

■ 論 文 ■

출발시간, 통행거리 및 물류활동 특성을 고려한 도착지 선택행태분석

Truck Destination Choice Behavior incorporating Time of Day, Activity duration and Logistic Activity

신 승 진

(한국교통연구원 신승진)

김 찬 성

(한국교통연구원 연구위원)

박 민 철

(한국교통연구원 책임전문원)

김 한 수

(서울시립대 박사과정)

목 차

- | | |
|---|--|
| <p>I. 연구배경 및 목적</p> <p>II. 문헌연구</p> <p>III. 자료수집 및 변수선정</p> <p style="padding-left: 20px;">1. 자료수집</p> <p style="padding-left: 20px;">2. 변수선정</p> | <p>IV. 모형설정 및 추정결과</p> <p style="padding-left: 20px;">1. 방법론</p> <p style="padding-left: 20px;">2. 모형추정결과</p> <p>V. 결론</p> <p>참고문헌</p> |
|---|--|

Key Words : 선택모형, 행태모형, 도착지선택, 체류시간, 물류활동
Choice Model, Behavior Model, Destination Choice, Activity Duration, Logistics Activity

요 약

여객통행과 화물통행에서 도착지를 선택하는 것은 여러 요인에 영향을 미치지만, 많은 연구들이 도착지의 유인력(Attractiveness)이 중요한 변수라고 제시하고 있다. 유인력 추정방법 중 전통적으로 사용되고 있는 집계형(Aggregation) 중력모형 보다 개인의 효용을 극대화하는 비집계형(Disaggregation)모형이 도착지의 효용을 추정하는데 더 효율적이라는 점이 많은 연구들에서 제기되었다. 본 연구는 제3차 전국물류조사의 화물자동차운전자의 통행일지를 이용한 분석으로서 도착지 선택모형을 구축하고 출발시간대, 도착지의 체류시간, 도착지의 유인력 등을 포함하여 이들의 효과를 분석하며, 정책적으로 활용 가능하도록 모형이용을 제한한다. 분석결과, 도착지행태선택모형에서 인구가 많고, 총통행거리가 짧을수록 효용이 큰 것으로 분석되었다. 인구밀도 측면에서 볼 때 화물차는 인구밀집지역을 운행하는 것을 꺼려하는 것으로 분석되었다. 운송거리 측면에서는 소형화물자동차는 운송거리가 짧을수록, 대형화물자동차는 운송거리가 클수록 효용이 큰 것으로 분석되었다. 업종별로 보면, 비영업용화물자동차는 거리가 짧을수록 유리한 것으로 분석되었으나, 영업용화물자동차의 경우 거리가 길수록 유리한 것으로 나타났다. TOD별 차종별로 살펴보면, 소형화물자동차의 경우 새벽, 오전첨두, 오후첨두에 주로 출발하였으며, 대형화물차는 낮시간대를 제외한 시간대에 주로 출발하는 것으로 분석되었다.

While various factors in passenger and freight demand analysis affect on destination choice, a key factor, in general, is an attractiveness measure by size variable(e.g., population, employment etc) in destination zone. In order to measure the attractiveness, some empirical studies suggested that disaggregate gravity model are more suitable than aggregate gravity model. This study proposes that truck travelers' trip diary data among Korean commodity flow data could be used to estimate the behaviors of incorporating trip departure time, activity duration and attractiveness in destination. As a result, the main findings of size and distance variables coincide with the conventional gravity model having a positive effect of population variable and a negative effect of distance variable. Due to disaggregate gravity modeling, the unique findings of this study reports that small trucks are more likely to choose short distance and early morning, morning peak and afternoon peak departure time choice. On the other hand, large trucks are more likely to choose long distance and night time departure time choice.

I. 연구배경 및 목적

여객통행과 화물통행에서 도착지를 선택하는 것은 여러 요인에 의하여 영향을 받지만, 많은 연구들이 도착지의 유인력(Attractiveness)이 중요한 변수라고 제시하고 있다. 여객통행의 경우 도착지 선택행태모형(Destination choice behavior model)으로 도착지의 유인력을 계량화하여 통행배분에 사용되고 있다(Portland metro 1998, Purvis 1998). 유인력 추정방법에 있어서 전통적으로 사용되고 있는 집계형(Aggregation) 중력모형 대신 개인의 효용을 극대화하는 비집계형(Disaggregation)모형이 도착지의 효용을 추정하는데 있어서 더 효율적이라는 점이 많은 연구들에서 제기되었다.(Barnard 1989, Bhat et al. 1998, Kitamura et al. 1998).

여객 통행배분 연구시 Kitamura(1984), Kitamura et al. (1998)는 기존에 “존이 통행한다”는 존기반의 통행이 변수사용에 제약이 있다는 점을 지적하고 도착지와 관련된 통행활동(통행시간 소비, 도착지에서의 시간소비, 도착지의 활동목적, 출발시간대)을 포함하여 통행행태를 설명하는 것이 더욱 의미가 있다고 보고한 바 있다. 그는 기존 존기반 통행은 출발지와 도착지간 집계화한 흐름만을 제시한 통행기반(Trip based)이며, 시간대(Time of Day)의 효과와 도착지에서의 활동시간을 설명하지 못하고, 통행교차모형이 적용될 때 수단특성이 고려되지 못한다는 것을 지적하였다. 또한 Kitamura et al. (1998), Bhat et al. (1998)는 기존 집계형 중력모형이 개인의 통행성향을 설명하지 못한다는 점을 지적하였다. 이를 극복하기 위하여 도착지에 도달한 통행자의 임금, 성별 및 나이 등이 포함되어야 모형의 설명력을 높인다고 하였다.

그러나, 화물통행에 대해서는 이러한 노력이 부족한 실정이다. 대부분 전통적인 집계형 중력모형이 사용되어 왔으며 최근에 들어서 화물통행의 중요성과 관련 연구들이 몇몇의 연구자들에 의해서 부각되고 있다. Sivakumar et al.(2002)는 미국 CFS(화물물동량 조사) 자료로부터 상업용화물자동차를 대상으로 비집계형 중력모형을 이용하여 도착지 존의 다양한 변수(인구, 고용, 밀도, 접근도)를 포함하여 설명한 바 있다. Hunt & Stefan(2007)는 Tour기반 미시교통모형을 통하여, 출발시간대 선택과 도착지에서의 활동시간(Activity Duration)을 고려하여 모형화하였다.

본 연구는 제3차 전국물류조사의 화물자동차운전자의 통행일지를 이용한 분석으로서 도착지 선택모형을 구축

하고 출발시간대, 도착지의 체류시간, 도착지의 유인력 등을 포함하여 이들의 효과를 분석하며, 정책적으로 활용 가능하도록 모형이용을 제안한다.

본 논문은 제2장에서 문헌연구를 수행한다. 화물분야의 기존 연구가 매우 부족하므로 여객분야의 내용을 일부 인용한다. 제3장은 본 연구에 사용한 자료 및 모형구성을 제시한다. 제4장은 모형의 추정결과를 제시하고, 마지막으로 연구내용을 요약하고, 정책적 활용방안을 제시한다.

II. 문헌연구

도착지를 선택하는 행태를 모형화한 분야는 다양하게 존재한다. 통근통행 외에 쇼핑지 선택, 인구이동, 무역, 여가지역 선택 등에서 비슷한 방법론을 적용하여 도착지 선택에 미치는 영향요인을 분석하였다.

도착지 선택 연구의 대표적인 사례는 주로 인구이동과 광역권내 통행목적별 통행이다. 먼저 인구이동 사례를 살펴보면, 미국의 PUMS(Public Use Microdata Samples)자료를 이용하여 도착지 선택에 미치는 영향을 분석한 Pellegrini et al.(1999)는 도착지의 인구, 출발지와 도착지간 거리, 도착지의 고용성장, 도착지의 비고용률, 도착지의 소득, 기후, 종교적 유사성 등 다양한 변수의 영향요인을 분석하였다. 인구이동 외에 광역권에서 사람 통행의 행태연구에는 존의 속성(인구, 면적, 고용자, 접근성)들을 고려한 도착지의 유인력(Attractiveness)과 도착지에서 보낸시간(Activity duration), 도착지에 도달하기까지의 통행시간(Travel time), 출발시간(Time of Day) 등을 고려하여 분석의 의미를 다양화 한 바 있다(Kitamura et al. 1998).

화물통행의 모형화 경우도 앞의 인구이동이나 여객통행과 같은 맥락에서 설명가능하다. 화물차 운전자가 도착지를 선택할 때 도착지의 속성, 개인속성, 화물차운전자가 이동한 시간대와 통행시간변수의 영향이 고려될 수 있다. 그럼에도 불구하고, 여객통행과 달리 화물을 대상으로 한 행태론적 연구는 부족한 실정이다. 다만 국내의 경우 최근 성홍모 등(2008) 연구에서 소개하고 있는 것처럼 화물통행의 연구가 기존의 통행기반 분석에서 여객과 같이 활동기반 분석으로 연구방향이 변화되고 있는 점은 연구영역을 넓힌다는 점에서 고무적이다. 이와 같은 화물연구동향은 기존 4단계 추정법에서 통행발생 원 단위, 트럭통행의 통행배분, 화물물동량의 통행배분 등

이 기존 통행기반 연구의 대표적인 사례들을 벗어나 통행의 근원을 이해하는데 도움을 줄 것으로 판단된다.

본 연구와 관련하여 화물부문에 직접적으로 인용 가능한 국외 연구는 출발시간대와 도착지에서 보낸 시간을 고려한 Tour 기반 모형의 Hunt & Stefan(2007)의 연구를 들 수 있다. 그들은 영업용화물차를 대상으로 소형, 중형, 대형화물차로 구분하고 Tour 기반 미시시물레이션 모형을 개발하였다. 그들은 각 존에서 Tour의 발생건수를 추정하는 회귀모형을 개발하고, 몬테카를로 과정을 통해 각존에서 차량유형(소형, 중형, 대형)과 목적지를 선택하고, 출발시간대를 선택할 수 있도록 모형을 구축하였다. 마지막으로 Tour의 구성요소인 통행(Stop)과 통행(Stop)이 연계되도록 구성하여 체류시간(Duration)이 미시모형에 포함되도록 하였다. 최종적으로 개발된 모형으로부터 다양한 교통정책(도로세, 연료세, 도로혼잡)에 대한 반응을 조사하였다.

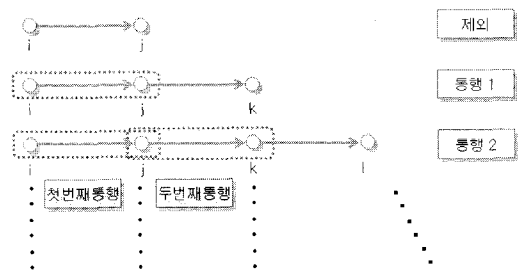
본 연구는 기존 통행기반 화물연구의 범위를 확장하고 기존 연구가 영업용화물차를 중심으로 수행된 것에서 자가용을 포함하여 분석자료의 범위가 확대된다는 점이 차별화된다.

III. 자료수집 및 변수선정

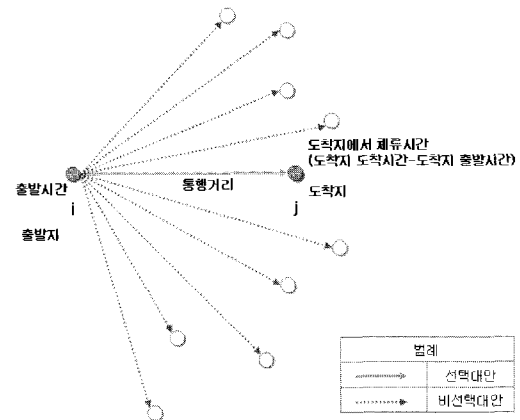
1. 자료수집

본 연구에서 사용한 자료는 한국교통연구원(2006)이 2005년도에 조사한 「전국 지역간 화물 기종점 조사」 중에서 화물자동차 운전자를 대상으로 한 화물자동차 통행실태조사 자료이다. 주요 내용은 사업소에서 출하하는 화물자동차의 업종(자가용, 영업용(일반화물, 개별화물, 용달화물 등), 적재능력(톤), 운송중량(톤), 출발지, 출발지 유형, 출발시간(시), 도착지, 도착지유형, 도착시간(시), 화물품목 적재톤, 통행거리 등이다. 화물자동차 통행실태조사에서 조사된 총 자료는 13,402대이며, 이 중 비사업용은 9,163대, 사업용은 4,239대이다.

본 연구에서는 도착지 선택행태모형 추정을 위해 조사자료를 재구성하였다. 통행실태 조사자료는 한 운전자가 하루에 최고 1번부터 15번째까지 통행하는데 각각의 통행을 대상으로 자료를 구성하였다. 이 중 마지막 통행의 경우 물류활동이 이루어 질수 있는 중계지(물류센터, 물류거점 등)가 아니기 때문에 자료에서 제외시켰다. 본 연구는 화물자동차 통행실태조사 중 19,192 통행을 대



〈그림 1〉 본 연구의 자료구성



〈그림 2〉 선택대안과 비선택대안의 개념도

상으로 하였다. 자료 구성 방법은 〈그림 1〉과 같다.

또한 본 연구에서는 조사자료를 이용했기 때문에 비선택대안 자료가 존재하지 않아 같은 출발지에서 조사자료와 다른 목적지로 도착하는 거리, 인구, 종사자수 등을 무작위 추출하여 9개의 비선택대안 자료를 생성하였다. 이와 같이 자료구축 방법은 Bhat et al(1998), Kitamura et al(1998), Sivakumar et al(2002)에서도 제시하고 있다. 따라서 최종 입력자료는 191,920 통행을 대상으로 모형추정하였다. 선택대안과 비선택대안의 개념도는 〈그림 2〉과 같다.

2. 변수선정

본 연구에서 선정한 변수는 기술통계 결과를 바탕으로 도착지에 선정하는데 영향을 미치는 변수를 대상으로 하였으며, 차종별, 업종별, TOD별로 나뉜다. 차종별로는 소형차(1톤이하), 소중형차(1~3톤), 중형차(3~8톤), 중대형(8~12톤), 대형차(12톤이상)로 구성되지만, 본 연구에서는 소형차와 대형차를 중심으로 모형을

〈표 1〉 차종별 도착지선택모형의 설명변수

구분		설명변수	
사회지표	인구	POP(인)	
	총 통행 거리	DIST(km)	
	소형인구밀도	DENSITY1(pop/면적)	
	대형인구밀도	DENSITY5(pop/면적)	
활동시간 (체류시간)	소형	ADDIST10(km*시간)	
	대형	ADDIST50(km*시간)	
운송 거리	소형	TD1(km)	
	대형	TD5(km)	
TOD	소형	새벽	T1TD1(km)
		오전첨두	T2TD1(km)
		낮	T3TD1(km)
		오후첨두	T4TD1(km)
		밤	T5TD1(km)
	대형	새벽	T1TD5(km)
		오전첨두	T2TD5(km)
		낮	T3TD5(km)
		오후첨두	T4TD5(km)
		밤	T5TD5(km)

〈표 2〉 업종별, 차종별 도착지선택모형의 설명변수

구분		업종별		
		비영업용	영업용	
사회 지표	인구	POP(인)	POP(인)	
	총 통행 거리	DIST(km)	DIST(km)	
활동 시간	AD	ADDIST1 (km*시간)	ADDIST2 (km*시간)	
운송 거리	Dist	DIST1(km)	DIST2(km)	
TOD	새벽	T1DDM1(km)	T1DDM2(km)	
	오전첨	T2DDM1(km)	T2DDM2(km)	
	낮	T3DDM1(km)	T3DDM2(km)	
	오후첨	T4DDM1(km)	T4DDM2(km)	
	밤	T5DDM1(km)	T5DDM2(km)	
구분		차종별,업종별		
		소형	대형	
사회 지표	인구	POP(인)	POP(인)	
	거리	DIST(km)	DIST(km)	
활동 시간	비영업	ADDIST11(km*시간)	ADDIST51(km*시간)	
	영업	ADDIST12(km*시간)	ADDIST52(km*시간)	
운송 거리	비영업	DDMD11(km)	DDMD15(km)	
	영업	DDMD21(km)	DDMD25(km)	
TOD	비 영 업	새벽	DDM111(km)	DDM511(km)
		오전첨	DDM121(km)	DDM521(km)
		낮	DDM131(km)	DDM531(km)
		오후첨	DDM141(km)	DDM541(km)
		밤	DDM151(km)	DDM551(km)
	영 업	새벽	DDM112(km)	DDM512(km)
		오전첨	DDM122(km)	DDM522(km)
		낮	DDM132(km)	DDM532(km)
		오후첨	DDM142(km)	DDM542(km)
		밤	DDM152(km)	DDM552(km)

구축하였다. 업종별로는 비영업용(자가용)화물자동차와, 영업용 화물자동차로 구성하였다. 마지막으로 TOD별은 새벽(1시~07시), 오전첨두(7시~9시), 낮(10시~16시), 오후첨두(16시~20시), 밤(20시~24시)으로 구성하였다. 설명변수는 도착지에 영향을 미치는 요인인 운송거리와 활동시간(Activity duration), 화물특성과 밀접한 관계가 있는 사회경제지표(인구, 총거리)를 선정하였다. 모형추정을 위한 전산프로그램으로 Limdep을 사용하여 도착지 선택행태모형을 구축하였다.

본 연구에서 화물자동차의 차종별, 업종별 특성분석을 위한 도착지 선택행태모형의 설명변수는 〈표 1〉~〈표 2〉와 같다.

IV. 모형설정 및 추정결과

1. 방법론

개별행태모형은 교통수요를 추정함에 있어서 전통적인 4단계 교통수요분석 방법과는 달리 개인 또는 가구의 비집계자료에 근거해서 교통수요를 추정하는 기법을 의미한다.

선행연구 조사로부터 본 연구의 목적에 부합하는 모형의 형태는 개별행태모형이며, 로짓모형을 사용하였다. 개별행태모형을 추정하기 위해서는 선택의 확률효용(Random Utility)을 도입해야 한다. 예를 들면 어떤 개인 n 이 i 번째 선택대안에 갖는 확률효용(Random Utility)은 다음과 같다.

$$U_i = V_{i,n} + e_{i,n} \tag{1}$$

여기서, $V_{i,n}$: 관측된 특성의 함수

$e_{i,n}$: 확률요소(random component)로 관측되지 않은 특성의 효과

의사결정자는 효용이 가장 큰 대안을 선택하므로, 개별적인 대안 i 의 선택가능성은 식(2)와 같다.

$$U(i | C_n) = \text{Prob} [(U_{i,n} > U_{j,n}), \text{ all } j \neq i, j \in C_n] \tag{2}$$

다음으로 식(1)을 이용하면, 식(2)은 다음과 같이 표

현할 수 있다.

$$P(i | C_n) = \text{Prob}(e_{jn} - e_{in} < V_{in} - V_{jn}), \text{ all } j \neq i, j \in C_n \quad (3)$$

여기서, P_i : 대안 i 가 선택될 확률
 C_n : 개별결정자 n 에 대한 선택 대안 군 (choice set)

식(3)으로부터 로짓모형을 유도하기 위해서는, 확률항(random term) e_{in} 이 와이불(Weibull)분포를 가지면서 독립적이고 동일하게 분포되어 있다고 가정한다. 로짓모형에서 개인 n 이 대안 i 를 선택할 확률 P_{in} 은 식(4)와 같다.

$$P_{in} = \frac{\exp V_{in}}{\sum_{j=1}^J \exp V_{jn}} \quad (4)$$

도착지 선택행태모형은 식(5)와 같은 형태이다.

$$P_i(j) = \frac{\exp(\delta A_j - \beta t_{ij} + \alpha Dt_{ij} + \lambda Tt_{ij})}{\sum_{k=1}^n \exp(\delta A_k - \beta t_{ik} + \alpha Dt_{ik} + \lambda Tt_{ik})} \quad (5)$$

여기서, A : 도착지 사회경제지표(인구, 거리, 밀도 사용)
 t : 중력모형상수
 Tt : Time of Day Choice(TOD)
 Dt : 도착지에서의 활동시간(체류시간)

2. 모형추정 결과

1) 개요

본 연구에서는 차종별, 업종별, 차종 및 업종별 도착지 선택행태모형을 구축하였다. 개별 설명변수는 인구, 총거리, 인구밀도, 활동시간, 운송거리, TOD로 선정하였다. 또한 모형추정은 Limdep 프로그램을 사용하여 각 대안모형별 계수, t-값, ρ^2 등을 추정하였다.

2) 출발시각 고려 차종별 도착지선택행태모형

차종별 특성분석을 위한 도착지 선택행태모형 추정결

〈표 3〉 출발시각 고려 차종별 도착지 선택모형추정결과

구분		출발시각 비첨두시 고려		출발시각 첨두시 고려	
		estimate	t-ratio	estimate	t-ratio
사회 지표	인구	3.23E-06	37.6422	3.21E-06	37.5146
	총 통행 거리	-0.04065	-62.53770	-0.04065	-62.5430
	소형인구 밀도	-0.00004	-11.62270	-0.00004	-11.6882
	대형인구 밀도	-0.00005	-15.75900	-0.00005	-15.7014
활동 시간 (체류 시간)	소형 Acti vity Dur ation	0.00136	2.07024	0.00173	2.52951
	대형 Acti vity Dur ation	0.00109	6.42080	0.00129	7.54304
운송 거리	소형 운송거리	-0.00824	-3.48134	-0.01887	-8.13207
	대형 운송거리	0.01922	20.63600	0.01355	14.17290
TOD	소형 새벽	0.00149	0.37247	-	-
	대형 새벽	0.00146	1.15387	-	-
	소형 오전첨두	-	-	0.00922	4.03089
	대형 오전첨두	-	-	0.00562	7.69849
	소형 낮	-0.01114	-4.96893	-	-
	대형 낮	-0.00643	0.00077	-	-
	소형 오후첨두	-	-	0.01232	2.95768
	대형 오후첨두	-	-	-0.00008	-0.03707
	소형 밤	-0.01986	-4.96893	-	-
	대형 밤	0.00042	0.10603	-	-
L(0)		-44191.2131		-44191.2131	
L(*)		-16305.7123		-16321.2274	
ρ^2		0.63102		0.63067	
표본수		19,192			

과는 〈표 3〉과 같다. 추정결과 대부분의 개별 설명변수에 대한 통계적 유의성(t-값)과 효용의 부호가 적정하게 도출되었다. 일반적으로 ρ^2 는 0.2~0.4 사이의 값을 가지면 아주 좋은 적합도를 갖는 것으로 평가할 수 있다고 알려졌다.(McFadden, 1976). 톤별 도착지 선택행태 모형의 설명력(ρ^2)은 0.63이상이므로 설명력이 아주 좋은 것으로 분석되었다.

도착지행태선택모형에 대한 분석은 인구가 많고, 총 통행거리가 짧을수록 효용이 큰 것으로 분석되었다. 또

〈표 4〉 출발시간 고려 업종별 도착지 선택모형추정결과

구분		비영업용			
		출발시간 비첨두시 고려		출발시간 첨두시 고려	
		estimate	t-ratio	estimate	t-ratio
사회지표	인구	2.59E-06	33.2155	2.56E-06	32.8633
	총 통행거리	-0.02378	-58.142	-0.02377	-58.1514
체류시간	비영업용 Activity Duration	0.002011	10.9455	0.002016	10.5429
거리	비영업용 운송거리	-0.01416	-14.672	-0.02614	-27.8665
TOD	새벽	-0.00100	-0.5633	-	-
	오전첨두	-	-	0.013614	13.999
	낮	-0.01363	-13.518	-	-
	오후첨두	-	-	-0.00578	-1.85542
	밤	0.001931	0.34216	-	-
L(0)		-44191.2131		-44191.2131	
L(*)		-16756.0375		-16750.3559	
ρ^2		0.62083		0.62096	
표본수		19,192			
구분		영업용			
사회지표	인구	2.57E-06	33.1085	2.57E-06	33.1643
	총 통행거리	-0.03993	-81.64	-0.03992	-81.6387
체류시간	영업용 Activity Duration	0.000470	2.30282	0.00069	3.19824
운송거리	영업용 운송거리	0.01770	19.6033	0.01212	12.9
TOD	새벽	0.00668	4.99089	-	-
	오전첨두	-	-	0.00604	7.26635
	낮	-0.00703	-7.9921	-	-
	오후첨두	-	-	-0.00311	-1.46414
	밤	0.00226	0.463084	-	-
L(0)		-44191.2131		-44191.2131	
L(*)		-16840.0498		-16864.6063	
ρ^2		0.61893		0.61837	
표본수		19,192			

한 소형화물자동차와 대형화물자동차 모두 도착지에서 체류시간(Activity Duration)이 큰 것으로 분석되었다. 인구밀도 측면에서 볼 때 화물차는 인구밀집지역을 운행하는 것을 꺼려하는 것으로 분석되었으며, 대형화물자동차가 소형화물자동차보다 인구가 밀집된 곳의 운행을 피하는 것으로 분석되었다. 이는 소형자동차의 경우 인구밀도가 높은 대도시를 주로 다니며, 대형차의 경우 거리가 먼 지역 간 화물을 운송하면서 인구밀집지역을 피하여 통행하는 경우가 많기 때문이며, 터미널 이용 여부, 시간대/구간대별로 많은 제약이 있기 때문인 것으로 판단된다. 운송거리 측면에서는 소형화물자동차는 단지

〈표 5〉 출발시간 고려 차종별, 업종별 도착지선택모형추정결과

구분		소형화물자동차			
		출발시간 비첨두시 고려		출발시간 첨두시 고려	
		estimate	t-ratio	estimate	t-ratio
사회지표	인구	2.64E-06	3.40E+01	2.64E-06	3.40E+01
	총 통행거리	-0.02943	-88.8577	-0.02943	-88.85730
체류시간	비영업용 Activity Duration	0.00275	3.76204	0.00287	3.87915
시간	영업용 Activity Duration	-0.00128	-0.99149	-0.00023	-0.17005
거리	비영업용 운송거리	-0.02774	-9.15709	-0.03991	-14.79950
	영업용 운송거리	-0.00687	-1.97164	-0.00930	-2.55374
TOD	비영업용 새벽	-0.00648	-1.13088	-	-
	영업용 새벽	0.01770	3.85522	-	-
	비영업용 오전첨두	-	-	0.01210	3.99312
	영업용 오전첨두	-	-	-0.00138	-0.42217
	비영업용 낮	-0.01248	-4.17607	-	-
	영업용 낮	-0.00302	-0.93908	-	-
	비영업용 오후첨두	-	-	0.01013	1.52636
	영업용 오후첨두	-	-	0.00648	1.32454
	비영업용 밤	-0.01516	-0.78945	-	-
	영업용 밤	-0.01860	-0.23488	-	-
L(0)		-44191.2131		-44191.2131	
L(*)		-16892.2952		-16899.0605	
ρ^2		0.61775		0.61759	
표본수		19,192			
대형화물자동차		대형화물자동차			
사회지표	인구	2.55E-06	32.4857	2.54E-06	3.25E+01
	총 통행거리	-0.04416	-78.8704	-0.04416	-78.87230
체류시간	비영업용 Activity Duration	0.00192	6.65870	0.00197	6.87369
시간	영업용 Activity Duration	0.00070	3.22200	0.00093	4.28476
거리	비영업용 운송거리	0.01538	11.41090	0.00774	5.71771
	영업용 운송거리	0.02747	27.81470	0.02351	23.10070

<표 계속>

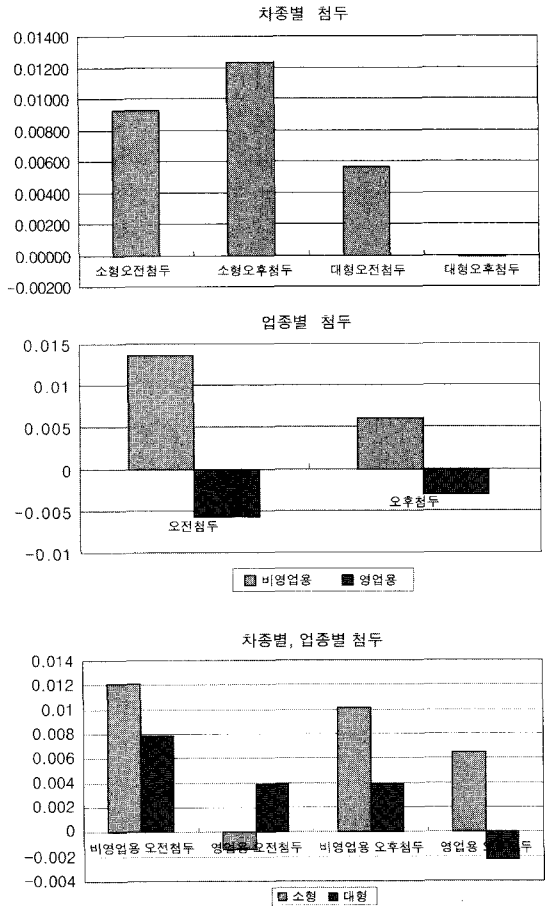
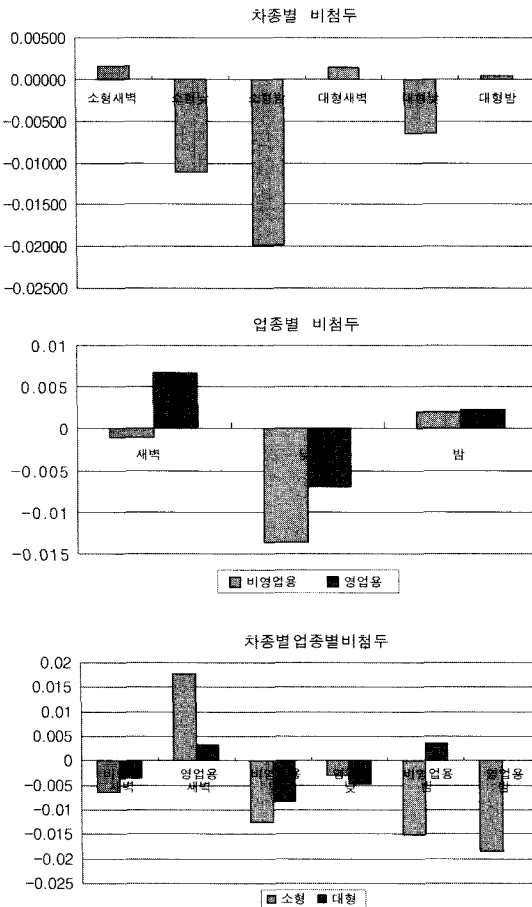
구분	소형화물자동차				
	출발시간 비첨두시 고려		출발시간 첨두시 고려		
	estimate	t-ratio	estimate	t-ratio	
T O D	비영업용 새벽	-0.00360	-1.38213	-	-
	영업용 새벽	0.00338	2.34076	-	-
	비영업용 오전첨두	-	-	0.00784	5.92675
	영업용 오전첨두	-	-	0.00390	1.16474
	비영업용 낮	-0.00829	-6.03142	-	-
	영업용 낮	-0.00470	-5.10030	-	-
	비영업용 오후첨두	-	-	0.00390	1.16474
	영업용 오후첨두	-	-	-0.00225	-0.84699
	비영업용 밤	0.00355	0.53132	-	-
	영업용 밤	0.00003	0.00514	-	-

리일수록, 대형화물자동차는 장거리일수록 선호하는 것으로 분석되었다.

3) 출발시간 고려 업종별 도착지선택태도모형

업종별 특성분석을 위한 도착지 선택태도모형 추정결과는 <표 4>와 같다. 추정결과 대부분의 개별 설명변수에 대한 통계적 유의성(t-값)과 효용의 부호가 적절하게 도출되었다. 업종별 도착지 선택태도모형의 설명력(ρ^2)은 0.61이상으로 설명력이 아주 좋은 것으로 분석되었다.

업종별로 보면, 영업용과 비영업용 모두 체류시간(Activity Duration)이 길수록 많이 선호하는 것으로 분석되었다. 운행거리측면에서 살펴보면 비영업용화물자동차는 거리가 짧을수록 유리한 것으로 분석되었으나, 영업용화물자동차의 경우 거리가 길수록 유리한 것으로 나타났다.



<그림 3> TOD 분석결과

차종별, 업종별로 살펴보면, 비영업용 소형화물자동차는 체류시간이 길수록 경쟁력이 있는 것으로 분석되었으나, 영업용 소형화물차는 체류시간 짧을수록 경쟁력 있는 것으로 분석되었다. 그러나 대형화물자동차 경우 비영업용 활동시간(Activity Duration)이 영업용 보다 긴 것으로 분석되었다. 운송거리 측면에서는 비영업용 소형화물자동차가 영업용 소형화물자동차의 운송거리보다 단거리를 운행하는 것으로 분석되었으며, 영업용 대형화물자동차가 장거리를 운행하는 것으로 나타났다.

4) 출발시간 고려 차종별/업종별 도착지선택행태모형

차종별/업종별 특성분석을 위한 도착지 선택행태모형 추정결과는 <표 5>와 같다. 추정결과 대부분의 개별 설명 변수에 대한 통계적 유의성(t-값)과 효용의 부호가 적절하게 도출되었다. 업종별 도착지 선택행태모형의 설명력(R^2)은 0.61이상으로 설명력이 좋은 것으로 분석되었다.

<그림 3>은 TOD 분석결과를 나타낸 것이다. TOD별 분석결과를 차종별로 살펴보면, 소형화물자동차의 경우 새벽, 오전첨두, 오후첨두에 많은 차량이 출발하였으며, 대형화물차는 낮시간대를 제외한 시간대에 많이 출발하는 것으로 분석되었다. 소형화물자동차의 경우 밤시간대 출발하는 차량이 가장 적는데 그 이유는 소형화물자동차는 주로 대도심(인구밀집지역)을 통행하기 때문인 것으로 판단된다.

업종별 TOD 결과를 살펴보면 비영업용의 경우, 새벽과 낮시간대를 피하며, 영업용의 경우 낮, 오전/오후첨두시간대를 피하여 운행하는 것으로 분석되었다.

차종별, 업종별 TOD결과에서는 비영업용 소형화물자동차의 경우 오전첨두시, 오후첨두시에 많이 운행하며, 영업용의 경우 새벽, 오후첨두에 많이 운행하는 것으로 분석되었다. 비영업용 대형화물자동차의 경우 밤, 오전첨두, 오후첨두시간대 많이 운행되며, 영업용의 경우, 오전/오후첨두, 새벽에 주로 운행하는 것으로 분석되었다.

V. 결론

본 연구는 화물통행을 대상으로 통행 목적지의 유인력을 전통적 중력모형이 아닌 비집계형 중력모형을 추정하여 해석하였다. 모형에 사용한 변수는 기존 존의 인구, 고용자수와 같은 크기 변수와 거리변수 외에 출발시간대, 도착지에서의 체류시간 등을 포함하도록 하였다. 연

구에 사용된 자료는 제3차 전국물류현황조사 중 통행일지자료를 활용하였다. 주요 분석결과는 아래와 같이 요약된다.

분석결과, 도착지행태선택모형에서 인구가 많고, 총통행거리가 짧을수록 효용이 큰 것으로 분석되었다. 인구밀도 측면에서 볼 때 화물차는 인구밀집지역을 운행하는 것을 꺼려하는 것으로 분석되었다. 운송거리 측면에서는 소형화물자동차는 운송거리가 짧을수록, 대형화물자동차는 운송거리가 클수록 효용이 큰 것으로 분석되었다. 업종별로 보면, 비영업용화물자동차는 거리가 짧을수록 유리한 것으로 분석되었으나, 영업용화물자동차의 경우 거리가 길수록 유리한 것으로 나타났다. TOD별 차종별로 살펴보면, 소형화물자동차의 경우 새벽, 오전첨두, 오후첨두에 주로 출발하였으며, 대형화물차는 낮시간대를 제외한 시간대에 주로 출발하는 것으로 분석되었다.

본 연구가 분석의 다양성을 시도하였다는 점에서 기여도가 있을 것이라고 판단되나, 분석의 다양성 뿐만 아니라 조사표에서의 개선사항이 많이 필요하다고 판단된다. 먼저, 산업업종 또는 품목을 고려하여 도착지 선택에 미치는 영향요인을 분석할 필요가 있다. 또한 조사표 개선과 관련해서 도착지에서 운전자가 무엇을 하면서 시간을 보냈는지에 대한 항목이 부재하여 물류활동을 하면서 보낸 것인지 개인활동을 하면서 보낸 것인지 등 도착지에서의 물류활동에 대해 보다 상세한 조사항목이 필요하다. 이를 통하여 물류활동에 적합한 도착지 선택모형의 정립이 이루어져야 할 것으로 판단된다.

알림 : 본 논문은 대한교통학회 제59회 학술발표회 (2008.10.24)에서 발표된 내용을 수정·보완하여 작성된 것입니다.

참고문헌

1. 성홍모·김찬성·신승진 (2008), 화물자동차의 통행행태 분석 (통행사슬 분석을 중심으로), 대한교통학회지, 제26권 제5호, 대한교통학회, pp.7~16.
2. Barnard, P. (1987) Modeling shopping destination choice behavior using the basic multinomial logit model and some of its extensions, Transport Reviews, Vol. 7, pp.17~51.
3. Bhat, C., A. Govindarajan, & V. Pulugurta (1998) Disaggregate attraction-end choice

- modeling: Formulation and empirical analysis, Transportation Research Record 1645, pp.60~68.
4. Sivakumar, A. and Bhat, C.R.(2002), "A Fractional Split Distribution Model for Statewide Commodity Flow Analysis", Transportation Research Record, Vol. 1790, pp.80~88.
 5. Hunt, J & k. Stefan (2007) Tour-based microsimulation of urban commercial movements, Transportation Research Part B, Vol. 41, pp.981~1013.
 6. Kitamura, R (1984) Incorporating trip chaining into analysis of Destination Choice, Transportation Research Part B, Vol. 18, pp.67~81.
 7. Kitamura, R., C. Chen & R. Naryanan (1998) Traveler Destination Choice Behavior - Effects of Time of Day, Activity Duration, and Home Location, Transportation Research Record 1645, pp.76~81.
 8. Portland Metro (1998) Technical Specifications for the March 1998 Travel Demand Model. Oregon: Portland.
 9. Pellegrini, P. & Fotheringham, S. (1999) Intermetropolitan migration and hierarchical destination choice: a disaggregate analysis from the US Public Use Microdata Samples, Environment and Planning A, Vol. 31, pp. 1093~1118.
 10. Purvis, C. L. (1998) Incorporating Land Use and Accessibility Variables in Travel Demand Models, Paper presented at the ASCE Specialty Conference on Transportation, Land Use, and Air Quality. Oregon: Portland.

- ✉ 주 작성자 : 신승진
- ✉ 교신저자 : 신승진
- ✉ 논문투고일 : 2008. 10. 24
- ✉ 논문심사일 : 2009. 1. 29 (1차)
2009. 2. 16 (2차)
- ✉ 심사판정일 : 2009. 2. 16
- ✉ 반론접수기한 : 2009. 6. 30
- ✉ 3인 익명 심사필
- ✉ 1인 abstract 교정필