

# 科學技術發展패턴의 抽出을 위한 計量的 分析

## Quantitative Approaches for Classification of the Patterns on Scientific and Technological Development.

權 哲 信\*

### Abstract

The purpose of this study is to extract and classify the general patterns on scientific and technological development by quantitative approaches.

Indicators used for this pattern classification amounted to a total of 39. what is more, these indicators were set up with the recent data for the first half of the 1970's mainly, and 141 nations were selected as the sample of the analysis.

7 aspects which prescribe the scientific and technological activities were established, and so 3 patterns of the S & T development were extracted by means of a 「two-dimensional cross section」 among them.

(1) A pattern showing the trend of the exponential curve from the point over a certain level (in this study, it is defined as 「Threshold Value」).

(2) A pattern in which elasticity of the exponential curve is gradually reduced from the point over the threshold value.

(3) A pattern not showing any trend, but forming a large variance.

### I. 序 論

발전도상국을 연구의 대상으로 하는 開發理論은 그 문제의 多樣性和 複合性으로 인하여 순수 경제학적 접근으로부터 學際的인 어프로우치에로 推移해 오고 있으며 특히 과학기술적 측면에서의 분석은 최근의 경향이라 할 수 있다. 그러나 科學技術中心의 接近은 試論의 단계에 있어 아직 理論的 體系를 확립하지 못하고 있는 단계로, 이는 途上國 全體에 대한 實證的 分析에 근거하는 理論化研究가 제대로 이루어지지 않고 있음이 결정적 요인으로 지적되고 있다(1). 이러한 문제의 해결에 체계적으로 접근하기 위해서는;

첫째, 世界各國이 創出하고 있는 과학기술(S

&T)의 發展形態는 어떠한 구조의 것인가를 통일적으로 파악할 수 있는 世界諸國의 S&T 發展 패턴이 도출되어야 하며,

둘째, 각 발전패턴은 어떠한 특성을 갖고 있으며, 그 속에서 도상국은 어떠한 要因에 어떻게 그룹핑되고 있는지를 분석하기 위한 발전패턴의 特性에 대한 分析을 행할 필요가 있다.

셋째, S & T 발전패턴의 특성과 내부구조를 과학기술적 재측면과 사회·경제적 재측면과의 양면에서 검토하여 해석하고, 여기서 얻어진 知見들을 토대로 과학기술 개발이론의 一般化 즉 General Theory의 구축을 행한다고 하는 一連의 방대한 연구작업이 단계적으로 이루어져야 한다.

世界諸國에 있어서의 S&T의 발전에는 어떤

\* 成均館大學校 工科大學 産業工學科

한 一定의 경향이 존재할 것이라고 하는 假說을 설정하고, 이의 檢證을 행하려고 하는 본 연구는 上術한 체계적인 總合研究課題의 제 1 차적 연구(첫째항)로서의 위치를 갖는다. 요컨대, 本分析은 데이터베이스로서의 計量的 分析方法을 통하여 세계제국에 共通하는 S & T의 발전패턴을 抽出한다고 하는 목적을 수행하고자 하는 것이다. 본 연구에서는 全世界 141 개국을 대상으로 하고 S & T 활동의 제 측면을 설명하는 39 개의 指標(Indicator)를 선정하여(\*1) 데이터 처리를 한 후, 통계적 수법에 의하여 발전패턴의 추출을 시도한다고 하는 절차를 밟는다.

세계제국에 대한 발전유형의 분류에 관하여 계량적 분석을 가한 지금까지의 先行研究는 사회·경제적인 측면에서는 약간 이루어져 왔다. 그러나 S & T 면에 있어서는 (가) 소수의 선진국을 대상으로 연구개발(R & D)의 部間別, 國別 比較分析을 행한 U·N, OECD 등 국제기관의 연구보고들을 제외하고는 (나) 특정국가를 대상으로한 실증적 Case study 類의 연구나 (c) 데이터 처리적 어프로우치가 아닌 개념적 Analogy 분석에 의한 연구들이 대부분을 이룬다. 이들 既存研究는 모두 전세계제국을 대상으로 하거나, S & T 발전의 全側面을 대표하는 유효지표를 선정하거나, 더우기 S & T 발전패턴의 추출을 위한 통계적 분석을 행한 연구들이 아니라 하는 점들에서, 본 연구는 최초의 업적으로서의 意義를 갖는다.

## II. 分析의 方法

S & T 발전패턴의 추출을 위한 계량적 분석의 設計에 있어서 출현하는 가장 중요한 문제는 入力 지표 및 데이터의 속성검토 그리고 그 분석과정 및 수법 구성이라고 하는 3 가지로 압축된다 하겠다.

### 1. 指標의 選定

U·N의 「Statistical Yearbook」을 비롯한 기존 통계자료의 거의가 경제지표에 관한 것으로서, 과학기술 활동의 全分野에 걸친 통계자

료를 수집한다고 하는 작업은 그 수행이 속히 어려운 제 1 차적 난관이었다. 그러나 表 1 에서와 같이 U·N 통계서를 제외한 귀중한 자료들이 수집된 것은 커다란 성과라 할 수 있다. (\*2)

그런데 이러한 통계자료가 소유하고 있는 指標項目의 수는 방대한 것으로, 이들 지표의 선정을 위하여 (가) 途上國의 數가 충분한 지표 즉, loss data 가 적은 지표 (나) 定性的인 항목일지라도 수량화 할 수 있는 定量化可能指標 (c) 가능한 한 1970 년대의 최신지표를 우선시킨다는 기준이 설정되고 이에 근거하여 45 개의 예비지표가 발탁되었다. 여기서 다시 (c) 지표의 의미가 중복하지 않을 것 (d) 대상지표의 수보다는 대상국의 수를 많이 할 것 (e) Flow 지표보다는 Stock 지표에 중점을 둘 것이라고 하는 기준에 의하여 予備指標의 屬性 및 個別데이터에 대한 정성적인 검토를 행하였다. 이에 따라 스크리닝되고 컴퓨터에 코-딩된 最終指標는 39 개이다. <表 1 참조>. 특히 다음의 점들은 본 연구의 지표선정 작업에서 특기할만한 것들이라 할 수 있다.

첫째, 지표전체의 구성을 통하여 볼 때 새로운 관점으로부터의 데이터가 많이 설정되고 있는데, 이들 대부분은 이미 公表되어 있는 專問統計書로부터가 아니고 기존의 一般文獻 또는 年鑑類에 산발적으로 기재되어 있는 데이터를 정리해서 集計한 것이다 (例: 과학기술정보기관의 수, 학회, 연구소 등등)

둘째, 사회, 경제, 교육 등의 일반지표로서 發展類型의 국제비교를 행한 대표적인 기존연구들의 경우-비록 S & T 발전패턴을 검토한 것은 아니나-Adelman & Morris 그룹의 분석에서는 1950 년대의 데이터에 의거하여 41 개지표로써 74 개국을 대상으로 [2], 高森, 山下 그룹은 1960 년대 前半자료에 45 개 지표로 79 개국을 대상으로 [3], Harbison 그룹은 1960 년대 前半의 43 개 지표로써 112 개국을 분석했다 [4]. 이에 대하여 본 연구에서는 과학기술관계의 지표만으로도 39 개를 가지고 141 개국을 대상으로 분석을 진행하였다. 그리고 이들 지표는 1970 년대 中·後半의 최신 출간자료들로부터 검색되

(\*1) 이 작업에서는 직접 쓰여지지 않으나 S & T 발전패턴의 특성분석, 구조해석이라고 하는 제 2 차, 3 차연구에서 활용될 사회·경제·교육등등의 일반지표 97 개까지 합하면 총 136 개 지표의 데이터가 처리, 완료되어 있다.

(\*2) 자료의 탐색에서 입수까지만으로도 막대한 비용과 더불어 1 년 이상의 기간이 소요되었다.

表 1. 科學技術指標의 體系 및 屬性分類表

특성 I	특성 II	대표면	코드	지 표	국가수	기준년	자 료	대표지표		
구 조 / S T O C K	I N P U T 과 O U T P U T	지 적 자 원	T1	과학기술자의 수	43	72	U.N.E.S.Y	◎		
			T2	기능자의 수	36	72	U.N.S.Y			
			T3	R&D종사의 과학기술자의 수	72	72	U.N.S.Y			
			T4	R&D종사 기능자의 수	62	72	U.N.S.Y			
			T+	과학기술자와 기능자의 총수	36	72	U.N.E.S.Y (Compound)			
			T-	R&D종사 파.기.자와 기능자의 총수	62	72	U.N.E.S.Y (Compound)			
		제 도	T8	기술문헌 정보기관의 수	70	70	W.T.I.D	○		
			TD	과학기술분야의 출판사의 수	110	70	I.V.A (Compound)	◎		
			TT	산업경제분야의 출판사의 수	111	70	W.L			
			TW	수산업분야의 출판사의 수	111	70	I.V.A			
			TX	기술분야의 출판사의 수	110	70	I.V.A			
			TY	과학분야의 출판사의 수	111	70	I.V.A			
		조 직	T6	과학기술분야의 연구소의 수	130	71	W.L	○		
			TZ	산업기술분야의 연구소의 수	130	71	W.L			
			TV	과학기술분야의 학회의 수	130	71	W.L	◎		
			TU	산업경제분야의 학회의 수	130	71	W.L			
정 보	T9	정보기관의 문헌 최대 보유량	66	70	W.T.I.D					
	TB	과학기술분야의 잡지수	122	70	W.H	○				
	T∅	과학기술잡지 타이틀의 최대보유량	63	70	W.T.I.D	◎				
기 능 / F L O W	I N P U T	지 적 교 류	TG	이공계 파견 유학생의 수	135	66	S.S.A	◎		
			TH	이공계 흡수 유학생의 수	109	66	S.S.A			
			TI	농업계 파견 유학생의 수	135	66	S.S.A			
			TS	농업계 흡수 유학생의 수	109	66	S.S.A			
			T/	과학기술분야 파견 유학생의 수	135	66	S.S.A (Compound)			
			T*	과학기술분야 흡수 유학생의 수	109	66	S.S.A (Compound)	○		
	O U T P U T	연 구 실 적	TA	세계의 과학적저서세의 공헌도(건수)	106	69	W.L			
			TC	과학기술분야 서적의 출판량	90	74	U.N.E.S.Y	◎		
			TE	특허의 등록건수	77	74	P.O.B	○		
			TF	특허중 우선권 증명서의 발행건수	87	75	P.O.B			
			I N P U T	연 구 개 발 투 자	T5	연구개발 비용의 총액	63	72	U.N.E.S.Y	◎
					TJ	경비지출/R&D 총비용	45	72	U.N.S.Y	
TN	정부지출/R/D 총비용	47			72	U.N.S.Y				
TÖ	생산기업 지출의 R&D 비용	43			72	U.N.S.Y				
TP	외자에 의한 R&D 지출액	48			72	U.N.S.Y	○			
TK	기초연구부문/R&D 총비용	40			72	U.N.S.Y				
TL	응용연구부문/R/D 총비용	36	72	U.N.S.Y						
TM	시원연구부문/R&D 총비용	38	72	U.N.S.Y						
TQ	생산부문에서의 R&D 비용	51	72	U.N.S.Y						
TR	고등교육에서의 R&D 비용	54	72	U.N.S.Y						

어 1970년대 前半의 데이터를 기준년도로 하고 있다 (단, 유학생지표는 그 속성상 例外).

2. 데이터의 處理

세계제국의 비교분석을 위한 集計데이터를 검토할 때 가장 문제가 되는 것은 데이터의 信賴性과 代表性에 관한 것이다 [5]. 이 분석에서는 지표항목에 대한 定義와 그 카테고리나 國別로 상이하다는 점과 통계기관의 능력이 國別로 상이하다는 점의 두 면에서 데이터의 신뢰성에 관한 문제를 검토했다. 前者는 데이터의 코-딩 작업시 각국의 데이터에 付記되어 있는 註(No-te)의 내용을 해석하여 이를 表2와 같이 8개로 분류하고 「Master file」의 國別데이터에 코-

-드화시켜 놓도록 했다. 이는 각 지표별 및 지표간의 分布型을 검토하는 경우, 특성의 傾向에 대한 교란요인의 분석-과대치 및 과소치의 제거, 결손치 (특히 도상극그룹)의 補正等-을 위하여 必要하기 때문이다. 後者는 특히 後發途上諸國(LDC)에 적용되는 문제로서 데이터의 정확도의 문제는 차치하고 데이터 不明의 케이스가 상당하다. 본 연구에서는 통계서 이외의 문헌 조사와 당해국 대사관을 통한 직접조사에 의하여 결손 데이터를 보충하고, 코-드번호 4, 5로 코-딩시켰다. <表2 참조>. 또한 기간적으로도 기준년도의 前後 2년까지는 데이터 선택의 許容範圍로 하도록 하였다 (\*3).

表2. Data의 處理內容

코 - 드	處理의 內容	코 - 드	處理의 內容
1	概 數	+	過大值 (Over Estimate)
2	推 定 值	?	不 明
3	不確實한 推定	4	統計的 不適合 (직접조사등)
-	過小值 (Under Estimate)	5	不確實한 概數 (문헌조사등)

한편, 국가 규모(인구, 면적등)의 극단적 상이로 인하여 데이터의 代表性에 문제를 야기하는 경우가 자주 발생하는데, 특히 세계제국의 과학기술의 발전을 비교하는 경우에 絕對數와 人口當으로 표준화한 相對數와의 두 분석결과는 해석상 중요한 의미를 갖는다. 따라서 여기서는 2가지가 동시에 처리되고 있다. 그리고 또 한가지는, 분석되는 지표의 속성상 비교되는 국가들의 내부시스템이 유사하지 않기 때문에 일어나는 대표성의 문제가 있다. 따라서 分布가 극단적으로 偏向하고 있을 때 산술평균만을 代表值로서 사용하는 것은 적합치 않으므로, 여기서는 지표마다 세계전체의 平均值, 範圍, 標準偏差, 中位值, 尖度(Steepness), 歪度(Stewness)를 동시에 표현시켜 집계데이터의 대표성을 유지할 수 있도록 하였다.

3. S & T活動의 體系設定

과학기술활동에 있어서 국가간의 포맷설을 개별지표의 절대량만으로서가 아닌 하나의 유형으

로써 파악하려고 하는 한, 과학기술적 활동의 모든 측면을 적합하게 반영할 수 있는 지표체계의 設計가 필요하게 된다.

統計的 方法

따라서 S & T활동을 충분히 설명할 수 있는 集約된 소수의 지표 또는 複合指標의 추출가능성을 탐지하기 위하여 相關行列表(Correlation Matrix Table)를 작성하여 主成分分析(P.C.A)을 시행해 보았다. 먼저 主指標에 대한 예비적 P.C.A시행의 결과, 제 1축에 대부분의 지표가 집중되어 버리고 제 2축에는 응용연구부문 및 시험연구부문의 R & D비용, 제 3축에 S & T분야의 파견유학생수와 같은 지표들이 높은 寄與率을 나타내었다. 各軸의 固有值를 보면 제 1축이 17.3, 제 2축이 2.6, 제 3축이 2.2로서, 座標軸의 回轉後에도 제 1축 15.2, 제 2축 3.1, 제 3축 3.9로 轉 回轉前과 마찬가지로 軸의 유의한 解釋이 불가능했다.

다음으로는 샘플수 60이하의 데이터 결손이 많은 지표, 특성이 유사한 지표는 가능한 한 제

(\*3) 구조지표의 경우, 비교기간이 2년 정도로 단기간의 경우에는 구조변동이 강하게 작용하지 않아 허용오차로 인정하는데 크게 무리가 없다고 보는 것이 일반적이다 [5].

거한 20개의 지표에 대하여 제 2차 P.C.A 를 행하였다. 그 결과 제 1축에 S & T활동 全般에 관한 지표들이 집중해 버리고, 제 2축이 유학생 관계, 제 3축이 기초부문의 R & D비용, 外資에 의한 R & D비용이 특징적으로 나타나고 있는데,

이와 같은 경향은 좌표축의 전환을 시도해 보아 도 表3에서 나타나는 바대로 그 경향엔 별로 변동이 없어 有意한 결과를 얻을 수 없었다.

최후로 第2차시행에서 S & T활동전반을 나타내었던 제 1축에 대한 기여율이 0.7 이상의 지표

表3. 제 2차 P. C. A 의 고유치

T*	0.77360	0.26778	-0.23937
T-	0.84136	0.40065	-0.23566
Ts	0.73023	0.29667	0.00181
T6	0.79136	0.30093	-0.11645
Tv	0.83879	0.30882	-0.20417
TD	0.88689	0.17919	-0.19159
T3	0.84929	0.35750	-0.22735
T4	0.80472	0.42032	-0.23939
TI	0.06697	0.91794	0.07252
TG	0.23547	0.94353	-0.07839
TH	0.77220	0.25423	-0.27022
TE	0.87490	0.05212	-0.28487
T8	0.75099	-0.06957	-0.20245
TA	0.62401	-0.01879	0.18304
T0	0.73310	-0.06222	-0.47967
T5	0.82952	0.37299	-0.28208
Tk	0.10836	0.03455	-0.89655
TM	0.71075	-0.08407	0.33214
TP	0.20759	-0.07975	-0.71035
EIVAL	9.53893	3.71557	2.28485

表4. 第3次 P. C. A 의 고유치

T*	0.40760	-0.87495	0.14151
T-	0.88073	-0.37808	0.24433
TS	0.31435	-0.82373	0.17934
T6	0.70394	-0.30890	0.43794
TV	0.67912	-0.46238	0.42024
TD	0.62988	-0.48141	0.50182
T3	0.87990	-0.38939	0.21071
T4	0.87219	-0.33855	0.25249
TH	0.42149	-0.85850	0.14310
TE	0.61042	-0.50046	0.44824
T8	0.39891	-0.54434	0.34475
T0	0.68879	-0.36485	0.17785
T5	0.87397	-0.44295	0.09277
TM	0.20378	-0.13369	0.93790
EIVAL	5.91820	4.02520	2.10041

14개를 선정하여 다시 P.C.A를 시행하였다. 여기서도 제 1축에 고유치 (EIGEN VALUE) 가 10.25로 집중적이고 제 2, 제 3축은 0.98, 0.81로서 유의한 성분이 전혀 출현치 않아 좌표축의 「Varimax 回轉」을 행하여 보았다.

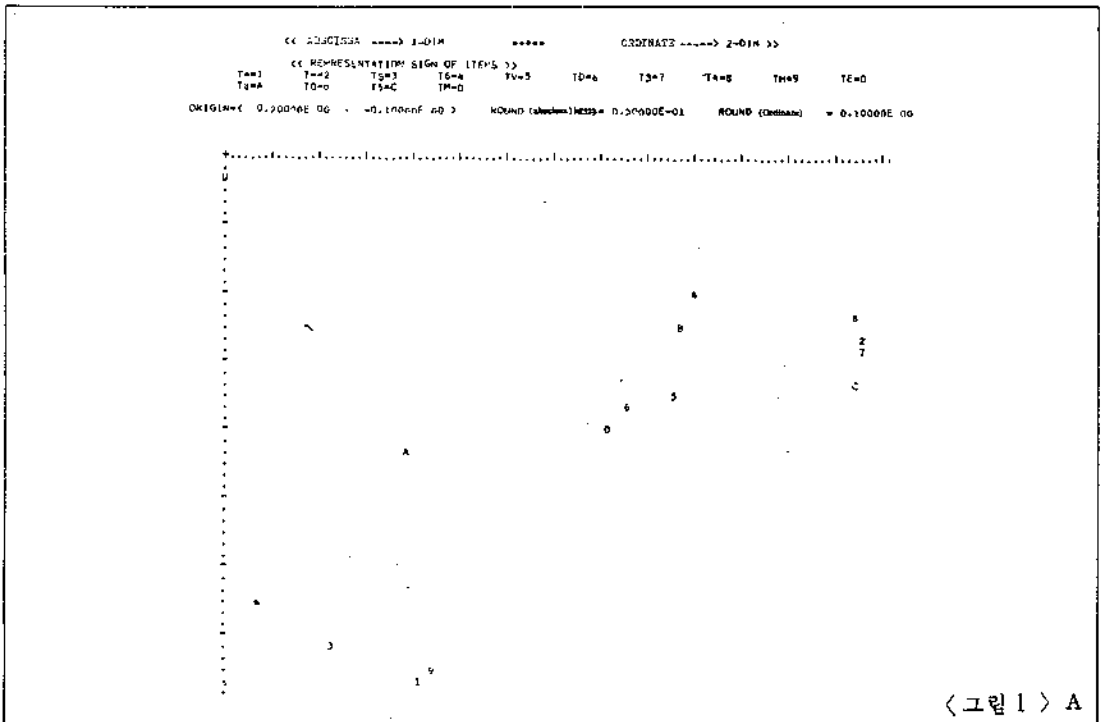
表 4에서 나타나는 바대로 제 1축에의 집중현상은 다소 완화되었으나, 각 축의 구성분은 제 1축이 S & T의 全般的 活動, 제 2축이 흡수 유학생관계지표, 제 3축이 시험연구부문의 R & D 비용 지표로서 (\*4) 특히 제 3축은 샘플수의 과소치에 기인한 편중현상의 원인으로 해석될 수 있다. 이들을 Varimax 回轉을 행한 후의 分布型을 圖 1 (A)(B)(C) 검토해 보더라도 S & T 指標群의 대체적인 分布傾向을 파악한다는 점에서는 약간의 도움을 준다. -세계제국의 S & T 활동을 규정하는 몇개의 측면이나 지표들 찾아낼 수 있는 명확한 軸의 해석은 역시 무리이다.

規範的方法

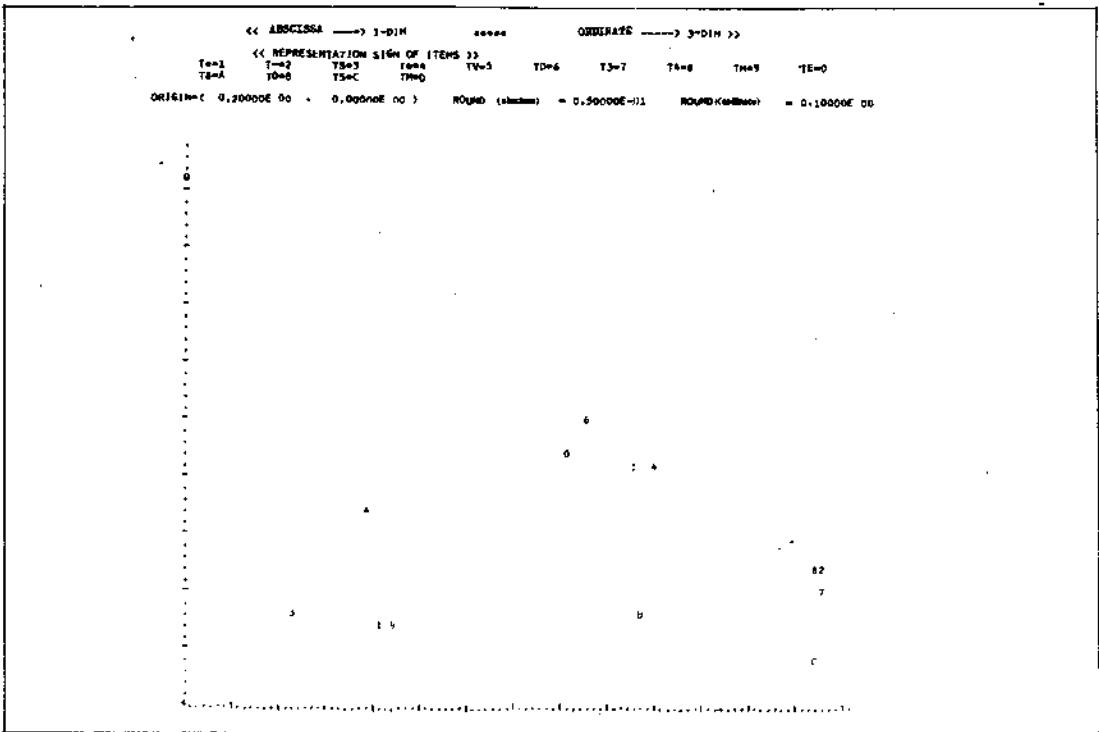
S & T 활동의 體系를 소수의 대표 측면내지는 지표로써 구성하려고 하는 試圖은 통계적 수법만으로는 만족할만한 결과를 얻지 못했다. 따라서 여기

서는 規範的方法이 중심이 되는 3가지의 복합적 방법을 채용하였다. 첫째, 기존의 發展構造理論에서 論理系의 準據軸 (Frame of Reference) 를 마련하는 概念모델적 어프로우치를 도입하여 S & T의 분류범주 (Categories) 내지는 차원 (Dimensions) 과 구성요인 (Components) 그리고 이들의 상호관계 (Correlation) 의 구축을 검토하였다 [6]. 그 결과 S & T 활동을 규정하는 體系를 構造面과 機能面으로 크게 兩分하고, 構造側面에서는 STOCK 指標로써 構造單位間的 상호작용을, 機能側面에서는 FLOW 指標로써 機能要素間的 수행능력을 파악하는 것으로 하여 설정하였다. 특히 이 두 體系의 구성요인간의 상호작용의 검토를 위하여 INPUT 指標와 OUTPUT 指標를 확정했다. <表 1 참조> 둘째, 39개의 지표를 이러한 論理系에 따라 下位레벨에서 구체적으로 어떻게 분류하여 S & T 활동의 代表側面을 구성할 것인가 하는 문제에 있어서는 日本의 專門家集團에 대한 「K·J法」을의 시행을 통하여 有意한 결과를 확보하였다.

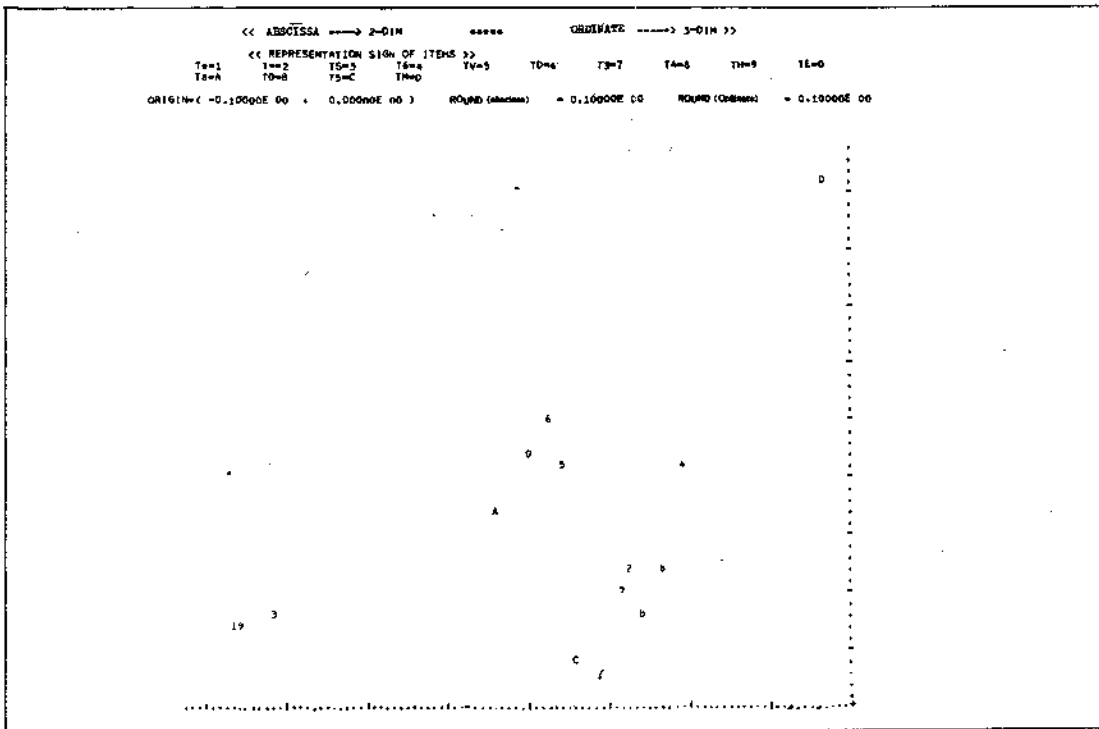
셋째, 「K·J法」에서 얻어진 결과를 제 3차 主成分分析의 Varimax 回轉後의 상태 - 圖 1 (A)(B)(C)



(\*4) 제 2, 3축의 대표지표는 발달도상국의 발전패턴의 분석에 중점을 놓는다고 하는 면에서본다면 속성상 애초부터 지표의 대표성에 결하고 있다고도 볼 수 있다.



< 그림 1 > B



< 그림 1 > C

에서 各軸間의 거리와 方向으로 나타나는 지표들의 그룹핑 상황—와 비교시켜 가면서 최종조정을 행하여 表1과 같은 7개의 側面을 확정하여 39개의 지표를 분류하였다. 이러한 절차를 거쳐 본 연구에서의 S & T 指標는 세계제국의 과학기술적 變化를 일층 확실히 반영할 수 있도록 그 體系가 구축된 것이다.

4. 2次元 構造比較

S & T 활동을 총합적으로 간략히 설명할 수 있는 분류척도로서 單一代表指標 또는 複合指標의 설정이란 가능한 것인가에 대한 대답은 주성분 분석의 결과로부터 보아도 부정적인 것으로, S & T 지표란 제 1축에 거의 집중해 버리는 묘한 특성을 보여 주었다. 그런데 문제는 이 第1軸을 하나의 척도로 규정할 수 없는가 하는 점에 있다. 이제 1축에 집중하고 있는 지표들의 속성을 3차 P.C.A의 결과에서 보면<表4 참조>, Manpower 指標, R & D 投資指標, 과학기술정보기관의 잡지 타이틀의 최대보유량과 같은 情報指標, 연구소, 학회, 출판사등의 組織 및 制度指標와 같은 아주 相異한 特性指標群으로 이루어지고 있는데, 이들이야말로 S & T 활동 전부를 설명하는 넓은 의미로서의 研究活動指標가 되어 버린다. 이처럼 S & T 발전 지표란 상당히 복잡한 상태로 존재하고 있음을 알 수 있다.

S & T 활동을 1次元上에서 분류하는 順位階梯에 의하여는 발전의 構造의 形態를 파악할 수는 없는 것으로, 이를 위하여 여기서는 앞에서 설정된 S & T 指標體系를 구성하고 있는 39개의 成分要因間의 관계에 대하여 통계적 相關分析에 의한 검토를 행하였다. 여기서 상대수와 절대수의 양쪽을 모두 對數變換 Matrix에 의하여 상관계수를 도출하는데, 이 경우 相關係數의 분석만으로는 對比되는 兩指標가 어떠한 커-브를 갖는지 不明하며 圖別 位置를 파악하기 어렵다. 따라서 제 지표간에 출현하는 특정 경향의 내부구조를 나타내는 分布를 도출하기 위하여 S & T 활동을 대표하는 諸側面 相互間의 관계를 하나의 시스템으로 잡고 그에 따라 세계제국에 共通하는 S & T 發展의 구조를 「2次元 Cross Section」으로 類型化하는 方法을 택한다.

여기서 검토되어야 할 점은 7개의 代表側面間의 組合方法 그리고 7개 측면의 특성을 대표하

는 소수의 代表지표를 선정하는 方法이다. 먼저, 본 연구에서는 앞에서 구축된 S & T 활동의 체계에 따라 圖2와 같은 Cross section의 조합을 구성한다. 이는 S & T 發展의 體系를 구조면에 있어서는 科學技術의 分化의 進展으로 파악하고, 기능면에 있어서는 科學技術的 遂行能力의 向上으로 파악한 것이다. 前者는 知的資源 (Manpower), 情報, 制度, 組織 (\*5)의 4 측면이 諸 Stock 指標를 포괄하는 것으로 잡고, 後者는 知的 交流와 R & D 費用이 입력지표로써 研究實積이 출력지표로써 諸 Flow 指標를 대표하는 것으로 하여 代表側面間 相互比較의 體系를 설정한다.

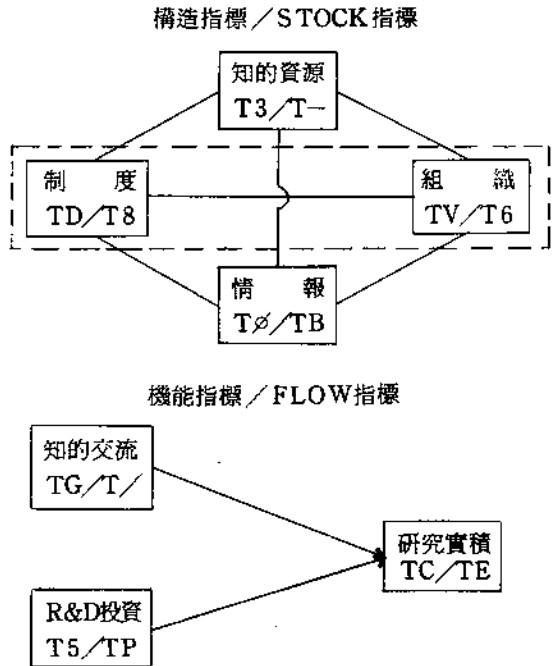


圖2. 代表側面 및 指標間 組合方式의 Frame

다음에는 圖2에서와 같은 8개의 組合方式에 따를 때, 各側面의 指標數가 많아질수록 조합수는 막대하게 증대하여 분석의 편이상 지표수를 감소시키지 않을 수 없는데, 각 측면을 대표하는 지표를 2개 정도씩 잡기 위하여 채택한 選定基準의 우선순위는 다음과 같다. (1) 제 3차 주성분분석에서 채택된 20개의 지표. (2) 샘플수가 많은 지표 (例: TB). (3) 한 측면내에서 지표간의 독립성이 강한 지표 (例: TC, TB) (4) 발전도상

(\*5) 제도면과 조직면은 넓은 의미에서는 제도·조직적 측면으로 통합할 수도 있다.



국 지표로서의 대표성이 있는 지표 (例: 유학생 지표 중 TG, T1 및 R & D 비용 지표 중의 TP).

이와 같이 하여 최종 선정된 각 측면의 代表指標은 14 개로써, 이들 지표간의 Cross Section에 있어서는 입력지표와 출력지표로서의 時差 (Time Lag)를 특히 중시하여, 구조지표간에는 2년을 설정하고 (註 3참조), 기능지표에서는 入出力의 時差를 지표의 특성상 R & D비용과 연구실적간은 2년, 유학생과 연구실적간은 8년을 잡아 분석의 결과에 타당하도록 하였다.

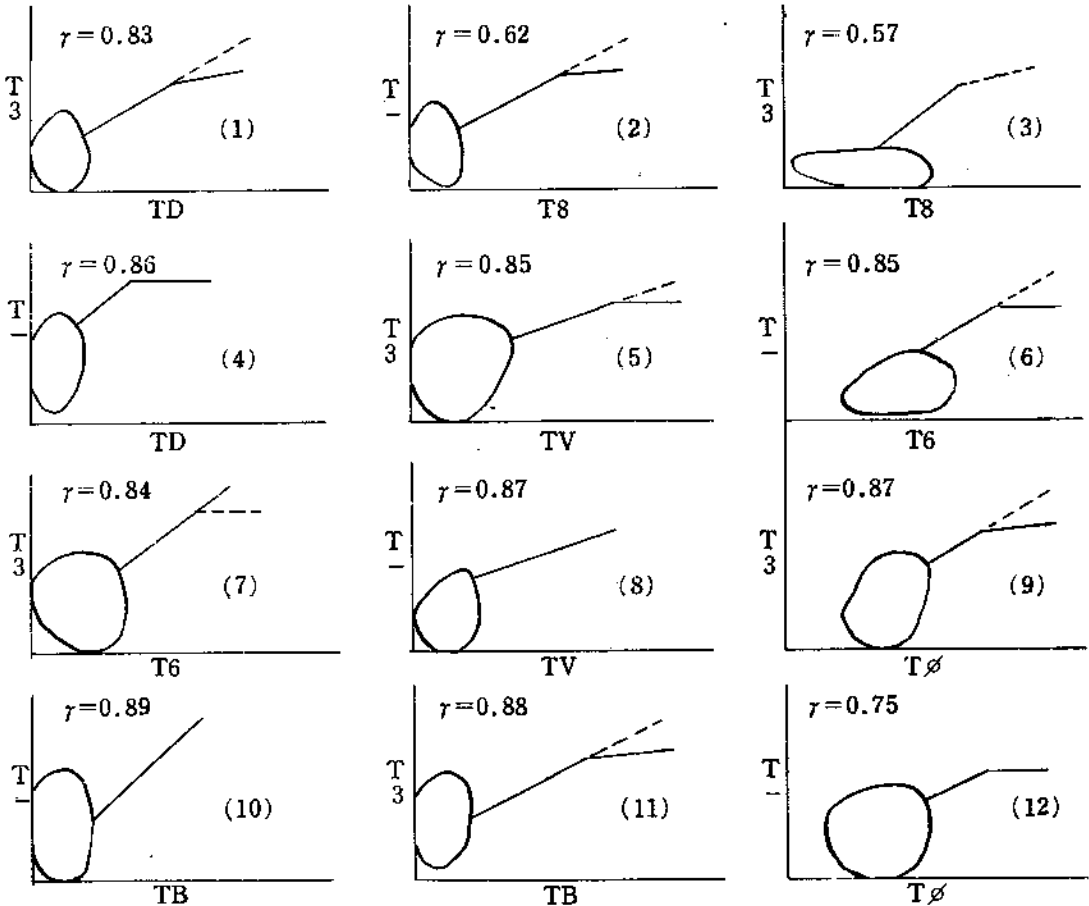
한편, 2次元比較分析과는 별도로 代表指標의 個別的 分析이 별도로 이루어져야 할 필요가 있다. 이에 따라, 14개 대표지표에 대한 單純集計의 결과를 각종의 代表值 (Central Value)와 分佈型 (Frequency Distribution)을 표현함에 있어 상대수와 절대수의 양면에서 對數 (lo-

g) (\*6)를 취하여 분석에 사용했다. 이는 지표간의 2차원분석에서 나타나는 어떤 특정 傾向의 교란요인을 제거하기 위한 Retrace의 목적때문인 것이다.

### III. 分析의 結果

#### 1. 科學技術發展의 類型分類

7개의 S & T활동의 基本的 側面을 代表하는 指標으로써 S & T發展의 패턴을 類型化하려고 하는 것이 본 연구의 목적이다. 따라서 圖 2에서 제시하고 있는대로 14개의 대표지표를 7개의 기본적 측면에 따라 상호 對比시켰을 때 출현하는 Cross Section의 결과는 32가지가 된다. 이들 지표의 「2次元散佈度 (Cross Scattergram)」의 分佈形態를 개별지표의 특성치와 대조시켜 가



(\*6) 데이터의 兩極의 感度를 높히게 되는데, 이는 선·후진국간의 데이터의 극심한 偏重상태를 分佈圖에서 完化시켜 表現하기 위함이다.

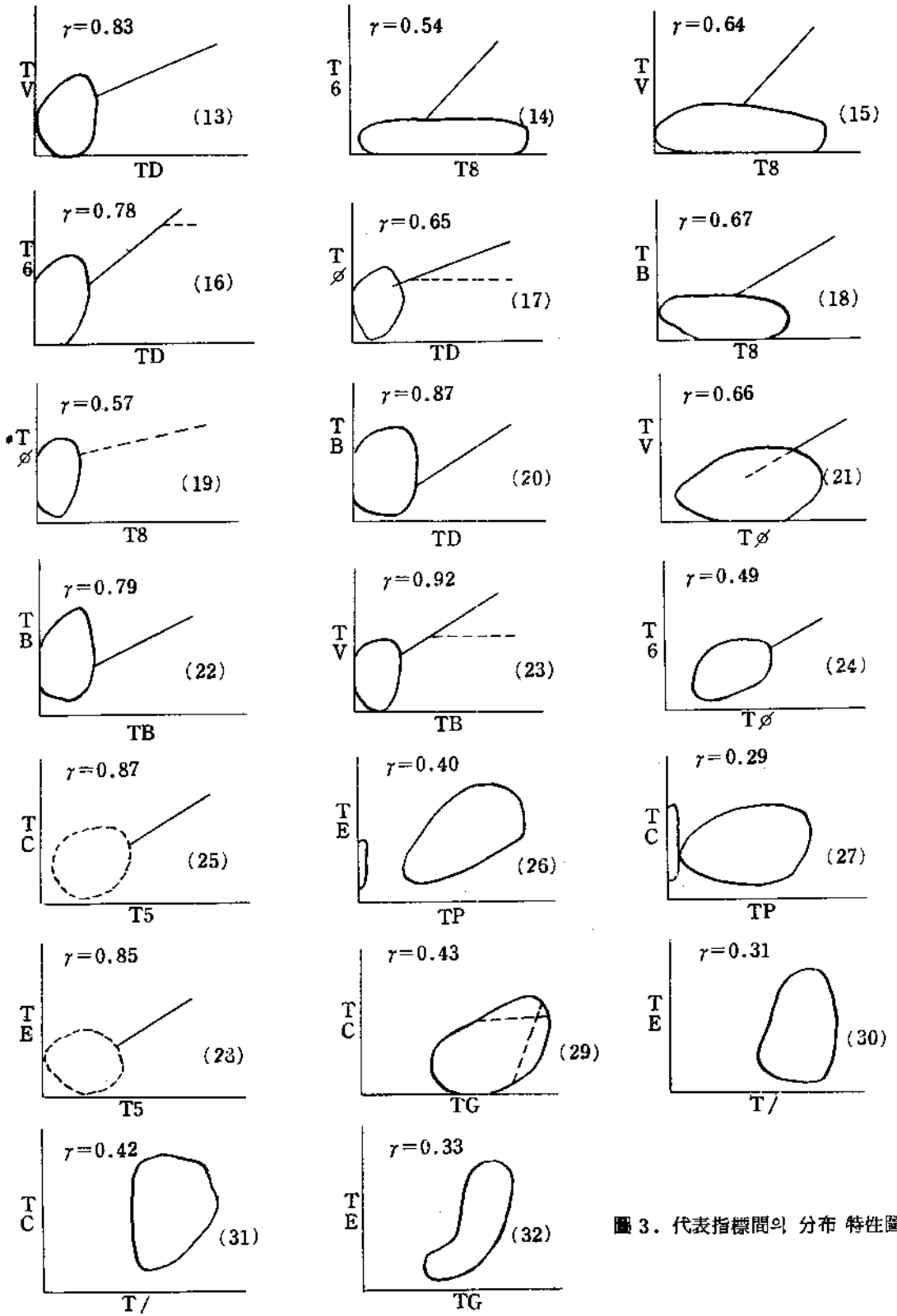


圖 3. 代表指標間의 分布 特性圖

며 S&T발전의 일층 깨끗한 경향을 도출하였는데 이를 略圖로 나타낸 것이 圖3이다. 이들 2차원 산포도는 발전도상국의 識別力을 높이기 위하여 兩對數에 의한 2차원 Cross로 비교한 것이며, 동시에 相對數보다 傾向 感度가 높은 絕對數로써 분석한 결과이다. (圖4은 略圖로 처리하기 전 Computer output의 原形圖로서, 샘플수가 가장 많은 과학기술분야의 출판사의 수와 과학기술분야 학회의 수의 지표를 택하여 S&T의 제도적측면과 조직적측면간의 실질적 구조패턴을 나타내 보인 한 예이다)

## 2. 閾値의 假定

대표지표에 의한 32개의 散布圖를 分析해 보면, 外資에 의한 R&D비용과 연구실적간 그리고 知的交流과 연구실적간과 같은 비교의 경우를 제외하고는 다음과 같은 특이한 경향이 공통적으로 나타나고 있다. 각 지표에서 낮은 수준에 있는 국가들은 크게 분산하여 Plotting되어 있어 兩指標間에 一定한 關係가 없으나, 어떤 수준 이상을 넘으면 一定의 關係가 나타나기 시작한다. 이것은 兩指標를 對數變換한 결과에서는 直線 주변의 지표레벨의 分散에 等分散性의 假定이 적용되지 않는다는 것을 의미하는 것이다.

일반의 經濟諸量에 대한 分析의 경우, 지표의 分布範圍가 클 때 彈力性을 一定하게 할 수 있는 對數線型모델이 자주 이용되는데, 과학기술의 측면에서도 諸國間의 지표가 10배, 100배로 되어 있는 경우가 많기 때문에 대수선형모델은 모델適合性이 양호하다. 이는 지표레벨이 10배가 되면 誤差의 절대량도 10배가 되는 것을 의미하나, 誤差의 比率(期待比率)은 一定하며 또 탄력성도 一定으로 해서 모델을 만들 수가 있다. 즉, 兩指標를 X, Y로, 誤差를  $\epsilon$ 로 가정하면,

$Y = a \times b^X (1 + \epsilon)$  라고 하는 모델이 想定되며 여기에 兩對數를 취하여,

$\log Y = \log a + b \log X + \log(1 + \epsilon)$  로 한다.

여기에  $E \{ \log(1 + \epsilon) \} = 0$  으로,

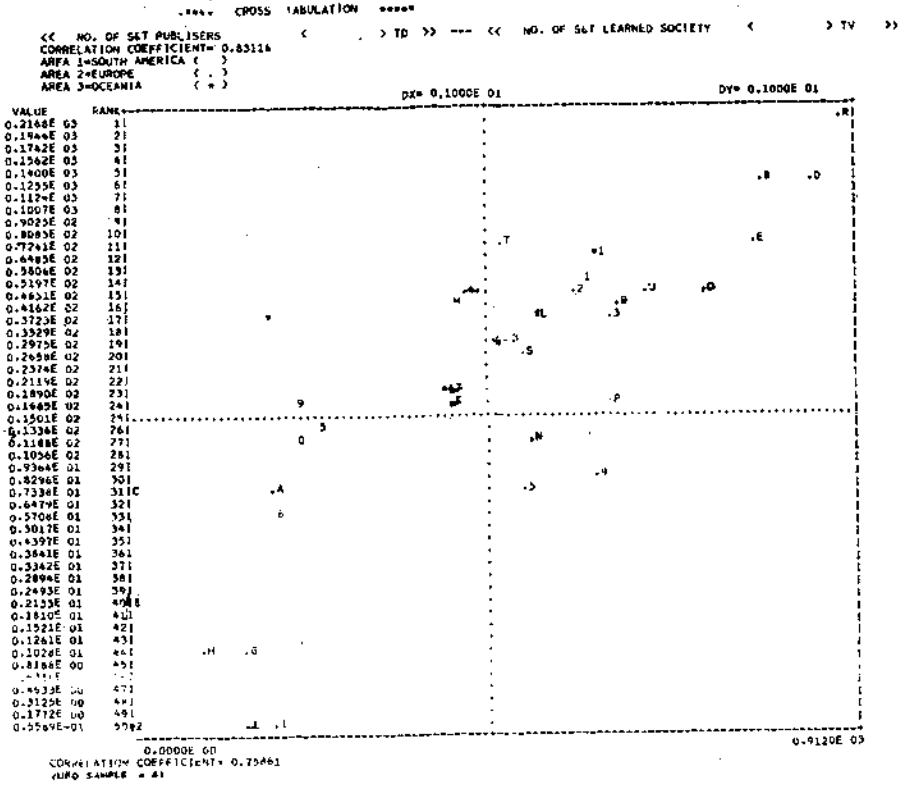
더욱이  $Var \{ \log(1 + \epsilon) \} = \sigma^2$  으로 하면 통상의 回歸直線이 된다 (b: 탄력성).

本分析의 결과에서 보면 유학생지표를 제외하고는 S&T활동 相互의 관계가 탄력성 一定下에서 成長, 增大한다고 말할 수 있는데, 이 탄력성下에서의 分散은 지표가 低레벨에 있을 때

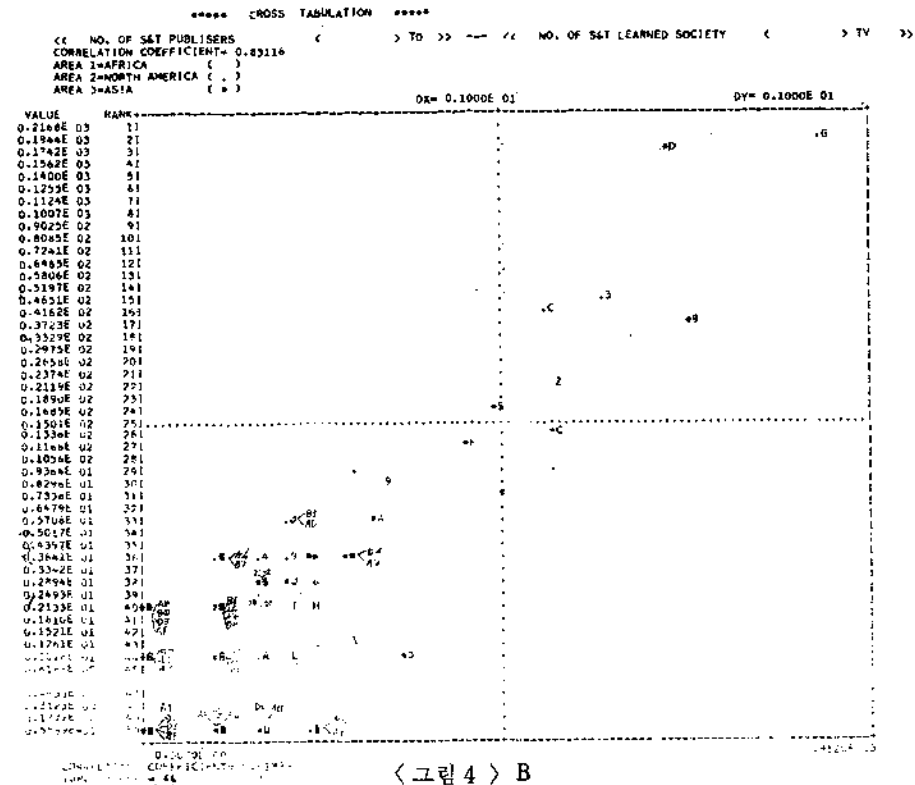
크게 되는 傾向이 諸指標間에서 공통적으로 출현하고 있다. 그런데 이 分散이 지표레벨과 獨立이 아닌 이유중의 하나는 다음과 같이 설명될 수 있다. 만약, 구조지표에 있어서의 各側面間 相互關係가 一定의 傾向下에서 하나의 S&T 활동으로서 증대, 성장한다고 가정하면, 이는 S&T의 인적자원, 제도·조직, 정보등의 諸側面이 상호 有機的인 結合關係위에서 성장하여 조직적인 S&T활동이 이루어 지게 되고 그 사회에 하나의 시스템으로서 定着하고 있는 것을 의미할 것이다. 이에 반하여 S&T활동이 發展하고 있지 않은 경우란 代表側面間의 發展의 언벨런스를 의미하며 諸活動이 유기적으로 결합되지 못하고 각 지표의 不確實性을 증대시키고 있는 것으로 볼 수 있다.

이렇게 低레벨에서 분산이 커지고, 지표수준의 상승이 따라 분산이 적어지는 一定의 傾向이 本分析에서는 나타나고 있는데, 우리는 이러한 일정한 傾向내지는 關係의 有無를 결정하는 各指標의 境界值를 「閾値 (Threshold Value)」로 가정하고 조직적인 과학기술활동으로의 전환점 (Turning point)로서 즉, 과학기술발전예의 Take-off point로서 해석한다.

이러한 역치의 檢證에는 크게 2가지의 方法을 구상할 수 있는데, 그 하나는 統計的手法에 의한 檢定으로서 어떤 수준 이상과 이하에서 誤差分散의 相等性의 檢定을 행하여 兩分散이 同等하다고는 할 수 없는 수준의 最大值를 구하거나 또는, 相關係數를 이용한 檢定이외에 判別函數를 이용하는 방법이다. 또 다른 하나는 역치이하를 구성하고 있는 것은 대부분 발전도상국들로서 역치 이상의 국가들과 비교할 때 샘플수가 극단적으로 떨어져 있는 점 그리고 역치 이상에서도 교란요인 (圖3에서의 上部點線)이 크게 작용하고 있는 점을 중시한다. 따라서 이 立場은 통계적 檢정에서 그 有意性을 크게 기대하기에 앞서 개별적인 S&T대표 지표의 特性分析 결과와 그리고 과학기술 이외의 지표 즉, 발전도상국 테이터가 비교적 풍부한 사회, 경제, 문화등의 일반 지표에 의한 국가군 Cluster와의 상관 분석에 의하여 그 결과-각 국가군 Cluster들의 Diameter를 구하여 평균거리로 검증하거나 역치의 上·下를 분류하는 요인을 Cluster의 지표구성에서 찾아내거나 하여-를 함께 적용하여 檢證하고자 하는 방법이다 [7]. 본 분석에서의 閾値의 假



< 그림 4 > A



< 그림 4 > B

定과 檢證은 後者의 方法에 근거하고 있다(\*7)

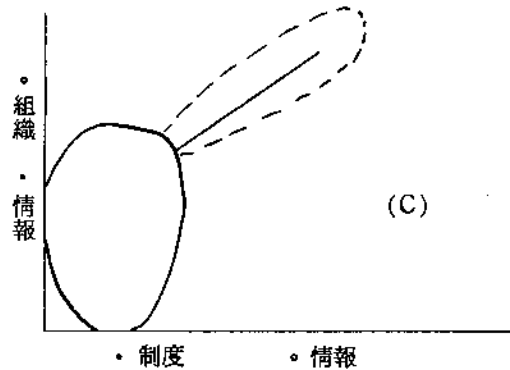
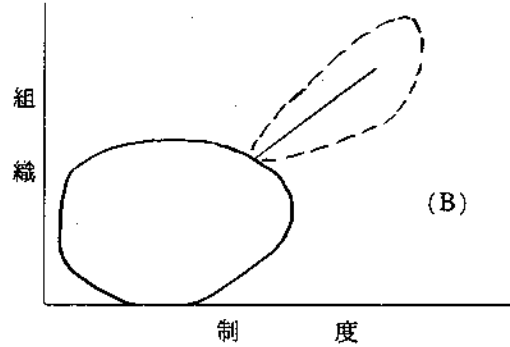
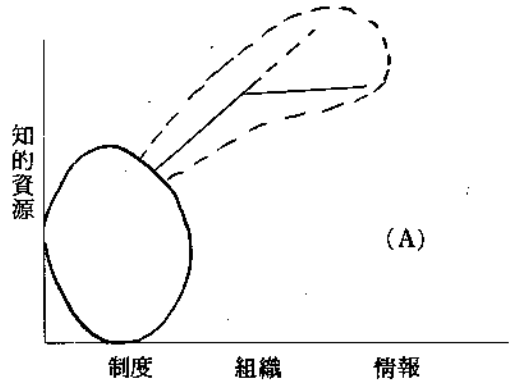
### 3. 科學技術의 發展패턴

S & T 활동의 諸側面을 代表하는 指標相互間의 空間에 分布하는 國家들의 傾向을 통하여 世界各國에 공통되는 S & T 發展의 패턴을 抽出하기 위하여 圖3에서 분류된 바 있는 「Two-Dimensional Cross section」의 結果로 얻어진 32개의 유형을 分析, 정리한 結果, 各 指標間의 유형이 약간씩 다르기는 하나 크게는 일정한 規則性을 내포하고 있는 3개의 共通의 패턴으로 이를 類型化할 수 있었다.

(1) 制度와 Manpower, 組織과 Manpower, 그리고 情報Stock와 Manpower 간의 關係를 보면, 이 3者는 대체로 圖5(A)처럼 어떤 수준이 상을 넘어서부터는 탄력성이 체감하는 경향(Logistic Curve 에 가까움)을 나타내는 패턴이 형성되고 있다.

(2) 制度와 組織, 制度와 情報, 情報과 組織 그리고 R & D 投資와 研究實積間의 關係에서는, 圖5(B)(C)와 같이 어떤 수준 이상이 되면 대수선형적 경향(실제로는 Exponential Curve) 경향을 나타내는 패턴이 이루어지고 있다. 그런데 R & D 비용과 연구실적간의 상관 結果에서는 圖5(D)에서 보이는대로 역치를 갖지 않는 대수선형적 경향을 나타내고 있다. 이는 두 지표의 상호 Cross 에 의하여 유효샘플수가 49개로 줄어져 버려 역치를 형성할 발전도상국들의 plot가 거의 없는 때문에 도상국의 샘플수가 증가하면 역치가 나타날 것으로 해석된다.

(3) 外資에 의한 R & D 비용과 研究實積 그리고 國際交流와 研究實積間의 關係를 보면 圖5(E)(F)에서처럼 無相關에 가깝게 커다란 分散을 나타내고 있다. 이는 前者의 경우 샘플수가 적은데다가 지표의 上·下位間 水準의 격차가 극단적인데 基因하며, 後者의 경우 역시 前者의 지표처럼 도상국 중심의 지표로서의 특성을 갖고 있기 때문에 야기되는 결과이다. 이들은 세계전체의 S & T 발전의 패턴을 분석하는 때는 적합하지 않고 오히려 도상국만의 발전패턴의 분류에 유효하게 기능할 수 있는 지표들로서 나타난 바 본 연구의 단계에서는 구체적으로 분석하지 않는다.



(\*7) 檢證내용의 방대함 때문에 本 分析에서는 이의 記述을 생략하고 次回의 연구에 넘긴다.

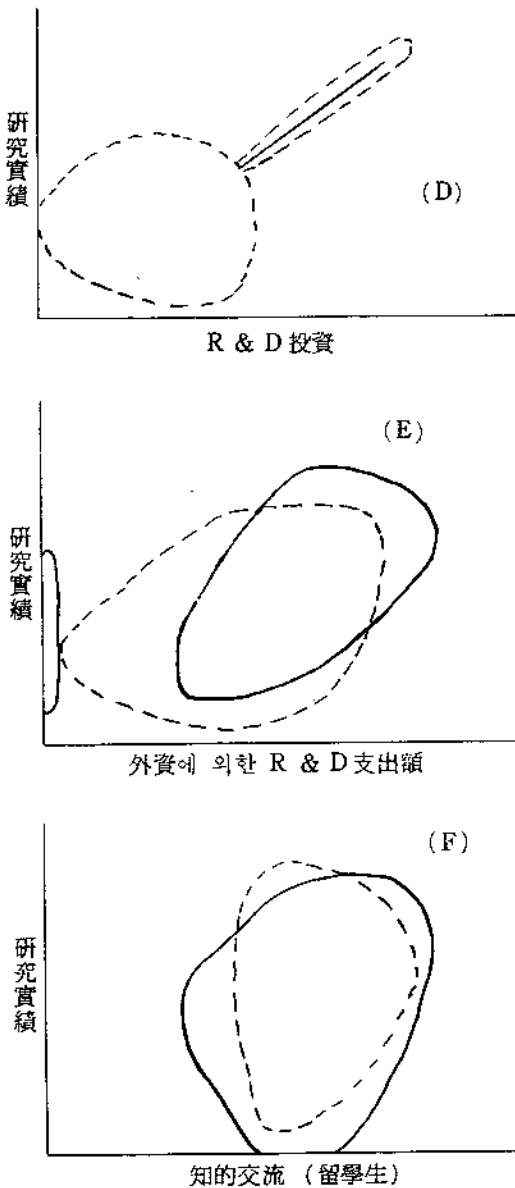


圖 5. 代表側面間的 分布特性圖

IV. 結 論

세계제국의 과학기술발전에는 어떤 共通의 패턴이 存在하지 않을까 하는 假說에 근거한 본 연구는 다각적이고 체계적인 檢證過程을 통하여 이 가설을 成立시켰다. 여기서 얻어진 3가지의 成果는 學界 最初의 業績으로서 이를 요약하면 다음과 같다.

(1) 세계제국에 공통되는 3가지의 S & T 發

展패턴을 抽出하였다.

(2) 복잡한 과학기술현상을 체계적으로 잡을 수 있는 Frame 이 이론적으로 마련되어 있지 않았기 때문에 S & T 활동지표를 구성하는 成分要因의 組合은 오늘날까지 상당히 恣意的이었다. 이에 본 연구에서 구축된 S & T 활동지표의 體系는 상당히 Systematic 한 과정을 통하여 얻어진 有意한 試案으로서의 근거를 확보하고 있다.

(3) 본 분석에서 추출된 S & T 發展패턴에 공통적으로 內在하고 있는 하나의 特異分布形態에 관하여 閾值 (Threshold Value)의 概念을 採用함으로써 今後 이에 관한 새로운 연구에 - 마와 가지는 해석결과를 풍부히 창출할 것으로 본다.

본 분석은 S & T 發展에 관한 넓은 범위의 형태를 統一的으로 파악하려고 한 것으로서, 패턴의 特性이나 內部構造에 대한 Micro한 分析을 행하는 것을 의도하지는 않았다. 그러나 이러한 기초적 연구성과 그 有効性을 증대하기 위해서는 後繼研究에서 수행되어야 할 많은 課題를 안고 있다. 이러한 課題를 크게 분류하면, 발전패턴의 추출이라고 하는 제 1 차적인 분석에 이어, 이 S & T 발전패턴의 개별적 특징을 해석하는 작업, 그 다음은 이 발전패턴에 발전도상제국의 분포를 중심으로 한 내부구조를 분석하여 도상국 발전패턴의 특성에 근거한 S & T 개발정책을 검토한다고 하는 3 단계적 課題로 구성된다. 이는 곧 본 연구에서의 성과가 앞으로 어떻게 展開되어 나가야 할 것인가에 대한 方向을 제시하고 있는 것으로서 또한 次回の 연구과제로서의 意義를 갖는 것이다.

REFERENCES

1. Streeten, P., The Frontiers of Development Studies, Macmillan, 1972.
2. Adelman, I and Morris C. T., Society, Politics & Economic Development ; A Quantitative Approach, The Johns Hopkins Press, 1967.
3. 高森寬, 山下彰一, "社會經濟發展의 指標化について" アジア經濟 vol. 14, No. 3, 1976.
4. Harbison, F. H., Maruhnic, J. Resnick, J. R., Quantitative Analyses of Modernization and Development, Princeton Univ., 1972.

5. 杉谷滋, "國際的研究における比較可能性" 經濟學論究 vol. 27, No. 1, 1973.
6. 井關利明, 發展と社會體系, アジア經濟研究所, 1971.
7. Kwon, C. S., "A study on the Statistical Methodology for Pattern Classification," T. I. T. Journal on Dissertations (Dept. of Social Engineering), D-53, 1978.
8. Scheuch, E. K., Cross-National Comparisons using Aggregate Data - Some Substantive and Methodological problems, Comparing Nations, 1966.
9. Saito T. Ogawa, Sadaaki, "Analysis of Values - A comparative study of Multidimensional Scaling Methods," Behaviormetrika Vol. 2, No. 2, 1975.
10. Yamakage, S., Jo, N., Yoshii, H., "A Measurement Technique of the Intensity and Skewness of Dynamic Interaction," Behavior metrika Vol. 2, No. 1, 1974.
11. 奥野忠一 他, 多變量解析法 (11 刊), 日科技連, 1976.
12. Bruning, J. L. & Kintz, B. L., Computational Handbook of statistics, scott, Foresman and Co., 1968.

#### 主要統計資料

1. UESCO Statistical Yearbook : UNESCO, 1974.
2. U. N. Statistical Yearbook : U. N, 1975.
3. World Guide to Technical Information and Documentation Services : UNESCO, 1973.
4. Internationales Verlags - Adressbuch, Munchen - Pullach, 1970.
5. The World Learning : Europa Press, 1974.
6. World Handbook of Political and Social Indicators : Yale Press, 1972.
7. Statistics of Students Abroad : UNESCO, 1971.
8. 特許廳會報 : 日本 特許廳, 1976.
9. 世界年鑑 : 共同 通信社 (日本), 1976.