

■ 論 文 ■

주성분분석을 이용한 고속도로의 여가성 도로구간 판별에 관한 연구

A Study on Characteristics of Highway Segments for Recreational Trips
Using Principal Analysis

김 영 일

(명지대학교 교통공학과 석사과정)

정 진 혁

(중앙대학교 도시공학과 부교수)

금 기 정

(명지대학교 교통공학과 교수)

목 차

- I. 서론
 - 1. 연구배경 및 목적
 - 2. 연구범위 및 방법
 - II. 문헌고찰
 - 1. 국내 관련 연구
 - 2. 일본의 휴일교통 분석
 - III. 자료수집 및 분석
 - 1. 자료수집방법
 - 2. 변수의 가공
 - 3. 관련 변수를 이용한 고속도로 이용 특성분석
 - IV. 여가성 도로구간 판별
 - 1. 주성분분석
 - 2. 주성분분석에 의한 여가성 도로의 분류
 - V. 결론 및 향후과제
- 참고문헌

Key Words : 주성분분석, AADT, 여가통행, 주5일근무, 고속도로

요 약

주5일 근무제가 본격적으로 시행됨에 따라 여가에 대한 관심이 증가함에 따라 기존에 행하지 못한 교외나 근거리, 원거리 통행이 비례적으로 증가함에 따라 관광지나 위락시설이 인접해있는 도로의 구간은 심한 정체가 발생될 것으로 예상된다. 이에 따른 문제를 고려할 때 이러한 여가 통행의 증가로 정체가 발생한 구간을 판별하고 분류하여 이에 대한 도로교통 운영 및 정비 등의 대응방안이 필요할 것으로 판단된다.

따라서 본 연구에서는 고속도로의 TCS자료의 구간단면 교통량을 이용하여 고속도로의 여가성 도로구간을 주성분분석을 통하여 판별하는 연구를 수행하여 여가성 도로와 비여가성 도로 통행특성 관계를 각 변수들의 특성을 규명하여 연구 수행의 근거를 제시하였다. 또 이러한 특성을 기반으로 변수들의 상관행렬을 이용한 주성분분석을 수행하여 주성분 점수를 산출하였다. 그 결과 고속도로의 총 197개의 구간 중 여가성 도로구간과 비여가성 도로구간을 추출하여 분류하고, 각 변수들의 비여가성 도로구간과 여가성 도로구간으로 분류할 수 있는 기준을 제시하였다.

1. 서론

1. 연구배경 및 목적

2003년 8월 주5일 근무제가 입법화되어 국내 근로자들의 법적 노동시간이 주 44시간에서 40시간으로 단축함으로 인해, 주5일 근무가 기업규모에 따라 순차적으로 시행될 것으로 예상된다. 2011년까지 주 5일 근무제를 확대 시행함에 따라 생활 및 통행패턴도 변화할 것으로 예상된다.

또한 경제 발전으로 여가에 대한 관심이 증가하고, 여가생활을 위해 도심근교 교외의 통행이 잦아지고 휴일이 증가함에 따라 관광지·위락시설을 찾는 통행 목적도 증가할 것으로 판단된다. 즉 휴일에는 여가 통행량 및 통행거리가 증가 될 것으로 예상되고 이와 관련된 자료로는 <표 1>과 같이 직장인의 약 72%가 교외 및 근·원거리로의 여행을 희망하는 것을 알 수 있다.¹⁾

그 결과 여가통행의 증가로 인해 휴일도로의 정체 구간이 발생하게 된다. 특히 쉽게 우회하기 어려운 고속도로의 경우 주말 및 휴가철 통행량의 집중으로 관광지나 위락단지가 밀집된 구간의 경우는 혼란이 야기될 것으로 예상된다. 이는 관광지의 경우 방문객은 도로에 대한 지리정보 및 교통정보가 부족하여 안내표지등의 관광 안내체계에 대한 의존도가 높기 때문이다.

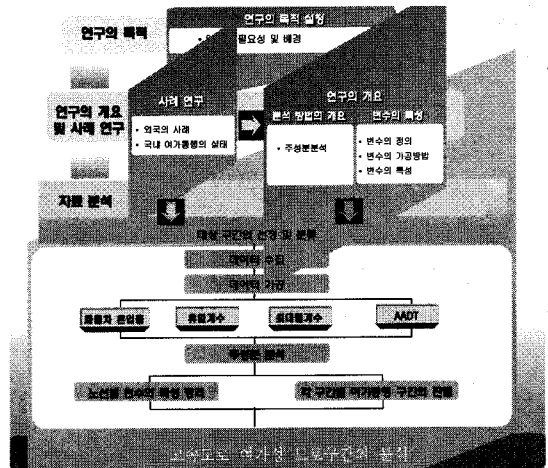
따라서 본 연구에서는 여가성 통행에 대한 특성을 분석하여 도로계획시 반영과 여가통행이 많은 도로구간의 시설물설치나 여행자 정보제공과 같은 고속도로 운영전략 및 관리에 필요한 정보를 제공하기 위한 여가성 통행이 높은 도로구간을 주성분 분석으로 판별하는 방법론에 주 목적을 두고 연구를 수행하였다.

<표 1> 장래희망 휴일 외출변화

교외통행 증가	근거리 여행증가	도심통행증가	원거리여행증가	해외여행증가	변화 없음
27%	25%	18%	17%	3%	10%

2. 연구범위 및 방법

공간적 범위는 고속도로의 18개의 노선으로 하고 시간적 범위로는 2002년 1. 1~12. 31일까지 1년간



<그림 1> 연구 절차

자료를 사용하였다. 단, 검지일수가 구간마다 누락된 경우가 있어, 이러한 문제가 발생할 경우 30일 이하가 되는 10개구간은 제외하여 총 197개를 대상으로 하였다.

또한 TCS(Toll Collecting System) 자료로부터 가공된 4개의 변수를 이용하여 주성분분석을 수행하였다. 산출된 주성분 중 여가성 통행의 특성을 가진 주성분을 선택하여 주성분점수를 분석하고, 분석된 내용으로 여가성 도로구간으로 분류하였다.

II. 문헌고찰

1. 국내 관련 연구

주5일 근무제가 부분적으로 시행되면서부터 여가 통행의 시간성과 계절성, 주말 시간대의 통행 패턴의 변화나, 여름휴가철의 여가통행이 급격히 증가하는 경향이 상대적으로 감소하는 현상이 나타나고 있다. 이에 따른 여가통행에 대한 특성을 정리하면 높은 승용차의 이용비율, 요일 및 계절적 특성 등을 들 수 있다.²⁾

1) 높은 승용차의 이용비율

여가통행을 하는 차량은 자가용승용차를 이용하는 경향이 높다. 따라서 여가통행을 위한 관광지나 위락단지로 접근하는 통행은 승용차의 비율이 매우 높고 우리나라의 경우는 60%를 상회하고, 영국과 독일의 경우에는 이보다 높은 70~80%를 넘는 것으로 집계되어 일반통

1) "주5일근무제의 영향이 교통부문에 미치는 영향 및 대응방안", 김수철 외 1인, 교통개발연구원.
 2) "관광교통계획의 수립방안", 권영인의 p.25.

행의 30%에 비하면 매우 높은 비율을 나타내고 있다.

2) 요일 및 계절적 특성

여가통행의 경우 요일별 계절적 요인에 의해서 통행 특성을 나타내고 있다. 즉 요일의 경우는 휴일에 의해서 계절적 요인은 휴가철과 같은 경우에 의해서 증가하는 통행의 패턴을 확인할 수 있다.

2. 일본의 휴일교통 분석

일본의 경우 고속도로의 도로계획 및 운영시 휴일 교통의 특성을 반영하는 기준을 제시하고 있다.³⁾

휴일교통의 특성으로는 주행거리, 월변동(최대월계수), 시간변동(주야율), 차종별 구성비(대형차혼입율), 축일변동(휴일계수), K값으로 이에 대한 분석을 하였다. 또한 특성들을 서로 비교하여 도로를 구분하고, 기준을 산출하는 방법을 적용하고 있다.

III. 자료수집 및 분석

1. 자료수집방법

1) 자료수집

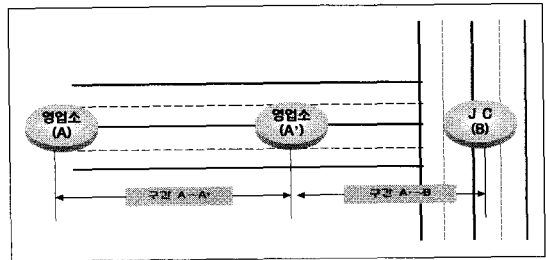
본 연구에서 사용된 자료의 경우는 한국도로공사에서 운영중인 TCS 자료를 근거로 하고 한국도로공사에서는 1995년부터는 차종분류 방법에 따라 <표 2>와 같이 운영하고 있다.

<표 2> 고속도로에서의 차종분류

차종	분류내용
1종	2축, 율폭 279.4mm 이하 · 승용차, 16인승이하 승합차 · 2.5톤미만 화물차
2종	2축, 율폭 279.4mm 초과, · 율거 1,800mm 이하 · 17인승이상~32인승 이하 승합차 · 2.5톤이상 5.5톤 이하 화물차
3종	2축, 율폭 279.4mm 초과, 율거 1,800mm 초과 · 33인승이상 승합차 · 5.5톤초과 10톤미만 화물차
4종	3축차량 · 10톤이상 20톤미만 화물차
5종	4축이상 차량 · 20톤이상 화물차

2) 조사구간의 정의

본 연구에서의 조사대상은 고속도로로 한정하였으며, 고속도로 일반구간의 노선을 대상으로 영업소와 영업소 또는 고속도로 교차지점(JC)사이를 조사구간으로 정의 하였다. 이에 대한 개념을 정리하면 <그림 2>와 같다.



<그림 2> 조사구간의 개념도

2. 변수의 가공

1) 변수의 특성

본 연구에서 정의된 변수의 경우는 다음과 같은 교통특성을 나타내고 있어 운영중인 고속도로 조사구간의 통행특성을 분석하는데 사용하였다.

(1) 년평균일일 교통량(AADT)

년간 도로를 통과하는 차량의 평균 일일 대수로서 도로의 교통량을 비교할 수 있는 변수로 AADT가 클수록 일일 교통량이 많고 이는 도로인근 지역의 인구가 밀집해 있거나 산업이 발달한 도시형 지역의 도로일수록 AADT가 높게 나타나는 경향이 있다.

(2) 휴일계수

휴일계수는 연간 도로를 통과하는 차량의 휴일 평균 교통량을 AADT로 나눈 값으로 휴일계수가 높다는 것은 휴일의 교통량이 많다는 것으로 이는 도로인근에 관광지나 위락시설이 발달한 지역에 높게 나타나는 일반적 경향이 있다.

(3) 최대월계수

최대월계수는 최대월 일 평균 교통량을 AADT로 나눈 값으로 휴일계수와 같이 관광지나 위락시설이 있는 도로구간에서 높게 나타난다.

3) 일본도로공단(1995), "休日交通の 高速道路 波及影響 調査研究".

(4) 화물차혼입율

화물차혼입율은 교통류에서 화물차의 비율을 추출한 것으로서 AADT와 같이 산업이 발달한 도시에 인접할수록 도로구간을 통과하는 교통류 중 혼입량의 비율이 높게 나타난다.

2) 변수의 산출방법

고속도로의 TCS 교통량 자료를 이용하여 분석에 사용될 변수 AADT, 휴일계수, 최대월계수, 화물차혼입율 등의 특성 및 산출방법을 정리하여 나열하면, 다음의 그림과 같은 방법으로 나타낼 수 있다.

TCS 자료		각 영업소 및 JC 사이의 구간단면 교통량을 이용하여 가공
AADT	비여가성(비관광계) 도로에서 상대적으로 높게 나타난다.	구간별 양방향 총 교통량/ 검지일수
휴일계수	관광성향이 강한 도로나 노선에서는 휴일계수가 높게 나타난다	휴일 평균 일 교통량/년 평균 일 교통량
최대월계수	최대 월계수가 크다는 것은 교통량이 평상시보다 집중하는 현상으로 이는 여가성 도로에서 높게 나타난다.	최대 월별 평균 일 교통량/년 평균 일 교통량
화물차 혼입율	화물차 혼입을 비율은 비여가성(비관광) 도로에서 높게 나타난다.	대형차교통량(2축 4톤 이상)/전 차종년 평균 일 교통량

〈그림 3〉 변수들의 특성 및 산출방법 정의

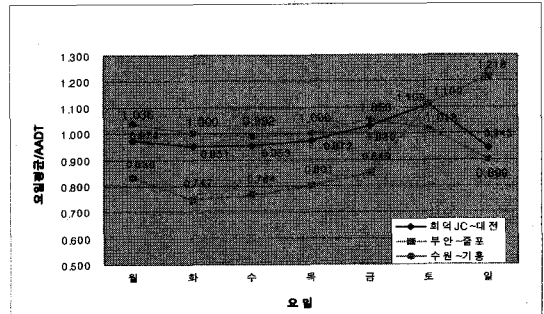
3. 관련 변수를 이용한 고속도로 이용 특성분석

1) AADT

고속도로 197개 구간의 AADT 순위를 내림차순으로 정리하여 상위 30개의 구간을 분석한 결과, 대부분이 인구가 밀집한 지역의 도로구간 일수록 AADT가 높게 나타난다. 특히 수도권 지역을 통과하는 경부선, 신갈-안산선의 도로구간들이 높은 AADT를 나타내고 있다.

2) 휴일계수

〈그림 4〉와 같이 경부선의 구간은 평일에는 요일 평균교통량 비율이 1.0 전후에서 비슷하게 분포하나,

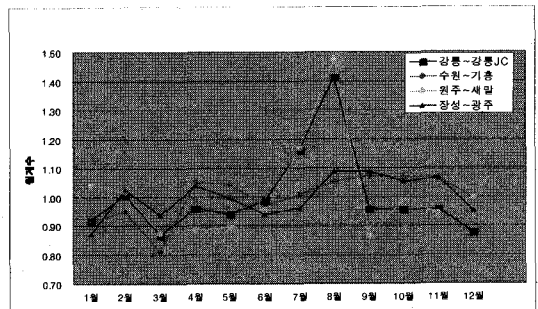


〈그림 4〉 요일별 교통량의 변화

휴일인 일요일에는 급격히 떨어지고 있다. 반면 서해안선인 부안~줄포 구간은 오히려 평일(월~금)에는 교통량의 비율이 0.75~0.85로 낮게 분포하다가 토요일부터 휴일인 일요일에는 1.22까지 높게 나타남을 알 수 있다.

3) 최대월계수

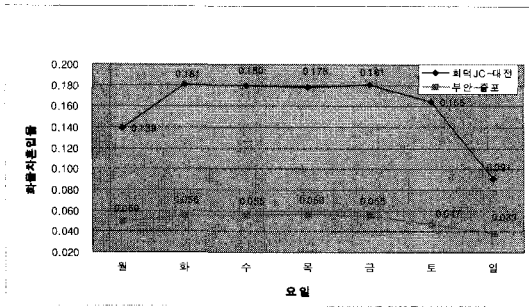
영동선의 경우 8월에 급격히 교통량이 집중됨을 확인할 수 있다(〈그림 5〉). 반면에 경부선의 도로구간은 월별교통량이 여름 휴가철에 소폭의 증가추세를 나타내고 있으나 영동선과 같이 8월에 집중하지는 않는 것으로 관측되었다. 즉 최대월계수는 휴가철과 같은 특수한 계절에 여가통행이 집중되는 월의 특성을 잘 반영한 것으로 여가성 도로의 특성을 나타내는 하나의 변수로서 반영할 수 있을 것으로 판단된다.



〈그림 5〉 월별 월계수의 변화

4) 화물차혼입율

화물차혼입율은 일반적으로 산업·물류단지나 도시 인근 지역 도로구간에서 높게 나타나고 고속도로의 경우 주로 경부선 대전 통영선, 남해선 등의 도로 구간이 주를 이루고 있다(〈그림 6〉).

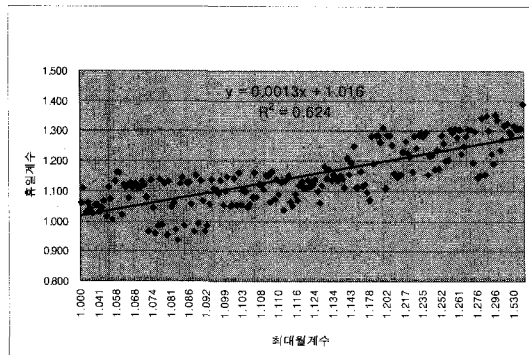


〈그림 6〉 요일별 화물차 혼입율

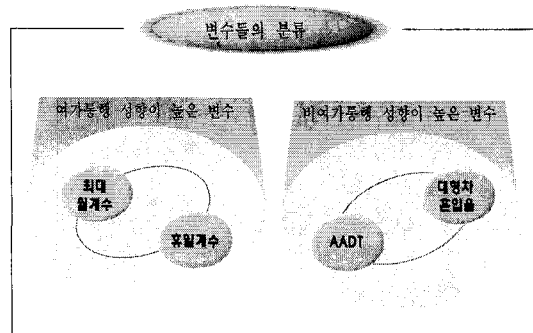
5) 변수들의 종합분석

최대월계수를(x) 순차적으로 증가시킬 때, 휴일계수(y)도 증가하는 추세를 나타남을 알 수 있다. 따라서 휴일계수와 최대월계수는 서로 비례관계를 나타내고 있음을 알 수 있다.

변수의 특성을 최종적으로 고려하여 여가성향이 높은 변수와 비여가성향이 높은 변수들을 정리하면 〈그림 8〉과 같이 나타낼 수 있다.



〈그림 7〉 최대월계수와 휴일계수 관계



〈그림 8〉 변수들의 분류

N. 여가성 도로구간 분석

1. 주성분분석

주성분분석은 다변량분석(Multivariate analysis) 방법의 하나로 변수들간의 상관관계가 높은 경우, 이들 변수들간의 서로 의미가 비슷한 변수들끼리 묶어서 서로 관계가 없는 새로운 변수를 형성함으로써 변수의 수를 함축적으로 줄이는 것이 주요한 목적이다. 그리고 주성분 분석의 풀이 방법에는 공분산행렬을 이용한 방법과 상관행렬을 이용한 방법이 있으나⁴⁾ 본 연구에서는 변수의 단위가 다르기 때문에 표준화시킨 상관행렬을 이용한 주성분분석을 수행하였다.

분석툴은 SAS ver8.1을 이용하여 2002년도 고속도로 197개의 구간을 대상으로 4개의 변수를 사용하여 수행하였다. 사용된 변수 및 변수명은 다음과 같이 정의하였다.

- 년평균일일교통량 : AADT
- 화물차혼입율 : CV
- 휴일계수 : HR
- 최대월계수 : MR

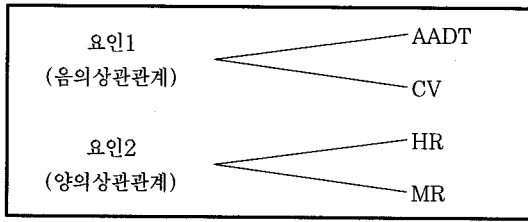
〈표 3〉 변수들의 상관행렬

	AADT	CV	HR	MR
AADT	1	0.132	-0.681	-0.455
CV	0.132	1	-0.472	-0.417
HR	-0.681	-0.472	1	0.671
MR	-0.455	-0.417	0.671	1

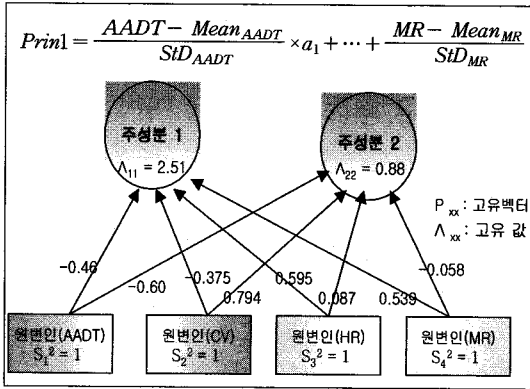
변수들의 상관행렬을 살펴보면 AADT와 CV(화물차혼입율), HR(휴일계수)과 MR(최대월계수)는 서로 상반되는 상관관계를 가지고 있음을 알 수 있다. 이는 앞 변수에 대해 언급한 바와 같이 변수의 특성을 나타내는 것으로 상관행렬에 따라 변수를 정리해보면 공통요인에 의해서 〈그림 9〉와 같이 나타낼 수 있다.

상관행렬을 통해 산출된 제1주성분요인의 고유벡터는 -0.47(AADT), -0.387(CV), 0.598(HR), 0.522(MR)으로서, 평균과 표준편차를 이용해 주성분 점수를 산출할 수 있고 주성분 점수를 산출하는 식은 〈그림 10〉과 같이 정의된다.

4) 박광배(2000), 다변량 분석, 학지사.



〈그림 9〉 상관계수를 이용한 변수들의 분류



〈그림 10〉 주성분분석의 산출개념

서로 독립인 주성분수의 결정은 전체 분산에 대한 정보를 크게 손실하지 않는 몇 가지 규칙이 적용된다. ① 전체 분산을 80% 이상 설명하는 주성분의 수를 선택 ② 고유값(eigenvalue) 값이 1 이상인 주성분의 선택 ③ Scree Plot 그래프를 작성하고 고유값이 급격히 감소하기 직전의 주성분까지 선택하는 방법이 있다. 따라서 본 연구에서는 ②, ③의 조건을 만족시키고 여가성 도로구간의 특성을 설명해주는 변수 제1 주성분을 선택(고유값=2.425; 61%)하여 여가성이 높은 도로와 비여가성 도로의 구간을 각각 분류하였다.

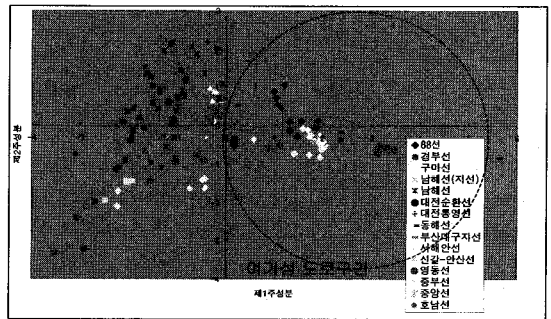
2. 주성분분석에 의한 여가성 도로의 분류

SAS를 이용하여 최종 고속도로 구간별 제1주성분 점수결과를 정리하면 Prin1 > 0 : 여가성 도로구간 ; Prin1 < 0 : 비여가성 도로구간으로 분류하고 이를 도식화하면 다음과 같다.

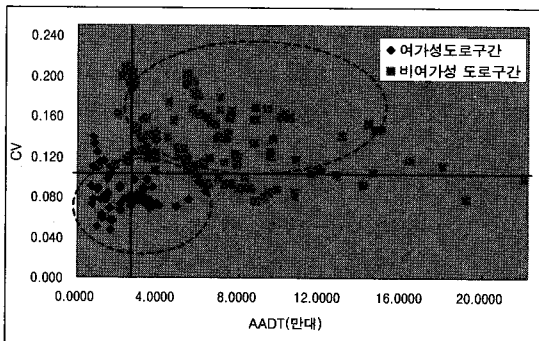
〈그림 11〉에서와 같이 여가성 도로구간으로 분류된 구간은 주로 영동선, 서해안선, 중앙선의 구간들이, 비여가성 도로구간으로 분포하는 구간은 경부선, 중부선, 신갈-안산선, 구마선의 구간들이 분포하고 있음을 알 수 있다.

〈그림 12〉은 제1주성분에 의해 비여가성과 여가성 도로 구간으로 그룹 분류화된 산포도로서, 휴일계수나 최대월계수의 경우 1.20의 값 이상이 되면 여가성 도로로 분류할 수 있으며, 화물차혼입율의 경우 분포가 분산되어 있으나, 대략 0.100 이하일 경우에 여가성 도로구간들이 분포됨을 관측할 수 있다.

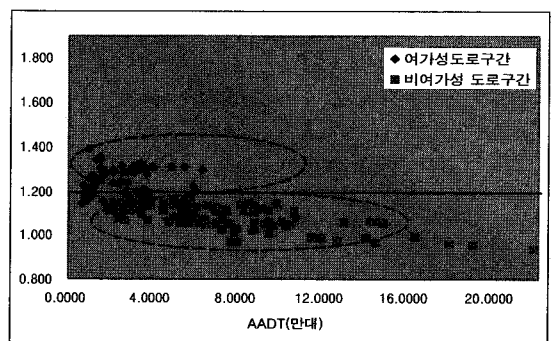
또 AADT의 경우는 도로구간의 통행특성 분포가 혼재하고 있으나, 50,000~60,000대 이상이 될 경



〈그림 11〉 고속도로 노선별 주성분 분포

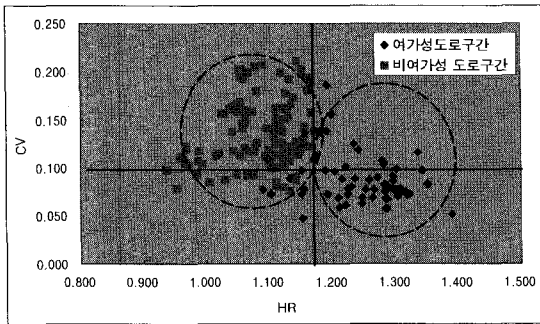


(a)

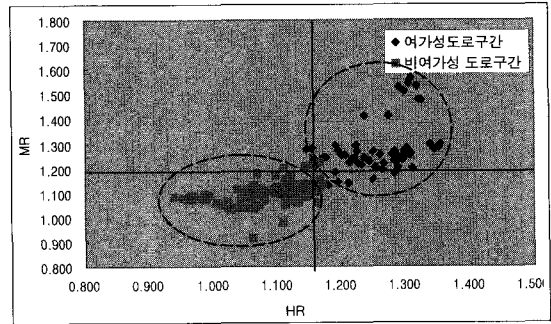


(b)

〈그림 12〉 제1주성분에 의해 분류된 변수들의 분포(계속)



(c)



(b)

〈그림 12〉 제1주성분에 의해 분류된 변수들의 분포

〈표 4〉 주성분 분석에 의한 변수의 분류 기준

변수	구분	비여가성 도로구간	여가성 도로구간
MR & HR		1.00~1.200	1.200 이상
CV		0.100 이상	0.00~0.100
AADT		60,000대 이상	60,000대 이하

우에는 비여가성 도로구간이 나타나고 있음을 알 수 있다. 이를 정리하면 〈표 4〉과 같이 나타낼 수 있다.

V. 결론 및 향후과제

지금까지 고속도로의 여가성 통행특성과 양의 상관관계를 갖는 휴일계수와 최대일계수, 음의 상관관계를 갖는 AADT, 화물차혼입을 등 4개의 변수 특성을 살펴보았다. 이는 향후 고속도로의 도로설계나 교통운영 전략을 수립함에 있어 중요한 변수로 사용될 수 있음을 시사하고 있다.

여가성 통행특성을 나타내는 이러한 변수는 주성분 분석을 통해 고속도로 구간의 특성을 분석하여 여가성 도로구간과 비여가성 도로구간으로 분류하였다. 그 결과 여가성 도로로 분류된 구간들의 노선은 관광지나, 위락단지가 밀집되어있는 서해안선, 영동선, 중앙선 등이 분포하고 있으며, 비여가성 도로구간이 분포하는 노선으로는 경부선, 신갈-안산선, 남해선 등이 해당되는 것으로 파악되었다.

또한 주성분분석의 결과를 바탕으로 각 변수들의 비여가성 도로구간과 여가성 도로구간으로 분류할 수 있는 기준을 제시하였다.

이러한 연구결과에 따라 본 연구는 다음과 같은 향후 과제를 통해 더욱 심의있게 논의되어야 할 것이다.

첫째로는 고속도로 및 국도와 기타 도로에도 확대할 필요가 있다. 또 본 연구에서는 일 교통량을 기준으로 하였으나, 정확한 특성 파악 및 판별을 위해서는 K값과 같은 변수를 산출하기 위한 시간 교통량이 필요할 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 일본도로공단(1995), 休日交通의 高速道路 波及 影響 調査研究
2. 교통개발연구원(2001), 권영인의 3인, 관광교통 계획의 수립 방안.
3. 교통개발연구원(2002), 김수철외 1인, 주5일근무제의 영향이 교통부문에 미치는 영향 및 대응 방안.
4. 교통개발연구원(2000), 전국 교통 DB구축사업.
5. 한국노동연구원(2002), 주5일근무제 도입방향에 대한 국민여론조사.
6. 한국관광공사(2002), 국민통행 실태 조사자료.
7. 박광배(2000), 다변량 분석, 학지사.
8. 플로리다 교통국(2002), Alternatives for Estimating Seasonal Factors on Rural and Urban Roads in Florida.

✉ 주 작 성 자 : 김영일

✉ 논문투고일 : 2003. 11. 15

논문심사일 : 2004. 3. 11 (1차)

2004. 4. 7 (2차)

심사판정일 : 2004. 4. 7

✉ 반문접수기한 : 2004. 8. 31