

在庫品目の分類에 관한 研究

-A Study on the Classification of Inventory Items-

李 相 道*
李 康 雨**

ABSTRACT

In the past, a fundamental technique in inventory control system was to rank the items of a inventory from a distribution by value to draw an ABC curve. Unfortunately the use of ABC categorization technique has created problems and introduced some gross errors into the inventory control system.

First, the author considers the possible applications of the technique in the real world and then attempts to discuss ABC fallacies through the literatures. Finally, an inventory categorization algorithm by the principal component analysis is derived and a numerical example is also presented to illustrate the algorithm.

I. 序 論

企業이 保有하고 있는 資材를 分類하면 生産의 投入要素인 原資材에서 部分品, 工程品 및 製品에 이르기까지 매우 多様な 형태로 존재하고 있다. 製品在庫는 고객에 대한 서어비스 水準의 向上과 더불어 販賣量을 增大시켜주는 機能을 갖고 있으며, 部分品이나 原資材 및 工程品은 生産活動을 원활하게 해주며 操業水準의 安定을 도모하는 機能을 保有하고 있다.

企業의 在庫資產은 企業의 類型에 따라 差異는 있지만 우리나라의 경우 企業의 전체 資產중에서 在庫資產이 차지하는 비중이 平均적으로 20%정도에 이르는 것으로 알려져 있다.¹⁾ 여기에 新素材의 開發 및 多品種少量生産으로 인한 在庫品目數는 今後 크기 增加되리라 豫想된다. 따라서 이와같은 수많은 在庫品目を 效率적으로 必要한 時期에, 必要한 數量만큼 注文 또는 生産하고, 不確實한 상황에 대처하기 위한 適正在庫水準이나 安全在庫水準을 각 在庫品目別로 決定하는 많은 管理勞力이 必要하게 되어 在庫費用이 크게 增大되리라 期待된다.

이와 같은 問題點을 解決하기 위하여 開發된 方法이 在庫品目を A, B, C의 세 集團으로 分類하여 각 集團의 重要도에 따라 差別的 管理를 함으로써 在庫費用을 절감하고자 하는 技法이 ABC 分析法이다. 특히 ABC 分析法은 그 方法이 매우 간단하여 현재 가장 많이 이용되고 있는 分類方法이며 國內외의 生産管理의 教科書에 紹介되어 있다. 그러나 이 分類方法은 使用의 簡便性(easiness)과 納得性(convincing)의 측면에서는 매우 훌륭한 方法이라고 생각되어지나 正確性(accuracy), 彈力性(bending) 및 持續性(durability)이란 側面에서는 바람직하지 못하다고 할 수 있다.

따라서 本論文에서는 ABC 分析法에 대한 文獻調査를 통하여 利用可能分野와 方法자체가 갖고 있는 限界點을 調査하고 나아가서 이러한 限界點을 극복하기 위하여 主成分分析(principal component analysis)을 이용하여 在庫品目の 分類를 試圖하고자 한다.

II. ABC 分析法에 관한 研究動向과 限界點

ABC 分析法은 企業이 保有하고 있는 多種多様な 在庫品目を 同一한 管理勞力을 投入하여 管理한다는 것이

*東亞大學校 工科大學 産業工學科 教授

**釜山水產大學校 社會科學部 經營學科 副教授

접수 1990년 4월 25일

매우 非經濟的이라는 側面에서 管理對象인 在庫品目的 年間 使用金額의 크기에 따라서 管理勞力을 效率的으로 配分함으로써 經濟的인 管理를 하기 위한 目的으로 開發된 在庫品目的 分類技法이라 할 수 있다. 즉 重要도가 큰 在庫品目에 대해서는 보다 重點的으로 管理하며, 相對的으로 重要도가 낮은 在庫品目에 대해서는 管理勞力을 節減함으로써 在庫管理費用을 줄이자는데 그 目的을 두고 있다. ABC分析法은 ABC曲線을 이용하여 在庫品目을 통상 3段階의 等級로 分類한다.

ABC曲線에 대한 歷史的 由來를 概觀해 보면 이 曲線은 처음 이탈리아의 經濟學者인 파레토(Vilfredo Pareto)가 자기나라의 人口와 富의 集中化傾向을 研究하는데서 비롯되어 이 曲線은 그의 이름을 따라서 파레토 曲線이라고 명명되었다. 그후 美國의 제너럴·일렉트릭社(General Electric Co.)의 디카(H. Ford Dickie)가 資材管理分野에서 3段階의 ABC分析法을 導入하여 이를 GE方式이라 불렀다. 한편 美國의 웨스팅·하우스社(Westing House Co.)는 2段階基準에 의한 在庫品目的 分類法을 제시하고 이를 WH方式이라 명명하였다.²⁾ 오늘날에 와서 이 分析法은 대부분 3段階의 分類方法을 채택하고 있으며, 在庫品目的 分類의외에도 여러가지로 이용되고 있다.

여기서는 문헌을 중심으로 ABC分析法의 研究動向과 應用事例 및 그 限界點에 대해 考察하기로 한다.

1. ABC 分析의 研究動向

ABC分析에 관한 研究나 이의 應用事例에 대한 研究로서 Herron³⁾과 Brown⁴⁾은 ABC 曲線이 많은 경우 로 그-정규도수분포(log-normal frequency distribution)로 近似시킬 수 있다는 사실을 밝히고 로그·정규분포에 관한 여러가지의 특성에 대한 研究를 시도하고 있다. 특히 Herron은 ABC分析의 代表性的 應用事例로서 在庫投資額이나 保·管所要體積을 기준으로 在庫品目을 分類하는 事例를 비롯하여, 年間賣出額에 의한 소매점의 分類, 配送루트(route)의 荷置場의 수를 기준으로한 配送루트의 分類, 注文이나 納品の 대상품 수량에 의한 注文이나 納品の 分類 등을 들고 있다. 또한 그는 在庫品目數가 증가함에 따라 ABC曲線의 作圖에 많은 時間이 所要된다는 사실을 인식하고 ABC曲線作圖의 近似的인 方法을 提示하고 있다. 한편 Gary⁵⁾는 ABC分析法에 대한 문제점을 5가지로 요약하여 설명하고, 應用事例分野로서 生産計劃 및 統制, 追跡指標(tracking signal)를 이용한 예측방법의 검토시기문제, 在庫品目的 回轉率, 複數倉庫內의 제품의 保管位置問題, 品切品目的 관리등에 관해 설명하고 있다. David⁶⁾는 完製品在庫를 중심으로 管理目的을 고객의 서어비스 수준과 在庫回轉率로 두었을 경우에 ABC分析에 있어서의 順位決定은 各品目的 平均販賣單價와 標準原價로 하여 安全在庫와 ロット의 크기(lot size)를 決定해야 한다고 주장하고 있다.

이상에서 3편의 論文의 著者가 모두 產業界에서 종사하고 있는 實務家인 점으로 미루어 보아 ABC分析에 대한 관심은 學界보다는 實務에서 매우 重視되고 있다는 것을 알 수 있다.

ABC曲線에 대한 學問的 研究로는 牧野⁷⁾에 의해 수행되었는데 그는 ABC曲線의 等級區分方法을 數學的으로 解説하고 있으며 ABC分析은 販賣員의 訓練이나 脫稅적발 등 勞力配分을 必要로 하는 社會現象의 全般에 걸쳐서 適用可能한 技法이라고 말하고 있다. 그러나 ABC分析은 在庫管理의 尺度로서 一定期間의 賣出額만을 고려하고 있기 때문에 分析結果에 在庫管理의 諸特性을 加味하여 A, B, C의 分類를 再檢討해야할 必要性이 있다. 즉 ABC分析의 A管理方式, B管理方式, C管理方式은 賣出額, 調達期間, 保管에 관한 特殊性, 品切發生에 관한 特性, 豫測에 관한 正確度(需要量, 調達期間) 등 여러가지 要因을 基準으로 決定해야 하기 때문에 단순히 金額으로 表示된 賣出額만으로 分類하게 되면 現實과는 遊離된 分類가 될 可能性이 크다.

다음에서는 위에서 언급한 ABC分析의 限界點에 대해 구체적으로 檢討하고자 한다.

2. ABC分析의 限界點

在庫管理技法의 利用率 調査結果^{8),9)}에 의하면 ABC分析의 企業에서의 利用率은 매우 높다. 그러나 현재의 在庫管理分野에서 利用되고 있는 ABC分析의 評價尺度를 보면 在庫品目的 平均販賣價格이라든지 標準原價 등의 單一尺度에 의한 分類를 실시하고 있어서 이는 각 在庫品目的 相對的 重要도를 충분히 反映한 分類方法이라고 말할 수 없다. 따라서 單一次元이 아닌 多次元 例를 들면 價值(價格 또는 費用), 數量, 時間 등을 고려하여 重點管理의 相對品目을 分類하여 각 等級別로 管理方式을 決定하여야만 할 것이다. ABC分析의 限界點에 대한 Gary¹⁰⁾ 研究結果를 요약하면 다음과 같다.

첫째, ABC分析은 價値分布만을 유일한 尺度로 삼고 있다는 점이다. 이러한 價値分布는 財務的인 側面에서 보면 現金支出과 投資收益率에 寄與한다는 점에서 매우 효과적이라 할 수 있다. 그러나 在庫管理의 側面에서는 價値基準 이외에 年間使用量, 品目單價, 保管面積, 調達期間등도 管理的 差別化 基準으로 선택되어야 한다.

둘째, ABC分析의 결과에 의해 C級으로 분류된 品目中 年間 使用량이 적은 品目は 使用량이 많은 品目에 비해서 陳腐化되기 쉽게 때문에 이와 같은 品目は 重點管理의 對象이 되는 경우가 있다. 또한 장래에 기본적인 原資材의 供給不足이 예상되는 경우는 ABC分類와는 관계없이 이 原資材로 구성된 品目は 重點管理의 對象이 되어야만 한다. 따라서 일괄적인 통계처리에 의한 分類만으로는 커다란 재난을 초래할 가능성이 있다.

셋째, ABC分析은 一般的으로 3等級으로 在庫品目を 分類하도록 되어 있으나 이는 管理目的上 불충분하다. 在庫品目の 諸特性을 고려하여 필요한 경우에는 等級의 數를 늘려야 할 필요성이 있다.

넷째, ABC分析은 보통 과거의 使用량을 토대로 하고 있어서 미래의 經營計劃을 반영하고 있지 못하다. 특히 需要變化에 따라 在庫品目の 使用實績이 크게 달라지는 受注生産形態의 企業의 在庫品目에는 부적합하다.

다섯째, ABC分析에서는 동일한 等級에 속하는 品目は 동일한 管理方式에 의해 관리되어야 한다. 그런데 企業에서 保有在庫品目에 대해 여러가지 在庫管理方式을 混用할 경우 問題가 발생한다. 예를 들면 MRP方式과 再注文點方式을 混用할 경우에 MRP方式에서는 A級品目이, 再注文點方式에서는 B級이나 C級品目이 될 수 있다는 점이다.

이상에서 살펴본 바와 같이 ABC分析은 여러가지 限界點을 내포하고 있으나 이 이외에도 ABC曲線을 이용하여 A, B, C의 3段階로 等級區分을 할 경우 어떻게 區分해야 할 것인가에 대한 標準的인 方法이 없다. 여러 生産管理分野^{11)~16)}의 저서에 나와있는 각 等級의 品目比率과 總賣上額에 대한 價値比率을 보면 <Table. 1>과 같다.

<Table. 1> The classification rule of ABC curve

authors	class A		class B		class C	
	% of total items(units)	% of total values(\$)	% of total items(units)	% of total values(\$)	% of total items(units)	% of total values(\$)
Kwak, S. I.	10	75	15	15	75	10
Lee, S. Y.	10-20	70-80	20-40	15-20	40-60	5-10
Kim, K. Y.	15-20	60-90	30-40	10-30	40-60	10-20
Kim, H. C.	10	75	35	25	65-70	5
Baek, J. H.	less than 25	60-75	25-50	5-25	50	5
Mathuda	5-10	70-80	10-20	10-20	70-80	5-10

<Table. 1>에서 보는 바와 같이 ABC分類基準이 著者마다 相異하여 實務의 次元에서 ABC 分類基準을 적용할 때에 어떤 基準을 적용해야 할 것인지 명확하지 않다. 물론 이와 같은 分類基準은 會社마다 다른 수 있으며 따라서 一定한 分類基準이 없는 것이 보통이다. 따라서 實務的인 次元에서는 먼저 ABC曲線을 作圖한 후 ABC曲線의 形態와 <표 1>을 참고하여 해당 企業의 在庫管理의 實情에 맞도록 分類해야 할 것이다.

Ⅲ. 主成分分析에 의한 在庫分類

ABC分析에 의한 在庫分類는 企業의 實務의 次元에서의 在庫管理에 광범위하게 이용되고 있으며, 또한 많은 應用事例 및 應用可能性이 있다. 그러나 앞에서 지적한 바와 같이 ABC分析에 의한 在庫分類는 많은 問題點을 내포하고 있으며, 그중에서도 가장 심각한 問題點은 價値基準이라는 單一尺度에 의해 在庫品目の 分類를 한다는 사실이다.

이와 같은 問題點을 補完하기 위해 在庫品目の 調達期間의 緩急程度를 3等級으로 區分하여 즉 調達期間이 없을 경우, 7일이내의 경우, 7일이상인 경우로 나누어 각각 1, 2, 3의 加重值를 부여한 후, ABC分析에 의한 각 在庫品目の 順位와 이 加重值를 곱한 값을 在庫品目の 分類基準으로 提案하고 있다.¹⁷⁾ 그러나 이 方法도 在庫管理의 特性上 필요로 하는 여러 要因을 반영하고 있지 못하기 때문에 在庫品目の 分類를 實施한 후에 主觀的인 판단에 의해 等級을 再調整할 필요성이 있다.

本論文에서는 ABC分析의 여러가지 問題點을 해결하기 위하여 主成分分析(principal component analysis)에 의한 在庫品目的 分類를 試圖하고자 한다. 主成分分析은 서로 相關關係를 가지는 多數의 特性值가 갖고 있는 情報를 서로 無相關인 소수 개의 結合特性值로 要約하는 分析技法이다. 本論文에서는 각 在庫品目이 갖는 特性值를 이용하여 主成分分析을 실시함으로써 情報의 損失을 最小로 한 몇개의 主成分을 導出하여 이를 在庫分類의 評價尺度로서 사용하고자 한다. 따라서 單一尺度에 의존하고 있는 ABC分析에 비해 主成分分析에 의한 在庫分類는 多數의 在庫品目的 資料를 토대로 評價를 한다는 점에서 그 意義가 있다고 하였다.

主成分分析에 의한 分類에 관한 研究로는 成人男子의 17개의 身體計測值의 主成分을 導出하여 成人男子의 體格을 分類한 研究¹⁸⁾와 우리나라의 島嶼에 관한 特性值를 主成分分析하여 島嶼를 分類한 研究¹⁹⁾가 있다.

이하에서는 신발류제조업체의 原資材의 在庫品目的 특성值를 이용하여 구체적으로 主成分分析에 의한 在庫分類의 數值例를 나타내기로 한다.

1. 主成分分析의 概要

서로 相關關係를 갖고 있는 P個의 變量間의 關係를 檢討하기 위해 원래의 變量集合을 相關이 없는 새로운 變量集合 즉 主成分으로 變換하는 것은 有用할 것이다. 이 새로운 主成分은 원래의 變量의 一次結合으로 표시되며 重要度 즉 分散의 크기가 감소하는 順으로 유도된다. 그 결과 제1구성분은 원래의 資料의 變動을 가능한 한 많이 설명하게 된다. 이러한 變換은 기하학적인 측면에서 보면 P次元空間에서의 直交回轉이 된다. 主成分分析은 이와 같은 變換을 하기 위한 技法이라 할 수 있다.

이 分析의 一次의인 目的은 처음 몇개의 소수의 主成分으로 資料가 갖고 있는 대부분의 變動을 설명하기 위한 것이다. 만일 資料에 포함되어 있는 몇몇 變量이 고도의 相關을 갖고 있다면 이들 變量은 거의 같은 性向을 갖는다고 볼 수 있으며, 이들 變量間에는 근사적인 線型關係가 존재할 것이다. 이와 같은 경우 소수의 主成分은 직감적으로 意味가 있다는 것을 알 수 있으며, 次元의 감소로 인하여 資料構造를 보다 잘 理解할 수 있게 해준다. 따라서 이 分析은 次期の 다른 分析을 간단히 하기 위하여 資料의 크기(dimensionality)를 감소시키는데 많이 이용되고 있다. 예를 들면 主成分分析의 결과 資料의 크기를 P次元에서 가능한 한 많은 情報의 損失(information loss)이 없이 2次元으로 감소시킬 수 있다면, 各 個體(individual)의 제1구성분과 제2구성분의 得點(score)을 이용하여 散布圖를 작성함으로써 個體의 群集(cluster)을 찾는 데 有用할 것이다. 本論文에서는 主成分分析의 이러한 용도를 이용하여 在庫品目的 分類를 시도할려고 한다.

主成分分析의 또 하나의 장점은 다른 多變量分析技法과는 달리 誤差構造에 대한 統計的 模型의 設定을 필요로 하지 않고, 각 變量에 대해서 確率分布에 대한 假定이 없다는 점에서 이용자가 사용하기에 매우 간편하다. 다음에 主成分의 導出過程을 간단히 요약하기로 한다.²⁰⁾

〈記號定義〉

$X = (X_1, X_2, \dots, X_p)$: 變量數가 p인 資料行列(data matrix)

Σ : 資料行列 X의 分散·共分散行列

Z_1, Z_2, \dots, Z_p : 서로 無相關이고, 分散의 크기가 감소하는 順으로 이루어진 變量 즉 主成分

$\vec{a}_j = (a_{1j}, a_{2j}, \dots, a_{pj})$: j번째 主成分의 固有 벡터(eigen vector)

$\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_p$: 分散·共分散行列 Σ 의 固有值(eigen values)

I: p次元 單位行列

제1主成分 Y_1 은 다음과 같이 유도된다.

최대화: $\text{Var}(Z_1) = \text{Var}(\vec{a}_1^T X) = \vec{a}_1^T \Sigma \vec{a}_1$

제약조건: $\vec{a}_1^T \vec{a}_1 = 1$

위 문제를 라그랑지 승수법(Lagrangian multiplier method)에 의해 풀면 다음과 같다.

$L(\vec{a}_1) = \vec{a}_1^T \Sigma \vec{a}_1 - \lambda (\vec{a}_1^T \vec{a}_1 - 1)$

$\frac{\partial L}{\partial \vec{a}_1} = 2 \Sigma \vec{a}_1 - 2 \lambda \vec{a}_1 = 0$

$$(\Sigma - \lambda I)\vec{a}_1 = \vec{0} \dots\dots\dots (1)$$

(1)식에서 $\vec{a}=\vec{0}$ 는 무의미한 解이므로 $|\Sigma - \lambda I|=0$ 를 만족하는 解를 구하여 이를 크기 順으로 배열하면 $\lambda_1 \geq \lambda_2 > \dots > \lambda_p > 0$ 이 된다. 이때 Σ 가 陽半定置(positive semidefinite)이므로 固有値는 모두 非陰(nonnegative)이 된다. 이 $|\lambda_k|$ ($k=1, 2, \dots, p$)를 行列 Σ 의 固有値라고 한다. 한편

$$\text{Var}(Z_1) = \text{Var}(\vec{a}_1^T X) = \vec{a}_1^T \Sigma \vec{a}_1 = \vec{a}_1^T \lambda I \vec{a}_1 = \lambda$$

가 성립하기 때문에 Z_1 의 分散을 最大로 하기 위해서는 가장 큰 固有値 λ_1 을 선택하여 (1)식의 λ 대신 λ_1 을 代入하여 \vec{a}_1 을 구하면 된다. 이 \vec{a}_1 을 固有vector라 한다. 제2主成分이하의 固有벡터도 같은 方法으로 구해지며 結論적으로 m 個의 主成分을 구하는 係數 $\vec{a}_1, \vec{a}_2, \dots, \vec{a}_m$ 은 원래의 變量 X_1, X_2, \dots, X_p 의 分散·共分散行列 Σ (또는 相關行列)의 固有値가 큰 順으로 m 個의 $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_m$ 을 취하여 對應하는 固有벡터 $\vec{a}_1, \vec{a}_2, \dots, \vec{a}_m$ 을 구하면 된다.

2. 主成分分析에 의한 在庫品目的 分類節次

여기서는 企業이 保有하고 있는 在庫品目的 分類를 主成分得點에 의해 수행하고자 할 경우의 諸注意事項과 節次에 대해 검토하기로 한다.

가. 主成分分析 適用時의 注意事項

(1) 企業이 保有하고 在庫品目이 等質集團인지 異質集團인지에 대한 檢討가 필요하다. 여기서 異質集團이란 주어진 在庫品目的 特性值(자료)가 미리 어떤 基準에 의해서 層別될 수 있는 경우를 말한다. 따라서 一元分類 자료 뿐만이 아니고 몇개의 因子에 의한 多元分類자료 혹은 直交表를 이용하여 계획된 實驗자료등이 異質集團에 속한다고 볼 수 있다. 물론 처음에는 이에 대한 區分이 不明確할 경우도 있을 수 있다. 이와 같은 경우는 먼저 主成分分析을 한 후 각 在庫品目에 대한 제1主成分과 제2主成分의 得點으로 散布圖를 작도하여 이를 판단할 필요성이 있다.

여기서 對象集團을 同質集團과 異質集團으로 區分하는 이유는 集團의 性格에 따라서 主成分을 취하는 基準이 달라지기 때문이다.

(2) 각 在庫品目的 特性值의 選擇은 在庫管理의 特性上 필요로 하는 資料로서 예를 들면 판매량, 판매단가, 조달기간, 陳腐化期間 및 經營者의 重點管理의 장도 등으로 모든 在庫品目에 대해 동일하게 측정가능해야 한다.

(3) 主成分分析의 結果에 대한 再現性은 몇개의 類似한 群(cluster)에서 얻어진 結果가 공통적으로 나타나는 경우에 保證되므로 對象集團을 2개의 群으로 無作爲하게 區分하여 각각에 대해 主成分分析을 실시해 볼 필요가 있다. 물론 이때 전체에 대해서도 主成分分析을 실시하여 이를 상호비교할 필요가 있다.

(4) 主成分分析은 資料行列 X 의 分散·共分散行列 Σ , 相關行列 R 및 偏差平方合·積和行列로 부터 시작할 수 있다. 在庫品目은 그 자체가 갖고 있는 特性상으로 보아 相關行列로 부터 主成分分析을 試圖해야 한다. 왜냐하면 만일 分散·共分散行列이나 偏差平方合·積和行列로 실시하게 되면 特性值가 취하는 單位에 따라서 主成分의 結果가 달라지기 때문이다. 그러나 特性值의 單位가 同一할 경우는 分散·共分散行列이나 偏差平方合·積和行列로부터 主成分分析을 실시해도 된다.

(5) 主成分分析을 실시한 후 結果에 대한 解析方法에 있어서 여러가지 問題點이 생긴다. 그중에서도 특히 資料를 要約하는데 있어서 몇번째 主成分까지를 취할 것인가라는 問題는 現在까지 定說이 없으며 經驗적으로 이루어지고 있는 실정이다. 여기서는 同質集團과 異質集團으로 區分하여 經驗적으로 사용되고 있는 方法에 대해 說明하고자 한다.²¹⁾

(가) 同質集團의 경우

① 同質集團의 경우 취하고자 하는 主成分의 數를 m 이라 하면 m 個까지의 主成分의 累積寄與率이 60~80% 정도가 되어야 한다. 60%로 할 것인가 또는 80%이상으로 할 것인가는 解析의 目的이 따라서 달라질 수 있다. 만일 대강의 情報만을 얻고자 할 경우는 60%전후로 할 수 있으나, 情報의 損失을 적게 하고자 할 경우는 80% 이상으로 하여야만 할 것이다. 그러나 적어도 累積寄與率이 50%이하는 되지 않게 해야한다. 왜냐하면 이는 각 在庫品目的 特性值가 갖고 있는 情報의 損失이 절반이상인 되기 때문이다.

② 제 m 번째의 主成分의 寄與率은 平均이상이어야 한다. 이 基準은 固有值 λ_m 이 다음의 條件을 만족하는 것과 같다.

- i) 相關行列로 부터의 主成分分析의 경우..... $\lambda_m \geq 1.0$
- ii) 分散 · 共分散行列로 부터의 主成分分析의 경우..... $\lambda_m \geq \sum_{i=1}^m V_{ii} \cdot p$

여기서 λ_m 은 제 m 번째 주성분의 고유치이며 V_{ii} 는 i 번째 특성치의 분산을 나타낸다.

원래의 在庫品目이 갖는 特性值 $x_i (i=1, 2, \dots, p)$ 가 갖는 情報量은 각 特性值의 分散(V_{ii})이므로 그 平均은 $\sum_{i=1}^m V_{ii} \cdot p$ 가 된다. 相關行列에 의한 主成分分析의 경우는 각 特性值가 모두 標準化되어 있어서 모든 特性值의 分散이 1.0이다. 主成分 $Z_k (k=1, 2, \dots, m)$ 가 總合特性值라는 性格을 갖기 위해서는 적어도 平均의 情報量이 상을 갖지 않으면 안된다는 것이 이 조건이다.

③ m 개의 主成分 즉 Z_1, Z_2, Z_m 의 원래의 特性值 X_i 에 대한 寄與率 V_i 가 어느 $X_i (i=1, 2, \dots, p)$ 에 대해서도 50% 이상이 되도록 한다. 이 基準은 매우 엄격해서 이를 완전히 만족하도록 하면 취할 수 있는 主成分의 數가 필요이상으로 많게 된다.

따라서 ①과 ②의 基準에 의해 정한 m에 대해, 만일 매우 작은 V_i 를 갖는 特性值 X_i 가 있을 경우 이 特性值를 제거하여 主成分分析을 하는 편이 좋다. 즉 이 特性值 X_i 는 다른 特性值와는 協調성이 적은 特殊한 變數로 생각하여 별도 취급하는 것이다.

(나) 異質集團의 경우

異質集團을 대상으로 할 경우 취해야만 할 主成分의 數 m은 同質集團의 경우와는 다른 基準으로 결정해야 한다. 왜냐하면 集團의 異質性(分類基準에 의한 差異)이 크면 클수록 제1主成分 혹은 최초의 몇개의 主成分의 寄與率이 매우 크게 나타나서 경우에 따라서는 100%에 근접하게 된다. 따라서 等質集團의 경우와 같이 60~80%라고 하는 基準은 이용할 수 없다.

異質集團의 경우에 취하고자 하는 主成分의 數를 m이라 하고, 이때의 경험적 방법을 요약하면 다음과 같다.

① 제 (m-1)主成分까지의 累積寄與率이 80~90%를 초과할 때는 다음의 主成分을 추가하여 제 m主成分까지 취한다.

② 固有值 $\lambda_i (i=1, 2, \dots, p)$ 를 크기 順으로 배열하고, λ_m 과 λ_{m+1} 의 差가 큰 m을 취한다.

예를 들면 제1主成分의 寄與率이 60%, 제2主成分까지의 累積寄與率이 90%라고 할 경우, λ_3 이하는 그 값이 매우 작지만 다음과 같이 主成分의 數를 결정한다.

만일 $\lambda_3 \gg \lambda_4$ 이면 제3主成分까지 선정하고, 만일 $\lambda_3 \approx \lambda_4 \gg \lambda_5$ 이면 제4主成分까지 선정하고, 만일 $\lambda_3 \approx \lambda_4 \approx \lambda_5 \approx \dots$ 이면 제2主成分까지 선정하면 된다.

나. 主成分分析에 의한 分類節次

企業이 保有하고 있는 在庫品目的 主成分分析에 의한 分類節次는 다음과 같다.

(1) 모든 在庫品目的 特性을 나타내는 資料(population)에 대해 일차적인 基本集計를 한다. 여기서 基本集計는 각 特性值의 平均, 標準偏差, 變動係數 및 相關行列을 말한다. 여기서 基本集計의 통계치의 特性을 조사한다. 또한 相關分析을 통하여 두 特性值사이의 一次的인 線型關係의 정도에 대하여 檢討한다.

(2) 앞에서 구한 相關係數行列을 이용하여 主成分分析을 실시하여 固有值, 累積寄與率, 각 主成分의 固有벡터, 因子負荷量(factor loading) 및 寄與率을 구한다. 여기서 因子負荷量이란 主成分 Z_R 와 特性值 X_i 와의 相關係數를 말하며 X_i 는 X_i 를 標準化한 값이다. 한편 寄與率은 각 主成分의 因子負荷量의 自乘積으로 計算되며 이는 선택된 主成分에 의해서 個別特性值가 說明되어지는 정도를 나타낸다. 그러나 累積寄與率은 전체 分散의 크기 P에 대한 각 主成分(Z_k)의 分散(λ_k)의 비율을 $\lambda_k (k=1, 2, \dots, p)$ 가 큰 順으로 合한 값이다.

(3) 異質集團인 경우의 主成分의 數 m의 決定方法에 따라 主成分의 數 m을 결정하고, 主成分의 意味에 대해 考察한다. 또한 寄與率을 이용하여 特性值의 分類로 실시한다.

(4) 각 在庫品目的 總合特性值를 主成分別로 구한다. 總合特性值의 產出式은 다음과 같다.

$$Z_k = a_{1k}X_1 + a_{2k}X_2 + \dots + a_{pk}X_p \quad (k=1, 2, m)$$

단, X_j 는 X_j 를 標準化한 값이다.

(5) 각 在庫品目的 제1主成分 Z_1 과 제2主成分 Z_2 의 總合特性值를 사용하여 散布圖를 작성한다.

(6) 이상의 結果를 토대로 在庫品目的 全體集團의 分類基準을 선정하여 在庫品目的 分類를 실시하여 副次集

團(subpopulation)을 만든다.

(7) 각 副次母集團에 대하여 基本集計를 실시한다.

(8) 각 副次母集團에 대해 主成分分析을 실시하여 각종 통계량을 產出한다.

(9) 同質集團인 경우의 主成分의 數 m의 決定方法에 따라 主成分의 數 m을 결정하고 主成分의 意味를 考察한다. 그리고 寄與率에 의한 特性值의 分類를 試圖하여 特性值 相互間의 關聯性을 조사한다.

(10) 단계 (4)와 (5)를 거쳐서 副次母集團의 在庫品의 分類를 試圖한다. 만일 어떤 特性值에 主觀的으로 加重值를 적용할 필요성이 있을 때는 加重主成分分析(weighted principal component analysis)을 이용하여 分類를 행한다²²⁾

다. 數值例

여기서는 主成分分析에 의한 分類節次에서 설명한 내용을 신발제조업체의 원재료 在庫品目을 토대로 간단한 數值例를 통해서 分類節次를 살펴보고자 한다.

本 數值例에서 사용한 特性值資料는 상반기동안의 각 在庫品目에 대한 購入量(X_1), 購入費用(X_2), 調達期間(X_3) 및 陳腐化程度(X_4)의 4個의 特性值로 구성되어 있으며, 원재료 在庫品目的 性格上 國內調達 가능한 品目(56個 品目)을 群1集團으로 하고, 國外에서만 調達 가능한 品目(24個 品目)을 群2集團으로 하고, 두 集團을 합한 것을 全體集團으로 하여 3集團에 대해서 主成分分析을 實施하였다.

각 集團에 대한 基本體系 結果는 <Table. 2> 및 <Table. 3>과 같다.

<Table. 2> Summary data

variables	mean value			standard deviation			coefficient of variation		
	group 1	group 2	total	group 1	group 2	total	group 1	group 2	total
X_1	6,912.2	242.4	4911.3	27,762.8	528.8	23,370.0	401.6	218.2	475.8
X_2	484.5	158.3	386.6	888.5	365.9	781.8	183.4	231.1	202.2
X_3	15.7	61.3	29.4	6.1	3.4	21.7	38.7	5.5	73.7
X_4	25.4	22.8	24.6	12.8	9.7	11.9	50.4	42.6	48.6

<Table. 3> Correlation matrix

Group 1. (56 domestic items)

variables	X_1	X_2	X_3	X_4
X_1	1.00	0.19	0.03	0.21
X_2	0.19	1.00	0.46	0.30
X_3	0.03	0.46	1.00	0.44
X_4	0.21	0.30	0.44	1.00

Group 2. (24 oversea's items)

variables	X_1	X_2	X_3	X_4
X_1	1.00	0.19	-0.17	-0.16
X_2	0.19	1.00	-0.16	0.00
X_3	-0.17	-0.16	1.00	-0.11
X_4	0.16	0.00	-0.11	1.00

Total (80 items)

variables	X_1	X_2	X_3	X_4
X_1	1.00	0.21	-0.12	0.20
X_2	0.21	1.00	-0.09	0.28
X_3	-0.12	-0.09	1.00	-0.01
X_4	0.20	0.28	-0.01	1.00

〈Table. 2〉에 보면 국외조달품목이 국내조달품목에 비해서 모든 특성치의 변동계수가 낮게 나타난 것으로 보아 보다 안정적이라고 할 수 있다. 특히 調達期間에 있어서 平均值를 보면 국내조달품목은 15.73일, 국외조달품목은 61.25일로 나타나고 있는데 이들의 표준편차는 각각 6.09일과 3.38일로 나타나고 있어서 국외조달품목이 국내조달품목에 비해 조달기간자체는 길지만 안정적으로 공급되고 있다고 할 수 있다.

한편 〈Table. 3〉으로부터 각 群의 相關係數를 보면 국내조달품목의 경우는 조달기간과 진부화정도의 상관계수가 각각 0.46과 0.44로서 약간의 상관관계가 있을 뿐 기타 특성치간에는 거의 상관관계가 없다.

국외조달품목인 群2에서는 구매량과 구입비용간에는 0.91이라는 매우 높은 상관관계가 있으며, 전체집단의 경우는 특성치간의 상관관계를 거의 찾아 볼 수가 없다. 이와 같은 사실로 보아 전체집단이 어떤 분류기준에 의해 명확히 분류가능한 경우는 처음부터 전체집단을 副次集團으로 나누어 분석하는 것이 바람직하다고 할 수 있다. 그러나 本 數值例의 目的은 알고리즘의 節次를 이해하기 위한 것이므로 이후의 分析에서도 전체집단을 포함하여 분석하기로 한다.

다음에 각 群 및 전체集團에 대해 主成分分析을 실시하여 〈Table. 4〉에 固有値와 累積寄與率, 〈Table. 5〉에 제3主成分까지의 固有벡터 및 〈Table. 6〉에는 제1주성분 및 제2주성분과 특성치간의 相關係數인 因子負荷量과 第2主成分까지 취했을 때의 각 特性値의 설명정도를 나타내는 寄與率이 표시되어 있다

〈Table. 4〉 Eigen values and cumulative contribution rates

Principal component No.	group 1		group 2		total	
	eigen values	c.c.r. (%)	eigen values	c.c.r. (%)	eigen values	c.c.r. (%)
1	1.8725	46.81	1.9884	49.71	1.4858	37.15
2	0.9782	71.27	1.0524	76.02	1.0024	62.21
3	0.6972	88.70	0.8851	98.15	0.7989	82.18
4	0.4522	100.00	0.0741	100.00	0.7130	100.00

Note : c.c.r. denotes cumulative contribution rate.

〈Table. 5〉 Eigen vectors

variables	group 1			group 2			total		
	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₁	Z ₂	Z ₃	Z ₁	Z ₂	Z ₃
x ₁ '	0.27	0.92	0.06	0.69	0.11	0.14	0.54	0.15	0.83
x ₂ '	0.55	-0.06	0.69	0.67	0.25	0.03	0.59	-0.14	-0.42
x ₃ '	0.57	-0.39	-0.00	-0.24	0.54	0.80	-0.25	-0.89	0.30
x ₄ '	0.54	0.02	-0.72	0.14	-0.79	0.58	0.55	-0.40	-0.22

〈Table. 6〉 Factor loadings

variables	group 1			group 2			total		
	Z ₁	Z ₂	c.r.	Z ₁	Z ₂	c.r.	Z ₁	Z ₂	c.r.
x ₁ '	0.37	0.91	0.96	0.97	0.11	0.95	0.65	0.15	0.45
x ₂ '	0.75	-0.06	0.57	0.95	0.25	0.96	0.72	-0.14	0.53
x ₃ '	0.79	-0.38	0.77	-0.34	0.56	0.43	-0.30	-0.89	0.89
x ₄ '	0.74	0.02	0.55	0.19	-0.81	0.70	0.68	-0.40	0.61

Note : c.c. denotes contribution rates.

〈Table. 4〉에서 群1, 群2, 및 전체의 제2主成分까지의 累積寄與率을 보면 각각 71.27%, 76.02%, 62.21%로 나타나 있다. 여기서 알 수 있는 것은 전체를 群1과 群2로 分割함으로써 제2主成分까지의 資料構造에 대한 설명력이 증대된다는 것을 말해 주고 있다.

〈Table. 5〉는 각 群의 主成分의 意味를 해석할 경우에 필요한 主成分별 固有벡터이다. 전체집단의 경우, 제1주성분의 고유벡터와 제2주성분의 고유벡터에 의해 각 在庫品目的 綜合特性値는 다음의 算式에 의해 구할 수 있다.

$$Z_1 = 0.54X_1' + 0.59X_2' - 0.25X_3' + 0.55X_4' \dots\dots\dots (2)$$

$$Z_2 = 0.15X_1' - 0.14X_2' - 0.89X_3' - 0.40X_4' \dots\dots\dots (3)$$

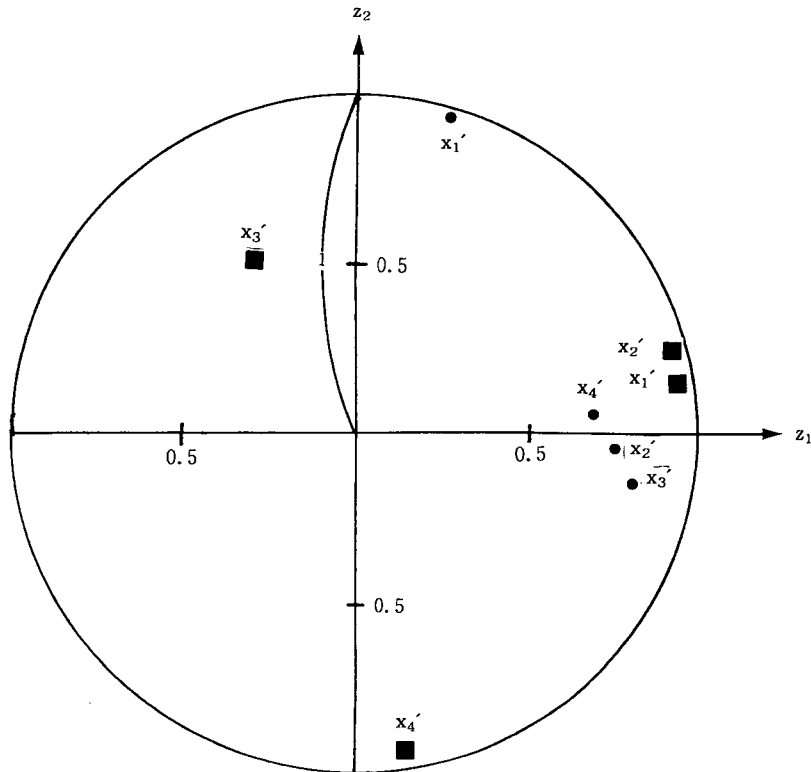
여기서 X_j' 는 X_j 를 標準化한 값이다.

먼저 (2)식을 토대로 제1主成分의 意味를 고찰해 보면, X_3 의 계수는 음수이며 다른 特性值의 계수에 비해 매우 작다. 한편 X_3 를 제외한 모든 특성치의 부호는 양수이며 동일한 정도의 크기의 계수를 갖고 있다. 따라서 제1主成分은 구매량(X_1'), 구입비용(X_2') 및 진부화정도(X_4')와 관련성을 갖고 있는 것으로 생각된다.

다음에 (3)식을 토대로 제2主成分의 意味를 생각해 보면 다른 계수에 비해 X_3' (조달기간)의 계수가 압도적으로 크기 때문에 이는 調達期間의 크기를 나타낸다고 할 수 있다.

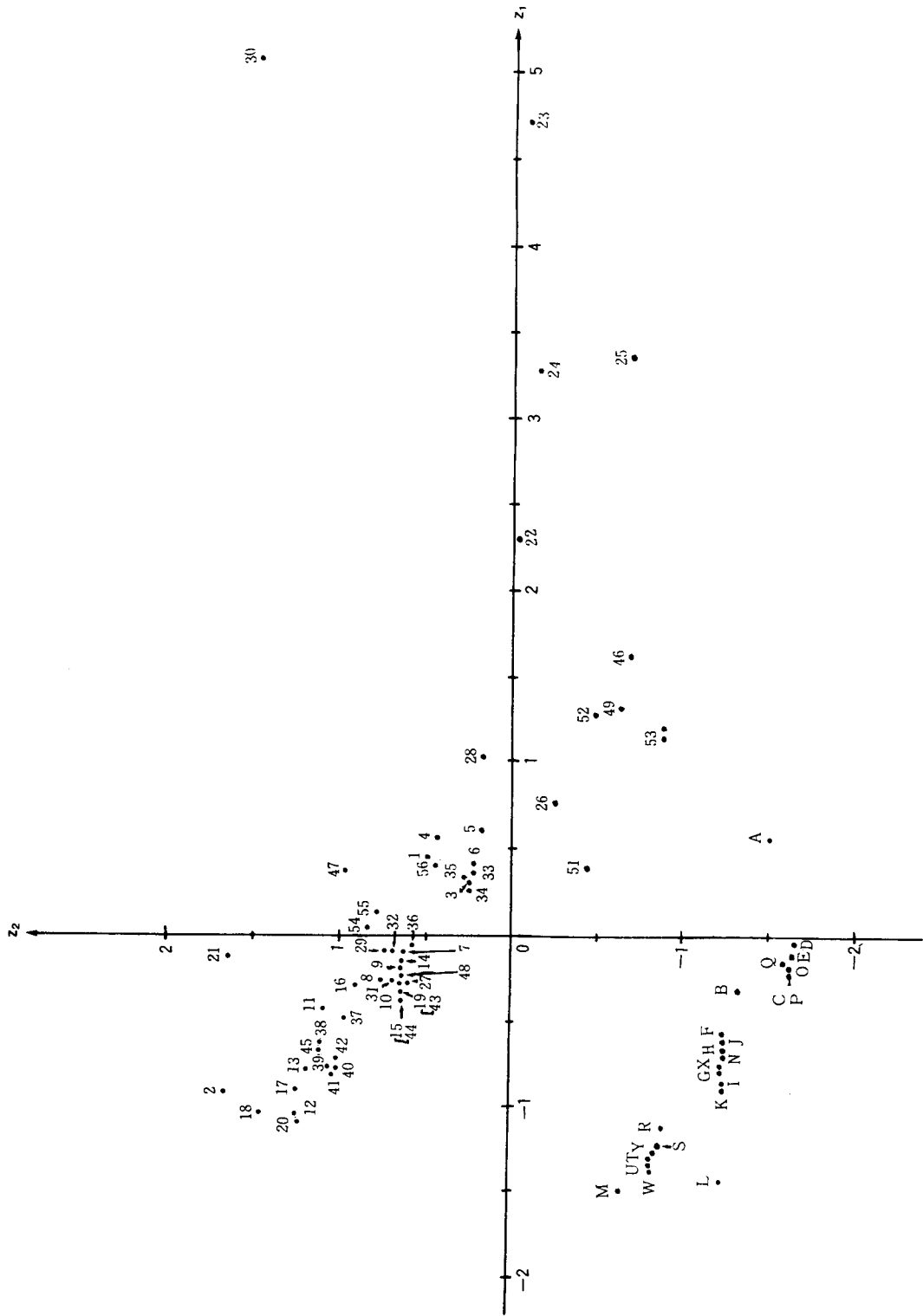
<Table. 6>에서 보면 X_1' (구매량)은 群1과 群2에서는 95%이상으로 높게 설명되어 있으나 전체 집단에서는 45%정도 밖에 설명되어 있지 않다. 그리고 X_2' (구입비용)은 群2에서, X_3' (조달기간)는 群1과 全體에서, X_4' 는 群2에서 가장 높게 설명이 되고 있다. 이와 같은 관계를 群1과 群2의 경우에 한하여 圖示하면 <Fig. 1>과 같다. <Fig. 1>에서 보면 群1의 경우는 X_2' , X_3' 및 X_4' 가 매우 유사하게 두 主成分에 의해 설명되는데 반하여 群2에서는 X_1' 과 X_2' 가 유사하게 설명되고 있음을 알 수 있다.

마지막 단계로서 (2)식과 (3)식을 이용하여 각 재고품목별로 제1主成分 Z_1 및 제2主成分 Z_2 의 得點을 구하여 <Fig. 2>와 같은 散布圖를 作成한다.



<Fig. 1> The classification of the variables

Note : ● denotes the variables of group 1
 ■ denotes the variables of group 2



(Fig. 2) The coatter diagram of total items

〈Fig. 2〉의 散布圖에서 숫자로 표시한 것은 국내조달품목이고 英字로 표기한 것은 국외조달품목이다. 이 散布圖에서 명확히 알 수 있는 바와 같이 국내조달품목과 국외조달품목은 그 性向이 크게 다르기 때문에 이 전체 집단은 두개의 副次集團으로 層別되어야 한다.

따라서 이 두 副次集團을 대상으로 다시 主成分分析을 실시하여 在庫品의 分類를 시도하여야 할 것이다.

本論文에서 이용한 主成分分析用 프로그램은 淺野²³⁾가 作成한 프로그램을 本論文의 目的에 맞도록 修正하였다.

IV. 結 論

本 研究에서 개발된 主成分分析에 의한 在庫分類는 종래의 ABC分析의 單一尺度에 의한 在庫分類方法을 改善하였다는 점에서 큰 意義가 있다고 할 수 있다. 그러나 多變量解析技法의 하나인 主成分分析技法자체가 난해한 점이 하나의 문제점으로 지적될 수 있으며, 특히 主成分의 意味를 어떻게 해석해야만 할는지 판단하기가 어려운 경우가 많다. 일반적으로 主成分의 意味가 명확하지 않는 이유는 상식적으로나 고유기술에 의한 知識이나 과거의 경험이 적절하지 못하여 이를 바르게 評價할 수 없기 때문이다. 또다른 이유로는 主成分은 원래 特性值(변수)의 1次式으로 나타나는데 이와 같은 1차관계가 성립하지 않는 模型에 적용하는 경우이다.

主成分의 意味를 용이하게 해석하기 위해서는 어느 특성치나 바람직한 방향으로 큰 값을 취하도록 하면 주성분의 해석이 용이하게 되는 경우가 많다.

특히 主成分分析에 의한 在庫分類의 장점은 計量化할 수 없는 각 품목의 특성을 주관적인 관점에서 加重値를 부여하여 分類를 할 수 있다는 점이다. 물론 이때는 이 加重値를 對角要素로 하는 行列을 이용하여 加重主成分分析을 실시하여야 한다.

앞으로는 이와같은 主成分分析을 이용한 在庫分類의 소프트웨어가 개발되어 일반기업에서 널리 활용될 수 있는 것이다. 이에 本論文은 소프트웨어 개발의 기초가 되는 알고리즘을 제시함으로써 이에 대한 연구가 활발해질 것으로 사료된다.

參考文獻

1. 李康雨, “在庫理論에 관한 一考察”, 釜山水產大學 論文集(人文·社會科學篇) 37, 1986, pp. 49-61.
2. 松田武彦·春日井博, “生産·在庫管理とその實際”, 培風館, 東京, 1973, pp. 131-132.
3. David Herron, “Industrial Engineering Applications of ABC Curves.” AIIE Transactions, Vol. 8, No. 2, pp. 210-218, 1976.
4. Brown, R. G., “Decision Rules for Inventory Management,” Holt, Rinehart and Winston, Inc., New York, 1976, pp. 23-26.
5. Gary W. Zimmerman, “The ABC's of Vifredo Pareto.” Production and Inventory Management, 3rd Qtr., pp. 1-9, 1975.
6. David L. Rivers, CPIM, “ABC and Finished Goods,” Production and Inventory Management, second, 2nd Qtr., pp. 5-11, 1982.
7. 牧野道治, “格差·パレト圖·ABC分析”, 日本評論社, 東京, 1984, pp. 101-116.
8. 李康雨, “生産·在庫技法의 利用實驗에 관한 調査研究”, 釜山水產大學 論文集, 40, pp. 1-24, 1988.
9. Edward W. Davis, “A Look at the Use of Production-inventory Techniques : Past and Present.” Production and Inventory Management, Fourth Quarter, pp. 1-19, 1975.
10. Gary W. Zimmerman, *ibid.*, 3rd Quarter, pp. 1-9, 1975.
11. 郭秀一, “現代生産管理”, 博英社, 서울, 1984, pp. 345-346.
12. 李順龍, “生産管理論”, 法文社, 서울, 1985, p. 594.
13. 金基永, “生産管理”, 法文社, 서울, 1985, pp. 700-701.
14. 金海天, “現代生産管理論”, 博英社, 서울, 1980, pp. 486-487.
15. 白淙鉉, 生産시스템管理論, 經文社, 서울, 1981, pp. 263-264.
16. 松田武彦·春日井博, *Ibid.*, p. 131.

17. Edward W. Smykay, "Physical Distribution Management. Third Edition." Macmillan Publishing Co., Inc., New York, 1973, pp. 208-210.
18. 奥野忠一·久米均·芳賀敏郎·吉澤正, "多變量解析法<改訂版>", 日科技連, 東京, 1985, pp. 195-208.
19. 李康雨, "PCA에 의한 島嶼分類에 관한 研究", 한국수산경영론집, 14, pp. 1-14, 1983.
20. C. Chaterfield, A. J. Collins, "Introduction to Multivariate Analysis." Chapman and Hall, London, 1980, pp. 57-79.
21. 奥野忠一·久米均·芳賀敏郎·吉澤正, Ibid, 1985, pp. 192-194, pp. 227-228.
22. 奥野忠一·久米均·芳賀敏郎·吉澤正, Ibid, 1985, pp. 384-387.
23. 淺野長一郎, "因子分析通論", 共立出版株式會社, 東京, 1972, pp. 36-38.