

대중교통 카드 데이터를 이용한 서울시 대중교통 통행특성 분석

The analysis on the characteristic of transit travel
in seoul using transit card data

박 준 환

(서울시정개발연구원 도시교통부 부연구위원)

허 민 옥

(서울시정개발연구원
도시교통부 연구원)

김 순 관

(서울시정개발연구원 도시교통부 연구위원)

도 화 용

(한국철도기술연구원
연구원)

원 제 무

(한양대학교
도시대학원 교수)

목 차

- | | |
|---------------------|-------------------------|
| I. 서론 | III. 대중교통 통행수요의 공간적 분석 |
| 1) 연구의 배경 및 목적 | 1) 시간대별 대중교통 수요의 공간적 분포 |
| 2) 카드데이터 자료의 특성 분석 | |
| II. 대중교통 통행의 총량적 분석 | IV. 대중교통 수요 및 공급 분석 |
| 1) 대중교통 이용자의 요일별 분석 | 1) 지역별 대중교통 공급 현황 분석 |
| 2) 교통수단별 이용객수 | 2) 대중교통 공급의 OD 분석 |
| 3) 사용자구분에 따른 이용객수 | |
| 4) 환승횟수별 이용객수 | V. 결론 |
| 5) 환승횟수별 교통수단별 이용객수 | |
| 6) 시간대별 이용객수 | 참고문헌 |

I. 서론

1. 연구의 배경 및 목적

현대 도시교통에서 있어서 대중교통의 중요성이 증대됨에 따라 대중교통 통행패턴에 대한 연구가 주목되고 있다. 그러나 대중교통 이용자의 통행특성을 충분히 설명할 수 있는 대중교통 통행특성 분석에 관한 연구는 아직 미흡한 것이 사실이다.

2004년부터 통합 대중교통 거리비례 요금제가 시행됨에 따라 카드데이터의 활용이 증대되고 있다. 즉, 대중교통 통행특성 분석 및 정책 분석의 기초자료를 카드 데이터 분석을 통해 얻을 수 있는 토대가 마련된 것이다.

대중교통 카드를 통해 얻을 수 있는 정보의 특성 중에 가장 중요한 것은 대중교통을 이용 수요를 거의 실시간으로 전수화 조사에 가깝게

파악할 수 있다는 것이다. 다시말해, 기존에 가 구통행실태조사 등과 같이 대규모 조사를 통해서 파악하던 대중교통 통행수요 및 특성 정보를 보다 쉽고, 다양한 형태로 얻을 수 있게 된 것이다.

본 연구에서는 이러한 연구의 배경과 필요성을 바탕으로 교통카드데이터를 이용하여 대중교통 통행수요(O/D)와 통행특성을 분석하여 제시한다. 더불어 이러한 대중교통 통행특성이 갖는 정책적 함의와 시사점을 제공하는 것을 또하나의 연구 목적으로 한다.

2. 카드데이터 자료의 특성 분석

본 연구에서 분석하게 되는 대중교통 카드데이터의 정의 및 특성을 살펴본다.

우선 교통카드에 대한 정의로, 교통수단에의

탑승 및 이용을 위해 사용되는 전자화폐의 하나로서 현금, 수표, 신용카드 등 기존의 화폐와 동일한 가치를 지니는 카드이다.

대중교통 카드는 본연의 기능을 수행하기 위해 출발정류장 및 도착정류장을 비롯하여 19가지의 정보로 구성되어 있다. 카드데이터 정보를 정리하면 <표 1>과 같다.

<표 1> 교통카드 데이터의 정보 구성

컬럼명	예제	의미
카드ID	36eOB01Z	랜덤ID
승차일시	200611010 00204	2006. 11. 1. 0시 2분 4초
교통수단ID	120	지선버스
환승횟수	1	환승횟수
버스노선ID	11110246	-
사업자ID	111002600	군포교통(주)
차량ID	111742849	-
사용자 구분	1	일반, 어린이, 청소년
운행출발일시	200610312 30342	2006. 10. 31. 23시 3분 42초
승차정류장ID	9695	정류장코드
하차일시	200611010 01101	2006. 11. 1. 0시 11분 1초
하차정류장ID	9484	정류장코드
이용객수	1	탑승객수
승차금액	0	승차 시 요금
하차금액	100	하차 시 요금

이러한 카드데이터는 승객의 승하차 및 요금에 대한 정보 뿐 아니라 대중교통의 통행수요(O/D) 및 특성에 대한 정보를 손쉽게 구축할 수 있다는 것이다. 가구통행실태조사를 통해서 구축되는 수요나 통행패턴은 카드데이터를 통해 얻는 것과 비교할 때 <표 2>에서 제시하는 바와 같이 서로다른 특성을 가지고 있다.

<표 2> 가구통행실태조사와 카드데이터의 특성 비교

항 목	가구통행 실태조사	카드데이터
조사날짜	특정 조사일	상시조사 가능
조사비용	고가	저가
조사시간대	일반적으로 전일	특정시간대 조사가능
통행목적	조사가능	조사불가
통행수단	모든 수단	대중교통
자료 취득시간	장시간 소요됨	단시간 소요됨
통행대상	수도권 내 모든 통행인구	현금 승차자 외 교통카드이용자

<표 2>에서 제시된 바와 같이 가구통행실태조사에 비해 카드데이터가 갖는 여러 가지 장점이 있다. 본 연구에서는 카드데이터를 통해 얻을 수 있는 다양한 대중교통 통행특성을 분석하고 정책적 시사점을 제시하고자 한다.

II. 대중교통 통행의 총량적 분석

1) 대중교통 이용자의 요일별 분석

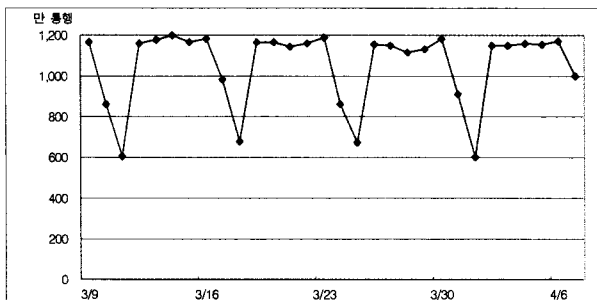
2007년 3월 9일(금)부터 4월 7일(토)까지의 30일치 데이터를 분석한 결과, 일일 통행량은<표 3>과 같다. 평일의 일일통행량은 최소 11,150천 통행에서 최대 11,990천통행으로 나타났으며, 평균적으로 약 11,623천통행이 발생하는 것으로 분석되었다.

<표 3> 일일 대중교통 이용객 수
(단위 :천 통행)

날짜	총 통행수	날짜	총 통행수
3. 9.(금)	11,688	3.24(토)	8,607
3. 10.(토)	8,636	3.25(일)	6,721
3. 11.(일)	6,058	3.26(월)	11,557
3. 12.(월)	11,629	3.27(화)	11,523
3. 13.(화)	11,776	3.28(수)	11,148
3. 14.(수)	11,987	3.29(목)	11,309
3. 15.(목)	11,686	3.30(금)	11,820
3. 16.(금)	11,810	3.31(토)	9,102
3. 17.(토)	9,815	4.1(일)	5,981
3. 18.(일)	6,752	4.2(월)	11,496
3. 19.(월)	11,646	4.3(화)	11,478
3. 20.(화)	11,686	4.4(수)	11,592
3. 21.(수)	11,432	4.5(목)	11,565
3. 22.(목)	11,623	4.6(금)	11,742
3. 23.(금)	11,886	4.7(토)	9,990
평일평균	11,623	주말평균	7,963

월요일, 화요일은 평일 통행량의 평균대비 99~101%로 안정된 통행량을 나타낸 반면, 수요일은 96~103%로 교통카드를 이용한 통행량의 유동 폭이 넓은 것으로 나타났다. 한편, 금요일은 평일 통행량의 평균대비 101~102%로 평일에 비하여 다소 많은 통행량이 발생하는 것으로 분석되었다.

주말의 교통카드 이용 통행의 변동률이 평일에 비하여 높은 것으로 나타났으며, 주말의 경우 토요일의 통행량이 일요일에 비해 많으며, 변동률도 큰 것으로 분석되었다. 토요일은 최소 861만 통행에서 최대 999만 통행으로 나타났으며, 평균적으로 약 923만 통행이 발생하는 것으로 분석되었고, 일요일은 최소 598만 통행에서 최대 675만 통행으로 나타났으며, 평균적으로 약 638만 통행이 발생하는 것으로 나타났다.



<그림 1> 교통카드 이용객수 (2007년 3월~4월)

2) 교통수단별 이용객수

2007년 3월 9일(금)부터 4월 7일(토)까지의 대중교통 수단별 이용률을 살펴보았다. 그 중 일주일동안의 대중교통 수단분담율을 <표 4>에 제시하였다. 함께 제시된 평일 및 주말 평균값은 3월 9일부터 4월 7일까지의 데이터를 평균한 값이다.

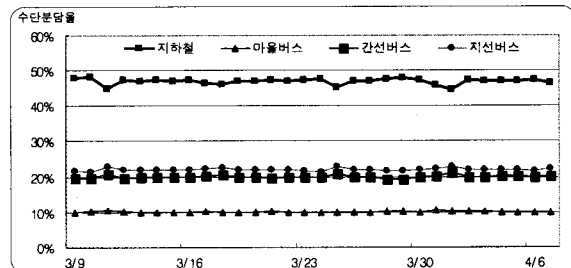
<표 4> 대중교통 수단별 분담율 (단위 : %)

날짜	지하철	버스				
		마을	간선	지선	광역	순환
3.12(월)	47.3	10.2	19.7	22.0	0.8	0.1
3.13(화)	47.2	10.0	19.9	22.0	0.8	0.1
3.14(수)	47.4	9.9	19.9	21.9	0.8	0.1
3.15(목)	47.2	9.9	20.0	22.0	0.8	0.1
3.16(금)	47.4	9.9	19.9	21.9	0.8	0.1
3.17(토)	46.3	10.2	20.2	22.3	0.8	0.1
3.18(일)	46.0	10.0	20.5	22.6	0.8	0.1
평일평균	47.3	10.0	19.8	21.9	0.8	0.1
(토)평균	46.9	10.1	20.1	22.0	0.8	0.1
(일)평균	45.2	10.2	20.8	22.9	0.8	0.1
전체평균	47.0	10.1	20.0	22.1	0.8	0.1

교통카드를 이용한 평일의 지하철통행량은 전체 교통수단 대비 47.3%, 주말의 지하철통행량은 전체 교통수단 대비 46.2%로 평일에 비하여 주말의 지하철 이용객 비율이 감소하는 것으로 분석되었다.

일요일의 경우, 평일에 비하여 지하철의 이용 비율이 감소한 반면, 간선버스와 지선버스의 이용 비율이 다소 증가하는 양상을 보였다. 일요일을 제외한 평일과 토요일의 교통수단별 수단분담율은 유사한 분포를 나타내는 것으로 판단되며, 일요일의 경우 지하철의 수단 분담율이 감소하는 대신, 지선버스와 간선버스의 수단분담율이 다소 증가하는 것으로 나타났다.

이러한 추세를 <그림 2>를 통해 정리하였다.



<그림 2> 대중교통수단별 이용객수 비율

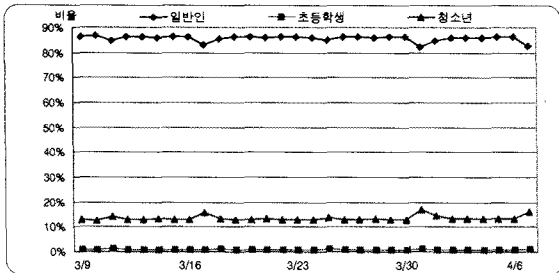
3) 사용자 구분에 따른 이용객수

일반과 초등학생, 청소년으로 구분된 사용자 구분에 따른 통행패턴을 살펴보았다. 이 데이터의 경우도, 3월 9일(금)부터 4월 7일(토)까지의 데이터를 분석하였는데 그 중 일주일동안의 결과를 <표 5>에 제시한다.

<표 5> 사용자 구분에 따른 비율 (단위 : %)

날짜	일반인	초등학생	청소년
03월 12일(월)	86.2%	0.7%	13.2%
03월 13일(화)	86.3%	0.7%	13.0%
03월 14일(수)	86.1%	0.7%	13.2%
03월 15일(목)	86.3%	0.7%	13.0%
03월 16일(금)	86.3%	0.7%	13.0%
03월 17일(토)	83.1%	1.0%	15.9%
03월 18일(일)	85.6%	1.0%	13.4%
평일평균	86.2%	0.7%	13.1%
주말평균	84.5%	1.0%	14.5%
토요일평균	84.1%	1.0%	14.9%
일요일평균	85.0%	1.0%	14.0%
전체평균	85.7%	0.8%	13.5%

교통카드 이용객의 85.7%가 일반인이며, 0.8%가 초등학생, 13.5%가 청소년인 것으로 분석되었다.



<그림 3> 교통카드 사용자별 이용객수 비율

주말에는 평일보다 청소년의 통행 비율이 높은 것으로 분석되었고, 토요일의 청소년 통행비율이 일요일의 청소년 통행비율에 비하여 상대적으로 높은 비율을 나타내고 있다. 이는 청소년들이 격주로 토요일마다 등교하기 때문인 것으로 판단된다. 청소년들이 토요일에 격주로 등교함으로 인해, 격주로 청소년의 토요일 통행 비율은 증가하는 반면, 일반인의 토요일 통행 비율은 감소하는 것으로 나타났다.

4) 환승횟수별 이용객수

최초출발지에서 최종목적지에 이르기까지의 환승을 포함한 통행을 하나의 통행으로 간주할

때 각 통행당 환승횟수의 비율을 제시하였다.

<표 6> 환승횟수별 비율 (단위 : %)

날짜	0회	1회	2회	3회	4회
3.12(월)	73.6	22.8	3.0	0.4	0.1
3.13(화)	73.7	22.7	3.0	0.4	0.1
3.14(수)	74.1	22.4	3.0	0.4	0.1
3.15(목)	73.9	22.6	3.0	0.4	0.1
3.16(금)	74.4	22.1	2.9	0.4	0.1
3.17(토)	76.4	20.5	2.6	0.4	0.1
3.18(일)	77.3	19.8	2.4	0.4	0.1
평일평균	73.8	22.6	3.0	0.4	0.1
주말평균	76.6	20.3	2.5	0.4	0.1
전체평균	74.7	21.9	2.9	0.4	0.1

1회 이하의 환승을 통한 통행이 전체 통행의 96% 이상을 차지하였고, 단일통행은 평균 74.7%, 환승통행은 25.3%이다. 주말은 평일에 비하여 단일통행의 비율이 높은 것으로 나타났고, 평일보다 토요일에, 토요일보다 일요일에 단일통행의 비율이 높게 나타났다.

5) 환승횟수별 교통수단별 이용객수

트립체인을 환승횟수에 따라 구분한 후, 동일한 환승횟수를 나타내는 트립-체인 내에서 교통수단의 분포를 분석하였다.

(1) 교통수단별 이용객수 (단일통행)

환승이 발생하지 않은 단일통행으로 통행이 이루어진 통행에 대하여 분석한 결과, 단일통행 중 지하철이 차지하는 비율은 59.8%로 가장 높게 나왔으며, 다음으로 간선버스 16.3%, 지선버스 15.3% 순서로 분석되었다.

<표 7> 교통수단별 단일통행 비율

(단위 : 천통행, %)

구분	단일 통행	지하철	간선 버스	마을 버스	지선 버스
평일	6333	3938	1039	394	987
평균	100%	60.9%	16.1%	6.0%	15.0%
토요일	5517	3236	916	362	871
평균	100%	58.7%	16.6%	6.6%	15.8%
일요일	3887	2177	679	272	669
평균	100%	56.0%	17.5%	7.0%	17.0%
평균	6013	3555	982	372	922
평균	100%	59.8%	16.3%	6.2%	15.3%

주말은 평일에 비하여 단일통행 트립-체인수가 상대적으로 적게 발생하는 것으로 나타났다. 단일통행 시, 토요일은 평일에 비하여 지하철의 수단분담율이 낮아지며, 일요일은 토요일에 비하여 지하철의 수단분담율이 더 낮아지는 것으로 분석되었다. 한편, 주말은 평일에 비하여 간선버스, 지선버스, 마을버스의 수단분담율이 각각 다소 높아졌다.

(2) 교통수단별 이용객수 (1회 환승통행)

1회 환승통행으로 통행이 완료된 통행에 대하여 분석한 결과, 지하철과 지선버스 간의 환승(약 25%), 지하철과 마을버스 간의 환승(약 19%), 지하철과 간선버스 간의 환승 순서로 통행비율이 높은 것으로 나타났다.

<표 8> 1회 환승의 패턴

(단위 : 천통행, %)

구분	지선>지하철	지하철=>지선	마을>지하철	지하철=>마을	기타
	지하철	지선	지하철	마을	
평일	279	236	205	179	
평균	13.9%	12.8%	10.2%	8.9%	
토요일	208	174	145	140	
평균	13.7%	11.7%	9.7%	9.4%	
일요일	127	119	101	85	
평균	12.7%	11.9%	10.1%	8.4%	
평균	245	223	180	159	
	13.8%	12.5%	10.1%	8.9%	

1회 환승 통행량은 토요일의 경우 평일의 약 74%가 발생하며, 일요일의 경우 평일의 약 50%가 발생하는 것으로 나타났다.

6) 시간대별 이용객수

교통카드 이용객의 대중교통 승차 시간을 기준으로 이용객수를 분석한 시간대별 이용객수이다. 평일통행과 토요일, 일요일 통행으로 구분하여 분석하였으며, 결과는 <표 9>와 같다.

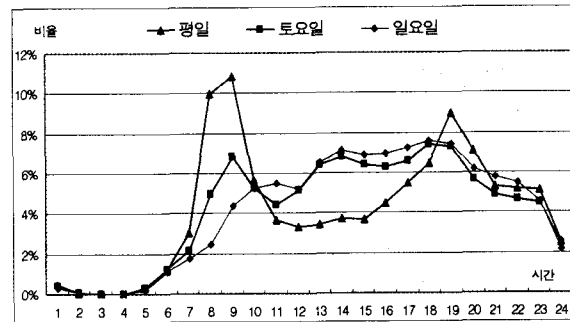
<표 9> 시간대별 교통카드 이용객수

(단위 : 천통행, %)

구분/시간	통행량		
	평일평균	토요일평균	일요일평균
0~6시			
7~9시			
10시~12시			
13~18시			
19시~22시			
23시~24시			
합계	11,623	9,230	6,378

시간대별 대중교통 이용객수를 분석한 결과, 평일은 7시~9시, 18시~20시의 출·퇴근 첨두시간대의 통행 비율이 높게 나타났다. 주말은 낮 12시부터 밤 10시까지 전체적으로 일정한 비율의 통행 분포를 나타내는 것으로 나타났으며, 17시~19시의 귀가 비율이 상대적으로 다소 높은 것으로 판단된다.

시간대별 대중교통 이용객을 평일과 주말로 나누어 도표로 확인하면 <그림 4>와 같다.



<그림 4> 시간대별 교통카드 이용객수

토요일은 주 5일제의 영향으로 인해, 평일의 특성과 주말의 특성이 동시에 나타나는 것으로 판단된다. 토요일의 통행 패턴은 평일에 비하여 오전 첨두시의 통행 비율이 많이 낮아진 반면, 낮 12시 이후의 통행 패턴은 일요일과 비슷한 행태를 나타내는 것으로 나타났다.

III. 대중교통 통행수요의 공간적 분석

1) 시간대별 대중교통 수요의 공간적 분포

교통카드 데이터를 이용해서 구축할 수 있는 대표적인 교통정보는 대중교통 수요의 OD 자

료이다. 카드 데이터를 통해 구축된 대중교통 OD는 <표 2>에서 제시한 바와 같이 가구통행 실태조사를 통해 얻을 수 있는 OD와는 상당히 다른 특징을 가지고 있다.

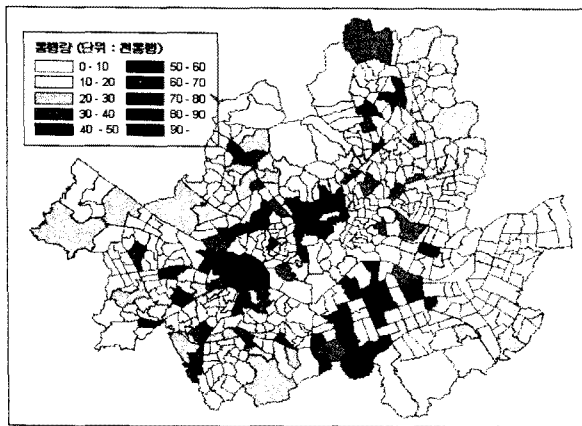
본 연구에서는 이러한 카드 데이터의 특성을 활용하여 대중교통 OD에서 나타난 대중교통 통행 특성을 제시한다.

(1) 평일 시간대별 통행량 분포

6월 11일 월요일 기준의 대중교통 이용수요의 공간적 분포를 살펴본다. 평일 하루 전체, 오전첨두, 야간으로 구분된 대중교통 OD를 통해 가구통행실태조사에서는 살펴볼 수 없는 시간대별 대중교통 OD의 변화를 살펴본다.

① 전일 출발

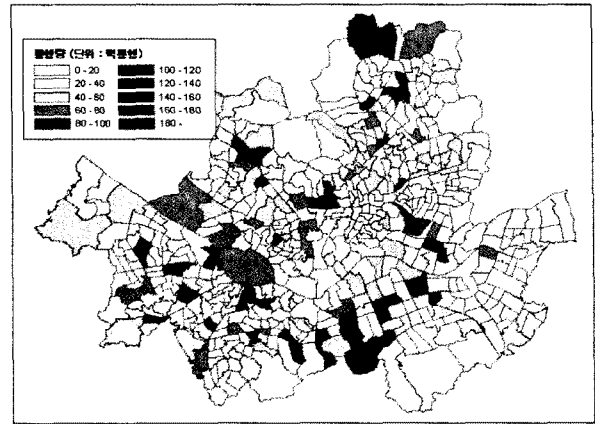
우선, 월요일 전체의 대중교통 이용승객의 출발량을 <그림 5>에 제시하였다. 이 때 종로구 일대와 강남구 일대에서 가장 높은 발생량을 나타내고 있음을 알 수 있다.



<그림 5> 월요일 행정동별 전일 출발량

② 오전 첨두시 출발

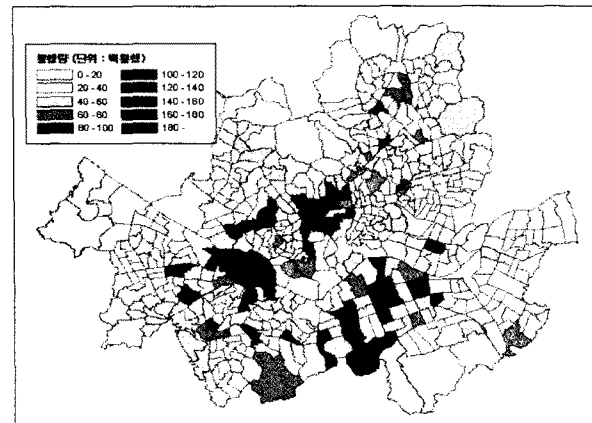
오전 첨두시 출발량을 나타내는 <그림 6>에서는 각 행정동별 출발량을 나타낸다. 각 지역별 농도가 나타내는 각 행정동별 출발량을 통해 서울의 주요 주거지 분포와 함께, 환승이 주로 일어나는 환승 거점이라는 사실을 알 수 있다.



<그림 6> 월요일 행정동별 오전 출발량

③ 야간 출발(20시~24시)

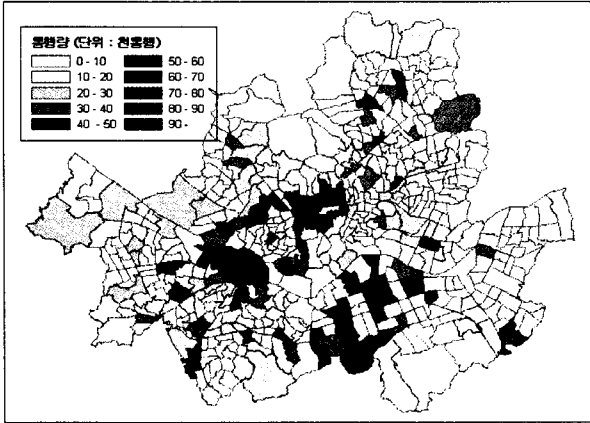
야간에서 출발하는 패턴을 나타내는 <그림 7>을 통해 귀가통행이 대부분을 이루는 시간대의 통행발생지점을 파악할 수 있다.



<그림 7> 월요일 행정동별 야간 출발량

④ 전일 도착

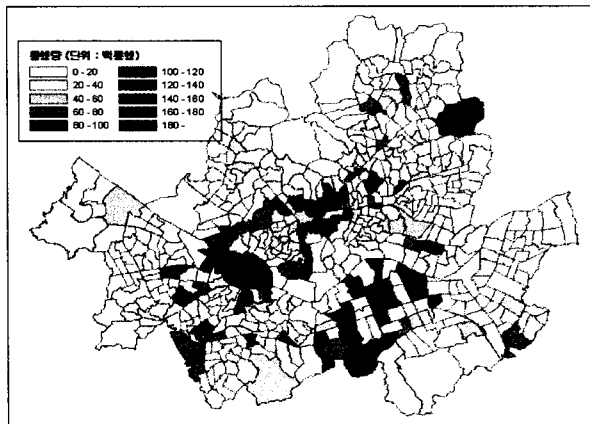
앞서의 통행발생과는 달리 전일 도착을 중심으로 통행분포를 <그림 8>에 제시하였다. 도착의 분포는 출발과 유사한 분포를 나타내고 있는데, 이 사실은 대중교통 통행패턴이 시간대별로 OD가 바뀌어 반복된다는 사실을 추정할 수 있다.



<그림 8> 월요일 행정동별 전일 도착량

⑤ 오전 침두시 도착

오전 침두시 도착은 오전침두시 출발과는 차이를 보인다. 이 때는 도심의 중심상업지와 여의도, 양재 주변의 상업지역 중심으로 도착량이 집중되는 것을 알 수 있다. 즉, 이 지역들이 서울의 주요 직장 위치라는 사실을 알 수 있다.

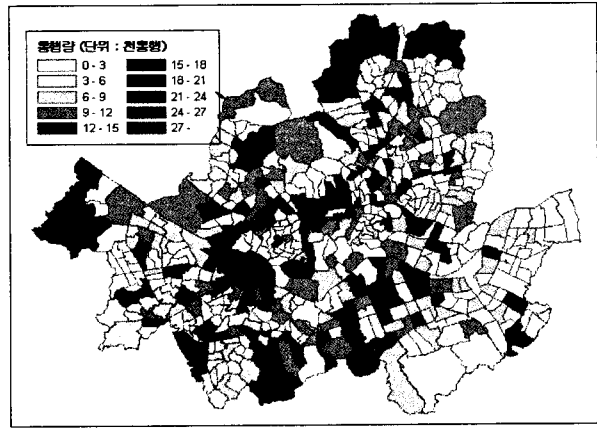


<그림 9> 월요일 행정동별 오전 도착량

(2) 주말(일요일) 시간대별 구분

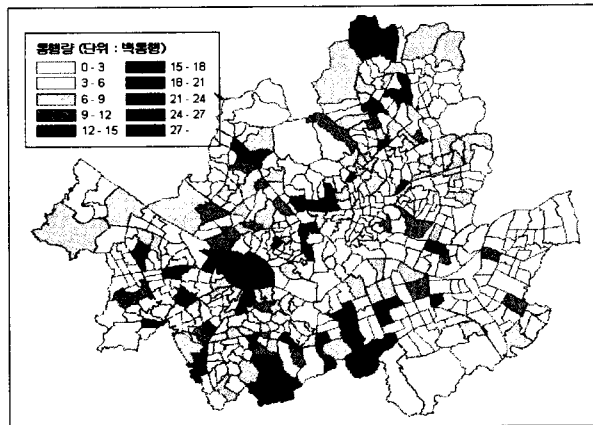
① 전일 출발

일요일은 평일의 통행과 다른 패턴을 나타낼 것으로 추정되는데 이러한 사실이 <그림 10>을 통해 확인할 수 있다. <그림 5>에서 나타난 특징을 살펴볼 때 통행발생의 집중이 도심지역으로 몰려있지 않고, 서울시 전역으로 분포되어 있는 것을 알 수 있다.



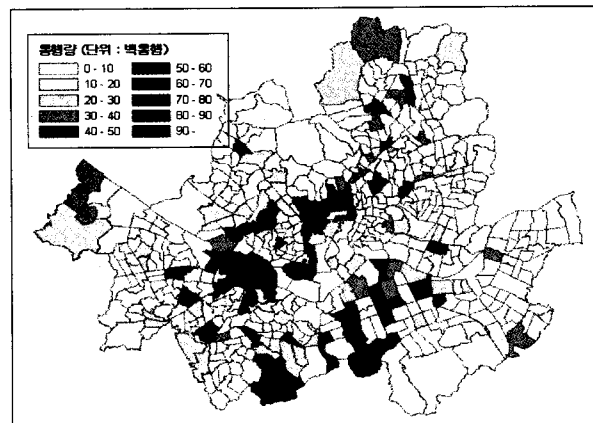
<그림 10> 일요일 행정동별 전일 출발량

② 오전 침두시(07시~09시) 출발



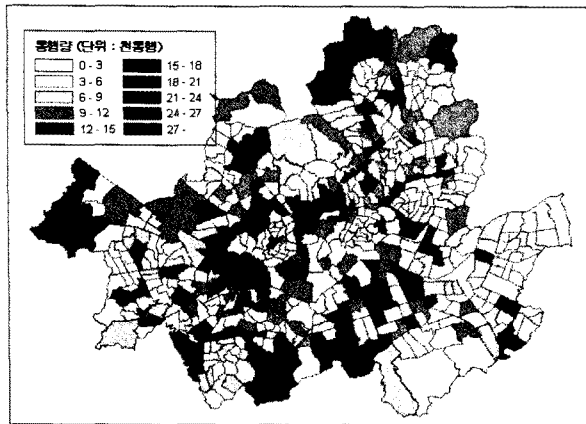
<그림 11> 일요일 행정동별 오전 출발량

③ 야간 출발

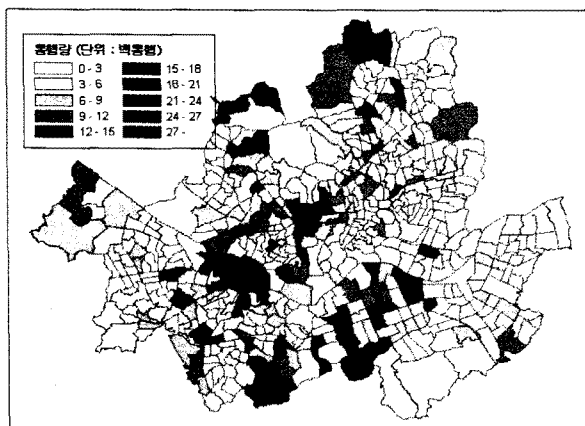


<그림 12> 일요일 행정동별 야간 출발량

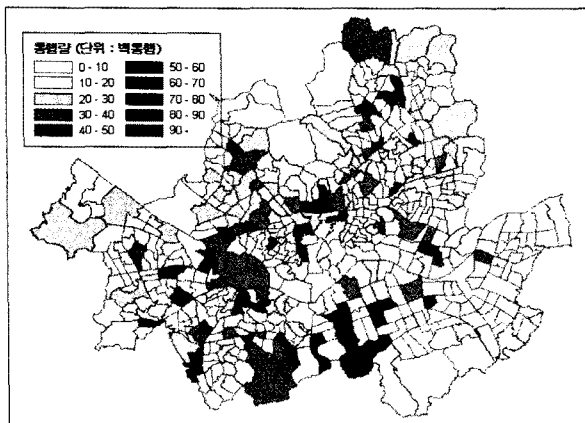
④ 전일 도착



<그림 13> 일요일 행정동별 전일 도착량
⑤ 오전 첨두시 도착



<그림 14> 일요일 행정동별 오전 도착량
⑥ 야간 도착



<그림 15> 일요일 행정동별 야간 도착량

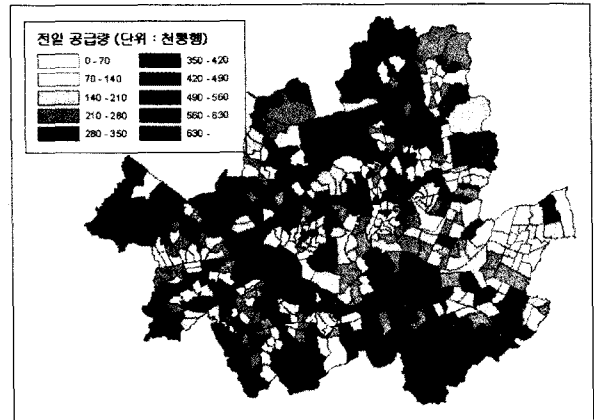
IV. 대중교통 수요 및 공급 분석

1) 지역별 버스 공급 현황 분석

대중교통 통행특성 자료를 바탕으로 각 지역별 대중교통 공급의 특성을 파악할 수 있다. <그림 16>은 각 행정동별 버스 공급량을 제시

한 그림이다. 이 그림에서 나타난 바와 같이 종로 및 중구의 도심과, 여의도, 강남 지역의 도심에 버스의 공급이 비교적 많은 것을 알 수 있다.

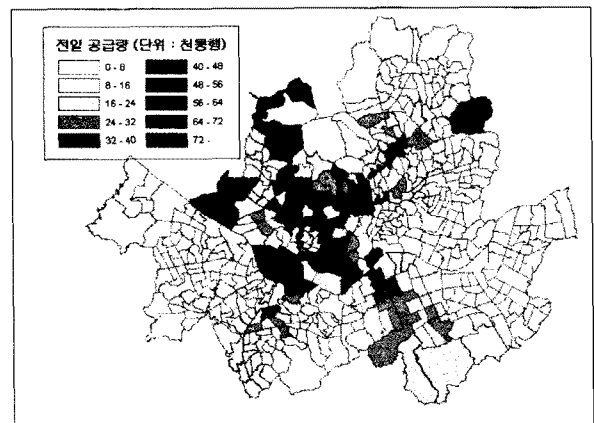
이러한 버스의 공급 수준에 대한 분포를 앞서 제시한 대중교통 OD 즉, 대중교통 수요에 대한 분포와 비교하는 것도 의미가 있을 것이다.



<그림 16> 대중교통 공급 용량(전일)

2) 대중교통 공급의 OD 분석

대중교통 공급에 대한 분석의 대표적인 예로 서울 시청으로의 접근 가능 용량을 <그림 17>에 제시하였다. 이러한 접근 용량의 공간적 분포를 통해 시청이라는 공공이 쉽게 이용하는 시설에 대한 접근 가능 지도를 작성할 수 있게 된다. 즉, 서울시청은 주변의 종로, 중구, 용산구에서의 접근은 비교적 용이하지만 광진구, 강동 및 강서구, 송파구 등에서는 환승없이 접근은 어렵다는 사실을 알 수 있다.



<그림 17> 시청으로의 접근 가능 버스 공급량

V. 결론

대중교통 카드데이터를 통해 시간적, 공간적으로 보다 세분화된 대중교통 OD와 대중교통 통행패턴에 대한 인식이 가능하게 되었다.

■ 참고문헌

- 1) 김갑수, “교통카드 이용의 활성화 방안 연구”, 대구광역시 시정연구, 2001
- 2) 박진영, “대중교통정책 수립에 있어서 교통카드 자료 활용방안”, 한국교통연구원, 2006
- 3) 배기목, “교통카드 개발과 이용주체별 효과 분석에 관한 연구”, 대진논집, 2001