ 는 제조업과 전체산업의 합간에 해당 총 경제 또는 제조업 및 서비스산업의 TFP차이를 나타낸다. 또한  $z_t$ 는  $Z_t = y_t - y_{t-m}$ 을 나타낸다. 본 연구에서는  $m=1$ 로 한 정하였으며<sup>2)</sup>, 기술적 자료한계로 인하여 Time Trend를 포함하지 않았다. 1은 모델 안에서 결정되는 Threshold Point를 말한다.<sup>3)</sup>

Caner and Hansen(2001)이 제시한 방법론의 특징을 본 연구방향과 관련하여 기술하면 다음과 같이 요약된다. 첫째, 검정통계치에 대한 Asymptotic Distribution은 비정규분포를 하기 때문에 표준분포표가 존재하지 않는다. 따라서 본 연구에서는 Bootstrapping에 의한 해당 분포를 구하여 Technology 수렴가설을 검증하였다. 둘째, 만일에 분석관계식이 비선형인 경우에 TAR을 이용한 단위근 검증방법이 일반적인 ADF 검증방법보다 높은 Power를 갖는다는 점이다. 이러한 결과는 먼저 Technology 차이에 대한 선형관계에 대한 가설을 검증한 후, 만일 위 관계가 비선형인 경우에는 TRA을 이용한 단위근 방법론을 사용해야 한다는 분석방향을 제시한다. 마지막으로 위 분석과정에서 자료의 Trimming 구간이 중요하게 작용한다. 즉 잘못된 Trimming 선택은 통계량에 대한 검정력(Power of Test)을 낮추는 결과를 나타낸다. 본 연구에서는 Andrews(1993)의 Trimming 영역에 대한 선택제안에 따라  $[\pi_1, \pi_2] = [0.15, 0.85]$ 에서 실시하였다. 상기의 방법론의 특성을 고려하여, 다음 장에서는 우리나라 제조업과 전체 산업의 합을 나타내는 부분간에 대한 Technology 차이에 대한 단위근 검증을 통하여, Technology 수렴성립여부를 실증 분석하였다.

### III. 사용자료 및 실증분석결과

#### 1. 사용자료

모든 자료는 OECD(2003) STAN Data을 사용하였다. 분석대상은 우리나라의 Grand Total, Manufacturing Sector를 대상으로 하였다. 일반적으로 그리고 상대적으로 제조업은 전반적인 산업부분을 나타내는 전체산업부분에 비하여 Technology Leader로 간주하기 때문에 본 연구에서도 제조업의 해당 TFP에서 전체산업부분이 어느 정도 TFP의 차이를 보이는지에 대한 거리로 Technology 차이를 측정하였다.<sup>4)</sup> 앞 장에서 언급했듯이, 단위근 검정에 의하여 두 부분간에 Technology 차이가 정상성을 보이는 경우 경우에는 Technology 수렴상태에 있음을 의미한다. 분석기간은 주어진 자료를 이용할 수 있는 1970~2000년까지 연

2) 위 선택은 이론적으로 볼 때, Technology Gap이 I(1) 또는 I(0)이므로 그 차이는 최소한 I(0)가 될 수 있기 때문이며, 사용자료의 한계 즉 연도별 데이터로 31년 동안 데이터이기 때문에  $m=2$ 이상을 수행할 수 없기 때문이다.

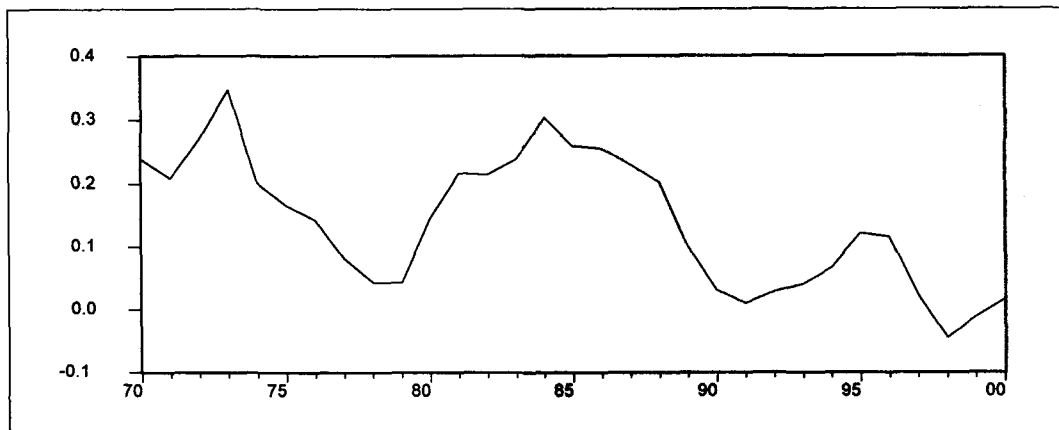
3) Caner and Hansen(2001)의 자세한 TRA with Unit Root방법론은 직접 원문을 참조하기 바란다.

4) 어느 산업 또는 부분이 Technology Leader인가는 본 연구분석에서 중요한 Issue가 아님을 알려준다.

도별 자료를 사용하였다.

먼저 (그림 1)은 두 부분의 31년 동안 세 부분에 대한 Technology 차이를 나타냈다. (그림 1)에서 시각적으로 보듯이, Technology 차이에 대한 추세에서 볼 수 있는 중요한 현상으로 전체 산업부분과 제조업간에 Technology 차이는 지속적으로 감소하다가 1997년을 기점으로 다시 증가하고 있음을 알 수 있다. 그러나 이러한 시각적인 특징보다는 장기적으로 Technology 수렴이 존재하고 있는지에 대한 정밀분석을 앞 장에서 언급한 몇 가지 순차적인 계량분석을 통하여 알 수 있다.

[표 1]은 두 부분간에 Technology 차이에 대한 통상적인 ADF 단위근 검정결과를 나타낸 도표이다. 본 연구에서는 앞 장에서 언급했듯이 Time Trend를 제외한 ADF 함수를 설정하였다. 실증결과를 보면, 먼저 Lag1과 Lag2에서 두 부분에서 공통적으로 통계적 유의수준 10%에서 Technology 수준이 비정상적인 특성을 나타냈다. 이 실증결과는 ADF 단위근 검정방법의 설정이 선형이라는 가정을 만족시킨 상태여야 함을 앞 장에서 설명하였다. 그러나 비선형인 인 경우에는 위 실증결과가 달라질 수 있다. 둘째, 두 부분간에 Technology 차이가 정상성을 보이는지에 대한 검정결과는 Lag3인 경우에 유의수준 10%에서 정상적 특성을 보였다. 따라서 DGP가 Lag3인 경우에 두 부분간에 Technology 수렴이 이루어진다는 것을 알 수 있다. 그러나 이러한 결론들은 최소한 다음과 같은 두 가지 전제조건을 충족시켜야 한다. 먼저 ADF 단위근 검정방법이 주어진 자료에서 정상성과 비정상성을 정확히 구분할 수 있어야 한다(Test Power Problem). 다른 하나의 전제조건은 부분간에 Technology 차이의 관계가 선형관계를 보장해야 한다. 첫째 전제조건인 ADF 단위근 방법론의 Power 문제로 Levin and Lin(1993), Im, Perseran Shin(1997), and Maddala and Wu(1999)이후 패널기법을 이용하여 해결해 가고 있는 추세에 있다. 본 연구방향과 관계가 있는 다른 하나의 전제조건의 성립여부는 선형성 vs. 비선형성의 문제로서 Technology 수렴과 관련하여 다음 절에서 분석하였다.



(그림 1) 1970 - 2000동안 Technology Gap추이

[표 1] 전체산업과 제조업간 Technology에 대한 단위근 검정결과

부분	Lag Numbers		
	1Lag	2Lag	3Lag
Grand Total	-2.675*	-2.895*	-2.685
제조업	-2.765*	-2.881*	-2.213
Technology 차이	-2.002	-1.845	-2.782*

주의: \*Significant at the 10% level; \*\* at the 5% level; \*\*\*at the 1% level

## 2. 실증분석 결과

먼저 가장 중요한 두 부분간에 Technology 차이의 선형관계성립여부를 검증하고자 한다. 만일 두 부분간에 Technology 차이의 선형관계가 성립하는 경우에는 앞 [표 1]에서 보았듯이 두 부분간에 Technology 수렴은 자료생성이 Lag3인 경우에 한하여 성립한다고 볼 수 있다.

[표 2]는 두 부분간에 Technology 차이의 관계가 선형인지를 검정한 결과 도표이다. TAR을 이용하여 Technology 차이의 선형관계를 검증한 결과 우리나라 Grand Total과 제조업부분에서 선형관계 가설을 기각하는 결과가 나타났다. 또 다른 검증방법으로 Technology Gap이 비정상적인 상태라는 가정에서 선형성을 검증한 결과도 유사한 분석결과를 나타났다. 따라서 분석기간 동안, 두 부분간에 Grand Total 및 Manufacturing 부분의 Technology 차이는 비선형관계에 있다는 주장이 채택될 수 있다.

[표 2] Technology 차이에 대한 선형관계에 대한 검정결과

구분	Wald Tests	Bootstrap Critical Values			p- Values
		10%	5%	1%	
Technology 차이	13.9	12.5	14.5	21.7	0.075

주의: (1) Bootstrap p-value calculated from 1,000 replications

(2) Unit Root을 제한하는 경우에 Linearity Test Statistic p-Value는 각 0.103로 나타났다.

다음 분석단계로 비선형관계에서 Technology 차이의 정상상태에 대한 성립여부를 검증하는 것이다. 이를 위하여 Caner and Hansen(2001)은 네 가지 통계량을 제시하였다. 즉 One Side Wald t Statistic, Two Side Wald Statistic, One Regime Individual t Statistic, 그리고 The Other Regime Individual t Statistic이 있다. 본 연구에서는 그들의 제안에 따라 세

개의 통계량을 사용하여 TAR기법을 이용한 비선형관계에서 Technology 수렴성 여부를 검증하였다. [표 3]에서 [표 5]는 우리나라 부분간에 Technology 수렴에 대한 분석결과이다.

[표 3] Technology수렴에 대한 비 정상성 검정결과

구 분	R_lt Tests	Bootstrap Critical Values			p- Values
		10%	5%	1%	
Technology 차이	14.8	14.0	16.6	22.9	0.08

주의: Bootstrap p-value calculated from 1,000 replications

[표 4] Technology수렴에 대한 정상성 검정결과(First Regime)

구 분	t_1 Tests	Bootstrap Critical Values			p- Values
		10%	5%	1%	
Technology 차이	1.46	2.91	3.31	4.01	0.52

주의: Bootstrap p-value calculated from 1,000 replications

[표 5] Technology수렴에 대한 정상성 검정결과(Second Regime)

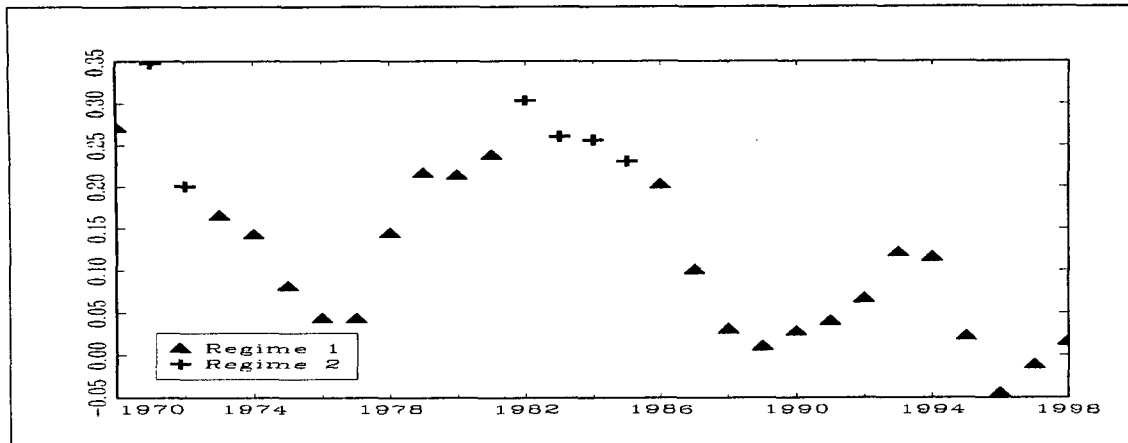
구 분	t_2 Tests	Bootstrap Critical Values			p- Values
		10%	5%	1%	
Technology 차이	3.56	3.03	3.31	3.87	0.03

주의: Bootstrap p-value calculated from 1,000 replications

위 분석결과를 설명하면 다음과 같다. 첫째, One Side Wald t Statistic에 의한 경우, 두 부분간에 Technology 차이는 비정상적인 특성을 나타내고 있음을 보여주고 있다. 따라서 두 부분간에 Technology 수렴이 이루어지지 못하고 있음을 나타내고 있다. 둘째, Technology Regime에 따른 Technology 수렴성을 나타내는 Regime별 t-value에 의한 경우에는, Technology Regime One에서는 우리나라 산업의 경우 Technology 차이간에 비정상성이 성립되어 Technology 수렴가설이 기각됨을 알 수 있으나, 다른 Technology 차이를 나타내는 Regime Two의 경우는 Technology 차이의 정상성이 성립되어 우리나라 산업간에 Technology 수렴가설이 성립을 알 수 있다.

(그림 2)는 앞에서 분석한 Technology 수렴에 대한 Regime을 기간별로 도식화한 것이다. 위 분석에 따르면, Technology 차이에 대한 Regime 2에 속하는 기간 동안에 우리나라 산업간에 Technology 수렴이 일어났던 기간으로 평가할 수 있다.





(그림 2) 우리나라 Technology수렴에 대한 Regime구조

#### IV. 연구결론 및 시사점

본 연구는 Technology 수렴에 대한 검증하는 계량방법론에 따라 다른 결론에 도달할 수 있음을 보여주었다. 또한 장기 분석기간 동안에 산업간에 Technology 수준차이는 서로 다른 Regime을 가질 수 있다는 Brezis, Krugmman, and Tsiddon(1993)와 Howitt and Mayer-Foulkes(2002)의 이론적 견해를 뒷받침하는 실증분석결과를 제시하였다.

본 연구의 실증분석 결과에서 보았듯이, Technology 수렴가설 성립을 검증할 때에 중요한 가정은 분석관계식의 비선형관계의 성립여부에 대한 물음이다. 본 연구에서 보았듯이, 우리나라 대표적인 산업인 제조업과 국가 전체를 나타내는 Grand Total 간에 Technology 차이는 선형관계에 있다는 귀무가설을 기각하고 있음을 알 수 있다. 따라서 산업간 또는 국가간에 Technology 차이에 따른 수렴가능성에 대한 가설을 검증하는 경우, 관련 연구는 Technology Gap에 따른 다른 Regime의 존재가능성을 인식하고 연구분석해야 한다는 사실을 말해주고 있다.

실증분석결과에 따른 시사점은 Technology수렴가능성은 Regime별로 수렴가능성과 비 수렴가능성을 보여주고 있다. 본 연구에서 볼 수 있듯이 제 1 Technology 차이에 대한 Regime에서는 제조업과 우리나라 Grand Total간에 Technology수렴현상을 발견할 수 없었다. 그러나 제 2 Regime에서는 Technology간에 대한 수렴현상을 발견할 수 있었다. Technology수렴현상이 가장 크게 나타난 기간은 1980년대 초반기로 나타났다. 그러나 최근에 들어 우리나라 제조업과 Grand Total간에 Technology수렴현상은 기각되고 있다.

본 연구에 따른 분석한계는 역시 사용자료의 기간에 있다. 제조업 부분에 대한 실증분석 결과에 따른 경우, Technology간에 차이는 비선형관계에 있음을 알 수 있다. 따라서

Technology 차이에 따른 Regime별로 Technology 수렴가능성에 대한 성립여부를 분석해야 한다. 이러한 실증결과가 시사하는 바는 기존에 실시되고 있는 선형관계에서의 Technology 수렴가설 검정방법론보다는 더 장기적인 자료를 요구하게 된다는 사실을 말해주고 있다.

## Reference

- Aghion, P. and P., Howitt (1992), "A Model of Growth through Creative Destruction," *Econometrica* 60, pp. 323-351.
- Andrews, D., (1993), "Tests for Parameter Instability and Structural Change with Unknown Change Point," *Econometrica* 61, pp.821-856.
- Baumol, W., (1986), "Productivity Growth, Convergence, and Welfare: What the Long Run Data Show," *American Economic Reviews* 76, pp.1072-1085.
- Bernard, A. and S. Durlauf, (1995), "Convergence in international output," *Journal of Applied Econometrics* 10, pp.97-108.
- Bernard, A., and C. Jones, (1996 a), "Comparing Apples to Oranges: Productivity Convergence and Measurement across Industries and Countries," *American Economic Reviews* 86, pp.1216-1238.
- Bernard, A. and C. Jones, (1996 b), "Productivity across industries and countries: Time series theory and evidence," *Review of Economics and Statistics* 78, pp. 135-146.
- Brezis, E., Krugman, P., and Tsiddon, D., (1993), "Leapfrogging in International Competition: A Theory of Cycles in National Technological Leadership," *American Economic Review* 83, pp.1211-1219.
- Carlino, G. and L. Mills, (1993), "Convergence and U.S. States: Time Series Analysis," *Journal of Monetary Economics* 32.2, pp.335-346.
- Caner, M. and Hansen, B., (2001), "Threshold Autoregression with a Unit Root," *Econometrica* 69, pp.1555-1596.
- Chortareas, G., Kapetanios, G., and Shin, Y., (2002), "Nonlinear Mean Reversion in Real Exchange Rates," *Economic Letters* 77, pp.411-417.
- Evans, P., (1996), "Using Cross-Country Variances to Evaluate Growth Theories," *Journal of Economic Dynamics and Control* 20, pp.1027-1049.
- Evans, P. and G. Karras, (1996), *Convergence Revisited*, *Journal of Monetary Economics* 37, pp.249-265.
- Friedman, M., (1992), "Do Old Fallacies ever Die?," *Journal of Economic Literature* 30, pp.2129-2030.
- Funk, M., Strauss J., (2003), "Panel Tests of Stochastic Convergence: TFP Transmission within Manufacturing Industries," *Economic Letter* 78, pp.365-371.
- Griliches, Z., (1987), "Productivity: Measurement Problems," in Eatwell, Milgate, and Newman(eds.), *The New Palgrave: A Dictionary of Economics*.
- Grossman, G. and E., Helpman (1991), "Quality Ladders in the Theory of Growth," *Review of Economic Studies* 58, pp. 43-61.

- Hall, B. and Mairesse, J., (1995), "Exploring the Relationship between R&D and Productivity in French Manufacturing Firms," *Journal of Econometrics*, pp.263-293.
- Hansen, B., (1997), "Inference in TAR Models," *Studies in Nonlinear Dynamics and Econometrics* 1, pp.119-131.
- Howitt, P., (2000), "Endogenous Growth and Cross-Country Income Differences," *American Economic Review* 90, pp. 829-846.
- Howitt, p. and Mayer-Foulkes, D., (2002), R&D, Implementation and Stagnation: A Schumpeterian Theory of Convergence Clubs, Manuscript, Brown University.
- Im, K. S., S. Pesaran, S. and J. Shin, (1997), Testing for unit roots in heterogeneous panels, Manuscript, University of Cambridge.
- Islam, N., (1995), "Growth Empirics: A Panel Data Approach," *Quarterly Journal of Economics* 110, pp. 1127-1170
- Jones, C. (1995a), "R&D Based Model of Economic Growth," *Journal of Political Economics* 96, pp. 759-784.
- Jones, C. (1995b), "Time Series Tests of Endogenous Growth Models," *Quarterly Journal of Economics* 110. pp. 495-525.
- Levin, A. and C. Lin, (1993), Unit root test in panel data: Asymptotic and finite sample properties, Discussion Paper
- Maddala, G. and S. Wu, (1999), A comparative Study of Unit Root Tests with Panel Data and a New Simple Test, *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, Special Issue, pp.631-652.
- OECD, (2001), *Measuring Productivity*, Paris.
- Parente, S. and Prescott, E., (1993), "Changes in the Wealth of Nations," *Federal Reserve Bank of Minneapolis Quarterly Review* 17, pp.407-438.
- Quah, D., (1996), "Empirics for Economic Growth and Convergence," *European Economic Review* 40, pp.1353-1357.
- Quah, D., (1997), "Empirics for Growth and distribution: Stratification, Polarization, and Convergence Clubs," *Journal of Economic Growth* 2, pp.27-59.
- Sarantis, N., (1999), Modeling Non-linearities in Real Effective Exchange Rates, *Journal of International Money and Finance* 18, pp.27-45.