

成長曲線을 이용한 橫斷面 分析에 의한 耐久材의 長期需要豫測 模型

Long Term Forecasting for Durable Goods by Cross Country Analysis Using Growth Curve

鄭 圭 錫*

Abstract

In this paper, the approach getting a total demand by forecasting the new demand and the replacement demand separately and adding them is used for long term forecasting of durable goods. Cross country analysis using the income as an independent variable and S-shaped growth curve as a fitting model is developed as a method of forecasting new demand. To get the replacement demand the methods using the number of ownership and the replacement rate and the methods using the past demand and the distribution of the product life are proposed. And the theoretical explanation for product life cycle's diversity, which is the one of the major considerations in the long term forecasting, is attempted by the combination of the new demand and the replacement demand patterns. This is applied to the long term forecasting of Korean passenger cars.

1. 序 論

耐久材 長期需要의 類型인 製品壽命週期(Product Life Cycle)曲線의 형태는 새로운 구매자의 증가인 新規需要와 기존의 구매자가 製品을 交替할 目的으로 再購買를 함으로써 발생하는 交替需要의 상대적 크기와 형태에 따라서 다양하게 변한다. 또, 新規需要와 交替需要는 購買動氣에 있어서도 큰 차이가 있다. 따라서 耐久材의 長期需要를 豫測할 때는 全體需要를 직접 예측하는 것보다 新規需要와 交替需要를 각각 예측하고 이들을 합하여 全體需要를 구하는 것이 바람직하다.

新規需要를 구하는 一般의 方法인 時間에 따른 成長曲線模型은 豫測이 不安定하기 쉽고 主要變數인 所得을 고려하기 어려우므로 여기서는 特定時點에서 所得을 독립변수로 한 國家間 橫斷面 分析模型을 제시하고 韓國의 승용차 수요예측에 적용해가면서 구체적으로

설명해 나간다. 交替需要를 구하는 方法으로서서는 全體需要 또는 保有量을 이용하는 몇가지 方案을 제시한다. 또 이것을 이용하여 製品壽命週期曲線의 類形에 대한 理論的 뒷받침을 한다.

2. 耐久材 需要의 豫測과 成長曲線

2-1 耐久材 長期需要豫測의 特性

長期需要豫測을 할 때 고려해야 할 중요한 사항의 하나는 그 製品壽命週期(PLC:Product Life Cycle)의 형태와 現在 製品이 壽命週期の 어느 段階에 놓여있는가에 관한 정보이다[11]. 특히 수요의 不安定 정도가 큰 段階인 導入期 나 成長期에 있을 때는 需要類型의 변화폭이 크므로 수요예측이 더욱 어렵다. 이러한 경우에는 단순히 과거 자료에 의존하여 미래를 예측하는 豫測技法 보다는 PLC의 개념을 포함하는 豫測技法이 보다 효과적일 수 있다.

제품의 全體需要는 新規需要(First-purchase de-

* 강원대학교 경영학과

man 또는 new demand)와 交替需要(Repeat-purchase 또는 Replacement demand)로 구분할 수 있는데 신규수요란 제품을 처음으로 구매하는 사람의 증가에 의한 수요이고 교체수요란 이미 구매해서 사용중인 사람이 교체의 목적으로 再購買함으로써 발생하는 수요이다. 신규수요와 교체수요는 購買動機와 購買過程에 명확한 차이가 존재한다[25]. 신규수요는 아직 제품을 구매하지 않은 잠재적 고객 사이에 제품에 대한 情報나 認知의 증가, 구매욕구의 증가, 구매력의 증가 등의 요인변화에 의하여 발생하는데 비하여 교체수요는 주로 제품의 평균 수명에 의하여 결정된다.

耐久材가 아닌 제품의 경우에는 全體需要에서 신규수요가 차지하는 비중이 그리 크지 않으므로 신규수요와 교체수요를 구분하여 수요예측을 하는 것이 큰 의미가 없을 수 있으나 耐久材의 경우는 신규수요의 성장률과 교체수요를 발생시키는 평균 교체기간의 조합에 의해 전체수요의 크기와 형태가 크게 달라진다. 전체수요를 製品導入時點부터 제품이 사망하기까지의 期間동안 時間에 따라 표시하면 PLC가 된다. 전체수요를 직접 종속변수로 하여 예측을 할 때는 PLC의 형태에 대한 이해나 예측이 곤란하다. 따라서 耐久材의 수요를 예측할 경우는 신규수요와 교체수요를 두개의 구분된 시장으로 細分化하고 각각의 수요에 대하여 예측을 한 후 들을 합하여 전체수요를 구하는 방법이 바람직 하다[17, 25].

이 관계를 式으로 표시하면 다음과 같다.

$$TD_t = ND_t + RD_t \quad t=1, 2, \dots \dots \dots (1)$$

TD_t : 시점 t 에서의 전체수요

ND_t : 시점 t 에서의 신규수요

RD_t : 시점 t 에서의 교체수요

제품을 구매하여 사용하고 있는 전체 구매자의 수 또는 전체 제품 保有量은 제품이 도입된 후부터의 신

규수요를 전부 합하면 구해지고 역으로 시점 t 에서의 신규수요는 시점 t 의 保有量에서 시점 $t-1$ 의 保有량을 빼면 구해진다. 이 관계는 다음 式과 같다.

$$S_t = \sum_{i=1}^t ND_i \quad t=1, 2, \dots \dots \dots (2)$$

$$ND_t = S_t - S_{t-1} \quad t=1, 2, \dots \dots \dots (3)$$

S_t : 시점 t 에서 제품을 사용중인 전체 구매자 수 또는 保有量

시점별 신규수요는 시점별 保有量 S_t 를 먼저 구한 후 式(3)과 같은 차분 또는 미분을 하여 유도한다 시간에 따른 保有量 S_t 를 나타낸 것을 보통 新製品의 成長曲線(Growth curve)이라 부르는데 이 曲線의 모양은 주로 S字를 옆으로 약간 기울인 형태를 가지므로 S-curve라 하기도 한다[24].¹⁾ 신제품이 시장에 導入되어 잠재적 고객에게 수용되어 나가는 형태를 말하는 성장곡선에 관해서 다루는 模型들은 一般的으로 新製品受容의 一回購買 擴散模型(First-purchase diffusion model of new product adoption) 또는 간단히 擴散模型이라 불린다.

成長曲線이 S字 形態를 갖는 이유를 살펴본다. 신제품이 도입된 후 이를 구매하는 사람들의 집단을 시간의 순서에 따라 分類하면 革新受容層(Innovator, 25%), 早期受容層(Early adopter, 13.5%), 早期多數受容層(Early majority, 34%), 後期多數受容層(Late majority, 34%), 後發受容層(Laggards, 16%)로 구분되고 이들의 分布는 一般的으로 正規分布를 갖는다고 한다[30]. 따라서 이들을 누적한 一回購買의 누적 숫자는 累積正規分布를 가지며 그 모양은 S字가 된다. 이 累積分布는 時間에 따른 제품의 保有量을 의미하며 이것의 미분형태인 원래의 正規分布는 바로 新規需要 또는 一回購買의 分布가 된다. 신규수요의 분포에 다시 교체수요의 분포를 더하면 PLC가 얻어진다. 이러한 과정은 <그림 1>과 같다.

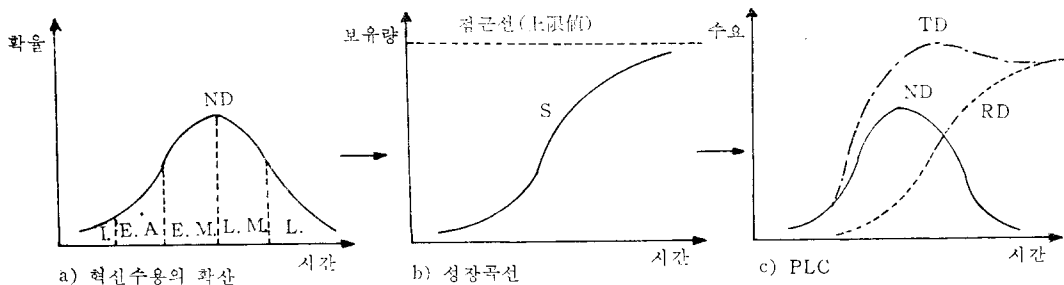


그림 1. PLC의 유도과정

1) 一般的으로는 S字 모양을 갖지만 指數的(exponential) 모양을 갖기도 함.

3-1 成長曲線 模型의 種類

新製品의 擴散過程을 다루는 模型들은 S字 形態의 成長曲線에 대해서 다루는 것이 一般의이다. 물론 S字 이외의 형태를 갖는 模型들도 있으나[6,16] 여기서는 S字 形態의 成長曲線에 대해서 설명하기로 한다.

一般의으로 잘 알려진 模型들로서는 Mansfield 模型[23], Blackman 模型[8], Fisher-Pry 模型[14]등과 같이 Pearl 曲線[26] 또는 Logistic 曲線의 形態를 갖는 것들, Logistic 曲線과 유사한 形態의 累積正規分布(Cumulative normal distribution) 曲線[36], Gompertz 曲線[19], Floyd 模型[15], Sharif-Kabir 模型[34] 등이 있다. 이외에도 特殊한 模型들로서는 時間과 空間을 동시에 고려하는 模型[22], 多數의 製品을 동시에 고려하는 模型[27], 上限值가 時間에 따라 변하는 模型[20] 등이 있고 보다 一般化시킨 模型들로서는 Generalized Logistic 模型[31], Weibull 分布 模型[33], NSRL 模型[13] 등이 있다.

一般의 模型들 사이의 차이는 주로 未購買者가 기존의 購買者를 模倣하는 率인 模倣係數가 時間에 따라서 一定한가, 增加하는가, 減少하는가에 의해서 결정되며[13] 결과적으로 나타나는 曲線의 모양은 가장 擴散이 빠른 時點인 變曲點의 位置, 기울기의 時間에 따른 가파른 정도에서 차이가 생긴다. 이러한 차이를 그림으로 나타내면 아래 <그림 2>와 같다.

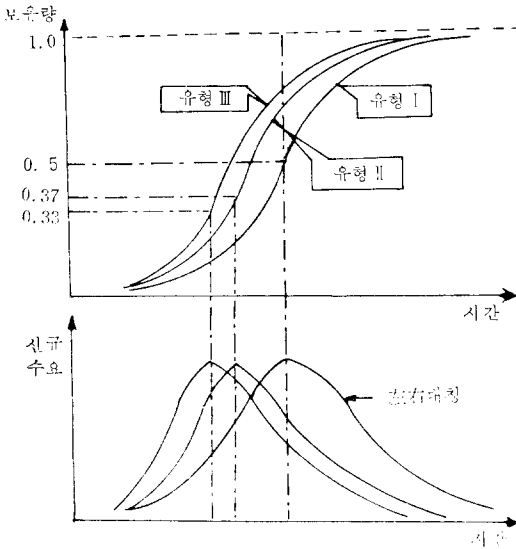


그림 2. 성장곡선의 유형

유형 I. Logistic 曲線 (Mansfield 모형, Blackman

模型, Fisher-Pry 모형)

· Cumulative Normal Distribution 曲線

유형 II: Gompertz 曲線

유형 III: Floyd 모형

유형 IV: Sharif-Kabir 모형; 유형 I과 III 사이에서 변화

3. 成長曲線을 이용한 橫斷面 分析 模型

2-1 橫斷面 分析의 필요성과 절차

앞에서 설명한 橫散模型들은 대부분 시간의 흐름에 따라 제품사용이 증가되나가는 과정을 나타내고 있다. 그러나 이러한 擴散模型은 다음과 같은 短點들을 갖게 된다.

첫째, 模型의 母數를 推定하기 위하여 사용되는 資料의 數가 적을 때[18] 또는 수명주기의 初期段階에 있을 때는 推定된 母數값이 安定的이지 못하여 <그림 3>과 같이 豫測의 正確度가 떨어진다. 또 여러 相關變數들이 신중히 선택되지 못했을 때도 豫測力이 좋지 않다[7]. 한편 이러한 擴散模型은 技術的으로 앞서있는 지역에서의 신제품이거나 또는 이미 도입되어있는 선진시장으로부터 분리되어 있는 지역에서의 신제품에는 적합하지만 위와같은 조건이 충족안될 때는 부적합한 것으로 나타난다[18].

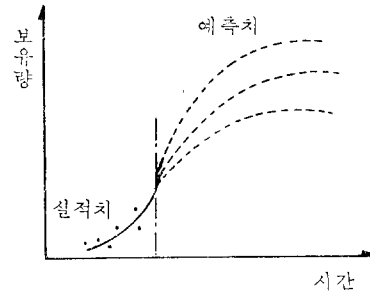


그림 3. 예측치의 변동

다른 나라를 뒤쫓아 가는 國家의 경우 앞서가는 國家의 資料를 이용하여 橫斷面 分析(Cross country analysis)를 한다면 예측치가 使用된 資料의 범위안에 놓이므로 위와 같은 문제를 줄일 수 있을 것이다.

둘째, 신제품 확산모형은 未購買者의 購買確率은 기존에 구매한 사람 數에 영향을 받는다는 模倣過程이란 行動理論을 가정으로 한 模型이다[13,21]. 대부분의 模型들은 新製品 購買는 時間의 흐름에 따라 自然的으로 확산되어 가는 것으로 보고 時間이외의 變數는 充分히 고려하지 못하고 있다[13] 그러나 제품에 따라서

는 시간에 따라 製品情報가 증가하고 기존 구매자를 模倣하는 式의 확산보다는 다른 要因들 特히 所得의 증가같은 것이 제품의 확산을 유도하는 것들도 있으며 [9] 이러한 제품의 경우는 독립변수를 시간보다는 所得으로 잡는 것이 합리적이다.

위에서 언급한 두 가지 측면에서 本論文에서는 확산 모형의 式을 차용하여 所得을 독립변수로 한 國家間 橫斷面 分析을 하고자 하며 이 개념은 <그림 4>와 같다.

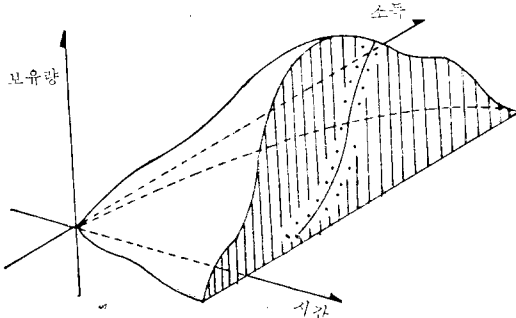


그림 4. 횡단면 분석의 개념

橫斷面 分析을 이용하여 需要豫測을 하는 過程을 살펴보면 다음과 같다.

첫째, 各 國家別로 所得과 製品 保有量 資料를 구한 다음 여러 모형중 資料에 가장 적합한 모형을 선택한다. 둘째, 橫斷面 分析은 特定 時點에서 所得을 독립변수로 하여 행해진 것이나 미래의 豫測對象이 되는 時點에서는 所得뿐만 아니라 時間도 변한다. 따라서 特定 時點에서 구해진 式이 여러 時點에 對해서도 적

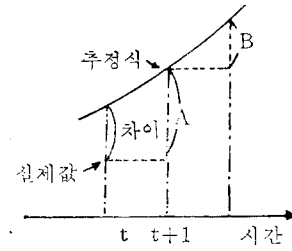


그림 5. 추정식과 실제값의 차이

합한지 그 타당성을 검토한다. 셋째, 式의 豫測値는 여러 國家의 평균적인 값이므로 特定 國家의 資料와는 差異가 존재한다. 현재와 같이 종속변수가 保有量인 경우는 이 差異가 큰 영향을 미친다. 다음 <그림 5>에서와 같이 예측된 값을 그대로 이용하면 t期, t+1期の 신규수요는 A, B 값을 갖게되고 t期の 수요 A 값은 과대평가되게 된다. 따라서 이러한 保有量의 접근 방법을 이용할 때는 차이의 보정이 필요하다. 넷째 보정된 式에 의하여 時點別 豫測을 한다. 다섯째, 시점별 保有량을 시간에 따라 미분 또는 차분하여 時期別로 신규수요를 구한다. 여섯째, 保有量, 과거의 全體需要, 製品의 耐久性등을 고려하여 交替需要를 구한다. 일곱째, 新規需要와 交替需要를 합하여 全體需要를 구한다. 이 過程은 아래 <그림 6>과 같다.

이 과정에서 交替需要를 구하는 方法에 대해서 언급하고 新規需要와 交替需要의 조합에 의하여 全體需要의 形態인 PLC는 여러가지 모양을 지닐 수 있음을 보여준 다음 나머지 절차는 實際問題인 韓國의 승용차 需要에 대한 豫測을 해나가면서 설명하기로 한다.

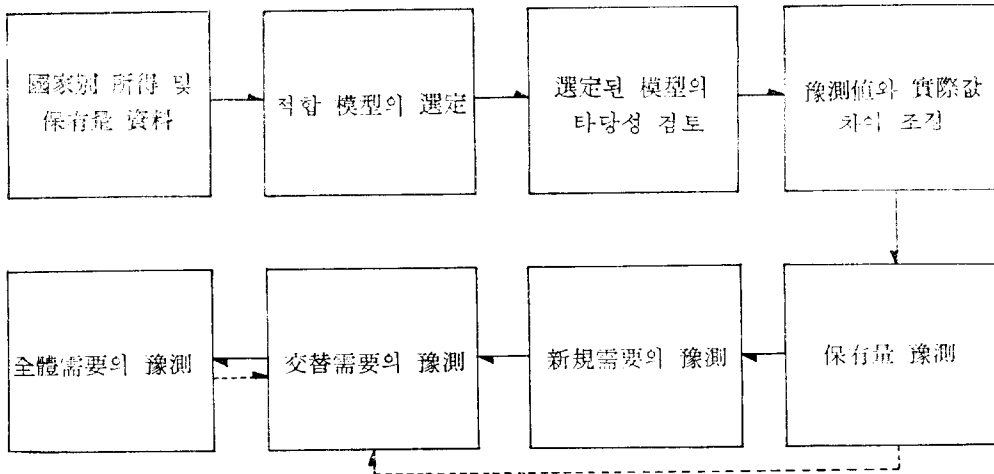


그림 6. 횡단면 분석을 이용한 예측의 과정

3-2 交替需要의 豫測

교체란 지금까지 사용중이던 제품을 폐기하고 새로운 제품을 구매하는 것을 의미한다. 교체수요에 영향을 미치는 요인으로서의 제품의 物理的 壽命, 經濟的 壽命, 保有水準, 再購買를 원하는 사람의 比率등을 들 수 있다. 교체수요를 구하는 방법은 다음과 같은 것들이 있다.

3-2-1 交替率에 의한 방법

t 期の 교체수요는 $t-1$ 期까지의 保有量중 一定한 率이 폐기됨으로써 발생한다고 가정하고 交替率 또는 폐기율을 推定하여 구하는 방법이며 이를 式으로 표시하면 아래와 같다.

$$RD_t = S_{t-1} \cdot R_t \cdot K \quad (4)$$

R_t : 시점 t 에서의 교체율 또는 폐기율

K : 사용중인 제품을 폐기한 후에 재구매를 원하는 고객 비율($k \leq 1$)

製品の 耐久性이 製造時點에 따라 커다란 차이가 나지 않으며 수요가 安定狀態에 있다면 폐기율 R_t 는 평균수명의 역수가 되며 시간에 따라 一定하므로 다음과 같다.

$$R_t = R = 1/A \quad t=1, 2 \quad (5)$$

A : 제품의 평균수명

따라서 위의 두 가지 조건이 만족되는 상황에서는 제품의 평균수명을 이용하여 교체율을 구할 수 있다. 제품의 수요가 시간에 따라 증가하고 있는 경우에는 현재의 保有量중 새것의 비중이 상대적으로 높으므로 교체율 R 의 값은 $1/A$ 보다 작은 값이 될 것이다. 이러한 경우에는 과거의 자료로부터 R 값을 구하여 이용할 수 있다.

3-2-2 제품의 壽命分布에 의한 방법

제품이 판매된 후에 시간에 따라 폐기되어가는 확률인 제품 壽命分布를 알 수 있는 경우에는 이것에 의하여 교체수요를 구할 수 있으며 그 式은 다음과 같다.

$$RD_t = \sum_{i=1}^{t-1} TD_{t-i} \cdot f_i \cdot K \quad (6)$$

$$S_t = \sum_{i=1}^{t-1} \left(1 - \sum_{j=1}^i f_j\right) \cdot TD_{t-i} \quad (7)$$

f_i : 제품이 판매된 후 i 번째 期에 폐기될 확률

$$\sum_{i=1}^{\infty} f_i = 1$$

$$A = \sum_{i=1}^{\infty} i \cdot f_i$$

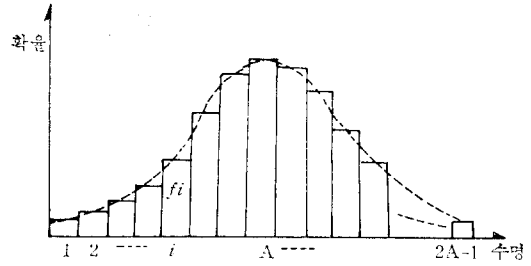


그림 7. 수명분포

여기서 전체수요 TD_t 가 시간에 관계없이 一定하고 수명 i 의 分布가 <그림 7>과 같이 평균 A 에 대해서 左右對稱이라면

$$\begin{aligned} f_i > 0 & \text{ for } i=1, \dots, 2A-1 \\ f_i & = 0 \text{ for } i \geq 2A \end{aligned} \quad \text{이면}$$

式 (4)에서

$$\begin{aligned} RD_t & = \sum_{i=1}^{2A-1} \left(1 - \sum_{j=1}^i f_j\right) \cdot TD \cdot R \quad (\text{단 } t \geq 2A, K=1) \\ & = A \cdot TD \cdot 1/A = TD \end{aligned} \quad (8)$$

式 (6)에서

$$RD_t = TD \sum_{i=1}^{2A-1} f_i = TD \quad (9)$$

따라서 式 (4)와 式 (6)은 같아지며 이때의 신규수요 ND 는 0이 되므로 이는 安定적 狀態 또는 포화상태를 말한다.

3-2-3 단순화된 壽命分布에 의한 방법

제품에 대한 수명분포가 알려져 있지 않거나 정보가 부족한 경우는 전문가의 판단에 의하여 평균수명을 추정하여 이용하거나 평균 주위의 밀도가 높은 一定 區間내의 uniform 分布를 가정한 移動平均法(Moving average) 또는 加重移動平均法(Weighted moving average)을 이용할 수도 있으며 그 式들은 다음과 같다.

$$RD_t = TD_{t-A} \quad (10)$$

$$RD_t = \sum_{i=-n}^n TD_{t-A+i} / (2n+1) \quad (11)$$

$$RD_t = \sum_{i=-n}^n W_i \cdot TD_{t-A+i} / (2n+1) \quad (12)$$

또 이러한 방법들은 수명분포에 대해서 알고 있더라도 계산의 편의성을 위하여 이용될 수도 있는데 예측의 정확성이란 면에 비추어 볼 때 정확한 分布를 이용할 때에 비하여 그다지 큰 오차가 발생하지 않는다. 예를 들어서 TD_i 가 시간 i 에 따른 線型함수라면

$$TD_{t-2A+i} = TD_{t-2A} + b \cdot i \quad (13)$$

또 식 (6)에서

$$RD_t = \sum_{i=1}^{2A-1} TD_{t-i} \cdot f_i = \sum_{i=1}^{2A-1} TD_{t-(2A-i)} \cdot f_{2A-i}$$

(단 $t \geq 2A, K=1$) (14)

식 (13)을 代入하면

$$RD_t = \sum_{i=1}^{2A-1} (TD_{t-2A+i} \cdot b \cdot i) \cdot f_{2A-i} = TD_{t-2A} + b \cdot A = TD_{t-A}$$

(15)

따라서 식 (6), (11), (12)는²⁾ 식 (10)과 같아지고 식 (10)의 의미는 대체수요 RD_t 는 평균수명 A 前期의 수요가 TD_{t-A} 가 A 년 후인 시점 t 에서 일시에 교체된다는 것이다. 따라서 TD_t 가 시간에 따라 一定하거나 一定한 量만큼 증가하고 있다면 식 (10), (11), (12)는 식 (6)과 같아지고 이 가정이 조금 벗어나더라도 그다지 큰 오차가 발생하지는 않게 된다.

3-3 成長曲線에 의한 PLC 形態의 설명

PLC의 형태는 一般의 형태인 鐘(Bell) 모양 이의 예도 여러가지 형태가 있다. 이에 대해서 많은 實證的 研究들이 있으나[12, 28, 29, 37, 38] 왜 이러한 형태를 갖는지에 대해서는 理論的 研究가 부족하다. 一般的으로 PLC의 형태에 대한 이론적 설명을 하려고 할 때 가장 장애가 되는 要素는 종속변수를 全體需要로 본다는 것이다[25]. PLC를 이해하기 위해서는 全體需要를 新規需要와 交替需要로 구분하여 살펴보아야 한다.

여기서는 신규수요, 교체수요, 再購買率의 3 변수들이 용하여 몇 가지 형태의 PLC를 보여주기로 한다. PLC의 형태를 결정하는 변수들은 위의 변수 외에도 가격, 품질, 기능의 변화, 경쟁 정도, 마케팅 활동등이 있으므로 [21, 23, 32] 여기서의 方法만 가지고 모든 형태

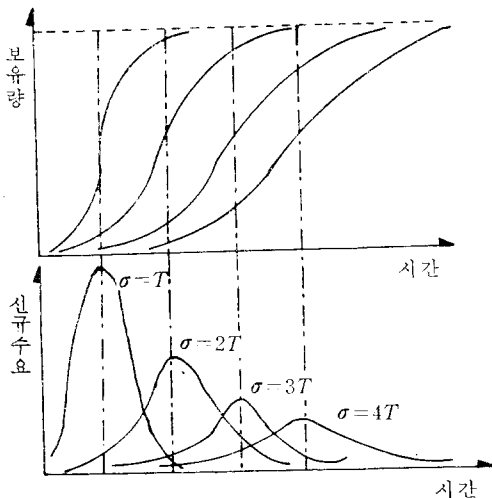


그림 8. 보유량의 확산속도와 신규수요

의 PLC를 전부 설명할수는 없지만 PLC의 형태를 이해하는 기본 골격을 제공할 수 있을 것이다.

保有量을 나타내는 成長曲線 또는 擴散曲線과 이의 미분형태인 新規需要는 제품의 擴散速度에 의해 크게 영향을 받으며 이들의 관계는 다음 <그림 8>과 같다.

交替需要를 구하는 方法은 保有量으로 부터 구하는 方法(식(14))과 과거의 全體需要로 부터 구하는 方法(식, (6), (10), (11), (12))이 있다. 再購買率 $K=1$ 이라 가정하고 우선 식 (4), (5)에 의해 交替需要를 구해보면 평균수명 A 값에 따라 保有量(成長曲線)과 交替需要의 관계는 <그림 9>와 같다. 여기서 보면 A 가 큰 제품, 즉 耐久材일수록 交替需要는 작아지므로 相對的으로 新規需要의 비중이 커지게 된다.

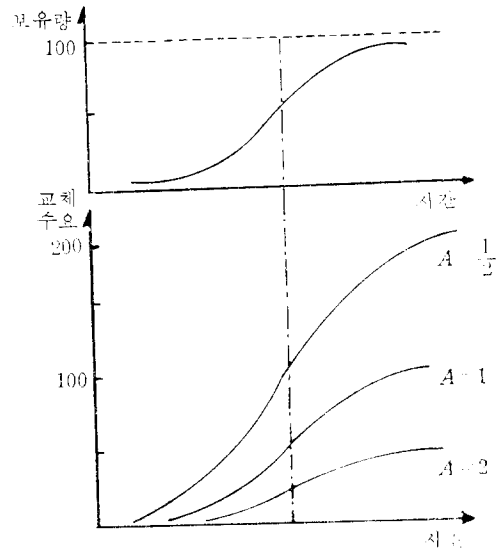


그림 9. 평균수명 A에 따른 보유량과 교체수요

여기서 특정한 성장곡선으로부터 얻어지는 신규수요와 교체수요의 합으로 나타나는 전체수요의 형태를 보

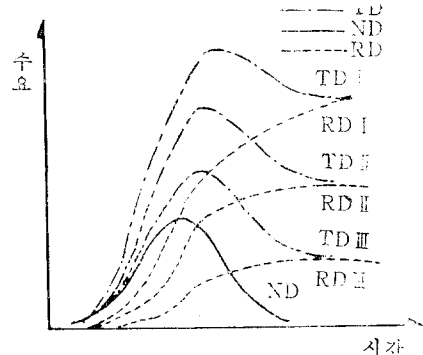


그림 10. 식 (4)에 의한 전체수요의 유도

2) 식 (11), (12)는 식 (6)의 특수한 형태이므로 식 (6)에 포함된다.

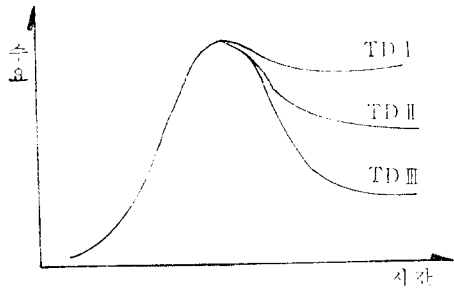


그림 11. 式 (4)에 의한 PLC의 형태

면 다음 <그림 10>과 같이 최대 수요와 안정 상태에서의 폭에 차이가 생기며 최대 수요량을 同一한 높이로 조정하면 <그림 11>의 형상이 된다.

과거의 全體需要로부터 交替需要를 구하기 위하여 가장 단순한 式 (10)을 이용한 후에 전체수요를 구하면 다음 式 (16)과 같이 되고 이 모양은 A의 여러 값에 대하여 다음 <그림 12>와 같이 된다.

$$TD_t = ND_t + RD_t = ND_t + TD_t - A \quad (16)$$

여기서 교체수요 RD_t 는 전체수요를 A만큼의 시간 간격을 두고 쫓아가는 모양이 된다.

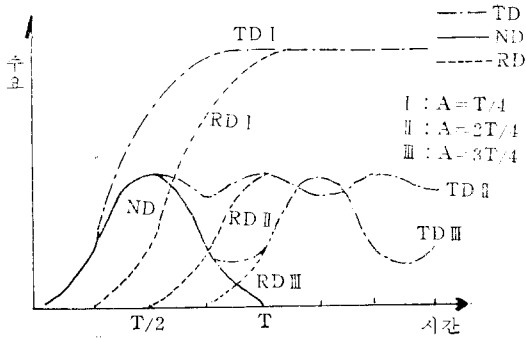


그림 12. 式 (10)에 의한 전체수요의 유도

또 이 그림을 綜合하여 PLC의 형태를 보면 <그림 13>과 같이 진폭이 다른 여러 모양이 얻어지고 式 (10) 대신 式 (6), (11), (12)가 이용되면 交替需要가 平滑(smoothing) 됨으로써 점점 週期(cycle)가 없어지고 安定狀態로 변한다.

지금까지는 再購買率 K가 1이라 가정했는데 이 가정을 완화시켜 $K < 1$ 인 경우까지 고려하여 PLC의 형태를 綜合해보면 <그림 14>와 같아진다.

이상과 같이 新規需要, 交替需要, 再購買率의 변수

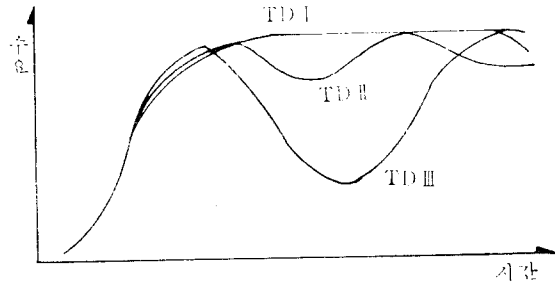


그림 13. 式 (10)에 의한 PLC의 형태

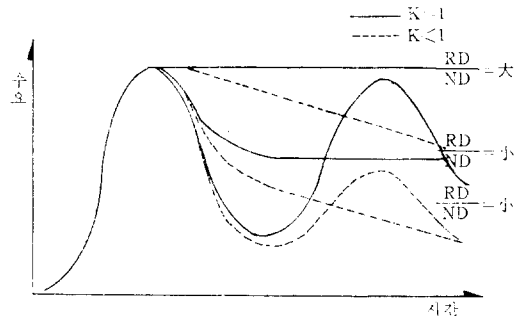


그림 14. PLC 형태의 종합

를 이용하여 PLC의 기본 형태를 비롯하여 2個 이상의 봉우리, 최대 수요로부터의 높낮이, 포화단계의 길이등을 설명하였다.

4. 승용차 需要豫測에의 적용

지금 부터는 構斷面 分析方法을 韓國의 승용차 需要豫測에 적용하여 나가면서 그 과정을 설명해 나가기로 한다.

4-1 資料의 수집

世界 各國의 10년간(1972~1981)에 걸친 1人當 GNP와 1人當 승용차 保有臺數에 관한 資料가 이용되었다[2,3,4,5,39,40]. 특정 년도에서 1人當 GNP를 독립변수로, 1人當 保有臺數를 종속변수로 하여 散布圖를 그려보면 그 모양이 S字 형태를 갖고 있음을 보여준다.

4-2 適合한 模型의 選定

S 字 形狀을 갖는 成長曲線 模型중에서 간단하면서도 代表的인 Logistic curve, Gompertz curve, Cumulative normal distribution curve 가 선택되었으며 각각의 式은 다음과 같다.

a. Logistic curve : $y = L / [1 + C \cdot \exp(-bx)]$

따라서 $\ln(L/y - 1) = \ln C - bx = A + BX$

$A = \ln C$

$B = -ba$

b. Gompertz curve : $y = L \exp[-a \exp(-bx)]$

따라서 $\ln \ln y = \ln \ln L - \ln a - bx = A + BX$

$A = \ln \ln L - \ln a$

$B = -b$

c. Cumulative normal distribution : $y = L \int_{-\infty}^x f(x; \mu, \sigma^2) dx$

y/L 값에서 Z 값을 구하면

$Z = (x - \mu) / \sigma = -\mu / \sigma + x / \sigma = A + BX$

$A = -\mu / \sigma$

$B = 1/\sigma$

윗 式에서 y 의 값으로는 1,000 人當 保有臺數를 이용하였고 y 의 극한값(asymptote)인 L 에 대해서는 500 을 주었다. Fibonacci 方法[10]에 의해서 L 값을 구할 수도 있으나 L 값의 주관적 판단이 용이한 경우는 L 값을 주는 것이 더 좋을 수 있으므로[18] 先進國들의 資料와 직관에 의하여 L 값이 선택되었다,

X 의 값으로는 1 人當 GNP(PGNP)와 이에 對數를 취한 \ln PGNP의 두 값이 사용되었다. \ln PGNP가 선정된 이유는 一般的 成長曲線의 경우에는 독립변수가 시간이며 시간이란 변수가 성장곡선 모형에 잘 맞는다면, 소득은 시간에 따라 指數的으로 증가하는 것이 일반적이므로 소득의 對數값과 시간은 線形關係가 되고 소득에 對數를 취한 \ln PGNP를 독립변수로 잡는 것이 타당할 것이다.

1980 년도의 資料에 의하여 위의 3 回歸式에 대한 母數를 推定한 결과는 다음 <表 1>과 같다.

<표 1>에서 보면 Logistic curve와 Cumulative

표 1. 回歸式

성 장 곡 선	모 형	F	R ²
Logistic	① $\ln\left(\frac{L}{Y}-1\right) = *3.5997 - 0.00033577$ PGNP	337	0.88
	② $\ln(L/Y-1) = 14.0090 - 1.5169$ \ln PGNP	433	0.90
Gompertz	③ $\ln \ln Y = 0.99089 + 0.000064115$ PGNP	103	0.69
	④ $\ln \ln Y = -1.1859 + 0.31356$ \ln PGNP	228	0.83
Cum. normal	⑤ $Z = -1.9895 + 0.00018394$ PGNP	514	0.92
	⑥ $Z = -7.6573 + 0.82959$ \ln PGNP	375	0.89

* 모든 계수의 t 값을 유의함

normal 이 비슷한 적합성을 보이고 Gompertz curve 가 좀 뒤지는 것을 알 수 있다. 예측오차의 分布를 보

면 式 ①, ③, ⑤는 약간 nonrandom 한 현상을 보였다. 따라서 式 ②와 ⑥중에서 ⑥은 Y/L 값으로 부터 正規

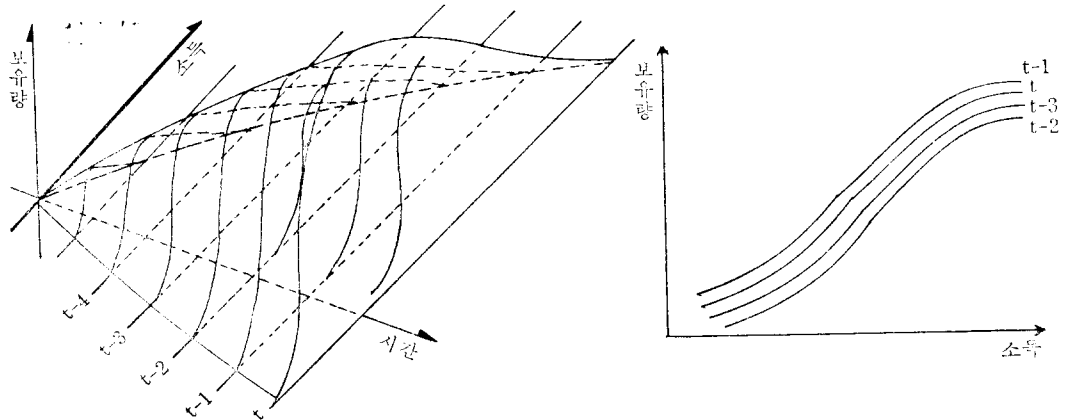
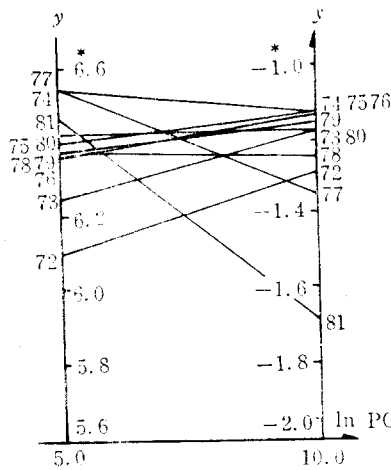


그림 15. 時點별 횡단면 회귀식



a) v.s. 불변가격

그림 16. 시점별 회귀식의 비교

分布표를 찾아 일일이 Z값을 구하여야 하는 번거로움이 있으므로 최종적으로 식 ②를 선택했다.

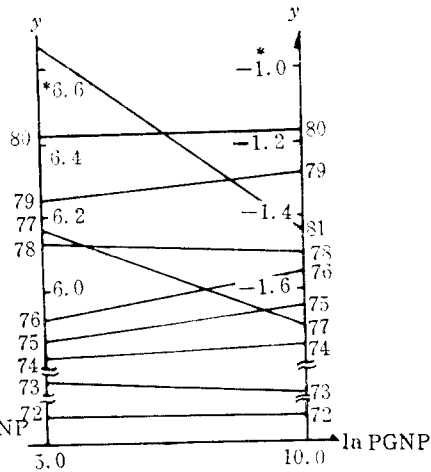
4-3 橫斷面 分析의 타당성 검토

橫斷面 分析은 特定 時點에서 얻어진 所得과 保有量의 관계를 이용하여 어느 국가가 미래 特定 時點에서 特定所得을 갖는다면 그때의 보유량이 얼마나 될 것인지를 예측하는 방법이다. 따라서 이 分析方法에서는 시간이라는 변수가 무시되고 소득만을 이용하는데 과연 시간이란 변수가 의미가 없는지 검토할 필요가 있다. 이를 위하여 서로 다른 時點에서의 資料를 이용하여 <그림 15>와 같이 時點別로 회귀식을 추정하여

표 2 년도별 회귀식

$$\ln(L/Y-1) = A + B \ln \text{PGNP}$$

소득 계수 년도	U.S. 불변 PGNP		U.S. 경상 PGNP	
	A	B	A	B
1972	13.4956	-1.4780	12.6600	-1.4818
1973	13.6785	-1.4849	12.9039	-1.4852
1974	14.1876	-1.5301	13.3945	-1.5144
1975	13.9206	-1.5041	13.3952	-1.5041
1976	13.8524	-1.4960	13.4066	-1.4961
1977	14.4586	-1.5794	14.0737	-1.5790
1978	14.0150	-1.5256	13.7626	-1.5267
1979	13.9389	-1.5098	13.8066	-1.5099
1980	14.0090	-1.5169	14.0090	-1.5169
1981	14.6295	-1.6316	14.8479	-1.6279



b) v.s. 경상가격

그림 17. 년도별 회귀식 (1972~1981)

* : 시각적 효과를 위하여 $x=5.0, 10.0$ 에 대한 y 값의 뉴클은 서로 다르게 책정되었다.

<그림 16>과 같이 이 회귀식들이 서로 일치하는가, 또는 시간에 따른 어떤 유형을 보이지 않는가 검토해 보았다.

여기서는 '72년 부터 '81까지의 10년간의 資料가 이용되었다. 이때 사용된 년도별 소득은 '80년 U.S. 不變價格로 환산된 것이며 비교를 위하여 經常價格을 이용한 회귀식도 구해 보았다. 이 결과는 <표 2>와 <그림 17>에 주어진다.

<그림 17>에서 보면 불변가격을 이용해서 얻은 회귀식은 年度間에 큰 차이나 類型을 보이지 않으나 경상가격을 이용한 경우는 시간에 따라 회귀식이 점점 상승하는 경향을 보인다. 이 원인은 경상가격의 경우는 Inflation 효과가 포함되어 있어 보유량의 증가보다 명목소득의 증가가 빠르기 때문이다. 결론적으로 U.S. 불변가격을 이용한 횡단면 분석은 시간에 따라 큰 차이를 보이지 않으므로 타당성이 있다고 할 수 있다.

4-4 豫測値와 實際값의 差異調整

特定 國家의 實際값과 模型에서 얻어진 豫測値와는 差異가 있으며 이것은 調整되어야 한다. 그러기 위해서는 우선 差異가 발생하는 원인을 살필 필요가 있다. 여기서는 韓國의 乘용차 수요에 영향을 미치는 요인들과 요인들 사이의 因果關係를 <그림 18>에 정리했다. 이와 같은 많은 要因중 模型에서는 人當 所得만을 고려하고 있을 뿐이므로 다른 要因들이 差異를 구성하고

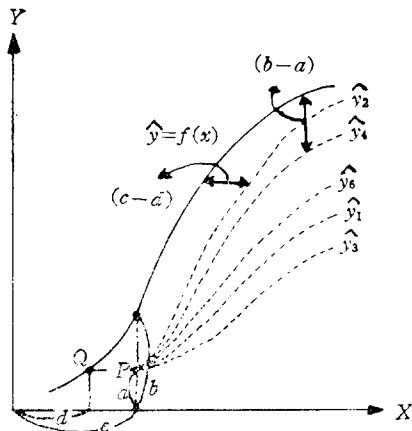


그림 19. 수정 式의 유도 (I)

있다고 볼 수 있다. 따라서 이러한 기타 요인들이 미래의 豫測時點에서 어떻게 변화해 나갈 것인가가 豫測에 있어서 模型에 의한 豫測值와의 差異를 決定하게 될 것이다.

이러한 要因들에 대해서 관련 資料를 구하는 것과 이러한 要因들을 전부 고려할 수 있는 模型을 개발하는 것은 매우 어려우므로 여기서는 定性的인 가정에 의한 몇 가지 방법을 제시하기로 한다. 위의 요인들을 크게 分類하면 經濟的 要因과 社會·文化·地理·政策 등 非經濟的 要因으로 나뉘며 경제적 요인에 의한 差異는 成長曲線의 橫軸에, 非經濟的 要因에 의한 差異는 縱軸에 나타낼 수 있다.

方法 I : 현재의 差異는 전부 經濟的 要因에 의한 것이라면 <그림 19>에서 現在의 位置는 P點이지만 그 水準은 Q點에 있는 것이나 같으며 Q點서부터 成長曲線을 따를 것이다. 또 이 차이를 一定率로 보느냐 一定量으로 보느냐에 따라 調整된 豫측곡선 y는 다음 式과 같아진다.

$$\hat{y}_{1t} = f\left(\frac{d}{c}x_t\right) \quad (17)$$

$$\hat{y}_{2t} = f\{x_t - (c-d)\} \quad (18)$$

方法 II : 현재의 차이를 전부 非經濟的 要因에 의한 것으로 보고 이 차이가 같은 程度로 계속된다고 본다. 또 차이를 一定率로 보느냐 一定量으로 보느냐에 따라서 豫측곡선 y는 다음 式이 된다.

$$\hat{y}_{3t} = \frac{a}{b}f(x_t) \quad (19)$$

$$\hat{y}_{4t} = f(x_t) - (b-a) \quad (20)$$

方法 III : 현재의 차이를 <그림 20>과 같이 經濟的 要因(E_t)에 의한 부분과 非經濟的 要因(F_t)에 의한 부분으로 구분하고 各各 細部要因別 影響력을 추정한 후 이 세부요인들이 어떻게 변해갈지를 豫측하고 總합하여 다시 時點 t에서의 E_t, F_t 를 구한다. 이 과정은 다

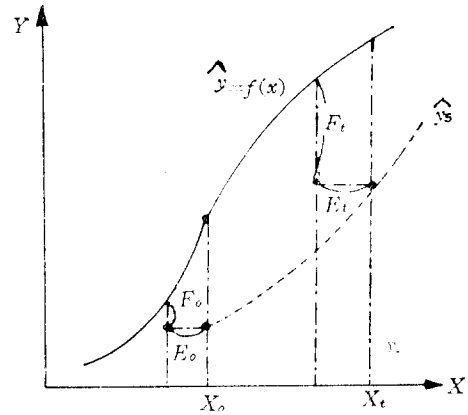


그림 20. 수정 式의 유도 (II)

음 式과 같다.

$$\hat{Y}_{5t} = (1-F_t) \cdot f[(1-E_t)x_t] \quad \dots(21)$$

$$F_t = a_{1t}y_{1t} + a_{2t}y_{2t} + \dots + a_{nt}y_{nt}$$

$$= \sum_{i=1}^n a_{it}x_{it} \quad \dots(22)$$

$$E_t = b_{1t}z_{1t} + b_{2t}z_{2t} + \dots + b_{mt}z_{mt}$$

$$= \sum_{j=1}^m b_{jt}z_{jt} \quad \dots(23)$$

a_{it} : 時點 t에서 非經濟的 要因 i의 影響계수

y_{it} : 時點 t에서 非經濟的 要因 i의 상황

b_{jt} : 時點 t에서 經濟的 要因 j의 影響계수

z_{jt} : 時點 t에서 經濟的 要因 j의 상황

n : 非經濟的 要因의 數

m : 經濟的 要因의 數

方法 IV : 방법 2와 방법 3을 단순화 시켜 현재의 차이가 미래에 어떻게 변할지를 주관적 판단에 의하여 추정한다. 式으로 표시하면 다음과 같다.

$$\hat{y}_{6t} = (1-F_t) \cdot f(x_t) \quad (24)$$

한국의 승용차 수요에 대해서 方法 4를 적용하기로 한다. '84년도의 實際값을 보면 $F_{84} = 0.70$ 이 얻어진다. 이것이 1994년도까지는 점진적으로 개선되어 $F_{94} = 0.25$ 가 된다고 가정하고 年度別 1000人當 保有臺數를 구하면 <표 3>과 같다.

4-5 승용차 需要의 長期豫測

交替率을 구하기 위하여 韓·美·日의 과거 10년 간의 資料에서 년도별 교체율 ($R_t = RD_t/S_{t-1}$)을 각각 구해보면 韓國은 평균과 표준편차가 (14.9%, 4.1%), 美國은 (8.1%, 1.0%), 日本은 (7.0%, 0.8%)가 된다. 美國과 日本은 年度間에 교체율이 큰 차이가 없으나 韓國은 安定的이지 못함을 알 수 있다. 日本 乘用차의

표 3 年度別 保有臺數 豫測值

$$\ln(L/Y-1) = 14.009 - 1.5169 \ln \text{PGNP}$$

年度	*PGNP (80년 불변 \$)	模型값 (Y)	1-F _t	豫測值 (1-F _t) × Y	保有臺數 Y×人口 (1000대)	人口 (1000)
1984	1,984	38.23	30.0	11.46	465	4,060
1985	2,092	41.17	32.9	13.54	558	4,121
1986	2,205	44.29	36.0	15.94	667	4,183
1987	2,324	47.61	39.5	18.81	798	4,245
1988	2,450	51.18	43.3	22.16	955	4,309
1989	2,583	54.98	47.4	26.06	1,140	4,374
1990	2,723	59.02	52.0	30.69	1,362	4,439
1991	2,871	63.33	57.0	36.10	1,627	4,506
1992	3,026	67.88	62.4	42.36	1,938	4,574
1993	3,190	72.71	68.4	49.73	2,388	4,642
1994	3,363	77.83	75.0	58.37	2,750	4,712

* : 年 GNP 成長率 7%, 人口 成長率 1.5%, 가정

교체율이 미국보다 낮은 것은 수요의 신장속도가 빨라 보유량중 新車의 비중이 높기 때문으로 생각된다. 또 韓國 승용차의 교체율이 높은 것은 車의 耐久性이 떨어지고 車 1臺當 주행거리가 높기 때문이다. 결론적

표 4. 승용차 수요예측

(단위 : 1000대)

구 년 도	승용차 保有量	自 家 用				택 시				승용차 수 요
		保有量	新 規 要 求	* 交 替 要 求	全 體 要 求	保有量	新 規 要 求	* 交 替 要 求	全 體 要 求	
1977	126	91	24	1	25	35	6	5	11	36
1978	185	135	44	2	46	50	15	9	24	70
1979	242	180	45	16	61	62	12	16	28	89
1980	249	180	6	23	29	63	1	15	16	45
1981	267	201	15	31	46	66	3	18	21	67
1982	305	233	32	31	63	72	6	24	30	93
1983	381	301	68	20	88	80	8	24	32	120
1984	465	374	73	52	125	91	11	19	30	155
1985	558	460	86	41	127	98	7	24	31	158
1986	667	561	101	49	150	106	8	31	39	189
1987	798	682	121	57	178	116	10	31	41	219
1988	955	829	147	70	217	126	10	34	44	261
1989	1,140	1,014	185	90	275	126	0	37	37	312
1990	1,362	1,236	222	111	333	126	0	41	41	374
1991	1,627	1,501	265	134	399	126	0	41	41	440
1992	1,938	1,812	311	159	470	126	0	41	41	511
1993	2,308	2,182	370	189	559	126	0	40	40	599
1994	2,750	2,624	442	231	673	126	0	41	41	714

$$* RD_t = \sum_{i=-n}^n TD_{t-A+i} / (2n+1) \dots \text{式}(11)$$

위의 식에서 (自家用 : A=6, n=2)가 이용됐다.
(택시 : A=3, n=1)

으로 韓國의 승용차에 대한 交替需要를 구하는 데 交替率을 이용하는 方法은 不適合하다고 볼 수 있다.

수명의 분포를 이용하는 方法을 적용해 본다 Spencer [35]는 耐久材의 수명에 대해서 正規分布를 제시하였다. 韓國의 승용차에 대한 資料가 구해지지 않으므로 참고로 美國 승용차의 資料('67~'73年產 모델)를 이용하여 수명분포를 보니 正規分布보다는 약간 Uniform 分布화된 모양을 보이고 있었다. 또 韓國의 승용차 市場에 있어서는 택시의 비중이 相對적으로 크며 이것은 一般 自家用과 수명에 있어 큰 차이를 보인다. 따라서 交替需要를 구하는데 택시와 自家用을 분리시켜 각각 구하는 것이 바람직하다. 택시의 보유량은 정부의 결정사항이므로 정부의 정책을 참고로하고 올림픽까지 크게 늘었다가 그 後는 정체된다고 가정한다. 교체수요를 구하는 式 (11)을 이용하여 교체수요와 전체수요를 구한 결과는 <표 4>와 같다. 自家用에 대해서는 평균수명 6년에 5년간의 평균을 택시에 대해서는 평균수명 3년에 3년간의 평균이 이용되었다.

자동차의 수요는 政府나 企業의 여러 統制可能變數, 예를 들어 '85, '86년의 World car 등장, '87년 國民

車의 등장, 정부의 戰略輸出品 지정에 의한 內需基盤 擴大政策 등에 의해 크게 바뀔 수 있으므로 이러한 要因 등을 시나리오에 의해서 고려해 주는 것이 바람직하나 여기서는 편의상 이것을 단순화 시켰었다.

5. 結 論

需要는 新規需要와 交替需要로 구분할 수 있으며 양자의 관계는 耐久材의 경우에 특히 중요성을 띠게 된다. 왜냐 하면 非耐久材의 경우는 交替需要의 비중이 절대적이거나 耐久材의 경우는 新規需要의 상대적 비중이 커지고 兩者の 크기와 형태에 따라서 全體需要의 形態가 크게 달라진다.

本研究에서는 耐久材 需要의 長期豫測 方法으로서 新規需要와 交替需要를 각각 구분하여 豫測하는 方法을 택했다. 新規需要를 구하는 方法으로서는 소득을 독립변수로 하고 製品の 保有量을 종속변수로 하여 둘의 관계를 S字 形態를 갖는 成長曲線으로 파악하여, 사용되는 資料로는 特定時點에서의 여러 國家의 資料가 이용되는 國家間 橫斷面 分析模型을 제시하였다. 交替需要를 구하는 方法으로서는 交替率 또는 製品の 壽命分佈를 이용하는 方案들을 제시했다. 또 新規需要와 交替需要의 관계를 이용하여 제품수명주기곡선의 여러 기본적 유형을 유도함으로써 이론적 설명이 부족했던 제품수명주기곡선의 다양한 유형에 대한 이론적 틀을 제공했다.

橫斷面 分析模型에 대한 타당성과 구체적인 수요예측 절차 및 방법은 한국의 승용차 수요의 예측(1935~1994)을 실험으로 하여 설명되었다.

參 考 文 獻

1. 金大勳, 技術代替曲線을 이용한 豫測模型의 開發, KAIST, Dept. of I.E., 1981. ;
2. 經濟企劃院, 主要業務指標, 各號
3. 國策經濟研究會, 國策經濟統計年報, 各號
4. 交通新報社, 韓國交通年鑑, 各號
5. 日本自動車新聞社, 日本自動車年鑑, 各號
6. Bass, F.M., "A New Product Growth Model for Consumer Durables", *Management Science*, 15, 215-227, Jan. 1953.
7. Barnhardt, I. and Mackenzie, K.D., "Some Problems in using Diffusion Models for New Product", *Management Science*, 19, 187-200, Oct. 1972.

8. Blackman, A.W., "The Market Dynamics of Technological Substitutions", *Technological Forecasting and Social Change*, 6, 41-63, 1974.
9. Bonus, H., "Quasi-Engel Curve, Diffusion, and the Ownership of Major Consumer Durables", *Journal of Political Economy*, 81, 655-677, 1973.
10. Bossert, R.W., "The Logistic Growth Curve Reviewed, Programmed, and Applied to Electric Utility Forecasting", *Tech. Fore. & Soc. Change*, 10, 357-368, 1977.
11. Chamber, J.C., Mullick, S.K., and Smith, D.D., "How to Choose the Right Forecasting Techniques", *Harvard Business Review*, 44-74, Jul.-Aug. 1971.
12. Dhalla, N.K. and Yuspeh, S., "Forget the Product Life Cycle Concept", *Harvard Business Review*, 102-112, Jan.-Feb. 1976.
13. Easingwood, C., Mahajan, V., and Muller, E., "A Nonsymmetric Responding Logistic Model for Forecasting Technological Substitution", *Tech. Fore. & Soc. Change*, 20, 199-213, 1981.
14. Fisher, J.C. and Pry, R.H., "A Simple Substitution Model for Technological Change", *Tech. Fore. & Soc. Change*, 2, 75-83, 1971.
15. Floyd, A., "Trend Forecasting: A Methodology for Figure of Merit", *Technological Forecasting for Industry and Government: Method and Applications*, J. Bright ed. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, N.J., 1962.
16. Fourt, L.A. and Woodlock, J.W., "Early Prediction of Market Success for New Grocery Products", *Journal of Marketing*, 25, 31-38, Oct. 1960.
17. Harrell, S.G. and Taylor, E.D., "Modeling the Product Life Cycle for Consumer Durables", *Journal of Marketing*, 45, 68-75, 1981.
18. Heller, R.M. and Husted, T.P., "Problems in Predicting New Product Growth for Consumer Durables", *Management Science*, 23, 1007-1020, 1980.
19. Henry, I., "The Three Parameter Approach to Long Range Forecasting", *Long Range Planning*, 5, 40-45, Mar. 1972.

20. Mahajan, V. and Peterson, R. A., "A New Product Growth Model with a Dynamic Market Potential", *Long Range Planning*, 12, 51-58, Aug. 1979.
21. _____, "First-Purchase Diffusion Models of New-Product Acceptance", *Tech. Fore. & Soc. Change*, 15, 127-146, 1979.
22. _____, "Integrating Time and Space in Technological Substitution Model", *Tech. Fore. & Soc. Change*, 14, 231-241, 1979.
23. Mansfield, E., "Technical Change and the Rate of Imitation", *Econometrica*, 29, 741-766, 1961.
24. Martino, J. P., "Technological Forecasting An Overview", *Management Science*, 26, 28-33, Jan. 1980.
25. Midgrey, D. F., "Toward a Theory of Product Life Cycle: Explaining Diversity", *Journal of Marketing*, 45, 109-115, Fall. 1981.
26. Pearl, R., *The Biology of Population Growth* Knopf, New York, 1925.
27. Peterson, R. A. and Mahajan, V., "Multi-Product Growth Models", In *Research in Marketing*, J. Sheth, ed., JAI Press, Greenwich, Conn., 1978.
28. Qualls, W., Olshavsky, R. W., and Michaels R. E., "Shortening of Product Life Cycle-An Empirical Test", *Journal of Marketing*, 45, 76-80, Fall 1981.
29. Rink, D. R. and Swan, J. E., "Product Life Cycle Research: A Literature Review", *Journal of Business Research* 7, 219-242, Sep. 1979.
30. Rogers, E. M., *Diffusion of Innovation*, New York, The Free Press of Glencoe, 913, 1962
31. Sahal, D., "A Generalized Logistic Model for Technological Forecasting", *Tech. Fore. & Soc. Change*, 7, 81-97, 1975.
32. Sharif, M. N. and Abdulhaq, A. K. M., "Determinants for Forecasting Technological Substitution", *Tech. Fore. & Soc. Change*, 13, 59-81, (1979)
33. _____ and Islam, M. N., "The Weibull Distribution as a General Model for Forecasting Technological Change", *Tech. Fore. & Soc. Change*, 18, 247-256, 1980.
34. _____ and Kabir, C., "A Generalized Model for Forecasting Technological Substitution", *Tech. Fore. & Soc. Change*, 8, 325-334, 1976.
35. Spencer, M. H., Clark, C. G., and Hogue, P. W., *Business and Economic Forecasting*, Irwin, Homewood, Illinois, 1961.
36. Stapleton, E., "The Normal Distribution as a Model of Technological Substitution", *Tech. Fore. & Soc. Change*, 8, 325-334, 1976.
37. Tellis, G. J. and Crawford, C. M., "An Evolutionary Approach to Product Growth Theory", *Journal of Marketing*, 45, 125-132, Fall 1981.
38. Wasson, C. R., "How Predictable are Fashion and Other Product Life Cycles", *Journal of Marketing*, 32, 36-43, Jul. 1968.
39. I. M. F., International Financial Statistics, 各號
40. M. V. M. A., World Motor Vehicle Data, 各號