

시공간 GPS자료를 활용한 연속차량 3대의 차량추종모형 파라미터 추정과 차량틴팅의 영향분석

Three-Car following model parameter estimation and vehicle tinting impact analysis using time-space GPS data

김 혜 원* 이 청 원**
(Hye-Won Kim) (Chung-Won Lee)

요 약

운전자는 바로 앞에서 주행하는 차량과 그 앞에서 주행하는 차량에 영향을 받는다는 것은 일반적으로 알려져 있다. 앞차를 통해서 그 앞차까지도 볼 수 있는 경우에는 해당차량에 대해서도 반응을 하면서 운전을 한다고 추정되며 이러한 추종모형을 Three-Car-Following Model이라고 한다. 차량군에서 가장 뒤에 따라가는 운전자의 가시권 확보가 차량틴팅에 영향을 받으므로, 모형의 파라미터도 영향을 받게 될 것으로 추정되며, Three-Car-Following Model이 가정하는 운전자는 앞차, 그리고 또 그 앞차의 주행상태에 반응한다는 것을 반증하는 결과가 될 수 있다.

이에 본 연구에서는 Three-Car-Following Model의 파라미터를 추정하고, 차량의 틴팅정도가 달라질 때, 파라미터값이 어떻게 달라지는지에 대한 분석을 수행하였다.

RTK GPS를 통해 수집된 자료를 이용하여 3대 차량간의 가시광선 투과율별 민감도 및 γ 분석을 시행하였으며, 통계적 검증을 통해 운전자가 바로 앞에 주행하는 차량뿐만 아니라 그 앞에서 주행하는 차량에도 영향을 받는다는 것을 확인하였다. 또한, 틴팅으로 가시광선 투과율이 낮아지면 가시권이 줄어들고, 이로 인해 앞차량들의 운전행태에 더욱 민감한 반응을 보이는 것으로 확인하였다.

차량의 틴팅정도에 따라 교통류의 용량에 미치는 영향분석에 관한 연구는 향후 과제로 남긴다.

Key words : 차량추종모형, 틴팅, RTK-GPS, 민감도, 운전행태

Abstract

Driving directly in front of the driver of a vehicle driving in front of the vehicle and it is commonly known is affected. Responding to the car in front of the driver and the vehicle in front, and these follow the model is known as Three-Car-Following Model. Platoon vehicles to follow behind the driver's visibility is affected by the a tinted vehicle, and Parameters of the model is estimated to be affected also.

In this study, in Three-Car-Following Model parameters were estimated, and the parameter values differ about whether and how analysis was performed by the level of Visible Light Transmission Percentage.

RTK GPS receiving data through field experiment analyzed based on sensitivity of three car by Visible Light Transmission Percentage and γ . And With statistical verification of driving directly in front of the driver in front of the vehicle and that the moving vehicle is influenced also confirmed. Also Visible Light Transmission Percentage is lowered, the vehicle in front of the driver's behavior showed sensitive reactions.

In the further need to research for influence analysis of traffic flow capacity by the level of VLT.

Key words : Car-following model, Tinting, RTK-GPS, Sensitivity, Driving behaviors

† 본 연구는 2010년도 서울시립대학교 연구년교수 연구비로 수행하였습니다.

* 주저자 : 서울시립대학교 교통공학과 박사과정(정희원)

** 공저자 및 교신저자 : 서울시립대학교 교통공학과 교수(정희원)

† 논문접수일 : 2011년 6월 23일

† 논문심사일 : 2011년 7월 20일

† 게재확정일 : 2011년 11월 8일

I. 서 론

1. 연구의 배경 및 목적

운전자들이 앞차에 따라 감속을 반응하면서 운전한다는 것은 익히 알려져 있다. 이러한 근거하에 출발한 추종모형은 두 차량간의 움직임을 잘 설명하는 모형이다.

그러나 앞차를 통해서 그 앞차까지도 볼 수 있는 경우에는 해당차량에 대해서도 반응을 하면서 운전을 한다고 추정되며 이러한 추종모형을 **Three-Car-Following Model**이라고 한다. 이때 가장 뒤에 따라가는 운전자의 가시권 확보가 차량틴팅에 영향을 받으므로 모형의 파라미터도 영향을 받게 될 것으로 추정되며 만약 파라미터값이 틴팅에 따라 합리적인 형태로 변화한다는 의미는 결국 **Three-Car-Following Model**이 가정하는 운전자는 앞차, 그리고 또 그 앞차의 주행상태에 반응한다는 것을 반증하는 결과가 될 수 있다.

이청원의(2009)[1]은 GM의 Linear모형을 이용하여 차량 2대간의 민감도 분석을 통해 선두차량의 선팅이 후방차량에 미치는 영향을 분석한 바 있다. 그러나 이는 연속적으로 주행하는 2대 차량간의 영향만을 분석하였다.

이에, 본 연구는 Lee, C et al(2010)[2] 논문에서 수집된 자료를 활용하여 3대 차량간의 영향을 고려한 **Three-Car-Following Model**의 파라미터를 추정한다. 또한, 앞 차량들의 틴팅정도가 달라질 때, 추종 차량들의 파라미터값이 어떻게 달라지는지 분석해 본다.

Three-Car-Following Model의 파라미터 추정은 국내외 문헌에도 사례가 거의 없으며, 틴팅수준에 따른 영향분석은 최초의 연구로 판단된다.

2. 연구의 범위 및 수행방법

본 논문에서는 3대 차량간 차량틴팅정도에 따른 영향을 분석하기 위하여 Lee, C. et al.[2]의 수집자료를 이용하여 분석을 시행하였다.

Lee, C. et al.[1]에서는 일산 자유로에서 3대의 차량에 가시광선 투과율별 틴팅지를 부착하고 자료수집을 위해 RTK-GPS 장비를 설치하여 0.1초 단위의 자료를 수집하였다.

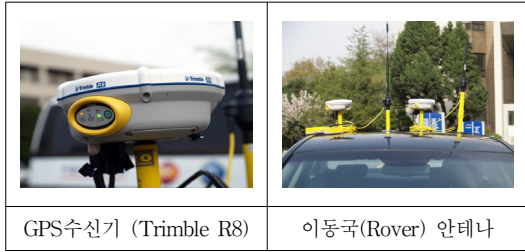
〈표 1〉 현장조사 개요
〈Table 1〉 Summary of the Experiment

항목	내용	비고
조사 기간	2009.4.18~19	· 오전7시~오후5시(일출후~일몰전)
조사 장소	경기도 일산시 자유로 (이산포IC~문발IC)	· 연속류(5차로) · Stable Flow · 3대의 차량이 전체 교통류의 흐름을 대변 할 수 있어야 함
기상 조건	맑음	· 노면상태 양호, 전방시야 양호
조사 대상 장비	Trimble사의 R7, R8	· RTK-GPS(자료수집단위 0.1초)
조사 차량	NF 소나타 3대	
조사 인원	-	· 운전자3, 탑승자3명(data수집) · 기준국 관리자1명



〈그림 1〉 실험 내용 및 준비
〈Fig. 1〉 preparation of the Experiment

RTK-GPS 장비는 RTK GPS 장비는 GPS수신기, GPS안테나, 라디오 모뎀과 라디오모뎀 안테나로 구성된 기준국과 GPS수신기와 라디오 안테나로 구성된 이동국으로 구성되어 있다.



자료: 강중호외(2009)[3]

〈그림 2〉 이동국(Rover) 장비의 구성
〈Fig. 2〉 Components of Rover



자료: 강중호외(2009)[3]

〈그림 3〉 기준국(Base station) 장비의 구성
〈Fig. 3〉 Components of Base station

3. 수집된 자료의 속도, 차두거리, 가속소음분석

다음의 분석결과는 Lee, C. et al.[2]에서는 수집된 자료의 속도, 차두거리, 가속소음 분석결과를 인용하였다.

1) 차량속도의 변화

실험별 세 차량의 추종상태를 확인하기 위해 차량의 평균통행속도에 대해 분석하였다. 실험별로 평균통행속도의 차이는 약 1.2~1.7km/h로 추종차량은 선두차량을 성실하게 추종했음을 나타낸다.

〈표 2〉 통행속도 분석
〈Table 2〉 Analysis of travel speed

투과율	차량1	차량2	차량3
70%	69.3km/h	69.3km/h	69.2km/h
30%	68.2km/h	68.2km/h	68.1km/h
0%	67.0km/h	67.2km/h	67.1km/h

2) 차두거리의 변화

가시광선 투과율에 따른 차두거리 분석결과, 1번째~2번째 차량, 2번째~3번째 차량 각각의 평균 반응시간은 가시광선 투과율 70%일 19.1m, 21.7m, 30%일 20.4m, 22.9m, 0%일 21.5m, 24.3m로 분석되었다.

〈표 3〉 차두거리 분석
〈Table 3〉 Analysis of distance headway

구 분	1번째~2번째 차량			2번째~3번째 차량		
	최소	최대	평균	최소	최대	평균
70%	13.9	23.8	19.1	15.1	26.5	21.7
30%	16.4	26.8	20.4	19.3	28.9	22.9
0%	17.8	28.2	21.5	20.1	31.2	24.3

3) 가속소음의 변화

가시광선 투과율에 따른 평균 가속소음 분석결과, 1번째~2번째 차량, 2번째~3번째 차량 각각 가시광선 투과율 70%일 0.083m/sec², 0.092m/sec², 30%일 0.124m/sec², 0.146m/sec², 0%일 0.161m/sec², 0.195m/sec²로 분석되었다.

〈표 4〉 가속소음 분석
〈Table 4〉 Analysis of acceleration noise

구 분	1번째~2번째 차량			2번째~3번째 차량		
	최소	최대	평균	최소	최대	평균
70%	0.002	0.315	0.083	0.004	0.384	0.092
30%	0.008	0.369	0.124	0.010	0.425	0.146
0%	0.010	0.633	0.161	0.012	0.717	0.195

기존연구에서 Chendler[4]는 실험을 중심으로 추종차량간의 가속소음은 0~0.15의 분포를 가진다고 하였다. 또한, Herman[5]은 local stability 이론을 설

명하기 위해 속도를 달리하여 2가지 case로 실험을 하였으며 case별 가속소음의 평균값을 0.3~0.5로 제시하였다. 또한, 이청원[6]은 GPS를 이용한 실험을 통해 가속소음 값을 0.58~0.82로 제시하였다.

본 연구에서는 가시광선 투과율 70%, 30%, 0% 각각 0.083~0.092, 0.124~0.146, 0.161~0.195로 기존연구 결과의 범위인 0~0.5에 포함되는 것으로 나타났다.

II. 기존연구 및 관련문헌 고찰

1. 차량추종모델 관련 연구

Pipes는 안전거리로 앞차를 추종하는 차량은 차량 한 대 길이 정도의 거리를 두는 것이 바람직하다고 하였다. 이 모형에서는 속도가 증가할수록 최소안전 차두거리는 증가하며, 최소안전 차두거리의 감소는 교통량의 증가는 최소안전 차두거리가 감소한다고 하였다[7, 8].

GM 연구진은 광범위한 현장실험을 병행하였으며, 미시적 교통류 이론과 거시적 교통류 이론을 수학적으로 연결하였다. 추종이론은 반응은 민감도와 자극에 의하며, 이 형태를 이용하여 총 5개의 추종 모델을 개발하였다[4, 8].

Forbes는 추종차량이 감속을 위한 반응시간을 차량 추종의 행태로 접근했다. 차간시간은 반응시간보다 크거나 같으며, 최소차두시간은 반응시간과 앞차가 차량의 길이만큼 주행하는 시간의 합이라 하였다[9].

Gurusinghee et al.에서는 RTK-GPS를 이용하여 차량추종행태를 실험하였으며, 전통적인 방법으로 수집한 자료와 비교하였다. GPS로 수집된 data의 정밀도는 전통적인 방법으로 인한 자료보다 우위에 있으며, 운전하는 동안의 상대속도와 가속소음과의 상관성으로 반응시간 보여준다고 하였다, 운전자 개개의 반응시간은 차량군을 따라 변화하며, 반응시간 분석결과, 0~3.0초의 범위를 가지며, 평균값은 1.5초로 제시하였다[10].

Ranjitkar et al.은 RTK-GPS를 이용한 현장자료 수집을 통해 차량군의 안정성을 분석하고자 하였으며, 차량추종 실험은 10대의 자가용을 이용하여 테스트

트랙에서 시행하였다. 민감도의 추정치와 반응시간에 대한 상관성은 높으며, 평균 반응시간은 1.27~1.55초, 평균 민감도값은 0.42~0.69로 제시하였다[11].

Tanaka et al. GM 차량추종의 안정성이론은 차량군이 불안정상태라면 속도와 차두거리는 후미차량으로의 진동폭은 증가한다고 하였다 또한, 차량군에서의 속도와 차두거리의 변화폭 증가로 인해 앞에 있는 차량보다 후미의 차량은 위험에 노출된다고 하였다[12].

Herman et al.에서는 3대의 차량을 이용하여현장실험을 통해 민감도를 분석하였다. α_1 과 α_2 에 따라 γ 값을 산출하며, 3번째 차량은 γ 값이 0에 가까울수록 2번에 차량에 의해 영향을 받으며, 무한대에 가까울수록 1번째 차량에 영향을 받는다고 하였다[13]. 그러나 본 논문에서는 모형만 제시되어 있고 실제 현장자료를 이용하여 추정한 결과는 없으며, 실제로는 앞차가 그 앞차의 주행행태과 관련성이 있는 바. 관련된 연구가 필요할 것으로 판단된다.

2. 국내외 틴팅관련 규제현황

1) 국외현황

외국의 경우 많은 국가가 운전자의 시야 확보를 위해서 자동차 안전기준에 자동차 창유리의 가시광선 투과율에 대하여 규정하고 있다.

외국의 경우 미국의 대도시를 포함하는 주(New York, California, Washington)는 가시광선 투과율 70%, 캐나다는 주별로 45%~70%를 규제기준으로 설정해 놓고 있다. 또한, 영국은 운전선 좌우측 유리의 가시광선 투과율 40%, 호주에서는 주별로 35%~70%로 규제기준이 크게 양분되는 등의 가시광선 투과율에 대한 최저기준은 각국마다 다르다. 이처럼 많은 국가들은 운전자의 시야 확보를 위해서 자동차 창유리의 가시광선 투과율에 대하여 규정하고 있다.

2) 국내현황

우리나라 도로교통법 제49조 제1항 제3호를 보면 “자동차의 앞면 창유리 및 운전석 좌우 옆면 창

유리의 암도(暗度)가 낮아서 교통안전 등에 지장을 줄 수 있는 정도로서 가시광선의 투과율이 대통령령이 정하는 기준 미만인 차를 운전하지 아니할 것. 다만, 요인경호용·구급용 및 장의용(葬儀用) 자동차는 제외한다.” 고 규정되어 있다. 그리고 동법 시행령 제28조에 의한 운전이 금지되는 자동차 창유리의 가시광선 투과율은 앞유리 70%미만, 운전석 좌우 옆면 창유리 40%미만으로 규정하고 있다[14].

3. 차량틴팅관련 연구

장일준은 차량 시뮬레이터를 활용한 실험분석 결과, 가시광선 투과율이 40% 이하로 낮아지면 운전자의 조작반응성이 현저히 낮아진다고 하였다. 또한, 여론조사에서는 운전자들이 생각하는 적정 틴팅 암도 규제기준은 가시광선 투과율 40% 수준으로 나타났다[15].

강희섭외은 틴팅이 교통안전 관점에서 야간 운전자의 후방시각에 어떠한 영향을 주는지를 검토하고 정량화를 위해 차광필름의 농도에 따른 운전자의 후방물체 식별능력을 로지스틱 회귀분석방법을 이용하였다. 분석결과, 야간환경에서의 틴팅은 운전자의 후방물체 식별능력을 유의하게 저하시켜 신호대기, 주차상황에서의 사고위험을 증가시킨다고 하였다[16].

이청원은 틴팅정도로 교통류의 변화가 올 수 있다는 개연성을 가속소음 분석 등을 통해 확인하였다[17].

강종호외는 과도한 틴팅차량이 후미차량에 영향을 미쳐 용량감소로 나타난다는 가설을 세워 현장실험을 통해 분석하였다. 차두거리, 가속소음 등의 분석을 통하여 선두차량의 틴팅정도가 높아질수록 교통류의 불안정성이 높아지는 것을 확인하였다[3].

이청원외는 반응시간과 민감도는 선두차량의 틴팅정도가 클수록 후방차량에 미치는 영향이 더 커지며, 후미차량일수록 위험도가 커진다고 하였다[1].

III. 수집자료를 활용한 민감도 분석

1. 분석개요

연속류상에서 운전자는 앞차와의 거리가 좁아지

면 안전을 위해 속도를 줄이게 되며, 반대로 거리가 멀어지면 가속을 하게 되는 등의 운전행태를 나타내게 된다. 이러한 앞차의 변화에 따라 운전행태를 따라가게 된다는 이론이 차량 추종이론이다.

추종이론의 반응은 민감도와 자극에 의한다는 형태를 기본으로 하고 있으며 이를 바탕으로 5개의 GM 모형들이 개발되었다.

일반적으로 적용되는 GM의 모형들은 Linear model로 2대 차량간의 형태만은 분석하게 된다. 그러나 틴팅차량의 주행특성상 3대의 차량군의 후미차량은 2번째 차량 뿐만 아니라 1번째 차량도 영향을 미치게 된다. 이에 Herman et al[13]은 3대 차량을 이용하여 1번째 차량과 2번째 차량에 의한 3번째 차량의 민감도를 분석하고자 하였다.

따라서 본 연구에서는 Lee, C et al[2]에서 수집된 자료를 이용하여 다음의 모형 적용을 통해 분석을 시행하였다.

$$x_{n+2}''(t+T) = \alpha_1 [x_{n+1}'(t) - x_{n+2}'(t)] + \alpha_2 [x_n'(t) - x_{n+2}'(t)]$$

여기서, x_{n+2}'' : 2번째 차량의 가속도

α_1 : 2번째~3번째 차량간의 민감도

α_2 : 1번째~3번째 차량간의 민감도

$x_n'(t)$: t시간에서의 1번째 차량의 속도

$x_{n+1}'(t)$: t시간에서의 2번째 차량의 속도

$x_{n+2}'(t)$: t시간에서의 3번째 차량의 속도

2. Three-Car 모형 민감도 분석

1) 민감도 분석

가시광선 투과율에 따른 3번째 차량의 평균 민감도 분석결과, 2번째 차량에 의한 민감도 값(α_1)은 가시광선 투과율 70%일 때 0.32sec-1, 30%일 때 0.43sec-1, 0%일 때 0.56sec-1, 1번째 차량에 의한 민감도 값(α_2)은 가시광선 투과율 70%일 때 0.09sec-1, 30%일 때 0.12sec-1, 0%일 때 0.20sec-1로 분석되었다.

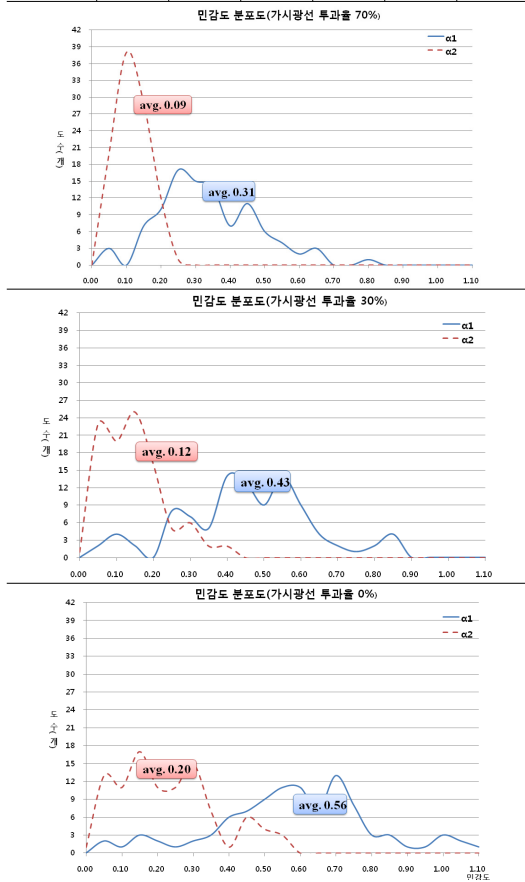
가시광선 투과율 70%대비 30%일 때와 0%일 때

3번째 차량의 평균 민감도는 모두 증가하였으며, 후미차량은 차량군내의 Ting차량 중 바로 인접하여 연속적으로 주행하는 차량에 의한 민감도 값이 더 큰 것으로 나타났다.

이는 선두차량보다는 바로 앞에서 주행하는 차량에 영향을 더 받으며, 가시광선 투과율이 낮아질수록 아파를 통해 선두차량의 운전행태에 대한 시야확보가 어렵기 때문에 민감도값이 더 커지는 것을 알 수 있다.

〈표 5〉 민감도 분석
〈Table 5〉 Analysis of sensitivity

구 분	2번째 차량에 의한 민감도 (α_1)			1번째 차량에 의한 민감도 (α_2)		
	최소	최대	평균	최소	최대	평균
70%	0.02	0.76	0.32	0.00	0.24	0.09
30%	0.03	0.84	0.43	0.00	0.37	0.12
0%	0.04	1.06	0.56	0.00	0.54	0.20



또한, 민감도의 통계적 검증을 위하여 분산분석 (ANOVA; Analysis of variance)을 실시하였다.

3번째 차량에 대한 각 실험별(70%, 30%, 0%), 차량간(2~3번째차량, 1~3번째차량) 모집단의 민감도를 $\mu_{70\%}^1, \mu_{70\%}^2, \mu_{30\%}^1, \mu_{30\%}^2, \mu_{0\%}^1, \mu_{0\%}^2$ 이라고 할 때, 검정하고자 하는 가설은 다음과 같다.

$$H_0 : \mu_{70\%}^2 = \mu_{70\%}^1, \mu_{30\%}^2 = \mu_{30\%}^1, \mu_{0\%}^2 = \mu_{0\%}^1$$

$$H_1 : \text{not } H_0$$

위의 귀무가설하에서의 검정통계량의 값과 F기각치를 비교한 결과 귀무가설은 기각되었다. 또한, 5% 유의수준하에서 P-값이 0이므로 P-값=0 < 0.05가 되어 귀무가설은 기각된다. 따라서, 5% 유의수준하에서 가시광선 투과율 0~70%일 때의 선행차량들에 의한 3번째 차량의 민감도의 평균은 동일하다고 볼 수 없다.

〈표 6〉 ANOVA test 결과
〈Table 6〉 Result of ANOVA test

구 분	변동 요인	제곱 합	자유 도	제곱 평균	F비	p-값	F기각치
가시광선 투과 70%	처리	2.44	1	2.44	227.13	0.00	3.89
	잔차	2.13	198	0.01			
	계	4.57	199				
가시광선 투과 30%	처리	4.78	1	4.78	241.40	0.00	3.89
	잔차	3.92	198	0.02			
	계	8.70	199				
가시광선 투과 0%	처리	6.25	1	6.25	186.32	0.00	3.89
	잔차	6.64	198	0.03			
	계	12.89	199				

2) $\gamma(\alpha_2/\alpha_1)$ 분석

Three-Car 모델에서 γ 값은 1번째 차량에 의한 3번째 차량의 민감도 값인 α_2 를 2번째 차량에 의한 3번째 차량의 민감도 값인 α_1 로 나누어 분석된다.

$$\gamma = \alpha_2/\alpha_1$$

γ 값이 0에 가까울수록 바로 인접하여 주행하는 차량에 의해 영향을 더 많이 받으며, 무한대에 가까울수록 차량군의 선두차량에 의해 영향을 더 많이

받는 것으로 판단할 수 있다.

가시광선 투과율 70%일 때 γ 값은 0.66, 30%일 때 0.49, 0%일 때 0.44로 분석되었다. 이는 가시광선 투과율이 낮아질수록 작아지며, 3번째 차량은 2번째 차량에 의해 더 영향을 많이 받는 것으로 나타났다.

〈표 7〉 γ 분석
(Table 7) Analysis of γ

구 분	γ (α_2/α_1)		
	최소	최대	평균
70%	0.00	11.26	0.66
30%	0.00	7.93	0.49
0%	0.00	5.54	0.44

기존연구에서 Herman et al[13]은 3대의 차량을 이용하여 현장실험을 통해 자료를 수집하여 민감도를 분석하였다. $\gamma(\alpha_2/\alpha_1)$ 값이 0에 가까울수록 2번째 차량이 미치는 영향이 크며, 무한대에 가까울수록 1번째 차량이 미치는 영향이 크다고 하였다. 그러나, 분석값을 구체적인 수치로 제시하지 않았으며, 2대이상의 차량군일때 바로앞 주행차량이 분석 결과에 영향을 미치는 가장 중요한 요소라 하였다.

3. 분석결과

Herman et al.[13]의 Three-Car 모형을 적용한 결과, 2~3번째 차량의 민감도와 1~3번째 차량의 민감도는 가시광선 투과율 70%일때 0.31~0.09, 30%일때 0.43~0.12, 0%일때 0.56~0.20으로 산출되었다. 이는 선행차량의 틴팅정도가 클수록 즉, 가시광선 투과율이 낮아질수록 후미차량에 미치는 영향이 더 커지는 것을 알 수 있다. 또한, 3번째 차량의 위험도는 1번째 차량보다는 2번째 차량에 의한 영향이 더 크다는 것으로 분석할 수 있다.

또한, γ 값은 가시광선 투과율 70%, 30%, 0%일때 각각 0.66, 0.49, 0.44로 기존연구결과에 준하여 3번째 차량은 2번째 차량에 의한 영향이 더 큰 것으로 판단할 수 있다.

Three-Car 모형을 이용하여 분석된 민감도의 통계적 검증결과, F비와 F기각치에 따라 귀무가설은 기

각된다. 즉, 5% 유의수준하에서 가시광선 투과율 별 α_1 과 α_2 의 평균값은 동일하다고 볼 수 없다. 따라서, 1번째 차량과 2번째 차량의 틴팅정도가 3번째 차량에 미치는 영향이 다름을 보여주는 결과로 해석된다.

3대 차량간 민감도 및 γ 분석, 통계검증결과 운전자가 바로 앞에 주행하는 차량뿐만 아니라 그 앞에서 주행하는 차량에도 영향을 받는다는 것이 확인되었다. 또한, 틴팅으로 가시광선 투과율이 낮아지면 가시권이 줄어들고, 이로 인해 앞차량들의 운전행태에 더욱 민감한 반응을 보이는 것으로 확인하였다.

V. 결론 및 향후과제

운전자는 바로 앞에서 주행하는 차량과 그 앞에서 주행하는 차량에 영향을 받는다는 것은 일반적으로 알려져 있다.

그러나 2대 차량간의 추종모형에서는 이와 같은 주행행태를 반영할 수가 없는 바, 본 논문에서 3대 차량간 추종모형의 파라미터를 추정해보고, 그 상대적 크기에 따라 모형의 타당성을 확인하였다.

RTK GPS를 통해 수집된 차량의 틴팅정도에 따른 운전행태 자료를 이용하여 Three-Car 모형을 적용한 민감도 분석결과, 선행차량의 틴팅정도가 클수록 즉, 가시광선 투과율이 낮아질수록 후미차량에 미치는 영향이 더 커지는 것을 알 수 있다. 또한, γ (α_2/α_1)의 분석값에 따라 3번째 차량의 위험도는 1번째 차량보다는 2번째 차량에 의한 영향이 더 크다는 것으로 판단할 수 있다.

또한, 민감도값의 통계적 검증결과 F비와 P-값에 따라 귀무가설은 기각된다. 즉, 5% 유의수준하에서 가시광선 투과율별 1번째 차량과 2번째 차량에 의한 3번째 차량의 민감도의 평균은 동일하다고 볼 수 없으며 이는 1번째 차량보다는 2번째 차량이 3번째 차량에 미치는 영향이 더 크다는 것을 보여주는 결과로 해석할 수 있다.

본 논문은 연속적으로 주행하는 3대의 차량의 민감도를 분석하고, 분석결과를 구체적인 수치로 제시하였다.

또한, 선두차량의 틴팅으로 가시광선 투과율이 낮아지면 가시권도 줄어들고, 3대 차량간의 운전행태에도 민감도가 높아지는 것으로 확인하였다. 이는 이 후미차량에 영향을 미쳐 교통류 전체에 영향을 미치는 것을 밝혔다는데 그 의의가 있다.

향후에는 추가적인 자료를 수집하여 차량의 틴팅 정도에 따라 교통류의 용량에 어떤 영향을 주는지를 분석하는 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

- [1] 이청원, 김혜원, “차량틴팅으로 인한 차량추종 모델의 파라미터 변화분석,” *한국ITS학회논문지*, 제8권 제5호, pp.48~56, 2009. 10.
- [2] Chungwon Lee, Jung-Beom Lee and Hyewon Kim., “Effect of Visible Light Transmission from Vehicle Windows on Traffic Flow of Car-Following,” *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, no. 2188, pp.156-164, 2010.
- [3] 강중호, 이청원, “승용차 틴팅이 조급한 성향의 후미차량에 미치는 영향에 대한 실험적 분석,” *대한토목학회논문집* 제29권 제3D호, pp363-371, 2009. 5.
- [4] R. E. Chandler, R. Herman and E. W. Montroll, “Traffic dynamics: Studies in car following,” *Operation Research*, vol. 6, no. 2, pp.165-184, 3-4 1958.
- [5] R. Herman, E. W. Montroll, R. B. Potts and R. W. Rothery, “Traffic dynamics: Analysis of stability in car following,” *Operation Research*, vol. 7, no. 1, pp.86-106, 1-2 1958.
- [6] 이청원, “교통류분석을 위한 GPS자료의 활용,” *대한토목학회논문집*, 제25권, 제2D호, pp.241~246, 2005. 3.
- [7] L. A. Pipes, “An operational analysis of traffic dynamics,” *J. Applied Physics*, vol. 24, no. 3, pp.274-287, 3. 1953.
- [8] TRB, *Traffic Flow Theory(Special Report 165)*, pp.4-1~42, 1997.
- [9] T. Fobers, M. J. Zaorski, E. L. Holshouser and W. A, Deterline, “Measurement of driver reaction to tunnel conditions,” *Proc. Highway Research Board*, vol. 37, pp.345-357, 1958.
- [10] P. S. Gurusinghe, T. Nakatsuji, Y. Azuta, P. Ranjitkar and Y. Tanaboriboon, “Multiple car following data using real time kinematic global positioning system,” *Transportation Research Board*, pp. 166-180, 2002.
- [11] P. Ranjitkar, T. Nakatsuji, Y. Azuta and G. Gurusinghe, “Stability analysis based on instantaneous driving behavior using car-following data,” *Transportation Research Record 1852*, no. 03-3576, 2003.
- [12] M. Tanaka, P. Ranjitkar and T. Natsuji, “Asymptotic stability and vehicle safety in dynamic car-following platoon,” *J. Transportation Research Record*, vol. 2088, pp.198-207, 2008.
- [13] Herman, R. and Rothery, R. W., “Car following and steady stste flow,. Proceedings, *Second Interational Symposium on the Theory of Road Traffic Flow*(London, 1963). OECD(1965), pp.1-11
- [14] 법제처, 도로교통법·시행령·시행규칙
- [15] 장일준, 자동차 썬팅 압도에 따른 사고위험도 평가 연구, *삼성교통안전문화연구소*, 2004. 12.
- [16] 강희섭, 김성원, 윤영수, 김인수, 박성하, “자동차 Window Tinting의 농도가 야간 운전자의 후방시각에 미치는 영향 연구,” *대한인간공학회 추계학술대회논문집*, pp.415-419, 2006. 10.
- [15] 이청원, “RTK GPS를 활용한 틴팅이 후방차량에 미치는 교통특성 분석,” *대한토목학회논문집*, 제27권, 제3호, pp.263-267, 2007. 5.

저자소개



김 혜 원 (Kim, Hye-Won)

2010 ~ 현 재 : 서울시립대학교 교통공학과 박사과정
2010년 : 서울시립대학교 교통공학과 석사
2003년 : 목원대학교 도시공학과 공학사



이 청 원 (Lee, Chung-Won)

2004년 ~ 현 재 : 서울시립대학교 교통공학과 교수
1999년 ~ 2004년 : 서울시정개발연구원 연구위원
1998년 : University of Texas at Austin, 토목공학과(교통공학박사)
1988년 : 서울대 토목과 교통공학 석사
1986년 : 서울대 토목과 공학사