

## 화물자동차기반 대도시 화물수요모형 구축을 위한 화물자동차 통행특성 분석

한진석\* · 박민철 · 성홍모 · 김형범  
한국교통연구원 국가교통DB센터

### A Study on the Characteristics of Urban Truck Movement for the Truck based Urban Freight Demand Model

HAHN, Jin-seok\* · PARK, Minchoul · SUNG, Hongmo · KIM, Hyungbum

Department of National Transport Survey and Analysis, The Korea Transport Institute, Gyeonggi 411-701, Korea

#### Abstract

The purpose of the study is to analyze the travel characteristics of freight trucks in metropolitan areas, focusing on activity generation, destination choice, and trip chaining behaviors. The results showed that the number of service companies at departure areas has a primary influence on the activity generation pattern and destination choice behavior of trucks in metropolitan areas. The number of trips within a trip chain is largest, in case where the prevailing industry in destination areas is wholesale or retail and the shipment item is food or beverage. These results imply that for the reasonable estimation of truck travel demand both the trip chaining behaviors and the industrial compositions in departure and destination areas should be separately considered for each type of commodity.

본 연구는 대도시 화물자동차의 화물통행수요 추정을 위한 목적으로 대도시 화물자동차의 통행수요특성을 분석하고자 하였다. 대도시 화물자동차의 통행수요특성은 활동발생과 도착지선택, 그리고 통행사슬행태를 중심으로 분석하였다. 분석결과 출발존의 서비스업 사업체수가 대도시 화물자동차의 활동발생과 도착지 선택에서 주요한 영향을 미치는 요인으로 분석되었다. 그리고 도착지 유형이 도소매업체이고, 운송품목이 음식료품의 경우 통행사슬 내 통행수가 가장 많은 것으로 드러났다. 향후 대도시 화물자동차 통행수요추정시 이러한 변수와 운송품목을 고려할 필요가 있을 것으로 판단된다.

#### Key Words

Activity Generation, Destination Choice, Trip Chain, Heteroscedastic Ordered Logit, Multinomial Logit  
활동발생, 도착지선택, 통행사슬, 이분산서열로짓, 다항로짓

\*: Corresponding Author  
hahn1027@hanmail.net, Phone: +82-31-910-8417, Fax: +82-31-910-3233

## 1. 서론

### 1. 연구배경 및 목적

전통적 4단계모형의 화물수요모형은 화물자동차기반 모형과 물동량기반모형으로 구분할 수 있다. 화물자동차기반모형은 화물자동차의 적재 및 공차통행을 반영할 수 있으나, 화물의 품목별 특성은 고려할 수 없는 반면, 물동량기반모형은 화물의 품목별 특성은 반영할 수 있으나, 화물자동차의 공차통행을 고려하지 못하는 한계가 있다(Holguín-Veras, 2002). 국내 대부분의 대도시에서는 물동량기반모형으로 추정된 전국 지역간 물동량 O/D 결과를 이용하여 화물자동차 수요를 추정하는 반면, 미국의 경우는 186개의 대도시 중 108개의 대도시에서 화물자동차기반모형을 이용하여 화물자동차 수요를 추정하고 있다(NCHRP SYNTHESIS 384, 2008). 국내 대도시 화물자동차 O/D는 전국 지역간 화물자동차 O/D의 통행분포를 동일하게 사용하기 때문에, 소량의 다빈도·단거리의 상이한 화물비중이 높은 대도시 화물자동차의 통행특성을 제대로 반영하지 못하는 한계가 있다. 또한 현재 대도시와 전국 지역간 화물자동차 O/D는 모두 화물 물동량 O/D를 기반으로 산출되지만, 실제 화물자동차의 이동과 화물 물동량의 이동은 서로 다른 패턴을 가지기 때문에 (Raathanachonkun et al., 2007), 화물자동차 O/D에는 분석대상 지역의 화물자동차 통행특성이 반영되어야 한다.

대도시 화물자동차 통행은 통과교통이 대부분인 전국 지역간 화물자동차 통행에 비하여 대기오염, 도시내 혼잡가중, 교량 및 도로포장 손실, 도로의 용량결손, 소음 등 도시내 교통문제에 상당한 영향을 미친다. 대도시의 경우 전국 지역간과 달리 화물 물동량의 흐름보다는 교통혼잡, 도로손실 등의 문제를 해결하기 위한 정책마련이 우선적이기 때문에, 국내 대도시의 경우도 해외사례와 마찬가지로 화물자동차 수요 예측시 화물자동차기반모형을 중심으로 추정해야 할 필요가 있다. 본 연구에서는 화물자동차기반 대도시 화물수요모형에 반영되어야 할 대도시 화물자동차의 통행특성을 분석하는 것을 목적으로 한다. 화물자동차기반 화물수요모형의 경우 수단선택 단계가 제외되기 때문에, 본 연구에서는 통행발생 단계에서 고려되어야 할 화물자동차의 활동발생태와 통행분포 단계에서 고려되어야 할 화물자동차의 도착지 선택 및 통행사슬태를 중심으로 검토하였다.

## 2. 연구방법 및 범위

본 연구에서는 국가교통DB사업으로 수행한 2005년 전국 화물기중점통행량 조사 중 화물자동차통행실태조사 자료를 기반으로 분석을 수행하였으며, 분석대상의 공간적 범위는 시도별 표본수를 고려하여 동남권(부산·울산·경남)으로 한정하였다. 화물자동차의 활동발생 및 도착지선택태를 분석하기 위하여 이분산서열로짓모형과 다항로짓모형을 이용한 화물자동차 활동발생모형 및 도착지선택모형을 각각 추정하였으며, 추정 결과를 통하여 화물자동차의 통행태에 영향을 미치는 요소를 검토하였다. 또한 통행사슬태는 다중회귀모형을 이용하여 분석대상의 도착지 유형 및 적재품목 유형이 통행사슬내 통행수에 미치는 영향을 분석하였다.

## II. 선행연구 및 기초자료 검토

### 1. 선행연구 검토

화물자동차의 활동발생 및 도착지선택모형은 전통적 4단계 화물수요모형 보다 통행사슬기반 화물수요모형과 관련이 깊기 때문에, 본 연구에서는 국내·외 통행사슬기반 화물수요모형에 관한 선행연구를 중심으로 검토하였다. 본 연구에서 검토한 선행연구는 <Table 1>과 같다.

국내의 경우 조창현 외(2008)는 8톤 이상 화물자동차의 업종별(자가용, 영업용) 통행특성 차이를 규명하였다. 특히 도착지 시퀀스 핵심정보와 도착지유형 시퀀스 핵심정보를 통하여 화물자동차의 업종별 도착지선택 행태가 서로 다를 것을 제시하였다. 또한 신승진 외(2009)는 2005년 화물자동차통행실태조사 자료를 이용하여 화물자동차 도착지선택모형을 구축하였으며, 설명변수로는 총통행거리와 운송거리, 도착지에서의 체류시간과 도착지 인구수를 이용하였다. 분석결과 인구수가 많고 총통행거리가 짧을수록 도착지선택 효용이 큰 것으로 나타났다. 김한수(2010)는 수도권을 대상으로 투어기반 도시 화물 통행수요모형을 개발하였다. 제시한 모형에서 화물자동차의 투어발생 단계는 고려하지 않았으며, 도착지선택모형의 설명변수로는 통행거리와 접근성, 산업단지 여부와 종사자수(제조업, 도·소매업)를 고려하였다. 도착지선택모형 추정결과 고려한 설명변수는 모두 통계적 유의성을 확보하는 것으로 나타났다.

국외의 경우 Sivakumar and Bhat(2002)는

<Table 1> Previous Studies

Authors	Factors of Activity Generation	Factors of Destination Choice
Joh et al. (2008)	-	-
Sin et al. (2009)	-	Population, Total Travel length
Kim (2010)	-	Trip length, Accessibility, Industrial complex dummy, No. of workers
Sivakumar and Bhat (2002)	-	No. of Companies by Zone, rate of workers of pop., Pop. Density, Railway Length
Stefan et al. (2005)	Land use rate, Accessibility	Industrial Area Dummy, Travel Cost, Accessibility, Return trip cost
Stefan et al. (2007)	No. workers of by industry, Population	Industrial Area Dummy, Travel Cost, Accessibility, Return trip cost
Wang and Holguín-Veras (2008)	-	Travel length, Quantity of commodity

Fractional Split-Distribution 모형을 이용하여 지역 간 화물의 이동을 분석하였으며, 해당 모형이 일반적인 통행분포 모형인 중력모형보다 모형의 설명력이 우수함을 검증하였다. 모형 추정 결과 설명변수의 통계적 유의성은 품목별(농업, 건설, 식료품)로 다르게 나타났으며, 모든 품목에 대하여 통계적 유의성을 확보하는 설명변수는 존별 사업체수와 전체 인구수 대비 종사자수 비율 등으로 나타났다. Stefan et al.(2005)은 상업용 차량을 대상으로 투어기반 통행수요모형(commercial vehicle model: CVM)을 개발하였다. 모형추정 결과 투어발생 모형에 대한 설명변수는 발생존별 특성인 토지이용율과 접근성, 그리고 도착지선택모형의 설명변수는 도착존의 산업지역 유무와 도착존까지의 통행비용, 출발존으로의 복귀통행비용과 존별 접근성 등이 통계적 유의성을 확보하는 것으로 나타났다. 또한 Stefan et al.(2007)은 사용가능한 자료의 추가 확보에 따라 2005년에 개발한 켈거리 CVM 모형을 재생산하였다. 투어발생모형의 경우 발생존별 산업별 종사자수와 인구수를 설명변수로

사용하였으며, 행정과 교육, 그리고 농업의 종사자수는 투어발생에 대한 설명력이 없는 것으로 나타났다. Wang and Holguín-Veras(2008)는 화물 물동량의 이동과 화물자동차의 이동을 함께 고려한 투어기반 Hybrid 모형을 구축하였으며, 도착지선택모형의 설명변수로는 도착지까지의 거리와 도착지에서 짐배송해야 할 화물의 총량이 타당한 것으로 나타났다.

이상의 선행연구들을 살펴본 결과, 화물자동차의 활동발생행태와 관련된 연구는 Stefan et al.(2005, 2007)의 연구를 제외하고는 없는 것으로 검토되었으며, 국내의 경우 관련연구의 진행이 시급한 것으로 판단된다. 또한 도착지선택행태 분석에 관한 연구는 국외의 경우와 마찬가지로 국내에서도 보다 다양한 관점에서 연구가 진행되어야 할 것으로 사료된다. 본 연구에서는 대도시 화물자동차의 활동발생행태를 분석하기 위하여 화물자동차의 특성(활동수, 차량업종, 적재통행율, 적재통행시간율, 적재통행거리율, 평균적재율, 적재효율)과 화물자동차의 통행사슬 중 첫 번째 출발존의 특성(업종별 사업체수, 산업 및 농공단지 유무, 유통업체 유무)을 고려하였다. 또한 도착지선택행태를 분석하기 위하여 존간 통행거리와 도착존의 특성(업종별 사업체수, 산업 및 농공단지 유무, 유통업체 유무)을 고려하였으며, 화물자동차의 통행사슬행태를 분석하기 위하여 9개의 도착지 유형과 11개의 적재품목 유형을 각각 고려하였다. 한편, 본 연구에서는 출발존과 도착존에 대한 유형(생산지, 중간경유지, 소비지 등)을 별도로 구분하지 않았기 때문에, 화물자동차의 출발존과 도착존의 특성은 동일한 것으로 간주하였다.

## 2. 기초자료 검토

화물자동차통행실태조사는 전국의 화물자동차통행실태를 화물자동차 단위로 분석하기 위하여, 하루 동안에 통행한 화물자동차의 통행일지를 파악하는 설문조사이다(한국교통연구원, 2005). 조사방법은 화물자동차 운전자를 대상으로 하는 면접조사이며, 해당 조사의 주요 설문항목은 <Table 2>와 같다. 해당 자료는 화물자동차의 지역간, 지역과 도시간, 그리고 도시간 통행 자료를 모두 포함하고 있기 때문에, 본 연구에서는 동남권에 해당하는 총 41개 시군구(부산: 16개, 울산: 5개, 경남: 20개)간의 통행 자료만을 추출하여 분석자료로 활용하였다. 즉, 본 연구에서는 동남권 화물자동차의 존내 통행만을 대도시 통

<Table 2> Survey Items

Items	Contents
Departure	Origin, Type of Origin, Departure Time
Arrival	Destination, Type of Destination, Arrival Time
Commodity	Commodity Item, Freight Tonnage
Length	Trip Lengths

<Table 3> No. of Samples by Vehicle Ownership and by Loading Capacity

Vehicle Ownership	Loading capacity	No. of Samples	Ratio (%)
Private	A	904	42.2%
	B	299	14.0%
	C	268	12.5%
	D	66	3.1%
For-hire	A	209	9.8%
	B	112	5.2%
	C	163	7.6%
	D	122	5.7%
Total	-	2,143	100%

\* A=less than 1ton, B=1-3ton, C=3-8ton, D=more than 8ton.

행으로 간주하였으며, 추출된 자료를 기반으로 동남권 화물자동차의 통행특성을 살펴보면 다음과 같다.

1) Sample Size of Vehicle Ownership/Loading Capacity

동남권 화물자동차의 표본수는 총 2,143대이며, 비영업용이 약 72%, 영업용이 약 28%로 조사되었다. 비영업용과 영업용 모두 1톤 이하의 소형 톤급 비중이 중·대형 톤급보다 상대적으로 큰 것으로 나타나, 대도시 화물자동차의 통행특성을 분석하기에 적합한 자료인 것으로 판단된다.

2) Trip Characteristics of Type of Industry/Loading Capacity

업종별·적재능력별 화물자동차의 통행특성을 살펴보면, 비영업용과 영업용 모두 적재능력이 클수록 총 통행수는 감소하는 반면, 총 통행시간과 총 통행거리, 적재톤수는 모두 증가하는 것으로 나타났다. 이는 적재능력이 작은 소형 화물자동차의 경우 지역간 통행보다 도시내 단거리 통행이 많기 때문인 것으로 판단된다.

<Table 4> Trip Characteristics by Vehicle Ownership and by Loading Capacity

X	Y	Average Trip Characteristics			
		No. of trips (tips/day)	Travel Time (min./day)	Travel Length (km/day)	Freight Tonnage (ton/day)
Private	A	3.19	127.11	83.84	0.97
	B	2.97	146.49	102.82	2.49
	C	2.91	164.82	133.91	5.83
	D	2.80	209.80	145.18	18.39
For-hire	A	2.88	152.37	89.83	1.23
	B	2.81	229.59	101.61	3.16
	C	2.75	276.69	252.99	5.81
	D	2.61	281.02	242.25	20.09

\* X=Vehicle Ownership, Y=Loading Capacity

<Table 5> Running Efficiency Characteristics by Vehicle Ownership and by Loading Capacity

X	Y	Average Running Efficiency Characteristics			
		% of loading travel time	% of loading distance	average loading (%)	loading efficiency (%)
Private	A	63.34	65.75	65.07	44.73
	B	57.57	57.27	69.09	39.38
	C	56.77	57.07	70.17	41.04
	D	55.41	56.89	76.12	36.67
For-hire	A	67.10	65.85	72.40	48.90
	B	67.65	67.94	72.53	46.68
	C	57.37	56.80	78.81	47.27
	D	57.00	55.87	86.53	44.85

\* X=Vehicle Ownership, Y=Loading Capacity

3) Running Efficiency Characteristics by Vehicle Ownership and by loading capacity

적재통행시간율은 총 통행시간 중 적재상태의 통행시간 비중을 의미하며, 적재통행거리율은 총 통행거리 중 적재상태의 통행거리비율을 의미한다. 또한 평균 적재율은 적재통행시 적재능력에 대한 실제 적재한 중량의 비중을 의미하며, 적재효율은 총 통행수 중에서 적재상태의 통행 비중을 의미한다. 이를 기반으로 추정한 업종별·적재능력별 화물자동차의 운행효율특성을 살펴보면, 비영업용과 영업용 모두 평균적재율을 제외한 나머지 특성들은 소형 톤급일수록 큰 것으로 나타났다. 이는 적재능력이 작을수록 다수의 도착지를 경유하는 통행사슬 행태가 나타나기 때문에, 소형 톤급일수록 적재통행시간율과 적재통행거리율이 높은 것으로 판단된다. 또한 총 통행수 중에서 적

<Table 6> Trip chain characteristics by Vehicle Ownership and by loading capacity

X	Y	Average Trip Chain Characteristics					합계
		1	2	3	4	5	
Private	A	1.8	32.5	8.8	9.6	6.1	100
	B	0.5	10.9	2.5	3.2	2.5	
	C	0.5	9.5	2.5	2.6	2.3	
	D	0.1	3.1	0.1	0.5	0.6	
For-hire	A	1.8	17.5	6.3	4.6	4.3	100
	B	1.7	14.9	3.8	4.1	2.8	
	C	1.5	11.2	3.3	3.1	2.6	
	D	1.5	8.7	2.3	2.6	1.3	

\* X=Vehicle Ownership, Y=Loading Capacity

재상태의 통행비중을 의미하는 적재효율은 지역간 통행보다 도시내 여러 도착지를 경유하는 단거리 통행이 크기 때문에, 소형 톤급일수록 높은 것으로 판단된다.

4) Trip Chain Characteristics by Vehicle Ownership and by Carrying Capacity

업종별·적재능력별 통행사슬내 통행수 비율을 살펴보면, 비영업용과 영업용 모두 통행사슬내 통행수가 2개인 왕복통행의 비중이 가장 큰 것으로 나타났으며, 소형 톤급일수록 통행사슬내 통행수가 많은 것으로 나타났다. 이는 적재능력이 작을수록 도시내 단거리 통행 비중이 높은 화물자동차의 통행특성 때문인 것으로 판단된다.

III. 모형 및 자료 구축

1. 분석모형 구축

1) 활동발생모형

활동발생모형은 분석대상의 활동발생과 관련된 변수를 추정하기 위한 모형이다. 본 연구에서는 화물자동차의 활동발생과 관련된 변수를 찾기 위하여 화물자동차의 활동수(1일 총 통행수)를 모형의 종속변수로 설정하였으며, 독립변수는 화물자동차의 특성 및 첫 번째 출발준의 특성 요인들로 설정하였다. 화물자동차의 활동수는 다음과 같은 세 가지 특성을 가진다고 할 수 있으며, 특히 활동수를 발생시키는 개별 화물자동차의 효용은 절대적 수치로 비교하기가 어렵기 때문에, 화물자동차의 활동수는 상대적 크기에 대한 비교가 의미를 가지는 서수

적 특성을 가진다고 할 수 있다.

첫째, 이산적(discrete)이다.

둘째, 0 또는 양(positive)의 값을 가진다.

셋째, 서수적(ordinal) 특성을 가진다.

활동발생모형과 관련된 선행연구에서 검토된 다항선택모형(다항로짓, 다항프로빗)은 첫 번째와 두 번째의 특성은 허용하지만, 세 번째 특성인 대안의 서수적 특징을 명확하게 구현하지 못하며, 대안의 수에 따라 추정해야 할 모수의 수가 많아지는 단점이 있다. 이러한 이유로 몇몇 선행연구에서는 이항선택모형의 변형된 형태인 서열이산선택모형을 사용하기 시작하였으며, 해당 모형은 특정 질문에 대한 응답의 정도를 순서화한 자료를 종속변수로 가지는 모형을 추정하기 위하여 개발된 방법이다. 서열이산선택모형에서 효용의 구조는 식(1)과 같다.

$$y_i^* = \sum_{k=1}^K \beta_k x_{ik} + \epsilon_i \tag{1}$$

여기서,

$y_i^*$  : 개인  $i$ 가 활동을 수행하고자 하는 정도를 나타내는 효용

$x_{ik}$  : 개인  $i$ 의 활동수행 의사에 영향을 미치는  $k$ 번째 외생변수

$\beta_k$  :  $k$ 번째 외생변수의 계수

$\epsilon_i$  : 효용의 불확실성을 나타내는 개인  $i$ 의 확률적 오차항

또한 응답자가 관찰 가능한 응답  $y_i$ (활동수 등)를 선택하는 기준은 다음과 같이 일정 범위 내에서  $j$ 를 선택할 수 있도록 잠재변수  $y_i^*$ 에 의해 결정된다.  $y_i^*$ 와  $y_i$ 의 관계는 다음과 같다.(Greene, 1990). 식(2)에서  $\mu_0$ 에서  $\mu_{J-1}$ 은  $y_i^*$ 의 경계값을 나타내는 것으로 관찰 가능한 응답들에 대해  $j$ 를 선택할 수 있는 기준들이 되며, 이는 식(3)의 조건을 만족한다.

$$y = 0 \text{ if } y_i^* \leq \mu_0 \tag{2}$$

$$= 1 \text{ if } \mu_0 < y_i^* \leq \mu_1$$

$$= 2 \text{ if } \mu_1 < y_i^* \leq \mu_2$$

⋮

$$= J \text{ if } \mu_{J-1} \leq y_i^*$$

$$\mu_0 < \mu_1 < \mu_2 < \dots < \mu_{J-1} \tag{3}$$

식(1)의 미관측 요소  $\epsilon_i$ 의 분포 가정에 따라 서열프로빗모형과 서열로짓모형이 구분된다. 서열프로빗모형의 오차항은 평균이 0이고 분산이 1인 정규분포를 따른다고 가정하며, 서열로짓모형의 오차항은 평균이 0인 로지스틱분포를 따른다고 가정한다. 본 연구에서는 서열로짓모형을 기반으로 오차항의 이분산 발생이 가능한 이분산서열로짓모형을 이용하여 화물자동차의 활동발생모형을 추정한다. 이분산서열로짓모형은 활동수행 의사에 영향을 미치는 외생변수의 한계(화물자동차 운전자의 개인적 특성인 건강, 나이, 운전경력 등이 외생변수에 포함되지 않은 경우)에 의하여 오차항에 이분산이 일어나는 것을 반영할 수 있으며(Alvarez and Brehm, 1998), 오차항의 분산 구조는 식(4)와 같다.

$$\sigma_i^2 = e^{z_i\gamma} \quad (4)$$

여기서,

- $z_i$  : 종속변수의 분산과 관련된 외생변수의 벡터
- $\gamma$  : 외생변수( $z_i$ )가 종속변수의 분산에 미치는 영향의 크기와 방향을 나타내는 계수

이와 같은 이분산서열로짓모형을 활용하여 구축한 본 연구의 활동발생모형은 식(5)와 같다.

$$y_i^* = \beta_1 T_1 + \beta_2 T_2 + \beta_3 T_3 + \beta_4 T_4 + \beta_5 T_5 + \beta_6 T_6 + \beta_7 Z_{11} + \beta_8 Z_{12} + \beta_9 Z_{13} + \beta_{10} Z_{14} + \beta_{11} Z_{21} + \beta_{12} Z_{22} + \beta_{13} Z_{23} + \beta_{14} Z_{31} + \beta_{15} Z_{32} + \beta_{16} Z_{33} \quad (5)$$

여기서,

- $y_i^*$  : 화물자동차 활동수(1일 총 통행수)
- $T_1$  : 차량업종(1-영업용, 0-비영업용)
- $T_2$  : 적재통행율
- $T_3$  : 적재통행시간율
- $T_4$  : 적재통행거리율
- $T_5$  : 평균적재율
- $T_6$  : 적재효율
- $Z_{11}$  : 광업 사업체수
- $Z_{12}$  : 제조업 사업체수
- $Z_{13}$  : 도소매업 사업체수
- $Z_{14}$  : 서비스업 사업체수
- $Z_{21}$  : 국가산업단지 유무(1-유, 0-무)

- $Z_{22}$  : 농공단지 유무(1-유, 0-무)
- $Z_{23}$  : 지방 산업단지 유무(1-유, 0-무)
- $Z_{31}$  : 대형마트(할인점) 유무(1-유, 0-무)
- $Z_{32}$  : 백화점(전문점포함) 유무(1-유, 0-무)
- $Z_{33}$  : 쇼핑센터 유무(1-유, 0-무)

## 2) 도착지선택모형

도착지선택모형은 화물자동차의 도착지선택행태에 영향을 미치는 요인을 추정하기 위한 모형이며, 본 연구에서는 도착지 존과의 통행거리, 도착지 존의 사업체수, 산업 및 농공단지 유무, 유통업체 유무를 분석대상이 도착지선택시 고려하는 요인으로 설정하였다. 선택모형에는 대안의 수에 따라 이항선택모형과 다항선택모형으로 구분되며, 확률적 오차항의 분포에 따라 프로빗모형과 로짓모형으로 구분된다. 다항로짓모형은 비관련대안의 독립성(IIA property)으로 인하여 선택대안 간 상관성이 있는 경우에 적합하지 않으며, 이러한 경우 선택의 위계를 설정할 수 있는 네스티드로짓모형을 활용한다. 해당 모형들은 통행수요분석 범주에 일반적으로 활용되는 모형이며, 이외에도 혼합로짓(mixed logit), GEV(general extreme value)모형 등과 같이 다양하게 변형된 형태의 모형들이 지속적으로 개발되고 있다. 본 연구에서는 화물자동차 도착지선택모형을 추정함에 있어서 도착지 대안에 대한 특정 선택 위계를 가정하지 않았기 때문에, 모형의 정산이 용이한 다항로짓모형을 이용하여 도착지선택모형을 구축하였다. 본 연구에서 구축한 다항로짓모형의 효용식은 식(6)과 같다.

$$y_{ij}^* = \sum_{k=1}^K \beta_{jk} x_{ijk} + \epsilon_{ij} \quad (6)$$

여기서,

- $y_{ij}^*$  : 화물자동차 도착지  $i$ 가  $j$  도착지 대안에 포함될 경우의 효용
- $x_{ijk}$  :  $j$  도착지 대안에 영향을 미치는 화물자동차 도착지  $i$ 의  $k$ 번째 외생변수
- $\beta_{jk}$  :  $j$  도착지 대안의  $k$ 번째 외생변수의 계수
- $\epsilon_{ij}$  : 효용의 불확실성을 나타내는 확률적 오차항

이와 같은 다항로짓모형을 이용하여 구축한 본 연구의 도착지선택모형은 식(7)과 같다.

$$y_i^* = \beta_1 D + \beta_2 Z_{11} + \beta_3 Z_{12} + \beta_4 Z_{13} + \beta_5 Z_{14} + \beta_6 Z_{21} + \beta_7 Z_{22} + \beta_8 Z_{23} + \beta_9 Z_{31} + \beta_{10} Z_{32} + \beta_{11} Z_{33} + \beta_{12} Z_{34} \quad (7)$$

여기서,

$y_i^*$  : 도착지선택여부(1-선택, 0-미선택)

$D$  : 존간 통행거리

$Z_{11}$  : 광업 사업체수

$Z_{12}$  : 제조업 사업체수

$Z_{13}$  : 도소매업 사업체수

$Z_{14}$  : 서비스업 사업체수

$Z_{21}$  : 국가산업단지 유무(1-유, 0-무)

$Z_{22}$  : 농공단지 유무(1-유, 0-무)

$Z_{23}$  : 지방 산업단지 유무(1-유, 0-무)

$Z_{31}$  : 대형마트(할인점) 유무(1-유, 0-무)

$Z_{32}$  : 백화점(전문점포함) 유무(1-유, 0-무)

$Z_{33}$  : 쇼핑센터 유무(1-유, 0-무)

$Z_{34}$  : 시장(기타포함) 유무(1-유, 0-무)

### 3) 통행사슬행태모형

통행사슬행태모형은 화물자동차의 도착지 유형 및 적재품목 유형이 분석대상의 통행사슬내 통행수에 미치는 영향을 추정하기 위한 모형이며, 본 연구에서는 다중회귀모형을 이용하여 동남권 화물자동차의 통행사슬내 통행수와 도착지 유형과의 관계, 그리고 적재품목 유형과의 관계를 각각 분석하였다. 다중회귀모형은 두 개 이상의 독립변수를 포함하고 있는 회귀모형을 의미하며, 종속변수  $Y$ 와  $n$ 개의 독립변수  $X_1, X_2, \dots, X_n$ 와의 관계를 모수  $\beta_0$ 와  $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n$ 의 선형함수 형태로 가정한다. 이와 같은 다중회귀모형을 이용하여 구축한 본 연구의 통행사슬행태모형은 식(8), 식(9)와 같다.

$$Y = \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \beta_5 X_5 + \beta_6 X_6 + \beta_7 X_7 + \beta_8 X_8 + \beta_9 X_9 \quad (8)$$

여기서,

$Y$  : 통행사슬내 통행수

$X_1$  : 도착지 유형 중 철도역 비율

$X_2$  : 도착지 유형 중 항만 비율

$X_3$  : 도착지 유형 중 공항 비율

$X_4$  : 도착지 유형 중 공장 비율

$X_5$  : 도착지 유형 중 영업창고 비율

$X_6$  : 도착지 유형 중 자가창고 비율

$X_7$  : 도착지 유형 중 도소매업체 비율

$X_8$  : 도착지 유형 중 시장 비율

$X_9$  : 도착지 유형 중 건설현장 비율

$$Y = \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_4 X_4 + \beta_5 X_5 + \beta_6 X_6 + \beta_7 X_7 + \beta_8 X_8 + \beta_9 X_9 + \beta_{10} X_{10} + \beta_{11} X_{11} \quad (9)$$

여기서,

$Y$  : 통행사슬내 통행수

$X_1$  : 적재품목 유형 중 농림수산물 비율

$X_2$  : 적재품목 유형 중 음식료품 비율

$X_3$  : 적재품목 유형 중 섬유 및 가죽제품 비율

$X_4$  : 적재품목 유형 중 비금속광물제품 비율

$X_5$  : 적재품목 유형 중 금속제품 비율

$X_6$  : 적재품목 유형 중 목재 및 종이제품 비율

$X_7$  : 적재품목 유형 중 잡제품 비율

$X_8$  : 적재품목 유형 중 화학공업제품 비율

$X_9$  : 적재품목 유형 중 기계류 비율

$X_{10}$  : 적재품목 유형 중 전기전자 및 정밀기기 비율

$X_{11}$  : 적재품목 유형 중 광산물 비율

## 2. 분석자료 구축

### 1) 활동발생모형

동남권 화물자동차의 총 표본수 중 이상치를 제거한 2,099개의 표본을 분석자료로 활용하였다. 해당 자료를 이용하여 활동발생모형의 종속변수인 활동수와 독립변수 중 화물자동차 특성인 차량업종과 적재통행율, 적재통행시간율과 적재통행거리율, 그리고 평균적재율과 적재효율을 모형 추정에 사용할 수 있도록 구축하였으며, 독립변수 중 첫 번째 출발준 특성인 사업체수와 산업 및 농공단지 유무, 유통업체 유무는 각 시도별 통계연보 자료를 이용하여 구축하였다. 활동발생모형을 추정하기 위한 독립변수는 연속변수와 순서변수를 포함하여 총 16개이며, 분석자료 구축 결과는 <Table 7>과 같다.

<Table 7> Data - Activity Generation Model

Variables	Type
Dependent Variable	
N. of Activity (total trips a day)	Continuous
Independent Variable	
Truck attributes	
For-hire Truck ( $T_1$ )	Dummy (1=for-hire, 0=private)
% of loading trips ( $T_2$ )	Continuous
% of loading travel time ( $T_3$ )	Continuous
% of loading trip distance ( $T_4$ )	Continuous
average loading (%) ( $T_5$ )	Continuous
loading efficiency (%) ( $T_6$ )	Continuous
1st departure zone attributes	
N. of Enterprises	
Mining ( $Z_{11}$ )	Continuous
Manufacturing ( $Z_{12}$ )	Continuous
Wholesale and retail ( $Z_{13}$ )	Continuous
Service ( $Z_{14}$ )	Continuous
Industrial complex or agricultural industrial complex	
National industrial complex ( $Z_{21}$ )	Dummy
Agricultural industrial complex ( $Z_{22}$ )	Dummy
Local industrial complex ( $Z_{23}$ )	Dummy
Distribution Industry	
Major supermarket ( $Z_{31}$ ) (including retail outlet)	Dummy
Department store ( $Z_{32}$ )	Dummy
Shopping center ( $Z_{33}$ )	Dummy

2) 도착지선택모형

도착지선택모형 추정을 위한 분석 자료는 활동발생모형에서 사용한 2,099개 표본 중 첫 번째 출발존을 기준으로 통행빈도가 가장 많은 경상남도 김해시의 314개 표본을 이용하였으며, 이는 화물자동차의 통행별로 도착지가 존재하는 표본을 집계하여 구축하였다. 한편, 본 연구에서는 다항로짓모형을 이용하여 도착지선택모형을 구축하기 때문에, 분석대상이 고려할 수 있는 도착지대안 집합과 도착지선택시 선택되지 않은 도착지를 분석대상별로 설정할 필요가 있다. 이에 도착지대안집합의 경우 기존 314개 표본의 도착지 중 중복을 제외한 41개 도착

<Table 8> Data - Destination Choice Model

Variable	Type
Dependent Variable	
Choice as destination zone	Continuous
Independent Variable	
Length between zones (km) ( $D$ )	Continuous
Attributes of destination zone	
N. of enterprises	
Mining ( $Z_{11}$ )	Continuous
Manufacturing ( $Z_{12}$ )	Continuous
Wholesale and retail ( $Z_{13}$ )	Continuous
Service ( $Z_{14}$ )	Continuous
Industrial complex or agricultural industrial complex	
National industrial complex ( $Z_{21}$ )	Dummy
Agricultural industrial complex ( $Z_{22}$ )	Dummy
Local industrial complex ( $Z_{23}$ )	Dummy
Distribution Industry	
Major supermarket ( $Z_{31}$ ) (including retail outlet)	Dummy
Department store ( $Z_{32}$ )	Dummy
Shopping center ( $Z_{33}$ )	Dummy
Market (including others) ( $Z_{34}$ )	Dummy

지로 구성하였으며, 미선택 도착지는 도착지대안집합내에서 무작위 표본추출을 수행하여 분석대상별로 2개의 미선택 도착지를 부여하였다.

즉, 314개 표본을 대상으로 표본당 기존 도착지를 선택된 도착지로, 무작위 표본추출을 통해 추정된 새로운 2개의 도착지를 미선택된 도착지로 설정하여 도착지선택모형 추정을 위한 종속변수를 구축하였다. 또한 독립변수 중 중간 통행거리는 수요분석 툴인 emme/2를 이용하여 산출하였으며, 도착지 존 특성은 활동발생모형의 분석 자료와 마찬가지로 각 시도별 통계연보 자료를 이용하여 구축하였다. 이와 같이 구축된 분석자료를 살펴보면 <Table 8>과 같다.

3) 통행사슬행태모형

통행사슬행태 분석을 위한 분석자료는 활동발생모형 추정을 위한 자료와 동일한 표본을 사용하였다. 본 연구에서는 통행사슬행태 분석을 위하여 분석대상의 도착지



<Table 9> Data - by Destination Attributes

Variables		Type	
Dependent variable	N. of trips in trip chain	Continuous	
Independent Variable	% of choice in trip chain		Railway Station( $X_1$ )
			Port( $X_2$ )
			Airport( $X_3$ )
			Factory( $X_4$ )
			Commercial Warehouse( $X_5$ )
			Private warehouse( $X_6$ )
			Wholesale and Retail Business( $X_7$ )
			Market( $X_8$ )
			Construction Site( $X_9$ )

지 유형만을 고려하였으며, 각 도착지 유형별 통행사슬 내 선택비율을 산정하여 사용하였다.

한편 귀가통행의 도착지 유형은 통상적으로 통행사슬 내 마지막 도착지이기 때문에, 통행사슬내 통행수 증가에 미치는 영향이 미비할 것으로 판단하여 본 연구의 고려대상에서 제외하였다. 또한 적재품목 유형의 경우도 마찬가지로 기존 38개 화물품목 유형을 11개 화물품목 유형으로 재분류한 후, 각 품목 유형별 통행사슬내 적재비율을 산정하여 모형의 독립변수로 사용하였다. 이와 같이 구축된 분석자료는 각각 <Table 9>, <Table 10>과 같다.

#### IV. 모형추정 및 결과

##### 1. 활동발생모형

본 연구에서는 활동발생모형의 변수 중 종속변수인 활동수와 독립변수인 화물자동차 특성 변수에 대하여 오차항의 이분산성을 가정한 분석모형을 추정하였다. 모형 추정결과 동남권 화물자동차의 활동발생에 영향을 미치는 요소로는 화물자동차 특성 중 차량업종과 적재효율, 그리고 첫 번째 출발존 특성 중에서는 도소매업과 서비스업, 그리고 대형마트(할인점)와 백화점(전문점포함)인 것으로 나타났다. 즉 화물자동차가 영업용이고 적재효율이 클수록, 그리고 첫 번째 출발존의 사업체 중 도소매업과 서비스업이 많고, 유통업체 중 대형마트(할인점)와 백화점(전문점포함)이 많을수록 화물자동차의 활동수는 증가하는 것으로 나타났다. 또한 종속변수에 대한 독립

<Table 10> Data - by Loading Items

Variables		Type	
Dependent variable	N. of trips in trip chain	Continuous	
Independent Variable	% of loading in trip chain		Agriculture, Forestry and Fishery( $X_1$ )
			Food and Beverages( $X_2$ )
			Textiles and Domestic Electric Devices( $X_3$ )
			Non-metallic Mineral Products( $X_4$ )
			Metal Products( $X_5$ )
			Wood and Paper Products( $X_6$ )
			Other Products( $X_7$ )
			Chemicals and Chemical Products( $X_8$ )
			Machinery( $X_9$ )
			Electrical, Electronic and Precision Instruments( $X_{10}$ )
			Mineral Products( $X_{11}$ )

유형과 적재품목 유형에 대한 다중회귀모형을 각각 구축하며, 모형의 종속변수로는 동남권 화물자동차의 하루중 통행사슬내 통행수를 동일하게 고려하였다. 도착지 유형의 경우 모형의 독립변수로는 2005년 화물자동차통행실태조사 자료의 총 12개 도착지 유형 중 귀가통행의 도착지 유형인 가정, 차고지, 기타를 제외한 나머지 9개 도착

<Table 11> Result of Activity Generation Model

Variable	Coefficient	Standardization Coefficient	t-value	P-value
Constant	-0.556	-	-2.670	0.008
$T_1$	0.5E-06	1.7E-06	2.645	0.008
$T_6$	0.008	0.126	2.811	0.005
$Z_{13}$	0.205	415.399	2.681	0.007
$Z_{14}$	0.219	1242.675	2.509	0.012
$Z_{31}$	0.113	0.029	2.148	0.032
$Z_{32}$	0.104	0.037	1.771	0.047
goodness-of-fit	$\rho^2 = 0.717$			
	$\overline{\rho^2} = 0.713$			

<Table 12> Result of Destination Choice Model

Variable	Coefficient	Standardization Coefficient	t-value	P-value
<i>D</i>	-0.027	-2.074	-11.114	0.000
<i>Z</i> <sub>14</sub>	0.772	1.1E+05	3.225	0.001
<i>Z</i> <sub>31</sub>	0.615	0.636	3.089	0.002
<i>Z</i> <sub>32</sub>	0.434	0.422	2.330	0.020
<i>Z</i> <sub>33</sub>	0.276	0.214	1.642	0.040
<i>Z</i> <sub>34</sub>	0.8E-06	7.9E-06	5.364	0.000
goodness-of-fit	$\rho^2 = 0.594$			
	$\bar{\rho}^2 = 0.589$			

<Table 13> Result of Trip Chain Model(by Destination Attributes)

Variable	Coefficient	t-value	P-value
% of Railway Stations	2.070	6.014	0.000
% of Factories	2.270	9.435	0.000
% of Commercial Warehouse	2.707	5.164	0.000
% of Private Warehouse	2.902	41.340	0.000
% of Wholesale and Retail	3.799	26.070	0.000
% of Markets	3.454	7.326	0.000
% of Construction Site	3.157	8.263	0.000
$\bar{\rho}^2$	0.836		
Result of the Variance analysis	F-Statistics	526.482	
	P-value	0.000	

변수의 영향력을 검토하기 위하여 평균이 0이고 표준편차가 1로 조정된 표준화 계수를 추정하였으며, 추정결과 화물자동차의 활동수와 관련이 가장 큰 변수 첫 번째 출발존의 도소매업 사업체수와 서비스업 사업체수인 것으로 나타났다. 모형추정 결과 모든 변수는 95% 신뢰수준에서 통계적 유의성을 확보하는 것으로 나타났으며, 활동발생모형의 추정결과는 <Table 11>과 같다.

2. 도착지선택모형

도착지선택모형 추정결과 분석대상의 도착지선택에 영향을 미치는 요소로 도착지 존과의 통행거리와 도착지 존의 사업체 중 서비스업, 그리고 유통업체 중 대형마트(할인점)와 백화점(전문점포함), 쇼핑센터와 시장(기타

포함)인 것으로 나타났다. 즉 화물자동차의 통행이 다수 통행일 경우, 출발지 존과의 통행거리가 짧고, 사업체 중 서비스업이 많을수록, 그리고 유통업체 중 대형마트(할인점)와 백화점(전문점포함), 쇼핑센터와 시장(기타포함)이 많은 존이 도착지로 선택될 확률이 큰 것으로 나타났다. 활동발생모형과 마찬가지로 종속변수에 대한 독립변수의 영향력을 검토하기 위하여 표준화 계수를 추정하였으며, 추정결과 분석대상의 도착지선택에 가장 큰 영향을 미치는 요인은 도착지 존의 서비스업 사업체수인 것으로 나타났다. 이와 같은 추정결과를 기존 4단계 모형에 반영하여 화물자동차의 통행시행태를 모사해야 할 필요가 있으며, 추정된 변수는 모두 95% 신뢰수준에서 통계적 유의성을 확보하는 것으로 나타났다. 도착지 선택모형의 추정결과는 <Table 12>과 같다.

3. 통행시행태모형

1) 도착지 유형

분석대상의 통행시행태 통행수와 도착지 유형과의 관계를 살펴본 결과, 도착지 유형 중 항만과 공항을 제외한 모든 유형에서 95% 신뢰수준을 확보하는 것으로 나타났으며, 모형의 종속변수인 통행시행태 통행수 증가에 가장 큰 영향을 미치는 도착지 유형은 도소매업체인 것으로 나타났다. 모형의 설명력을 의미하는 수정결정계수는 0.836으로 높게 나타났으며, 도착지 유형에 대한 다중회귀모형의 추정결과는 <Table 13>과 같다.

2) 적재품목 유형

분석대상의 통행시행태 통행수와 적재품목 유형과의 관계를 살펴본 결과, 모든 품목 유형이 95% 신뢰수준을 확보하는 것으로 나타났으며, 통행시행태 통행의 적재품목 중 음식료품의 비율이 통행시행태 통행수 증가와 관련이 가장 높은 것으로 나타났다. 모형의 설명력을 의미하는 수정결정계수는 0.827로 높게 나타났으며, 적재품목 유형에 대한 다중회귀모형의 추정결과는 <Table 14>와 같다.

분석대상의 통행시행태를 살펴본 결과, 화물자동차의 통행시행태는 통행시행태내 도착지 유형 및 적재품목 유형에 따라 상이한 행태를 보이는 것으로 나타났다. 따라서 화물자동차 O/D 추정시 현재 중력모형의 통행저항함수로 고려하고 있는 존간 통행거리 또는 통행시간 이외

<Table 14> Result of Trip Chain Model(by Loading Items)

Variable	Coefficient	t-value	P-value
% of Agriculture, Forestry and Fishery	4.821	19.263	0.000
% of Food and Beverages	5.480	17.629	0.000
% of Textiles and Domestic Electric Devices	4.385	15.285	0.000
% of Non-metallic Mineral Products	4.271	10.492	0.000
% of Metal Products	4.642	32.576	0.000
% of Wood and Paper Products	4.369	13.697	0.000
% of Other Products	4.267	8.701	0.000
% of Chemicals and Chemical Products	4.479	22.322	0.000
% of Machinery	4.317	16.130	0.000
% of Electrical, Electronic and Precision Instruments	4.517	13.286	0.000
% of Mineral Products	4.127	15.230	0.000
$\bar{\rho}^2$	0.827		
Result of the Variance analysis	F-Statistics	322.654	
	P-value	0.000	

에, 도착지 근내 도착지 유형 또는 화물자동차의 적재품목 유형을 함께 고려할 경우 보다 현실적인 화물자동차의 통행사슬행태를 반영할 수 있을 것으로 판단된다.

## V. 결론

본 연구에서는 2005년 화물자동차통행실태조사 자료를 기반으로 동남권 화물자동차의 통행특성을 분석하였다. 분석결과 대도시 화물자동차의 활동발생에 가장 큰 영향을 미치는 요인으로는 첫 번째 출발존의 서비스업 사업체수인 것으로 나타났으며, 도착지선택행태의 경우도 마찬가지로 도착존의 서비스업 사업체수가 도착지 선택에 가장 큰 영향을 미치는 요인으로 나타났다. 또한 분석대상의 통행사슬내 통행수는 도착지 유형이 도소매업체이고, 적재품목이 음식료품일수록 많아지는 것으로 나타났다. 특히 활동발생모형과 도착지선택모형의 추정결과는 선행연구의 결과(활동발생모형: 산업별 종사자수, 도착지선택모형: 통행거리, 사업체수, 산업단지 유무)와 유사하기 때문에, 본 연구의 추정결과는 큰 무리가 없는 것으로 판단되지만, 향후에는 선행연구에서 사용한 변수들을 포함하여 화물자동차의 통행특성을 검토해 볼 필요가 있는 것으로 판단된다.

국내의 경우 대도시 화물자동차 O/D는 전국 기반의 전통적 4단계기법으로 추정되기 때문에, 본 연구의 분석결과와 같은 다양한 화물자동차의 통행특성을 추가로 고려할 필요가 있다. 즉, 화물자동차의 통행발생모형과 통행분포모형은 화물 물동량 특성이 아닌 대도시별 화물자동차의 통행특성(활동발생, 도착지선택, 통행사슬행태 등)을 반영하여 구축할 필요가 있다. 또한 현재는 본 연구에서 추정된 화물자동차의 통행특성을 기존 4단계 모형에 추가로 반영하고자 하지만, 화물자동차의 수요추정 모형은 점진적으로 전통적 4단계기법기반에서 통행사슬기반으로 전향되어야 하기 때문에, 향후에는 본 연구에서 추정된 모형들을 통합할 수 있는 새로운 모형이 개발되어야 한다.

한편 본 연구에서는 특정 지역을 대상으로 화물자동차의 통행특성을 검토하였기 때문에, 본 연구에서 추정된 모형들의 공간적 전이성을 추가로 검토할 필요가 있으며, 공간적 범위가 대도시인 경우와 지역간인 경우에 대한 화물자동차의 통행특성 비교를 검토할 필요가 있다. 또한 대도시 화물자동차의 수요추정 방안을 점진적으로 개선하기 위해서는 현재 5년 주기로 수행하는 전국 차원의 화물조사 보다 한 단계 세부적인 대도시 차원의 조사가 수행되어야 하며, 이를 통한 자료 구축 방안이 별도로 마련되어야 할 필요가 있다.

## 감사의 글

이 논문은 한국건설교통기술평가원에서 위탁 시행한 교통체계효율화사업(09교통체계-지능06)의 지원에 의해 수행되었습니다.

## REFERENCES

1. Alvarez, R. and Brehm, J.(1998), "Speaking in Two Voices: American Equivocation about the internal Revenue Service", American Journal of Political Science, 42, pp.418-452.
2. Gentile, G. and Vigo, D.(2007), "Movement Generation and Trip Distribution for Freight Demand Modelling Applied to City Logistics", Technical report, Università di Bologna, pp.1-35.
3. Greene, W. H.(1990), Econometric Analysis,

- Macmillan.
4. Holguín-Veras, J.(2002), "Revealed Preference Analysis of the Commercial Vehicle Choice Process", Journal of Transportation Engineering, Vol.28, No.4, American Society of Civil Engineers, pp.336-346.
  5. Joh, C. H., Kim, C. S. and Seong, H. M.(2008), "An Activity-Based Analysis of Heavey-Vehicle Trip Chains", Journal of the Economic Geographical Society of Korea, Vol.11, No.2, pp.192-202.
  6. Kim, H. S.(2010), "A Tour-Based Approach to Urban Freight Travel Demand Modeling", University of Seoul.
  7. NCHRP SYNTHESIS 384(2008), "Forecasting Metropolitan Commercial and Freight Travel", Transportation Research Board, Washington, D.C.
  8. Qian Wang and José Holguín-Veras(2008), "Investigation of Attributes Determining Trip Chaining Behavior in Hybrid Microsimulation Yrban Freight Models", Journal of the Transportation Research Board, No.2066, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C., pp.1-8.
  9. Raothanachonkun, P., Sano, K., Wisetjindawat, W. and Matsumoto, S.(2007), "Estimation Truck Trip Origin-Destination with Commodity-Based and Empty Trip Models", Journal of the Transportation Research Board, No.2008, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C., pp.43-50.
  10. Shin, S. J., Kim, C. S. Park, M. C. and Kim, H. S.(2009), "Truck Destination Choice Behavior incorporating Time of Day, Activity duration and Logistic Activity", Journal of Korean Society of Transportation, Vol.27, No.1, Korean Society of Transportation, pp.73-81.
  11. Sivakumar, A. and C. Bhat(2002), "Fractional Split-Distribution Model for Statewide Commodity-Flow Analysis", Transportation Research Record, No.1790, pp.80-88.
  12. Statistics Korea, <http://kostat.go.kr>
  13. Stefan, K. J., McMillan, J. D. P. and Hunt, J. D.(2005), "Urban Commercial Vehicle Movement Model for Calgary, Alberta, Canada", Journal of the Transportation Research Board, No.1921, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C., pp.1-10.
  14. Stefan, K. J., Hunt, J. D., McMillan, J. D. P. and Farhan, A.(2007), "Development of a Fleet Allocator Model for Calgary, Canada", Journal of the Transportation Research Board, No.1994, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C., pp.89-93.
  15. The Korea Transport Institute(2006), "National Transportation Database in 2005: Freight O/D Survey on the National Area".

✉ 주 작성자 : 한진석  
 ✉ 교신저자 : 한진석  
 ✉ 논문투고일 : 2011. 12. 7  
 ✉ 논문심사일 : 2012. 3. 3 (1차)  
                   2012. 5. 18 (2차)  
 ✉ 심사판정일 : 2012. 5. 18  
 ✉ 반론접수기한 : 2012. 10. 31  
 ✉ 3인 익명 심사필  
 ✉ 1인 abstract 교정필