

서울 대중교통체계 개편 전후의 버스사고 비교

임삼진* · 김원철** · 정상문*** · 장명순****

Bus Traffic Accident Analysis: Before and after Transportation Reform in Seoul

Samjin Lim* · Wonchol Kim** · Sangmoon Jung*** · Myungsoon Chang****

요약 : 서울시는 2004년 7월 1일을 기준으로 버스중앙전용차로제, 준공영제, 무료환승제도 등을 중심 내용으로 하는 대중교통체계 개편을 시행하였다. 본 연구에서는 서울시에서 운행중인 버스회사의 사고기록을 이용하여 대중교통체계 개편에 따른 버스사고의 변화를 분석하고, 버스사고를 예측모형을 개발하였다. 버스사고 변화패턴을 확인하기 위하여 버스사고 개요, 사고 도로정보, 사고운전자정보, 사고차량정보, 회사근무환경정보, 회사별 운행정보 및 회사정보 등의 자료를 기준년도(2003년 10월~12월) 589건, 평가년도(2004년 10월~12월) 485건을 각각 수집하여 분석에 활용하였다. 체계개편 후의 버스사고건수는 기준년도(2003)와 비교하여 17.66% 감소하였고, 사상자수는 10.78%감소한 것으로 분석되었다. 사고발생 원인으로는 신호위반과 앞지르기 위반이, 사고 발생지점은 교차로사고가, 사고발생 운전자의 경력은 21년 이상의 장기근무자의 사고가 상당 부분 감소한 것으로 분석되었다. 상관분석과 회귀분석을 이용한 분석결과, 운전자 근속년수, 임금, 정비원수, 전용차로 비율, 평균차령 등이 버스사고에 영향을 미치는 것으로 분석되었다. 본 연구에서는 버스회사의 운영정책과 관련된 변수(운전자 정보, 차량정비원정보, 차량정보, 노선정보)를 이용하여 사고예측 모형을 개발하였다.

주제어 : 대중교통체계 개편, 버스사고, 사고예측모형, 다중회귀분석

ABSTRACT : On July 1, 2004 the Seoul Metropolitan Government introduced major public transportation reform measures in the city. They included the demarcation of 'bus rapid transit' corridors, the introduction of a 'semi-public' management system, and a fare and ticketing system integrating transportation modes and routes. This study consists of an analysis of the changes in the pattern of bus accidents which resulted from the implementation of the reforms, and is grounded upon accident records maintained by individual bus companies. The data encompasses a total of 589 incidents recorded between October and December 2003, and 485 incidents recorded over the corresponding period in 2004. It includes company details, and comprehensive information concerning each accident. The study shows that there were 17.66% fewer bus traffic accidents in the last quarter of 2004 than were recorded in the same period in 2003, whilst bus traffic accident casualties were reduced by 10.78% over the same time span. The traffic accident

* 한양대학교 첨단도로연구센터 연구교수(Research Professor, Advanced Highway Research Center, Hanyang University), 논문주작성자임.

** 한양대학교 첨단도로연구센터 연구원(Research Fellow, Advanced Highway Research Center, Hanyang University)

*** 서울대학교 환경대학원 석사과정(Student in Master Program, Graduate School of Environmental Studies, Seoul National University)

**** 한양대학교 교통공학과 교수(Professor, Department of Transportation Engineering, Hanyang University)

prediction model utilized in the study was developed using bus company operating policies combined with related variables concerning bus drivers, such as wages earned, hours worked per day, days worked per month, mileage travelled, and the number of vehicle repair personnel required. Multiple Regression Analysis procedure was applied to regulate analysis of the model. It was found that bus accident statistics were influenced by factors such as the extent of bus driving experience, wages received, the age of the vehicle, the number of repair personnel, and the ratio of bus exclusive lanes to the length of total bus routes.

Key Words : bus reform in Seoul, bus accident, accident prediction model, multiple regression

I. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

서울시는 2004년 7월 1일을 기준으로 대대적인 대중교통체계 개편을 시행하였다. 개편의 주요 내용은 버스중앙차로제 시행, 무료환승제 도입, 거리비례통합요금제 시행, 노선의 전면 조정 등이다. 이 교통체계의 개편은 서울시를 포함한 수도권의 교통체계 변화에 영향을 미쳤으며, 그 핵심은 버스에 대한 과감한 투자, 시내버스 노선조정을 합리화하기위한 공영제 도입, 버스와 지하철의 통합관리 방식으로의 전환 등이다.

대중교통체계 개편 이후 2004년 10월까지 도출된 효과로는 대중교통 이용수요가 2003년 7~8월 동기대비 평균 11.0% 증가하였고, 버스 중앙차로제 시행구간의 버스 통행속도는 30.7%~75.7%까지 향상된 것으로 나타났으며, 교통사고는 월평균 23.3% 감소된 것으로 보고되었다. 결론적으로 서울시에서 시행한 대중교통체계 개편은 대중교통의 안정성, 정시성, 안전성 등에 긍정적인 효과를 미친 것으로 판단된다. 이와 같이 서울시 대중교통체계 개편의 긍정적인

효과가 나타나게 된 것은 서울시의 추진력과 대중교통 이용자의 발 빠른 순응에 더불어 버스회사의 운영변화에서 찾아볼 수 있다. 대중교통개편에 따른 버스회사의 운영변화는 버스회사의 사고율에 영향을 미칠 것으로 판단된다.

따라서 본 연구에서는 대중교통체계 개편 전후의 버스사고의 변화패턴을 확인하고, 버스 사고 발생요인을 버스회사의 운영측면을 고려하여 분석한 버스사고 예측모형을 개발하였다. 또한 버스사고와 버스회사의 운영측면과의 상관성 분석을 통하여 버스회사의 운영에 필요한 시사점을 제시하고자 한다.

2. 연구의 범위 및 절차

1) 시간적 대상적 범위

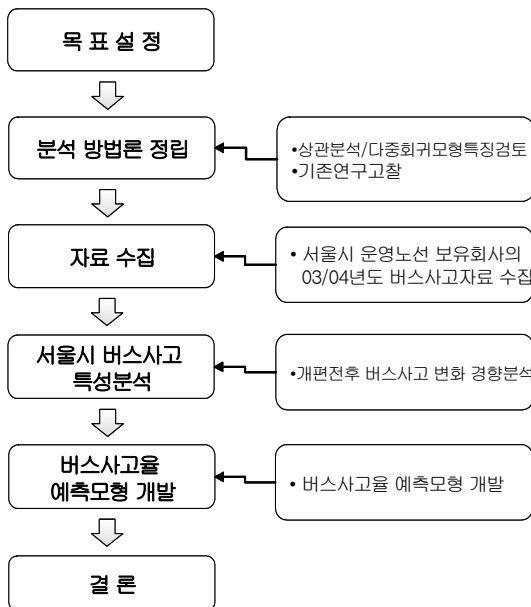
본 연구의 시간적 범위는 2003년 10~12월 3개월을 기준년도로 2004년 10~12월 3개월을 평가년도로 설정하여 대중교통 개편 전후의 사고율을 비교하였다. 연구대상 범위로는 서울시 정책의 영향을 받는 버스회사로 서울시의 운행노선을 가지고 영업 중인 회사를 대상으로 본 연구를 수행하였다.

2) 분석 자료의 범위

버스사고 변화를 분석하기 위해 사고개요, 사고도로정보, 사고운전자정보, 사고차량정보, 회사별 근무환경 정보, 회사별 운행정보, 회사 정보 등을 경찰서에 접수된 사고 자료를 버스 회사로부터 수집하여 분석을 실시하였다. 기준년도 589건, 평가년도 485건의 버스사고 자료를 분석하여 대중교통체계 개편 전후의 버스사고 변화패턴을 확인하였다. 버스사고 예측모형은 2004년 서울의 버스회사 64개 회사 중 충분한 자료 제출로 분석이 가능한 36개 회사의 사고자료 가운데 30개 회사의 자료를 이용하여 버스사고 예측모형을 개발하였고, 6개 회사의 자료로 구축된 모형을 검증하였다.

3) 본 연구의 수행절차

본연구의 수행절차는 <그림 1>과 같다.



<그림 1> 연구의 수행절차

4) 자료수집

본 연구에 사용한 회사별 버스사고 자료는 회사별 보유중인 사고기록일지를 기반으로 작성되었고, 버스사고 가운데 경찰서에 보고된 자료만을 분석에 이용하였다. 버스사고 변화 패턴을 분석하기 위한 조사 항목은 사고개요, 사고도로정보, 사고운전자정보, 사고차량정보, 회사별 근무환경 정보, 회사별 운행정보, 회사정보이며, 각 항목별 세부내용은 다음 <표 1>과 같다.

<표 1> 자료수집 항목 및 세부수집 항목

조사항목	세부내용
사고개요	<ul style="list-style-type: none"> • 사고발생시간, 사고발생요일 • 기상상태 • 사고 유형별(차대차, 차대사람, 차량단독, 차내안전사고) • 사고 피해(물적피해, 인적피해, 물적+인적피해) • 사상자수(사망자수, 중상자수, 경상자수) • 대물피해액 • 사고원인(신호위반, 중앙선침범, 안전운전 불이행, 앞지르기 방법위반, 보행자보호 의무위반, 과속, 승객추락방지 위반) • 사고당시의 주행속도(km/h) • 버스구분(간선, 지선, 광역, 순환)
사고도로정보	<ul style="list-style-type: none"> • 발생지점(차도, 보도, 횡단보도, 교차로, 버스정류장, 터널 등) • 도로형태(편도 1차로, 2차로, 3차로, 4차로, 5차로 이상) • 주행상황(직진, 우회전, 좌회전, 앞지르기, 차로변경, 후진, 정차)
사고운전자정보	<ul style="list-style-type: none"> • 연령 • 운전경력 • 근무여건(정규직, 임시직) • 근무형태(1일2교대, 2일근무 1일 휴무)
사고차량정보	<ul style="list-style-type: none"> • 차량 제작 연도 • 차량 총 주행거리
회사근무환경정보	<ul style="list-style-type: none"> • 운전자 평균근무연수/일 평균근무시간/월 평균근무일수 • 운전자 1일당 월평균 임금, 버스 평균 차령, 정비원수
회사별 운행정보	<ul style="list-style-type: none"> • 노선별 운행대수 • 운행간격 • 노선 연장(전용차로 노선길이+일반차로 노선길이) • 중앙 및 가로변 버스차로제 노선비율
회사정보	<ul style="list-style-type: none"> • 운전자수/ 차량보유대수 • 무사고자 포상유무 • 보험요율 • 사고지수

II. 사고예측모형 이론고찰

1. 다중회귀분석을 활용한 교통사고예측모형

교통사고예측모형을 구축하기 위한 방법은 분석에 활용되는 데이터의 특성에 따라 두 가지로 구분된다. 지금까지 많은 연구가 이루어진 분야로 사고가 발생한 후 기록되어진 기록 데이터를 이용하여 분석하는 방법과, 사고가 발생하기 전에 조사될 수 있는 상충(Conflict) 데이터를 이용하는 방법으로 구분된다. 기록에 의한 데이터를 분석하기 위한 방법으로는 다중회귀분석과 수량화이론이 적용되며, 사고가 발생하기 전에 현장조사에 의해 획득되어지는 데이터를 분석하기 위한 방법으로는 상충이론과 퍼지추론이론이 이용된다.

다중회귀분석이론을 적용한 교통사고에 관한 연구 중에서 Liang et al.(1998)는 운전속도에 미치는 주위 환경적 요인들 특히, 바람의 세기에 관하여 요인들의 관계를 규명한바 있으며, 이러한 주위 환경적 요인들에 의해서 운전자의 Visibility Level이 급격히 변화되기 때문에 사고가 발생한다는 결론을 도출하였고, 강경우(1997)는 공간자기회귀모형을 이용한 고속도로 교통사고 분석에 관한 연구에서 공간적 상관관계를 고려한 교통사고분석을 위하여 종속변수로 단위구간별 교통사고건수를, 설명변수로는 단위구간별 교통량, 인터체인지 유무 및 화물차량비율을 이용하여 공간자기회귀분석을 시도하였다.

2. 버스사고 발생요인 기존연구 고찰

교통사고의 요인은 운전자요인, 차량요인, 도로 및 환경요인에 의해서 발생한다. 각 주요인별 관련 세부인자는 <표 2>와 같다.

<표 2> 교통사고 주요인에 대한 세부인자

사고 주요인	관련 세부 인자
운전자 요인	<ul style="list-style-type: none"> ■ 성별 ■ 나이 ■ 운전이력 ■ 사고이력
차량 요인	<ul style="list-style-type: none"> ■ 차종 ■ 운행이력 ■ 안전장치 설치여부
도로 및 환경요인	<ul style="list-style-type: none"> ■ 도로기하구조 (평면, 종단선형, 구배 등) ■ 교통조건(교통량, 속도) ■ 기후조건(눈, 비, 안개, 기온) ■ 도시 밀도 ■ 포장종류

Chang and Yeh(2005)에 의하면 타이완의 도시간 버스 탈규제화에 따른 버스 회사의 안전성에 대한 요인분석에서 버스회사의 안전성 측면을 환경적인측면과 회사측면에서 분석을 실시하였다. 버스회사의 규모가 작고, 5년 이상 된 차량을 보유한 회사 및 운전자의 법규위반이 높은 회사의 사고율이 높음을 제시하였다.

Hamed and Jaradat(1998)에 의하면 요르단 미니버스의 운영정책개선을 위하여 사고모형을 개발하였다. 운전자경력, 나이, 월수입, 노동시간, 정기적 휴식유무 등을 독립변수로 이용하여 모형을 개발하였다. 이 모형에서 미혼자는 이전사고와의 간격이 짧을수록 사고발생 확률이 높고, 운전경력이 많고 면허 취득후 사

고발생까지의 기간이 길수록 사고확률이 낮다는 것을 제시하였다.

Ⅲ. 대중교통체계 개편 전후의 버스사고율 비교

대중교통체계 개편 전후의 버스사고의 변화패턴을 확인하기 위하여 체계개편 이전인 2003년 10~12월(3개월)의 자료를 기준년도로 체계개편 이후인 2004년 10~12월(3개월)의 자료를 평가년도로 하여 버스사고율 변화, 사상자수 변화, 사고원인 비교, 사고발생지점 비교, 사고발생운전자 비교 등을 이용하여 버스사고 변화패턴을 확인하였다.

1. 일반현황

대중교통체계 개편 전후의 버스사고를 비교한 결과 개편 후 비교 대상인 3개월간 사고건수는 589건에서 485건으로 16.97%가 감소하였고, 대당 사고발생건수는 0.081건에서 0.067건으로 17.22% 감소 효과가 나타났으며, 운전자당 사고건수는 0.037건에서 0.030건으로 19.51% 감소한 것으로 분석되었다. 버스사고의 일반현황 및 버스사고율은 <표 3>과 같다.

<표 3> 버스회사 일반현황

구분	버스보유 대수 (대)	운전자 (인)	버스사고 건수 (건)	차량당 사고발생 건수 (건/대)	운전자당 사고건수 (건/인)
기준 년도	7,244	15,733	589	0.081	0.037
평가 년도	7,261	16,241	485	0.067	0.030
변화율 (%)	0.23	3.23	-17.66	-17.22	-19.51

대중교통체계 개편 전후의 버스사고 사상자를 비교해 보면 전제 사상자수는 770명에서 687명으로 10.78% 감소한 것으로 나타났으며 사망자수는 9명에서 6명으로, 중상자수는 189명에서 171명으로 감소한 것으로 나타났다. 대중교통체계 개편 전후의 버스사고 사상자수는 <표 4>와 같다.

<표 4> 버스사고 사상자수 비교

구분	사망 (인)	중상 (인)	경상 (인)	합계
기준년도	9	189	572	770
평가년도	6	171	510	687
변화율(%)	-33.33	-9.52	-10.84	-10.78

3. 버스사고 유형별 변화

대중교통체계 개편 후의 버스사고 발생유형은 버스중앙차로제 등의 시행으로 노변마찰의 감소에 따른 대물피해사고 발생건수가 크게 감소한 것으로 판단된다. 개편전후의 버스사고 유형별 비교는 <표 5>와 같다.

<표 5> 버스사고 유형별 변화

	사망 사고	부상 사고	대물피해 사고	합계
기준년도	9	463	117	589
평가년도	6	418	61	485
변화율(%)	-33.33	-9.72	-47.86	-17.66

4. 사고발생원인 비교

대중교통체계 개편 후의 사고발생원인은 중앙전용차로 확보 등으로 인하여 앞지르기위반

에 따른 버스사고가 가장 크게 감소하였고 버스의 통행권 확보에 의해서 신호위반 및 보행자보호 사고도 감소하였다. 개편 전후의 버스 사고 발생원인 비교는 <표 6>과 같다.

<표 6> 사고발생원인 비교

구분	신호 위반	안전 불이행	앞지르 기위반	보행자 보호	과속	기타	합계
기준 년도	41	391	22	17	6	112	589
평가 년도	22	349	7	10	3	94	485
변화율 (%)	-46.3	-10.7	-68.2	-41.2	-50.0	-16.1	-17.7

5. 사고발생지점 비교

대중교통체계 개편 후의 교차로에서의 버스 사고가 크게 감소하였고, 버스정류장 부근에서 사고는 오히려 증가 된 것으로 분석되었다. 개편 후의 버스전용차로확보로 인하여 차도에서의 사고발생건수가 기준년도와 비교하여 60건 감소하는 것으로 분석되었다. 개편 후의 버스 사고 발생지점 비교는 <표 7>과 같다.

<표 7> 사고발생지점 비교

구분	차도	횡단 보도	교차로	버스 정류장	기타	합계
기준 년도	373	27	85	77	27	589
평가 년도	313	22	39	87	24	485
변화율 (%)	-16.09	-18.52	-54.12	12.99	-11.1	-17.66

6. 사고발생운전자 연령 비교

대중교통체계 개편 후의 20대와 60대의 운

전자 사고발생률이 크게 감소한 것으로 분석되었다. 40대 운전자의 사고발생건수가 기준년도와 비교하여 크게 감소하였다. 개편전후의 버스사고 발생운전자 연령비교는 <표 8>과 같다.

<표 8> 사고발생운전자 연령 비교

구분	20대	30대	40대	50대	60대	합계
기준 년도	19	136	241	155	38	589
평가 년도	14	110	192	140	29	485
변화율 (%)	-35.71	-23.64	-25.52	-10.71	-31.03	-21.44

7. 사고발생운전자 근속년수 비교

대중교통체계 개편 후의 버스사고발생 운전자의 근속년수 비교 결과 근속년수 3년 미만의 근로자보다 3년 이상인 근로자에서 사고 발생 빈도가 낮아졌으며, 특히 21년 이상의 장기근로자의 사고 발생빈도가 크게 낮아지는 것으로 분석되었다. 개편전후의 버스사고발생 운전자 근속년수 비교는 <표 9>와 같다.

8. 사고발생시간 비교

대중교통체계 개편 후의 버스사고발생 시간대는 야간시간대(21시~01시)의 발생빈도가 크게 낮아지는 것으로 분석되었다. 오전시간대(09~13시)와 오후시간대(13~17시)대의 사고발생건수가 크게 감소한 것으로 분석되었다. 개편 전후의 버스사고발생 시간대 비교는 <표 10>과 같다.

<표 9> 사고발생운전자 근속년수 비교

구분	3년미만	3~6년	6~9년	9~12년	12~15년	15~18년	18~21년	21년이상	합계
기준년도(건)	190	151	68	57	35	30	21	37	589
평가년도(건)	172	115	56	43	27	29	20	23	485
변화율(%)	-10.47	-31.30	-21.43	-32.56	-29.63	-3.45	-5.00	-56.52	-17.66

<표 10> 사고발생시간 비교

시간대	심야시간대 01~05	아침시간대 05~09	오전시간대 09~13	오후시간대 13~17	저녁시간대 17~21	야간시간대 21~01	합계
기준년도(건)	9	77	142	139	129	93	589
평가년도(건)	9	72	108	110	121	65	485
변화율(%)	0.00	-6.49	-23.94	-20.86	-6.20	-30.11	-17.66

IV. 버스사고 요인추출 및 사고율 예측모형 구축

1. 모형개발 이론고찰

1) 교통사고율

교통사고는 사회·도로·교통 환경과 밀접한 관련이 있다. 예를 들어 인구와 교통사고는 양의 상관성을 가지게 될 것이며, 자동차 보유대수와 교통사고 또한 양의 상관성을 가지게 될 것이다. 이렇듯 교통사고 발생건수는 사회 환경에 의해 영향을 받는다. 객관적인 비교를 위해서는 이러한 사회 환경을 동일한 조건으로 만들기 위한 노력이 필요하다. 사회 환경을 노출지수로 이용하여 분석을 실시한다면 좀 더 정확한 사고지수를 산정할 수 있을 것이다. 이러한 노출지수를 이용하여 교통사고를 비교하는 방안이 사고율 법이다. 노출지수(Exposure Measure)를 기반으로 하여 사고 발생빈도를 나타내는 것으로 일반적으로 다음의 식 (1)로 표현된다.

$$AR = \frac{A}{E(x)} \quad (1)$$

여기서 : A = 사고발생건수

E(x) = 노출지수

2) 다중회귀분석이론

다중회귀이론은 독립변수와 종속변수의 선형관계를 파악하는 이론으로 독립변수와 종속변수의 관련성의 강도와 독립변수 값의 변화에 따른 종속변수 값의 변화를 예측하는데 사용되는 분석기법이며, 독립변수가 2개 이상인 경우의 회귀모형을 다중회귀모형이라고 한다. 다중회귀모형의 일반식은 식 (2)와 같다.

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 \times X_{1i} + \beta_2 \times X_{2i} + \beta_3 \times X_{3i} + \dots + \beta_k \times X_{ki} \quad (2)$$

여기서, Y_i : 종속변수, β_k : 계수,

X_{ki} : 독립변수

3) 설명변수 선정

본 연구에서 버스사고 예측모형은 버스회사의 운영측면을 중심으로 모형을 개발하였다. 회사 운영측면에서 조정 가능한 운영정책 변수인 운전자정보, 차량정보, 노선정보, 정비원정보를 모형의 설명변수로 활용하였고, 도로조건이나 교통조건의 경우 회사의 운영정책으로 조정 가능변수로 판단되지 않아 모형개발에 제외하였다. 설정된 설명변수는 <표 11>과 같다.

<표 11> 설명변수

항목	설명변수
운전자 정보	<ul style="list-style-type: none"> ■ 차량당 운전자수 ■ 평균 근속년수 ■ 평균 근무시간 ■ 평균 근무일수 ■ 운전자 급여(운전경력에 대체변수)
정비원 정보	<ul style="list-style-type: none"> ■ 차량당 정비원수 ■ 회사 정비원수
차량정보	■ 평균차령
노선정보	<ul style="list-style-type: none"> ■ 차량당노선길이 ■ 전용차로주행비율

2. 버스사고율과 운영정책 변수의 상관 분석

버스사고율과 설명변수 사이의 상관분석 결

과, 버스사고율에 영향을 미치는 요인은 평균 근속년수, 운전자급여, 회사정비원수, 전용차로 비율로 나타났으며($\alpha < 0.05$), 나머지 설명변수는 버스사고와 상관성이 낮은 것으로 분석되었다. 버스사고에 긍정적인 영향을 미치는 설명변수(95% 신뢰수준 만족)는 평균근속년수, 운전자급여, 회사정비원수, 전용차로비율로 분석되었다. 설명변수사이에 상관관계가 0.7이상인 변수들이 존재하지 않아 설명변수 사이에는 다중공선성 문제는 존재하지 않은 것으로 판단된다.

3. 버스사고율 예측모형 구축

버스사고율 예측모형은 다중회귀분석의 Stepwise 방식을 이용하여 개발하였다. 다중회귀방정식의 종속변수는 버스사고율(건/대)이 되며, 예측모형의 설명변수로는 평균근속년수, 운전자급여, 평균차령이 선정되었다. 우선 모형의 설명변수로 평균근속년수, 운전자급여를 사용하여 모형을 구축한 결과 설명력이 0.398로 추정되었는데, 이 모형에 회사정비원수나 전용차로 비율을 포함시켜도 설명력에 큰 변화가 없었

<표 12> 상관분석 결과

구분	사고율	차량당 정비원수	평균 근속년수	운전자 급여	회사 정비원수	차량당 노선길이	전용차로 비율	평균 차령
사고율	1	-0.189	-0.508	-0.506	-0.356	-0.264	-0.344	0.144
차량당정비원수	-0.189	1	0.152	0.140	0.541	0.273	0.069	-0.088
평균근속년수	-0.508	0.152	1	0.291	0.043	0.155	0.031	0.155
운전자급여	-0.506	0.140	0.291	1	0.285	0.263	0.286	0.204
회사정비원수	-0.356	0.541	0.043	0.285	1	0.018	0.321	-0.140
차량당노선길이	-0.264	0.273	0.155	0.263	0.018	1	0.484	-0.103
전용차로비율	-0.344	0.069	0.031	0.286	0.321	0.484	1	-0.415
평균차령	0.144	-0.088	0.155	0.204	-0.140	-0.103	-0.415	1

다. 그러나 설명변수에 평균차령을 추가할 경우 모형의 설명력이 0.485로 높아지는 것으로 확인되었다. 따라서 버스사고 예측모형의 설명변수로 평균근속년수, 운전자 급여, 평균차령을 선정하였다.

이들 3개의 설명변수로 구축된 버스사고율 예측모형의 적중률은 0.485이며, 95%의 신뢰수준에 만족되는 것으로 분석되었다. 예측모형의 부호는 평균근속년수, 평균운전자급여는 음(-)부호로 평균차령은 양의 부호가 산출되어 일반적인 인식과 합치되는 부호로 나타났다. 모형의 상수항과 변수항의 t값과 유의수준은 95% 신뢰수준을 만족하는 것으로 분석되었다. Durbin-Watson값이 1.406으로 1과 3사이에 위치하므로 오차항간에 독립성이 존재한다.

<표 13> 버스사고율 예측모형 구축결과

R	R ²	수정된 R ²	Durbin- Watson	F	유의확률	
0.696	0.485	0.425	1.406	8.155	0.001	
모형		비표준화계수		t	유의 확률	
		B	표준오차			
상수		0.173	0.041	4.246	0.000	
평균근속년수		-0.010	0.003	-2.888	0.008	
평균 운전자급여		-0.001	0.000	-2.971	0.006	
평균차령		0.001	0.000	2.088	0.047	

다중공선성 검증결과 공차한계값이 0.905, 0.809, 0.948로 1에 근접하므로 공선성이 존재하지 않고, 분산팽창요인(VIF)이 1.105, 1.124, 1.055로 1과 2사이에 존재하므로 다중공선성은 존재하지 않는다.

<표 14> 예측모형의 공선성 검증결과

모형	공선성검증	
	공차한계 (Tolerance)	분산팽창요인 (VIF)
평균근속년수	0.905	1.105
평균 운전자급여	0.809	1.124
평균차령	0.948	1.055

본 연구에서 구축된 버스사고율 예측모형은 식 (3)과 같다. 운전자정보 가운데 평균근속년수와 운전자 평균급여는 버스사고율에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 분석되었고, 차량정보인 회사보유차량의 평균차령은 버스사고율에 부정적인 영향을 미치는 것으로 분석되었다.

$$Y = 0.173 - 0.010 \times X_1 - 0.001 \times X_2 + 0.001 \times X_3 \quad (3)$$

여기서, Y: 버스사고율(건/대)

X_1 : 평균근속년수(년)

X_2 : 운전자급여(만원)

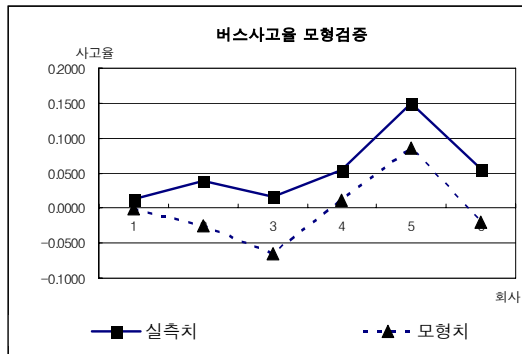
X_3 : 평균차령(년)

이 모형은 본 연구의 분석 자료와 특성이 유사한 버스회사의 버스사고율 예측에 활용 가능할 것으로 판단된다.

4. 버스사고율 예측모형 검증

본 연구에서 구축한 버스사고율 예측모형으로 예측한 사고건수가 실제 사고건수와 어느 정도 일치하는지를 검증하기 위하여 6개 버스회사의 사고 자료를 이용하여 모형검증을 실

시하였다. 버스회사의 실측사고와 모형에서 추출된 버스사고율은 <그림 2>와 같고, MARE¹⁾, MAE²⁾ 및 RMSE³⁾를 이용하여 모형의 신뢰성을 검증하였다.



<그림 2> 실측치와 예측치의 사고율 비교

<표 15> 버스사고 예측 모형의 검증

회사	실측치	모형치	MARE	MAE	RMSE
1	0.0125	-0.001	1.08	0.0135	0.0002
2	0.0380	-0.0248	2.1797	0.0828	0.0069
3	0.0161	-0.0658	5.0796	0.0819	0.0067
4	0.0537	0.011	0.7951	0.0427	0.0018
5	0.1489	0.0859	0.4232	0.0630	0.0040
6	0.0567	-0.021	1.3701	0.0777	0.0060
Value			1.8213	0.0602	0.0653

본 모형을 검증한 결과 MARE는 1.8213로, MAE는 0.0602로, RMSE는 0.0653로 비교적 0에 가까운 값이 추출되었다. 세 번째 버스회사

의 경우를 제외한 사고모형에서 도출된 버스사고율과 실제사고율은 비슷한 수치를 보이는 것으로 분석되었다.

V. 결론 및 향후 연구과제

1. 결론

서울시에서 2004년 7월 1일부로 시행한 대중교통체계 개편에 따른 버스사고 변화 및 버스사고 감소에 따른 경제적 편익은 다음과 같이 요약정리 될 수 있다.

대중교통체계 개편 전후의 버스사고의 변화는 버스사고건수는 17.66%, 사망자를 포함한 사상자수는 10.66% 감소하였고, 버스사고율은 17.22%(전/대 기준), 19.51%(전/인 기준) 각각 감소하였다.

사고원인별로는 앞지르기 위반이 68.18%, 과속이 50%, 신호위반이 46.34% 감소하였으며, 발생지점별로는 보도 66.67%, 교차로 54.12%, 횡단보도 18.52% 감소한 것으로 나타났다.

상관분석을 이용하여 버스사고율과 회사운영측면의 변수들과의 상관성을 분석한 결과, 버스사고에 영향을 주는 설명변수로 운전자근속년수, 운전자급여, 회사정비원수, 전용차로비

$$1) \text{ MARE (Mean Absolute Relation Error)} \quad MARE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{|x(i) - x(\hat{i})|}{x(i)}$$

$$2) \text{ MAE (Mean Absolute Error)} \quad MAE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |x(i) - x(\hat{i})|$$

$$3) \text{ RMSE (Root Mean Square Error)} \quad RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |x(i) - x(\hat{i})|^2}$$

여기서, $x(i)$ 는 실측버스사고율, $x(\hat{i})$ 는 예측 버스사고율

율이 영향을 미치는 것으로 분석되었고, 이들은 버스사고율에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 분석되었다.

다중회귀분석을 이용하여 버스사고율 예측모형을 구축한 결과 버스사고율 예측모형의 적중률은 0.485(95% 신뢰수준)로 분석되었고, 버스사고 감소에 긍정적인 영향을 미치는 항목은 운전자정보인 운전자 근속년수와 운전자 급여로 나타났고, 부정적인 영향을 미치는 항목은 차량정보인 보유차량의 평균 차령으로 분석되었다.

본 연구의 분석결과 시내버스 교통사고에 미치는 요인으로는 운전자 근속년수, 임금, 회사 정비원수, 전용차선 비율, 평균차령 등이 영향을 미치는 요인으로 나타났다. 버스회사는 운전자의 장기근무 환경을 조성하고, 적정 정비원수를 보유하며, 주행노선의 전용차선비율을 높이고, 노후 차량의 폐차를 통해서 버스사고를 줄일 수 있을 것으로 기대된다.

2. 향후 연구과제

경찰청의 교통사고 조사서식을 보완하여 만든 조사양식에 의거하여 버스 교통사고자료를 조사·수집함에 있어서 버스회사의 자료 미보유와 미제출 및 항목 기재 누락 등으로 인하여 대중교통체계 개편 전후의 교통사고 비교 분석에는 한계가 있었다.

또한 교통사고 전후 비교연구의 경우 6개월에서 1년 이상의 장기간에 걸친 비교기간을 설정하여 비교하는 것이 일반적이며 신뢰성을 높이는 연구방법인데, 본 연구에서는 비교기간

을 3개월로 설정함으로써 연구의 객관성을 높이는 데 한계가 있었다.

버스사고율 예측모형을 구축함에 있어 본 연구는 버스회사의 운영측면에 집중하고 교통량 등 도로교통 요인을 배제함으로써 적중률이 낮은 것도 본 연구의 한계점이라 판단된다.

향후 연구를 통해 운전자요인, 차량요인, 도로요인, 환경요인 등을 종합적으로 고려하여 버스사고에 영향을 미치는 요인을 찾고, 이를 근거로 한 교통사고 예측모형 개발이 필요할 것으로 판단된다.

참고문헌

- 강경우, 1997, "공간자기회귀모형을 이용한 고속도로 교통사고분석", 『대한교통학회지』, 15: 5~15
- 김원철, 2001, "교차로 안전평가기법에 관한 연구", 원광대학교 석사학위 논문
- 도철웅, 2004, 『교통공학원론』, 청문각
- 박성현·조신섭·김성수, 2004, 『한글 SPSS』, SPSS아카데미.
- 윤혁렬, 2004, 『서울시 버스체계 개편에 따른 모니터링 연구』, 서울시정개발연구원.
- 이수범·심재익, 1998, "교통사고 등급별 사고비용 추정", 『대한교통학회지』, 16: 5~15
- Chang, Hsin-Li and Chun-Chih Yeh, 2005, "Factor affecting the safety performance of bus company - The experience of Taiwan bus deregulation", *Safety Science*, 43, 323~344
- Federal Highway Administration(FHWA), 1981, *Accident Reduction Factors*.
- Hamed, M. M. and A. S. Jaradat, 1998, "Analysis of Commercial Minibus Accident", *Accident Analysis and Prevention*, 30: 555~567
- Liang, Wei Lien, Fred Kitchener, Michael Kyte and Patrick Shannon, 1998, "The Effect of Environmental Factor on Driver Speed: A Case

Study", *Transportation Research Board*.

Robertson, H. D., J. E. Hummer and D. D. Nelson, 1994,
Manual Of Transportation Engineering Studies,
Prentice Hall.

Walpole, R. E., R. H. Myers, S. L. Myers and K. Ye,
2001, *PROBABILITY & STATISTICS*.

원 고 접 수 일 : 2006년 3월 14일

1차심사완료일 : 2006년 3월 27일

2차심사완료일 : 2006년 4월 18일

최종원고채택일 : 2006년 5월 9일