

# 교통카드 데이터를 이용한 대중교통 통행패턴 분석 : 강화군을 중심으로

## Analysis of the Transit Ridership Pattern using Transportation Card Data : focusing on Ganghwa

이 민 우\* · 한 종 학\*\* · 이 향 숙\*\*\*

\* 주저자 : 한익스프레스 대리

\*\* 공저자 : 인천발전연구원 교통물류연구실 연구위원

\*\*\* 교신저자 : 인천대학교 동북아물류대학원 교수

Minwoo Lee\* · Jonghak Han\*\* · Hyangsook Lee\*\*\*

\* Han Express.

\*\* Incheon Development Institute

\*\*\* Incheon National Univ.

† Corresponding author : Hyangsook Lee, hslee14@inu.ac.kr

Vol.17 No.2(2018)

April, 2018  
pp.58~72

ISSN 1738-0774(Print)  
ISSN 2384-1729(On-line)  
<https://doi.org/10.12815/kits.2018.17.2.58>

Received 23 March 2018  
Revised 4 April 2018  
Accepted 11 April 2018

© 2018. The Korea Institute of  
Intelligent Transport Systems. All  
rights reserved.

### 요 약

강화군은 제4차 국토종합계획에 의해 기존의 농촌이미지에서 탈피하여 새로운 발전의 계기를 맞이하게 되었다. 그러나 체계적인 대중교통 운영이 사실상 제대로 이루어지지 않아 이를 개선하기 위한 방안 제시가 시급한 실정이다. 본 연구에서는 강화군의 일주일간 승객 교통카드 분석을 통해 강화군의 대중교통 이용 패턴을 분석하였다. 그 결과, 강화군은 평일기준 약 7천1백 명의 승객이 대중교통을 이용하며, 특히 금요일에 가장 높은 이용률을 보였다. 시간대별로는 오전 7~8시에 뚜렷한 오전 첨두가 형성이 되었고, 주로 학생들이 하교하는 16~17시에 오후 첨두가 나타나는 특징이 나타났다. 강화군의 사회경제지표를 이용하여 회귀 분석을 수행한 결과, 도서지역의 특성상 의료시설이나 인구, 학교용지 면적과 같이 주거단지나 상업단지가 밀집된 지역에서 많은 승하차가 발생하는 것을 확인할 수 있었다. 본 연구의 결과는 강화군의 버스이용 패턴을 파악하여 향후 체계적인 대중교통네트워크를 구축하기 위한 기초자료로 활용될 수 있을 것이다.

핵심어 : 강화군, 버스운영, 교통카드, 통행패턴, 회귀분석

### ABSTRACT

Ganghwa has met a new development period in land use and infrastructure based on the 4th National Development Planning, however the public transportation system is not systematically operated yet. This paper analyzes the bus trip pattern in Ganghwa using transportation card data during a week. The result indicates that average 7,100 people use buses a day and the most frequent use occurred in Friday. Clear peak-hours between 7 and 8 A.M. and between 4 and 5 P.M. were appeared due to commuting and school trips. According the result of regression analysis, population and the number of hospitals and schools area showed positive relationships with but trips reflecting regional characteristics. The research contributes to providing basic data for constructing an efficient public transportation system in the future.

Key words : Ganghwa, Bus operation, Transportation card, Trip pattern, Regression analysis

## I. 서론

### 1. 연구의 배경 및 목적

현재 우리나라의 대중교통 수송 분담률은 41.4% 수준이며, 특히 수도권 지역의 경우 48.1%에 육박하고 있다(Metropolitan Transportation Authority, 2013). 수도권의 편리한 대중교통 시스템, 버스 연계수송, 환승 할인 등 서비스 확대로 수요 증가를 유도해 오고 있다. 반면 수도권 외곽지역, 지방지역은 시스템 미비로 인해 성장이 상대적으로 더딘 상황이다.

인천광역시 북서부에 위치한 강화군은 13개의 면과 184개의 리로 구성된 도서지역이다. 동쪽으로는 경기도 김포시, 남쪽으로는 인천광역시 옹진군과 인접해 있는 강화군은 수도권에 포함됨에도 불구하고 지리적 여건으로 인해 인구 감소, 각종 개발 부진 등 지역적 침체를 겪고 있다. 또한 대중교통체계의 비효율성으로 인해 이용객의 불편이 끊임없이 제기되고 있다. 지자체에서 주기적으로 대중교통 관련 계획을 수립하고 있음에도 불구하고 대중교통 수단, 노선, 시설 등에 대한 체계적인 관리 및 개선이 사실상 제대로 이루어지지 않고 있는 실정이다.

강화군은 '제4차 국토종합계획'에 의해 강화문화권 지정, 김포·검단 신도시 개발, 각종 휴양·관광시설 개발 등 기존의 농촌이미지에서 탈피하여 수도권 제1의 문화·관광·휴양도시로서의 새로운 발전 계기를 맞이하게 되었고, 2014년 인천아시안게임 개최 이후 지역발전 잠재력에 대한 국민적 관심이 높아진 상황으로 대중교통 발전방향의 수립이 시급하다. 따라서 현재의 대중교통 이용 패턴을 면밀히 분석해보고, 이를 토대로 버스노선체계를 전면적으로 개편함으로써, 주민의 이동성을 증대시키고 대중교통 서비스의 질을 향상시키기 위한 노력이 필요한 시점이다.

현재 우리나라는 전국적으로 구축된 요금자동징수체계(Automated Fare Collection)를 통해 대부분의 대중교통수단 이용자 교통카드 한 장으로 간편한 요금 결제가 가능하고, 수단 간 환승이 용이해졌다. 요금자동징수체계의 도입은 전수에 가까운 대중교통 이용객들에 대한 자료 수집을 용이하게 해주었으며, 이를 통해 대중교통 운영 특성, 통행패턴 등에 대한 분석이 최근 활발히 이루어지고 있다.

본 연구에서는 경기·인천 EB카드사의 일주일 간 승객 버스 승·하차 데이터를 이용하여 강화군의 대중교통 이용 패턴을 분석하고, 통행량에 영향을 미치는 여러 요인들을 분석하고자 한다. 대중교통 카드데이터를 활용하여 진행된 선행연구들은 대부분 수도권 중심지에 편중되어있는 점을 고려할 때, 도서지역인 강화군의 대중교통 통행 실태를 분석하는 것은 기존의 연구들과 비교하여 의미를 갖는다. 본 연구의 결과는 향후 강화군의 종합적이고 체계적인 대중교통네트워크 구축을 위한 기초자료로 활용될 것이다.

### 2. 연구의 범위

본 연구의 공간적 범위는 강화군 전체를 대상으로 하였다. 시간적 범위는 인천/경기 EB카드사에서 제공받은 2015년 3월 23일 월요일부터 2015년 3월 29일 일요일까지 일주일로 설정하고, 이 기간 동안 수집된 교통카드 데이터를 토대로 대중교통 이용특성에 대한 분석을 수행하였다. 데이터는 1인당 5회의 환승까지 고려되는 Trip-Chain의 형태로 구성되어 있어, 통행 중 강화군을 운행 및 경유하는 대중교통 수단을 1회라도 탑승한 경우 그 이용자의 출발지부터 목적지까지 모든 통행에 대한 자료를 검토하였다.

본 연구의 흐름은 다음과 같다. 먼저 대중교통 카드자료를 통해 통행 패턴을 분석한 선행연구들을 검토하

1) 강화군 대중교통기본계획수립 및 버스노선체계개편 연구용역(2015)의 내용을 일부 인용함

여 본 연구의 착안점 및 차별성을 도출한 뒤, 교통카드 데이터의 수집 및 정제 작업을 통해 분석 데이터를 최종 설정하였다. 이어서 강화군에서의 대중교통 이용 패턴을 다양하게 분석하였고, 다중선행회귀분석을 통해 강화군의 버스 이용에 영향을 미치는 다양한 영향요인들을 규명하였다. 마지막 결론에서는 연구가 가지는 의미와 시사점을 제시하였다.

## II. 선행 연구 및 이론 검토

교통카드 자료를 활용한 연구를 검토한 결과 승객 승하차 데이터를 활용한 통행 패턴의 분석과 환승 통행에 관한 연구, 대중교통 통행에 영향을 미치는 요인을 규명하는 연구가 주를 이루었다.

Kim and Lee(2010)는 서울시와 경기도 역세권에 대해 개발 밀도 및 토지이용, 그리고 인구·사회학적인 측면에서 특성을 분석하였고, 이러한 공간적인 특성과 대중교통 사이의 관계를 규명하였다. 회귀분석 모형을 통해 분석한 결과, 개발 밀도는 수도권과 서울 및 경기도 역세권의 전부에서 지하철 이용율과 통계적으로 유의한 상관도를 나타냈다. 이는 고밀개발이 실제 대중교통의 이용률을 증가시키는데 효과적임을 보여주었고, 이 외에도 토지이용을 고려한 도시설계가 대중교통 이용률을 증가시키는데 일정부분 효과를 나타냄을 입증하였다.

Kim et al.(2015)는 서울시의 교통카드자료를 이용하여 승객의 통행 특성을 분석하고, 이러한 통행에 영향을 미치는 요인들을 규명하였다. 먼저 승객의 통행 특성을 분석하여 오전 및 오후침두시간과 심야시간의 3 그룹에 대해 군집분석을 수행하였고, 이를 통해 주거중심지역과 활동중심지역 그리고 주거와 활동이 복합적인 지역의 3가지로 구분하였다. 분석 결과, 주거중심지역은 오전승차가 집중되며 주변에 주거단지가 조성되어 있고, 활동중심지역은 오후승차가 집중되며 교육복지시설과 상업시설의 비중이 높게 나타났다. 그리고 각 군집별로 통행특성에 영향을 미치는 요인을 규명하기 위해 토지이용변수, 사회경제지표, 대중교통서비스 등의 변수를 투입하여 회귀분석을 실시하였다. 그 결과 활동중심지역에서는 오전침두시 엔트로피가 높고 종사자수가 적을수록 통행량이 많았으며, 오후에는 교육복지시설면적과 종사자 및 광역버스정류장이 많을수록 통행량이 증가하였다. 주거중심지역의 오전침두시에는 주거시설 면적과 20대 비율, 오후침두시에는 상업시설과 인구밀도, 교육복지시설 및 문화집회시설이 많을수록 통행량이 증가하는 것으로 나타났다.

Kim and Lee(2011)의 연구에서는 대구시의 대중교통 자료를 이용하여 환승정류장에 대한 통행 특성 분석을 진행하였다. 수도권과 달리 대구시의 교통카드자료는 하차 단말기의 미설치로 승차 정류장 및 하차 정보가 기록되지 않는 특성을 가지고 있다. 이를 고려하여 연구에서는 대구시 버스운행관리시스템 자료와의 연계를 통해 환승통행에 대한 데이터를 구축하여 분석을 진행하였다. 최적의 군집수를 설정하기 위해 Oneway ANOVA 분석을 진행하였고, 분석 결과 군집1은 대구시의 중심에 위치하며 노선수, 도심거리, 승차인원, 평균 접근거리가 길어짐에 따라 환승량이 증가하였다. 군집2는 노선수에 따라 환승량이 많은 영향을 받았고, 군집3의 경우는 대구시와 경산시의 경계를 포함하며 평균 거리가 짧을수록 환승량이 증가하였다. 연구의 분석결과를 통해 대구시내 환승 정류장의 설치시 적절한 입지 선정 기준을 위한 근거를 마련하였다.

Oh et al.(2009)는 지하철 분담률 증진을 위해 대중교통 지향형 역세권 개발(TOD)을 해법으로 하였다. 이를 위해 역세권의 대중교통 수요와 토지이용이 밀접하게 관련이 있다는 전제를 가정으로 군집분석을 수행하여 영향모형을 개발하였다. 군집 분석 결과 대중교통 이용객의 통행 특성이 토지이용특성에 따라 밀접한 영향을 받는다는 것을 알 수 있었고, 주거지역 역세권에서 버스 관련 통행 특성 중 노선수와 정류장수, 단거리 노선수 그리고 배차간격이 긍정적인 영향을, 철도와 관련해서는 출입구수와 자전거면수가 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 또한 비주거지역 역세권의 경우 환승거리, 노선수, 배차간격, 정류장수, 출입구수와

서로 유의한 영향을 미침을 규명하였다.

Kim et al.(2010)는 서울시에 위치해있는 142개 전철역을 대상으로 수요예측의 정확도에 역세권의 특성이 미치는 요인을 규명하였다. 이를 위해 먼저 토지 이용 특성과 대중교통 특성으로 구분하여 역세권의 특성을 파악하였고, 위함도를 활용하여 수요예측의 정확도를 산정하였다. 분석 결과, 토지 이용의 다양성, 사업체 및 종사자의 수, 지하철 연계 버스노선수가 많을수록 지하철 수요에 많은 영향을 미치는 것으로 나타났다.

Moon and Noh(2012)는 서울시 역세권을 대상으로 하여 대중교통지향형 개발에 영향을 미치는 다양한 요인을 파악하고, 대중교통 이용 수요와의 연관성을 규명하기 위한 연구를 진행하였다. 영향 요인으로는 토지 이용복합도, 개발밀도수준, 대중교통시설 공급수준, 가로설계수준, 연계교통시설, 지하철시설규모, 대중교통 운영수준의 7가지로 선정하였다. 그 결과, 개발밀도수준, 연계교통시설, 지하철시설규모가 역세권의 승하차 통행량에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났고, 대중교통운영수준은 가장 높은 부정적인 영향 요인임을 도출하였다.

Bin(2011)는 승객 교통카드자료를 이용하여 경기도권역의 대중교통 통행패턴을 분석하였고, 이를 이용한 정책 활용방안을 제시하였다. 연구를 통해 정류소 개선사업을 위한 대상지를 선정하기 위한 3개의 시나리오를 분석하였고, CHAID와 군집분석을 통해 적용하였다. 그 결과, 환승 거점의 선정은 차량 대기시간이 길고 혼잡한 시설을 대상으로 설치하는 것과, 교통약자를 위한 정류장의 선정에는 이용객 수가 적고 평균 대기시간이 긴 정류장을 그리고 관광지 정류소로서는 가장 많은 하차건수를 기록하는 곳에 선정하는 것이 타당함을 규명하였다.

Lee et al.(2013)는 서울시의 역세권을 대상으로 토지이용의 특성을 기준으로 각 유형을 구분하고, 유형별로 토지이용특성과 도시철도 이용 패턴의 상관성을 분석하고자 하였다. 연구 결과, 업무중심 유형은 오전 첨두시에 하차통행량이, 오후 첨두시에 승차통행량이 집중되었고, 주거중심 유형은 반대로 오전첨두에 승차통행량이, 오후첨두에는 하차통행량이 집중되는 패턴이 나타났다. 또한 첨두시와 비첨두시간 간의 도시철도 이용 패턴은 토지이용특성과 밀접한 관련이 있는 것으로 나타났다. 또한 주거용도의 오전첨두시 승차량과 업무용도의 오전 첨두시 하차이용률 간의 높은 상관관계를, 상업, 교육시설, 문화관광의 경우 비첨두 시간대의 승하차통행량이 높은 상관관계를 보이고 있음을 규명하였다.

Sohn and Kim(2011)는 서울은 포함한 수도권 전체를 대상으로 역세권 도시공간특성과 지하철이용이 어떤 연관성을 지니는지를 분석하고, 이를 활용하여 TOD형 도시공간으로 나아가기 위한 개선방향을 제시하고자 하였다. 이를 위해 역세권별 도시공간특성을 설명변수로 하고, 통계변수로는 인구사회요인변수를, 종속변수로는 연간 지하철이용객 수를 설정하여 선형회귀식을 도출하였다. 그 결과 경기도 주거중심의 역세권을 제외하고 모든 역세권에서 개발밀도와 높은 상관도를 보였고, 서울시 역세권의 경우 상업비율과 주거대비 업무, 공원시설의 보유여부, 거주민의 학력수준이 지하철 이용수요와 긍정적인 영향을, 경기도 역세권은 역세권 도로 총용량의 증가가 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다.

교통카드 자료를 이용하여 통행 패턴을 분석하고 지역적인 특성 및 토지이용간의 상관관계를 연구한 사례는 국외에서도 찾을 수 있었다.

Medina et al.(2013)은 업무지구의 용적을 산출하기 위해 대중교통 카드자료를 기반으로 가구통행실태조사와 건축물 정보를 활용한 분석 방안을 제안하였다.

Palletier et al.(2011)은 교통카드 분석을 진행한 연구 현황을 종합하였다. 교통카드의 활용을 장단기정책과 도로네트워크 개발 및 서비스조정 그리고 운영지표와 이용자 통계의 3가지로 구분하였고 이러한 분석을 활용한 각각의 기대효과를 밝혔다.

Shi et al.(2014)은 중국 선전지역을 대상으로 대중교통 카드 자료를 이용한 승객 승하차 패턴분석을 진행

하였다. 이를 통해 주거단지가 밀집된 지역에서는 오전에 승차가 집중되는 패턴을, 업무단지가 밀집된 지역에서는 오전에 하차가 집중되는 점을 발견하였다.

교통카드 분석 관련 국내·외 선행연구를 종합해 보면 주로 대도시에서 대중교통 이용 패턴을 분석하고, 이용 수요와 사회경제지표 및 토지이용 간의 상관관계를 규명한 것으로 나타났다. 특히 국내의 경우 수도권과 역세권을 중심으로 분석이 집중된 것을 알 수 있었다. 본 연구는 지하철이 없어 대부분의 통행을 버스에 의존하는 강화군을 대상으로 대중교통 이용패턴을 분석하고자 한다. 요일별, 시간대별, 지역별 통행량 및 환승패턴을 분석하고, 행정구역 소단위인 각 리 단위별 사회경제지표를 이용하여 통행량에 영향을 미치는 다양한 요인을 규명하고자 한다.

### Ⅲ. 강화군 대중교통 현황

강화군에서 운영 중인 버스는 크게 군내를 운행하는 군내버스와 마을버스, 군계외를 운행하는 시내좌석버스, 시내일반버스 그리고 시외직행버스로 나뉜다. 이를 영업하는 버스업체는 총 9개이며, 가장 큰 규모를 차지하는 강화선진버스는 군내버스의 전 노선을 33대(예비차량 포함 34대)의 버스로 운영하고 있다.

2014년을 기준으로 강화군에는 총 76개의 버스노선이 운영되고 있으며, 그 중 군내버스가 56개, 마을버스가 8개, 군계외 버스가 12개 노선을 차지하고 있다(<Table 1> 참조). 군내버스의 56개 노선 당 하루 평균 왕복 운행시간은 74분, 평균 왕복운행거리는 36.6km, 평균 운행횟수는 6.1회이며, 마을버스의 8개 노선 당 평균 왕복운행시간은 34분, 평균 왕복운행거리는 19.7km, 평균 운행횟수는 9.8회인 것으로 집계되었다. 또한 강화군은 도서지역의 특성상 전체 노선 중 32개 노선이 벽지노선으로 지정되어 있는데, 이러한 벽지구간의 노선 당 하루 평균 왕복 운행거리는 7.2km, 평균 왕복운행횟수는 11.8회인 것으로 나타났다.

<Table 1> Total Bus Operation in Ganghwa(In 2014)

Types of buses	Number of companies	Number of lines			Number of buses			Service frequency		
		(to Seoul)	(to Gyeonggi)	(to Incheon)	(to Seoul)	(to Gyeonggi)	(to Incheon)	(to Seoul)	(to Gyeonggi)	(to Incheon)
Local bus	1	56			33			342		
Town shuttle bus	5	8			6			47		
Express intra-city bus	2	1	-	1	28	-	9	112	-	27
Regular intra-city bus	4	2	2	4	32	17	54	128	104	199
Express inter-city bus	2	2			6			9		
Total	14	76			185			968		

Source: www.ganghwa.go.kr, Internal Report in Gangwha(2015)

2014년 강화군의 군내버스와 마을버스를 포함한 버스이용객은 약 263만 명에 달한다(<Table 2> 참조). 전년도의 259만 명의 이용객에 비해 약 1.4% 증가했지만, 버스 이용객 변화 추이를 살펴보면 최근 4년간 강화군의 버스이용률은 연평균 약 0.4%의 감소율을 보이고 있음을 알 수 있다.

강화군 내에서 가장 큰 규모를 차지하는 강화선진버스의 최근 3년간 수익성을 보면, 수입(환승손실지원금 포함)은 약 22억 원~24억 원, 운송원가는 약 50억 원 ~52억 원, 재정지원은 약 24억 원~25억 원 수준으로 연간 약 1억8천만~3억6천만 원의 적자가 발생하고 있는 것으로 보고되었다(<Table 3> 참조).

강화군의 버스운영 패턴을 종합해보면 전체 버스 중 군내버스의 비중이 절대적으로 많고, 그 중 60%에 가까운 노선이 벽지노선으로 지정되어 운행되는 등 수도권의 대중교통 패턴과는 차이를 보이는 것을 알 수 있었다. 또한 최근 4년간 평균 대중교통 이용객이 감소하고, 적자율이 다소 증가하는 추세를 알 수 있었다.

〈Table 2〉 The number of Bus Passengers for Intra-city lines in Ganghwa

Year	Local bus	Town shuttle bus	Total	Annual growth
2011	2,559,679	104,002	2,663,681	-
2012	2,523,606	92,617	2,616,223	-1.78%
2013	2,505,383	90,299	2,595,682	-0.79%
2014	2,539,932	91,542	2,631,474	1.38%
Annual growth	-0.26%	-4.16%	-0.40%	-

Source: www.ganghwa.go.kr, Internal Report in Ganghwa(2015)

〈Table 3〉 Performance Analysis of Local-bus in Ganghwa

unit: 1,000 won

Year	Local bus	Operation Cost (1Bus/1Day)	Income (A)	Cost (B)	Financial Support (C)	profit & loss (A+C-B)	percentage change
2012	31	434	2,280,017	4,914,693	2,454,702	△179,974	-
2013	31	439	2,351,287	5,011,803	2,482,147	△178,369	-0.89%
2014	32	450	2,369,277	5,269,602	2,538,916	△361,409	102.62%

Source: www.ganghwa.go.kr, Internal Report in Ganghwa(2015)

#### IV. 자료 수집 및 방법론

본 연구에서는 경기·인천EB카드사로부터 강화군을 경유하는 모든 통행에 대한 교통카드 자료를 제공받아 분석을 진행하였다. 자료는 2015년 3월 23일 월요일부터 일요일까지 일주일 동안의 전수데이터로 승객 일인당 하루 최대 5번의 통행이 고려된 Trip-Chain의 형태이다. 수집된 자료는 각 대중교통 이용자의 상세한 이용 특성을 포함하고 있다. 세부항목은 이용객 수, 통행 수단, 승차 정류장, 하차 정류장, 노선, 차량, 승차 시간, 승차 거리, 총 이용금액 등 승객이 대중교통을 탑승해서 승차하기까지의 모든 정보를 포함하고 있다. 여기서 교통수단ID는 서울버스, 경기버스, 지하철/철도 등의 상세한 통행수단의 정보를 포함하고, 사용자 ID는 어린이, 청소년, 일반의 3개 항목으로 탑승자를 구분한다.

전체 승객 데이터 중 실질적으로 분석에 이용된 데이터는 Trip-Chain 중 1회라도 강화군을 경유하는 수단(군내버스·마을버스·인천시내버스·경기시내버스·서울면허 노선버스)을 포함한 경우, 그 이용자의 최초 출발지부터 최종 목적지까지의 모든 통행에 대한 데이터로 규정하였다.

교통카드 데이터의 특성상 이용자가 요금 단말기에 태그(Tag)를 하면서 카드의 ID, 탑승 시간, 탑승 정류장 등이 기록되는데, 이 과정에서 기계적 시스템의 오류로 결측 자료가 발생하게 된다. 따라서 본격적인 교통카드 데이터 분석에 앞서 데이터에 대한 신뢰성을 확보하는 작업이 선행되어야 하므로 이러한 오류 및 결측값에 대해 데이터 정제 작업을 진행하였다. 먼저 하차태그가 누락된 경우 “승·하차태그 오류”로 판단하고, 이에 해당하는 카드정보는 외부지역으로 설정하여 최대한 분석에 포함시키는 방법을 채택하였다. 두 번째

오류 유형은 “통행시간 오류”이다. 대중교통을 탑승하고 있는 시간이 총 소요 시간보다 클 경우 통행시간 산정시 제외하여 분석하였다. 마지막으로 “논리적인 오류”의 경우 최종하차일시가 최초승차일시보다 작거나 승하차수집건수가 0과 같이 논리적으로 오류가 있는 유형들을 의미하며, 이러한 경우 분석시 제외시켰다. 최종적으로 기계적 오류, 시스템 상의 오류 및 결측 값에 대해 데이터 정제 작업을 추가로 수행하여 분석 데이터를 설정하였다. 정제 이후 최종 대중교통 카드 결제자료는 서울·인천·경기 지역을 포함하여 약 7만 2천 건으로 집계되었다.

## V. 강화군 대중교통 이용패턴 분석

### 1. 통행패턴 분석

강화군의 대중교통 통행량을 분석해 본 결과, <Table 4>와 같이 대중교통 이용객들은 평일 기준 약 7천 1백 명, 주말기준 약 6천 2백 명으로, 평일 대중교통 이용인원이 약 900명 더 많은 것으로 집계되었다. 특히 평일 중에는 금요일의 이용인원이 약 8천2백 명으로 가장 많았으며, 화요일부터 목요일까지는 약 6천 7백 명 수준으로 차이가 거의 없는 것으로 나타났다.

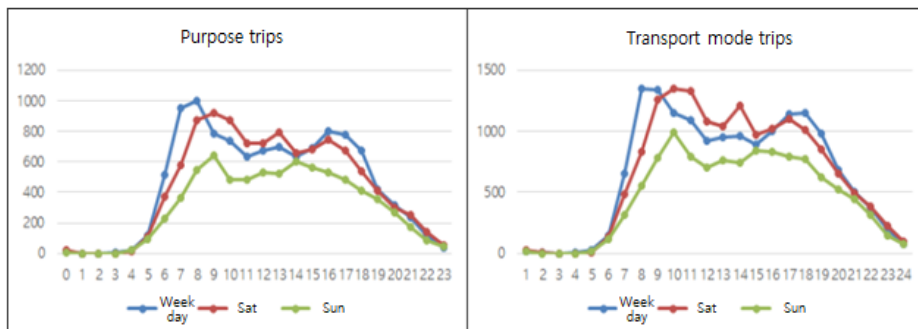
<Table 4> The number of Bus Passengers

unit: person

Monday	Tuesday	Wednesday	Thursday	Friday	Saturday	Sunday	Total
7,114	6,791	6,730	6,725	8,252	7,186	5,302	48,100

통행량 분석의 경우 최초 승차지와 최종 하차지를 고려한 목적통행과 Trip-Chain 각각을 하나의 통행으로 고려한 수단통행으로 구분하여 분석을 수행하였다. 목적통행을 분석한 결과, 평일에는 평균 10,849통행, 주말에는 평균 8,934통행으로 주말보다는 평일의 통행량이 많았으며, 인당 평균 통행량의 경우 평일 1.52통행, 주말 1.43통행인 것으로 나타났다.

시간대별로 살펴보면 평일에 가장 붐비는 시간대는 오전 7~8시로 출근 시간대에 뚜렷한 첨두가 형성되는 패턴을 보인 반면, 퇴근 시간대의 경우에는 통행량 분포가 상대적으로 넓게 분산되는 것으로 나타났다.



<Fig. 1> Trip Distribution

특이하게 16~17시에 통행이 집중되는 패턴을 보였는데, 이는 강화군 학생들의 하교시간에 의한 영향으로 판단된다. 한편 주말의 경우 오전에 서서히 증가하기 시작하여 9~10시에 가장 많은 통행량이 발생하였으며, 평일에 비해 다소 퍼지는 분포를 형성하였다. 수단통행을 분석한 결과, 평일에는 평균 15,615통행, 주말에는 평균 13,369통행으로 주말보다는 평일의 통행량이 많았으며, 인당 평균 통행량은 평일 2.06통행, 주말 2.03통행인 것으로 나타났다. 평일 중 대중교통 통행량이 가장 많은 시간대는 오전 7~8시로 뚜렷한 오전 침투가 형성되었으며, 오후 침투의 경우 16~17시에 형성되었는데, 마찬가지로 학생들의 하교시간과 영향을 있는 것으로 나타났다. 주말의 경우 토요일과 일요일 모두 오전 9~11시에 통행이 매우 두드러지는 패턴을 보였다 (<Fig. 1> 참조).

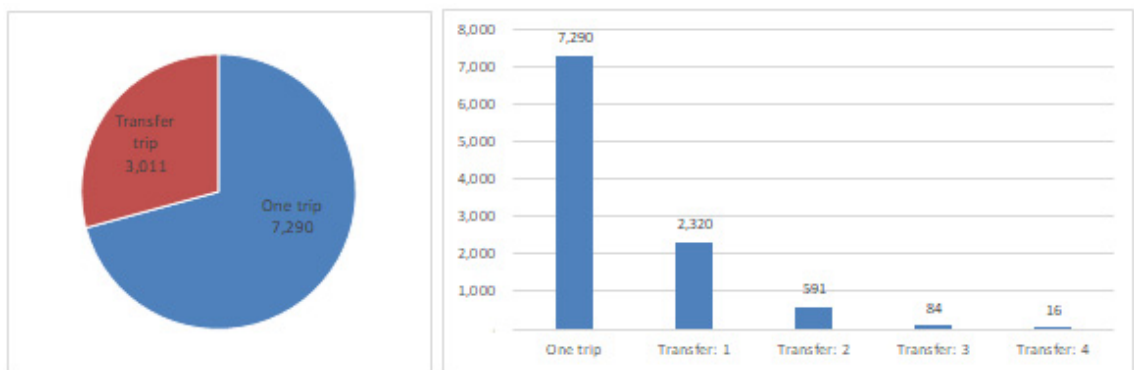
강화군 대중교통 이용객의 평일 인당 통행시간을 분석한 결과, 외부 통행시간이 64분으로 내부 통행시간인 14.6분 보다 50분 정도 긴 특징을 보였다. 요일별로 평균 통행시간을 비교해 보면, 평일에는 주말에 비해 내부통행의 인당 통행시간이 약 5분 정도 더 긴 반면, 주말의 경우 외부통행의 인당 통행시간이 평일보다 약 20분 정도 더 긴 패턴을 보이는 것으로 나타났다. 이는 강화군의 특성 상 주말에 외부에서 유입되는 관광객의 통행특성이 크게 영향을 미치는 것으로 유추된다(<Table 5> 참조).

<Table 5> Average Bus Travel Time

unit: minute

Types of trips	Weekday			Saturday			Sunday		
	Person	Purpose trip	Transport mode trip	Person	Purpose trip	Transport mode trip	Person	Purpose trip	Transport mode trip
Intra-city	14.6	9.6	7.1	10.6	7.3	5.2	8.6	6.2	4.3
Inter-city	64.0	42.0	31.0	85.6	58.9	41.7	87.1	62.2	43.6
Average	44.0	28.9	21.3	55.3	38.0	26.9	55.4	39.6	27.7

강화군의 통행 특성을 살펴보면 단독통행이 7,290 통행이며, 1회 환승이 2,320 통행, 2회 환승이 591 통행, 나머지 3-4회 환승이 100통행으로 강화군 대중교통 이용의 71%가 단독통행임을 알 수 있다(<Fig. 2> 참조). 또한 전체 환승 통행 중에서도 1회 환승이 77%, 2회 환승이 19.6%, 3회 이상 환승은 3.3%로 환승통행의 약 97%가 1-2회 환승 통행을 하는 것으로 나타났다(<Fig. 2> 참조).



<Fig. 2> Transfer Pattern





## 2. 최다 이용 노선

강화군의 대중교통 수단 중 평일 최다 이용 노선은 부평으로 운행하는 90번으로 이용인원이 약 1천6백 명이었으며, 다음으로 서울이 종점인 3000번이 1천5백 명의 수요를 기록하였다. 평일 이용객이 많은 10개 노선 중 상위 4개 노선은 김포시의 노선(김포 90번, 김포 3000번, 김포 96번, 김포 88번)이었으며, 이를 제외한 나머지 노선은 모두 인천광역시의 노선(인천 31번, 인천 30번, 인천 700번, 인천 60-2번, 인천 40번, 인천 32번)으로 나타났다.

강화군의 주말 최다 이용 노선은 평일과 유사한 패턴으로 경기도 김포시의 3000번과 90번이 각 1천8백 명, 1천4백 명으로 높은 수요를 기록하였으며, 강화군을 기·종점으로하는 상위 10개 최다 이용 노선의 통행 패턴은 평일보다 주말에 더 많거나 평일과 비슷한 수준을 나타내는 것을 알 수 있었다(<Table 6> 참조).

<Table 6> The Most Frequently Used Bus Lines

			
Line	90, Gimpo, Gyeonggi	Line	3000, Gimpo, Gyeonggi
Type	General	Type	Express
O/D	Ganghwa terminal ↔ Bupyeong station	O/D	Ganghwa terminal ↔ Sinchon station
First/Last	04:00 / 22:15	First/Last	04:20 / 22:00
Service interval	15min	Service interval	10min
Daily Passenger	1,568persons	Daily Passenger	1,467persons

## 3. 지역 간 이동량

지역 간 통행분포를 살펴보면 강화군의 대중교통 통행 패턴은 강화군내에서 이동하는 내부통행이 약 6천 5백 통행으로 전체통행의 68.4%를 차지하는 특징을 보였다. 강화군으로 유입되는 통행은 김포시가 57.0%로 가장 많았으며, 인천광역시(23%), 서울특별시(17.4%)의 순으로 많은 통행량을 나타냈다. 유출 통행의 경우 강화군에서 김포시로의 통행이 47.6%로 가장 많았으며, 서울특별시(26.6%), 인천광역시(23.8%)의 순으로 많은 통행이 발생되었다. 즉 강화군의 지역 간 이동 패턴은 군내 통행이 가장 많고, 다음으로 통행 유출입이 많이 발생하는 곳은 김포시임을 알 수 있었다(<Table 7> 참조).

<Table 7> Inter-regional Trips (Transport Mode Trips)

unit: trip

Region		Destination							
		Ganghwa	Incheon	Gyeonggi			Seoul	Total	
				Goyang	Gimpo	Bucheon			
Origin	Ganghwa	6,473	710	60	1424	0	795	9,462	
	Incheon	429	504	0	67	4	1	1,005	
	Gyeonggi	Goyang	50	0	16	47	0	2	115
		Gimpo	1,065	105	73	347	19	71	1680
		Bucheon	0	3	0	20	9	7	39
	Seoul	325	2	1	79	7	35	449	
	Total	8,342	1,304	150	1,984	39	911	12,730	

#### 4. 교통 수단간 수송분담률

교통카드 자료를 이용하여 강화군의 대중교통 수단간 수송분담률을 분석한 결과, 평일에는 인천버스가 53.4%로 가장 높은 수송분담률을 차지하고 있으며, 경기버스가 39.3%로 그 뒤를 이었다. 토요일과 일요일도 비슷한 패턴으로 인천버스(각 46.3%, 45.0%), 경기버스(각 43.2%, 43.3%), 전철(각 6.7%, 7.4%)의 순으로 높은 수송분담률을 보였다(<Table 8> 참조).

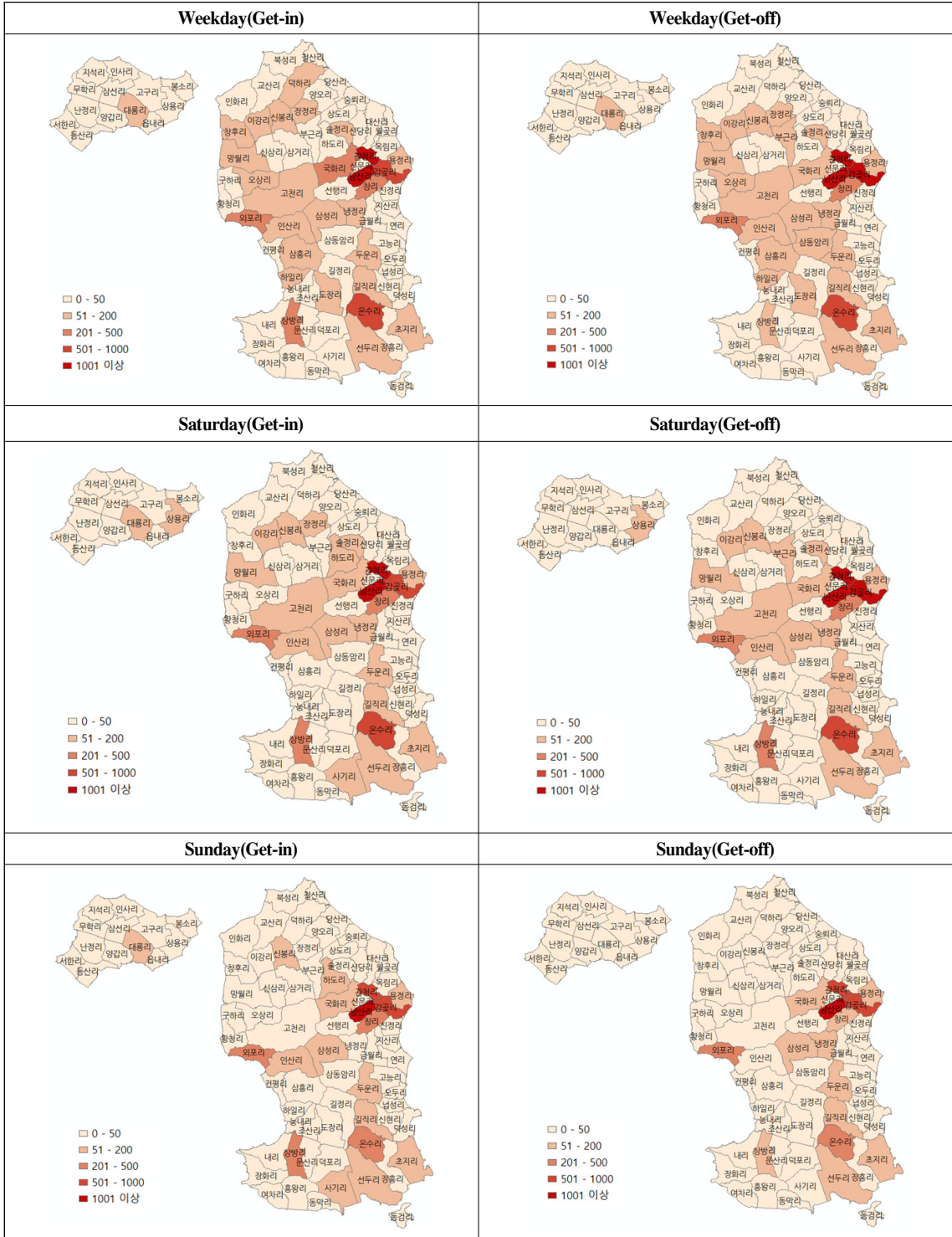
<Table 8> Transport Mode Share

unit: %

Types of buses	Weekday	Saturday	Sunday
Seoul bus	2.6	3.8	4.3
Subway	4.7	6.7	7.4
Incheon bus	53.4	46.3	45.0
Gyeonggi bus	39.3	43.2	43.3
Total	100.0	100.0	100.0

#### 5. 리별 승하차 분석

평일 하루 최다 출·도착 지역을 살펴보면 남산리의 승차 인원이 4,122명으로 압도적으로 많았으며, 관청리(1,289명), 갑곶리(912명)의 순으로 나타났다. 토요일의 경우에도 남산리의 승차 인원이 2,725명으로 가장 많았으며, 관청리(1,125명), 갑곶리(837명)의 순으로 많은 승차가 발생하는 것을 확인할 수 있었다. 일요일 역시 남산리(1,916명), 갑곶리(651명), 관청리(601명)의 순으로 유사한 패턴을 보였다. 즉 강화군의 대중교통 통행 패턴은 평일과 주말이 유사하며, 인구밀집지역 또는 상가밀집지역으로 통행이 집중됨을 알 수 있었다(<Fig. 3> 참조).



<Fig. 3> The Most Frequently Used Bus Stops

## VI. 회귀분석

본 장에서는 강화군의 승차와 하차에 영향을 미치는 요인들을 규명하기 위해 회귀분석 수행결과를 제시하였다. 분석대상은 강화군의 82개 리로 설정하였고, 남산리의 경우 버스터미널이 존재한다는 특수성을 고려하여 본 분석에서는 제외하였다. 종속변수는 강화군의 대중교통 승·하차량이며, 전일·오전 첨두시(7~9시)·오후 첨두시(16~18시)·비첨두시(11~13시)의 4가지로 승차 시간대를 분류하여, 각 시간대별 통행량에 미치는 영향요인을 보다 명확하게 규명하고자 하였다.

평일 승차통행량에 대한 회귀분석 결과는 <Table 9>~<Table 10>과 같다. 전일 승차통행량에 영향을 미치는 요인들은 인구(수), 공장용지(면적), 학교용지(면적), 의료시설(수)로 나타났다. 그 중에서도 강화군의 오전 첨두시에 해당하는 7~9시 사이의 대중교통 승차에는 의료시설과 인구가 양의 영향을 미치는 요인이며, 공장용지는 음의 영향을 미치는 것을 알 수 있었다. 이는 인구가 많이 거주하고, 병원이나 약국, 보건소 등의 의료시설이 밀집되어 있는 지역에서 환승승차와 같은 많은 대중교통 승차가 집중됨을 의미한다. 오후 첨두의 경우, 인구나 의료시설(수), 그리고 학교용지에 양의 영향을 받는 것으로 나타났다. 이는 강화군 내에서 인구가 많이 밀집되어 있고, 학교용지가 넓게 형성되어 있는 지역에서 오후 첨두시에 해당하는 16~18시 사이에 가장 많은 대중교통 승차가 발생함을 시사한다. 비첨두시의 경우도 마찬가지로 강화군이라는 도서지역의 특성상 주거단지가 분포되어 있는 지역에서 많은 승차가 주로 발생했고, 인구나 학교용지 그리고 의료시설이 통행에 영향을 미치는 것을 알 수 있었다.

<Table 9> Regression Analysis - Weekday Trips Departing from Ganghwa

	Weekday trips departing from Ganghwa							
	All day(6,633)		Morning peak(2,127)		Afternoon peak(1,327)		non-peak(1,031)	
	Coefficient	P-value	Coefficient	P-value	Coefficient	P-value	Coefficient	P-value
Constant	-21.877	.152	-7.750	.188	-6.595	.171	-.850	.759
Population	.089**	.000	.039**	.000	.008**	.002	.012**	.000
Area(m <sup>2</sup> )	.000001	.715	.000002	.888	.000002	.173	-.000002	.766
Factory area(m <sup>2</sup> )	-.0003*	.100	-.0001*	.066	.00001	.906	-.0001	.121
School area(m <sup>2</sup> )	.001**	.020	-.0001	.393	.0001*	.052	.0002**	.000
Parking area(m <sup>2</sup> )	.0001	.958	.001	.131	-.001	.324	-.00005	.900
Road length (m)	-.00005	.647	.00001	.893	-.00004	.267	-.00001	.600
Bust stop	.338	.711	-.014	.968	.231	.423	.056	.735
Public office	1.367	.765	2.183	.220	-1.935	.183	.400	.634
School	7.688	.438	1.513	.692	5.105	.105	.457	.800
Hospital	32.145**	.000	2.734*	.069	12.666**	.000	4.713**	.000
R <sup>2</sup>	.945		.890		.912		.920	
Adjusted R <sup>2</sup>	.937		.874		.900		.909	

Nete: \*statistically significant at  $\alpha=0.05$ , \*\*statistically significant at  $\alpha=0.1$

전일 하차통행에 영향을 미치는 요인들의 경우는 인구, 공장용지, 의료시설로 나타났고, 인구나 의료시설이 많은 곳에서 양의 상관관계를, 공장용지가 넓게 형성되어 있는 곳일수록 음의 상관관계를 보였다. 이는 승

차통행과 마찬가지로 강화군 내 도시지역이나 주거단지가 위치한 곳에서 많은 하차가 발생하는 것을 의미하고 있다. 오전 첨두 하차통행의 경우 인구, 지역면적, 학교용지, 학교(수), 의료시설이 영향을 미치고 있었는데, 그 중에서 인구와 면적, 학교, 의료시설의 경우 하차통행량에 양의 영향을 미치며, 오전 첨두시간대인 7~9시 사이에 강화군의 도심지역으로 많은 하차가 집중됨을 보여주었다. 오후첨두시인 16~18시의 경우, 인구와 의료시설에서 양의 계수를, 공장용지에서 음의 계수를 보였으며, 마찬가지로 도시지역이 형성된 곳에서 많은 하차가 발생되었다. 비첨두시의 하차통행도 의료시설, 인구, 학교용지에 양의 계수를 가지며, 강화군의 통행 패턴은 첨두시에 큰 상관없이 주거단지나 상업단지에서 상대적으로 높은 대중교통 통행이 발생함을 알 수 있었다.

<Table 10> Regression Analysis - Weekday Trips Arriving in Ganghwa

Weekday trips arriving in Ganghwa								
	All day(6,624)		Morning peak(1,615)		Afternoon peak(1,443)		non-peak(1,203)	
	Coefficient	P-value	Coefficient	P-value	Coefficient	P-value	Coefficient	P-value
Constant	-31.720	.057	-19.542	.004	-2.849	.530	-2.222	.551
Population	.120**	.000	.016**	.000	.033**	.000	.018**	.000
Area(m <sup>2</sup> )	.000002	.700	.00001**	.001	-.000001	.220	-.0000004	.662
Factory area(m <sup>2</sup> )	-.0005**	.018	.0001	.445	-.0002**	.004	-.0001**	.022
School area(m <sup>2</sup> )	.0001	.523	-.0002*	.053	-.00004	.574	.0002**	.000
Parking area(m <sup>2</sup> )	.001	.737	-.001	.170	.0002	.731	.0002	.705
Road length (m)	-.0001	.636	-.00004	.355	-.00001	.815	.000004	.860
Bust stop	.161	.870	-.164	.677	.260	.342	-.111	.619
Public office	3.759	.450	.313	.874	.406	.767	.510	.651
School	6.437	.549	9.114**	.035	-.538	.855	-1.252	.607
Hospital	26.409**	.000	13.863**	.000	3.117**	.008	4.737**	.000
<i>R</i> <sup>2</sup>	.943		.899		.905		.901	
Adjusted <i>R</i> <sup>2</sup>	.935		.885		.892		.887	

Nete: \*statistically significant at α=0.05, \*\*statistically significant at α=0.1

승차와 하차 통행량에 영향을 미치는 요인들을 비교해 본 결과, 승차 통행의 경우 모든 모형에서 인구와 의료시설이 유의한 영향을 미치는 요인으로 나타났고, 하차 통행의 경우도 유사하게 이들 변수가 상대적으로 큰 유의성을 보였다. 이를 통해 강화군은 도서지역의 특성상 대체로 주거단지와 상업단지 등 도시지역이 넓게 분포된 곳에서 많은 대중교통 승하차가 나타났고, 공장지대와 같이 공업지대가 분포된 지역에서는 대중교통 승하차가 감소하는 특성이 규명되었다.

## Ⅶ. 결 론

본 연구에서는 교통카드 데이터를 이용하여 강화군의 대중교통 통행특성을 분석하였다. 이를 위해 경기·인천 EB카드사로부터 제공받은 2015년 3월 23일 월요일부터 일주일간의 승객 카드데이터를 제공받아 강화군의 통행패턴, 지역간이동량, 최다이용노선, 리별 승하차, 교통수단간 수송 부담률 등의 통행 특성을 파악하였다. 이어서 강화군의 대중교통 통행발생 및 도착에 영향을 미치는 요인들과 연관성을 규명하기 위해 강화군의 토지정보와 각종 사회경제지표를 이용하여 회귀분석을 수행하였다.

분석 결과, 강화군의 대중교통 이용객들은 평일 기준 약 7천1백 명, 주말기준 약 6천2백 명으로 평일에 대중교통 이용객들이 약 900명 더 많은 것으로 나타났다. 평일 중에는 특히 금요일의 대중교통 이용인원이 약 8천 2백 명으로 가장 많았으며, 화요일부터 목요일까지는 거의 차이가 없는 것을 알 수 있었다.

최초 출발지와 최종 목적지만을 고려한 목적 통행으로 통행량을 산출한 결과, 강화군에서는 평일기준 약 1만1천 통행, 주말평균 약 9천 통행으로 평일의 통행량이 더 많았고, 인당 통행량은 평일 평균 1.52통행, 주말 평균 1.43통행인 것으로 나타났다. 또한 시간대별 통행량은 오전 7~8시에 뚜렷한 오전 침두가 형성이 되었고, 퇴근시간대에 주로 오후 침두가 형성되는 수도권에 비해 강화군은 학생들이 주로 하교하는 16~17시에 오후 침두가 나타나는 특징을 볼 수 있었다. 주말의 경우 오전에 서서히 증가하기 시작하여 9~10시에 통행량이 가장 많이 발생하였고, 상대적으로 평일보다 넓은 통행 분포를 형성하였다. 또한 각 Trip-Chain을 각각의 통행으로 고려한 수단통행으로 통행패턴을 산출한 결과, 평일 평균 15,615통행, 주말 평균 13,369통행으로 주말보다는 평일의 통행량이 많았으며, 인당 평균 통행량은 평일 2.06통행, 주말 2.03통행으로 나타났다. 목적통행과 마찬가지로 평일 중 대중교통 통행량이 가장 많은 시간대는 오전 7~8시로 뚜렷한 오전 침두가 형성되었으며, 오후 침두의 경우 학생들의 하교시간인 16~17시에 형성되는 패턴을 알 수 있었다. 주말의 경우 마찬가지로 토요일과 일요일 모두 오전 9~11시에 통행이 매우 두드러졌으며, 평일에 비해 주말에 상대적으로 통행이 넓게 분포되는 패턴을 보였다.

강화군 버스 이용객들의 통행시간을 분석해본 결과, 전체적으로 강화군 내부의 총 통행시간보다 외부로 이동하는 총 통행시간이 월등하게 높았으며, 평일보다는 주말에 인당 통행시간이 더 높은 특징을 보였다. 강화군 대중교통 통행 중 71%가 단독통행이었고, 29%가 환승을 하였으며, 이중 1-2회 환승이 약 97%를 차지하였다. 강화군에서 가장 많이 이용하는 노선은 경기도 김포시의 90번 노선과 3000번 노선이었고, 평일과 주말 모두 하루 최다 출·도착 지역은 남산리가 차지하였다. 강화군은 강화군 내부에서 발생하는 통행이 전체 통행의 약 68%를 차지하고 있었으며, 강화군으로 유입되는 통행은 김포에서 57%로 가장 많은 수치를, 강화군에서 유출되는 통행도 마찬가지로 김포에서 약 48%로 많은 수치를 보였고, 그 외에는 서울과 인천으로 많은 이동이 발생하는 것을 확인할 수 있었다. 또한 평일과 주말 모두 인천버스를 가장 많이 이용하였으며, 그 다음으로 경기버스와 전철 순으로 높은 수송 분담률을 기록하였다.

강화군의 전일, 오전 침두, 오후 침두, 비침두와 같이 다른 시간프레임에 따른 사회경제지표와의 상관관계를 규명하기 위해 회귀분석을 수행한 결과, 도서지역인 강화군의 특성상 의료시설이나 인구, 학교용지와 같이 주거단지나 상업단지가 밀집된 곳에서 많은 승하차량이 발생하는 것을 확인할 수 있었다.

본 연구는 개개인의 통행 특성을 반영하는 대규모의 교통카드 데이터를 이용하여 그 지역의 대중교통 통행 패턴을 추정하였다는 점에서 의미가 있다. 특히 그동안 교통카드 분석을 수행한 연구들이 수도권이나 대도시를 중심으로 집중되었다는 점을 고려할 때, 아직까지 통행 패턴 분석이 이루어지지 않았던 강화군에 대한 교통카드 분석은 더 큰 의미를 가진다. 본 논문의 결과는 전수에 가까운 일주일치 승객 교통카드 자료를 분석한 것으로 향후 강화군 통행패턴의 주요 지표로 다양하게 활용될 수 있으며, 대중교통 기본 정책을 마련하기 위한 기초자료로 쓰일 수 있을 것으로 기대된다.

다만 본 분석은 경기·인천 지역의 데이터를 수집하는 EB카드사의 데이터로 분석을 진행했기 때문에 서울까지 확장된 대중교통 통행패턴을 고려할 수 없었다. 향후 한국스마트카드사로부터 동일 날짜의 데이터를 수집하여 서울 및 수도권 지역과 연계된 연구를 수행한다면 강화 지역간 통행에 대한 정확한 규명이 이루어질 수 있을 것이다. 또한 강화군의 특성상 토지이용 특성 및 사회경제지표 등 자료수집에 제한이 있었다는 점은 본 연구의 한계점이라 하겠다. 향후 보다 광범위한 자료 수집을 통해 분석의 신뢰성을 높일 필요가 있을 것으로 판단된다.

## REFERENCES

- Bin M. Y.(2011), “Study on Analysis Travel Pattens and Applications Using Gyeonggi-do Traffic Card Data,” Gyeonggi Development Institute.
- Incheon Development Institute(2015), Establishing Public Transportation Llaning and Bus Route Reorganization for Ganghwa.
- Kim D. J., Kim D. N., Yang J. H., Sung H. G. and Rhee S. M.(2010), “An Analysis on Accuracy of Demand Forecasts based on Station-wide Characteristics - Focus on Seoul Subway,” *Journal of Transport Research*, vol. 17, no. 1, pp.23-35.
- Kim J. and Lee M. S.(2010), “A Study for the Analysis on Relationship between Transit Riderships and Characteristics of Transit Centers,” *Journal of The Architectural Institute of Korea Planning & Design*, vol. 26, no. 10, pp.305-312.
- Kim J. Y., Lim S. Y., Choo S. H. and Park I. K.(2015), “Analysis of Transit Ridership Patterns and Influencing Factors in Seoul,” *The Korea Spatial Planning Review*, pp.49-65.
- Kim K. H. and Lee S. C.(2011), “A Study on Type of Location Characteristics of Transfer Stations Using Data on Traffic Cards - Focused on Daegu City,” *Journal of The Korean Society of Civil Engineers D*, vol. 31, no. 4D, pp.519-526.
- Lee J. A., Cho M. S. and Koo J. H.(2013), “Relationship Between Mixed Land-Use Characteristics and Time-Based Patterns of Subway Users - Focused on the Surrounding Areas of Seoul Subway Stations,” *Journal of Korea Planning Association*, vol. 48, no. 4, pp.19-31.
- Medina S. and Erath A.(2013), “Estimating dynamic workplace capacities by means of public transport smart card data and household travel survey in singapore,” *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, vol. 2344, pp.20-30.
- Metropolitan Transporation Authority(2013), Press release.
- Moon Y. I. and Rho J. H.(2012), “A Development of Public Transportation Demand Model on Seoul Subway Station Area Using Structure Equation Modeling,” *Journal of Korea Planning Association*, vol. 47, no. 1, pp.149-160.
- Oh Y. T., Kim T. H., Park J. J. and Rho J. H.(2009), “An Empirical Analysis of Influencing Factors toward Public Transportation Demand Considering Land Use Type Seoul Subway Station Area in Seoul,” *Journal of The Korean Society of Civil Engineers D*, vol.29, no. 4D, pp.467-472.
- Pelletier M. P., Trépanier M. and Morency C.(2011), “Smart card data use in public transit: A literature review,” *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, vol. 19, no. 4, pp.557-568.
- Shi X. and Hangfei L.(2014), “The Analysis of bus commuters’ travel charactistics using smart card data: The case of Shenzhen China,” *TRB*, vol. 93, no. 14, pp.2571-2579.
- Sohn D. W. and Kim J.(2011), “An Analysis of the Relationship between the Morphological Characteristics of Transit Centers and Transit Riderships in Seoul Metropolitan Region,” *Journal of The Architectural Institute of Korea Planning & Design*, vol. 27, no. 6, pp.177-184.