

순서형 프로빗 모형을 이용한 강우시 시내버스 이용수요의 변동분석

Analysis of Intra-city Bus Demand during Rainfall Using Ordered Probit Model

정 현 영

(부산대학교 도시공학과 교수)

송 금 영

(인천발전연구원 도시기반연구부
초빙책임연구원)

김 광 욱

(부산광역시청 대중교통과
노선관리담당)

목 차

- I. 서론
 - 1. 연구의 배경 및 목적
 - 2. 연구의 범위 및 방법
- II. 이론적 고찰 및 선행연구 검토
 - 1. 이론적 고찰
 - 2. 선행연구 검토
- III. 자료의 수집 및 분석
 - 1. 자료의 개요
 - 2. 부산시 시내버스 재정지원 현황
 - 3. 강우에 따른 교통수단 선호 분석
 - 4. 강우량과 시내버스 이용의 상관관계 분석
- IV. 순서형 프로빗 모형을 이용한 수요분석
 - 1. 모형에 적용될 변수
 - 2. 강우에 따른 이용확률 예측모형
 - 3. 민감도 분석
- V. 결론
참고문헌

Key Words : 강우, 버스수요, 시내버스 준공영제, 순서형 프로빗 모형, 민감도

Rainfall, Bus Demand, Semi-public Management System of Intra-city Bus, Ordered Probit Model, Sensitivity

요 약

부산시는 시내버스 준공영제 시행 후 적자노선에 대한 재정지원금의 부담이 점점 증가하고 있는 실정이다. 이는 지방 재정에 큰 부담으로 작용하고 있어, 이를 해결하는 것은 시내버스 시스템 개선을 위한 큰 과제이다. 도시교통에 있어 강우는 시내버스 수요에 큰 영향을 미치는 요인 중에 하나이다. 따라서 이 연구를 통해 강우가 시내버스 이용수요에 끼치는 영향을 알아보고자 한다. 실제 시내버스 이용자를 대상으로 강우에 따른 시내버스 이용실태와 강우량에 따른 시내버스 이용의식을 조사했다. 이를 바탕으로 순서형 프로빗 모형을 통한 강우에 따른 시내버스 예측모형을 구축하였으며, 강우량에 따른 시내버스 이용탄력도에 대하여 분석하였다. 본 연구의 결과는 시내버스 이용활성화를 촉진할 수 있는 자료로 사용될 것이며, 향후 시내버스 시스템 개선에 있어 중요한 기초자료로 활용될 것으로 기대한다.

After implementing "Semi-public management system of intra-city bus", the burden of financial aid for unprofitable routes is on the increase in Busan metro city. It becomes a heavy burden on the local finance, which needs to be resolved for improving the intra-bus system. The rainfall is one of the factors influencing the demands for intra-bus in urban transportation. Motivated by this fact, this study investigates the impact of rainfall on the intra-city bus demand. Actual bus users are surveyed on their patterns and recognition of using the bus according to the amount of rainfall. A rainfall forecast model using ordered probit model is presented, and the elasticity of the intra-city bus utilization to the amount of rainfall is also analyzed. The resulting findings could be applied to promote the use of intra-city buses and also be utilized as basic data for other studies to improve the intra-city bus system.

본 논문은 부산대학교 자유과제 학술연구비(2년)에 의하여 연구되었음.

1. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

부산시는 대중교통 이용활성화와 새로운 대중교통 수요의 창출을 위해, 2007년 5월 15일 시내버스준공영제를 시행하였다. 시내버스준공영제는 시내버스 운행에 의한 수익금을 부산시가 관리하여, 각 버스노선별 운송실적과 원가를 정산하여 적자노선에 대하여 운송원가만큼 재정을 지원하는 형태로 운영하는 것이다.

하지만 지속적인 버스운송원가가 증가하고, 대중교통 이용수요가 감소함으로써, 적자노선에 대한 재정지원금의 부담이 증가하고 있는 실정이다. 부산시 준공영제 재정지원금은 2009년에 602억원이 지급되었고 2010년에는 981억원으로, 전년대비 약 63%의 증가한 것으로 나타났다. 이러한 대중교통 재정지원금의 규모의 증가는 지방정부 재정에 큰 부담으로 작용하고 있으며, 나아가서는 준공영제의 가장 큰 문제점으로 부각되고 있다. 대중교통 준공영제의 안정적 운영을 위해서는 재정지원금의 규모를 연차적으로 감소시키는 것이 큰 과제이다.

재정지원금의 감소를 위해서는 버스업체의 운영비를 절감하는 방안과 대중교통의 이용수요를 증가하여 수입금을 높이는 방안이 있다. 버스운영에 있어서 차량비, 유류비, 인건비, 정비비 등 고정적인 비용의 비중이 크기 때문에 운영비를 절감하는 방안은 한계점을 가지고 있다. 이에, 이용승객을 증가시켜 수익금을 높이는 수요증대방안이 필요하다.

일반적으로 도시교통에 있어 수요에 영향을 미치는 요인 중에 기상조건이 있다. 기상조건에는 눈, 안개, 강풍, 비 등이 있으며, 이러한 기상조건은 통행자들의 교통수단 선택에 영향을 미쳐 결과적으로 대중교통간 수요변화를 가져 온다¹⁾. 그 중 가장 대표적인 기상의 변화가 강수이다. 강수는 비나 눈, 우박 등과 같이 구름으로부터 땅에 떨어져 내린 것을 말하며, 그 중 순수하게 비만 내린 경우를 강우라고 한다. 일반적으로 강우시 시내버스 이용빈도는 그렇지 않는 날에 비해 약 4.5%정도 감소하는 것으로 나타났다.²⁾

부산지역의 강우일 비율을 1년을 기준으로 살펴보면 총 75일³⁾로 약 20.5%(75일/365일)의 비중을 차지한다. 따라서, 빈번하게 발생하는 강우현상이 교통수요에 미치는 영향 분석을 통하여 효과적인 교통정책을 수립할 필요성이 있다. 따라서 본 연구에서는 강우량의 증가에 따라 시내버스 이용수요의 변화 경향에 대해 알아보고 강우량에 따른 이용수요의 변화에 대한 분석을 실시하고자 한다. 강우량과 시내버스 이용수요의 변화를 근거하여 향후 시민들의 시내버스 이용활성화 방안을 위한 기초자료로 활용하는데 본 연구의 목적이 있다.

2. 연구의 범위 및 방법

본 연구의 목적 중의 하나는 강우에 따른 부산시의 시내버스 이용자의 행태를 분석하는 것이다. 따라서 공간적 범위는 부산광역시를 대상으로 하였다. 자료의 분석은 2008년 7월에서 2009년 7월까지 총 13개월간⁴⁾의 부산시 시내버스 교통카드 사용데이터를 이용하였으며, 같은 기간의 기상청 강우량 기록 데이터를 기준으로 하였다.

강우가 시내버스 이용수요에 미치는 영향을 분석하기 위하여 우선, 부산시 준공영제 및 시내버스 운영현황에 대하여 조사하였다. 교통카드 데이터와 기상청 날씨 데이터를 통해 강우와 버스수요의 연관성에 대하여 분석을 실시하였다. 실제 교통카드 데이터를 통한 집계데이터 분석을 통하여, 강우량과 시내버스의 수요에 대하여 상관관계가 있는지에 대한 검증은 실시하였다. 그리고, 실제 부산시 시내버스 이용자를 대상으로 설문조사를 실시하여 시내버스 이용실태에 대하여 파악하였다. 또한, 실제 강우량의 정도에 따라 이용시민들의 시내버스 이용의사가 어떻게 변화하는지 시내버스 이용수요의 변화를 추정하기 위하여 순서형 프로빗 모형(Ordered Probit Model)을 통해 이용률을 추정하였다. 추정된 이용확률을 통한 강우량 변화에 따른 이용수요 민감도에 대하여 분석하였다.

1) 악천후 기상은 통행시간을 증가시키고, 출발시간과 목적지를 변화시키며 상당한 통행수단 변경이 일어난다(박창수·장진환(2004) "AADT 추정시 강설량에 따른 날씨보정계수 개발에 관한 연구", 서울시정개발연구원.).

2) 2008년 7월부터 2009년 7월까지의 부산지역 시내버스 이용자의 카드데이터를 분석한 결과임

3) 2008년 7월 1일부터 2009년 6월 30일까지 1년간 통계

4) 시내버스 교통카드 이용 및 강우량 DATA는 최대한 분석 자료량을 확보하여, 가급적 분석의 신뢰성을 높이기 위해 2008년 7월에서 2009년 7월의 총 13개월의 자료를 수집하여 분석을 실시하였음

II. 이론적 고찰 및 선행연구 검토

1. 이론적 고찰

강우량에 따른 버스의 이용수요예측을 위해서, 효용 최대 기준에 바탕을 둔 확률 선택 모형인 개별행태모형을 이용하였다. 강우량의 수준 변화에 대한 실제 사용자들의 이용 행태를 분석하기 위하여, 순서형 프로빗 모델(Ordered Probit Model)을 이용하였다.

이에 대한 기본 개념을 살펴보면, 먼저 순서형 확률모델은 식(1)과 같이 나타낼 수 있다. 여기에서 ε 를 표준 정규분포(Standard Normal Distribution)로 가정한 경우를 순서형 프로빗 모델이라 한다

$$y = \beta_i + \varepsilon_i \quad (1)$$

$$\varepsilon_i \sim N(0,1)$$

μ 는 각 설명변수의 추정계수 β 를 취하여 추정할 수 있는 한계값(Threshold)이라 하며, 이를 통하여 대안에 대한 선택확률을 계산하는데 이용할 수 있다. 여기서 각 대안별 선택 확률을 나타내면, 식(2)와 같이 표현할 수 있다.

$$\begin{aligned} \text{Prob}[y = 0] &= \Phi(-\beta X) \\ \text{Prob}[y = 1] &= \Phi(\mu_1 - \beta X) - \Phi(-\beta X) \\ \text{Prob}[y = 2] &= \Phi(\mu_2 - \beta X) - \Phi(\mu_1 - \beta X) \\ &\vdots \\ \text{Prob}[y = J] &= 1 - \Phi(\mu_{J-1} - \beta X) \end{aligned} \quad (2)$$

이를 본 연구에서 적용하고자 하는 강우량 수준에 대한 5가지 대안별 선택을 나타내면, 식(3)과 같다. 이를 이용하면, 강우량 수준 변화⁵⁾에 따른 5가지 이용행태별 이용률을 추정할 수 있다.

$$\begin{aligned} \text{Prob}[y = 0] &= \Phi(-\beta X) \\ \text{Prob}[y = 1] &= \Phi(\mu_1 - \beta X) - \Phi(-\beta X) \\ \text{Prob}[y = 2] &= \Phi(\mu_2 - \beta X) - \Phi(\mu_1 - \beta X) \\ \text{Prob}[y = 3] &= \Phi(\mu_3 - \beta X) - \Phi(\mu_2 - \beta X) \\ \text{Prob}[y = 4] &= 1 - \Phi(\mu_3 - \beta X) \end{aligned} \quad (3)$$

한편, 강수는 비나 눈, 우박 등과 같이 대기 중의 작은 물방울이나 빙정 등이 구름으로부터 땅에 떨어져 내

〈표 1〉 강우량의 표현

용어	강우량(mm)	단계
범주로 직접 표현	1미만	비(매우)조금
	1~5미만	비조금
	5~10미만	비다소
	10~25미만	비다소 많음
	25~50미만	비 많음
	50이상	비 매우 많음

자료: 기상청 예보용어해설

리는 현상으로 정의된다. 강수의 양은 강수량이라고 하며, 어느 기간 동안에 내린 강수가 땅 위를 흘러가거나 스며들지 않고, 땅 표면에 꺾어 있다는 가정 아래 그 권물의 깊이를 측정한다. 눈·싸락눈 등 강수가 얼음인 경우에는 이것을 녹인 물의 깊이를 측정한다. 비의 경우에는 우량 또는 강우량이라고도 하며, 단위는 mm로 표시한다. 한편, 기상예보에 대한 강우량의 표현은 〈표 1〉와 같고, 강우량의 범주를 6단계로 나누어 설명한다.

2. 선행연구 검토

교통분야에 있어서 순서형 프로빗 모형을 이용한 연구는 지속적으로 이루어져 왔다. 순서형 프로빗 모형에서 측정이 가능한 순서적 단계의 측정을 통하여, 교통사고 심각도 분석, 교통서비스의 수요예측 분야 등의 연구가 실행되었다.

우선, 교통사고 심각도 예측 분야에서 원민수 외(2009)는 서해안 고속도로에서 발생한 사고자료를 이용하여 교통사고 심각도 예측모형을 구축하였다. 사고자료는 29개 구간으로 구분하여, 3년간 총 174건의 사고발생 자료를 이용하였다. 사고의 심각도를 대물피해 환산법을 이용하여 3단계(낮음, 보통, 높음)로 도출하였으며, 사고 심각도에 미치는 변수를 교통관련 변수, 도로기하구조 관련 변수, 사고관련 변수로 구분하여 분석을 실시하였다. 그 결과로 과속으로 인한 사고, 차량결합, 차대차 사고, 차대사람 사고, 교통량, 곡선반경 및 중단경사 변동계수에 의해 사고심각도가 정의된다고 설명하고 있다. 또한 하오근 외(2005)는 순서형 프로빗 모형을 이용하여 교차로의 사고 심각도에 대하여 분석하였다. 박준태 외(2008)는 순서형 프로빗 모형을 이용하여, 도시부의 신호교차로에 대한 사고예측모형을 개발하였다.

5) 순서형변수를 모형화하는 한 방법은 범주들 사이의 균등하지 않은 거리(차이)를 설명하기 위해 연속형인 점수(score)를 부여하는 것이다. (김순규 외(2003), "로지스틱 회귀모형의 이해와 응용", p.175.)

한편 장석용 외(2008)는 순서형 프로빗 모형을 통하여 무선교통정보수집제공(UTIS) 서비스의 이용수요를 예측하는 모형을 구축하였다. SP실험을 통하여, 무선교통정보 서비스의 제공에 따른 이용확률을 4단계로 조사하여(반드시 비이용, 비이용, 이용, 반드시 이용) 서비스 이용금액의 변화에 따른 이용확률을 추정하였다. 종량제 요금방식과 정액제 요금방식에 대하여 각각 이용확률을 예측하였으며, 이를 통한 이용금액별 민감도를 도출하였다.

한편, 강우에 관한 국내의 연구들을 살펴보면, 통행속도변화와 강우와 교통사고와의 관계를 분석하는 연구가 주를 이루고 있다. 심양섭(2005)은 서울시 버스노선별 1일 이용자 자료를 이용하여 버스수요의 특성 및 수요 변화와 노선별 기상환경에 따른 버스수요 변화 등을 분석하였다. 분석결과, 버스수요의 특징으로 수요일과 목요일에 수요변동이 가장 안정적이며, 비교적 단거리를 운행하는 마을버스가 타 버스에 비해 변동 폭이 적다는 결론을 도출하였다. 맹재환(2006)은 경부고속도로 영상 검지기로 수집된 데이터를 이용하여 강우일과 무강우일로 분류하여 시간강우량정도에 따른 속도차이를 비교분석하였다. 분석결과, 강우량 0~10mm/h에서는 강우량이 증가함에 따라 속도감소폭이 커지는 경향을 보이고, 강우량 10mm/h 이상에서는 속도가 강우량 정도에 영향을 덜 받는 것으로 나타났다. 백승걸 외(2008)는 전국적 강우일의 고속도로 통행특성을 분석하고 강우일과 비강우일의 차종별 통행량, 총 통행거리, 평균통행거리의 비교분석을 통해 기상조건이 기종점간 통행특성에 미치는 영향을 분석하였다. 또한, 강우수준별 통행량 모형을 제시하고, 강우일의 통행량 및 통행거리는 비강우일 때보다 감소하며 강우수준에 따른 통행량의 차이는 크지 않다는 결과를 도출하였다.

순서형 프로빗 모형을 이용한 연구들과 강우를 대상으로 한 연구들을 살펴보았다. 순서형 프로빗 모형을 이용한 연구들은 주로 교통사고의 심각도와 교통서비스 제공에 따른 이용확률을 예측하는 연구가 이루어졌다. 강우에 관한 연구에서는 기상상황에 따른 서비스교통량이나 속도의 변화, 또한 교통안전 등에 미치는 영향 등 일반적 교통상황에 대해서만 연구가 진행되어 왔다. 기상조건에 따른 대중교통의 이용수요에 대한 연구는 미흡한

실정이다. 본 연구에서는 기존 연구들과는 달리 강우량의 수치(단계)에 따라 대중교통수단 중의 하나인 시내버스의 이용수요가 어떻게 변화하는지 정량적(확률)으로 추정하고자 하였다.

III. 자료의 수집 및 분석

1. 자료의 개요

강우에 따른 시내버스의 이용수요에 대한 분석을 실시하기 위하여, 부산시 시내버스 이용자료와 부산시 강우 기록, 그리고 이용자 설문조사를 통하여 자료를 수집하였다.

시내버스 준공영제에 따른 재정지원 현황을 조사하였다. 이를 바탕으로 강우에 따른 시내버스 이용의 변화를 알아보기 위하여, 자료의 분석대상 기간인 2008년 7월부터 2009년 7월사이의 시내버스를 이용한 교통카드 건수 자료를 수집하였다. 부산시 강우 기록은 기상청의 자료를 활용하였으며, 시내버스 교통카드 이용 데이터와 같은 기간의 강우일수와 강우량을 조사하였다. 강우량은 24시간 일평균 강우량(mm) 자료를 이용하였다.

그리고 강우에 따른 교통수단 선호도 및 수요예측모델 구축을 위하여 부산시 시내버스 이용자를 대상으로 설문조사를 실시하였다. 설문조사는 시내버스 정류장에서 1:1면접을 통하여 조사를 실시하였으며, 총 400부 중 337부의 유효응답을 나타내었다. 강우에 따른 교통수단 선호도 및 수요예측을 위한 설문조사의 개요는 <표 2>에서 나타난 것과 같다.

설문조사의 조사내용으로는 응답자의 개인속성, 버스이용에 대한 일반적 특성, 강우량에 따른 버스이용여부에 관한 내용과 버스이용에 대한 만족도 등으로 구성되어 있다. 본 연구에 사용된 버스이용에 대한 만족도와 강우량에 따른 버스이용여부에 대한 응답은 7점 척도로 조사하였으며, 강우량별 시내버스 이용의사는 총 7단계로 조사하였지만, 모형의 분석에 있어서는 5점 척도로 그룹핑(Grouping) 하였다.⁶⁾ 자료의 분석은 SPSS (PASW statistics 18) 프로그램을 이용하였다.

6) 설문문항에서 ①~⑦의 7가지 단계의 보기를 제시하였으나 ① / ②+③ / ④ / ⑤+⑥ / ⑦로 그룹화하여 5점 척도로(1.절대 이용안함, 2. 대체로 이용안함, 3.보통, 4.대체로 이용, 5.무조건 이용) 변화하여 분석하였음

〈표 2〉 설문조사의 개요

조사일시	· 2010년 10월
대상	· 부산시 시내버스 이용자
내용	· 응답자 개인속성(연령, 성별, 소득, 직업 등) · 버스이용에 대한 일반적 특성 · 강우량에 따른 버스이용여부
배포수	· 400부
회수표본	· 380부(회수율: 95.0%)
유효표본	· 337부(유효회수율: 84.3%)

〈표 3〉 시내버스 준공영제 재정지원 현황 (단위 : 억원)

구분	2007년 (5.15~12.31)	2008년	2009년	2010년
총운송수입	2,558	4,153	4,150	4,140
총운송원가	3,040	5,169	4,965	5,291
운송수지 적자액	482	1,016	815	1,151
유가보조금	169	252	211	168
국가유공자보조금	0	2	2	2
재정지원금 (전년대비)	313 (-)	762 (449)	602 (-160)	981 (379)

자료 : 부산시 대중교통과, 2011년, 1월 기준

2. 부산시 시내버스 재정지원 현황

부산시의 준공영제는 대중교통 이용활성화와 새로운 대중교통수요 창출을 목표로 2007년 5월 15일부터 수입금 공동관리제와 환승할인제를 바탕으로 하여 시행되고 있다. 이는 버스업계의 경영여건 악화로 서비스의 질이 떨어지고, 벽지노선 등 수익성이 낮은 노선은 운행을 기피하는 경향이 있어 시민들에게 쾌적하고 안정적인 대중교통서비스를 제공하기 위해 실시되었다.

하지만 시내버스 준공영제를 실시한 이후 시내버스에 대한 재정지원금의 지속적인 증가로 부산시 재정에 있어 부담이 가중되고 있는 실정이다. 시내버스에 대한 재정지원 현황은 〈표 3〉와 같다. 2007년 5월 15일부터의 준공영제 시행으로 7개월간 운영적자액에 대해 313억원의 재정이 지원되었다. 2008년은 국제적인 유가급등으로 연료비가 대폭 증가하였고, 임금인상에 따른 인건비 증가, 물가인상에 따른 운송원가 증가 등으로 인하여 재정지원액이 크게 증가하였다. 2009년은 유가 안정으로 연료비가 감소, 기사임금 동결 등으로 전년대비 재정지원금이 감소하였다. 2010년 연초 신종플루 및 잦은 우천으로 인해 이용승객이 다소 감소한 반면, 유가의 상승으로 인한 연료비 부담이 커졌으며, 그 결과로 표준운송원가의 증가하였다. 2010년의 총 재정지원 금액은 981억

원으로, 전년대비 재정지원액이 크게 증가하였다. 시내버스 준공영제로 인한 재정지원금의 증가는 시 재정의 부담으로 작용할 수 있으며, 운영적자 폭을 감소시키기 위한 노력이 필요하다. 이를 위해 시내버스 이용활성화를 위한 노력이 필요할 것으로 판단된다.

3. 강우에 따른 교통수단 선호분석

강우는 이용자의 통행수단 선택에도 영향을 줄 것으로 예상된다. 이러한 수단전환에 대해서 강우시 가장 선호하는 교통수단은 무엇인지 알아보고 그 이유에 대해 알아보고자 한다. 본 연구에서 시내버스 이용자를 중심으로 조사한 결과로, 우선 응답자들이 시내버스 이외에 평소 이용 가능한 타교통수단이 무엇인지를 파악하였다. 그 결과는 〈표 4〉와 같이 제시되었다. 그 결과 이용가능한 대체 대중교통수단으로 지하철이 57.3%로 가장 높게 나타났다. 이와 함께, 강우시 주로 이용하는 교통수단에 대한 응답은 〈표 5〉와 같이, 지하철이 32.0%로 가장 높게 나타났으며 버스(27.6%), 승용차(21.1%), 택시(17.2%)의 순으로 나타났다. 강우시 버스이외의 다른 교통수단을 이용하는 이유로 〈표 6〉와 같이 응답하였다. “대기시간을 줄이기 위해”, “목적지에 가깝게 내리기 위해서”, “차내혼잡을 예상하고” 등의 응답이 높은 비율을 나타냈다.

〈표 4〉 시내버스 외 이용가능한 대중교통수단(복수응답)

구분	빈도	백분율(%)
지하철	248	57.3
마을버스	44	10.2
승용차	87	20.1
택시	49	11.3
기타	5	1.2
합계	433	100.0

〈표 5〉 강우시 주로 이용하는 교통수단

구분	빈도	백분율(%)
버스	93	27.6
지하철	108	32.0
마을버스	7	2.1
승용차	71	21.1
택시	58	17.2
합계	337	100.0

평소 통행과 강우시의 만족도에 대하여 만족도를 조사하였다. 만족도는 “만족안함”의 1점에서 “만족함”의 7점까지 총 7점 척도로 조사하였다. 조사결과의 비교분석의 내용은 <표 7>와 같다. 가장 만족도가 낮은 항목은 평소와 강우시 모두 “차내혼잡”으로 나타났다. 평소와 강우시의 만족도를 각 항목별로 보면 모든 항목에서 강우시에 만족도가 감소하는 것으로 나타났다. 이 중 “환승의 편리성”에 대한 항목은 평소 만족도(4.71)와 강우시 만족도(3.87)는 -0.84의 큰 격차를 나타냈다. 다음으로 “보행환경”으로 평소(4.75)보다 강우시(4.12)의 차이가 -0.63을 나타냈다. 각 항목의 만족도는 t검증에서 모든 항목이 99%의 신뢰수준에서 평소와 강우시의 만족도가 차이가 있는 것으로 나타났다. 이러한 만족도의 차이는 시내버스 이용수요의 변동에 영향을 줄 수 있는 요인이며, 만족도의 향상을 위한 노력이 필요할 것으로 판단된다.

<표 6> 강우시 타 교통수단을 이용하는 이유

타 교통수단을 이용하는 이유	1순위		2순위	
	빈도	%	빈도	%
정류장으로 가는 것이 불편해서	49	19.8	24	10.8
목적지에 가깝게 내리기 위해서	40	16.2	52	23.3
도보시간을 줄이기 위해서	25	10.1	30	13.5
대기시간을 줄이기 위해서	51	20.6	35	15.7
지나가는 차량과의 위험성 때문에	4	1.6	6	2.7
차내 혼잡성을 예상하고	46	18.6	37	16.6
환승이 불편해서	4	1.6	8	3.6
정류장 및 부대시설의 이용 불편	7	2.8	24	10.8
기타	21	8.5	7	3.1
합계	247	100	223	100

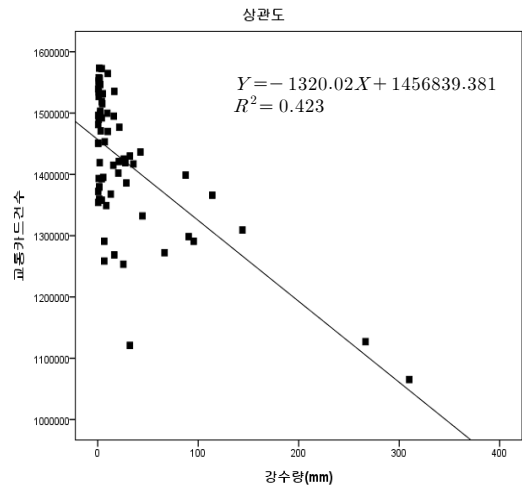
<표 7> 평소 통행과 강우시 통행의 만족도 비교

항목	평소		강우시		변화량
	평균	표준편차	평균	표준편차	
보행환경	4.75	1.390	4.12	1.434	-0.63
정시도착	4.26	1.466	3.72	1.430	-0.54
배차간격	4.04	1.474	3.59	1.373	-0.45
환승편리성	4.71	1.364	3.87	1.393	-0.84
차내혼잡	3.63	1.495	3.15	1.452	-0.48
부대시설	3.94	1.429	3.32	1.373	-0.62
안전성	3.99	1.467	3.53	1.347	-0.46

4. 강우량과 시내버스 이용의 상관관계 분석

강우와 버스이용 수요의 관련성을 분석하기 위해 버스이용 교통카드건수와 부산시의 일별 강우량을 비교하여 분석하였다. 부산시에서는 자료분석 기간인 2008년 7월부터 2009년 7월 사이에는 적설량이 없기 때문에 강수량과 강우량을 동일시하였다. 분석자료는 분석 대상 기간의 시내버스를 이용한 교통카드건수와 통계청의 부산시의 일별 평균 강우량을 이용하였다. 자료의 분석은 평일 자료만을 토대로 실시하였으며, 총 표본수는 66일이다. 토요일 및 공휴일은 날씨와 관계없이 평일보다 이용빈도가 적기 때문에 분석에서 제외되었다.

<그림 1>은 강우량과 버스의 교통카드이용건수의 회귀분석에 의한 상관도이다. 주말을 제외한 평일의 강우량과 교통카드이용데이터를 이용하여 상관성을 분석한 결과 Pearson상관계수가 0.614로 나타났다. 이를 통해 강우량과 버스이용과는 강한 상관관계가 있음을 알 수 있다⁷⁾. 상관분석의 결과를 사용하여 회귀분석모형을 구축하였다. 모형구축결과 결정계수가 0.423으로 나타나 모형의 적합성과 설명력을 확인할 수 있다.⁸⁾ 강우량과 상수 모두 99% 신뢰수준에서 유의한 결과를 보였다.



<그림 1> 강우량과 교통카드이용건수의 상관도

7) Pearson상관계수의 절대값이 0.2보다 작으면 상관관계가 없거나 무시해도 좋으며 절대값이 0.4정도 이하면 약한 상관관계, 0.6 이상이면 강한 상관관계로 볼 수 있다.

8) 결정계수(r^2)가 0.423이라는 것은 강우량과 교통카드이용건수의 변화(분산)를 설명해 주는 정도는 42.3%가 된다.(채서일, 김범중, 이성근 (1992), 학SPSS/PC+를 활용한 통계분석, 학연사, pp.123)

IV 순서형 프로빗 모형을 이용한 수요분석

1. 모형에 적용될 변수

모델구축에 사용된 변수의 세부 설명은 <표 8>과 같다. 버스이용의 이용여부를 종속변수로 하여, 강우량의 수준변화와 개인일반속성, 버스이용통행특성을 변수로 구성하였다. 개인속성 변수에는 성별, 연령, 직업, 소득, 학력으로 구성되어 있으며, 통행특성변수는 통행목적, 이용횟수, 환승여부, 정류장 접근시간, 평균대기시간, 지하철 접근시간⁹⁾, 총이동시간, 하차후 접근시간, 차량소유여부로 구성되어 있다. 위 변수 중에서 연령, 소득, 이용횟수, 정류장접근시간, 지하철 접근시간, 평균대기시간, 총이동시간, 하차후 접근시간은 연속형 변수(continuous variable)로 설정하였으며, 성별, 학력, 직업, 통행목적, 환승여부, 차량소유여부는 범주형 변수(categorical variable)로 취급하였다. 통행목적의 변수는 통근·통학의 통행목적과 그 외 통행목적으로 그룹핑하였으며, 직업은 사무직종, 자영업, 학생, 기타 직업으로, 학력은 고졸이하와 전문대 이상으로 그루핑하여, 간략화하였다. 각 변수의 빈도의 결과는 <표 9>에 나타난 것과 같다.

2. 강우에 따른 시내버스 이용확률 예측모형

강우량의 변화에 따른 버스이용수요예측 모형을 구축하여, 강우량에 따른 버스이용의 확률을 알아보고자 한다. 강우량에 따라 시내버스 이용여부를 5점척도로 응답하도록 하였으며, 이에 대한 응답의 결과는 <표 10>과 같다. 강우량이 1mm미만일 경우는 “대체로 이용” 혹은 “무조건 이용”의 응답이 68.3%인데 비해, 강우량이 최고 50~100mm이하인 경우 이용의 응답은 18.1%에 그치는 것으로 나타났다.

<표 8>에서 설정된 변수들을 적용하여, 강우량의 변화에 따른 시내버스 이용수요 예측모형을 구축하였다. 구축된 모형의 결과는 <표 11>와 같이 나타났다. 모형의 구축결과 강우량에 대한 버스이용수요는 음(-)의 부호로 강우량이 증가할수록 이용수요는 감소함을 알 수 있다. 지하철까지의 접근시간과 연령은 양(+)의 부호를 나타

<표 8> 수요예측모형의 변수

변수	변수특징	
종속변수	1=절대 이용안함, 2=대체로 이용안함, 3=보통, 4=대체로 이용, 5=무조건 이용	
개인 특성	성별	1=남, 2=여
	연령	1=20대이하, 2=30대, 3=40대, 4=50대, 5=60대이상
	직업	1=사무직종, 2=자영업, 3=학생, 4=기타
	소득	1=100만원미만, 2=100~200만원, 3=200~300만원, 4=300~400만원, 5=400~500만원, 6=500만원 이상
	학력	1=고졸이하, 2=전문대이상
통행 특성	통행목적	1=통근·통학, 2=그 외
	이용횟수	1=주1~2회, 2=주3~4회, 3=주5~9회, 4=주10~12회, 5=주13회이상
	환승여부	1=환승, 2=환승안함
	정류장 접근시간	1=3분이내, 2=5분이내, 3=7분이내, 4=10분이내, 5=15분이내, 6=15분이상
	평균 대기시간	1=3분이내, 2=5분이내, 3=7분이내, 4=10분이내, 5=15분이내, 6=15분이상
	차량소유 여부	1=차량있음, 2=차량없음
강우량	1mm미만, 1~5mm, 5~10mm, 10~25mm, 25~50mm, 50~100mm	

내고 있어 지하철까지의 도보시간이 길수록, 이용자의 연령이 높아질수록 시내버스 이용확률이 높음을 알 수 있다. 평균대기시간에 있어서 음(-)의 부호를 나타내, 평균대기시간이 짧을수록 시내버스 이용확률이 높은 것으로 나타났다. 이용횟수의 변수는 양(+)의 부호로, 평소 이용횟수가 높은 응답자일수록 시내버스 이용확률이 높은 것으로 나타났다. 또한, 통행목적의 경우에는 통근·통학의 통행목적의 양(+)의 부호로, 통근·통학의 통행이 그 외의 통행보다 이용확률이 높은 결과를 보였다. 개인속성 중 연령은 양(+)의 부호로 연령이 높을수록 버스이용확률이 높은 결과를 보였다. 또한, 환승여부와 차량소유여부에서는 두 변수 모두 음(-)의 부호를 나타내, 환승을 하지 않는, 그리고 차량을 소유하지 않은 응답자가 이용확률이 높은 결과를 보였다.

한편, 정류장 접근시간과 목적지까지 총이동시간, 하차후 접근시간, 소득, 성별, 학력, 직업, 운전면허 보유

9) 지하철까지의 도보시간은 버스를 이용하지 않을 시 대체수단으로 지하철을 고려한 것이며, 지하철까지의 접근정도에 따른 영향을 판단하기 위한 변수이다.

〈표 9〉 변수의 빈도결과

변수	항목	N	%	변수	항목	N	%
성별	남	159	47.2	이용횟수	주1~2회	76	22.6
	여	178	52.8		주3~4회	73	21.7
연령	20대이하	164	48.7		주5~9회	78	23.1
	30대	79	23.4		주10~12회	25	7.4
	40대	43	12.8		주13회이상	73	21.7
	50대	39	11.6	환승여부	환승	158	47.2
	60대이상	12	3.6		환승안함	177	52.8
직업	사무직	96	28.6	정류장 접근 시간	3분이내	78	23.1
	자영업	26	7.7		5분이내	106	31.5
	학생	145	43.0		7분이내	61	18.1
	기타	70	20.8		10분이내	72	21.4
소득	100만미만	191	56.7		15분이내	16	4.7
	100~200만	65	19.3		15분이상	4	1.2
	200~300만	53	15.7		차량 소유	있음	88
	300~400만	17	5.0	없음		249	73.9
	400~500만	8	2.4	평균 대기 시간	3분이내	10	3.0
500만이상	3	0.9	5분이내		104	30.9	
학력	고졸이하	185	54.9		7분이내	83	24.6
	전문대이상	152	45.1		10분이내	107	31.8
통행 목적	통근통학	173	51.3		15분이내	25	7.4
	기타	164	48.7	15분이상	8	2.4	

여부의 변수는 통계적으로 유의성을 가지지 않은 것으로 나타났다. 정류장 접근시간에 대해서는 시내버스 이용자를 대상으로 설문조사를 한 것이기 때문에, 도보시간자체가 응답자 간에 큰 차이를 보이지 않아서 통계적으로 유의성이 떨어지는 결과가 나타난 것으로 판단된다.

한편, 모형의 설명력을 나타내는 우도비(ρ^2)의 경우 0.131으로 다소 낮은 값을 보였다¹⁰⁾. 일반적으로 ρ^2 가 0.2보다 낮은 값을 나타내면, 모형의 설명력이 높지 않은 것으로 판단할 수 있다. 따라서, 앞에서 설정된 독립변수 중 실제 버스이용확률을 결정하는데 통계적으로 유의하지 않은 일부 변수를 제외하여, 수정된 이용수요추정모형을 구축하였다. 앞에서 추정된 버스이용수요추정모형에서 통계적으로 유의하지 않은 변수인 성별, 직업, 소득, 학력, 정류장접근시간의 변수와 환승여부, 평균대기시간의 변수를 제외한 수정된 수요추정모형을 구축하였다. 그 결과는 〈표 12〉와 같이 나타났다.

모형에 적용된 변수는 강우량, 이용횟수, 연령, 통행목적, 차량소유여부 등 총 5가지의 변수로 구성되었다.

〈표 10〉 강우량에 따른 버스이용응답률(빈도표)

강우량	절대 이용안함	대체로 이용안함	보통	대체로 이용	무조건 이용
1mm 미만	1.5%	8.3%	22.0%	38.3%	30.0%
1~5mm미만	0.6%	11.0%	22.9%	41.1%	24.4%
5~10mm미만	3.0%	16.0%	23.1%	38.9%	19.0%
10~25mm미만	6.5%	31.5%	20.8%	27.0%	14.2%
25~50mm미만	16.9%	37.7%	22.6%	12.5%	10.4%
50~100mm이하	35.0%	31.2%	15.7%	6.8%	11.3%

〈표 11〉 강우량에 따른 버스이용수요 추정모형

구분		Parameter Estimate	standard error	Wald	유의확률
한계치	[이용여부=1]	-2.179**	0.213	104.372	0.000
	[이용여부=2]	-1.102**	0.210	27.641	0.000
	[이용여부=3]	-0.389	0.209	3.466	0.063
	[이용여부=4]	0.585**	0.209	7.831	0.005
강우량		-0.022**	0.001	491.939	0.000
정류장접근시간		0.006	0.020	0.096	0.756
평균대기시간		-0.122**	0.023	26.926	0.000
이용횟수		0.611**	0.059	108.044	0.000
연령		0.092**	0.033	7.923	0.005
소득		-0.051	0.036	2.031	0.154
[통행목적=1]		0.208**	0.063	10.970	0.001
[환승여부=1]		-0.114*	0.053	4.604	0.032
[성별=1]		0.013	0.056	0.055	0.814
[학력=1]		-0.003	0.059	0.004	0.952
[직업=1]		0.005	0.085	0.003	0.957
[직업=2]		-0.141	0.121	1.349	0.245
[직업=3]		-0.086	0.102	0.711	0.399
[차량소유=1]		-0.499**	0.079	39.980	0.000
MF검증			χ^2	801.531	
			자유도	14	
			유의확률	0.000	
TPL검증			χ^2	370.321	
			자유도	42	
			유의확률	0.000	
-2LL(θ)-(-2LL(0))			5302.608(6104.139)		
ρ^2			0.131		

**은 유의수준 0.01에서 유의함, *는 0.05에서 유의함

10) 우도비(ρ^2)는 회귀분석에서 R2와 마찬가지로 0과 1사이의 값을 가지며, 1에 가까울수록 좋은 적합도를 나타내낸다. ρ^2 는 일반적으로 R2보다 비교적 작은 값을 가지는데 ρ^2 값이 0.2와 0.4사이의 값만 가져도 추정된 모형이 아주 좋은 적합도를 가지는 것으로 평가할 수 있다.

〈표 12〉 강우량에 따른 버스이용수요 추정모형(수정모형)

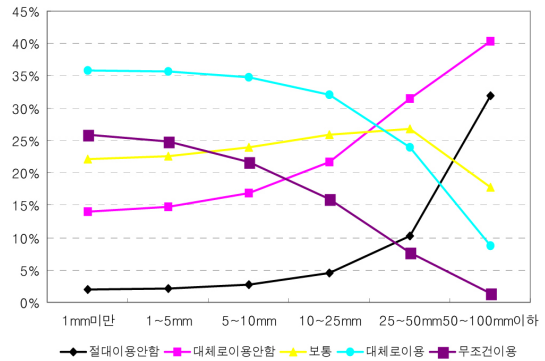
구분	Parameter Estimate	standard error	Wald	유의확률	
한계치	[이용여부=1]	-0.805**	0.119	45.752	0.000
	[이용여부=2]	0.256*	0.116	4.850	0.028
	[이용여부=3]	0.948**	0.117	65.203	0.000
	[이용여부=4]	1.894**	0.121	244.404	0.000
강우량	-0.021**	0.001	482.934	0.000	
이용횟수	0.621**	0.054	132.232	0.000	
연령	0.111**	0.024	22.306	0.000	
[통행목적=1]	0.237**	0.055	18.416	0.000	
[차량소유=1]	-0.557**	0.063	77.492	0.000	
MF검증	χ^2	769.965			
	자유도	5			
	유의확률	0.000			
TPL검증	χ^2	253.313			
	자유도	15			
	유의확률	0.000			
$-2LL(\theta) - (-2LL(0))$	1935.035(2708.000)				
ρ^2	0.284				

**은 유의수준 0.01에서 유의함, *는 0.05에서 유의함

5가지변수 모두 유의수준 0.01에서 유의한 것으로 나타났다. 강우량과 차량소유 여부의 변수는 음(-)의 부호로, 강우량이 적을수록 그리고 차량을 가지고 있지 않은 응답자일수록 버스의 이용확률이 높음을 알 수 있다. 또한, 이용횟수가 많고, 연령이 높을수록, 통근·통학의 통행일 경우 버스이용확률이 높아짐을 알 수 있다.

모형의 유의성 검증은 MF 검증과 TPL 검증¹¹⁾을 사용하였다. 두 조건의 결과 모두 유의확률 0.000으로 매우 양호한 결과를 나타내었다. 또한, 우도비(ρ^2)의 경우도 0.284의 값을 나타내 추정된 모형은 높은 적합도를 가지는 것으로 나타났다.

수정된 모형을 토대로 각 강우량별 시내버스 이용 확률을 추정하였다. 그 결과는 〈그림 2〉와 같이 나타났다. 강우량이 1mm미만인 경우 “대체로 이용”의 응답이 가장 높게 나타났으며, 50~100mm이하 강우량의 경우에는 “이용안함”의 응답이 가장 높은 것으로 나타났다. 강우량이 증가할수록 ‘이용안함’ 및 ‘절대 이용안함’의 확률이 증가하는 것으로 나타났으며, 강우량이 50~100mm이하 일 경우 70% 이상이 이용하지 않는 것으로(절대이용안



〈그림 2〉 강우량에 따른 버스이용 추정확률

함 혹은 대체로이용안함) 확률이 추정되었다. 한편, ‘대체로 이용’과 ‘무조건 이용’의 수요는 강우량이 1mm미만 일 경우 높은 응답(61.8%)을 나타냈지만, 강우량이 증가할수록 감소하는 것으로 나타나 50~100mm의 강우량에서는 11.0%의 이용확률이 추정되었다.

3. 민감도 분석

강우량의 변화에 따른 강우시 버스를 이용의사가 있는 응답자는 이용할 의사가 없는 응답인 “절대 이용안함”과 “대체로 이용안함”을 제외한 다른 응답을 한 응답자로 볼 수 있으므로 버스를 이용할 확률은 “무조건 이용”과 “대체로 이용” 그리고 “보통”의 합으로 나타낼 수 있다. “보통”은 이용과 미이용의 중간으로 판단하기 어려운 부분이지만 잠재적인 수요라 가정하여 이용의 의사에 포함하는 것으로 하였다. 이를 식으로 나타내면 다음과 같다. 임의의 개인(n)이 강우량(r)에 있어 이용여부가 아래와 같을 때, 시내버스 이용확률은 식(4)와 같다.

$$P_n(\text{버스이용}) = P(y_{r_n} = 5 | X_n) + P(y_{r_n} = 4 | X_n) + P(y_{r_n} = 3 | X_n) \quad (4)$$

- $y_n = 1$: 절대 이용안함
- $y_n = 2$: 대체로 이용안함
- $y_n = 3$: 보통
- $y_n = 4$: 대체로 이용
- $y_n = 5$: 무조건 이용

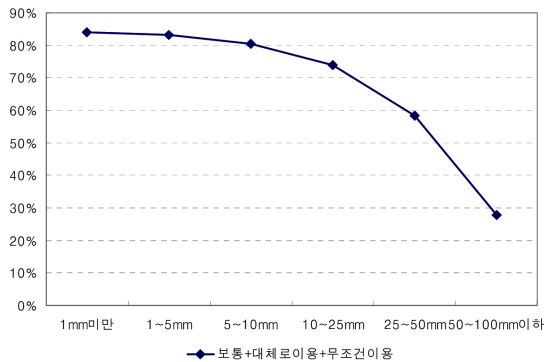
11) 일반적으로 MF(Model Fit) 검증은 주로 모델의 유의확률을 확인하기 위하여 사용하는 검증방법이며, TPL(Test of Parallel Lines) 검증은 위치요소만을 포함한 모형에 대해, 평행선 검증을 통하여 모든 범주들에 대한 모수들이 동일하다는 가설이 사실인지 평가하기 위하여 주로 이용하는 모델 검증 방법이다.

전체 강우량에 따른 버스이용확률은 식(5)와 같다.

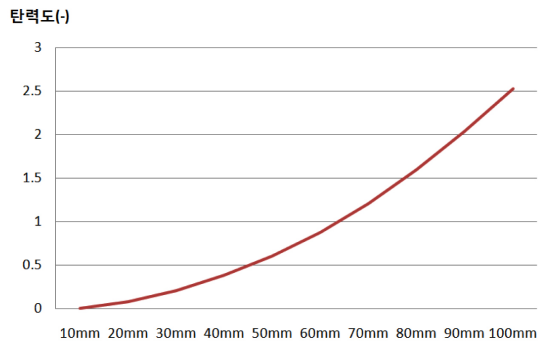
$$P(\text{버스이용확률}) = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N P_n(\text{버스이용}) \quad (5)$$

버스이용수요 추정모형을 통한 추정치는 결과는 <그림 3>과 같다. “보통”, “대체로이용”, “무조건이용”의 확률을 합산하여, 각 강우량별 이용확률을 나타낸 것이다. <그림 3>에서 결과를 토대로 강우량에 따른 버스이용확률 민감도를 분석하였다. 민감도 분석은 일반적으로 경제학에서 수요의 가격탄력성의 개념을 인용하였다. 경제학에서는 가격의 변화에 수요가 얼마나 민감하게 반응하는가를 나타내는 척도로 민감도의 개념을 활용한다. 본 연구에서는 가격 대신 강우량의 개념을 적용하였다.

$$\text{강우의 수요탄력성} = - \frac{\text{수요의 변화율}}{\text{강우량의 변화율}} \quad (6)$$



<그림 3> 강우량에 따른 버스이용확률(모형추정)



<그림 4> 강우량에 따른 버스이용확률의 탄력도

“-”부호가 있는 이유는 강우량 변화율과 수요의 변화율은 반대방향으로 움직여 탄력도가 음수가 되는 것을 의미한다. 이러한 탄력성은 점 탄력성(Point Elasticity)과 호 탄력성(Arc Elasticity)이다. 일반적으로 정책적 관점에서 탄력성의 개념은 호 탄력성(Arc Elasticity)이다.¹²⁾

강우량의 변화에 따른 시내버스 이용 민감도를 분석한 결과는 <그림 4>과 같이 나타난다. 강우량을 10mm 단위로, 각 강우량의 변화에 따른 수요의 변화율을 살펴보면, 10mm에서 탄력도는 0에 가까운 낮은 값을 보이다가 강우량이 증가함에 따라 탄력도가 급격하게 증가하는 것으로 나타났다. 강우량이 50mm지점에서의 탄력도는 -0.606정도로 나타났으며, 64mm지점에서 탄력도가 -1로 증가하였으며, 100mm에서는 -2.531까지 증가하는 결과를 나타냈다. 이는 강우량이 증가함에 따라, 강우량의 변화비율보다 버스이용수요의 변화율이 점차 더 높아진다는 것을 알 수 있다.

V. 결론

부산시는 대중교통 준공영제 시행 후 적자노선에 대한 재정지원금의 부담이 점점 증가하고 있는 실정이다. 재정지원금의 증가는 지방 재정에 큰 부담으로 작용하고 있고, 이를 해결하는 것이 큰 과제이다. 재정지원금을 감소하기 위해서는 운송원가를 낮추거나 혹은 수요를 극대화하여 수익금을 증가시키는 방법이 있다. 전자의 경우, 차량 및 유류비, 인건비, 유지비 등의 고정적 지출이 큰 비중을 차지하기 때문에 개선에 한계점이 있다. 따라서 수요를 증가시키는 방법을 모색하여야 한다. 특히, 도시 교통에 있어서 강우는 수요에 큰 영향을 미치는 요인 중 하나이다. 따라서 강수가 시내버스 이용수요에 끼치는 영향을 알아보고, 향후 시내버스 활성화 방안에도 기초자료로 활용하고자 하는 것이 본 연구의 목적이다.

본 연구의 결과를 정리해 보면, 시내버스 외 이용가능한 대중교통수단으로 지하철이 57.8%로 가장 많았으며 또한, 강우시에 주로 이용하는 통행수단 역시 지하철이 32.0%로 가장 많은 응답을 보였다. 강우시 타 교통수단을 이용하는 이유에서는 “대기시간을 줄이기 위해”, “목적지에 가깝게 내리기 위해서”, “차내혼잡을 예상하고” 등의 응답비율이 높은 것으로 나타났다. 이는 강우시 전

12) 이성원·박지형(1999), “교통수요의 가격, 소득 및 서비스 탄력성에 관한 분석”, 교통개발연구원.

환수단으로 단일수단은 지하철이 가장 높으나, 승용차와 택시의 변화량의 합이 여타 대중교통으로의 전환보다 높아, 승용차나 택시로 전환하는 응답자들의 선호가 반영된 것으로 추측된다. 평소통행과 강우시 통행에 있어 7점 척도로 만족도를 비교해 본 결과 “차내혼잡”의 만족도가 평소와 강우시 모두에서 가장 낮은 항목으로 나타났다. 평소와 강우시의 만족도 차이를 보면, 모든 항목에서 평소보다 강우시의 만족도가 감소하는 것으로 나타났다. 특히, “환승편리성” 만족도가 강우시 0.84만큼 감소하여 가장 큰 감소폭을 나타냈다. 평소 이용자들은 환승에 있어서 강우로 인해 큰 불편함으로 느끼고 있는 것으로 나타났다.

강우가 시내버스 이용수요에 끼치는 영향을 알아보기 위하여, 우선 강우량과 실제 카드데이터를 통한 시내버스 수요에 대한 관련성에 대하여 알아보았다. 그 결과 강우량과 버스이용수요는 서로 관련성이 있는 것으로 나타났다. 강우량과 시내버스 교통카드 이용건수에 대한 상관분석을 실시한 결과, 상관계수는 -0.614로 강한 상관관계를 나타냈다.

강우량의 변화에 따른 시내버스 이용의사에 대한 조사를 통하여 이용수요 예측모형을 구축하였다. 순서형 프로빗 모형을 구축하였으며, 시내버스 이용여부를 종속변수로, 개인속성과 통행특성 그리고 강우량을 독립변수로 하여 모형을 구축하였다. 최초의 모형에서는 총 12가지의 독립변수를 설정하여 모형을 구축하였으나, 우도비(ρ^2)의 값이 낮게 나와, 설명력이 비교적 높지 않은 모형을 나타내었다. 그리하여 일부 변수를 제외한 총 5가지 독립변수가 포함된 수정된 모형을 구축하였다. 그 결과, 강우량이 증가할수록 시내버스 이용수요는 감소하는 것으로 나타났으며, 시내버스 이용빈도가 높은 응답자일수록, 연령이 높을수록 이용확률이 높은 것으로 나타났다. 또한 통근·통학의 통행목적과 다른 통행목적보다 이용확률이 높으며, 차량을 소유하지 않은 응답자의 경우 높은 이용확률을 보이는 것으로 나타났다. 순서형 프로빗 모형을 통하여 추정된 각 강우량별 시내버스 이용확률에 따라, 강우량별 민감도를 분석하였다. 그 결과, 강우량이 커질수록 시내버스 이용수요에 대한 민감도가 증가하는 것으로 나타났다.

강우에 따른 시내버스 수요가 감소하는 경향을 보이고 있으며, 타 수단으로 전환하는 경우 대기시간, 접근성, 차내 혼잡, 안전성 등의 이유로 전환되는 것을 알 수 있다. 강우에 의한 수요 감소를 경감시키기 위해서는 이

러한 앞에서 열거한 측면에서의 개선이 요구된다. 첫째, 접근성의 개선 방안으로 접근로의 개선이 필요하다. 걷고 싶은 거리 조성과 쾌적한 보행환경을 통해 접근성을 개선하고, 정류장 시설에는 비를 피할 수 있는 쉼터 및 대기시설 마련이 필요할 것으로 판단된다. 이와 함께 대중교통환승시설의 건설시 강우에 대한 영향도 고려할 필요가 있으며, 끊임이 없는 연결된 보행공간의 확보가 필요하다. 뿐만 아니라 보행공간의 정비는 정류장 인근 뿐만 아니라 범위를 확대 시행하여 환경을 개선해 나가야 할 것이다. 둘째, 대기시간을 감소하기 위하여 시내버스 도착정보를 정류장 접근 이전에 미리 파악할 수 있는 방안이 필요하다. 이를 위해 사전 교통정보제공이 필요하며, 현재 스마트폰 어플리케이션과 케이블 TV, 인터넷 등의 정보제공 매체 및 소프트웨어를 적절히 활용하는 방안이 필요할 것으로 판단된다. 셋째, 강우시 버스수요를 증대시키기 위해서는 시간대별 버스의 탄력적인 운행이 필요하다. 강우시에 차내 혼잡과 교통정체에 대한 우려로 버스의 이용보다는 타 교통수단으로의 전환이 이루어진다고 보여진다. 따라서 강우시에는 유희버스의 집중 투입과 함께 버스 우선신호, 버스전용차선의 적극적인 활용 등 버스 우선정책 등의 시행을 통해 이용자의 통행 시간을 감소시켜 나가야 할 것이다.

버스의 수요는 비교적 고정적인 수요를 형성하고 있지만 기상변화에 따라 수요의 변화가 발생한다는 것을 알 수 있었다. 수요의 감소는 강우시 보행, 대기, 통행시간, 쾌적성 등 여러 여건이 있을 수 있다. 하지만 이렇게 감소한 수요가 타 수단으로의 전환인지 아니면 통행 행위의 포기로 인한 통행 감소인지에 대한 그 비율은 다루지 못하고 있다. 향후 연구에서는 이러한 강우시 통행의 감소가 어떻게 변화하는지에 대한 메커니즘 연구도 필요할 것으로 생각된다. 본 연구에서는 일평균 강우량을 고려하여 이용자의 측면에서 선호의식을 파악하였기 때문에, 강우의 시간대별 통행량의 변화에 대한 연구가 부족하였다. 즉, 강우의 기초자료분석에 버스의 운행시간과 비운행시간의 차이를 두지 않았기 때문에 향후 연구에서는 버스의 운행시간에 대한 강우자료를 분석하여 버스수요의 영향을 조사할 필요가 있을 것으로 생각된다.

참고문헌

1. 김광원(2007), “기상요소와 교통사고의 관계에 관한 연구”, 관동대학교 박사학위논문.

2. 김순귀·장동빈·박영술(2003), “로지스틱 회귀모형의 이해와 응용”, 한나래.
3. 맹재환(2006), “강우량에 따른 고속도로 교통류 속도변화 분석”, 연세대학교 석사학위논문.
4. 박준태·김장욱·이수범·이동민(2008), “도시부 신호 교차로 안전성 향상을 위한 사고예측모형 개발”, 대한교통학회지, 제26권 제4호, 대한교통학회, pp.99~110.
5. 박창수·장진환(2004), “AADT 추정시 강설량에 따른 날씨보정계수 개발에 관한 연구”, 서울도시연구, 제5권 제2호, 서울시정개발연구원, pp.19~26.
6. 백승걸·김범진·임용택(2008), “강우와 고속도로 통행특성의 관계 연구”, 대한교통학회지, 제26권 제3호, 대한교통학회, pp.119~127.
7. 서혜선(2007), “SPSS를 활용한 회귀분석”, 한나래
8. 심양섭(2005), “버스수요 특성분석에 관한 연구:서울시를 중심으로”, 서울시립대 석사학위논문.
9. 원민수·이겨라·오철·강경우(2009), “교통사고 심각도 예측 모형의 활용방안에 관한 연구 (서해안 고속도로를 중심으로)”, 대한교통학회지, 제27권 제4호, 대한교통학회, pp.167~173.
10. 이성원·박지형(1999), “교통수요의 가격, 소득 및 서비스 탄력성에 관한 분석”, 교통개발연구원.
11. 이원규·김만경(2006), “부산광역시 버스준공영제 시행방안 연구”, 부산발전연구원.
12. 장석용·정현영·고상선(2008), “무선교통정보수집제 공시스템(UTIS) 서비스의 이용 수요 예측 및 이용료 적정 수준 산정에 관한 연구”, 대한교통학회지, 제26권 제5호, 대한교통학회, pp.101~105.
13. 최정순·손봉수·최재성(1999), “기상조건에 따른 도시고속도로 교통류변화 분석”, 대한교통학회지, 제17권 제1호, 대한교통학회, pp.29~39.
14. 하오근·오주택·원제무·성낙문(2005), “순서형 프로빗 모형을 이용한 사고심각도 분석”, 대한교통학회지, 제23권 제4호, 대한교통학회, pp.47~55.
15. Brodsky, Veinoglou and Bernard Hakkert(1988), “The effect of weather on the relationship between flow and occupancy on freeways”, Transportation Research Record 1194, pp.55~63.
16. Kim, K, S and Dikey(2006), “Role of urban goevernance in the process of bus system reform in Seoul”, Habitat International, vol.30, pp.1035~1046.

✉ 주 작성자 : 정현영
 ✉ 교신저자 : 정현영
 ✉ 논문투고일 : 2011. 4. 27
 ✉ 논문심사일 : 2011. 6. 8 (1차)
 2011. 7. 11 (2차)
 2011. 7. 23 (3차)
 ✉ 심사판정일 : 2011. 7. 23
 ✉ 반론접수기한 : 2012. 2. 28
 ✉ 3인 익명 심사필
 ✉ 1인 abstract 교정필