

技術水準隔差의 分析과 測定*

李 在 元

<目 次>
I. 序 言
II. 理論的模型
1. 生産函數中心의 模型
2. 投資函數中心의 模型
III. 結 言

I. 序 言

無限히 繼續되는 技術向上과 더불어 國際的 技術水準隔差(International technological gap)에 對한 關心은 先·後進國을 막론하고 깊어져 왔다. 新技術이 發明되었을 경우, 各國에 따라 그 技術의 導入速度와 擴散度가 다른 理由가 무엇인지, 各國의 技術水準의 隔差를 測定할 方法이 있는지 등의 의문들이 名種出版物에 게재되어 왔으나, 이에 對한 本格的인 研究는 1968年 유럽 五個國과 美國 共同의 "New Technology Project"의 發足과 더불어 軌道에 오르기 始作하였으나, 아직까지 理論的 模型의 모색과 諸模型의 試驗을 爲한 資料수집 整理段階에 있는 셈이다. (1)

技術向上의 測定方法에 關한 研究들은 Robert Solow의 論文(2)을 계기로 進展되어 왔으나, 技術水準格差의 測定을 爲한 本格的인 試圖는 없었으므로, 本 노트에서는 이 格差의

* 本 노트는 美國 및 유럽 五個國의 經濟研究機關들의 共同研究事業인 "New Technology Project"에 參與했을 當時에 쓴 筆者의 NBER에서의 研究메모들과 그들에 基盤을 둔 下記論文을 要約整理한 것이다. Alfred Conrad in collaboration with Jae Won Lee, "An Informal Diffusion Model for Discussion in the New Technology Project," NBER, paper presented at the New Technology Meeting, Vienna, Austria, Oct. 20-22, 1969.

(1) 이 研究事業의 參加國 및 各國代表機關名은 다음과 같다.
 美國: National Bureau of Economic Research, New York
 英國: National Institute for Economic and Social Research, London.
 獨逸: Institut für Wirtschaftsforschung, Munich
 오스트리아: Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung, Vienna
 이탈리아: Istituto Nazionale per lo Studio della Congiuntura, Rome
 스웨덴: Industriens Utredningsinstitut, Stockholm

測定 및 分析을 爲한 두 接近方法 및 模型들을 紹介 檢討해보기로 한다.

II. 理論的 模型

1. 生産函數中心의 模型

要素增大型(factor augmenting) 및 非要素增大型(nonfactor augmenting) 技術向上을 考慮한 動態的 生産函數의 一般型은 다음과 같다.

$$(1) Q = F[E_0(t), E_1(t)K, E_2(t)L]$$

Q: 產出物

K: 資本

L: 勞動

E_0 : 非要素增大型 技術向上度

E_1 : 資本增大型 技術向上度

E_2 : 勞動增大型 技術向上度

勞動增大型的 技術向上은 名種敎育과 위생 환경의 改善에 起因하고, 資本增大型的 技術向上은 技術研究·開發(Research and Development)에 起因하고, 非要素增大型 技術向上은 經營方式과 組織의 改良에 起因한다고 하겠다.

上記 一般型의 生産函數에서, 名種技術向上이 時日經過에 따라 指數的으로 進行된다고 假定하고 不變代替彈力性生産函數(Constant Elasticity of Substitution production function)를 利用하면 다음과 같은 具體的인 生産函數로 表現될 수 있다.⁽³⁾

$$(2) Q = Ae^{g_0 t} [d(e^{g_1 t} K)^{-s} + (1-d)(e^{g_2 t} L)^{-s}]^{-m/s}$$

A: 常數

d: 分配媒介變數

s: 代替媒介變數

g_i : $i=0, 1, 2$; 非要素增大型, 資本增大型, 勞動增大型 技術向上率

m: 大量生産에 依한 經濟 또는 非經濟媒介變數(scale parameter)

廣義의 技術水準隔差를 測定分析하기 爲해서, 各國의 生産函數의 g_0, g_1, g_2 를 比較

(2) "Technical Change and the Aggregate Production Function, *Review of Economics and Statistics*, Vol. 39, 1957, pp.312-20.

(3) Jae Won Lee, "Determinants of the Changes in Relative Factor Share," *Review of Economics and Statistics*, vol. LII, No. 3, August 1970, p.331.

하여 그 差異를 測定하고, 그 差異를 招來하는 原因들을 分析하면 될 것이다. 生産函數의 比較는 可能하면 細分된 産業別 生産函數의 比較가 經濟全體의 綜合生産函數의 比較보다 나을 것이다. 그러나 흔히들 論議되는 技術水準隔差는, 生産技術全般의 隔差를 意味하는 廣義의 隔差라기 보다, 新技術 特別 新資本施設의 導入速度와 擴散度의 差異를 意味하는 狹義의 隔差를 意味하는 경우가 많으므로, 後者の 경우에는 名國 g_1 의 差異에 重點을 두게 된다. 따라서, g_1 의 差異의 分析을 爲해서 다음과 같은 關係式을 導入하기로 한다. (4)

$$(3) g_1 = f(X_1, X_2, X_3, X_4, \mu)$$

- g_1 : 資本増大型 技術向上率
- X_1 : 技術與件
- X_2 : 利潤展望
- X_3 : 產出物에 對한 需要增加程度
- X_4 : 經營與件
- μ : 殘餘要因들(residual term)

上記 要因들 間의 具體的인 函數關係를 연역하기가 힘들므로 近似接近方法으로 對數曲線을 利用하여 關係式(3)을 表現하면,

$$(4) \log g_{1i} = b_0 + b_1 \log X_{1i} + b_2 \log X_{2i} + b_3 \log X_{3i} + b_4 \log X_{4i} + \mu_i$$

i : i 國家

따라서 이 生産函數中心의 接近方法에 依하면, 各國의 産業別 時系列生産函數를 測定하여 各國의 産業別 g_1 을 求한 後, 關係式(4)를 利用하여 各國의 産業別 g_1 의 差異를 測定하고 그 差異를 各國의 産業別 技術與件, 利潤展望, 需要增加度, 經營狀態等的 差異에 依하여 說明하는 것이다.

그러나 이 接近方法과 模型은, 生産函數測定過程에 內包된 難點 때문에 g_1 의 測定이 어렵고 接近方法自體가 機械的이라는 點이 弱點이라고 하겠다.

2. 投資函數中心의 模型

이 接近方法에 있어서, 分析 및 測定對象인 技術水準隔差는 亦是 狹義의 隔差로 新技術의 導入速度와 擴散度의 分析 및 測定에 重點을 두며, 技術水準隔差에 對하여 比較的 明確하고 實用的인 新定義를 준다. (5)

(4) Jae Won Lee, "A Note on Technological Gap and Production Function," memorandum, NBER, June 10, 1969.

理論展開의 便宜上 全段階를 2段階로 나누어 간단히 說明하여 보면 다음과 같다.

第1段階: 各國의 既存技術 및 特定新技術의 技術的 具備條件과 經濟與件의 分析을 通하여, 一定時期에 있어 그 技術의 各國別 最適擴散度(optimum level of diffusion)를 產出한다. 다음에 各國別로 그 新技術의 實際擴散度(actual level of diffusion)를 測定하여, 그 最適擴散도와 實際擴散도와의 隔差를 技術水準隔差로 定義를 내린다.

第2段階: 이 隔差의 分析을 爲하여 各種 經營上의 要因들이 導入되며, 各國의 隔差의 差異는 各國의 經營上의 差異點들에 依하여 說明되게 된다. 따라서 狹義의 技術隔차가 第1段階에서는 技術的 및 經濟的 面에서 分析이 되고 第2段階에서는 經營構造面에서 分析되게 된다.

(A) 第1段階: 下記 投資函數와 技術上의 關係式에 立脚하여 特定技術別 最適擴散도와 技術水準의 隔差를 測定하는 方法을 誘導하면⁽⁶⁾

$$(5) Y_t - Y_{t-1} = \alpha(Y^*_t - Y_{t-1}) \quad (7), \quad 0 < \alpha < 1$$

$$(6) Y^*_t = b_0 + b_1 X_{1,t-1} + b_2 X_{2,t-1} + \dots + b_n X_{n,t-1} + \mu_t$$

Y : 新技術의 實際擴散度; 新技術裝置 및 施設이 全既存裝置 및 施設에서 차지하는 比重

Y^* : 最適擴散度

$Y_t - Y_{t-1}$: 新技術의 實際擴散率(actual rate of diffusion)

$Y^*_t - Y_{t-1}$: 最適擴散率(optimum rate of diffusion)

$Y^*_t - Y_t$: 技術上의 隔差(technological gap)

X_i : $i=1, 2, 3, \dots, n$; 特定新技術의 利用에 必要한 技術上의 具備條件들과 新舊技術의 代替效果를 考慮하기 爲한 新舊技術의 相對的인 生産 및 運用費用, 加速度原理適用을 爲한 產出物需要의 增加度 等

關係式(6)에 依하면, 一國의 特定新技術의 最適擴散度(optimum level of diffusion)은 그 國家의 技術과 經濟與件에 依하여 決定되고, 關係式(5)에 依하면, 그 技術의 實際擴散率은 經營要因들(managerial variables)의 制約 때문에 最適擴散率의 一部分에 不過하게 된다.

(5) A. Conrad and Jae Won Lee, *op. cit.*

(6) Jae Won Lee, "Modification of and Addition to the Investment Function Approach Based on Partial Adjustment Model," memo., NBER, July 10, 1969.

(7) 이 投資函數는 Koyck-Nerlove 式의 投資函數이며, α 는 經營上의 制約을 意味하고 있다. 制度上 및 技術上의 制約은 關係式(6)에 內包되어 있다.

Y^* 에 관한 數字資料는 直接 수집될 수는 없으므로, 關係式(5)와 (6)에 直接 回歸線을 適用할 수 없으며, 따라서 (5)와 (6)을 合해서 再整理를 하면,

$$(7) Y_t = ab_0 + ab_1 X_{1,t-1} + ab_2 X_{2,t-1} + ab_3 X_{3,t-1} + ab_4 X_{4,t-1} + \dots + ab_n X_{n,t-1} + (1-\alpha) Y_{t-1} + \alpha \mu_t$$

關係式(7)은 Y^* 는 包含하지 않으므로 Y 와 X 들의 數字資料를 求한 後 回歸線에 依하여 常數와 係數들을 求할수 있다. 일단 이들이 求해지면, 이 求해진 數值들을 關係式(6)에 代入하면 Y^* 를 測定할 수 있게된다. 이를 關係式(8)에 表現해보면,

$$(8) \dot{Y}^*_t = \dot{b}_0 + \dot{b}_1 X_{1,t-1} + \dot{b}_2 X_{2,t-1} + \dots + \dot{b}_n X_{n,t-1}$$

各變數와 常數 및 係數들위의 點은, 이들이 測定值들임을 意味한다.

關係式(8)에서 Y^*_t 의 測定值時系列을 求하면, 그 特定技術上的 隔差인 $(Y^*_t - Y_t)$ 의 時系列을 求할 수 있게되며, 이로써 第1段階는 完了되게 된다.

(B) 第2段階: 이 段階에서는 各國의 技術上的 隔差 $(Y^*_t - Y_t)$ 를 說明하기 爲한 諸要因들을 檢討하게 된다.

各國의 隔差들의 差異들이 各國의 經營上的 相異性에 依하여 說明되며, 諸經營要因들이 隔差에 미치는 영향이 測定되면, 各國에서는 經濟政策에 이를 反映시켜 그 隔差를 줄이도록 努力할 수 있게된다.

이 段階 分析을 爲하여서는 下記의 關係式이 必要하다.

$$(9) gap_{t,j} = (Y^*_t - Y_t)_j = a_0 + a_1 Z_{1,t,j} + a_2 Z_{2,t,j} + \dots + a_m Z_{m,t,j} + V_t$$

a_i : $i=0, 1, 2, \dots, m$; 常數와 回歸係數

Z_i : $i=0, 1, 2, \dots, m$; 經營者層의 進取性與否 및 程度를 測定할수 있는 要因들
로 經營者層의 教育水準, 年齡構成, 經營組織의 能率度等이며, 經濟計劃에의 依存度가 높은 國家에서는 經濟政策樹立當局의 이 隔差에 對한 關心度 및 그 政策의 能率度도 Z 들에 包含되게 될 것이다.

t : 時期

j : j 國家의 變數임을 意味함

V : 殘餘要因들

關係式(9)는 時系列과 橫斷面(cross-section)資料를 綜合한 形態로 表現되므로, 統合回歸分析(pooled regression)方法을 써서 常數와 回歸係數들을 求할수 있다.⁽⁸⁾ 그러나 時系

(8) 統合回歸分析의 解釋에 있어 注意할 點들에 關해서는 下記論文 參照: John Meyer and Edwin Kuh, "How Extraneous Are Extraneous Estimates?" *Review of Economics and Statistics*, Vol. 39, 1957, pp.380-93.

列과 橫斷面分析이 各己 變動(change)과 差異(difference)를 對象으로 하는 相異性이 있으므로 兩者의 效果를 分離해 보기 爲하여서는 dummy variable 들을 插入하여 그 結果를 보면 된다. (9)

$$(10) \text{ gap}_{i,j} = (Y^*_i - Y_i)_j = a_0 + a_1 Z_{1,t,j} + a_2 Z_{2,t,j} + \dots + a_m Z_{m,t,j} + [c_2 T_2 + c_3 T_3 + \dots + c_n T_n] \\ + [f_2 C_2 + f_3 C_3 + \dots + f_k C_k] + \mu_i$$

T_2, T_3, \dots : 時期 dummy variable

C_2, C_3, \dots : 國家 dummy variable

各 細分野産業別로 上記 回歸線을 測定하였을 경우, 諸經營要因들과 隔差의 關係들이 諸産業에 있어 類似性을 지니는지 아닌지 하는 點도 政策樹立에 있어 關心事가 되며 이 類似性의 存在與否를 檢査하기 爲하여서는 共分散分析(covariance analysis)을 쓰면 된다. (10)

III. 結 言

技術水準의 隔差에 對한 先·後進國의 關心은 오래 前부터 存在해 왔으나 이에 對한 本格的인 測定 및 分析의 試圖는 最近에 이르러서야 美國 및 유럽五個國의 經濟研究機關들의 共同研究事業인 "New Technology Project"를 通하여 登場하게 되었으며, 이 事業도 아직 技術水準隔差의 測定 및 分析을 爲한 決定的인 模型을 設定하지 못하고 이의 모색과 임시 模型의 檢證을 爲한 資料수집整理段階를 벗어나지 못하고 있다.

本 노트에서는 이에 對한 두 接近方法 및 模型들을 紹介檢討하여, 生産函數中心의 模型이 몇가지 測定의 難點을 內包含에 비해 投資函數中心의 模型은 技術水準隔差에 對한 比較的 明確하고 實用的인 新定義를 내리면서 2段階에 걸친 測定 및 分析方法을 提供함으로써 더 장래성이 있음을 보였다.

[筆者 : Wisconsin State University 助教授]

(9) John Johnston, Unpublished Manuscript for the Forthcoming Revised Edition of *Econometric Methods*, p. 7.

(10) *Ibid.*, pp. 17-42.

Murray Brown and Alfred Conrad, "Research and Education and CES Relations," *The Theory and Empirical Analysis of Production*, (ed.) Murry Brown, NBER, 1967, pp. 361-63. M.G. Kendall, *The Advanced Theory of Statistics*, London, 1951, II, p. 237.