

■ 論 文 ■

운전자 단기 기억 특성을 고려한 차내 교통안전정보의 효용함수 추정

Estimating Utility Function of In-Vehicle Traffic Safety Information
Incorporating Driver's Short-Term Memory

김 원 철

(일본 히로시마대학교
국제협력대학원 박사과정)

Akimasa Fujiwara

(일본 히로시마대학교
국제협력대학원 교수)

이 수 범

(서울시립대학교 교통공학과 교수)

— 목 차 —

- | | |
|--|---|
| <p>I. 서론</p> <p>II. 차내 교통안전정보 효용함수</p> <p style="padding-left: 20px;">1. 필요성</p> <p style="padding-left: 20px;">2. 효용함수 특성화</p> <p>III. 자료수집</p> <p style="padding-left: 20px;">1. 대상지역</p> <p style="padding-left: 20px;">2. 실험차량</p> | <p style="padding-left: 20px;">3. 실험시나리오</p> <p style="padding-left: 20px;">4. 자료수집결과</p> <p>IV. 차내 교통안전정보 효용함수 추정</p> <p style="padding-left: 20px;">1. 추정방법</p> <p style="padding-left: 20px;">2. 추정결과</p> <p>V. 결론</p> <p>참고문헌</p> |
|--|---|

Key Words : 단기 기억, 차내 교통안전정보 효용, 주행안정성, 순서프로빗모형, 주행실험
Short-Term Memory, Utility of In-Vehicle Traffic Safety Information, Driving Stability Risk,
Ordered Probit Model, Driving Experiment

— 요 약 —

도로 주행중 제공된 교통정보는 운전자의 단기 기억에 저장되고 이는 수초가 지나면 기억에서 사라진다. 정보제공의 효과 평가시 더미변수를 이용하는 기존방법으로는 이러한 현상을 반영할 수 없는 한계가 있다. 보다 적절한 평가를 위해서, 본 연구는 전방 시야가 제약된 도심 신호교차로 접근로에서 실시한 주행실험 자료를 토대로 운전자의 단기 기억을 고려한 차내 교통안전정보의 효용함수 특성화와 안전도 평가방법론을 제안한다. 이를 위해서, 운전자의 속도선택에 기초한 주행안정성 평가모형을 순서프로빗모형으로 개발하고, 교통운영, 기하구조, 도로환경, 운전자 요소를 동시에 고려하여 차내 교통안전정보의 효용함수를 추정하였다. 분석결과, 본 연구에서 제안한 차내 교통안전정보의 효용을 설명하는데 정규밀도 함수(지수함수)가 적합하고, 효용은 약 22초 동안 유지되며, 크기는 시간증가에 따라 감소하는 것으로 나타났다. 또한, 차내 실시간 교통안전정보의 중요도는 교통운영요소 보다는 낮고 기하구조요소 보다는 높은 것으로 분석되었다.

Most traffic information that drivers receive while driving are stored in their short-term memory and disappear within a few seconds. Contemporary modeling approaches using a dummy variable can't fully explain this phenomenon. As such, this study proposes to use utility functions of real-time in-vehicle traffic safety information (IVTSA), analyzing its safety impacts based on empirical data from an on-site driving experiment at signalized intersection approach with a limited visibility. For this, a driving stability evaluation model is developed based on driver's driving speed choice, applying an ordered probit model. To estimate the specified utility functions, the model simultaneously accounts for various factors, such as traffic operation, geometry, road environment, and driver's characteristics. The results show three significant facts. First, a normal density function (exponential function) is appropriate to explain the utility of IVTSA proposed under study over time. Second, the IVTSA remains in driver's short-term memory for up to nearly 22 second after provision, decreasing over time. Three, IVTSA provision appears more important than the geometry factor but less than the traffic operation factor.

I. 서론

교통안전을 향상시키기 위한 목적으로 운전자, 도로 기하구조, 주행환경 (교통량, 기상조건, 시간대) 특성을 고려한 다양한 교통사고 예방대책이 적용되고 있다. 대부분의 교통사고가 운전자의 실수에 의해 발생되기 때문에 (Barkley and Cox, 2007), 이중에서도 운전자 특성을 반영한 대안이 주목을 받고 있다. 최근에는 첨단교통시스템(ITS)의 기술발전에 힘입어, 도로 주행시 운전자의 실수를 감소시키거나 주의를 환기시킴으로써 교통사고를 예방하는 경고정보의 제공방법이 증가추세이다. 이러한 관점에서, 차내 교통안전정보의 제공은 운전자의 주행안전성을 높여 교통안전을 향상시킬 것으로 기대되는 새로운 교통안전대책이다 (이재식, 1997).

차내 교통안전정보는 운전자가 제공된 정보를 정확하게 인지하고 이해하고 기억하고 적용하는 과정을 통해 활용될 때, 교통안전정보로서의 가치가 부여된다. 바꿔말해서, 정보가 제공되었음에도 불구하고 운전자가 기억하고 활용하지 못한다면, 정보로서의 가치는 상실될 것이다. 범용적인 적용에 앞서서, 차내 교통안전정보가 교통안전에 미치는 영향을 올바르게 평가하는 것은 경제적 관점에서도 중요하다. 더욱이 제공된 교통안전정보의 평가에 있어서 운전자의 정보처리 특성을 반영한다는 것은 교통안전대책 평가에 있어서 운전자의 인적특성을 고려한다는 관점에서 가치가 높다고 할 수 있다. 이는 제공된 교통안전정보의 활용주체가 운전자이기 때문이다.

더미변수를 활용하는 기존의 통계적 비교분석법은 정보가 제공되지 않은 경우를 0으로, 정보가 제공된 경우를 1로 구분하여 분석을 수행한다. 여기에는 제공된 정보의 효용(가치)이 정보제공 후 시간흐름에 따라 변하지 않는다는 가정이 고려되어 있다. 그러나, 실제 도로주행시 제공된 교통안전정보에 대한 기억은 단기기억 특성에 의해 시간흐름에 따라 감소되기 때문에, 기존분석법의 가정은 옳바르지 않다고 할 수 있다. 따라서, 차내 교통안전정보의 효과를 평가할 때, 제공된 교통안전정보의 효용은 정보제공 후 시간흐름에 따라 감소한다는 가정을 고려하는 것이 보다 현실적이다. 여기서 문제가 되는 것은 차내 교통안전정보의 효과를 평가함에 있어서 이와 같이 운전자의 단기기억 특성을 고려한 분석방법이 현재까지 제시되어 있지 않음에 있다.

본 연구에서는 기존 연구에서 다루지 못했던 교통안전정보 (차내 교통안전정보)의 효과를 평가함에 있어서

운전자의 단기기억 특성을 고려하는 방법에 대하여 논의한다. 이는 차내 교통안전정보의 효용함수를 특성화하고 이를 통계적으로 추정함으로써 구체화된다. 차내 교통안전정보의 효용함수는 제공된 교통안전정보가 운전자의 주행안전성에 미치는 영향을 분석하는 과정에서 내생적으로 추정된다. 운전자의 주행안전성은 속도편차의 크기와 교통안전도의 관계를 반영한 것으로써 순서프로비트형(Ordered Response Probit Model)을 이용하여 평가모형을 구축한다. 마지막으로, 탄력성 분석과 민감도 분석을 통해서 추정된 차내 교통안전정보 효용함수가 교통안전에 미치는 영향을 검토한다.

II. 차내 교통안전정보 효용함수 특성화

1. 필요성

교통안전정보는 위험상황이 예상되는 도로구간 또는 교통사고가 잦은 도로구간을 운전자가 안전하게 주행할 수 있도록 지원하는 역할을 하는 것으로 알려져 있다 (김장욱, 2008). 이에 관련된 긍정적인 효과는 Carson 등 (2001)의 도로결빙 경고정보, Al-Ghamdi 등 (2007)의 낙타충돌 경고정보, Charlton (2007)의 평면선형 주의정보, Al-Ghamdi (2004)의 안개발생 경고정보에서 찾아볼 수 있다. 선행연구에서는 교통안전정보의 효과를 평가하기 위해서, 정보제공이 없는 경우와 정보가 제공된 경우에 대한 분산변화를 비교하는 사전사후 비교분석법이 자주 이용되었다. 더미변수를 이용하는 사전사후 비교분석법에서는 운전자가 활용할 수 있는 정보의 효용(가치)이 정보제공 후 시간흐름에 따라 일정하다고 (변하지 않음) 가정한다. 이는 시간이 변하더라도 운전자는 동일한 내용과 수준의 정보를 기억·활용한다는 것을 의미한다.

그러나, 운전 중 운전자는 제공받은 교통안전정보를 활용하고, 어느 정도 시간이 지나면 제공받은 교통안전정보를 대부분 기억하지 못한다 (Shinar and Drory, 1982; Johansson and Backlund, 1970; Johansson and Rumar, 1966). 이것은 도로 주행시 운전자가 단기기억에 의해 제공받은 정보를 기억하고 활용하기 때문이다 (Shinar, 2007). 이와 관련하여, Ogden(1995)은 다음과 같이 교통정보와 운전자의 단기기억에 대해 정의하였다. “운전자의 단기기억은 일시적으로 정보가 저장되는 장소이다. 단기기억은 매우 한정적이며, 같은 정보가 반복적으로 제공된다 하더라도 30초가 지나면 단기기억

에 저장된 정보는 거의 사라진다. 또한, 운전자는 단기기역에서 사라진 정보를 다시 회상할 수 없으며, 새로운 정보를 제공받으면 이전에 저장된 정보는 사라진다.” 이러한 운전자의 단기기역에 대한 정의에 기초하여, 본 연구는 차내 교통안전정보의 효용함수를 추정하는데 다음과 같은 가정을 설정하였다.

- ① 차내 교통안전정보의 효용은 정보가 제공된 시점에 최대가 된다.
- ② 차내 교통안전정보의 효용은 정보 제공 후 시간흐름에 따라 감소한다.
- ③ 차내 교통안전정보의 효용은 정보 제공 후 30초가 지나면 0에 가까워진다.
- ④ 차내 교통안전정보 효용의 최소화는 0이다. (정보제공이 없는 경우)

2. 효용함수 특성화

차내 교통안전정보의 효용함수를 추정하기 위해서는 위의 4가지 가정을 만족하는 함수의 특성화가 필요하다. 다양한 형태의 함수식이 적용가능하나, 본 연구에서는 분석의 용이성을 고려하여 아래와 같이 4가지 함수식에 대해 평가를 시도한다.

- ① 선형함수 $U = k(t)$ (1)
- ② 다항함수 $U = \gamma(t^k) \quad k = 1, \dots, K$ (2)
- ③ 지수함수 $U = \exp(\phi t)$ (3)
- ④ 정규밀도함수(지수함수) $U = \frac{1}{\nu\sqrt{2\pi}} \exp(-\frac{t^2}{2\nu^2})$ (4)

여기서,

- U : 차내 교통안전정보의 효용
- t : 정보제공 후 경과시간
- k, γ, ϕ, ν^2 : 추정 파라메타

차내 교통안전정보의 효용은 운전자의 단기기역 특성에 의해 시간흐름에 따라 감소되기 때문에, 위에 제시된 선형함수, 다항함수, 지수함수의 추정파라메타의 부호는

(-)로, 정규밀도함수에서는 (+)로 추정되어야만 분석결과가 올바른 것으로 판단할 수 있다.

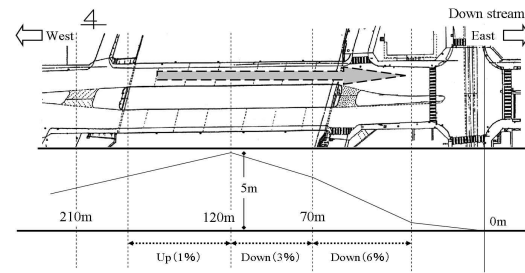
III. 자료수집

본 연구의 자료수집은 일본 히로시마대학의 Center of Asian Safe Mobility Research (ASMO)가 수행중인 국가 ITS 프로젝트 “Smart 2-miles Hiroshima” 중에서, 2006년도에 수행한 현장실험 내용을 기초로 한다.

1. 대상지역

연구 대상지역은 일본 히로시마시 히라노바시히가시 신교차로의 서쪽방향 접근로이다. 대상지역의 제한최고속도는 50km/h이다.

본 접근로는 오르막선형인 교량구간으로 구성되어 있으며, 정지선으로부터 120m인 지점이 오르막선형의 정점부이다. 이러한 도로기하구조적 특성으로 인해 정지선으로부터 190m 밖의 지점에 있는 운전자는 오르막 정점부에 가려 전방의 신호등을 인지할 수 없는 문제점이 있다. 이러한 도로기하구조적 문제점은 본 교차로를 히로시마시를 통과하는 국도2호선 구간 내에서 가장 위험한 지점으로 만들고 있다.



<그림 1> 연구 대상지역

2. 실험차량

실험차량은 일본 국토교통성 국토기술정책종합연구소(MILT)가 개발한 선진항법시스템(AHS) 실험차량을 이용하였다. 본 실험차량에는 차량의 움직임을 시·공간적으로 정밀하게 계측하기 위해서 아래와 같은 측정 장비가 탑재되어 있다. 또한, 계측된 모든 데이터는 실험차량이 주행한 도로구간의 전자지도에 투영함으로써 공간 정보를 활용한 상세한 분석이 가능하다.



(1) 실험 차량 (2) HUD 화면

<그림 2> 실험차량 및 HUD 화면

- ① Global Positioning System (GPS): 0.1초 단위로 차량의 이동정보를 계속
- ② Head-Up Display (HUD): 영상정보를 차량 전면유리에 영상 <그림 2>
- ③ 차내 카메라: 운전자 얼굴 표정과 발동작 연속촬영, 긴급 상황시 운전자 얼굴표정을 30초간 촬영
- ④ 차외 카메라: 실험차량 전방의 위험한 주행상황을 30초간 촬영
- ⑤ 거리측정 센서: 선행 차량과의 거리측정

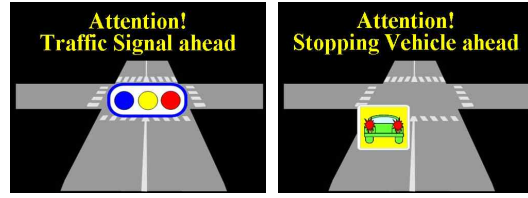
3. 실험시나리오

주행실험은 2006년 11월 21일(화)부터 27일(일)까지 일주일 동안 수행되었다. 20대 초반의 14명의 지원자가 실험에 참여하였으며, 남성이 13명 여성이 1명으로 구성되었다. 주행실험은 오전/오후 피크시간대를 제외하고, 오전 9시부터 오후5시까지 수행되었고, 하루에 2명의 운전자만 주행하도록 하였다.

차내 교통안전정보는 정지선으로부터 210m과 300m 지점에서 제공되도록 하였다. 210m지점은 오르막구간의 정점부 (정지선으로부터 120m)에서 돌발상황이 발생하는 경우 주행속도가 60km/h (연구대상지의 85th 주행속도)인 운전자가 정지할 수 있는 정지시거 90m를 고려하여 설정하였다 (ITE, 1982). 그리고, 두 배의 정지 안전율을 고려하여 300m를 정보제공지점으로 설정하였다. 현장 주행에서는 총 5종류의 실험시나리오가 테스트되었으며, 실험시나리오의 내용은 <표 1>과 같다.

<표 1> 시나리오, 정보 제공지점 및 방법

시나리오	제공 유·무/지점	제공방법
1	무	-
2	유/210m	음성
3	유/300m	음성
4	유/210m	음성과 영상
5	유/300m	음성과 영상



(위험한 교차로 구간입니다!) (정지차량에 주의하세요!)
(1) 정적 교통안전정보 (2) 동적 교통안전정보

<그림 3> 정적 및 동적 차내 교통안전정보

<그림 3>은 본 연구에서 개발/적용한 정적 및 동적 차내 교통안전정보를 나타낸 것이다. 두 종류의 교통안전정보는 운전자가 연구대상 교차로 접근로의 210m 또는 300m 지점에서, HUD를 통해서 전면유리에 약 20초 (평균 21.38초) 동안 표출된다. 제공되는 차내 교통안전정보는 운전자가 정보제공지점에 접근하기 전에, 정지선으로부터 120m 이내 구간 (운전자가 전방의 교통상황을 확인할 수 없는 구간, 즉 시야가 제약된 구간)의 교통상황을 반영하여 생성된다. 예를 들어, 시야가 제약된 구간에 정지차량이 없는 경우에는 정적정보 (위험한 교차로 구간입니다!)가, 정지 (또는 감속) 차량이 확인되는 경우에는 동적정보 (정지차량에 주의하세요!)가 표출된다.

4. 자료수집결과

한명의 운전자가 하루 동안 연구대상 도로구간을 5-6 회씩 반복 주행하여 7일 동안 총 72번의 주행횟수를 기록하였다. 실험차량의 움직임에 관련된 정보로는 주행속도, 종/횡가·감속도, 종/횡가·감속도 조작율, 브레이크 조작율, 핸들 조작율 등이 0.1초 간격으로 기록되었다. 교통운영에 관련된 정보로는 실험차량과 선행차량과의 차량거리가 수집되었다. 운전자와 관련된 정보로는 성별, 연령, 실제 운전경력, 교통환경과 관련된 정보로는 기상상태, 노면상태가 수집되었다.

IV. 차내 교통안전정보 효용함수 추정

1. 추정방법

차내 교통안전정보의 효용은 제공된 정보를 운전자가 안전운행에 활용할 때 정보로써의 가치가 있다고 할 수 있다. 본 연구에서는 차내 교통안전정보가 교통안전에 미치는 영향을 평가하기 위해, 주행안전성평가모형을 개

발하고 이를 순서프로빗모형을 이용하여 추정한다.

주행안정성평가모형은 속도편차 (평균속도와 운전자의 주행속도 차)를 교통안전도 평가에 반영한 모형이다. 속도편차가 교통안전에 미치는 영향과 관련하여, Solomon (1964), Cirillo(1986), Garber 등(1989, 2000)은 공통적으로 “속도편차가 증가함에 따라 교통사고 발생확률은 증가하며, 속도편차가 평균속도로부터 15-20%의 범위에 속할 때 교통사고 발생확률은 가장 낮다”라는 연구결과를 제시하였다. 선행연구에서는 “안전하다” 또는 “안전하지 않다”라고 구분할 수 있는 명확한 기준이 제시되지는 않았지만, “주행속도가 평균속도로부터 15-20%의 범위에 속할 때 사고발생확률이 낮아진다는 점”과 “속도편차가 증가할수록 사고발생확률은 증가한다는 점”에 기초하여, 본 연구에서는 속도편차의 크기를 주행속도의 표준편차(약 10km/h)로 정의하고, 표준편차가 증가함에 따라 주행안정성은 감소된다는 가정에 기초하여 주행안정성모형을 구축하였다. 더욱이 본 연구에서 수집된 데이터를 분석한 결과인 표준편차 10km/h는 Lamm(1996)이 제안한 도로설계일관성 평가기준 I·II (11)의 10km/h와 같은 수치이기 때문에 주행안정성의 위험도를 구분하는 기준으로써 의미가 있다고 할 수 있다.

제안된 교통안전도평가모형의 주행안정성 기준인 표준편차와 평균속도는 도로구간을 5m단위 (실험차량의 길이)로 구분한 후, 반복 주행된 속도자료를 이용하여 계산하였다.

$$y_n = \begin{cases} \Delta V_n \leq \sigma & \rightarrow \text{주행안정성 좋음} \\ \sigma < \Delta V_n \leq 2\sigma & \rightarrow \text{주행안정성 보통} \\ \Delta V_n > 2\sigma & \rightarrow \text{주행안정성 나쁨} \end{cases} \quad (5)$$

$$\Delta V_n = |\bar{V} - V_n|$$

여기서,

y_n : 관측치 n 의 주행안정성

V_n : 관측치 n 의 속도(km/h)

\bar{V} : 평균속도(km/h)

ΔV_n : 속도편차

σ : 표준편차

이와 같이 운전자의 주행속도를 속도편차의 크기에 따라 구분하면, 운전자가 선택한 속도 n 의 주행안정성 y_n 는 순서화된다. 순서프로빗모형은 종속변수가 순서화된 데이터를 분석하기에 적합하며, 모형식은 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$y_n^* = \beta x_n + \epsilon_n \quad (6)$$

여기서,

y_n^* : 잠재변수

x_n : 설명(독립)변수

β : 추정파라메타

ϵ_n : 표준정규분포를 따르는 확률오차항

추정된 파라메타의 부호가 (+)라는 의미는 설명변수 (x_n)의 크기가 증가함에 따라 주행안정성(y_n^*)은 악화됨을 의미한다.

관측된 속도편차변수 y_n 은 식(6)에서 정의한 잠재변수 y_n^* 을 통하여 표현가능하다.

$$y_n = \begin{cases} 1 \text{ 만약 } -\infty \leq y_n^* \leq \mu_1 & \rightarrow \text{좋음} \\ 2 \text{ 만약 } \mu_1 < y_n^* \leq \mu_2 & \rightarrow \text{보통} \\ 3 \text{ 만약 } \mu_2 < y_n^* \leq \infty & \rightarrow \text{나쁨} \end{cases} \quad (7)$$

여기서, $\mu_j (j=1,2)$ 는 주행안정성의 위험도를 구분짓는 기준치가 되며, 모형추정에서 내생적으로 추정된다. 편의상 $\mu_1 = 0$ 으로 가정하였다. 그룹화된 각 주행안정성의 발생확률은 다음 식에 의해서 계산된다.

$$\Pr(y_n = k|x_i) = F(\mu_j - \beta x_i) - F(\mu_{j-1} - \beta x_i) \quad (8)$$

여기서, $\Pr(y_n = k)$ 는 운전자의 속도선택이 그룹 k 에 속할 확률을 의미하며, F 는 표준누적정규분포함수를 의미한다. 식(8)을 추정하기 위해서, 최우추정법을 이용하였다. 여기서 δ_n^k 는 더미변수로써 관측변수 y_n 이 그룹 k 에 속하면 1을 속하지 않으면 0이 부여된다.

$$L = \sum_{n=1}^N \sum_{k=1}^3 \delta_n^k \ln(\Pr(y_n = k)) \quad (9)$$

주행안정성평가모형 추정에는 다양한 설명변수 즉, 교통운영요소, 기하구조요소, 교통환경요소, 운전자요소가 동시에 고려되었다. <표 2>는 모형구축에 이용된 설명변수의 정의와 평균, 표준편차를 나타낸 것이다. 모형추정에 있어서 변수의 크기가 상대적으로 너무 크면 모형추정이 어렵기 때문에, 더미변수의 크기 (0~1)를 고려하여 연속변량변수의 크기가 0에서 1이 되도록 단위를 변환하였다 (Greene, 1993).

<표 2> 모형구축에 사용된 변수

설명변수	정의	평균	표준 편차
교통운영 요소			
속도차	이전 시점과 현시점의 속도차 [km/h]	0.169	0.251
차간거리	선행 차량과 실험차량의 거리 ÷1000 [m]	0.104	0.034
기하구조 요소			
신호인지	신호인지 여부(0=보임; 1=안보임)	0.351	0.477
종단구배	종단구배 절대값÷10 [%]	0.285	0.199
교통환경 요소			
도로표면	[0=건조; 1=습윤]	0.432	0.495
시간대	[0=오전; 1=오후]	0.491	0.500
요일	[0=주중; 1=주말]	0.589	0.492
운전자 요소			
반복횟수	반복 주행횟수÷10 [정수]	0.300	0.135
운전경력	운전경력(개월)÷10 [정수]	0.196	0.108
차내 교통안전정보			
제공여부	[0=제공 없음; 1=정보제공]	0.659	0.474
효용	제공 후 시간흐름에 따라 감소 [0=제공 없음]	-	-

차내 교통안전정보의 효용함수는 정보제공 후 시간이 흐름에 따라 그 효용은 감소된다는 가정에 기초하여 추정하였다. 2장에서 제안된 4가지의 함수가 차내 교통안전정보의 효용을 설명하는데 이용되었지만, 정규밀도함수가 본 연구에서 제안한 차내 교통안전정보의 효용을 가장 잘 설명하는 것으로 분석되어 주행안정성평가모형 추정에서는 정규밀도함수를 이용하였다.

<표 3> 주행안정성 평가모형 추정결과

설명변수	기존방법 (더미변수 이용)		제안방법 (효용함수 이용)	
	추정치	t-통계량	추정치	t-통계량
상수	0.913	10.982**	0.838	10.018**
속도차	0.400	4.381**	0.410	4.475**
차간거리	-7.443	-14.514**	-6.384	-11.928**
신호인지	0.323	8.305**	0.412	10.808**
종단구배	-1.173	-13.176**	-1.424	-15.517**
도로표면	-1.110	-26.888**	-1.050	-24.769**
시간대	0.250	4.846**	0.203	3.911**
주행반복횟수	1.902	9.596**	2.570	14.649**
운전경력	1.328	8.005**	1.613	9.773**
차내 교통안전정보	0.096	2.004*	-10.626	-10.699**
ν^2	-	-	39.092	8.349**
μ_2	1.167	51.568**	1.196	51.423**
관측치	4836		4836	
초기우도	-5924.732		-5971.105	
최종우도	-4533.361		-4456.993	
조정 결정계수	0.233		0.252	
Aakaike's Information Criterion (AIC)	1.879		1.848	

** 신뢰수준 99%에서 유의, * 신뢰수준 95%에서 유의

2. 추정결과

차내 교통안전정보의 효용함수 추정에는 총 4836개의 관측치 (주행속도 0km/h인 정지행태 제외)가 이용되었다. 모형 파라메타 추정과 t-통계량을 구하기 위해서 최우추정법을 적용하였고, 계산은 TSP 프로그램을 이용하였다. 기존방법론에 비해 본 연구의 제안방법론의 우수성은 AIC계수의 비교 (기존방법:1.879, 제안방법:1.848)를 통해 알 수 있다. 제안모형의 조정결정계수는 0.252로 양호하다.

구축된 두개의 모형 (기존방법과 제안방법) 에서 공통적으로 요일 변수를 제외하고 추정된 모든 파라메타는 신뢰수준 95% 이상에서 유의한 것으로 분석되었다. 또한, 차내 교통안전정보 변수를 제외한 모든 변수의 부호가 동일함을 알 수 있다.

모델의 해석에 있어서, 본 연구는 식(6)의 근거로 인해 추정된 파라메타의 부호가 (+)인 경우에는 해당되는 변수의 크기가 증가함에 따라 주행안정성은 감소한다는 사실에 기초로 하기 때문에, 속도차, 주행반복횟수, 운전경험이 증가함에 따라 주행안정성은 낮아지는 것을 알 수 있다. 또한, 주행안정성은 오후에 운전자가 신호를 인지할 수 없는 구간을 주행할 때 감소하는 것으로 나타났다.

정규밀도함수(식(4))를 이용한 차내 교통안전정보의 효용함수 추정에서, 파라메타(μ^2)의 부호가 (+)로 분석되어 정규밀도함수가 차내 교통안전정보의 효용을 잘 설명

<표 4> 탄력성 분석결과

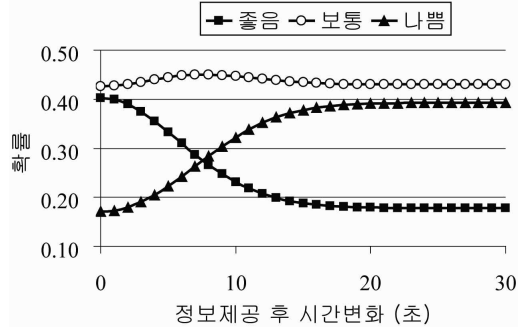
설명변수(연속변량)	주행안정성		
	좋음	보통	나쁨
속도차 1% 증가	-0.080	0.005	0.088
차간거리 1% 증가	0.766	-0.048	-0.848
종단구배 1% 증가	0.468	-0.030	-0.517
주행반복횟수 1% 증가	-0.888	0.056	0.982
운전경험 1% 증가	-0.365	0.023	0.404
교통안전정보 1% 증가	0.470	-0.030	-0.519

함을 알 수 있고, 주행안정성은 차내 교통안전정보를 제공함으로써 증가된다고 해석할 수 있다.

분석에 이용된 설명변수 중에서 연속변량 변수를 대상으로, 차내 교통안전정보의 상대적 중요도를 평가하기 위해서 탄력성(Elasticity)을 분석하였다. <표 4>는 탄력성 분석결과를 나타낸 것으로 분석된 모든 수치의 절대값이 1.0보다 작은 것으로 나타났다. 이것은 각 변수가 주행안정성의 각 확률에 미치는 영향이 비교적 작다는 것을 의미한다. 차내 교통안전정보의 상대적 중요도는 다음과 같이 해석할 수 있다. 예를 들어, 교통안전정보를 1% 증가시키는 것이 종단구배를 1% 증가시키는 것보다 “주행안정성이 좋음”의 확률을 더 많이 향상시킬 수 있다. 반면에 1%의 차간거리 증가는 교통안전정보의 1% 증가보다 “주행안정성이 좋음”에 더 많은 영향을 미치는 것을 알 수 있다. 따라서, 차내 교통안전정보는 교통안전도를 향상시킴에 있어, 종단구배 보다는 중요하고 차간거리보다는 덜 중요한 요인으로 여길 수 있다.

차내 교통안전정보가 제공된 후 시간변화에 따라 주행안정성에 미치는 영향을 분석하기 위해서 민감도(Sensitivity) 분석을 실시하였다. 이를 위해, 본 연구에서는 차내 교통안전정보 변수를 제외한 연속변량 변수는 평균치를, 더미변수에는 0의 값을 갖는 “기준모델”을 설정하였다. 따라서, <표 2>에서 제시한 바와 같이 속도차, 차간거리, 종단구배, 주행횟수, 운전경험 변수는 각각 0.169km/h, 104m, 2.85%, 3.0횟수, 1.96년의 값을 갖는다.

<그림 4>는 차내 교통안전정보가 정보제공 후 주행안정성 발생확률에 미치는 영향을 분석한 결과이다. 운전자에게 차내 교통안전정보가 제공된 시점에 주행안정성의 “좋음”, “보통”, “나쁨”의 각 확률은 0.403, 0.426, 0.171이지만, 정보제공 후 시간이 흐름에 따라 제공된 교통안전정보의 효용이 감소하여 약 22초가 되는 시점에서 각 확률은 0.178, 0.430, 0.392가 되며, 그 후로



<그림 4> 차내 교통안전정보가 주행안정성에 미치는 영향

는 일정하게 되는 것을 알 수 있다. 이것은 본 실험에서 제시한 차내 교통안전정보의 효용은 정보제공 후 약 22초간 유지되는 동안 감소하고, 그 후에는 사라지는 것을 의미하며, 본 연구에서 가정한 차내 교통안전정보 효용의 가정을 잘 설명하는 것을 보여준다.

V. 결론

교통안전을 향상시키기 위한 목적으로 새로운 안전대책이 제안되었을 때, 이의 효과를 올바르게 평가하는 것은 안전성뿐만 아니라 경제성 관점에서도 매우 중요하다. 더욱이, 도로주행의 주체는 운전자이기 때문에, 운전자의 특성을 고려하여 분석한다는 것은 분석결과 신뢰도를 높일 수 있는 중요한 근거가 될 수 있다.

본 연구는 이러한 측면에서 차내 교통안전정보가 교통안전에 미치는 영향을 평가하는데 있어서, 운전자 단기기억 특성을 고려하는 방안에 대하여 연구하고, 다음과 같은 연구결과를 도출하였다.

차내 교통안전정보의 효용(가치)은 운전자의 단기기억력에 의해 좌우된다. 이는 운전중에 운전자가 단기기억 특성에 의해 제공받은 정보를 기억하고, 이를 활용하기 때문이다.

차내 교통안전정보의 효용함수로는 정규밀도함수(지수함수의 형태)가 가장 적합한 것으로 분석되었다. 본 효용함수를 적용한 주행안정성 평가모형 분석결과로부터, 차내 교통안전정보의 제공은 교통안전도를 높일 수 있는 방안이 될 수 있음을 알게 되었다. 또한, 기존의 더미변수를 활용한 분석방법보다 제안모형의 설명력이 더 높은 것으로 분석되어, 제안모형의 활용성이 높고 우수함을 알게 되었다.

탄력성 분석결과는 차내 교통안전정보의 효과가 차간

거리보다는 작고 중단구배보다는 약간 높다는 중요도를 제시하였다. 이를 통해, 교통안전 향상을 위해 교통안전 정보 제공을 통한 차간거리 유지가 필요하고, 차량추종 특성을 고려한 차내 교통안전정보의 개발과 효용함수 추정 필요함을 알 수 있다.

민감도 분석을 통해서 본 연구에서 제시한 차내 교통안전정보의 효용은 약 22초 동안 유지되고, 그 후에는 일정해지는 (사라지는 것) 것으로 분석되었다. 이는 운전자의 단기기억력 특성 즉, 시간흐름에 따른 교통안전정보의 효용감소를 잘 반영하는 것으로 판단된다.

차내 교통안전정보 제공에 관한 현장실험에서는 정보 제공지점과 제공방법의 다양성을 고려했었지만, 본 연구에서는 이를 고려하지 못했다. 이와 관련된 상세분석은 향후 연구과제로 남겨둔다. 또한, 다양한 계층의 피실험자가 수행실험에 참여하지 못했고, 자료조사지점이 한정되었던 점에서 자료수집의 한계가 있음을 연구의 한계점으로 여길 수 있다.

알림 : 본 논문은 대한교통학회 제59회 학술발표회(2008. 10.24)에서 발표된 내용을 수정·보완하여 작성된 것입니다.

참고문헌

- 김장욱 (2008), “고속도로의 서비스질 평가지표 개발에 관한 연구”, 서울시립대학교 대학원 박사학위논문.
- 이재식 (1997), “자동차내 항법시스템의 정보제공형태에 따른 운전자의 정보처리와 운전통제: 정보의 감각 양상과 제시빈도의 효과”, 한국심리학회지 실험 및 인지, 제9권 제2호, 한국심리학회, pp.43~62.
- Al-Ghamdi, A. S. (2007), “Experimental Evaluation of Fog Warning System”, *Accident Analysis and Prevention*, Vol.39, No.6, pp.1065~1072.
- Al-Ghamdi, A. S. and S. A. AlGadhi (2004), “Warning Signs as Countermeasures to Camel-Vehicle Collisions in Saudi Arabia”, *Accident Analysis and Prevention*, Vol.36, No.5, pp.749~760.
- Barkley, R. A., and D. Cox (2007), “A Review of Driving Risks and Impairments Associated with Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder and the Effects of Stimulant Medication on Driving Performance”, *Journal of Safety Research*, Vol.38, No.1, 113-128.
- Carson, J. and F. Mannering (2001), “The Effect of Ice Warning Signs on Ice-Accident Frequencies and Severities”, *Accident Analysis and Prevention*, Vol.33, No.1, pp.99~109.
- Charlton, S. G. (2007), “The Role of Attention in Horizontal Curves: A Comparison of Advance Warning, Delineation, and Road Marking Treatments”, *Accident Analysis and Prevention*, Vol.39, No.5, pp.873~885.
- Cirillo, J. A. (1986), “Interstate System Crash Research; Study II, Interim Report II”, *Public Roads*, Vol.35, No.3, pp.71~76.
- Garber, N. J. and R. Gadiraju (1989), “Factors Affecting Speed Variance and Its Influence on Accidents”, *TRR 1213*, pp.64~71.
- Garber, N. J. and A. A. Ehrhart (2000) “Effect of Speed, Flow, and Geometric Characteristics on Crash Frequency for Two-lane Highways”, *Transportation Research Record 1717*, pp.76~83.
- Greene, W. H. (1993), “Econometric Analysis (2nd edition)”, Macmillan, New York.
- ITE (1982), “Transportation and Traffic Engineering Handbook (2nd edition)”, Prentice Hall, Inc.
- Johansson, G. and F. Backlund (1970), “Drivers and Road Signs”, *Ergonomics*, Vol.13, pp.749~759.
- Johansson, G. and K. Rumar (1966), “Drivers and Road Signs: A preliminary Investigation of the Capacity of Car Drivers to Get Information from Road Signs”, *Ergonomics*, Vol.9, pp.57~62.
- Lamm R., B. Psarianos, G. Soilemezoglou, and G. Kanellaidis (1996), “Driving Dynamic Aspects and Related Safety Issues for Modern Geometric Design of Non-Built-Up Roads”, *Transportation Research Record 1523*, pp.34~45.
- Ogden, K. W. (1995), “Safer Roads: A Guide to Road Safety Engineering”, Avebury Technical.
- Shinar, D. (2007), “Traffic Safety and Human Behavior”, Elsevier.

18. Shinar, D. and A. Drory (1982), "The Effect of Roadway Environment and Fatigue on Sign Perception", Journal of Safety Research, Vol.13, No.1, pp.25~32.

19. Solomon, D. (1964), "Accidents on Main Rural Highways Related to Speed, Driver, and Vehicle", FHWA. U.S. DOT Washington, D.C., (reprinted in April 1974).

☞ 주 작성 자 : 김원철

☞ 교 신 저 자 : 김원철

☞ 논문투고일 : 2008. 10. 24

☞ 논문심사일 : 2009. 2. 16 (1차)

2009. 6. 16 (2차)

☞ 심사판정일 : 2009. 6. 16

☞ 반론접수기한 : 2009. 12. 31

☞ 3인 익명 심사필

☞ 1인 abstract 교정필