

□論 文□

全國 將來 乘用車 保有臺數 推定에
關한 研究

元 濟 戊 洪 誠 杓 劉 正 福

(서울市立大 都市計劃學科 教授) (國土開發研究院 責任研究員) (서울市立大 都市計劃學科 大學院)

目	次
I. 序 論	2. 自動車 需要推定方法의 理論的 背景
II. 韓國의 自動車 增加趨勢	IV. 乘用車 推定技法의 適用
1. 現在까지의 自動車 增加趨勢	1. 所得分布를 利用한 方法
2. 長期 展望	2. 乘用車 保有率曲線을 利用한 方法
3. 外國과의 比較	3. 回歸分析을 利用한 方法
III. 自動車 需要 推定方法의 理論的 背景	V. 方法의 比較
1. 外國 및 國內研究事例	VI. 結 論

ABSTRACT

Understanding the future level of car ownership is essential in order to formulate various transportation policies. Despite its importance, however, a review of literature indicates that previous studies treated car ownership as a linear function of income, GNP, degree of urbanization and etc. more detailed and accurate models of car ownership should be possible if information on major variables determining car ownership can be gathered.

In this paper, three approaches have been chosen to develop mathematical models to predict future increase in car ownership in Korea. The three methods developed are: income distribution methods; multiple regression models; forecasting curves.

I. 序 論

오늘날 우리에게 가장 중요한 政治的, 經濟的 社會問題의 하나로 등장한 것이 都市化過程에서 수반되게 마련인 交通問題이다. 自動車가 폭발적으로 增加하고 있고 이와함께 交通체증이 점차 深刻해지고 低所得層의 交通서비스에 대한 不滿이 팽배해지고 있어 이제 交通체증의 해소와 交通서비스의 제고는 現在 國家的 課題로 등장하게 되었다. 이같이 어려운 課題를 解決하기 위해서는 將來 우리나라 自動車保有臺數가 얼마나 되는지를 예측해야 하는 作業이 선행되어야 한다. 사실 未來의 交通현상이 돌발적으로 일어나는것은 아니며 이는 過去부터 現在까지 進行되어온 自動車の 增加傾向을 토대로 하여 未來가 예측되고, 이러한 예측치에 의해 交通현상이 예견되기 때문에 풀이할 수 있다. 이러한 관점에서, 본 研究에서는 우리나라 將來 乘用車保有臺數예측에 대한 적절한 推定方法을 모색하여 將來 乘用車保有臺數를 推定해 보는데 그 목적이 있다 하겠다.

지금까지 우리나라의 自動車臺數예측은 주로 Logit모형이나 Logit모형의 변형을 利用

한 回歸式을 使用하였으나 본 研究에서는 Logit 모형의 변형식과 아울러 所得分布를 利用한 方法과 自動車 保有率 曲線을 利用한 方法을 適用해 보았다. 또한 본 研究에서는 自動車 保有臺數 推定の 對象을 乘用車로 한정시켜 乘用車에 대해 보다 심도있는 예측을 시도하고자 하였다.

II. 韓國의 自動車 增加趨勢

1. 現在까지의 自動車 增加趨勢

우리나라 自動車增加趨勢는 最近들어 急增해서 都市交通에 深刻한 問題가 되고있다. 人口 1000인당 自動車 保有率은 1945년에 0.29臺에서 1988¹⁾년에 41.4臺로 지난 33년동안 무려 143배로 신장되었다. 또한 연평균 增加率을 보면 60-70年代에 15.0%, 70-75年代에 8.87%, 75-80年代에 22.2%, 80-85年代에 16.1%이며 85-88년에는 19.5%로 33년 동안의 年平均 增加率은 16.3%에 달한다. 乘用車 增加率은 65-85年間의 年平均 增加率이 24.5%이며 最近 8年 동안에는 30.8%에 달하고 있어 乘用車가 우리나라 自動車 增加率의 커다란 몫을 차지하고 있음을 알 수 있다.

<表 1> 韓國의 車輛保有推移

년 도	차 량 수	승 객 차(대)				화 물 차	수 차	2 른 차
		합 계	승 용 차	택 시	버 스			
1960	31,339	17,078	6,281	6,602	4,195	13,907	354	-
1965	39,126	22,317	7,438	5,875	9,004	16,015	794	-
1970	126,506	76,508	33,496	28,443	14,569	48,901	1,097	2,711
1975	193,441	105,544	58,177	29,096	18,271	82,862	5,035	6,594
1980	527,729	291,565	199,291	62,816	29,458	226,940	9,224	216,498
1985	1,113,430	684,968	546,041	99,118	39,809	412,739	15,723	711,439
1988	1,944,887	1,305,032	927,814	128,917	248,301	618,071	21,784	1,052,565

註) 경제기획원, 한국통계년보
 교통신보, 1988. 12(1988년 자료는 1988. 10.31現在)
 2륜 자동차는 총계에서 제외

註 1) 1988년 5월 31일 현재

<表 2> 年度別 人口 1인당 國民所得 및 乘用車 保有臺數

구 별	년 도						연 평 균 증가율(%)
	1965	1970	1975	1980	1985	1987	
인 구 (천 명)	28,705	31,466	34,707	37,436	41,506	42,082	1.8
일인당국민소득(원)	-	84,636	253,341	785,430	1,384,000	1,865,160	25.0
자 동 차 대 수 (대)	41,511	128,298	193,927	527,729	1,113,430	1,611,375	17.9
승 용 차 대 수 (대)	5,580	28,687	50,093	178,513	449,062	844,350	24.5

*1980년 불변가격

자료: 한국통계연감(경제기획원, 1987)

" (" , 1984)

" (" , 1976)

" (" , 1972)

교통정보(교통개발연구원, 1988. 9)

이러한 傾向은 서울, 부산등 大都市에서 더
욱 심해서 85年 全國 乘用車의 53.3%를 所有
하고 있는 서울은 65年以後부터 乘用車臺數가
年平均 21%씩 증가하였으며 最近 81年以後는
年平均 20.68%씩 증가했고 작년(87년)한해
동안만 해도 自動車臺數가 서울 21.2%, 釜山
22.8%, 大邱 23.5%, 仁川 28.2%, 光州 19.5%
씩 늘어나고 있다.

2. 장기 전망

현재의 住民들의 自動車에 대한 선호도와

所得水準의 향상등으로 볼때 당분간 지난 10
년과 같은 過去增加趨勢는 계속되리라 본다.
그러나 장기적인 측면에서 볼때 이같은 自動
車 增加는 現在보다 어느정도 감소되어 未來
에는 포화치에 이를것으로 보인다.

우리나라 自動車需要測定에 관한 그동안의
研究를 살펴보면 <表 3>과 같다.

國土開發研究院에서는 2001년의 總 車輛臺
數를 4,167,000臺, 乘用車는 3백만대에 이를것
으로 推定하였다. 그외에 韓國産業經濟技術

<表 3> 韓國의 將來 自動車 保有展望

구 분	1986	1991	1996	2001				
					'86-'91	'91-'96	'96-2001	
인구예측(1,000인)	41,839	44,856	48,282	50,950	1.4	1.4	1.08	
모 보 형 유 에 대 의 수 한 차 예 량 측	KRIHS(1985)	(672)	(1,122)	(1,946)	(3,070)			
		1,194	1,823	2,826	4,167	8.85	9.15	8.1
	K.I.I.	(614)	(1,893)					
		가정 I	1,194	3,026			22.0	
	E.T (1982)	(1,083)	(3,192)					
		가정 II	1,663	4,325			21.1	
임강원(1981)	(1,607)	(3,467)						
	가정 III	1,647	4,600			22.8		
장래증가율예상에 의한	(664)							
차량보유 예측	1,309	2,749	4,426	5,992	16%	10%	6%	

研究院에서는 1991년의 乘用車 臺數를 1,893,000臺에서 3,467,000臺로, 임강원 교수는 2001년대의 自動車 臺數를 6,110,000대로 각각 推定하였다.

위 研究結果를 살펴보면 國土開發研究院(HRIHS)은 1986년 推定치가 실제치인 1309천대에 훨씬 못 미치고 있고 未來 2001년도에도 總車輛臺數가 4167천대에 그쳐 다소 과소 추정(under estimate)되어진 것으로 보인다. 임강원 교수의 86추계치는 실제치보다 다소 높게 推定하였으나 2001년의 추정치는 1988년의 시각에서 살펴본 미래예측치에 어느정도 접근한 것으로 判斷된다.

3. 外國과의 自動車 保有水準 比較

우리나라의 自動車 증가현상을 外國과는 매우 다른 몇가지 特性을 포함하고 있다. 첫째,

우리나라는 國土面積이 협소하기 때문에 自動車 수용에 엄연한 한계가 存在하고 둘째, 自動車 文化의 形成過程이 다르며, 셋째, 가구당 乘用車의 2대 所有傾向이 다소 낮은 편이다.

外國의 自動車 保有水準을 살펴보면, 美國은 1980년 당시 自動車 保有水準이 우리의 300배 가량이고, 日本은 70배, 英國은 80배를 각각 차지한다. 또한 수단별 분담율의 경우는 <表 4>에서 보는 바와 같이 동경의 경우 자가용이 32%, 지하철·전철이 61%를 각각 分擔하고 있고, 런던은 자가용 61%, 버스 23%, 지하철·전철이 12%를 각각 점유하고 있어 서울과는 많은 차이를 보이고 있다. 車輛保有臺數에 있어서는 先進國의 年平均 增加率이 3-6%에 그치고 있는데 반하여, 우리의 경우 16%를 상회하는 현 增加率을 勘案할때, 先進

<表 4> 세계 주요 도시별 운송수단 분담율 비교

도시별	인구수		도시면적 (km ²)	수단분담율(%)						
	1980년 (천인)	년평균 증가율		자가용	택시	버스	중대중 교통수단	지하철 전철	기타	
홍콩	5,067	2.5	1,060	8	13	60	-	19	-	
서울	8,366	5.0	627	9	15	68	0	7	0	
런던	6,851	-0.9	1,579	61	1	23	0	12	2	
뉴욕	7,086	-1.0	759	12	2	14	0	72	0	
파리	8,800	0.6	454	56	-	8	0	21	15	
동경	8,352	-5.6	592	32	-	6	0	61	0	

註) IBRD, "Urban Transport", 1986.

國은 車輛增加率이 포화치에 다다른 반면, 우리나라는 未來에 엄청난 車輛增加가 있으리라고 예상된다.

III. 自動車 需要推定 方法의 理論的 背景

1. 外國 및 國內 研究事例

自動車 推定方法은 크게 거시적 方法과 미시적 方法으로 양분될 수 있다. 거시적 方法은 전체 保有臺數를 다른 설명변수 없이 시계

열별로 예측하는 것으로 이 方法은 자료수집이 용이하나 중요한 설명변수들을 소홀히 취급할 우려가 있다. 이 거시적 方法의 代表的인 예로는 Tanner의 모형이 있다. 미시적 方法은 一般의으로 각 個人을 自動車保有與否의 한 決定要素로 보고 한 가구를 單位로 해서 설명변수를 택하게 된다. 미시적 모형의 약점은 그 설명변수에 지나치게 의존하기 때문에 종종 사전에 의도했던것과 다른 結果가 나올 수 있다.

가장 먼저 開發된 Tanner 모형은 Logistic curve로서 한계치에 접근해가는 과정이 누적 함수²⁾의 性格을 띄고 있는데, Tanner 이후의 학자들이 거의 모두가 이 Tanner 모형을 변형한 거시적 方法을 使用해 왔다.

이항인 경우의 Tanner 모형은 식(1)과 같다.

$$P = \frac{e^{a+bx}}{1+e^{a+bx}} \dots\dots\dots (1)$$

위의 Tanner 모형³⁾은 1973년 OIL과동까지는 乘用車保有臺數를 比較의 信賴性있게 推定해 왔으나 그 이후에는 낮게 推定하는 단점이 있는 것으로 평가되어졌다. 1967년에는 M.J. H.Morigdge⁴⁾는 Tanner 모형에 경제적인 要因이 除外된 弱점을 보완하고자, 經濟的 要因을 추가시켜 乘用車 所有傾向을 分析하였다. Morigdge는 乘用車 保有率에 影響을 미치는 經濟的 要素들을 所得別 增加率, 自動車 價格, 消費者의 消費行態등으로 보고 乘用車 保有率을 각 所得 階層別⁵⁾로 推定하였다. 그는 Tanner가 推定한 英國의 乘用車 보유포화수준인 0.45대/인이 너무 낮다고 判定하고 한계치를

0.6대/인⁶⁾으로 보았다. 그러나 Morigdge 모형도 自動車 保有率이 가구규모에 따라 어떻게 影響을 받는가 하는 것을 고려하지 못했고, 1인 가구가 2대이상의 自動車를 所有할 수 있는 점, 또한 所得과 勞動者의 數, 가족의나이, 性別등의 相互關係등을 고려하지 못하는 점등의 단점을 내포하고 있다. 이 Morigdge 모형의 단점을 補完하기 위해 1977년 Paul Mullen과 Michael White⁷⁾가 가구당 주수입원⁸⁾, 대중교통의 접근성⁹⁾, 가구당 自動車 保有臺數등을 고려하고 아래와 같은 Telford 모델을 利用해서, 乘用車 保有率을 算出했다.

$$P = \frac{s}{1+e^{-\sum BiXi}} \dots\dots\dots (2)$$

Xi : 所得이나 大衆交通의 影響을 나타내는 변수

Bi : 固有函數

이 Telford 모델에서 乘用車保有臺數의 포화수준 S는 0.58대/인¹⁰⁾으로 보았다.

한편 Jone Bates, Hugh Gunn, Mick

註 2) 누적함수 성장

- 가정 : A) 所得分布는 상용대수를 취한다
- B) 自動車를 所有할 最少 所得層을 고려한다.
- C) 한가구의 所得은 時間에 比例해서 계속 增加한다.

- 3) Urban Transportation Modeling and Planning by Peter R. Stopher, p 314
- 4) Journal of transport economics and policy January 1967. "The Prediction of Car Ownership"
- 5) 각 地域마다 서로다른 소비패턴을 보이며 특히 자가 경우는 都市地域이 보다 비싸다. 수입은 한정되어 있으므로 만약 어느 한부분(ex. 自動車 購買)의 費用支出은 減少하게 될것이다. 一般的으로 時間이 지남에 따라 住宅價格과 燃料費는 增加하며 飲食과 交通費는 일정하다. 기타비용은 감소하는 傾向인데 저소득층에게는 이 住宅價格과 燃料費의 增加率이 相對的으로 높기때문에 交通費가 影響을 받게 된다.
- 6) C.K.Atkins의 研究를 뒷받침으로 해서 운전자를 성별 연령별로 나누어서 25~26세 인구중 남자가 95%, 여자가 80%가 운전자인 것으로 보았다. 여기서 영연용이나 기타 事業에 利用되는 車輛의 影響으로 全體 保有한계치가 떨어진 狀態이므로 순수 자가용은 0.66이다. 이 수치는 후에 어린이와 연금대상자를 고려하여 0.55로 낮추었다.
- 7) Traffic engineering & control July/August 1977. "Forecating Car Ownership : a new approach"
- 8) 가령 남자근로자(Male Worker)나 주부(Housewife) 또는 여성근로자(Female Worker)
- 9) 自動車를 保有한 사람들의 形態를 보면 직업이 없는자 특히 주부(Part Time), 직업이 없는 여성, 퇴직한 여성에도 많은 自動車를 所有하고 있다. 이 그룹들은 Male Workers보다 大衆交通의 정도에 더 影響을 받는다.
- 10) 16-64세 남자 : 0.9대/인
16-59세 여자 : 0.7대/인
연금 혜택자 : 0.5대/인

Roberts(1978)¹¹⁾ 등은 Multinomial Logit을 사용해서 가구의 소득과 그 지역의 都市化程度¹²⁾를 설명변수로 보고 1가구가 1대의 自動車를 保有할 確率과 2대 이상을 保有할 確率을 區分해서 각각의 保有率을 算出했다.

Multinomial Logit 모형은 아래식 (3)과 같다.

$$P1+(I) = \frac{S1}{(1+e^{-a-b \log I})} \dots\dots\dots (3)$$

$$P2+/1+(I) = \frac{S2}{(1+e^{-a-b'})}$$

- I : 소득
- a, b : 고유상수
- S1 : 1대 보유가구의 한계 보유율
- S2 : 2대 보유가구의 한계 보유율
- P1+(I) : 소득 I인 가구가 1대를 소유할 확률
- P1+/1+(1) : 소득 I인 가구가 2대를 소유할 확률

이 외에도 RHTM(Regional Highway Traffic Model) Group과 TRRL(Transport and Road Research Laboratory), Kirby (1976), Tanner(1978), Fowkes(1978) Gompertz 등이 기존 모형을 수정내지는 補完하여 독자적인 모형들을 제시했다.

위 모형들을 열거하면 다음과 같다.

* Log-Logistic Curve¹³⁾

$$Pt(1+) = \frac{S(1+)}{1+e^{-a(t)Yt^{-b(t)}}} \dots\dots\dots (4)$$

$$Pt(2+/1+) = \frac{S(2+/1+)}{1+e^{-a(t)-b(t) Y(t)}}$$

- Y(t) = 소득
- S(1+) = 0.948
- S(2+/1+) = 0.563

* 1978년 Tanner는 Logistic Curve 대신 Power Growth Curve 제안

$$Ct = \frac{S}{1+\{a(t-T)\}^{-b}} \dots\dots\dots (5)$$

$$Ct = \frac{S}{1+be^{-ast}}$$

$$Gt = \frac{1}{Ct} * \frac{d Ct}{dt} = a(S-Ct)$$

- Ct : t년도 차량대수
- Gt : t년도 차량증가율
- S : 차량한계치

* Tanner Model

$$\frac{1}{Ct} = \left(\frac{1}{S}\right) + \left(\frac{1}{C_0} + \frac{1}{S}\right) e^{-ast} \dots\dots\dots (6)$$

$$S = 0.339 + (-) 0.024$$

* Fowkes Model

$$Gt = A' - B'C_t^2 \dots\dots\dots (7)$$

* Gompertz Model \dots\dots\dots (8)

$$Gt = A' + B' \log_e C_t$$

우리나라에서는 自動車保有臺數 추정모형으

註 11) Traffic Engineering & control December 1978. "A Model of Household Car Ownership"

12) 지역1의 가구가 어떤 目的으로 旅行을 하려할때 그것이 쉬우면 쉬울수록 차를 所有할 必要性이 약해질 것 이므로 都市化가 되면 될수록 자동차 보유율이 낮다. Bates은 도시화 程度를 6단계로 나누어 保有率을 구하였다.

13) 또한 자동차 購買可能所得을 考慮해서

$$Pt(1+) = \frac{S(1+)}{1+e^{-aI(Yt/Pt)I}}$$

$$Pt(2+/1+) = \frac{S(2+/1+)}{1+e^{-aI-2I(Yt/Pt)I}}$$

(Yt/Pt) : 自動車 價格에 의해 결정된 평균가구 所得(自動車 購買可能所得)

로 適用된 것은 Logit 모형¹⁴⁾이며, 그 이외에도 Bates의 quasi-logistic curve¹⁵⁾, Gamma distribution¹⁶⁾ 등이 있다.

본 研究에서는 지금까지 살펴본 이론들 중 우리나라에 적용가능한 모델을 中心으로 logit 모델의 변형을 利用한 方法, 所得分布를 利用한 方法과 自動車 保有率 曲線을 利用한 方法을 各各 使用해서 우리나라 將來 乘用車臺數를 예측해 보고자 한다.

2. 自動車 需要推定方法의 理論的 背景

1) 所得分布를 利用하는 方法(정규분포를 利用한 方法)

이 方法은 納稅義務者의 乘用車 保有分布를 利用하는 方法으로 納稅義務者의 各 階層別 乘用車 保有臺數로부터, X축을 所得, Y축을 分布密度로 하는 確率 所得分布를 利用해서 現在 自動車를 所有할수 있는 最低 所得을 구한다.

먼저 정규분포의 식을 설명하면 다음과 같다.

$$F(X) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma X} * e^{(-1/2)} * \frac{(X - \mu X)^2}{\sigma X^2}$$

$$Z = \frac{X - m}{\sigma} \dots\dots\dots (9)$$

여기서 표준화식은 위의 (1)식의 변형은 R Gibrat 방정식을 使用한다.

$$Z = \frac{1}{\sigma} \log_e (X - X_0) - \frac{m}{\sigma} \dots\dots\dots (10)$$

$$Z_a = \frac{1}{\sigma} \log_e (X_a - X_0) - \frac{m}{\sigma} \dots\dots\dots (11)$$

여기에 시계열적인 요소를 포함시키면 식(12)가 성립된다.

$$Z_a = \frac{1}{\sigma(t_0)} \log e \{X_a - X_0(t_0) k(t)\} - \frac{m(t_0) + \log e k(t)}{\sigma(t_0)} \dots\dots\dots (12)$$

1985년도 우리나라 全國의 所得分布 성향을 알아보면 먼저 全國 納稅義務者에 대한 乘用車 保有臺數 確率에서 Z_a (標準化 變수)를 推定할 수 있을 것이다.

또한 推定年度에 대한 基準年度(1985年)의 所得增加 배율 $k(t)$ 는 1이 되며 最低所得階層 X_0 또한 既存資料로부터 알 수 있으므로 乘用車를 所有할 수 있는 最低階層 X_a 를 구할수 있다. 그러나 이 最低所得 X_a 의 이상계층이 모두 乘用車를 所有한다고 볼 수 없고 또한 이 X_a 以下의 階層이 乘用車를 하나도 所有하지 않는다고 볼수도 없으므로 구해진 乘用車 保有可能最低階層 X_a 를 乘用車를 保有한 平均 所得階層으로 설정하기로 한다.

위와같이 도출되어진, 現在 所得分布 성향을 나타내는 現在성향의 공식을 그대로 미래에 使用한다¹⁷⁾. 먼저 未來所得/現在所得의 $k(t)$ 를 예측하고 過去와 現在의 X_a 의 변화추세를 감안하여 미래의 X_a 를 예측한다.

그리고 (12)식에서 $Z_a = Y_i$, $1/\sigma = a$, $\log_e (X_a - X_0) = X_i$, $-m/\sigma = b$ 로 치환하면 (12)식을 $Y_i = a X_i + b$ 라 놓을수 있다. 여기서 最少 자승법을 利用해서 a , b 를 구할수 있고 이에 따라 미래의 평균값 m 과 표준편차 σ 를 구할수 있다. 여기서 정규분포표를 利用해서 未來 全國納稅

註 14) 1981. 임강원.
 1985. 國土開發研究院. 道路使用者 負擔調査
 1987. 交通開發研究院. 自動車臺數 增加에 대비한 장단기 대책(經濟分析에 의한 回歸分析)
 15) 1985. KIST. 부산시종합계획
 16) 1987. 交通開發研究院. 自動車臺數 增加에 대비한 장단기대책(所得分布에 의한 方法)
 17) 未來와 現在의 國民所得分布 성향은 여러 說明要素의 상쇄작용으로 未來에도 큰 변화가 있을 것으로 보인다.

義務者에 대한 乘用車 保有臺數를 알 수 있고 이 確率에 未來 納稅義務者數를 곱하여 未來 乘用車 臺數를 예측할 수 있다.

이 예측 方法의 관건은 k(t)를 얼마로 예측하느냐에 달려있다. 그러나 k(t) 예측 方法은 오로지 過去資料에 의존하는 方法밖에 없어, 보다 精確한 미래치를 구하기 어렵고 추정기간동안의 커다란 變動 要因을 수용할 수 없는 단점이 있다. 또한 Xa에 대한 미래치를 설정할때 信賴性 있는 基準이 없어 다소 많은 대안을 필요로 하는 단점을 내포하고 있다.

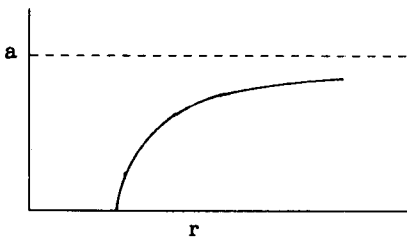
2) 自動車 保有率 曲線을 利用하는 方法 2-1) Tonquist의 함수 제2형

自動車 保有率 曲線을 利用하는 方法은 이미 앞에서 說明한 方法들 외에도 “Tonquist의 함수 제2형”이 있으며 그 공식은 아래와 같다.

$$P = a \frac{x - r}{x + b} \dots\dots\dots (13)$$

- 단, x : 년간소득
- p : 년간소득 x인 가정중 乘用車를 保有할 確率
- a : 乘用車 保有率의 한계치
- r : 乘用車를 所有하는 最少階層
- b : 고유상수

위 공식을 그래프로 나타내면 다음과 같다.



여기서 a는 自動車 保有率의 한계치로서 英國事例에서는 a=1.21의 수치를 使用했다. 乘用車 保有率의 한계치의 外國事例를 살펴보

면 <表 5>와 같다.

<表 5> 세계각국의 乘用車 保有率의 포화수준 전망

國 名	포화수준(대/인)	國 名	포화수준(대/인)
오스트리아	0.22	스 페 인	0.23
벨 기 에	0.42	스 웨 덴	0.32
덴 마 크	0.31	스 위 스	0.37
에 이 레	0.34	영 국	0.35
핀 란 드	0.28	오스트랄리아	0.49
프 랑 스	0.31	카 나 다	0.60
서 독	0.32	뉴우질랜드	0.50
이 태 리	0.39	프에리트르코	1.04
네덜란드	0.46	미 국	1.51
노르웨이	0.34	일 본	0.32

資料 : J.C.Tanner, "Car Ownership Trends and Forecasts", TRRL 799, Transport and Road Research Laboratory, 1977.

본 研究에서는 우리나라의 과거 한계치 適用事例¹⁸⁾를 勘案해서 乘用車 保有한계치를 0.3 대/인으로 보았다. 이 方法 또한 現在나 過去의 傾向을 그대로 未來에 適用시키는 것으로 먼저 式(13)에서 過去資料를 利用해서 미리 定해지지 않은 상수 b와 乘用車 所有 最少階層 r, 포화치 a를 각각 구해서 現在傾向에 맞는 공식을 유도한다. 이 現在 傾向의 式을 그대로 未來에도 適用하게 되는데 물론 이 式과 미래 傾向에 맞는 공식은 다르겠으나 사람들의 所得과 乘用車에 대한 선호가 높아진 만큼 물가 상승도 감안하면 둘의 차이는 그리 크지 않을 것으로 보인다. 이 유도된 공식에서는 단지 x만이 변수이므로 이 x에 未來의 所得水準을 넣어줌으로써 미래의 세대당 승용차보유율을 도출할 수 있고, 여기에 미래의 세대수를 곱함으로써 未來 乘用車 臺數를 알 수 있다. 이 方法은 2인 이상의 納稅義務者가 1대의 乘用車를 所有할 수 있다는 점을 감안, 세대수를 원단위로 삼았는다는데서 所得

註 18) 교통공학실무 雙畫-2 “交通量の 예측” 伊吹山 四郎 編者

分布를 利用한 方法보다 다소 合理性이 있는 方法이라 볼 수 있다.

2-2) Gompertz 曲線

Gompertz 曲線은 시제에 대한 成長率이 점차 수그러져 결국 포화치에 이르게 되는 曲線이다. Gompertz 곡선의 기본식은 다음과 같다.

$$Y_t = K a^{b^t} \dots\dots\dots (14)$$

단, Y_t : t년도의 乘用車 臺數

K: 最大乘用車 保有臺數

a, b: 매개변수

t: 년도(t=1, 2, 3.....)

IV. 乘用車 推定技法의 經驗的 分析

1. 所得分布를 利用한 方法('85년도 기준)

우리나라 월평균소득 35만원을 最少所得階層으로 잡은 85년도 所得分布는 아래와 같다.

먼저 R. Gibrat방정식에서 $1/\sigma(t_0) = a$ 로, \log

<表 6> 우리나라 所得階層別 所得分布

(85년도 기준)

X_a (만원)	a	Z_a (Y_i)	$X_a - X_0$	$\text{Loge}(X_a - X_0)$ (X_i)	(X_i)	$X_i * Y_i^2$
35	0.4740	0	-	-	-	-
40	0.5719	0.18	5	1.6094	2.5903	0.2897
45	0.6570	0.49	10	2.3026	5.3019	0.9210
50	0.7192	0.58	15	2.7081	7.3335	1.5707
55	0.7743	0.75	20	2.9957	8.9744	2.2468
60	0.8133	0.89	25	3.2189	10.3617	2.8648
70	0.8733	1.14	35	3.5553	12.6405	4.0531
80	0.9134	1.36	45	3.8067	14.4907	5.1771
90	0.9389	1.545	55	4.0073	16.0587	6.1913
계		6.8450		24.204	77.7512	23.3145

단, X_a =누적 월 소득
 X_0 =최소 소득층의 평균소득
 a =누적 확률

$e\{X_a - X_0(t_0) k(t_0)\}$ 를 X_i 로

$-\frac{\mu m(t_0) + \log_e k(t)}{\sigma(t_0)}$ 를 b로 치환하면($Z_a = Y_i$ 로)

식 (12)는 $Y_i = a + bX_i$ 의 일차식으로 변형시킬 수 있으며 최소 자승법에 의해 $a = 0.3876$, $b = -0.2818$ 을 도출할 수 있다. 그러므로 $1/\sigma(t_0) = 0.3876$, $\sigma(85) = 2.58$ 이 각각 구하여진다. 또한 $k(t) = 1$ 일때 $\mu m(85)/\sigma(t_0) = 0.2818$, $\mu m(85) = 0.7270$ 이므로 85년도의 R. Gibrat방정식은 다음 식(15)과 같이 유도된다.(단 $t_0 = 85$ 년도)

$$Z_a = \frac{1}{2.58} \log_e [X_a - 35k(t)] - \frac{0.7270 + \log_e k(t)}{2.58} \dots\dots\dots (15)$$

유도된 (15)식을 利用해서 먼저 85년도의 乘用車를 所有하는 階層의 平均所得을(X_a) 구해보면, 85년도는 인구 4105600명중 3118228명이 85년도 納稅義務者 이므로 乘用車 保有率 P는 (納稅義務者에 對한) 17.9%, Z_a 는 0.92이다. 그러므로 85년도의 乘用車를 保有한 平均所得層 X_a 는

$$0.92 = 0.3876 \log_e [X_n - 35] - \frac{0.7270}{258}$$

에서 $X_n = 90$ 이므로

85년도 現在 乘用車를 所有한 平均所得層은 월평균 90만원인 階層이 된다. t년후의 Z_0 인 식(12)에서 $t=2001$ 년일때 $k(t)=2.44^{19)}$ 이며 未來 2001年度の 乘用車 보유가구의 平均 所得 X_n 를 100만원²⁰⁾으로 잡을때 $Z_0=0.41$, 乘用車 保有率 $P=0.3409$ 의 結果를 各各 도출할 수 있다.

여기에서 將來 全體人口에 對한 納稅義務者 數를 15% - 20%로 잡을때 將來 乘用車 臺數는 256 - 341만대²¹⁾이다. 위의 結果를 要約하면 아래<表 7>과 같다.

<表 7> 所得分布를 利用한 未來 乘用車 臺數 예측

X_n	納稅義務者	乘用車臺數(천인당 對수)
100만원	15%(全體人口에 對해)	256만대(51.1)
	20%	341만대(68.2)

2. 自動車 保有率 曲線을 利用한 方法

1) Tongquist의 함수 제2형

<表 8>의 85년도 우리나라 所得分布를 살펴 보면 平均所得은 431183원이며, 기대치의 계는 5.87이다. 식(13)에서 乘用車保有水準 포화치 a를, 본 研究에서는 0.3(대/인)으로 보았으며 이때 85년도의 乘用車保有率은 85년도 총 9571361가구 와 乘用車 총 556659대에서 $P=$

0.06이 된다. 또한 우리나라 85년도 現在 1가 구당 인원수가 4.16인/가구 이므로 乘用車 保有率의 한계치를 1.25대/가구로 보고 85년도의 最少 乘用車保有可能階層을 월소득 30만원 수준으로 가정할때 85년도의 상수 b를 구해 보면 $b=230$ 을 도출할수 있으며 Tonquist방정식은 다음 식(16)과 같이 유도될 수 있다.

$$P = 1.25 * \frac{x - 30}{x - 230} \dots\dots\dots (16)$$

<表 8> 1985년 所得分布

(單位 : 원)

	평균소득 (X)	점유율 (a)	x-10만원	(P)	기대치 (a*b)
~10 만미만	55,317	2.1	0	0	0
10~15 만미만	122,438	3.75	22,438	0	0
15~20 만미만	170,838	6.26	70,838	0.01	0.06
20~25 만미만	219,462	9.94	119,462	0.02	0.20
25~30 만미만	270,263	12.34	170,263	0.03	0.37
30~35 만미만	318,745	13.01	218,745	0.04	0.52
35~40 만미만	370,805	9.79	270,805	0.05	0.49
40~45 만미만	419,482	8.51	319,482	0.06	0.51
45~50 만미만	470,677	6.22	370,677	0.07	0.44
50~55 만미만	520,221	5.51	420,221	0.08	0.44
55~60 만미만	573,066	3.90	473,066	0.08	0.31
60~70 만미만	643,303	6.00	543,303	0.10	0.60
70~80 만미만	742,213	4.10	642,213	0.11	0.44
80~90 만미만	840,888	2.55	740,888	0.13	0.33
90 만이상	1,250,721	6.11	1,150,721	0.19	1.16
계 (평균)	431,183				5.87

註 19) 그러므로 2001년도의 GNP를 5000 \$로 볼때

$$k(2001) = \frac{5000 \$}{2047 \$} = 2.44$$

20) GNP 增加에 反하여 自動車價格과 세제의 하락등을 고려해 볼때 未來 乘用車 保有階層은 월소득 100만원 대라고 보여진다.

21) 2001年度の 人口=50066(천인)

2001年度の 納稅義務者數=總人口의 15%로 볼때 7509900명

그러므로 7509900명 * 0.2743 = 206(만대)

納稅義務者 數를 20%로 볼때는 10013200명

總 乘用車數는 275만대

다음은 2001年度の 乘用車 保有率을 推定해 보자.

2001년도의 GNP를 5000\$로 잡았을 때 $k(t) = 2.4$ 이며 따라서 85年度の 所得分布는 2001年度에는 대략 2.44배가 늘어난 分布로 될 수 있을 것이다. 즉 2001年度の 平均所得은 약 105만원이며 기대치 합은 24.86이다. 全國 2001年度の 人口를 50066(천인)으로 보고 가구내 人口는 3.5~3.8인으로 가정할때 2001年度の 總 가구수는 13175263~14304571가구이며 總 가구수 * 기대치 = 總 乘用車 臺數의 관계에서 總 乘用車 臺數는 약 328만대~356만대이다.

<表 9> 2001년 所得階層

(單位 : 원)

	平均所得(x)	保有確率(P)	기대치
488,000 미만	331,396	0.01	0.12
488,000~ 610,000	535,487	0.10	0.99
610,000~ 732,000	659,442	0.15	1.85
732,000~ 854,000	777,738	0.19	2.47
854,000~ 976,000	904,764	0.24	2.35
976,000~1,098,000	1,023,536	0.27	2.30
1,098,000~1,220,000	1,148,452	0.31	1.93
1,220,000~1,342,000	1,269,339	0.34	1.87
1,342,000~1,464,000	1,398,281	0.37	1.44
1,464,000~1,708,000	1,569,659	0.41	2.46
1,708,000~1,952,000	1,811,000	0.46	1.89
1,952,000~2,196,000	2,051,767	0.50	1.28
2,196,000 이상	3,051,759	0.64	3.91
계(평균)	1,053,170		24.86

2) Gompertz 모델

Gompertz의 기본식에 필요한 매개변수 a, b 및 포화치 K를 알기위해 우선 각 구간의 Y_t 의 합을 구해보면<表 10>와 같다.

먼저 乘用車 保有台數의 포화치인 K를 구해보면 $K=99.6237$ 을 도출할 수 있으며 尙來 1991년, 1996년 및 2001년의 乘用車 臺數는 각각 $t=17$, $t=22$, $t=27$ 을 식(14)에 대입하여 算出

<表 10> Gompertz曲線의 매개변수 算出 計算表

년 도	t	乘用車保有率(천인당)	log Y	$\Sigma \log Y$
1975	1	2.39	0.8713	4.7049
1976	2	2.68	0.9858	
1977	3	3.45	1.2384	
1978	4	5.00	1.6094	
1979	5	6.43	1.8610	7.7220
1980	6	6.53	1.8764	
1981	7	6.91	1.9330	
1982	8	7.78	2.0516	
1983	9	9.54	2.2555	10.0745
1984	10	11.48	2.4406	
1985	11	13.56	2.6071	
1986	12	15.98	2.7713	

하면 아래와 같은 結果를 얻을 수 있다.

1991년 乘用車 臺數 $Y_{17} = 27.07$ (136만대)

1996년 乘用車 臺數 $Y_{22} = 38.34$ (192만대)

2001년 乘用車 臺數 $Y_{27} = 49.49$ (248만대)

이상과 같은 方式으로 우리나라 乘用車 臺數의 매개변수와 尙來 예측치를 정리하면 다음의 <表 11>와 같다.

<表 11> Gompertz모형에 의한 매개변수와 예측치

구 분	매 개 변 수			결 정 수 R2	예 측 치(대수/천인당)		
	K	a	b		1991	1996	2001
승용차	99.6237	0.0235	0.9297	0.9426	27.07 (136만대)	38.34 (192만대)	49.49 (248만대)

3. 회기분석을 利用한 方法

우선 乘用車 保有率에 影響을 줄 수 있는 요소들을 살펴보면 GNP(X1), 조세 부담율(X2), km당 인구밀도(X3), 인구에 대한 2, 3차 종업원 비율(X4), 도로의 타 교통이용율(X5), 도로 연장 km(X6), 연간 乘用車 維持費

用/個人所得水準(X7)등 總 7개 要素를 考慮해 보았고 컴퓨터 統計 패키지의 하나인 SPSS를 使用해서 검증 기준인 R²와 F.t Value를 기준으로 이상식을 유도해 보았다. 2001年度の 종속변수 Y와 독립변수 X간의 未來 추측치를 보면 <表 12>과 같다.

<表 12> 각 변수의 未來 예측치

	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7
1975	574	16.0	357.1	0.15	5.5	44,905.4	250
1985	2,047	18.6	414.1	0.25	7.3	52,264.1	144
2001	5,000	20.0	500.7	0.40	10.3	65,111.0	085

또한 각 변수의 75-78年間 過去增加趨勢는 <表 13>과 같다.

<表 13> 각 변수의 過去增加趨勢

	Y	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7
1	2.39	574	16.0	357.1	0.18	5.5	44,905.4	250
2	2.68	765	17.6	362.8	0.19	5.4	45,513.6	228
3	3.45	966	17.6	368.3	0.20	5.7	45,663.8	203
4	5.00	1,300	18.1	373.6	0.22	6.1	45,954.7	184
5	6.43	1,546	18.7	379.3	0.23	6.2	46,333.1	173
6	6.53	1,589	17.9	385.1	0.23	5.9	46,950.9	162
7	6.91	1,719	18.1	391.1	0.24	5.9	50,336.5	175
8	7.78	1,773	18.8	397.1	0.25	5.6	53,935.6	172
9	9.54	1,974	19.4	403.0	0.25	5.7	54,599.6	163
10	11.48	2,044	18.7	408.7	0.26	6.5	51,003.7	157
11	13.56	2,047	8.6	414.1	0.25	7.3	52,264.1	144

Y : 人口 천인당 乘用車 保有率

X1 : GNP(\$)

X2 : 租稅 負擔率

X3 : km²당 人口密度

X4 : 人口에 대한 2, 3차 從業員 比率

X5 : 道路의 交通 利用率

X6 : 道路 延長 km

X7 : 연간 乘用車 維持費用/個人所得水準

식 (13)과 식 (14)에 있는 資料를 통계패키지인 SPSS-PC를 使用해서 우리나라의 未來乘用車 保有水準을 나타내는 이상모형을 誘導해

본 結果 식(17)와 같은 結果를 얻었다.

$$\text{LN} \left[\frac{1}{Y+1} \right] = 35.20041 - 6.34480(\text{LN } X3) \dots \dots (17)$$

$$R^2 = 0.9874 \quad F = 0.000$$

이식에 X3=500.7을 대입하고 X=0.9~1.1인 경우의 민감도 分析을 해보면 X3=500.7, X7=0.9일 경우 Y=76.2559(380만대)이며 X3=500.7, X7=1.2일 경우는 Y=61.8733(310만대)이다. 위의 結果를 요약하면 (表 14)와 같다.

<表 14> 回歸分析에 따른 未來 乘用車 臺數

	X3=500.7	
	X7=0.9	X7=1.1
	76,2559 (380 만대)	61.8733 (310 만대)

X7 : 年間 乘用車 維持費用/個人所得水準

V. 方法의 比較

지금까지 乘用車臺數 推定에 3가지 方法을 各各 使用해 보았다. 이 3가지 方法은 各各 長短點을 가지고 있으며 그 長短點을 比較해 봄으로써 우리나라 與件에 알맞는 乘用車臺數 추정모형을 算出해 낼 수 있을 것이다.

지금까지 使用한 3가지 方法의 理論과 그 理論의 適用過程에서 誘出된 各 方法의 長短點을 比較한 結果는 <表 15>과 같다.

自動車 保有率 曲線을 利用하는 方法중 Tornquist 함수 제2형은 그 保有率 曲線이 英國의 事例에서 쓰인 것이라는 것을 고려해 볼때 우리나라에 適用해서 使用할 시에는 世심한 주의가 필요하며 원 공식에서 使用된 各 계수의 값이라든가 공식의 使用에 있어, 우리나라 與件에 맞도록 수정·보완해서 適用해야 할 것이다.

한편 Compertz 모델은 結果로 볼때 다소 過소추정되어 現實에 適用하기에는 무리가 있으며 나머지 所得分布와 回歸分析을 利用한 方

<表 16> 將來 乘用車 保有臺數 推定

豫 測 方 法			2001년도의 乘用車 臺數 (人口 1000인당 保有率)
所得分布를 利用한 方 法	Xa 100만원	納稅義務者 15%	256만대 (51.1)
		20%	341만대 (68.2)
自動車 保 有率 曲線 을 利用한 方法	Tonquist 함수 제 2형	가구내 인구 3.5(인/가구) 3.8(인/가구)	328만대 (65.5) 356만대 (71.1)
	Gompertz 모델		248만대 (49.5)
회 분	귀 석	X7=0.9 X7=1.1	380만대 (76.3) 310만대 (61.9)

cf) Xa = 將來 乘用車 保有 家口의 平均所得
X7 = 연간 乘用車 維持費用 / 個人所得水準(2001)

위 결과에 의하면 未來 2001년도의 乘用車 臺數는 거의 350만대에 이를것으로 보이며 全體 總車輛臺數는 650만대를 상회하는 水準이 될 것으로 예상된다. 한편 乘用車 保有臺數 推定에 使用한 모형중 Gompertz 모형은 結果치로 볼때 너무 過小推定되어 現實에 適用하기에는 다소 無理가 있으며 이에 반해 回歸分析을 利用한 方法과 Tonquist 함수 제2형이 將來 우리나라 乘用車 保有臺數를 예측하는데 適合한 方法으로 判斷된다.

參 考 文 獻

1. 國土開發研究院, 道路使用者 負擔調查,

1985. 12.
2. 交通開發研究院, 自動車 臺數 增加에 대비한 長·단기 對策, 1987.
3. 交通開發研究院, 都市別 걱정大衆交通手段開發計劃에 관한 研究, 1986. 12.
4. 韓國科學技術研究所 副設 地域開發研究所, 釜山直轄市 交通需要分析에 관한 研究, 1979. 10.
5. 經濟企劃院, 한국통계연보, 1975-1987.
6. M.J.H. Mogridge, "The Prediction of Car ownership", Journal of Transport economics and Policy, January 1967.
7. Paul Mullen, "Forecasting car ownership: a new approach", Traffic engineering & control, July/August 1977.
8. K.J.Button, A.S.Foukes, "Disaggregate and Aggregate car ownership Forecasting in Great Britain", Transportation Research, vol. 14A, No. 4, August 1980.
9. John Bates, High Gunn, "A Model of household car ownership", Traffic Engineering & control, December 1978.
10. 伊吹山 四郎 編者, 交通工學實務雙畫 -2 "交通量의 예측" 交通工學研究會
11. 運輸白畫 62年版 運輸省編 大省郎刷局 發行