

대한교통학회  
제2기 교통분석 고급과정  
강의 교재

# 교통모형의 탄력도 분석

홍익대학교  
교수 이인원

# 목 차

1. 탄력성의 정의
2. 탄력성의 분류
3. 탄력성 함수의 도출
4. 탄력성의 산출
5. 교통모형의 탄력도
6. 통행배분모형의 LINK상 탄력도
7. 맺는말

# 交通模型의 彈力度 分析

## 1. 탄력성의 정의

일반적으로 탄력성(elasticity)이란 독립변수  $x$ 에 따라서 변하는 종속변수  $y$ 가 있을 때,  $x$ 의 변화에 따른  $y$ 의 변화의 민감도를 측정하는 개념이다. 구체적으로  $x$ 에 관한  $y$ 의 탄력성  $e_{yx}$ 는 다음과 같이 정의된다.

$$e_{yx} = \frac{dy}{dx} / \frac{y}{x}$$

$x$ 의 변화에 따른  $y$ 의 변화 자체는  $dy/dx$ 만으로도 나타낼 수 있다. 그러나 이것은  $x$ 와  $y$ 를 어떠한 단위로 측정하느냐에 따라 수치가 달라지는 단점이 있다. 탄력성을 위의 식처럼 이중의 비율로 정의하는 것은 그렇게 함으로써 탄력도가  $x$  및  $y$ 의 측정단위와 무관한 무명수가 될 수 있기 때문이다. 그리하여  $e_{yx}=1$ 이며  $y$ 는  $x$ 의 변화율과 같은 백분비 변화율로 변하는 것을 나타낼 수 있게 되고,  $0 < e_{yx} < 1$ 이면  $y$ 의 변화가  $x$ 의 변화에 비해서 둔감한 것을 나타내게 된다. 물론  $e_{yx} > 1$ 이면  $y$ 는  $x$ 의 백분비 변화율보다 더 크게(즉 더 민감하게) 변하는 것을 나타내게 된다.

한편 탄력성의 값이 음수이면,  $y$ 의 변화방향은  $x$ 의 변화방향과 반대가 되는 것을 나타내며,  $e_{yx}=-1$ 이면  $y$ 는  $x$ 와 반대방향으로 변화면서, 그 백분비 변화율이 같은 경우가 된다.

교통수요예측모형에 있어서 독립변수  $x$ 는 교통시간, 교통비용등이 되며 종속변수  $y$ 는 트립(Trip)수 또는 수단분담율변화 등이 된다. 이에따라 독립변수  $x$ 가 증가하게 되면 교통수요가 줄어들게 되며 탄력성의 값이 음수를 갖게된다. 예를 들어서 지하철 요금을 인상할 경우 지하철 이용자수(또는 총 트립수)나 지하철 분담율은 줄게 되고 요금인상율에 따른 수요변화율이 음수인 탄력도를 갖게 된다.

## 2. 탄력성의 분류

수요의 요금탄력성은 요금의 독립적인 변화에 따른 수요의 변화민감도를 나타낸다. 요금에 대한 영향에는 자기요금의 변화에 따른 수요의 변화가 있을 수 있고 다른 요금의 변화에 따른 수요의 변화가 있을 수 있다. 이러한 요금탄력성은 다음과 같이 정의된다.

$$e_{xx} = \frac{\partial x}{\partial P_x} / \frac{x}{P_x}, \quad e_{yy} = \frac{\partial y}{\partial P_y} / \frac{y}{P_y}$$

$$e_{yx} = \frac{\partial y}{\partial P_x} / \frac{y}{P_x}, \quad e_{xy} = \frac{\partial x}{\partial P_y} / \frac{x}{P_y}$$

$e_{ij}$  : 요금탄력성 ( $i=x, y, j=x, y$ )

$x$  : x재의 수요

$P_x$  : x재의 요금

$y$  : y재의 수요

$P_y$  : y재의 요금

여기서  $e_{xx}$ ,  $e_{yy}$ 는 자기요금탄력성이고  $e_{yx}$ ,  $e_{xy}$ 는 교차요금탄력성이다. 이와같이 정의된 자기요금탄력성은 음수가 되고 교차요금탄력성은 양수가 된다. 즉 지하철 요금이 인상이 지하철 수요는 감소시키나(자기요금탄력성이 음수) 타교통수단이용자는 수요 전환으로 증가되기 때문에 교차요금탄력성이 양수가 된다고 볼 수 있다. 우리가 일반적으로 사용하고 있는 로-짓모형(Multinomial Logit Model)을 가지고 탄력도를 구하여 보면 다음과 같다.

$$e_{xx} = -0.424(1 - MS_x) \dots\dots\dots \text{자기요금탄력성}$$

$$e_{yx} = +0.424 \times MS_y \dots\dots\dots \text{교차요금탄력성}$$

여기서 MS는 시장점유율(Market Share)이며 로-짓모형에 대입하는 효용함수(Utility Function)를 Log-Linear로 한 경우이다.

실제 교통문제에 있어 요금탄력성을 계산하는 데는 여러가지 접근방법이 있다. 이들은 크게 점탄력성, 호탄력성, 중앙값 탄력성, 비선형 탄력성등이 있다.

○ 점탄력성(point elasticity)

점탄력성을 구하는 식은 다음과 같이 정의된다.

$$e = (\partial Q / \partial P) \times (P/Q)$$

실제로 점탄력성은 거의 측정되고 있지않다. 이것은 Q(수요 또는 승객)의 변화를 여러 요인의 변화(service level, exogeneous factors, secular growth)를 가지고 실제 측정할 수 없기 때문이다.

○ 호탄력성(line elasticity)

이 탄력성 값을 계산하는 방법은 요금 변화의 전과 후의 수요(승객)를 측정하여 이로써 탄력성을 구하는 방법이다.

$$e = [(Q_a - Q_b) / Q_b] / [(P_a - P_b) / P_b]$$

a : after (요금변화 전의 측정값)

b : before(요금변화 후의 측정값)

이 접근방법은 수요함수가 선형에 유사할때 실제로 탄력성 측정을 가능케 한다.

○ 중앙값 탄력성(mid-point elasticity)

이 방법은 위의 호탄력성의 단점을 보완하고자 제시된 것으로 두 변화의 변화점의 관계가(여기서는 요금과 이용자수의 관계) 쌍곡선 형태를 이룰때 적합한 방법이다.

$$e = \frac{(Q_a - Q_b)}{\frac{1}{2}(Q_a + Q_b)} / \frac{(P_a - P_b)}{\frac{1}{2}(P_a + P_b)}$$

위의 식에서 보여주는 것처럼 두 점의 평균을 사용하고 있다.

○ 비선형 탄력성(Non linear elasticity in arc elasticity)

비선형 탄력성을 구하는 식은 다음과 같다.

$$e = (\log Q_a - \log Q_b) / (\log P_a - \log P_b)$$

이것 또는 두 함수의 변화관계가 일반적으로 쌍곡선의 형태를 보인다. 1975년

Grey의 연구에 따르면 중앙값 탄력성과 비선형 탄력성의 값은 거의 같은 값을 갖는 것으로 나타났다. 다만 과거의 교통수요예측모형을 분석해 보면 요금의 하락시에 있어서 중앙값 탄력성보다 비선형 탄력성의 경우가 더 잘맞는 것으로 보고되고 있다.

### 3. 탄력성 함수의 도출

탄력성 함수는 일반적으로 교통수요모형을 편미분( $\frac{\partial y}{\partial x}$ ) 하고 이를  $y/x$ 로 다시 나누어서 구할 수 있다. 다음표는 다양한 수요함수에 대하여 도출된 탄력성 함수를 정리하며 본 것이다.

〈표〉 다양한 수요함수로부터 유도된 탄력성 함수의 형태

함수의 번호	수요함수의 형태	수요함수로부터 얻은 탄력성 함수의 형태
1.1	Logarimic or product $D = kF^{-a}$	$e = -a$
1.2	Exponential $D = k - bs \log F$	$e = -bF$
1.3	Linear $D = ke^{-bF^2} / 2$	$e = -bs(F/D)$
1.4	Half - bell $D = k - bF$	$e = -bF^2$
1.5	Linear log $D = ke^{-bF}$	$e = -bs(1/D)$
1.6	Log linear $\log D = k + bs(1/F)$	$e = -bs(1/F)$

우리가 가장 많이 사용하고 있는 로-짓 모형의 탄력도를 도출하여 보면 다음과 같다.

$$T_{ijk} = EMP_j \frac{P_i \exp[\alpha Y_i + \beta_{ijk} + \gamma C_{ijk} + \delta D_{iCBD} + a_1 X_1 + a_2 X_2]}{\sum_n \sum_m P_n \exp(\alpha Y_n + \beta_{njm} + \gamma C_{njm} + \delta D_{nCBD} + a_1 X_1 + a_2 X_2)}$$

Where  $T_{ijk}$  is the trip interchanges between  $i$  and  $j$  via mode  $k$ .

$EMP_j$  is employment in zone  $j$ .

$P_i$  is the number of residents of zone  $i$ .

$Y_i$  is the average household income of zone  $i$ .

$t_{ijm}$  is average door-to-door travel time from  $i$  to  $j$  via mode  $k$ .

$c_{ijk}$  is average door-to-door cost of travel from  $i$  to  $j$  by mode  $k$ .

$D_{iCBD}$  is air-line distance from zone  $i$  to CBD.

$X_1, X_2$  are mode specific dumm variables. If  $X_1=1$ , auto is used and if  $X_2=1$ , commuter rail is used, if both are zero then rail transit(CTA) is used.

$\alpha, \beta, \gamma, \delta$ , are coefficients co be obtained through calibration.

Under the linear utility function assumption, the sensitivity of travel demand with respect to the out-of-pocket cost changes is defined mathematically as follows:

$$\frac{\partial T_{ijk}}{\partial T_{ijk}} = \text{Prob}(i, j, k) [1.0 - \text{Prob}(i, j, k)] \cdot Y$$

Where  $\text{Prob}(i, j, k)$  is the joint choice probability that a worker in  $j$  will choose his place of home at zone  $i$  and will travel by mode  $k$ . As shown previously, it can be defined as:

$$\text{Prob}(i, j, k) = \frac{T_{ijk}}{\text{EMP}_j}$$

$\gamma$  is the coefficient of the out-of-pocket cost variable.

#### 4. 탄력성의 산출

탄력성의 산출은 로-짓 모형등을 정립(Calibration) 한후 도출된 파라메타(parameter)값을 통하여 전술한 탄력성 함수에 대입하여 구하는 방법과 실제조사를 통하여 도출하는 두가지 방법이 있다. 우리나라에서도 최근에 들어와서 이에 관한 연구가 활발히 진행되고 있는데 오석준(1992)이 도출한 탄력도를 소개하면 다음과 같다.

오석준(1992)은 통행행태의 변화를 분석하기 위해서 다음과 같은 로짓모형을 정립하여 탄력성을 분석하였다.(석사학위논문 참고)

확률선택모형 :

$$P_i = \frac{\exp U_i}{\sum_{i=1}^5 \exp U_i}$$

$i$ : 통행수단(승용차, 택시, 일반버스, 좌석버스, 전철)

효용함수( Utility Function)

$$U_1 = \alpha_1 IVTT + \beta_1 OVTT + \gamma_1 FARE + \delta_1 PARK + \epsilon_1 Dmode$$

$$U_2 = \alpha_2 IVTT + \beta_2 OVTT + \gamma_2 COST + \delta_2 Dmode + \epsilon_2 DDUM$$

IVTT : 차내시간

OVTT : 차외시간

FARE : 통행비용

PARK : 주차비용

COST : 총통행비용 = 통행비용 + 주차비용

Dmode : 수단특성 더미변수

DDUM : 목적지특성 더미변수

로짓모형의 직접탄력성은  $i$ 의 특성벡터인  $x_i$ 에 대해 편미분함으로서 구하였는데 모형을 통하여 계산된 탄력성은 다음과 같다.

〈표〉 교통수단별 직접탄력성과 교차탄력성

구 분	교통수단별 직접탄력성				승용차 및 택시의 교차탄력성		
	차내 시간	차외 시간	통행 비용	주차 비용	유류 비용	주차 비용	통행 요금
승용차	-0.1716	-0.0126	-0.0806	-0.2145	—	—	0.9557
택시	-0.3518	-0.1557	-0.7039	—	0.0458	0.2632	—
좌석버스	-0.4301	-0.2219	-0.0925	—	0.1079	0.4348	0.5383
일반버스	-0.3677	-0.2093	-0.0497	—	0.0948	0.4467	0.4807
전철	-0.1421	-0.1219	-0.0439	—	0.1910	1.0178	0.8525



실제조사를 통하여 탄력성을 계산하는 방법은 고속도로 요금인상이나 지하철 요금인상시에 시행될 수 있는데 참고로 연세대의 연구(1995)을 소개하면 다음과 같다.

< 표 > 통행료인상에 따른 교통량변화

요금인상일차	구간	교통량변화				기본요금 인상율
		승용차	버스	트럭	전차량	
79. 5. 1.	서울 - 인천	-2.8	-4.1	-9.0	-5.2	승용차 20% IC사용료 전차종 100원부과
80.10. 5.	서울 - 인천	-5.2	-40.5	-8.2	-8.6	전차종 평균28% IC사용료 200원
86. 9. 1.	서울 - 인천	-2.5	5.9	-1.7	-2.1	평균 10% 소형화물차(2.5t미만) 승용차 차종변경

자료 : 퇴계원- 동두천/ 퇴계원 -화도/ 하남-춘천/성남-양평 고속도로 SOC타당성조사, 연세대, 1995

한편 설문조사를 통하여 탄력성을 산출할 수도 있는데 홍익대의 연구(1995)를 소개하면 다음과 같다.

① 서해안 고속도로

이용요금을 인상하였을 경우 통행변화양상에 대한 설문에서 500원을 인상하였을 경우 서해안 고속도로의 경우 조사대상자의 43%가 현재대로 통행할 것으로 나타났다. 다른 고속도로로의 경로변경가능성도 1% 내외의 매우 낮은 수준을 나타내었다. 그러나 국도로의 경로변경가능성은 평균 23%로 요금인상에 따라서 경로변경가능성은 국도가 고속도로에 비해 월등히 높은 수준을 나타내었다.

승용차(1종)은 조사대상자들중 4.5%가 대체수단을 이용할 가능성이 있음을 알 수 있다. 화물차(2~5종)은 2종의 경우 2.17%, 4종의 경우 6%, 5종의 경우 6.59%가 각각 대체수단을 이용할 가능성이 있음을 알 수 있다. 물동량의 수단변경은 적재량이 다른 화물차로 변경하는 것이나 철로, 항만, 항공등 다른 수단을 이용한다고 볼 수 있다.

〈표〉 차종별 통행행태변화양상 : 서해안 고속도로의 경우

(단위 : %)

구 분	현재대로 통행	경인고속 이용	제2경인 고속이용	국도42번 이용	국도46번 이용	대체수단 이용	계
1종	56.06	1.01	6.06	16.67	15.50	4.55	100.0
2종	17.39	0.00	4.35	41.30	41.30	2.17	100.0
3종	52.00	0.00	4.00	36.00	36.00	0.00	100.0
4종	31.00	1.00	3.00	32.00	29.00	6.00	100.0
5종	38.20	2.25	6.74	23.60	23.08	6.74	100.0

② 제2경인고속도로

제2경인고속도로는 52%가 현재대로 통행할 것으로 회답해, 서해안 고속도로보다 높은 수치를 보였다. 이는 각 고속도로별로 현행요금수준과 징수체계가 다르기 때문인 것으로 분석되었다.

제2경인고속도로는 경인고속도로로의 경로변경가능성이 8%, 국도로의 변경가능성이 18%를 나타냈다. 이는 입지적 원인 등이 내재된 결과임을 알 수 있다.

〈표〉 차종별 통행행태변화양상 : 제2경인고속도로의 경우

(단위 : %)

구 분	현재대로 통행	경인고속 이용	서해안고 속이용	국도42번 이용	국도46번 이용	대체수단 이용	계
1종	57.14	14.29	2.86	11.43	8.57	5.71	100.0
2종	20.00	0.00	0.00	60.00	20.00	0.00	100.0
3종	75.00	0.00	0.00	25.00	0.00	0.00	100.0
4종	50.00	0.00	0.00	30.00	20.00	0.00	100.0
5종	57.14	0.00	0.00	28.57	14.29	0.00	100.0

③ 경인고속도로

경인고속도로는 조사대상자의 68%가 현재대로 통행할 것으로 나타나 다른 고속도로보다 높은 수준을 보였다. 현재 다른 고속도로가 요금수준이 높기 때문에 다른 고속도로로의 경로변경가능성은 1% 내외였다.

국도로의 경로 변경도 10%이하의 낮은 수준이었다. 경인고속도로에서는 다른 수단으로의 전환가능성이 8%로 다른 고속도로와 비교했을 때 약간 높은 수준임을 알 수 있다.

〈표〉 차종별 통행행태변화양상 : 경인고속도로의 경우

(단위 : %)

구 분	현재대로 통행	제2경인 고속이용	서해안고 속이용	국도42번 이용	국도46번 이용	대체수단 이용	계
1종	70.43	2.33	0.78	6.61	10.12	9.73	100.0
2종	72.22	0.00	0.00	5.56	22.22	0.00	100.0
3종	62.50	0.00	12.50	0.00	12.50	12.50	100.0
4종	60.00	0.00	0.00	6.67	26.67	6.67	100.0
5종	55.56	0.00	0.00	22.22	22.22	0.00	100.0

이상의 통행행태변화를 종합하여 보면 다음 〈표〉와 같다. 현재대로 통행할 비율은 경인고속도로, 제2경인고속도로, 서해안고속도로 순이었다. 다른 경로로 이동할 비율을 제3경인에서 경인고속도로로의 변경이 7.58%로 가장 큰 비율임을 알 수 있다.

〈표〉 각 고속도로 통행행태변화

(단위 : %)

구 분	현재대 로 통행	경인고 속이용	제2경인 고 속 이 용	서해안 고속도 로이용	국도42 번이용	국도46 번이용	대체수 단이용	계
경 인 고속도로	69.38	-	1.95	0.98	6.84	12.05	8.79	100.0
제 2 경인 고속도로	51.52	7.58	-	1.52	24.24	12.12	3.03	100.0
서 해 안 고속도로	43.01	1.08	0.87	-	21.86	23.59	4.80	100.0

#### ④ 탄력성의 계산

탄력성의 계산은 전술한 바와같이 호탄력성(Linear elasticity)의 계산과 비선형탄력성(Non-linear elasticity)의 계산으로 시행할 수 있다. 이상의 자료를 가지고 탄력성을 계산한 결과는 다음과 같다.

〈표〉 통행요금 500원 인상시 경로에 대한 직접탄력성과 교차탄력성  
: 경인고속도로의 경우

구분	직접탄력도	교차탄력도					계	
		현재대로 통행	경인고속 도로	제 2경인 고속도로	국도 42번	국도 46번		타수단
1종	차량	187	3	2	21	22	25	260
	탄력성	-0.449	0.019	0.012	0.129	0.135	0.154	
2종	차량	13	0	0	4	1	0	18
	탄력성	-0.444			0.356	0.089		
3종	차량	5	0	1	0	1	1	8
	탄력성	-0.600		0.200		0.200	0.200	
4종	차량	9	0	0	4	1	1	15
	탄력성	-1.120			0.767	0.187	0.187	
5종	차량	5	0	0	2	2	0	9
	탄력성	-1.244			0.622	0.622		
계	차량	219	3	3	31	27	27	310
	탄력성	-0.6341	0.021	0.021	0.216	0.188	0.188	

〈표〉 통행요금 1000원 인상시 경로에 대한 직접탄력성과 교차탄력성  
: 경인고속도로의 경우

구분	직접탄력도	교차탄력도					계	
		현재대로 통행	제 2 경인 고속도로	서해안 고속도로	국도 42번	국도 46번		타수단
1종	차량	126	3	1	32	31	68	261
	탄력성	-0.414	0.009	0.003	0.098	0.095	0.208	
2종	차량	12	0	0	4	0	2	18
	탄력성	-0.267			0.178		0.089	
3종	차량	5	0	1	0	1	1	8
	탄력성	-0.300		0.100		0.100	0.100	
4종	차량	6	0	0	6	1	2	15
	탄력성	-0.840			0.560	0.093	0.187	
5종	차량	3	0	0	3	3	0	9
	탄력성	-0.933			0.467	0.467		
계	차량	152	3	2	45	36	73	311
	탄력성	-0.552	0.010	0.007	0.156	0.125	0.253	

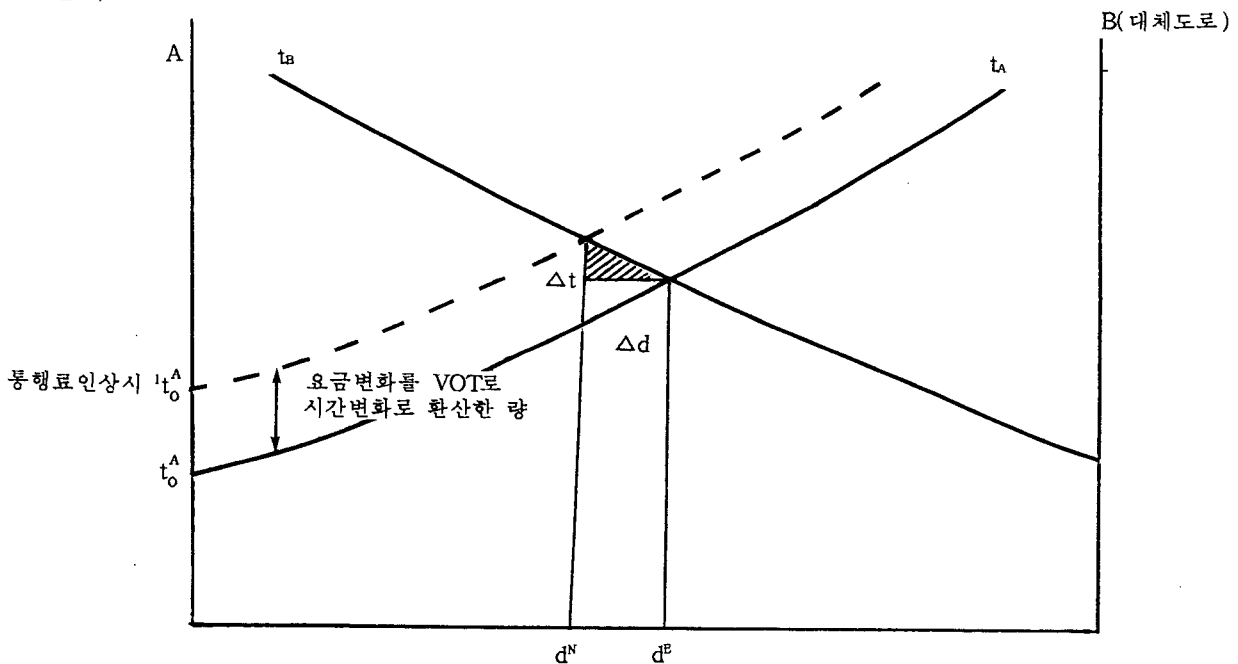
## 5. 교통모형의 탄력도 분석

4단계 교통모형을 놓고 교통시간과 교통요금변화에 따른 탄력도를 가름해 보면 다음 표와 같이 요약될 수 있다.

〈표〉 교통모형의 탄력성 분석

교통모형	탄력성 분석
통행발생모형	Cross-Classification이나 Regression Analysis時 모두 교통시간이나 교통비용의 변화를 고려하지 않아 탄력도 0
통행분포모형	Growth Factor Method등도 통행발생 모형처럼 탄력도 0. Gravity Model에 거리대신 Generalized Cost함수를 사용할 경우 탄력도 의미있음
수단선택모형	Logit모형의 탄력성에 대하여 많은 검증자료가 있으며 교통모형중 가장 훌륭하다 하겠음(즉 행태적)
통행배분모형	Equilibrium Assignment모형의 탄력도에 있어 의문이 큼. 따라서 Stochastic Assignment기법이 제시되고 있음.

Equilibrium Assignment 모형의 탄력도에 대하여 아직 국내에서 실증적인 연구사례가 발표된 바가 없으나 이론적인 관점에서 탄력도를 Graph로 제시하면 다음과 같다.



통행요금변화를 교통시간가치(VOT)를 가지고 시간변화로 환산한 다음 상기와 같은 평형분석 Graph에 대입하여 요금변화( $\Delta t$ )에 따른 통행량 변화( $\Delta d$ )를 가름하여 볼 수 있는데 대체로 관찰치보다 너무 높게 도출됨을 알 수 있게 한다. 즉  $\Delta t$ 가 변화가 크지 않음에도  $\Delta d$ 의 변화가 너무 커서 탄력도의 절대값이 1.0보다 클것으로 보인다.

대개가 절대값이 1.0보다 적은것이 보통이며 영국에서 평형모형의 사용경험을 놓고 토론한 경우등을 참작하여 볼때에도 많은 의심을 갖게 한다. 따라서 앞으로 평형모형에 관한 탄력도 연구가 우리나라에서도 활성화 되어야 하겠으며 이러한 검증없이 무리하게 평형모형을 Dynamic Assignment 모형으로 확대할 경우 큰 문제가 있으리라 판단된다.

Dial 모형등을 가지고 Route Choice 형태를 Stochastic Assignment할 경우의 탄력도는 수단선택모형과 유사하여지게 된다. 수단선택처럼 인식된 경로를 설정하고 선택케 한다면 통행세 징수등을 통한 교통수요 변화가 수단선택을 변화와 유사하게 도출 되어서 좋다. 따라서 앞으로 혼잡통행세 징수등을 통한 통행량 관리방안 연구등을 위하여 Equilibrium Assignment보다는 Route Choice 형태를 모형화하는 연구가 더욱 필요할 것으로 보인다.

## 6. 통행배분모형의 LINK상 탄력도

이상에서 고찰한 바와같이 Equilibrium Assignment 모형의 탄력도가 현실과 차이가 크게 있는 관계상 통행료 인상등의 영향을 보기 위하여는 대개 로-짓 형태의 모형을 가지고 교통량 변화를 분석하고 있다.(진삼현, 김성수박사. 학위논문 참조) BPR식을 가지고 두 곡선이 교차하는 점의 변화를 수요변화로 보기보다는 행태분석적이라 볼 수 있는 다항 로-짓 모형으로 분담율(이 경우 노선분담율)을 도출하고 그 변화를 가지고 수요변화를 도출하고 있는데 이 방법이 효과적으로 보인다. 그러나 주어진 기종점을 놓고 몇개의 경로를 가지고 선택할 경우는 확대하여 전체 O-D에 다수 경로에 적용할 경우 전산화와 계산상의 문제에 봉착하게 된다.

Assignment로 통행량을 누적하는 방향으로 이 문제를 극복할 경우 LINK 탄력성을 도출하여 보면 다음표와 같다. 각 O-D에 대하여 경로를 한정하고 다항 로-짓모

형으로 경로별 분담율을 구한다음 점진적으로 통행을 배분하여 본것(Stochastic Incremental Assignment)으로써 조사된 평균탄력도에 비교하여 LINK별로 매우 큰 차이를 보여주고 있다.

전체적인 탄력도 값의 평균치를 취할 경우는 의미가 있으나 LINK별로 볼때 아직 문제가 있다. 따라서 모형의 탄력성이 모형의 생명이라 한다면 앞으로 이 분야의 연구가 활성화 되어야 하겠으며 그때까지는 맹목적으로 모형 결과에 의존하기 보다 경험적 판단과 조사에 의한 보완이 절대적으로 필요할 것으로 보인다.

〈표〉는 경인고속도로의 요금을 500원 인상하였을 경우와 1000원 인상하였을 경우에 대한 탄력성을 비교한 것이다. 조사분석값과 모형의 시뮬레이션에 의하여 도출된 탄력성은 LINK별로 큰 차이를 보이고 있음을 알 수 있다.

〈표〉 경인고속도로의 요금인상에 따른 직접탄력성

LINK		LINK 탄력도		조사분석한 탄력도 평균치	
From Node	To Node	500원 인상시	1000원 인상시	500원 인상시	1000원 인상시
1669	2617	-0.515	-0.734		
1671	1675	-0.306	-1.389		
1673	1669	-0.747	-1.101		
1673	1672	-0.354	-1.012		
1673	1670	-1.284	-1.524		
1675	1695	-0.324	-1.287		
1693	1673	-0.899	-1.353		
1695	1699	-0.293	-1.181		
1695	1698	0.223	0.242		
1695	1700	0.000	0.000		
1697	1693	-0.946	-1.414		
1699	1718	-0.797	-1.742		
1699	1717	5.432	26.210		
1699	1719	3.819	-0.891		
1716	1697	-0.336	-0.897		
1716	1700	0.000	0.000	-0.631	-1.024
1716	1698	0.022	-0.076		
1718	1734	-0.657	-1.599		
1718	1733	-2.160	-2.160		
1718	1735	-2.160	-2.160		
1732	1716	-0.608	-1.555		
1732	1719	-0.604	-1.714		
1732	1717	-0.903	-1.857		
1734	131	-2.144	-0.870		
1734	134	0.406	-2.160		
1734	132	-0.610	-1.328		
1782	1818	-0.104	-0.320		
1782	1817	-2.160	-2.160		
1782	1819	-2.160	-2.160		
1784	1788	0.276	-1.513		
1786	1782	-0.570	-0.786		



〈표〉 경인고속도로의 요금인상에 따른 직접탄력성(계속)

LINK		LINK 탄력도		조사분석한 탄력도 평균치	
From Node	To Node	500원 인상시	1000원 인상시	500원 인상시	1000원 인상시
1786	1781	-0.403	-0.762		
1786	1783	-0.458	-0.642		
1788	2618	0.261	-1.506		
1818	1821	-1.596	-1.534		
1818	1822	1.115	0.672		
1820	1784	0.032	-1.560		
1820	1783	-0.749	5.444		
1820	1781	-0.764	-0.807		
1821	1843	-1.475	-1.378		
1821	1841	-2.160	-2.160		
1821	1842	-2.160	-2.160		
1823	1820	-0.077	-0.998		
1823	1819	-2.160	-2.160		
1823	1817	-2.160	-2.160		
1843	1908	1.098	1.496		
1843	1911	-2.160	-2.160	-0.631	-1.024
1843	1909	-2.160	-2.160		
1844	1823	-0.253	-0.665		
1844	1822	-0.440	-0.936		
1896	1910	0.140	-0.533		
1896	1909	0.105	1.576		
1896	1911	1.234	0.643		
1908	1897	1.713	2.323		
1908	1895	-0.313	-0.253		
1910	1844	0.275	-0.524		
1910	1842	-1.563	-1.312		
1910	1841	-0.227	-0.178		
2617	1786	-0.527	-0.743		
2618	1671	0.153	-1.533		
2618	1670	2.611	2.540		
2618	1672	8.331	-0.781		

## 7. 맺음말

우리는 교통여건변화에 따른 교통량 변화를 정확히 예측할 수 있어야 한다. 타분야보다 많은 모형을 사용하고 있는 이유도 이 때문이다. 본고에서는 가장 손쉬운 방법이라고 할 수 있는 탄력성 기법을 소개하고 우리모형들을 탄력성 관점에서 검토도 하여 보았다. 혼잡통행료징수의 영향을 분석하기 위하여 모두가 인정하는 Equilibrium Assignment을 활용못하고 왜 다항 로-짓 모형을 사용했는지 명쾌히 이해할 수 있기 바란다.

우리가 사용하고 있는 모형을 어느 상황에서건 탄력성이 현실에 가깝고 우수해야 하나 아직 멀었다는 점 부인할 수 없다. 교통모형들이 잘 Package化 되고 시판되고 있다고 해서 탄력성이 검증된 것은 아니며 모두 믿을 수 있는 것도 아니다.

이에따라 앞으로 더 좋은 모형이 개발 제시될 것인데 활동기반(Activity Base) 모형과 Stochastic Dynamic Assignment모형에 관하여 탄력성 검증을 염두에 두고 지켜보기 바란다.

탄력성 공식과 조사된 탄력도를 이용하는 방안은 앞으로 개선된 교통 모형이 모두 완성되기 전에도 우리가 사용할 수 있는 접근이라는 점이 다행이라면 다행이다.

따라서 이들 사용방안을 익히고 넓혀서 보다 좋은 교통분석을 하기 바라며 부주의로 실수없기 바란다. 탄력성과 같은 간편법을 손쉽게는 해도 항상 잘못 적용의 위험도 크다는 점을 마지막으로 지적하며 끝을 맺는다.