

도로교통통계의 정도개선에 관한 연구

조 규 석

1. 연구의 배경과 목적

도로교통과 관련한 사회·경제적 상황은 국제화, 정보화의 흐름 속에서 급속한 변화를 거듭하고 있다. 특히 도로교통의 본래의 기능인 편익제공과 더불어 환경과의 친화 등의 문제가 그 심각성을 더하고 있다. 도로교통정책은 이러한 변화에 적절히 대응한 정책 수립이 절실히 요구되고 있다. 도로교통통계는 물론 기록 그 자체만으로도 존재 가치를 갖지만, 주된 목적은 정책의 수립·결정 등에 가장 기초적이고 정확한 정보를 제공함에 있다. 따라서 도로교통에 관련한 사회환경이나 정책 동향에 따라 도로교통통계는 그 내용, 정도, 기록방식 등을 항상 검토하며, 필요에 따라서는 개선해 나아가야 할 것이다. 그러나 한편으로는 규제완화라는 사회조류 속에서 정부가 정책결정을 위해 개개의 기업이나 개인으로부터 정기적으로 많은 그리고 상세한 데이터를 얻는다는 것은 그리 용이하지만은 않다. 이러한 현실을 감안하여 도로교통에 관련하는 적절한 도로교통통계를 작성하기 위해 데이터의 내용, 정도, 통계의 체계 등을 중심으로 무엇이 필요한가를 검토하는 것은 대단히 의미있는 일로 생각되어진다.

본 연구는 이상의 문제의식에 기초하여 많은 교통관련통계 중에서 도로정비의 계획, 노면 내지는 교량 따위의 유지관리, 교통규제, 신호제어 등 운영계획과 각종 자동차로부터 발생하는 CO_2 , NO_x 등의 추계의 중요한 기초자료로서 이용되고 있는 교통량통계에 대해 ① 도로교통조사를 효율적으로 실시하기 위한 방법의 개발, ② 복수의 도로교통조사결과를 조합해서 이용하는 방법의 개발을 중심으로 데이터축적이 충분한 일본의 예를 들어 교통량통계의 정도개선수법 개발을 주된 목적으로 하고 있다. 본 연구는 그림 1.에 나타내듯 교통량의 변동특성 및 관측오차특성에 대한 검토와 그들을 고려한 조사방법, 조사결과의 이용방법에 대한 검토로 구성되어 있다.

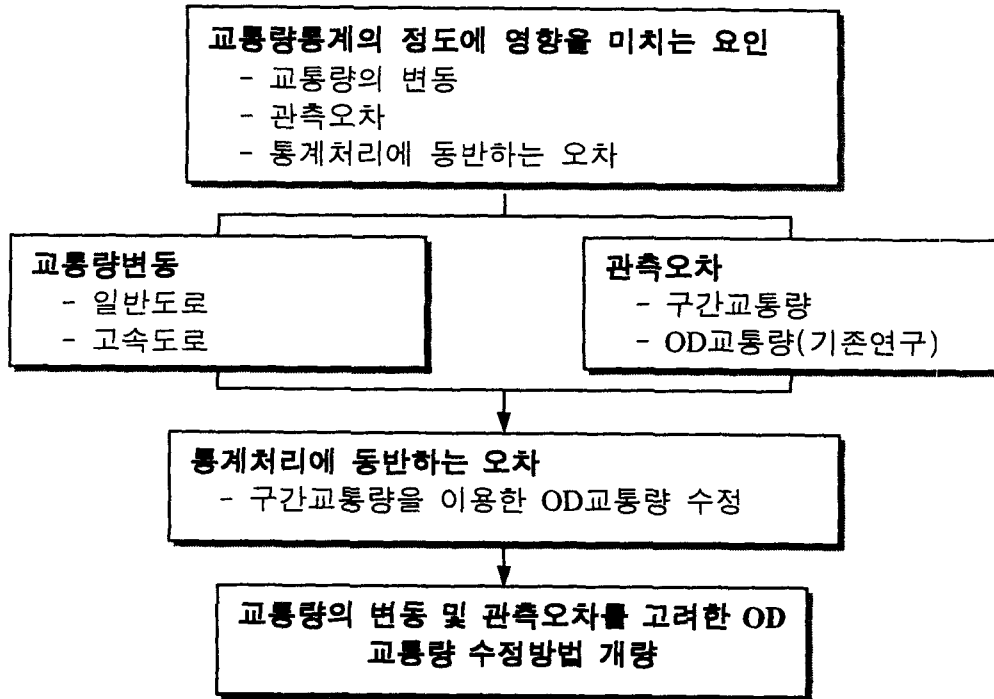


그림 1. 연구의 흐름

2. 연구 범위와 방법

(1) 연구범위

교통량통계의 일반적인 작성과정을 살펴보면, 그림 2.에서 처럼 교통량을 관측 기기 또는 조사원을 통해 관측하여, 그 결과를 적절한 방법으로 처리해 대표적인 특성을 나타내는 특성치를 산출하는 과정을 거쳐 작성되고 있다. 이 때 그림 2.에서 보아 알 수 있듯이 교통량통계의 정도에 영향을 미치는 주된 요인으로 교통량이 본래 갖고 있는 변동, 관측오차, 처리단계에서 발생하는 오차를 들 수 있다. 그러나 현재 이들에 대한 충분한 검토가 이루어지지 않고 있으며 피상적으로 무시 가능한 정도인 것으로 다루어져 왔다. 따라서 본 연구에서는 교통량통계의 신뢰성 확보를 위해 교통현상의 변동, 관측 오차, 처리단계의 오차의 특성 파악 및 적절한 처리방법에 대한 검토를 연구 대상으로 삼고 있다.

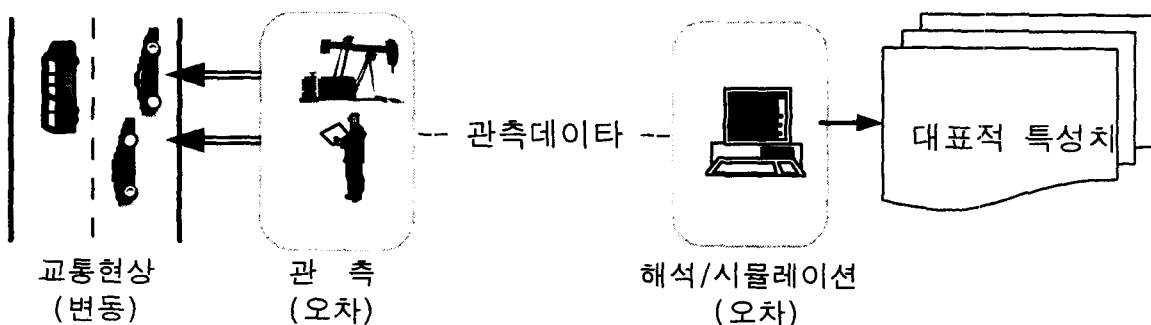
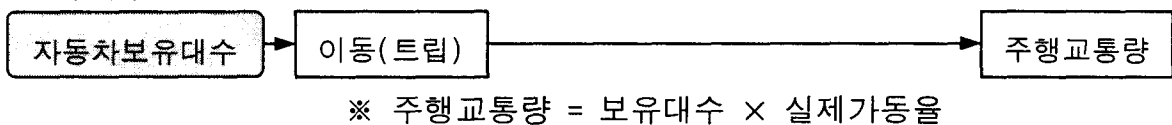


그림 2. 개념적인 도로교통량통계의 작성과정

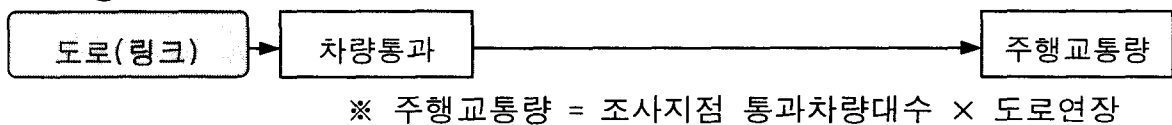
(2) 연구 방법

도로상의 교통량을 나타내는 지표의 하나로서 주행교통량이 있으나 이는 도로 교통에 관련한 환경부하량, 에너지소비량 등의 추계에 긴요하게 사용되고 있다. 일반적으로 주행교통량의 추계는 그림 3.에 나타내듯 ①보유대수, ②도로링크, ③ 트립, ④연료소비량을 기초로하는 4 가지의 방법이 널리 이용되고 있다.1)~4) 그러나 보유대수, 연료소비량을 이용할 경우 총체적인 주행교통량 파악은 용이하나 차량 한대한대가 어느 지역을 주행했는가 등에 관련한 상세한 정보는 얻을 수가 없다. 반면 도로링크, 트립을 이용할 경우는 주행공간 등의 파악은 용이하지만 조사 대 상이 방대하고 조사과정 및 처리과정에서 발생하는 오차에 대한 적절한 대처가 미흡하다. 따라서 여기서는 도로링크, 트립을 이용할 경우에 기대되는 정도의 분석·검토 및 정도향상 방안에 대해 검토한다.

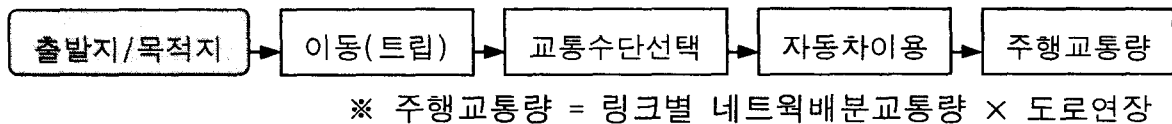
① 보유대수



② 도로링크



③ 트립



④ 연료소비량

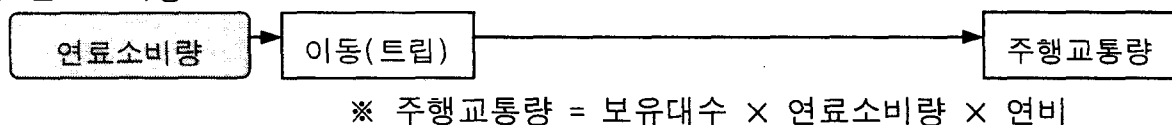


그림 3. 주행교통량의 추계방법

3. 교통량의 변동 특성

교통량은 시간적·공간적으로 변동하고 있으며 이 같은 변동이 어떠한 요인에 의해 어느 정도의 크기로 발생하고 있는가에 관한 정보는 도로의 효율적인 관리, 유지를 위해 대단히 유용하게 이용된다. 일교통량의 변동요인으로서 월변동, 주 변동, 요일변동 등 주기적변동이 알려져 있다.5) 여기서는 도교의 일반도로와 고속도로의 교통량데이터를 이용하여, 일교통량의 변동을 월, 주, 요일에 의한 주기변동과 불규칙적으로 변동하는 우연변동으로 구분하여 각각의 변동특성 및 그 크기

를 파악하였다.

(1) 변동의 정의

본 연구에서는 연간의 일교통량의 변동요인 중에서 월, 주, 요일의 3요인을 들어 이들 요인에 의해 도로 l 의 월 i , 주 j , 요일 k 의 일교통량을 다음과 같은 추계식으로 나타내기로 한다.

$$Q_{ijk}^l = \mu^l + \alpha_i^l + \beta_j^l + \gamma_k^l + \varepsilon_{ijk}^l$$

여기서, μ^l : 도로 l 의 연평균일교통량

α_i^l : 도로 l 의 월 i 의 변동량

β_j^l : 도로 l 의 주 j 의 변동량

γ_k^l : 도로 l 의 요일 k 의 변동량

ε_{ijk}^l : 도로 l 의 우연변동량

각 변동요인의 변동량은 연평균일교통량에 대한 편차로 주어진다. 따라서 $\sum_i \alpha_i^l = 0$, $\sum_j \beta_j^l = 0$, $\sum_k \gamma_k^l = 0$ 이 되며, 우연변동량에 대해서도 그 기대값 $E(\varepsilon)$ 은 0 이 된다.

(2) 각 변동량의 추계방법

- 월변동량

$$\alpha_i^l = l \text{ 도로 } i \text{ 월의 평균일교통량} - \text{연평균일교통량}$$

- 주변동량

$$\beta_j^l = \frac{1}{12} \sum_i (i \text{ 월 } j \text{ 주의 변동량})$$

단, i 월 j 주의 변동량 = i 월 j 주의 평균일교통량 - i 월의 평균일교통량

- 요일변동량

$$\gamma_k^l = \frac{1}{12} \sum_i (i \text{ 월 } k \text{ 요일의 변동량})$$

단, i 월 k 요일의 변동량 = i 월 k 요일의 평균일교통량 - i 월의 평균일교통량

(3) 사용데이터

사용데이터의 개요는 표 1.과 같다.

표 1. 데이터 개요

	일반도로	고속도로
조사실시년도	1995.4.1~1996.3.31(1년간)	1980.4.1~1997.3.31(18년간)
조사방법	상시관측장치(루프식차량감지기, 초음파차량감지기)	요금징수소 통과차량을 1일단위로 집계
조사지점	동경(東京)내 22개 지점 - 4차선도로 16지점 - 5차선도로 3지점 - 6차선도로 3지점	東京線 神奈川線
비 고	금번 데이터분석은 토요일 및 휴일, 연말연시, 하계휴가기간 등을 제외한 평일교통량에 대해 실시	

(4) 분석 결과

분석에서는 월변동, 주변동, 요일변동이 상호독립이고 주기적으로 변동한다는 가정하에 추계식을 이용했다. 이러한 추계식의 타당성 검토를 위해 수량화이론제1류를 통해 얻은 각 요인의 변동량과 비교검토를 실시했다. 비교검토에서는 일반적으로 이용되고 있는 월계수, 주계수, 요일계수와 비교가능하게 하기 위해 각각의 변동량을 각 지점의 연평균일교통량으로 나누고 1을 더해 각각의 계수를 산출했다. 6) 각 계수의 22지점 평균과 표준편차를 표 2.~표 4.에 나타낸다.

결과적으로 주변동에서 다소의 차이(각 달의 첫주와 마지막주의 날짜수의 불일치에 의한 영향으로 판단됨)가 보였을 뿐 거의 동일한 결과를 보이고 있어 추계 방법에 의한 영향은 작은 것으로 판단했다.

표 2. 수량화이론제1류와 추계식에 의한 월계수의 비교(일반도로)

월	평 균		표준편차	
	추계식	수량화	추계식	수량화
4	0.99	0.99	0.011	0.011
5	0.98	0.98	0.015	0.016
6	0.99	0.99	0.014	0.014
7	1.01	1.01	0.013	0.013
8	1.01	1.01	0.013	0.014
9	1.01	1.00	0.010	0.010
10	1.00	1.00	0.010	0.009
11	1.01	1.01	0.012	0.012
12	1.02	1.02	0.015	0.015
1	0.98	0.98	0.017	0.017
2	1.00	0.99	0.022	0.022
3	1.01	1.01	0.037	0.037

표 3. 수량화이론제1류와 추계식에 의한 주계수의 비교(일반도로)

월	평 균		표준편차	
	추계식	수량화	추계식	수량화
제1주	0.99	1.00	0.007	0.005
제2주	1.00	0.99	0.011	0.004
제3주	1.00	1.00	0.017	0.004
제4주	0.99	1.00	0.019	0.003
제5주	1.01	1.03	0.011	0.003

표 4. 수량화이론제1류와 추계식에 의한 요일계수의 비교(일반도로)

월	평 균		표준편차	
	추계식	수량화	추계식	수량화
월요일	0.97	0.97	0.013	0.013
화요일	1.00	1.00	0.004	0.004
수요일	1.00	1.00	0.007	0.007
목요일	1.01	1.01	0.004	0.005
금요일	1.03	1.03	0.006	0.006

① 변동 정도

- 일반도로 및 고속도로의 일교통량에 대해서 주기변동과 우연변동의 크기는 교통량의 크기에 관계없이 랜덤하다.(그림 4. 및 표 5. 참조)
- 일교통량에 대해서 주기변동이라 가정한 월변동, 주변동, 요일변동의 정도는 일반도로에서 총변동의 약 40%, 고속도로에서 총변동의 약 30%에 해당하며 나머지 60%, 70%는 우연변동으로 구성되어 있다. 또 각각의 변동의 크기는 지점(교통량의 크기)에 관계없이 확률적이라는 특성을 갖는다. 그림 4. 및 표 5. 참조)

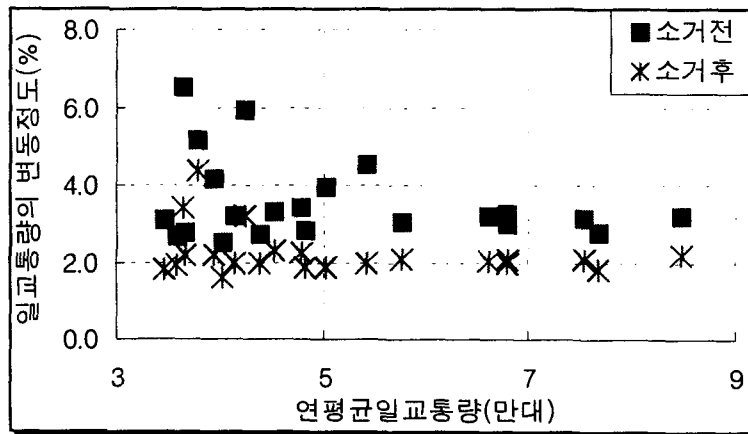


그림 4. 연평균일교통량과 일교통량의 변동정도의 관계(일반도로)

표 5. 일교통량의 변동 정도

구 분	연간의 일교통량변동	주기적 변동 (월, 주, 요일)	우연변동
일반도로	3.6%	1.4% (40%)	2.2% (60%)
고속도로	4.9%	1.6% (30%)	3.4% (70%)

주) ()안은 연간의 일교통량변동 중에서 주기적변동, 우연변동이 차지하는 비율

② 변동 특성

세개의 주기적 변동 중에서는 요일변동이 지점간의 산포정도가 작고 가장 안정된 패턴을 띠고 있으며 요일간 변동이 가장 크다.(표 4. 참조)

③ 지점간 관련성

- 일반도로 간의 일교통량 변동 관계는 양의 상관관계를 띠지만 그 상관정도는 그다지 강하지 않은 것으로 나타났다. 이것으로 미루어 일교통량의 변동은 지점에 의존하지않는 확률적인 현상임을 알 수 있다.
- 고속도로 간의 일교통량의 변동관계는 양의 상관관계에 있다.
- 일반도로와 고속도로 간의 일교통량 변동의 관계는 주기적변동 제거전이 상관계수 0.65 정도인데 반해 주기적변동 제거후는 0 에 가까운 무상관 관계에 있다. 즉 우연변동은 지점에 관계없이 확률적이라는 특성을 갖고있다.

표 6. 일교통량의 주기적 변동 제거 전후의 지점간 관련성(상관계수)

	일교통량의 주기적 변동 제거 전	일교통량의 주기적 변동 제거 후
일반도로간	0.58	0.43
고속도로간	0.83	0.81
일반도로와 고속도로간	0.65	-0.02

주) 각 도로 간의 상관계수는 조사지점의 조합에 대해서 얻은 상관계수의 평균.

4. 조사원의 관측오차 특성

도로교통량의 조사방법으로는 조사원이 도로의 한 단면을 통과하는 차량의 대수를 계수기 등을 이용해 관측하는 방법과 차량감지기 등과 같은 관측계기를 이용한 방법이 많이 이용되고 있다. 관측계기의 관측정도에 관해서는 검토사례가 있을 뿐아니라 조사정도에 대해서도 명확히 밝혀져 있다.7)-8) 하지만 조사원의 조사정도에 대해서는 거의 알려져 있지않다. 따라서 여기서는 통계적 방법을 이용하여 조사원의 조사정도를 산출하고, 조사정도가 갖는 통계적 성질과 조사정도의 크기에 영향을 미치는 요인에 대해 검토한다.

(1) 조사 정도(精度)의 정의

조사원에 의한 교통량조사에서는 도로단면을 통과하는 자동차 그 자체를 실제 대수보다 많거나적게 헤아리는 것에 의한 관측대수 그 자체의 오차와 관측대상 자동차의 차종판별의 과오에 의한 두 종류의 오차가 발생할 것으로 생각된다. 여기서는 두개의 오차가 서로 독립적으로 발생한다는 가정 하에 전자를 오차율1, 후자를 오차율2라 부르고 다음의 식과 같이 각각 정의한다.

$$\text{오차율 1 (\%)} = \frac{H - N}{N} \times 100$$

$$\text{오차율 2 (\%)} = \left(\frac{h_i}{H} \times 100 \right) - \left(\frac{n_i}{N} \times 100 \right)$$

여기서 N : 실제의 총교통량(대)

H : 조사원의 관측총교통량(대)

n_i : 차종별 실제교통량(대)

h_i : 차종별 조사원의 관측교통량(대)

i : 차종

(2) 관측오차에 영향을 미치는 요인

조사원에 의한 교통량조사에 동반하는 관측오차는 관측대상인 자동차대수의 많고적음과 분류하는 차종의 수(예를 들면 4차종으로 구분토록 관측시킨 경우와 9차종으로 구분토록 관측시킨 경우의 오차의 차이) 등에 관련한 관측대상 특성, 관측지점의 시야(예를 들면 2차선 보다 3차선이 시야가 나뉘 등), 관측시간(예를 들면 장시간 연속해서 관측할 경우 시간이 경과함에 따라 피로, 주의력 저하 등) 등에 관련한 관측환경 특성, 관측하는 사람의 주의력, 시력 등에 관련한 관측자 특성에 영향을 받을 것으로 생각된다.

여기서는 3가지의 특성을 구체적으로 나타내는 요인으로서 그림 5.에 나타내는 6가지의 요인을 들었다. 관측대상 특성으로서 관측대수(교통량), 분류하는 차종수의 두 요인을, 관측환경 특성으로서 차선수, 관측시간대, 날씨의 3요인, 관측자 특성으로는 관측자의 개인차를 나타내는 조사자이름을 들었다.

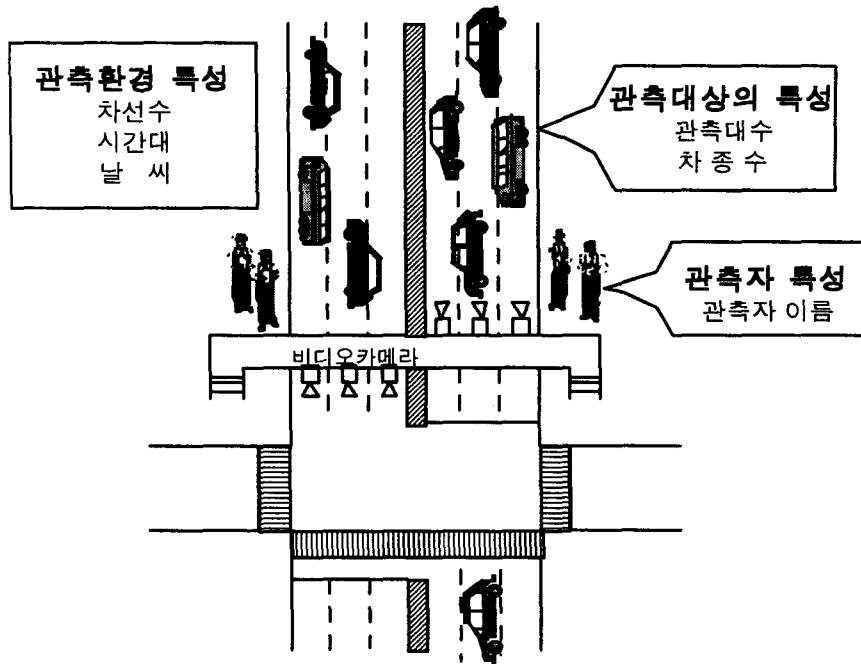


그림 5. 조사정도에 영향을 미치는 요인

(3) 분석 데이터

분석에는 東京都가 추진하고 있는 교통정책의 성과평가를 위해 실시하고 있는 교통량조사 데이터를 사용했다. 이 조사는 조사원에 의한 교통량조사 및 비디오카메라를 동시에 이용하여 조사하도록 東京都가 위탁한 교통조사 전문회사에 의해 조사된 데이터로서 조사개요는 다음과 같다.

① 조사실시일

조사일은 표 7.과 같다.

표 7. 조사실시일

조사실시일	(요 일)	날 씨
1994년 11월 9일	(화요일)	맑음
10일	(수요일)	맑음
11일	(목요일)	흐린뒤비
12월 7일	(화요일)	맑음
8일	(수요일)	흐린뒤비
9일	(목요일)	맑음

② 조사지점

- 동경(東京)내 일반도로 4지점.(편도 3차선 3지점, 편도 2차선 1지점)
- 비디오카메라는 통과하는 모든 차량이 촬영가능한 육교 등에 설치.

③ 조사시간대

- 각 조사지점에서 4 시간대에 대해 각각 20 분간 관측(표 8.참조)

표 8. 조사시간대

조사시간대	상행선	하행선
1	7:00~7:20	8:00~8:20
2	9:00~9:20	10:00~10:20
3	11:00~11:20	12:00~12:20
4	13:00~13:20	14:00~14:20

④ 조사원

- 각 지점 한 방향에 2명씩 배치(연인원 96명)하고 각각 조사하는 차종(승용차, 버스에 1명, 화물차에 1명)을 결정해 계수기를 이용해 조사. 조사일 1일은 4 시간대로 동일한 조사체제를 유지.
- 차종 판단기준은 기본적으로 번호판으로 하고, 번호판으로 분류가 불가능한 경우에 있어서는 사전 지시에 기초해 조사원이 판단.
- 조사원에게는 비디오카메라에 의한 조사는 자동차의 등록년도를 조사하기 위해 번호판 판독을 위함이라고 설명.(주된 목적은 앞에서 설명한 조사원의 조사정도 파악)
- 비디오카메라에 의한 조사결과는 조사 후 수 차례의 재생을 통해 오차가 발생하지 않도록 신중을 기했다.

(4) 분석 결과

① 오차율 1

분석한 결과, 조사원에 의한 관측오차는 근사적으로 정규분포에 따르고 있으며, 지금까지 「0」으로 가정되어 온 관측오차의 평균은 「0」이 아닌 음의 값을 취하는 경향이 강한 것으로 나타났다.(그림 6.와 표 9., 표 10.참조)

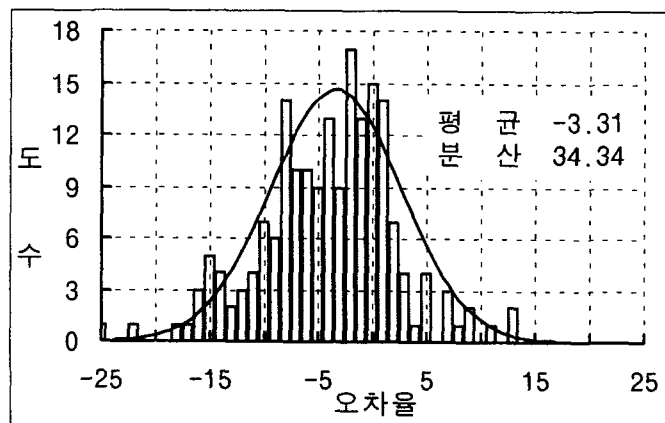


그림 6. 조사원에 의한 관측오차율 분포

표 9. 오차율 1의 정규성검정 결과

	카이자승	왜 도	첨 도
실 측 값		0.017	3.174
검정통계량	59.193	0.095	0.596
유의 확률	0.182	0.076	0.449

표 10. 「오차율 1의 평균 = 0」의 검정 결과

평균	분 산	t값	유의확률
-3.305	34.238	-7.673	1.000

또 관측오차에 영향을 미치는 주요 요인에 대한 분석 결과는 다음과 같다.

- 관측대수

여기서는 관측대수를 설명변수로 오차율 1을 종속변수로 두고 회귀분석을 실시했다. 회귀모델은 선형회귀모델, 비선형회귀모델을 각각 가정하고 결정계수 및 MSE(평균자승오차)를 이용하여 적용모델의 타당성을 검토했다. 그 결과 선형 회귀 모델이 적당한 것으로 밝혀졌다. 선형회귀모델의 추정결과를 그림 7.과 표 11.에 나타낸다. 그림 7.을 보면 오차율 1 과 관측대수 사이에는 강한 상관관계는 존재하지않으나 표 11.에서 알 수 있듯이 회귀직선의 기울기를 나타내는 회 귀계수 $b=0$ 의 가설검정결과에 의하면 기울기가 존재하는 것으로 나타났다. 이것은 관측 대수가 증가함에 따라 오차율 1 은 음의 방향으로 확대되어가는 경향을 띠고 있음을 의미한다. 이상의 결과로부터 관측대수는 오차율 1 에 영향을 끼치는 요인으로 판단된다.

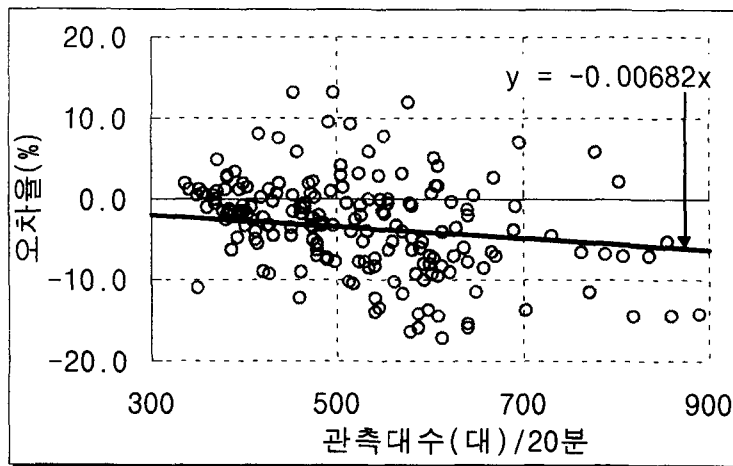


그림 7. 오차율 1 과 관측대수의 관계

표 11. 회귀분석 결과

유효표본수	회귀계수	t 값(b)	유의확률
185	-0.0068	-5.192	0.900

주) 회귀식 $y = bx$ (y 는 오차율 1, x 는 관측대수)

- 차선수

위에서 밝힌 오차율 1 과 관측대수의 관계를 이용하여 2차선과 3차선에서 각각의 경향에 차이가 존재하는지 그 여부에 대해 분석했다. 구체적인 분석방법으로는 먼저 2차선과 3차선으로 분류해 각각에 대해 관측대수와 오차율1을 이용하여 회귀분석을 실시하고, 회귀분석을 통해 얻은 회귀계수의 동일성 검정을 실시하는 방법을 취했다. 검정결과 2차선과 3차선의 각각의 회귀계수는 통계적으로 유의한 것으로 나타났으며(그림 8.참조), 그들의 동일성 검정결과는 다음과 같다.

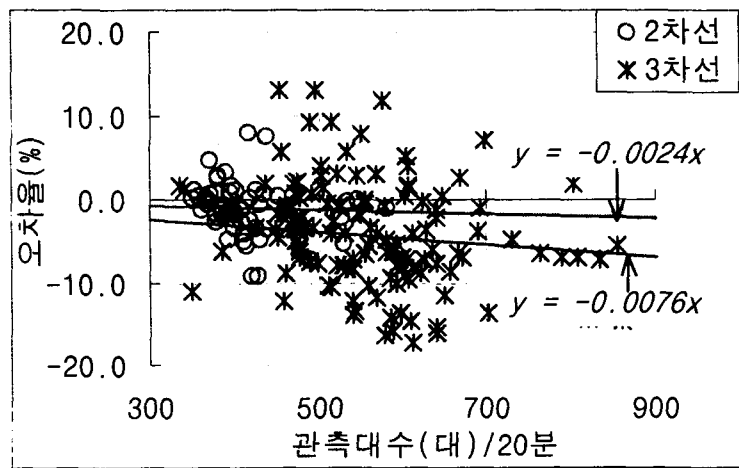


그림 8. 차선별 관측대수와 오차율 1의 관계

< 2차선, 3차선의 회귀계수 동일성 검정 >

- 가설 $H_0 ; b_2 = b_3$ or $b_2 - b_3 = 0$
 - t검정통계량
- $$t_0 = \frac{b_2 - b_3}{\sqrt{Var(b_2 - b_3)}} = 0.32$$
- 유의 확률 0.25

이상의 결과를 보면 두 회귀직선의 기울기가 동일하다는 가설의 유의확률이 0.25로 두 차선의 차이는 없는 것으로 판단된다.

- 시간대(관측개시로부터 경과시간)

상술한 바와 같이 본 조사는 1 일 4 시간대(4 회)에 걸쳐 관측을 실시하고 있어 관측개시(1 회째)시의 오차율 1 이 클 것으로 예상되며, 또 관측시간대가 경과 함에 따라 오차율 1 이 커질 것으로 예상된다. 따라서 여기서는 각 지점의 오차율 1 을 시간대별로 집계해 정규성을 확인하고 각 시간대의 조합에 대해 오차율 1 의 평균차 검정(t 검정)을 실시했다. 그 결과를 표 12.에 나타낸다. 결과는 표 12.를 보아 알 수 있듯이 관측개시시인 시간대 1 에 대한 그 이후 시간대(시간대 2, 3, 4)의 조합의 경우의 유의확률이 높게 나타나고 있다. 이것은 관측개시시의 오차율 1 이 높게 나타나고 있음을 의미한다. 그러나 시간대 경과에 따라 오차율 1 이 커지는 현상은 이번과 같은 4 시간대의 조사에서는 확인되지 않았다.

표 12. 시간대 경과에 따른 오차율 1 의 평균차 검정결과

시간대	1	2	3	4
1 (46)		-4.473 0.859	-1.283 0.801	-1.576 0.885
2□(47)			0.160□ 0.127	-0.151□ 0.120
3□(45)				-0.303□ 0.238
4□(47)	상단 t 값□ 하단	유의확률		

주) ()은 유효표본수를 나타냄.

② 오차율 2

자동차 배기가스량의 추계 및 도로노면 보수시기산정 등을 위해서는 교통량 뿐 아니라 차종구성비의 데이터가 필요하게 된다. 조사원의 관측결과로부터 구한 차종구성비가 실제의 차종구성비와 일치하지않는 이유로 첫째 차종판별의 과오를 들 수 있으며, 둘째 차종별 오차율 1 의 크기가 상이한 경우를 들 수 있다. 관측결과로부터 이 두 오차를 분리하기 위해서는 조사원이 통과하는 자동차 한대한대를 어떻게 관측하고 있는지에 관련한 정보가 필요하지만 여기서 사용하고 있는 데이터에서 그러한 정보의 입수는 불가능했다. 따라서 여기서의 분석은 조사원이 범하고 있는 차종별 오차율 1 이 동일하다는 가정 하에 차종판별의 과오의 크기와 성질에 대해 검토했다. 분석에서 얻은 주요 결과는 다음과 같다.

- 소형화물차류와 대형화물차류의 판단착오

소형화물차류와 대형화물차류 사이에서 발생하는 오차율 2의 산정결과를 표 13.에 나타낸다. 오차율 2의 평균이 0 이라는 가설은 신뢰도 90%에서 기각되어 두 차종간에 판단착오가 발생할 가능성을 시사하고 있다. 경향은 대형화물차를 소형화물차로 판단하는 것으로 그 크기는 약 0.71%정도이다.

표 13. 소형화물차류와 대형화물차류 사이에서 발생하는 오차율 2

차 종	평 균	분 산	t 값
소형화물차류	0.71	15.87	2.41
대형화물차류	-0.71	15.87	-2.41

- 소형화물차류내에서의 판단착오

소형화물차류를 경화물차, 소형화물차, 화객차(여객, 화물 겸용차)로 구분해 이 각각 오차율 2를 구했다. 결과를 표 13.에 나타낸다. 오차율 2의 평균이 0이라는 가설은 화객차의 경우 높은 신뢰도에서는 기각되지 않지만 경화물차, 소형 화물차의 경우에 있어서는 신뢰도 90%에서 각각 기각된다. 결과로 미루어 소형 화물차류 내에서의 판단착오의 가능성을 엿볼 수 있으며 그 경향은 경화물차, 화객차를 소형화물차로 판단하며, 그 크기는 경화물차 0.98%, 화객차 0.56%정 도이다.

표 13. 소형화물차류내에서의 오차율 2

차 종	평 균	분 산	t 값
경 화 물 차	-0.98	8.36	-4.50
소형화물차	1.54	24.14	4.15
화 객 차	-0.56	28.40	1.39

- 대형화물차류 내에서의 판단착오

대형화물차류를 보통화물차, 특수차로 구분해 산출한 오차율 2를 표 14.에 나타낸다. 오차율 2의 평균이 0이라는 가설이 신뢰도 90%에서는 기각되지 않는 결과로부터 두 차종간에 판단착오가 발생할 가능성은 희박한 것으로 판단된다.

표 14. 대형화물차류 내에서의 오차율 2

차 종	평 균	분 산	t 값
보통화물차	0.51	21.80	1.46
특 수 차	-0.51	21.80	-1.46

- 오차율 2에 영향을 미치는 요인

차종의 판단착오가 발생할 가능성이 높은 화물차류에 있어서 판단착오의 크 기가 어떠한 요인에 영향을 받고 있는지 검토했다. 요인으로는 교통량, 차선, 날씨, 시간대의 네 요인을 들었다. 교통량에 대해서는 오차율 2와 교통량의 상관 계수에 의해, 그 밖의 세 요인에 대해서는 요인별 오차율 2에 차이가 존재하는 지 그 여

부를 검토했다. 검토결과를 요약하여 표 15.에 나타낸다.

표 15. 오차율 2에 영향을 미치는 요인

구 분	교통량	차선수	날 씨	시간대
화물차류				
소형화물차류	-0.05	-0.05	-2.58	-0.97~1.86
대형화물차류	0.08	0.05	2.58	0.97~1.86
소형화물차류내				
경 화 물 차	0.07	0.70	2.88	-2.20~0.43
소형화물차	-0.01	-0.97	-2.85	-0.66~0.39
화 객 차	-0.03	0.52	-0.46	0.31~0.89

주) 교통량 : 오차율 2와의 상관계수

차선, 날씨, 시간대 : 요인별 오차율 2의 차이를 나타내는 t값

교통량과 오차율 2의 상관계수는 0.1 이하로 교통량이 끼치는 영향은 작다. 차선수는 차선수는 신뢰도 90%에서 판단했을 때 화물차를 크게 2분류 한 경우와 소형 화물차를 3분류 한 경우에 있어 각각의 오차율 2는 차선수에 의존하지 않고 일정하다는 가설이 기각되지 않는다. 날씨에 대해서는 화물차2분류의 경우 기각, 소형 화물차 3분류의 경우 화객차를 제외하고는 기각이라는 결과를 얻었다. 또 시간대에 대해서는 관측개시시간대의 오차율 2가 그밖의 시간대의 오차율 2와 동일하다는 가설을 신뢰도 90%에서 검토한 결과 화물차2분류에서는 기각되지 않았고 소형 화물차 3분류에서는 경화물차를 제외하고는 기각되지 않았다. 이 같은 결과는 날씨가 차종의 판단착오에 영향을 끼칠 가능성이 높은 요인임을 시사하고 있는 것으로 해석할 수 있다.

5. 도로교통량통계의 정도 개선수법

자동차의 주행량추계는 2장에서 설명한 방법 중에서 주로 도로교통조사로 부터 얻어지는 구간교통량(도로링크베이스)과 OD교통량(트립베이스)을 이용하는 방법이 널리 이용되고 있다.9)~10) 일반적으로 구간교통량의 정도(精度)는 OD교통량의 정도에 비해 높은 것으로 평가되고 있지만 관측대상인 도로구간이 방대하여 현실적으로 전수조사는 불가능하다.11)~12) 따라서 여기서는 구간교통량과 OD교통량 사이에 존재하는 OD교통량을 배분모델을 이용해 네트워크상에서 배분하면 구간교통량이 되는 성질을 이용하여 OD교통량의 정도를 향상시키는 수법에 대해 검토한다.(그림 9.참조)

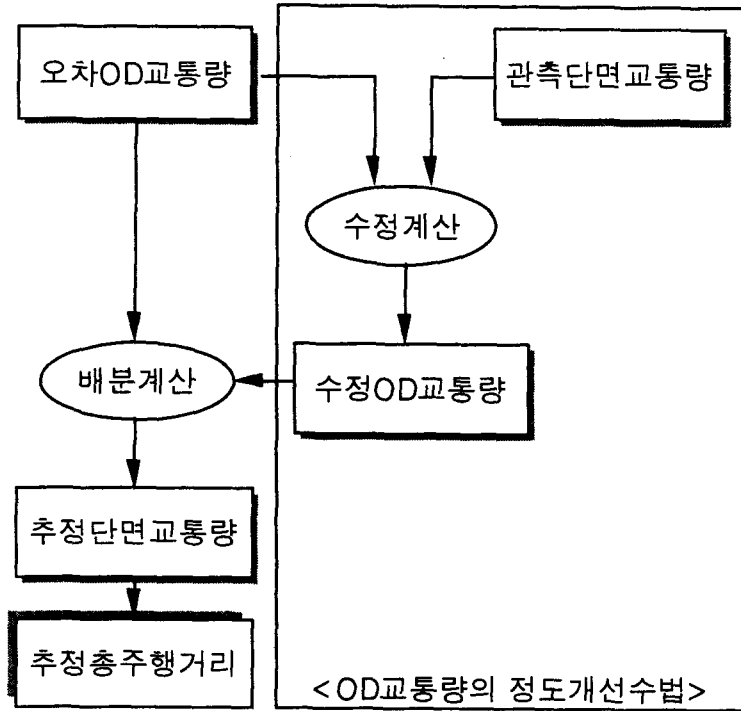


그림 9. OD교통량의 정도개선수법

(1) OD교통량의 수정모델

OD조사에 의해 얻어지는 OD교통량을 도로구간에서의 관측교통량을 이용해 수정하는 총잔차자승합최소모델이 비교적 정도가 좋고 관측지점수의 영향도 적게 받는 것으로 알려져 있다. 13)~26) OD교통량이 갖는 오차의 최소화에 대해서는 기존의 많은 연구결과가 있지만 여기서는 OD교통량이 갖는 오차의 특성을 고려한 수정을 통해 정도향상을 도모하는 수법에 대해 검토한다. 이상의 목적에 입각해 정식화하면 다음과 같다.

① 개선수법 1 (OD교통량이 갖는 조사오차가 랜덤한 경우)

목적함수

$$\begin{aligned} \text{Min } G &= \sum_l (V_l - V_l^*)^2 \\ &= \sum_l \left(\sum_i \sum_j O_i \cdot f_{ij} P_{lij} - V_l^* \right)^2 \end{aligned}$$

단, O_i : 존*i*로부터 발생하는 교통량

P_{lij} : 존*i*에서 존*j*로 이동하는 OD교통량이 링크*l*을 이용할 확률

l : 도로구간 (링크)

f_{ij} : 존*i*에서 존*j*로 이동하는 OD추이확률

V_l^* : 실제로 관측된 링크*l*의 교통량

② 개선수법 2 (OD교통량이 갖는 조사오차가 특정의 성질을 갖는 경우)

목적함수

$$\begin{aligned} \text{Min } G &= \sum_i (V_i - V_i^*)^2 \\ &= \sum_i \left(\sum_j \sum_j (X_{ij}^* + \alpha X_{ij} + \beta X_i + \gamma X_j) P_{ij} - V_i^* \right)^2 \end{aligned}$$

여기서, α, β, γ 는 발생·집중교통량 및 OD교통량들이 갖는 오차의 성질을 나타내는 파라메타로 한다.

(2) 시뮬레이션과 그 결과

본 연구에서는OD교통량의 정도에 대해서 가상의 네트워크 상에서 이용자균형배분원리를 이용하여 시뮬레이션을 실시했다. 근사계산에는 Frank-Wolfe알고리즘을 이용했다.

① 시뮬레이션방법

OD교통량의 수정계산은 OD교통량의 조사오차와 OD교통량수정에 이용하는 도로구간의 특성을 조합하여 실시했다.(표 16. 참조)

표 13. 시뮬레이션방법

		OD수정에 이용하는 도로구간의 추출방법		
		랜덤추출	작은 순 추출	큰 순 추출
OD교통량의 조사오차 특성	랜덤오차			
	경향오차			

② 분석대상의 네트워크

분석대상의 네트워크를 그림 10.에 나타낸다.

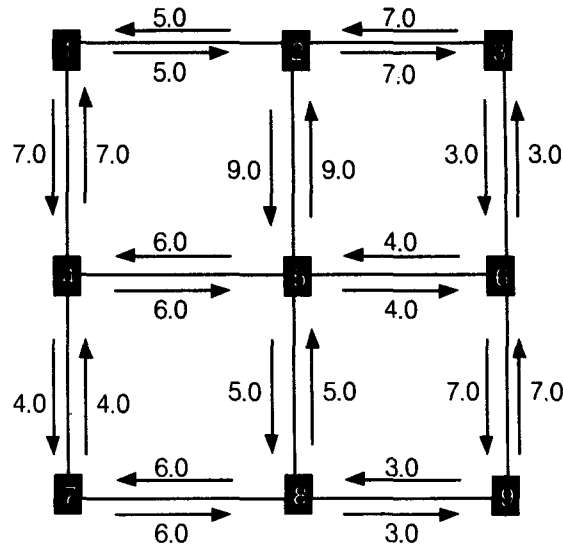


그림 10. 분석대상의 네트워크

③ 분석결과

OD교통량 수정은 OD교통량이 갖는 오차가 랜덤한 경우와 특성의 성질(예를 들면 오차 크기는 링크거리에 비례한다 등)을 띠는 경우를 가정해 각각의 개선방법에 대해 그림 10.에 나타내는 가상의 네트워크상에서 시뮬레이션을 통해 검증하였다. 네트워크에 있어서 오차(랜덤오차 또는 경향오차)를 포함하고 있는 OD교통량을 실제의 구간교통량이 기지라는 가정 하에 전구간의 70%를 이용하여 OD교통량을 수정했을 때 얻은 정도의 변화를 그림 11.과 그림 12.에 나타낸다.

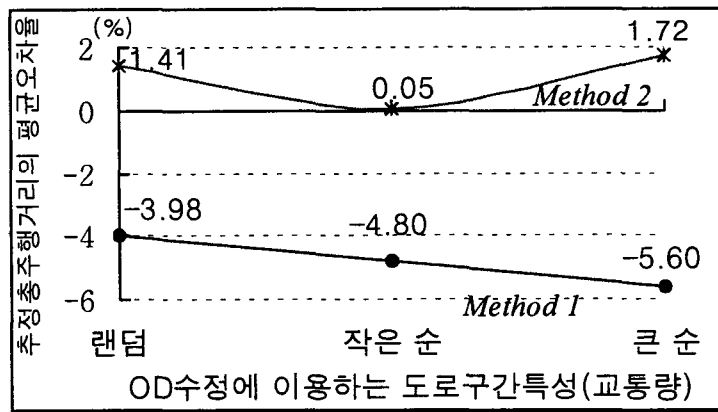


그림 11. OD교통량의 수정정도(精度)

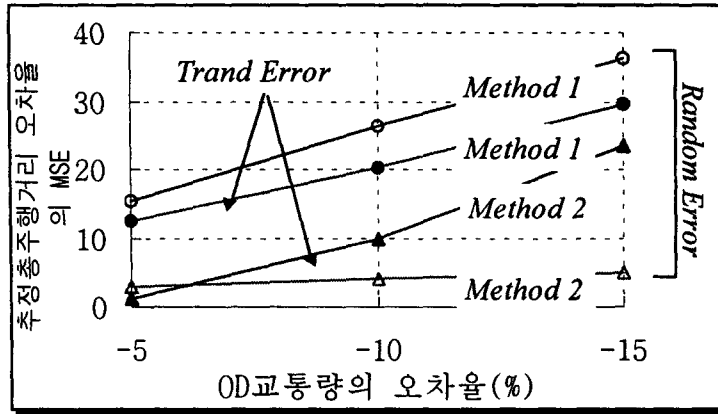


그림 12. OD교통량 수정에 이용하는 도로구간 특성과 정도

결과는 오차를 갖는 OD교통량에 의해 추계되어지는 총주행량(km)는 실제로 이용곤란할 정도로 과소평가되는 경향이 강하다. 그러나 구간교통량을 이용한 OD교통량의 수정을 통해 정도의 개선 가능성을 시사하고 있다. 특히 OD교통량의 오차 특성을 고려한 개선수법이 유효한 것으로 나타났으며, OD교통량의 오차가 링크거리에 비례한다라는 특성을 갖는 경우에 있어서는 교통량이 작은 링크를 이용한 수정이 보다 효과적인 것을 그림 12.가 보여주고 있다.

5. 결론

본 연구의 분석결과에 기초하여 앞으로도 도로교통통계조사가 도로교통정책입안에 적절한 정보원으로서 유효하게 기능하도록 하기 위해 고려해야 할 사항을 요약하면 다음과 같다.

- (1) 도로교통통계 작성의 기초가 되고 있는 교통조사와 이를 기초로 작성하는 통계를 교통현상특성을 충분히 고려해 명확히 구분할 것.
- (2) 현재 도로교통통계 작성에 이용되고 있는 교통조사방법 및 추계방법의 개선.
 - 조사원에 의해 조사된 교통량에는 무시할 수 없는 관측오차가 존재한다는 전제 하에 이것을 줄이기 위한 방법, 예를 들면 조사원의 사전훈련방법 및 지도방법 등의 검토를 통해 조사매뉴얼로서 정비할 필요가 있다.
 - 회수율 향상을 위한 방법, 예를 들면 회답자 전원에게 조사결과 및 정량적으로 평가되는 적절한 인센티브방법의 개발.
 - 미기입항목의 적절한 처리방법의 개발.
 - 회답자에 의한 바이어스종류와 그 성질의 파악, 그리고 이를 기초로한 처리방법의 개발.
 - 정도가 상이한 복수의 교통조사결과를 조합하여 이용하는 방법의 개발.
- (3) 새로운 사회적 요구에 부응하기 위한 방법의 개발

도로교통에 관련하여 새롭게 요구되어지고 있는 대표적인 사회적 요구로서는, 첫째 도로교통으로 인해 발생하는 CO₂를 포함한 환경부하량의 적절한 추계를 위한 대응과, 둘째 도로의 효율적인 운용관리, 유지, 보수의 실현을 위한 대응을 들 수 있다. 이와 같은 사회적 요구에 부응하기 위해서는, 전자의 경우 현재 파악되고 있는 평균적인 교통량과 속도 뿐만 아니라 분포, 교통체증 등의 적절한 파악이 필요하며, 후자에 대해서는 일단위의 교통상황 뿐만 아니라 시간단위의 교통상황이 파악되어야 하며, 신뢰성과 효율성을 고려한 파악방법의 개발이 대단히 시급하다 할 수 있다.

참 고 문 헌

1. 鹿野 正人 : 「平成 2 年度道路交通センサス」, 道路交通經濟, 1992-1 No.58, pp.61~81, 1992
2. 建設省道路局監修 : 「道路交通經濟要覽」, (財)道路經濟研究所道路交通經濟研究會, 1994
3. 國土廳, 運輸省, 建設省 : 「第 2 回全國幹線旅客純流動調査報告書」, 1997
4. 建設省 : 「第 2 回全國パーソントリップ調査報告書」, 1993
5. 飯田恭敬, 高山純一 : 「高速道路における交通量變動特性の統計分析」, 高速道路と自動車, 第 24 卷第 12 號, pp.22~32, 1981
6. 大藏泉 : 「交通工學」, コロナ社, pp114~116, 1993
7. 科學警察研究所 : 「車輛感知器による計測量の評價について」, 科學警察研究所 報告, Vol.12 No.1, 1971
8. 伊藤功他 : 「高速道路管制システム '車輛感知器データ處理裝置」, National Technical Report Vol.34 No.4, 1988
9. 東京都 : 「都内自動車交通量及び自動車排出ガス量算出報告書」, 1992
10. 環境廳大氣保全局大氣規制課 : 「窒素酸化物總量規制マニュアル」, 公害研究對策センター, 1993
11. 鹿島 茂 : 「OD調査の現狀と動向」, 交通工學, Vol.23 増刊號, pp.11~16, 交通工學研究會, 1988
12. 原田 昇 : 「交通行動調査のバイアスに関する研究のレビュー」, 交通工學, Vol.24 No.5, pp.73~79, 交通工學研究會, 1989
13. 桑原 雅夫 : 「交通量配分手法の統計的検討」, 交通工學, Vol.23 No.2, pp.17~25, 交通工學研究會, 1989
14. M. Van Aerde, S.Yagar and E.R. Case : 「A Review of Candidate Freeway-Arterial

Corridor Traffic Models」 Transportation Research Record 1132, pp.53~65

15. 井上 博司：「交通調査データだけを用いる OD 交通量推計法」, 第 3 回土木計画 研究発表講演集, pp.277~282, 土木學會, 1981
16. 井上 博司：「交通量調査資料を用いた OD 交通量の統計的推計法」, 土木學會論文報告集, 第 332 號, pp.85~94, 土木學會, 1983
17. 井上 博司：「スクリーンライン調査による OD 表の精度の検定および OD 表の修正法」, 交通工學, Vol.12 No.6, pp.11~19, 交通工學研究會, 1977
18. Van Zuylen, H. J. and Willunsen, L. G. : 「The Most Likely Trip Matrix Estimated from Traffic Counts」, Trans Res.-B, Vol.14b, No.3, pp.281~293, 1980
19. 高山 純一, 飯田 恭敬：「周期的變動を考慮した観測交通量による交通需要推計法」, 土木計画研究論文集, Vol.4, pp.43~50, 土木學會, 1984
20. 河上 省吾, 陸 化普：「観測リンク交通量に基づくモード別交通需要推定モデルとその適用性の検討」, 土木學會論文集 No.458, pp.45~54, 土木學會, 1993
21. Extra Hauer, and B-Y. Tom. Shin : 「Origin-destination matrices from traffic counts application and validation on simple systems」, TRAFFIC ENGINEERING & CONTROL Vol.20 No.1, pp.118~121 , 1981
22. Extra Hauer, E.Pagitsas, and B. T Shin : 「Estimation of Turning flows automatic counts」, Transportation Research Record 795 , pp.1~7 , 1981
23. Linda J. Mountain , and Paul M. Westwell : 「The accuracy estimation of turning flows from automatic counts」, TRAFFIC ENGINEERING & CONTROL Vol.20 No.1, pp.118~121 , 1981
24. 飯田 恭敬：「観測路上交通量を用いた部分道路網の結合による道路網交通需要推計法」, 交通工學, Vol.13 No.2, pp.3~14, 交通工學研究會, 1978
25. Mazen I. Hassounah : 「Modeling air pollution from road traffic : a review」, TRAFFIC ENGINEERING & CONTROL , pp.510~514 , 1994
26. C. S.Fisk : 「TRIP MATRIX ESTIMATION FROM LINK TRAFFIC COUNTS;THE CONGESTED NETWORK CASE」, Transpn.Res. -B Vol.23B No.5, pp.331~336, 1989