

■ 論 文 ■

## 화물자동차의 통행행태 분석 (통행사슬 분석을 중심으로) An Analysis on Truck Trip Chaining

**성 흥 모**  
(한국교통연구원 연구원)

**김 찬 성**  
(한국교통연구원 책임연구원)

**신 승 진**  
(한국교통연구원 연구원)

### 목 차

- |   |   |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>I. 서론</li> <li>II. 기존연구 고찰                         <ul style="list-style-type: none"> <li>1. 개요</li> <li>2. 여객연구의 통행사슬</li> <li>3. 화물연구의 통행사슬</li> <li>4. 기존 연구와의 차별성</li> </ul> </li> <li>III. 통행사슬의 선정과 운행지표간 관계설정                         <ul style="list-style-type: none"> <li>1. 분석에 사용된 자료</li> </ul> </li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>2. 본 연구의 통행사슬 정의</li> <li>3. 화물자동차운행특성 지표 선정</li> <li>4. 통행사슬별 공간별 운행효율성지표의 의미</li> <li>IV. 분석결과                         <ul style="list-style-type: none"> <li>1. 통행사슬별 물리적 지표 결과</li> <li>2. 통행사슬별 운행효율성지표 결과</li> </ul> </li> <li>V. 결론 및 향후연구과제</li> <li>VI. 참고문헌</li> </ul> |
|---|---|

**Key Words :** 통행사슬, 통행행태, 통행유형, 통행일지, 운행 효율성  
trip chain, truck behavior, travel type, travel diary, efficiency of vehicle tours

### 요 약

본 연구는 그동안 여객보다 상대적으로 소홀히 되어온 화물통행의 행태분석을 통행사슬관점에서 분석하였다. 화물자동차 통행분석에 대한 운행특성 지표들은 공간 및 통행패턴별로 설명되지 못하였음을 지적하고, 2005년 수행된 제3차 전국물류현황조사 자료를 이용하여 실증분석 하였다. 전체 분석대상 화물자동차는 약 13,000대 이었으며 화물자동차의 통행일지 자료를 도면위에 맵핑을 통하여 통행사슬을 새롭게 분류하였다. 또한 약 13,000대의 화물자동차에 대한 물리적 특성지표 및 운행효율성지표를 선정하고 앞서 정의한 통행사슬과 연관지어 분석하였다. 분석결과 영업용 화물자동차가 자가용 화물자동차보다 다소 우위에 있는 것으로 분석되었다. 물리적 지표에서 공간적으로 볼 때, 도시내와 광역권은 비슷하고 지역간은 통행거리와 통행시간이 길게 나타남을 알 수 있다. 운행효율성 지표는 지역간, 지역내 및 광역권에서 자가용 화물자동차보다 영업용 화물자동차의 효율성이 약간 높은 것으로 분석되었으나, 단순, 왕복 및 복잡정도에 따라서는 큰 차이가 없음을 알 수 있었다. 영업용 화물자동차의 경우, 적재능력이 높을수록 효율성이 높게 나타남을 알 수 있었다.

There are unique aspects of truck vehicle movements compared with the personal travel in trip chaining. This paper reports an analysis on the truck vehicle trip chaining which intercity/metropolitan/intraregional trips are classified. Data collected from the travel dairy survey is used the truck trip-chaining analysis. The pattern of trip chaining classes is classified by the GIS mapping based on orgin-destination trip information. The physical index and efficiency index for each trip diary is used to the truck vehicle activity. Truck trips lengths and time differs from its truck type, service type and travel patterns. It is shown that the efficiency of the truck trip chaining depends on vehicle types and its delivery patterns.. There are many other topics for research on trip chaining modeling such as the classification of trip chain, time use and mode choice by trip chaining.

## 1. 서론

우리나라 화물자동차 이용은 경제규모가 커지고 화물의 이동특성이 다양화됨에 따라 규모와 이용면에서 빠른 속도로 변모하고 있다. 화물자동차의 증가는 소비자의 기호를 맞추고 영업성과를 높이기 위해 점차 변화하고 있는 추세이다. 또한 화물자동차는 국내 전체 물동량의 대부분을 수송하고 있어 실생활과 밀접한 관련이 있다. 예를 들면, 화물연대 파업 및 택배화물 수송 증가 등은 실생활에 직간접적인 영향을 주는 사례라고 할 수 있다. 정부는 이러한 중요성과 변화추세에 발맞춰 화물자동차의 적정한 공급과 관리를 위해 화물자동차 운송시장을 주기적으로 모니터링하고 있다(한국교통연구원, 2005).

그러나, 국외에서는 이미 10년 전부터 이러한 모니터링을 주기적으로 수행해 오고 있으나 국내에서는 비교적 출발이 늦은 실정이다. 다만 화물자동차 운행효율성 파악을 위한 설문조사 항목과 분석내용은 국외와 비교하여 크게 차이 나지 않고 있다. 영국과 프랑스는 일반적으로 공차거리율을 효율성 지표로 사용하고 있는 반면 국내에서는 총통행수, 적재통행수, 공차통행수, 총통행시간, 적재통행시간, 공차통행시간, 총통행거리, 적재통행거리, 공차통행거리, 적재효율 지표 등과 같이 보다 다양한 지표를 활용하고 있다.

화물의 경우 화물물동량 및 화물자동차 통행량 추정시 복합운송에 대한 처리가 불안정한 하며, 복합운송 및 통행시술에 대한 처리를 잘 하기 위해서는 물동량 개념의 정립이 필요한 실정이다. 국내에서는 순물동량과 총물동량의 개념이 모호하게 사용되고 있으며, 현재 총물동량 개념으로 OD를 구축하기 때문에 복합운송을 전혀 고려하지 못하고 있는 실정이다. 이러한 개념 정립이 필요한 이유는 통행시술에 따라 물동량 규모 및 화물자동차의 통행패턴이 달라지며, 2가지 교통수단을 이용할 경우 중복 카운팅(Counting)으로 과대 추정될 수 있기 때문이다.

화물자동차 통행을 단순히 출발지와 도착지만을 분리하여 분석하는 것보다는 여정(itinerary, tour)이 고려되었는지가 논의된다면 더욱 의미 있는 분석이 될 것이다. 즉, 화물자동차의 이동이 공장→창고→도매업체→공장→물류센터까지 있었다면, 전체통행수, 총통행시간, 통행거리, 적재통행수 등이 산정되어 적재효율성을 판단할 수 있을 것이다. 물류정책적 측면에서 더욱 의미있는 것은 단순한 기준점의 나열보다는 복잡한 통행시술을 형성하면서 적재효율을 평가하는 후자의 통행이 더욱 의미가 있을 것이다. 여객통행의 경우 토지이용정책에 따른 통행행태(통행발생물, time use, 자동차 보유율) 변화를 이해하여 교통과 토지가

용정책에 활용하고 있다.

본 논문은 2005년에 수행된 제3차 전국물류현황조사의 화물자동차 운행일지 자료를 이용하여 우리 실정에 부합하는 통행시술의 유형을 분류하고, 통행시술과 화물자동차의 운행특성 지표간 관계를 분석하는 것을 목적으로 한다. 논문의 구성을 보면 먼저, 제2장에서는 여객과 화물부분의 통행시술연구의 국내외 동향을 살펴본다. 제3장에서는 우리나라에서 조사된 화물자동차의 운행특성을 잘 설명할 수 있는 통행시술을 정의하기 위한 노력이 소개된다. 제4장에서 통행시술과 화물자동차 운행효율성지표간의 관계를 분석한다. 마지막으로 5장에서는 결론과 본 연구의 한계점과 향후 우리나라에서 연구 가능한 주제들을 제시한다.

## II. 기존연구 고찰

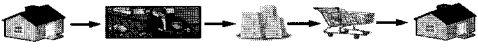

### 1. 개요

기존연구 고찰 부문은 크게 세부분으로 구성된다. 첫째, 일반적으로 여객통행에서 적용하고 있는 개념과 사례들이 간략히 소개된다. 둘째, 최근에 화물연구에서 통행시술연구들이 진행되고 있는데 그 연구들에 대한 사례를 제시하였다. 마지막은 우리에게 주는 시사점과 본 연구에서 시도하는 방법의 차별성을 언급한다.

### 2. 여객연구의 통행시술

여객통행에서 정의되는 통행시술(trip chain)이란 일반적으로 하나 이상의 목적이 서로 연계된(chained) 통행행태를 의미하지만, 구체적인 정의는 연구자별로 약

〈표 1〉 통행시술의 정의

정의	연구자
최초 출발지(집)에서 출발하여 다시 그 출발지(집)로 돌아오는 동안 하나 이상의 목적을 갖고 발생하는 일련의 목적통행	- Strathman · Dueker (1995) - Hensher · Reyes (2000)
	
최초 출발지(집)부터 최종 목적지(직장)까지 통행을 하는 동안 발생하는 일련의 목적통행	- McGuckin · Nakamoto(2004)
	

자료 : 추상호 외(2008)

〈표 2〉 여객 통행사슬의 선행연구

연구명	주요 연구내용
Goulias·Kitamura (1991)	- Work, School, Shopping, Social, Serve-Passenger 통행발생모형 구축 - 통행발생모형의 통행량 예측값을 독립변수로 하는 통행사슬모형 구축 - 사회경제적 특성별 세분화된 통행사슬 모형 구축 - 네덜란드 1984 National Mobility Panel Survey 자료 이용
McGuckin·Murakami (1999)	- 연계통행크기, 통행목적, life cycle에 따른 성별 통행사슬 특성 비교·분석 - 미국 1995 NPTS 자료 이용
Hensher·Reyes (2000)	- 사회경제지표 특성에 따른 통행사슬 선택 모형 구축 - Nested logit, Random parameter logit 이용 - 통행사슬이 복합적일수록 대중교통 이용이 저하됨을 증명함 - 1991-1992 Sydney 가구통행조사자료 이용
McGuckin 외 (2005)	- 시점이 다른 자료를 이용하여 통행사슬의 패턴 변화 분석 - 통행사슬의 연계목적통행, 통행거리, 통행수단, 통행시간, life cycle 분석 - 미국 1995 NPTS, 2001 NHTS 자료 이용
Golob·Hensher (2007)	- 연령별 통행사슬 행태 분석(고령자 중심) - 통행수단, 운전면허 보유, 성별, 생활환경에 따른 모형 구축 - 2002-2004 Sydney 가구통행조사자료 이용

자료: 추상호 외(2008)

간의 차이를 보이고 있다.

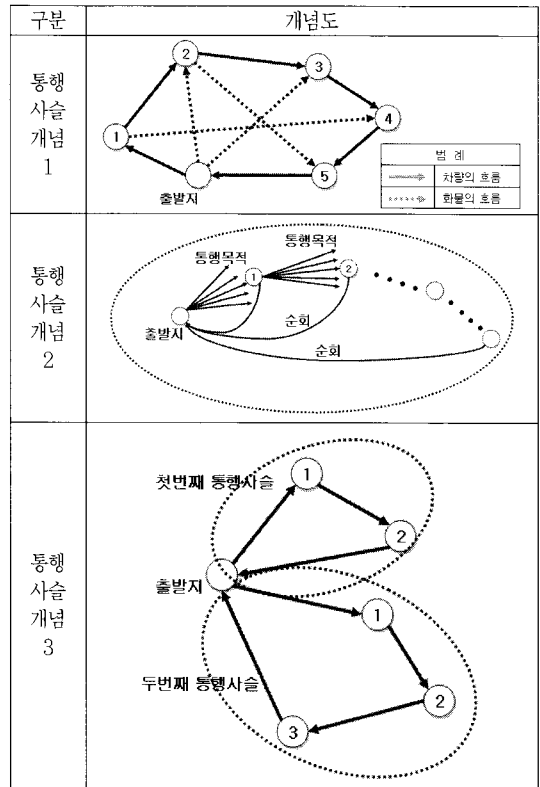
여객통행의 경우 집에서 출발하여 다양한 경유지를 거쳐 최종적으로 다시 집에 귀가하게 되는 통행이 일반적이다. 전통적으로 가정기반 출근통행인지, 비가정기반 소풍통행인지, 목적에 따라 통행을 구분하는 것이 일반적이다. 이를 정리해보면 '집 또는 특정장소에서 출발하여 다시 그 집 또는 특정장소로 되돌아오는 동안 발생한 일련의 목적통행들'을 의미한다. 추상호 외(2008) 연구는 여객통행에서 통행사슬의 개념적 정의를 〈표 1〉과 같이 정리하였으며, 〈표 2〉는 여객 통행사슬의 선행연구를 정리하였다

### 3. 화물연구의 통행사슬

화물연구에서 다루고 있는 화물의 통행사슬의 개념은 시작단계이므로 보다 넓은 개념에서 정리하고자 한다. 따라서, 기점(Origin)과 종점(Destination)간 연결하는 의미에서 경유지를 포함하는 것으로 한다. 경유지를 포함하는 최근 연구들은 사업체를 조사하여 수집한 자료인 물류조사자료(Commodity Flow Survey)나 화물자동차 통행일지 자료를 이용하는 두 가지로 분류하였다.

먼저, 물류조사를 이용하여 출발지→경유지(도매, 물류센터 등)→도착지까지의 통행을 화물의 크기(shipments

〈표 3〉 선행연구에서 화물의 통행사슬의 개념



자료: Holguin-Veras & Patil(2005)

size)에 따라 경유지 선택 및 수단선택이 달라짐을 진단하였다de Jong & BenAkiva(2007). 그들은 출하크기를 고려한 수단선택모형을 스웨덴과 노르웨이 자료를 이용하여 추정한 바 있다.

화물자동차 통행일지 자료를 이용한 연구로 Holguin-Veras & Figliozzi 등이 최근에 활발히 진행하고 있다. Holguin-Veras & Patil(2005)은 화물연구에서 통행사슬(Trip chain)의 개념을 설정하였는데, 그들은 "사업용 차량이 도착지(Stop)들을 연속적으로 연결하는 물리적 흐름의 사건(Sequence)"으로 정의하고 있다. 〈표 3〉과 같이 세 가지로 표현하였다. 통행사슬 개념 1은 단순히 차량의 흐름과 화물의 흐름이 다르다는 것을 나타낸 것이며, 개념 2와 개념 3은 최초출발지를 중심으로 싸이클(cycle)을 형성하는가에 따라 통행사슬이 형성되었는지 아닌지를 정의하였다. 그들은 콜로라도 주 덴버시에서 1999년 수집한 사업용차량의 통행일지 자료를 이용하여 도착지수(Stop)를 종속변수로 하고 통행사슬(Trip Chain)의 수를 독립변수로 하는 회귀모형을 추정하였다. 분석결과 통행사슬의 수가 음의 값을 가지며 통계적으로 의미하는 것으로 나타나

통행사슬의 수가 적어질수록 도착지수는 증가하는 것으로 나타났다. Wang & Holguin-Veras(2008)은 통행사슬을 단순히 최초출발지와 최종도착지가 같은지와 다른지를 구분하여 모형을 추정하였다. 즉, 되돌아오는 통행과 그렇지 않은 통행으로 구분한 이항로짓(Binary)모형을 추정한다. 주요 속성변수는 통행거리였으며, 현 위치에서 물류시설(Depot)까지 되돌아오는 거리가 짧을수록 되돌아올 확률이 크다고 분석하였다.

Holguin-Veras & Thorson(2003)는 trip chain 모형을 통하여 공차통행을 모형화하였다. 도착지 선택모형을 이용하여 공차통행의 수가 trip chain의 확률로 추정될 수 있음을 실증적으로 분석하였다. Figliozzi(2006)은 영업용 화물차량의 통행일지 자료를 이용하여 하루통행(tour)의 특성을 분석하였다. 통상 O-D를 통한 통행길이 분포가 화물수요예측에 일반적으로 사용되어 왔으나 그들은 일지(tour)의 길이 분포, tour와 공차통행수와의 관계, tour와 통행길이와의 관계 등을 호주의 시드니 도심부 지역의 소량화물(Less Than Truck Load) 화물자동차 자료를 이용하여 분석하였다. 또한 tour와 출발시간, 도착시간간의 관계도 분석하였다. 연구결과, 통행길이 분포는 그동안 잘 알려진 중력모형의 분포특성을 보이는 것으로 나타났다. Tour 길이 분포는 전체의 3/4이 85km에서 125km를 이동하는 것으로 나타났다. Tour 중 도착지 수 분포의 결과를 보면 최소 2개에서 최대 12개로 나타났고 5~9개의 분포가 전체의 2/3이상인 것으로 나타났다.

**4. 기존연구와의 차별성**

아직까지 화물부문의 통행사슬 정의는 명확하지 않으며 보다 많은 연구를 통해 정립되어야 할 것으로 보인다. 본 연구는 이러한 연구 동기를 바탕으로 우리나라의 화물자동차 통행일지 자료를 이용하여 통행사슬의 유형화를 제안한다. 또한 개별 트럭운전자들이 하루동안 작성한 통행일지로부터 개별 운행의 물리적 지표 및 운행 효율성 지표를 산정하고, 통행사슬과의 관련성을 분석한다.

**III. 통행사슬의 선정과 운행지표간 관계설정**

**1. 분석에 사용된 자료**

세계 각국이 물류조사를 주기적으로 수행함으로써 국가물류와 기업물류의 흐름이 원활하게 이루어지도록 유

〈표 4〉 전체 화물자동차의 적재능력별 분석대수

구분	차량대수	비율(%)
1톤이하	6,765	53.6%
1톤초과~3톤이하	2,731	21.6%
3톤초과~8톤미만	1,838	14.6%
8톤이상	1,298	10.3%
합계	12,632	100.0%

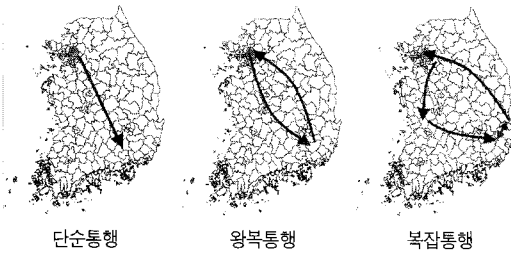
도하고 있다. 국내 물류조사의 경우도 교통체계효율화법에 제시되어 있는 국가교통조사로서 전국 화물기종점 통행량(O/D) 조사를 위한 조사방법을 설계하고 조사작업을 수행하며, 교통수요분석 작업을 수행하기 위한 기초 자료를 구축하는 것을 목적으로 하고 있다. 보다 구체적으로는 물류조사를 통하여 제시되는 전국 지역간 화물기종점 통행량은 국가교통DB의 가장 핵심적인 분야로서 국가기간교통망계획, 중기교통시설투자계획, 고속도로 및 기타 교통관련 사회간접자본시설의 배치계획과 복합화물터미널 등 물류시설의 입지계획과 같은 각종 교통계획수립 및 정책분석의 기초자료로 활용하고 있다. 1996년 제1차 전국물류조사가 수행된 이래로 2001년 제2차 물류조사가 이루어졌고, 2005년에는 제3차 물류조사가 이루어진 바 있다. 사업체 조사 중 화물자동차 운전자를 대상으로 화물자동차 운행실태조사가 이루어지는데, 여객의 통행일지를 조사하는 실태조사와 유사하다.

〈표 4〉는 전체 화물자동차의 적재능력별 분석대수를 나타낸 것이다. 조사된 화물자동차는 총 12,632대로서 적재능력별 차량대수는 1톤 이하의 소형화물자동차가 6,765대로 전체의 53.6%를 차지하여 가장 많다.

**2. 본 연구에서 정의한 통행사슬 정의**

화물자동차 통행의 경우 여객통행과 달리 통행목적이 단순하므로 상대적으로 Trip chain은 보다 단순화될 수 있다. 본 연구는 다음과 같은 가정하에 통행의 유형을 분류하였다. 먼저, 전체 분석대상인 12,632대의 화물자동차의 통행일지자료를 통행사슬로 분류하기 위하여 상당한 시간과 노력이 있었다. 아래와 같이 상세한 과정을 통해 이러한 분류작업이 완료되었다.

우리는 12,632대 화물자동차의 하루동안 공간이동(여정 또는 Tour)을 보기 위해 도면작업(Mapping)을 시작하였다. 화물자동차들이 어떠한 유형의 통행을 보이는가에 대한 일차적인 궁금증 때문이었다. 이를 위해 전국의 시군



(그림 1) 통행사슬의 유형화

〈표 5〉 통행사슬별 분석대수

	자가용 화물자동차		영업용 화물자동차		총분석대수	
	빈도	%	빈도	%	빈도	%
지역간-단순	153	1.74	549	14.27	702	5.56
지역간-왕복	1891	21.53	787	20.45	2678	21.20
지역간-복잡	759	8.64	406	10.55	1165	9.22
지역내-단순	221	2.52	304	7.90	525	4.16
지역내-왕복	3414	38.87	947	24.61	4361	34.52
지역내-복잡	750	8.54	266	6.91	1016	8.04
광역권-단순	120	1.37	123	3.20	243	1.92
광역권-왕복	1129	12.85	334	8.68	1463	11.58
광역권-복잡	347	3.95	132	3.43	479	3.79
합계	8784	100.0	3848	100.0	12632	100.0

〈표 6〉 화물자동차 통행의 운행특성 지표

구분	정의 및 산출식
통행률	적재 통행률 총 통행수 중에서 적재상태의 통행비중 적재통행률 = $\frac{1일\ 적재통행수}{1일\ 총\ 통행수} \times 100$
	공차 통행률 총 통행수 중에서 공차상태의 통행비중 공차통행률 = $\frac{1일\ 공차통행수}{1일\ 총\ 통행수} \times 100$
거리율	적재 거리율 총 통행거리 중에서 적재상태의 통행거리비중 적재거리율 = $\frac{1일\ 적재통행거리}{1일\ 총\ 통행거리} \times 100$
	공차 거리율 총 통행거리 중에서 공차상태의 통행거리비중 공차거리율 = $\frac{1일\ 공차통행거리}{1일\ 총\ 통행거리} \times 100$
시간율	적재 시간율 총 통행시간 중에서 적재상태의 통행시간비중 적재시간율 = $\frac{1일\ 공차통행시간}{1일\ 총\ 통행시간} \times 100$
	공차 시간율 총 통행시간 중에서 공차상태의 통행시간비중 공차시간율 = $\frac{1일\ 공차통행시간}{1일\ 총\ 통행시간} \times 100$
평균 적재율	적재통행시 적재능력에 대한 실제 적재한 중량의 비중 평균적재율 = $\frac{\sum_i 1일\ 적재통행\ i\ 의\ 적재톤수 / 1일\ 적재통행수}{화물자동차의\ 적재능력} \times 100$
적재 효율	총 통행수 중에서 적재상태의 통행비중 적재효율 = $\frac{\sum_i 1일\ 적재통행\ i\ 의\ 적재톤수 \times 1일\ 적재통행\ i\ 의\ 적재통행거리}{화물자동차의\ 적재능력 \times 1일\ 총통행거리} \times 100$

자료 : 한국교통연구원(2005)

구로 표시된 비어있는 존맵(Zonal map)위에 화물운전자가 하루 동안 이동한 경로를 표시하였다. 다시 말해 화물자동차 운행실태조사자료에 출발지와 도착지를 연결해보는 작업들을 수행한 것이다. 이러한 작업들이 모두 완료된 후에 연구진은 공간적으로 통행사슬별로 통행유형들이 세가지로 매우 단순하게 분류될 수 있음을 발견하였다.

첫째, 단순히 화물을 싣고 출발지에서 도착지까지 통행을 완결한 '단순통행'과 비슷한 출발지와 비슷한 도착지간에 반복적으로 왕래하는 '왕복통행' 그리고 이들 두가지를 제외한 통행은 매우 다양하고 유형화가 상대적으로 어려운 '복잡통행'으로 분류될 수 있음을 발견하였다. 〈그림 1〉은 통행사슬을 유형화 한 것이다.

통행사슬을 지역간, 지역내 그리고 광역권으로 지역을 구분한 자료가 구축되었다. 최종적으로 분류된 통행사슬은 9개이며, 〈표 5〉와 같이 요약된다. 전체 유형 중에서 왕복통행이 차지하는 비중이 가장 높은 것으로 나타났다, 복잡통행 그리고 단순통행의 순이었다. 공간적으로도 왕복통행의 비중이 높은 것으로 나타났다.

### 3. 화물자동차 운행특성 지표 선정

화물자동차의 운행효율성 지표의 선정은 〈표 6〉에 제시된 수식을 이용하여 선정하였다. 운전자가 응답한 통행일지(Travel Diary) 자료들은 통행이 1회 통행에서 많게는 10회 이상의 다수 통행으로 이루어져 자료들의 구조가 매우 통행횟수의 크기에 따라 매우 불규칙한 특성을 가지고 있는 것으로 나타났다.

화물자동차운행효율성 지표는 앞서 제시된 지표들로서 개별 12,632대에 대하여 화물자동차의 1일 총통행시간, 적재통행시간, 총통행거리 그리고 적재통행거리의 물리적인 지표들을 고려하였다. 평균적재율 및 적재효율은 운행 효율성 지표로 고려하였다. 이러한 지표들이 지역간통행, 광역권 통행(수도권, 부산권 등 광역도시권) 그리고 지역내 통행(광역권 통행과 시도간 통행을 제외한 통행)으로 구분되도록 하였다

### 4. 통행사슬별 공간별 운행효율성지표의 의미

본 연구는 화물자동차가 이동하는 공간(지역간, 광역권, 중소도시내)에 따라 통행사슬을 단순, 왕복 그리고 복잡통행으로 분류하고, 각각이 가지는 물리적 지표(통행거리, 통행시간 등)와 운행효율성 지표와 차이를 분석한다. 따라서 본 연구의 분석차원은 공간별×통행사슬별×운행특성지표별간의 관계를 해석하는 것이 특징이다.

이와 같이 분석단위를 공간적으로 구분한 이유는 화물자동차의 업종별 톤급별 운행효율성이 통행거리가 짧은 경우(도시내)와 긴 경우(지역간) 교통혼잡조건, 화물의 주문조건 등 교통조건·상거리가 달라지므로 상이한 결과를 얻을 수 있다는 가능성 때문이다. 지역간 통행의 경우 화물의 주문(order)이 있어야만 가동되는 속성이 강하므로 평균 적재율과 적재효율이 광역권이나 도시내와는 달리 클 것으로 기대된다. 업종간 특성에서도 영업용이 공간적으로 볼 때 영업성격상 물리적 지표(통행시간과 통행거리)외에 운행 효율성 지표들도 높을 것으로 기대된다. 예상되는 결과는 다음과 같다. 우선, 공간별(지역간, 광역권, 중소도시내) 물리적인 지표비교에서 영업용화물자동차가 자가용화물자동차보다 우세할 것이다. 통행사슬별로 차이가 있을 것으로 기대된다. 또한 공간별(지역간, 광역권, 중소도시내) 운행효율성 지표비교에서 영업용화물자동차가 자가용화물자동차보다 우세할 것이다. 특히, 통행사슬별로 볼 때 지역간 통행이 광역권이나 도시 내보다 효율성이 클 것이다. 톤급별로 볼 때 대형화물자동차들의 효율성이 소형화물자동차보다 클 것으로 예측된다.

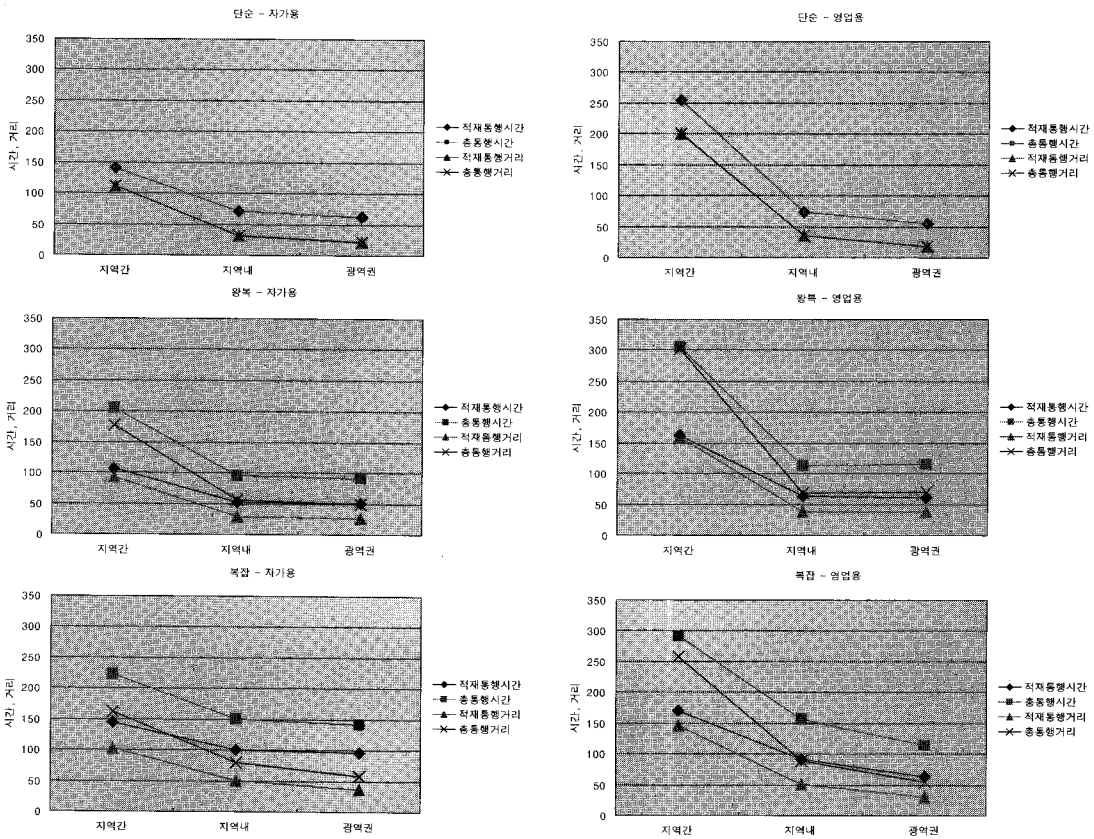
#### IV. 분석결과

##### 1. 통행사슬별 물리적 지표 결과

통행사슬에 따라 물리적인 화물자동차 물리적 지표인 총 통행시간, 적재통행시간, 적재통행거리 그리고 총 통행거리의 지역간 통행, 광역권 통행(수도권, 부산권 등 광역도시권) 그리고 지역내 통행(광역권 통행과 시도간 통행을 제외한 통행)으로 구분하여 분석한 결과는 <표 7>, <그림 2>와 같다.

<표 7> 9개 통행사슬 물리적 지표의 집단간 차이검정

분산 분석 결과	9개 통행사슬그룹전체		9개 통행사슬그룹 (자가용)		9개 통행사슬그룹 (영업용)	
	F값	유의 확률	F값	유의 확률	F값	유의 확률
적재 시간	489.1665	0.00	302.7972	0.00	153.752	0.00
적재 거리	546.98	0.00	250.36	0.00	222.49	0.00



<그림 2> 통행사슬\*물리적 지표 결과

분산 분석결과 적재시간과 적재거리의 물리적 지표가 9개 집단간 차이가 있는 것으로 드러났다. 공간적으로 볼 때 도시내와 광역권은 비슷하고, 지역간은 통행거리와 통행시간이 길게 나타남을 알 수 있다. 업종별로 보면 영업용이 자가용에 비하여 물리적 지표가 다소 높게 나타남을 <그림 2>에서 보여주고 있다. 그러나 지역내와 광역권에서는 업종구분 및 통행시술의 구분에 따라 물리적인 지표의 결과는 큰 차이가 나타나지 않음을 알 수 있다.

2. 통행시술별 운행효율성지표 결과

1) 통행시술×운행효율성지표(평균적재율) 결과

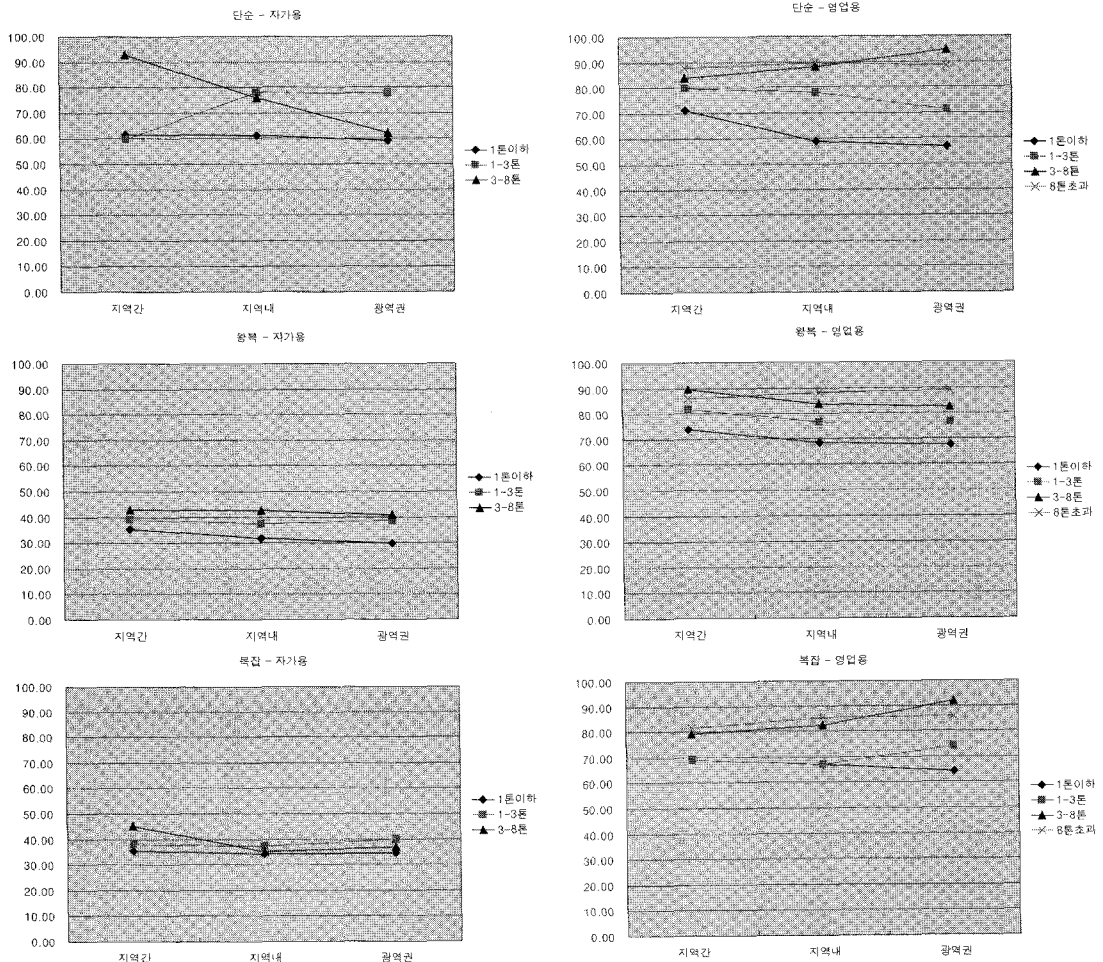
평균적재율에 대한 통행시술의 9개 집단간 차이를 검정하였다. 전체, 자가용 그리고 영업용 집단으로 구분하

<표 8> 통행시술별 운행지표의 집단간 차이검정

분산 분석 결과	9개 통행시술그룹 전체		9개 통행시술그룹 (자가용)		9개 통행시술그룹 (영업용)	
	F값	유의 확률	F값	유의 확률	F값	유의 확률
평균 적재율	40.97801	0.00	26.94982	0.00	7.682112	0.00

여 차이를 살펴보았다. 세 집단모두 평균적재율지표가 차이가 있는 것으로 나타나고 있다. <표 8>은 분산 분석 결과를 요약한 것이다.

<그림 3>은 통행시술의 구분, 적재능력의 구분 및 업종 구분에 따라 운행효율성지표인 평균적재율을 비교한 것이다. 운행효율성지표인 평균적재율을 살펴보았을 때 지역간, 지역내 및 광역권에서 자가용 화물자동차보다 영업용 화물자동차의 효율성이 약간 높은 것을 알 수 있



<그림 3> 통행시술×운행효율성지표(평균적재율) 결과

다. 적재능력에 따라서 적재능력이 높을수록 평균적재율이 높은 경향은 단순, 왕복 및 복잡정도와 공간적인 측면에서 큰 차이가 없음을 알 수 있다. 즉 지역간통행이 평균 적재율이 클 것으로 예측되었는데 그렇지도 않다는 것을 의미한다. 그러나 영업용 화물자동차에서는 적재능력이 높을수록 효율성이 높은 것은 뚜렷하게 나타남을 알 수 있다. 자가용 대형화물자동차의 경우 광역권의 표본수 부족으로 인하여 분석시 배제하였다.

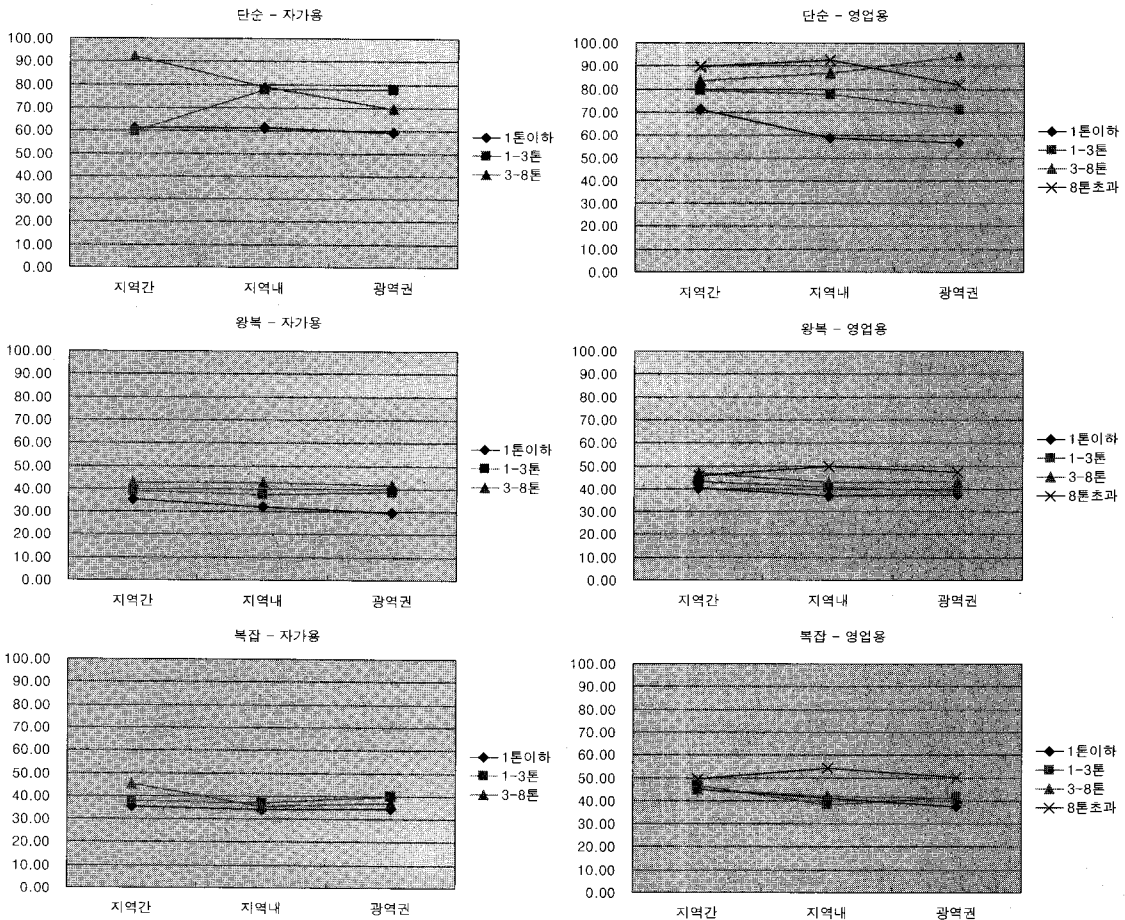
2) 통행사슬×운행효율성지표(적재효율) 결과

적재효율 결과는 <표 9>과 같이 적재효율에 대한 통행사슬의 9개 집단간 차이를 검정하였다. 통행사슬 그룹 전체, 자가용 그리고 영업용 그룹으로 구분하여 차이를 살펴보았다. 앞의 평균적재율과 마찬가지로 세 집단 모두 적재효율지표가 차이가 있는 것으로 나타나고 있다.

<표 9> 통행사슬별 운행효율성 지표의 집단간 차이검정

분산 분석 결과	9개 통행사슬그룹 전체		9개 통행사슬그룹 (자가용)		9개 통행사슬그룹 (영업용)	
	F값	유의 확률	F값	유의 확률	F값	유의 확률
적재 효율	444.4957	0.00	111.7174	0.00	217.4689	0.00

차량 톤급별로 통행사슬의 복잡정도에 따른 적재효율의 결과는 <그림 4>와 같다. 업종구분에 따라서 동일한 통행사슬에서는 운행효율성 지표인 적재효율에서는 크게 차이가 나타나지 않는 것으로 분석되었다. 또한 공간적인 구분에 따라서도 같은 결과를 보이고 있다. 통행사슬인 단순통행인 경우가 왕복과 복잡에 비하여 적재효율이 높으며, 적재능력이 높을수록 적재효율이 높은 현상을 보이고 있다. 그러나 통행사슬이 왕복통행인 경우와 복잡통행인 경우에 있어서는 적재능력의 차이에 상관없이



<그림 4> 통행사슬 × 운행 효율성지표(적재효율) 결과



적재효율이 거의 같은 결과를 나타내었다. 자가용 대형 화물자동차의 경우 광역권의 표본수 부족으로 인하여 분석시 배제하였다.

## V. 결론 및 향후 연구과제

본 연구는 그동안 여객보다 상대적으로 소홀히 되어온 화물통행의 행태분석을 통행사슬관점에서 분석하였다. 통행사슬의 유형을 우리나라에게 적합한 분류방식을 제안하고, 이들 통행사슬과 화물자동차운행특성지표가 가지는 관계를 분석하였다. 운행특성지표로는 물리적 지표, 운행효율성 지표들이 사용되었다. 이러한 연구를 위해 2005년 수행된 제3차 전국물류현황조사 자료를 이용하여 수행하였다. 전체 분석대상 화물자동차는 약 13,000대 이었으며 화물자동차의 통행일지자료를 도면위에 맵핑을 통하여 통행사슬을 분류하였다. 공간적으로도 세분화하였는데 지역간, 광역권 그리고 기타권으로 분류하였고, 통행사슬은 단순통행, 왕복통행 그리고 복잡통행으로 구분하여 물리적 지표(통행시간, 통행거리)와 운행효율성 지표(평균적재율, 적재효율)를 비교하였다.

분석결과 영업용 화물자동차가 자가용 화물자동차보다 다소 우위에 있는 것으로 분석되었다. 물리적 지표에서 공간적으로 볼 때, 도시내와 광역권은 비슷하고 지역간은 통행거리와 통행시간이 길게 나타남을 알 수 있었다. 업종별로 보면 영업용이 자가용에 비하여 물리적 지표가 다소 높게 분석되었다. 그러나 지역내와 광역권에서는 업종구분 및 통행사슬의 구분에 따라 물리적인 지표의 결과는 큰 차이가 나타나지 않음을 알 수 있었다. 운행효율성지표는 지역간, 지역내 및 광역권에서 자가용 화물자동차보다 영업용 화물자동차의 효율성이 약간 높은 것인 것으로 분석되었으나, 단순, 왕복 및 복잡정도에 따라서는 큰 차이가 없음을 알 수 있었다. 영업용 화물자동차에서는 적재능력이 높을수록 효율성이 높은 것은 뚜렷하게 나타남을 알 수 있었다.

본 연구는 화물자동차의 통행사슬연구의 시발점이라 할 수 있다. 앞으로 많은 연구가 필요할 것으로 판단되는데, 통행사슬의 새로운 분류방법, 화물자동차통행의 time use 연구, 차량크기와 운행효율성, 화물자동차 운전자의 activity 등의 연구를 제시해 본다. 아울러, 조사자료는 물동량을 차량대수로 전환하고자 하는 목적 때문에 차량의 일지가 하루 평균으로 조사된 한계를 내포하

고 있다. 따라서, 향후 차량중심의 완전한 통행사슬을 이해하기 위해서는 Figlozzi(2006)의 연구와 같이 최초 출발지에서의 하루 단위의 여정이 아닌 더욱 긴 시간단위로의 자료 수집이 요구되어진다.

## 참고문헌

1. 신동선(2006), 『우리나라 화물자동차 적재효율 증대 방안』, 한국교통연구원.
2. 추상호·권세나·김동호(2008), "통행사슬 특성 분석에 관한 연구 (서울시 사례를 중심으로)", 대한교통학회 58회 학술발표회, 대한교통학회, pp.356~365.
3. 한국교통연구원(2006), 『2005년도 국가교통DB구축사업-전국물류현황조사』.
4. G. de Jong & M. Ben-Akiva(2007), "A micro-simulation model of shipment size and transport chain choice", *Transportation Research Part B* 41, pp.950~965.
5. Figlozzi, MA.(2006), "Analysis of the Efficiency of Commercial Vehicle Tours: Data Collection, Methodological, and Policy Implication", Working Paper, Institute of Transport and Logistics Studies, University of Sydney.
6. Holguin-Veras, J. & Thorson, E.(2003), "Modeling Commercial Vehicle empty trips with a First order trip chain model", *Transportation Research Part B* 37, pp.129~148.
7. Holguin-Veras, J. & Patil, G.(2005), "Observed Trip Chain Behavior of Commercial Vehicles", *Transportation Research Board*, No. 1906, pp.74~80.
8. Philip M.(2001) "A Proof of the relationship between optimal vehicle size, haulage length and the structure of distance-transport costs", *Transportation Research Part A* 35, pp 671-693.
9. Strathman, J., K. Dueker, & Davis, J.(1994), "Effects of household structure and selected travel characteristics on trip chaining". *Transportation*, 21, pp.23~45.

10. Wang, Q. & Holguin-Veras, J.(2008), "An investigation on the attributes determining trip chaining behavior in hybrid micro-simulation urban freight models", CD-ROM, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C.

♣ 주 작성자 : 성홍모  
♣ 교신저자 : 성홍모  
♣ 논문투고일 : 2007. 5. 19  
♣ 논문심사일 : 2008. 3. 10 (1차)  
2008. 8. 12 (2차)  
2008. 9. 4 (3차)  
♣ 심사판정일 : 2008. 9. 4  
♣ 반론접수기한 : 2009. 2. 28  
♣ 3인 익명 심사필  
♣ 1인 abstract 교정필