

# 판별모델 구축에 따른 도시고속도로의 교통사고 영향요인 분석에 관한 연구 - 부산지역 사례를 중심으로 -

정용화\* · 최양원\*\*

Jeong, Yong-Hwa\*, Choi, Yang-Won\*\*

## A Study on the Analysis of Urban Highways Traffic Accident's Impact Factors Based on Building Discriminant Models - In Busan Metropolitan City -

### ABSTRACT

The urban highway, which is a motorway constructed to solve traffic issues, has the characteristic of extremely high damage to life during traffic accidents because the speed of vehicles is higher than typical roadways. In particular, because traffic accidents involving serious injuries hold a very important place among overall traffic accidents, analysis on factors affecting the occurrence of traffic accidents involving serious injuries must be considered with priority when establishing a reduction measure. Therefore, the study built a model that was capable of distinguishing the degree of the factors as part of microscopic analysis for investigating the complex effect of many elements concerning the occurrence of traffic accidents involving serious injuries in urban highways. The results are as follows. First, discriminant model showed a comparatively high level in overall accuracy rates, and, considering the correlation ratio, the models were determined to be valid, as all characteristics of the factors were clearly distinguished. Second, the problems of traffic accidents involving serious injuries on urban highways according to each factor, were clearly drawn out through the discriminant model. Third, the improvement measure for the problems drawn out from the discriminant models were clearly proposed.

**Key words :** Urban highway, Serious injuries, Traffic accident, Microscopic analysis, Discriminant model

### 초록

교통문제 해결을 위해 건설된 자동차 전용도로인 도시고속도로는 신호에 의하여 단속되지 않는 연속 교통류가 주된 흐름인 관계로 주행차량들의 주행속도가 일반도로에 비해 높아 교통사고 발생 시 인명 피해의 정도가 매우 크다는 특징이 있으며, 특히 인명 피해의 정도가 큰 중상 교통사고는 전체 교통사고에 있어서 매우 중요한 위치를 점하고 있어 중상 교통사고 발생에 미치는 영향요인에 대한 분석은 중상 교통사고 감소대책 수립 시 가장 우선적으로 고려되어야 할 것이다. 따라서 본 연구는 도시고속도로에서 발생한 중상 교통사고 발생에 있어 여러 인자들의 복합적 작용을 알아보기 위한 미시적 분석의 일환으로 영향요인의 영향정도를 판별할 수 있는 모델을 구축하였는데, 그 결과는 다음과 같이 나타났다. 첫째, 판별모델에서는 전체 적중률들이 비교적 높게 나타났고, 상관비들을 고려해 볼 때 본 모델들이 유효하다고 판단되었으며, 제반 영향요인들의 특성 역시 명확하게 구분되었다. 둘째, 판별모델을 통하여 도시고속도로에서의 중상 교통사고 발생 영향요인별 문제점을 명확하게 도출할 수 있었다. 셋째, 판별모델을 통하여 도출된 문제점에 대한 개선대책도 명확하게 제시할 수 있었다.

**검색어 :** 도시고속도로, 중상, 교통사고, 미시적분석, 판별모델

\* 도로교통공단 부산지부 담당 (Busan Branch of Road Traffic Authority · abc@koroad.or.kr)

\*\* 정희원 · 교신저자 · 영산대학교 교통공학과 교수 (Corresponding Author · Youngsan University · ywchoi@ysu.ac.kr)

Received April 23, 2014/ revised May 16, 2014/ accepted June 2, 2014

## 1. 서론

### 1.1 연구의 목적

교통사고의 주된 요인을 5M이라는 규정에 근거하여 살펴보면, 인간(Man = 운전자 등), 기계(Machine = 자동차 등) 그리고 환경(Medium = 도로 등)의 세 가지 요인들이 그 목적(Mission)을 달성하기 위해서는 상호 균형(Balance)을 잘 유지해야 함은 물론이고, 이를 위해 관리(Management)를 잘해야 한다.

하지만 이 중에서 인간 - 기계 - 환경계의 균형이 붕괴되거나, 어느 한 요인이라도 잘못되면 곧 교통사고가 발생할 수 있으며, 더욱이 목적의 불분명과 관리의 잘못 역시도 교통사고의 발생 원인이 될 수 있으므로, 이러한 이유로 교통사고를 방지하기 위해서는 이들 다섯 가지 요인 모두가 중요한 역할을 담당해야 한다.

특히 자동차화(Motorization)의 진행으로, 일상생활에서 필수품화 된 자동차는 그 수요가 지속적으로 증가하고 있는데 반해, 교통여건은 이에 부응하지 못하여 도로의 쾌적성과 신속성을 충족시키지 못하는 실정이다. 따라서 이러한 교통여건들을 개선하기 위하여 자동차 전용도로인 도시고속도로를 건설하는 등 도로환경을 지속적으로 개선하고 있다.

하지만 교통문제 해결을 위해 건설된 자동차 전용도로인 도시고속도로는 신호에 의하여 단속되지 않는 연속 교통류가 주된 흐름인 관계로 주행차량들의 주행속도가 다른 일반도로에 비해 높아 교통사고 발생 시 큰 인명피해가 일어날 수 있는 특징을 가지고 있으며, 특히 중상 교통사고는 인명 피해의 정도가 크므로 생산성의 저하, 사회손실비용의 증가 등이 발생하며 사회 전반에 크나큰 피해를 유발시킨다는 점에서 그 어떤 분야보다도 국가적 차원에서의 연구가 절실히 필요하다. 이처럼 중상 교통사고의 경우 전체 교통사고에 있어서 매우 중요한 위치를 점하고 있음에도 불구하고 영향요인들에 대한 심층적인 분석 및 연구가 수행된 적이 전무하다.

또한 중상 교통사고 발생에 미치는 영향요인에 대한 분석은 차후 중상 교통사고 감소를 위한 대책 수립 시 가장 우선적으로 고려되어야 할 만큼 대단히 중요한 의미를 갖고 있다.

따라서 본 연구에서는 이러한 중상 교통사고에 대한 연구의 일환으로서 도시고속도로에서 발생한 중상 교통사고에 있어 그 영향요인들의 영향 정도를 판별할 수 있도록 하기 위하여 수량화 이론 II 류(Quantification II Method)를 이용하여 판별모델을 구축하여 이에 대한 적합성을 평가함으로써, 중상 교통사고 감소를 위한 정량적 척도의 간략화를 도모하였으며, 이를 근간으로, 중상 교통사고와 관련한 자료의 구축과정에서 중상 교통사고 조사와 관련한 제언도 함께 하고자 하는데 목적을 두고 연구를 수행하고자 한다.

### 1.2 연구의 방법

일반적으로 교통사고는 단독 인자에 의해서 일어날 수도 있지만, 대부분의 경우 여러 가지 인자들이 복합적으로 작용하여 발생하는 경우가 많아 그 원인과 결과를 정확히 규명한다는 것이 매우 어려운 경우가 많다.

따라서 본 연구에서는 도시고속도로에서 발생한 중상 교통사고 발생에 있어 여러 인자들의 복합적 작용을 알아보기 위한 미시적 분석의 일환으로 영향요인의 영향정도를 판별할 수 있는 모델을 구축하고자 한다.

이를 위해, 부산광역시 내 도시고속도로인 변영로, 동서로 그리고 관문대로 3곳의 2007년부터 2011년까지 최근 5년간의 교통사고 자료 총 1,260건을 이용하여 일차적으로 28개 항목의 자료를 구축하였다.

이후 자료의 동질성을 분석해 본 결과, 결측치(Missing Value)로 인한 정보의 손실이 큰 사례 539건을 제외한 자료가 비교적 충실하게 구축된 721건에 대하여 분석을 실시하고자 한다.

또한 중상 교통사고 발생 유무에 대해 교통사고 발생 유형, 기상상태, 도로형태, 도로선형, 운전자 연령, 차량용도, 행동유형, 교통법규 위반 내용 의 8가지 요인을 중심으로 영향정도를 분석하기 위하여, 수량화 이론 II 류 분석법을 이용하여 인자특점 및 편상관계수(Partial Correlation) 등을 산출하였으며, 경제점(Cutting Score)과 적중률(Hit Ratio) 등으로 신뢰성을 검증한 후 최적의 판별모델을 구축하고자 한다.

## 2. 도시고속도로 교통사고의 발생 특성

### 2.1 빈도분석에 따른 발생 특성

부산광역시 내 도시고속도로인 변영로, 동서로 그리고 관문대로 3곳의 2007년부터 2011년까지 최근 5년간의 교통사고 자료 총 1,260건 중 결측치로 인한 정보의 손실이 큰 사례 539건을 제외한 721건에 대하여 발생 유무와 영향요인들에 대해 빈도분석을 실시하였는데, 그 결과는 다음과 같다.

#### 2.1.1 교통사고 발생건수

먼저 교통사고 발생건수 721건 중 인명 피해 정도가 큰 중상 이상의 피해가 발생한 경우에 대해서 살펴보면, 사망으로 발생한 건수는 17인 2.4%, 중상으로 발생한 건수는 294건인 40.8%, 사망과 중상이 함께 발생한 건수는 5건인 0.7%인 것으로 나타났다.

이를 보면 사망만 발생하였거나 사망, 중상이 함께 발생한 건수는 많지 않아 해당 교통사고 발생 유무와 그 영향요인들을 정확하게 판별하기 용이하지 않아, 이후 본 연구에서는 중상만 발생한 교통사고에 대해 발생 유무와 영향요인들의 특성들을 살펴보고자 한다.

### 2.1.2 중상 교통사고 발생유무

다음으로 중상 교통사고 발생유무를 보면, 발생건수 721건 중 유가 294건인 40.8%, 무가 427건인 59.2%인 것으로 나타났다.

### 2.1.3 교통사고 발생 유형

교통사고 발생 유형은 차 대 차 교통사고가 601건인 83.4%로 가장 많이 발생한 것으로 나타났으며, 다음으로는 차량 단독 교통사고가 108건인 15.0%, 차 대 사람 교통사고가 12건인 1.6%의 순으로 나타났다.

### 2.1.4 도로형태

도로형태는 단일로가 529건인 73.4%로 가장 많고, 그 다음으로 교량 위가 91건인 12.6%, 터널 안이 63건인 8.7% 그리고 교차로 부근 38건인 5.3%의 순으로 나타났다.

### 2.1.5 기상상태

기상상태는 맑은 날씨일 때가 532건인 73.8%로 가장 많고, 다음으로는 비와 눈이 올 때 141건인 19.6% 그리고 흐린 날씨는 48건인 6.6%의 순으로 나타났다.

### 2.1.6 도로선형

도로선형은 직선구간에서 평지가 470건인 65.2%, 경사로가 118건인 16.4% 그리고 커브 및 곡각구간에서 평지 구간이 81건인 11.2%, 경사로 구간이 52건인 7.2%의 순으로 나타났다.

### 2.1.7 운전자 연령

운전자 연령은 사회적 활동이 가장 왕성하여 운전을 하는 기회가 많으며, 이로 인하여 교통사고를 일으킬 가능성도 상대적으로 높은 연령대에 해당하는 40대가 177건인 24.5%로 가장 많았으며, 다음으로는 30대가 166건인 23.0%, 그리고 20대가 155건인 21.5% 순으로 나타났다.

### 2.1.8 차량용도

차량용도는 주행차량 중에서 항시 그 대수가 가장 많은 자가용 승용차가 451건인 62.6%로 가장 많으며, 그 다음으로는 운행영역이 넓어 운행거리가 상대적으로 긴 사업용 및 비사업용의 콘크리트 믹서 트럭, 렌터카 등이 94건인 13.0%로, 86건인 11.9% 순으로 많이 나타나고 있다.

### 2.1.9 행동유형

행동유형은 과속의 가능성이 높은 직진 중에서 546건인 75.7%로 가장 많으며, 그 다음으로는 상대 운전자에게 위협요소가 되는

좌우회전, 앞지르기 및 진로변경 등이 149건인 20.7%의 순으로 많이 나타나고 있다.

### 2.1.10 교통법규 위반 내용

교통법규 위반 내용은 우리나라의 상당수 교통사고에 있어 그 발생 원인으로 제시되는 안전운전 의무 불이행이 312건인 43.3%로 가장 많으며, 그 다음으로는 과속 및 안전거리 미확보 사고가 246건인 34.1% 순으로 많이 나타나고 있다.

## 2.2 도시고속도로 교차분석에 따른 발생 특성

### 2.2.1 중상 교통사고 발생유무별 발생 특성

먼저 중상 교통사고 발생 유무와 교통사고 발생 유형 간의 상호 관련 정도를 살펴보면, 교통사고 발생 유형별 중상 교통사고 발생 비율에 있어 차 대 사람 교통사고 12건 중 중상 교통사고 발생이 9건인 75.0%로 가장 높게 나타났으며, 다음으로는 차 대 차 교통사고가 601건 중 257건인 42.8%, 차량 단독 교통사고 108건 중 28건인 25.9% 순으로 나타났다.

차량 단독과 차 대 사람 교통사고의 경우는 교통사고 발생 개요를 살펴본 결과, 도시고속도로 진출입 램프와 연결된 합류구간에서의 합류를 위한 진입과정에서의 충돌과 진입 후 앞 차량의 급정지 등으로 인한 앞 차량과의 추돌사고가 많은 것으로 나타났다.

그리고 차량 단독사고는 대부분 주행차로 이탈에 의한 공작물 충돌이나 추락, 전도, 전복사고 등이 이에 속하는 것으로 나타났다. 그리고 차 대 사람 교통사고는 도로에서 공사하는 사람들의 횡단 중, 차도 통행 중 그리고 길 가장자리 통행과 관련이 높은 것으로 나타났다.

### 2.2.2 중상 교통사고 발생유무별 도로형태 특성

다음으로 도로형태와의 상호 관련 정도를 살펴보면, 터널 안이 63건 중 36건인 57.1%로 가장 높게 나타났으며, 다음으로는 단일로가 529건 중 217건인 41.0%, 교량 위는 91건 중 29건인 31.9% 그리고 교차로 부근이 38건 중 12건인 31.6% 순으로 나타났다.

터널 안의 경우는 주간 혹은 야간 시간대에 터널 밖에 비해 상대적으로 조도가 낮은 관계로 단일로의 경우는 자동차 전용도로의 특성 상 교량 위 역시 직선구간으로 되어 있는 경우가 많은 관계로 주행차량의 주행속도가 높아 앞 차량의 급제동에 대한 대처가 미흡하여 이로 인한 추돌사고가 많은 것으로 나타났다.

교차로 부근의 경우는 도시고속도로 진출입 램프와 연결된 합류구간 인근 횡단보도 상 혹은 도로에서 공사하는 사람들의 횡단 중, 차도 통행 중 그리고 길 가장자리 통행과 관련이 높은 것으로 나타났다.

### 2.2.3 중상 교통사고 발생유무별 기상상태 특성

기상상태와의 상호 관련 정도를 살펴보면, 흐린 날씨인 경우가 48건 중 25건인 52.1%로 가장 높게 나타났으며, 다음으로는 비와 눈 141건 중 60건인 42.6%, 맑은 날씨가 532건 중 209건인 39.3% 순으로 나타났다.

최근 전 지구적으로 그 영향이 나타나고 있는 이상기후로 인하여 우리나라도 예외 없이 이상기후인 일자가 점차 증가하고 있다. 아울러 자동차의 성능 향상에 따른 주행속도의 증가로 인하여 이상기후에서 운전 중에 도로교통법 상 이상기후일 때의 감속기준을 적용, 감속치 않음으로 인하여 비나 눈이 올 때나 흐린 날씨일 경우에 중상 교통사고가 많이 발생하는 것으로 나타났다.

### 2.2.4 중상 교통사고 발생유무별 도로선형 특성

도로선형과의 상호 관련 정도를 살펴보면, 과속과 관련한 커브 및 곡각구간 평지부가 81건 중 39건인 48.2%로 가장 높게 나타났으며, 다음으로는 역시 직선구간 평지부 470건 중 194건인 41.3%, 경사로 118건 중 44건인 37.3%, 커브 및 곡각구간 경사로 52건 중 17건인 32.7% 순으로 나타났다.

자동차 전용도로인 도시고속도로의 특성상 주행속도가 증가하고 이로 인하여 직선구간 내지 커브 및 곡각구간 모두에 있어 교통사고의 발생 위험성이 높은 평지에서 많이 발생하는 것으로 나타났다.

### 2.2.5 중상 교통사고 발생유무별 운전자 연령 특성

운전자 연령과의 상호 관련 정도를 살펴보면, 사회활동을 위하여 운전의 기회가 많은 20대가 155건 중 69건, 44.5%로 가장 높게 나타났으며, 그 다음으로는 역시 사회활동이 왕성한 연령대인 40대가 177건 중 77건인 43.5%, 50대는 149건 중 59건인 40.0% 순으로 나타났다.

운전자 연령별 특성으로는 사회활동의 폭이 넓어지면서 이와 관련하여 운전의 기회도 증가하여 상호 관련성이 높은 것으로 나타났다.

### 2.2.6 중상 교통사고 발생유무별 차량용도 특성

차량용도와의 상호 관련 정도를 살펴보면, 운전의 기회와 운행거리가 상대적으로 긴 택시가 68건 중 37건인 54.4%로 가장 높게 나타났으며, 그 다음으로는 운행영역이 상대적으로 넓어 운행거리가 상대적 긴 비사업용 및 사업용의 콘크리트 믹서 트럭, 렌터카 등이 86건 중 38건인 44.2%, 94건 중 37건인 39.7% 순으로 나타났다.

차량용도별 특성으로는 궁극적으로 운행거리가 길어지고, 운행영역이 넓어지면서 운전기회도 증가하는 것으로 나타나 상호 관련성이 높은 것을 알 수 있다.

### 2.2.7 중상 교통사고 발생유무별 행동유형 특성

행동유형과의 상호 관련 정도를 살펴보면, 자동차 전용도로인 도시고속도로의 특성상 과속 가능성이 상대적으로 높은 직진 중이 546건 중 238건인 43.6%로 가장 많으며, 그 다음으로는 상대 운전자에게 위험요소가 되는 좌우회전과 앞지르기 및 진로변경 등이 149건 중 49건인 32.9% 순으로 많이 나타나고 있다.

행동유형별 특성으로는 궁극적으로 과속 여부가 상대 운전자에게 있어서의 잠재적 위험요소로 영향을 주어 상호 관련성이 높은 것으로 나타났다.

### 2.2.8 중상 교통사고 발생유무별 교통법규 위반내용 특성

교통법규 위반 내용과의 상호 관련 정도를 살펴보면, 교통사고 시 그 피해정도가 큰 중앙선 침범이 8건 중 5건인 62.5%로 가장 많으며, 그 다음 역시 그 피해정도가 큰 과속 및 안전거리 미확보가 246건 중 121건인 49.2% 순으로 많이 나타나고 있다.

교통법규 위반 내용별 특성으로는 궁극적으로 교통사고 발생 시 그 피해정도가 클 것으로 예상되는 중앙선 침범과 과속 등이 예측되어 상호 관련성이 높은 것으로 나타났다.

## 3. 발생지점 유형화와 영향요인 수량화 모델의 이론적 배경

수량화 모델은 Data의 성격이 주로 정성적이어서, 정량적 형태의 Data를 적용하는 일반적인 통계 분석방법을 적용토록 함으로서, 수치로 나타낼 수 없는 질적인 것에 수량을 부여하여 목적변수와의 정성적 영향요인을 판별하기 위한 방법으로, 이러한 정성적 Data들에 대해서는 요인별 분석을 가능케 하는 판별모델과 분류모델로 분류할 수 있으며, 본 연구에서는 판별모델구축에 의한 결과를 분석코자 한다.

### 3.1 판별모델

본 연구에서는 수량화 이론 I ~ IV류 중 질적 요인에 의한 “질적 외적 기준”을 예측 혹은 판별하기 위한 방법으로서, 정성적 속성의 각 Category에 적당한 수치를 부여하여 정량적인 변수처럼 다변량 분석을 적용하는 독창적인 이론으로서, Dummy 변수법과 유사한 수량화 이론 II류를 적용하여 분석하고자 하였다.

이러한 수량화 이론 II류는 R개의 정성적 속성에 관한 지식을 이용하여, 각각의 개체가 T군의 어디에 속하는 것인가를 판별하는 판별문제를 해석하는 모델이다.

즉, 정성적 설명변수인 Item의 Category로부터 외적 기준의 분류를 실시하는 수법으로, 일반적으로 어떤 무한 모집단에서 추출한 Data에 대하여 외적기준을 가장 잘 설명할 수 있도록 Category에 득점을 부여한다. 이때의 설명변수는 상대비이고, 득점은 Category Score이며, 편상관계수의 범위(Range)가 클수록, 외적 기준에 미

치는 영향이 크다고 판단할 수 있다.

그리고 표본수가 적은 경우에도 Item의 Category에 반응하면 분석이 가능해지고, 외적 기준과 설명변수의 인과관계를 정량화할 수 있다는 점에서 대단히 편리하다.

각 개체가 R개 Category의 kj개 선택치 중에서 어느 하나에 반응한다고 하는 상황을 가정할 때, i번째의 개체가 j번째의 속성에 관하여 k번째의 Category에 반응(회답)했을 때만을 1, 기타 kj-1개의 Category에 반응을 했을 때에는 0을 취하는  $\delta_i(jk)$ 가 되는 양을 도입하면,

$$\delta_i(jk) = \begin{cases} 1 & : \text{Category } k \text{에 반응(회답)했을 때} \\ 0 & : \text{이 외의 Category에 반응(회답)했을 때} \end{cases} \quad (1)$$

이  $\delta_i(jk)$ 에 관해서는 다음과 같은 관계식이 성립한다.

$$\sum_{k=1}^{kj} \delta_i(jk) = 1 \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^{kj} \delta_i(jk) = njk \quad (3)$$

$$\sum_{k=1}^{kj} \sum_{i=1}^n \delta_i(jk) = n \quad (4)$$

또한 개체 i가 j속성의 k Category에 반응했다고 하면,

$$\delta_i(jk)\delta_i(jk') = \begin{cases} 0 & (k \neq k') \\ 1 & (k = k') \end{cases} \quad (5)$$

지금 R개의 각각의 속성을 kj개의 각각의 Category에 대하여  $X_{jk} = (j=1, \dots, k, k=1, \dots, kj)$ 가 되는 수치를 부여 했을 때, 개체 i에 대한 새로운 합성변수를 다음과 같이 정의한다.

$$\alpha_i = \sum_{j=1}^R \sum_{k=1}^{kj} \delta_i(jk) X_{jk} \quad (6)$$

여기서,  $\alpha_i$  : 합성변량  
 $\delta_i(jk)$  : Dummy 변수  
 $X_{jk}$  : 고유 Vector

즉, R개의 정성적 속성에 관한 지식을 사용하여 각각의 개체가 T개 군의 어딘가에 속하고 있는가를 판별하는 판별문제를 해석하는 Model이다.

만약 Eq. (6)의  $X_{jk}$ 치의 부여방법이 완벽에 가깝게 되면, T개 군의 구분을 가로축에, a를 세로축에 a두면, T와 a의 상관비  $\eta$  혹은  $\eta^2$ 은 1에 가까운 수치를 취한다. 따라서 이때에는 급간 분산을 전 분산으로 나눈 값인  $\eta^2 = \frac{\delta_b^2}{\sigma^2}$ 이 되는  $\eta^2$ 이 최대가 되도록  $X_{jk}$ 의 수치를 결정하게 된다.

따라서 Eq. (6)의 경우,

$$\sigma^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \alpha_i^2 \bar{\alpha}^2 \quad (7)$$

$$\delta_b^2 = \sum_{t=1}^T \frac{n_t}{n} (\bar{\alpha}_t - \bar{\alpha})^2 \quad (8)$$

$$\bar{\alpha} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \alpha_i \quad (9)$$

$$\bar{\alpha}_t = \frac{1}{n} \sum_{i(t)=1}^{n_t} \alpha_i(t) \quad (10)$$

로 된다.

여기서,  $\eta^2$ 을 최대로 하는  $X_{jk}$ 를 구하기 위해서는  $X_{uv}$ 로 편미분 하여 각각을 0으로 두면 된다.

즉,

$$\frac{\sigma \eta^2}{\sigma X_{uv}} = 0 \quad (U=1, \dots, R, V=1, \dots, ku) \quad (11)$$

$$\frac{\sigma \delta b^2}{\sigma X_{uv}} - \delta b^2 \frac{\sigma \delta^2}{\sigma X_{uv}}}{(\delta^2)^2} = 0 \quad (12)$$

$$\frac{\sigma \delta b^2}{\sigma X_{uv}} = \eta^2 \frac{\sigma \delta^2}{\sigma X_{uv}} \quad (U=1, \dots, R, V=1, \dots, ku) \quad (13)$$

여기서

$$\frac{\sigma \delta b^2}{\sigma X_{uv}} = \frac{2}{n} \sum_j \sum_k \left[ \sum \frac{g^t(jk)g^t(uv)}{nt} - \frac{1}{\eta} n_{jk} n_{uv} \right] X_{jk} \quad (14)$$

$$\frac{\sigma_{\delta^2}}{\sigma_{X_{uv}}} = \frac{2}{n} \sum_j \sum_k \left[ \sum f_{jk}(uv) - \frac{1}{n} n_{jk} n_{uv} \right] X_{jk} \quad (15)$$

따라서 Eq. (13)은

$$\sum_{j=1}^R \sum_{k=1}^{kj} h_{uv}(jk) X_{jk} = \eta^2 \sum_{j=1}^R \sum_{k=1}^{kj} \left[ f_{uv}(lm) - \frac{1}{n} n_{lm} n_{uv} \right] X_{lm}$$

단,

$$h_{uv}(jk) = \sum_{t=1}^T \frac{g^t(jk)g^t(uv)}{nt} - \frac{1}{\eta} n_{jk} n_{uv} \quad (16)$$

Eq. (16)을 행렬식으로 나타내면

$$HX = \eta^2 FX \quad (17)$$

여기서,  $H = [kuv(jk)]$  : 정방행렬

$$F = \left[ f_{uv}(lm) - \frac{1}{n} \eta_{jk} n_{uv} \right] : \text{정방행렬}$$

Eq. (15)을 변형하면

$$F^{-1}HX = \eta^2 X \quad (18)$$

$$[F^{-1}H - \eta^2 I]X = 0 \quad (19)$$

여기서,  $\eta^2$ 을 최대로 하는 고유벡터를 구하면 된다.

### 3.2 분류모델

분류모델의 대표적인 분석방법인 의사결정나무분석법은 의사결정규칙(decision rule)을 도표화하여, 관심대상이 되는 집단을 몇 개의 소집단으로 분류(classification)하거나 예측(prediction)을 수행하는 분석방법이다. 특히 분석과정이 나무구조에 의해서 표현되기 때문에, 분류 또는 예측을 목적으로 하는 다른 방법들인 신경망(Neural Networks), 판별분석(discriminant Analysis), 회귀분석(Regression Analysis) 등에 비해, 분석 과정을 쉽게 이해하고 설명할 수 있다는 장점을 가지고 있다.

그리고 의사결정나무분석은 탐색과 모형화라는 두 가지 특성을 모두 가지고 있는 바, 탐색단계에서는 차원의 축소 및 변수 선택, 교호효과와 과적, 범주의 병합 또는 연속형 변수의 이산화 등이 포함되고, 모형화 단계에서는 세분화, 분류, 예측 등이 포함되어 있다. 즉, 의사결정나무는 판별분석 또는 회귀분석 등과 같은 모수적(parametric) 모형을 분석하기 위해서 사전에 이상치(outlier)를

검색하거나, 분석에 필요한 변수를 찾아내고, 모형에 포함되어야 할 교호효과를 찾아내는 데 사용될 수도 있고, 그 자체가 분류 또는 예측 모형으로 활용될 수 있다.

의사결정나무는 하나의 나무구조를 이루고 있고, 그 기능에 따라, 뿌리마디(root node), 자식마디(child node), 부모마디(parent node), 끝마디(terminal node), 중간마디(internal node) 그리고 가지(branch) 등으로 분류되는, 마디(node)라고 불리는 구성요소들로 이루어져 있다.

그리고 의사결정나무는 뿌리마디로 시작하여, 각 가지가 끝마디에 이를 때까지 자식마디를 계속적으로 형성해 나감으로써 완성되며, 이를 형성하는 알고리즘으로는 CHAID, C&RT, QUEST 등이 있다.

이들은, 하나의 부모마디로부터 자식마디들이 형성될 때, 어떤 예측변수를 이용하여, 어떻게 분리하는 것이 목표변수의 분포를 가장 잘 구별해 주는지에 대한 정도를 나타내는 분리기준(splitting criterion)에서 서로 다른 것을 이용한다. 또한 더 이상 분리가 일어나지 않고 현재의 마디가 끝마디가 되도록 하는 정지규칙(stopping rule) 그리고 지나치게 많은 마디를 가지는 의사결정나무가 새로운 자료에 적용할 때, 예측오차(prediction error)가 매우 커지는 것을 방지하기 위하여, 형성된 의사결정나무에서 적절하지 않은 마디를 제거하여, 적당한 크기의 부나무(subtree) 구조를 가지도록 하는 가지치기(pruning) 등에서도 서로 다른 형성과정을 가지고 있다.

이들 중에서 본 연구에 이용된 C&RT 분석법은 이산형 목표변수인 경우 적용하는 지니 지수(Gini Index), 연속형 목표변수인 경우 분산의 감소량을 이용하여 부모 마디로부터 자식 마디가 2개만 형성되게 하는 이진분리(binary split)를 수행하는 알고리즘이다.

## 4. 도시고속도로 중상 교통사고 발생여부별 영향요인 판별 모델 구축

### 4.1 도시고속도로

부산광역시 내 도시고속도로인 변영로, 동서로 그리고 관문대로 3곳의 2007년부터 2011년까지 최근 5년간 중상 교통사고 발생 여부별 영향요인을 판별하기 위하여 수량화 2류 분석방법에 의해 판별모형을 구축하였는바, 그 결과는 다음과 같다.

먼저 변영로, 동서고가로, 관문대로 3곳을 모두 포함하는 도시고속도로 전체에 대해 2007년부터 2011년도까지 최근 5년간 721건에 대하여 중상 교통사고 발생 여부별 영향요인을 판별하기 위한 판별모형을 구축하기 위하여 수량화 이론 II류 분석을 실시하였다.

분석 대상이 되는 721건 중 다음의 Table 1에서 보는 바와 같이 중상 교통사고 발생 유무에 있어 유인 건수는 294건인 40.8%

Table 1. Status of Whether or Not on Serious Injury Traffic Accidents in Urban Highway

Occurs	Cases (ea)	rate (%)
Happen	294	40.8
None	427	59.2
total	721	100.0

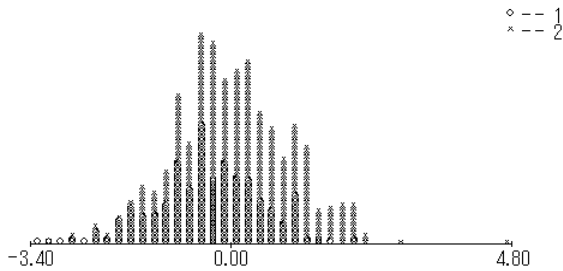


Fig. 1. Data Score Histogram of Whether or Not on Serious Injury Traffic Accidents Status in Urban Highway (1:happen 2:none)

Table 2. Determine Results of Whether or Not on Serious Injury Traffic Accidents in Urban Highway

division		Predicted group		total	rate (%)
		happen	none		
actual group	happen	202 (68.7%)	92 (31.3%)	294 (100.0%)	68.7
	none	233 (54.6%)	194 (45.4%)	427 (100.0%)	45.4
total		435	286	721	54.9

의 비율을 차지하고 있고, 무인 건수는 427건인 59.2%를 차지하는 것으로 나타나 무인 건수가 약간 더 많은 것으로 나타났다.

수량화 이론 II류 분석에 의하여 구축된 판별모델에서 판별식에 의해 외적변수를 집단 중심점과 표본수를 고려하여 구한 경계점에 의해 판별하여 보면, 경계점이 -0.120038인 관계로 Fig. 1에서 사례별 판별점수가 -0.120038 이상이면 중상 교통사고 발생 유, -0.120038 이하이면 중상 교통사고 발생 무로 판별할 수 있다.

또한 이러한 판별기준에 의해 해당 집단을 올바르게 판별할 수 있는 확률이 어느 정도인지 알아보기 위해서 적중률을 구하여 본 결과, Table 2와 같이 중상 교통사고 발생 유는 68.7%, 무는 45.4%로 나타났으며, 전체 적중률은 54.9%로 비교적 높게 나타났다.

그리고 구축된 판별모델에서 외적변수에 대한 항목들로 구성되는 축이 외적변수를 어느 정도까지 잘 나타내어 주고 있는지를 나타내는 상관비는 0.10417로 나타나 중상 교통사고 발생 유무별 판별모델로서 유효하다고 판단되었다.

다음으로 그 값이 큰 변수일수록 외적변수에 대한 영향정도의 큰 요인으로 작용한다고 볼 수 있어 외적변수에 대한 기여도를 나타내는 편상관계수는 외적변수인 중상 교통사고 발생 유무에 대한 교통사고 영향요인들의 값들이 큰 순서대로 살펴보면 될 것이다.

이를 살펴보면, 교통법규 위반유형, 교통사고 발생 유형, 도로형태, 운전자 연령, 행동유형, 차량용도, 도로선형, 기상상태의 순서로 나타났다.

구축된 판별모델을 다음의 Table 3에서 종합적으로 살펴보면,

Table 3. Results on Discriminant Model According to the Quantification Theory II Flow Analysis in Urban Highway

Items	No.	Category	Frequency	Quantify the Value	Range				Partial correlation coefficient
					-2.5	-1.5	0	1.5	
Type of traffic accidents	1	(Car-to-Car)Smash, Car accident	601	-0.10655					0.14451 (2)
	2	(Car-to-Person)Crossing, Road walking, Edge of Road walking	12	-2.19999					
	3	(Car only)Workpiece collisions, Crash and escape, Fall	108	0.83740					
Weather conditions	1	Sunny	532	0.04565					0.06496 (8)
	2	Blur	48	-0.72026					
	3	Rain and Snow	141	0.07295					
Road form	1	Single Way	529	-0.05673					0.11302 (3)
	2	On the bridges	91	0.57076					
	3	In the tunnel	63	-0.74091					
	4	Near the intersection	38	0.65133					
Road alignment	1	(Straight)Flat	470	0.05747					0.08497 (7)
	2	(Straight)Ramp	118	0.18078					
	3	(Curve)Flat	81	-0.69856					
	4	(Curve)Ramp	52	0.15842					

Table 3. Results on Discriminant Model According to the Quantification Theory II Flow Analysis in Urban Highway (continue)

Items	No.	Category	Frequency	Quantify the Value					Range	Partial correlation coefficient
					-2.5	-1.5	0	1.5		
Driver age	1	16 ~ 19age	13	0.24593					0.99287	0.11156 (4)
	2	20 ~ 29age	155	-0.43561						
	3	30 ~ 39age	166	0.23436						
	4	40 ~ 49age	177	-0.28069						
	5	50 ~ 59age	149	0.27588						
	6	More than 60age	61	0.55726						
Car also	1	(For business)Taxi	68	-0.84872					1.19019	0.10356 (6)
	2	(For business)Intercity bus, Charter Bus	3	0.29450						
	3	(For business)Transport of dangerous goods, Freight, Ready-mixed concrete, Rantar-car	94	0.26536						
	4	(Non-business)Car	451	0.12273						
	5	(Non-business)Bus	6	0.34148						
	6	(Non-business)Freight, Ready-mixed concrete	86	-0.28255						
	7	(Non-business)Motorcycle	13	-0.09337						
Patterns of behavior	1	Go Straght	546	-0.14838					2.84013	0.1115 (5)
	2	Left-Right turn, Beat or Change	149	0.38045						
	3	U-turn	6	2.69174						
	4	Start or Reverse, Paring or stopping	20	0.40899						
For traffic violations	1	Signal and instructions violation(Article 5 of the Road Traffic Act)	5	-0.03653					3.45861	0.17741 (1)
	2	Centerling violation(Article 13 of the Road Traffic Act)	8	-2.43117						
	3	Speeding incident(Article 17 of the Road Traffic Act), Safe distance violation(Article 19 of the Road Traffic Act)	246	-0.35281						
	4	Alcohol and drugs driving ban (Article 44, 45 of the Road Traffic Act)	112	1.02743						
	5	Path change ban violation(Article 19 of the Road Traffic Act), Breach of Path duty concession(Article 20 of the Road Traffic Act)	19	0.87978						
	6	Breach of duty safe driving(Article 48 of the Road Traffic Act)	312	-0.05306						
For traffic violations	7	How th car traffic Breach(Article 13 of the Road Traffic Act), Breach of duty relief measures(Article 54 of the Road Traffic Act), Breach of duty to protect pedestrians(Article 27 of the Road Traffic Act), Driving without a license(Article 43 of the Road Traffic Act)	19	-0.46382					3.45861	0.17741 (1)
Outside Variable	1	Occur serious traffic accidents	294	-0.38897	Eta-square				0.10417	
	2	Not occur serious traffic accidents	427	0.26782	(Correlation ratio)					

교통법규 위반 내용에 있어서는 중앙선 침범이, 교통사고 발생 유형에서는 중앙이라는 인적피해가 유발될 수 있는 차 대 사람이, 도로형태에서는 터널 인이, 운전자 연령에서는 20대가, 행동유형에서는 과속을 쉽게 수반할 수 있는 직진 중이, 차량용도로는 운행거리가 상대적 긴 사업용 택시가, 도로선형은 과속을 쉽게 수반할 수 있으면서도 전방 시야가 불량한 평지의 커브 및 곡각 구간이, 기상상태는 흐린 날씨가 중상 교통사고 발생 유에 대표적으로 영향을 미치는 것으로 나타났다.

반면에 교통법규 위반 내용에 있어서는 주취 및 약물 운전 금지위반, 교통사고 발생 유형에서는 차량 단독, 도로형태에서는 차량의 주행속도가 상대적으로 낮은 교차로 부근, 운전자 연령에서는 60세 이상, 행동유형에서는 대향차량과의 충돌 시 조수석에 충격이 됨으로 인하여 운전자에 대한 충격이 상대적 적은 U턴 중, 차량용도로는 비사업용 버스, 도로선형은 경사로가 있는 직선부 구간, 기상상태는 비, 눈일 때가 중상 교통사고 발생 유무에 대표적 영향을 미치는 것으로 나타났다.



## 5. 판별모델에 의한 중상 교통사고 발생영향 요인별 문제점 및 개선대책

### 5.1 문제점 분석

판별모델에서 공통적으로 나타난 영향요인들은 다음과 같이 나타났다.

먼저 인적 요인으로는 교통사고 발생 유형, 운전자 연령, 행동유형, 교통법규 위반 내용을 영향요인으로 하여 중상 교통사고 발생 유무에 대한 영향 정도를 분석하였는데, 이중 교통사고 발생 유형은 차 대 차와 차 대 사람이 중상 교통사고 발생에 주된 요인으로 작용하고 있으며, 운전자 연령에서는 20대와 40대가, 행동유형에서는 직진 중, 교통법규 위반 내용으로는 과속 및 안전거리 미확보, 중앙선 침범, 추월 및 약물 운전 금지가 주된 요인으로 작용하고 있음을 알 수 있다.

또한 차량적 요인으로는 차량용도라는 영향요인 중에서 사업용 택시, 비사업용 화물, 콘크리트 믹서, 이륜 및 원동기가 주된 요인으로 작용하는 것으로 나타났다.

그리고 도로 환경적 요인으로는 기상상태라는 영향요인 중에서 흐림, 도로형태 중에는 단일로, 터널 내부, 도로선형에서는 평지의 커브 및 곡각 구간이 주된 요인으로 작용하고 있음을 알 수 있다.

그리고 연도별로 많은 영향을 차지하는 요인들을 보면 인적요인에서는 과속 및 안전거리 미확보, 차대 사람으로 이는 차량들의 과속여부와 차와 사람간의 직접적인 충돌이 있을 때 중상의 정도가 심하다고 나타났고, 이중 과속 및 안전거리 미확보는 매년 나타나는 영향요인이다. 다음으로 환경적 요인에서는 터널 안, 흐린 날씨, 커브 및 곡각에서의 평지 및 경사로로 사이의 제약이 있고, 과속하기 쉬운 구간에서 높은 피해정도가 일어났다. 또한 차량적 요인에서는 사업용 택시와 비사업용 승용, 화물 및 콘크리트 믹서 등이 연도별로 잦은 빈도를 나타냄으로, 향후 교통사고 피해 예방을 위해 이들 차량에 대해 중점적으로 관심을 기울일 필요가 있음을 암시해준다.

### 5.2 개선대책

앞 서 문제점 분석 결과에 따른 개선대책은 다음과 같다. 이들 개선대책들 중에서 도시고속도로에서 인명 피해의 정도가 큰 중상 교통사고의 발생을 줄이기 위해서는 그 무엇보다도 우선적으로 속도를 감속시키는 것이 가장 중요할 것이다.

특히 과속사고의 경우 주행 중인 차량의 주행속도가 높아질수록 정지거리가 길어지므로 운전자가 위험상황을 회피하는데 필요한 시간이 길어져 중상 교통사고를 야기할 가능성이 매우 높아진다. 또한 질량과 속도에 관련된 운동 에너지의 물리적 관계에서도 충격량이 속도 제곱에 비례하여 커지므로, 속도가 높아질수록 주행 차량 운전자의 피해나 부상정도가 심각해질 확률이 더 높아진다.

따라서 이러한 중상 교통사고를 줄이기 위하여 속도를 감속시킬 수 있는 방법으로는 대표적으로 다음과 같은 세 가지의 방안을 제시하고자 한다.

먼저 가변 속도제어(Valuable Speed Limits: VSL)시스템을 구축하여 운전환경이 변화는 구간(터널, 교량 위, 커브 및 경사로 등의 도로선형), 공사구간 등 다양한 환경 변화에 대응해서 실시하거나, 비와 눈, 황풍 등의 이상기후일 때의 감속기준이 적용된 최고 제한속도를 운전자에게 제 때에 고지시킬 수 있어야 할 것으로 판단된다.

특히 이 시스템은 사전에 미리 조사된 도로의 기하학적 형태와 검지기와 CCTV 등을 통해서 수집된 교통량, 속도, 기상등과 관련한 제반 정보 등을 전문가에 의해 종합 판단한 후 그 판단 결과에 따라 법에 부합하는 최적의 제한속도를 결정하고, 그 결정된 제한속도를 전광판을 통해 가변적으로 표출함으로써 운전자들이 변화된 환경에 즉시 대응할 수 있도록 할 수 있다는 점이 최대 장점이다. 따라서 이러한 시스템의 도입에 의해 교통사고의 심각도가 감소될 수 있음은 물론 차량 간의 속도분산도 최소화시킴으로써 안정적인 교통 흐름도 유지될 수 있을 것으로 판단된다.

다음으로는 무인단속카메라의 확대 설치를 통하여 운전자로 하여금 인위적으로 속도 감소를 유도하는 방법이 있을 수 있다.

하지만 무인단속카메라의 설치는 단속 속도의 고정이라는 한계점이 있어 교통 정체나 사고 등의 교통상황이나 기후의 변화 시에 미리 속도를 감속시켜 줄 수 없어 앞 차량 간의 상충이 일어날 소지도 있다. 따라서 단순히 무인단속카메라를 설치하는 것보다는 가변속도제어시스템을 연계하여 구축하는 것이 더 효과적일 것으로 판단된다.

마지막으로 교통사고 다발 구간이나 속도 감소가 필요한 구간 혹은 커브 구간의 비교적 짧은 구간에 대해 콘크리트 포장 위에 그루빙을 적용하여 감속을 유도하는 방법도 있을 수 있다. 특히 노면에 파인 홈의 간격과 길이를 적당히 조정함으로써, 노면의 소음을 규칙적인 음으로 변환하여 멜로디화 함으로써 과속 또는 졸음운전 방지를 위한 주의력을 환기시킬 수도 있다. 따라서 이 기법을 설치할 경우에는 교통사고 다발 구간에서 운전자의 주의력을 환기시켜 줌으로서, 과속에 의한 교통사고를 예방할 수 있고, 소음으로 인하여 불쾌감을 음향화함으로서 운전 조건도 향상시킬 수 있을 것으로 판단된다.

## 6. 활용방안 및 결론

본 연구는 도시고속도로에 있어 중상 교통사고 발생 유무별 영향요인에 대해 그 영향 정도를 판별하는 모델을 구축하였다. 그 결과를 요약하여 보면 다음과 같다.

첫째, 도시고속도로에 있어 중상 교통사고 발생 유무별 영향요인을 판별하는 모델에서는 전체 적중률들이 비교적 높게 나타났고, 상관비율을 고려해 볼 때 본 모델들은 유효하다고 판단되었으며, 제반 영향요인들의 특성 역시 명확하게 구분되었다고 분석되었다.

둘째, 중상 교통사고 발생 유무에 있어서 영향요인을 판별하는 모델을 통하여 도시고속도로에서의 중상 교통사고 발생 영향요인별 문제점을 명확하게 도출할 수 있었다고 분석되었다.

셋째, 중상 교통사고 발생 유무에 있어서의 영향요인을 판별하는 모델을 통하여 도시고속도로에서의 중상 교통사고 발생 영향요인별 문제점을 개선하기 위한 개선대책을 명확하게 제시할 수 있었다고 분석되었다.

이상의 연구 결과, 도시고속도로 중상 교통사고를 조사, 분석하는 측면에서 상당수의 변수들에 의해 결측치가 많아 분석과정에서 막대한 정보 손실이 초래되게 되어 이로 인하여 보다 심층적인 분석을 하기 어려웠다고 판단된다.

따라서 이러한 문제점들을 해결하기 위해서는 교통사고의 초등 조사 과정부터 결측치의 발생을 막을 수 있도록 표준화된 필수 조사항목을 지정하고, 이들 항목에 대한 조사의 의무화가 필요할

것으로 제의하고자 한다.

## References

- Go, S. S. (1996). *A study on the correlation analysis among impact factors causing traffic accidents*, Ph.D Dissertation, Civil Engineering of Donga University.
- Kim, B. G. (2005). *Typology of large traffic accident spot and influencing factors study on the determination and classification model construction*, Master's Thesis, Environment Graduate school of Pusan National University.
- Kim, J. S. (2003). *Understanding of statistical analysis using sas v.8.2*, Hanall Publisher (in Korean).
- Ministry of Land, *Infrastructure and Transport, Highway Capacity Manual*, Korea Institute of Construction Technology.
- No, H. J. (2003). *SPSS / Amos analyzed by the Social Survey - Categorical data analysis and covariance structure analysis*, Hyeongseol Publisher (in Korean).
- Park, G. E. (2009). *Effects of variable speed limits operation on Freeway*, Master's Thesis, Transportation Engineering, Graduate school of University of Seoul.