

우리나라 대형 화물차의 통행사슬 분석:활동기반모형 적용

조창현* · 김찬성** · 성홍모***

요약: 통행수요예측을 위한 기간의 활동기반모형은 통행자가 어떠한 활동에 무슨 교통수단을 이용하여 도달하고, 어떻게 시간을 소비하고 누구와 같이 활동을 하는지에 대한 물음에 답하기 위해 여객 중심으로 진행되었으며, 활동기반 혹은 통행기반 가구통행실태 조사 자료가 분석에 사용되었다. 본 연구는 여객이 아닌 화물차 운전자를 연구 대상으로 하며, 하루 동안 화물관련 활동이 기록된 자료가 사용된다. 여객의 통행이 통행자의 주관이 강하게 반영된 의사결정의 결과물이라면, 화물의 경우 화주와 운송업체의 영향이 크게 반영된 스케줄의 결과물이라는 차이가 있다. 본 연구는 여객의 활동기반 통행분석의 기법을 적용하여 대형 화물차의 통행사슬을 분석한다. 본 연구는 2005년에 수행된 제3차 전국물류현황조사 자료 중 8톤 이상 대형 화물자동차 운행다이어리 자료를 이용하였으며, 분석에 사용된 자료의 특징은 화물차 운전자가 하루 동안 통행한 운행 일지를 기록한 것으로 적재능력, 적재품목, 적재상태, 도착지, 도착시간 등이 기록된 것이다. 분석 결과, 영업용과 자가용 별로 도착지, 도착지유형, 적재품목 시퀀스에서의 차이를 확인할 수 있었으며, 이들을 통합한 다차원 시퀀스 역시 차이가 있음을 확인하였다.

주요어: 화물차, 물류조사, 통행사슬, 활동기반, 핵심정보

1. 서론

그동안 활동기반모형은 통행자가 어떠한 활동에 무슨 교통수단을 이용하여 도달하고, 어떻게 시간을 소비하고 누구와 같이 활동을 하는지에 대한 물음에 답하기 위해 여객통행 중심으로 진행되었다. 해외 뿐만 아니라 국내에서도 이 부분에 대한 연구가 상당히 누적된 상태이다. 주로 통행행태분석 측면에 치중하고 있다는 비판이 일기도 하였지만, 최근 활동기반모형과 전통적인 통행기반모형 간 결합의 노력으로가

지 상당히 연구가 진행되고 있다. 이러한 노력의 결과로서 전통적인 교통계획 4단계추정의 결과물과 연계될 수 있도록 Albatross의 결과물이 이용된 사례가 최근 네덜란드를 대상으로 시도된 바 있다 (Arentze, *et al.*, 2008).

여객통행에서 활동기반 연구의 기본적인 가정은, 특정한 사회경제적, 상황적 특성은 특정한 유형의 활동패턴을 갖는다는 것이다. 서로 다른 공간에서의 활동들을 수행하기 위해 공간 극복의 개별 통행이 유발 되는데, 그 빈도와 유형 역시 활동패턴의 전체적인

* 경희대학교 지리학과 조교수

** 한국교통연구원 책임연구원

*** 한국교통연구원 연구원

유형에 의해 규정된다. 통행 수요가 유발된 것이라는 주장은 이에 근거한다. 출근시차제나 재택근무, 카풀, 통행료 징수, 환승역 설치, 버스 노선 조정 등등의 교통 수요 관리 정책 수단은 일상 활동 수행 패턴의 변화를 통해 통행 수요 변화에 영향을 미친다. 특정의 사회경제적, 상황적 특성이 특정 활동 패턴과 연관되는 원리는 정책 수단에 대한 개인의 반응이 어떻게 전개되리라는 전망에 대한 중요한 정보를 제공한다. 개인 반응의 총합은 도시 공간상에서 도시 교통 서비스에 대한 집합적 공간행동으로 발현된다는 것이다.

본 연구는 화물차 운전자가 통행한 통행일지자료를 이용하여 여객통행 분야의 잘 정의되고 발달된 활동기반모형을 적용한다. 이때, 여객통행에서 정의된 개념이 화물통행에 적용 가능하지가 논란의 여지가 있을 수 있다. 본 연구는 여객통행의 목적 중에서 출퇴근 통행이 차지하는 비중이 크고 강제성을 가진다는 점과, 화물차의 통행이 화주나 운송업체 그리고 운전자간의 강한 계약관계에 의한 강제성을 가지는 점이 유사하며, 여객통행이 효용극대화에 근거한 시공간적 스케줄을 짜는 것과 마찬가지로 트럭운행은 예산제약과 시공간적 제약이 개인통행보다 더욱 이성적으로 짜인다는 점 등에서 여객모형 방법론의 화물교통 적용가능성을 보고 있다. 부연설명하면, 여객통행과 마찬가지로 화물통행도 유발된 교통이며, 여객통행이 통행자의 주관이 강하게 반영된 의사결정의 결과물이라면, 화물의 경우 화주와 운송업체가 갖는 예산제약의 현실적 영향이 크게 반영된 보다 합리적 스케줄의 결과물이라는 특성을 갖는다.

본 연구에서 사용한 자료는 2005년에 수행된 제3차 전국물류현황조사 자료 중 화물자동차 운행다이어리 자료이며, 분석에 사용된 자료의 특징은 화물차 운전자가 하루 동안 통행한 운행 일지를 기록한 것으로, 적재능력, 적재품목, 적재상태, 도착지, 도착시간, 도착지 유형 등이 기록되었다. 약 13,000대의 조사자료 중 물동량의 분담이 크고, 도로 상태에 미치는 영향이 크며, 운영비에 민감한 특성을 갖는 대형

화물차에 분석의 주안점을 둔다.

본 연구는 활동기반 통행분석의 기법을 적용하여 대형 화물차의 통행사슬을 분석하는 데 목적을 둔다. 특히, 개별 운행 사건들 간의 구조적 연관성을 고려한 화물차 운행패턴의 유형분류 및 유형별 특성의 프로파일을 작성하고 해석한다. 이중 화주의 의사결정이 강한 자가용화물차와 운송업체의 의사결정이 강한 영업용 화물차의 패턴을 분석하고 각각의 차이점을 논한다.

본 연구의 구성은 다음과 같다. 제2장은 문헌연구를 통해 여객부문 통행사슬의 유형분류를 소개하고, 화물부문 적용의 시사점을 논의한다. 제3장은 본 연구의 분석에 사용된 자료를 설명한다. 약 1500대의 8톤 이상 대형 화물차 운행 실태 표본의 기술통계적 특성이 소개된다. 제4장은 다차원 정보배열비교법에 의한 영업용과 자가용 화물차 운행의 구조적 특성 분석 결과를 소개한다. 끝으로 제5장은 연구 결과의 요약과 향후 연구 과제를 제시한다.

2. 문헌연구

도시 교통 계획에서 화물 통행이 차지하는 실제적인 비중은 대단히 높으나, 이론적인 연구는 여객 통행 연구에 비해 활발하지 못하다. 그동안의 화물 통행 관련 연구 성과들은 여객 통행에서의 4단계 통행 수요 예측 이론이나, 공급자 중심의 기종점통행량 최적화와 총량적인 네트워크 분석 분야에 집중해 있다. 최근 화물 통행이 도시 내 전체 통행 흐름에서 차지하는 중요성에 대한 인지가 높아지고, 자가용 화물차 주들의 능동적 사업 비율의 증가로, 시스템 중심의 총량적 분석에 더해 유통경로의 최적화를 위해 화물차주들이 개별 화물 통행 운행에 대해 가져야 하는 의사결정의 원리를 탐구할 필요성이 제기되고 있다 (Pendyala *et al.*, 2005).

여객의 경우 활동기반 자료를 이용한 통행사슬에

관한 연구가 상당히 누적된 상태이다. Strathman, *et al.*(1994), Pendyala & Goulias(2002) 등이 대표적인 사례연구들이다. 반면 화물의 경우 사례연구를 거의 찾아보기 힘들다. 최근에 연구가 조금씩 이루어지고 있는데, 사례연구로서 Holguin-Veras (2005)는 사업용 화물차에 대한 통행사슬연구를 수행한바 있다. 여객의 가구설문조사표에서 화물차 운전자의 통행행태를 분석하였는데, 그는 차량 형태와 통행 목적에 따른 통행행태를 분석하였다. 분석 결과에 의하면 통행사슬의 수가 증가할수록 목적 통행의 횟수가 감소하며, 특히 다른 차종에 비하여 화물차에서 이러한 특성이 두드러졌다. 또한 화물차량은 다른 차량에 비하여 귀가하는 통행의 비율이 낮았으며, 출퇴근의 용도 등 여객통행의 기능도 병행되어지는 것으로 나타났다. Holguin-Veras Thorson (2003)는 통행사슬 모형을 통하여 공차통행을 모형화하는 연구를 수행하였다. 기본적으로 통행사슬의 순서에 따른 공차통행 조사자료를 가지고 확률적으로 도출하는 연구를 수행하였다. Figliozzi (2007)은 영업용 차량의 통행 행태를 유형화하여 VKT (vehicle kilometer traveled) 자료를 가지고 모형을 해석 및 분석하였다. 그에 따르면 서비스 지역 및 통행 유형에 따라 평균 통행거리와 통행분포의 형태가 결정되어질 수 있다는 결론을 도출하였다.

서로 다른 화물차 운행 패턴에 대한 연구는, 서로 다른 운행 패턴들이 도시 공간 구조와 체계적인 관계를 가질 수 있으며, 이러한 관계가 결국 화물차 운행 효율성을 결정하는 요인이 될 수 있다는 사실로부터 그 중요성을 인정받고 있다 (김찬성, 2006). 화물차주들의 화물차량 운행에 대한 개인별 의사결정 지원 시스템을 개발하는 데 기초가 되는 화물차 통행 특성을 개별 화물차주 입장에서 분석하고 관찰되는 차량 운행 패턴을 유형화함으로써, 화물차 운행 의사결정 지원 체계 수립의 기초 정보가 필요하다.

통행 행태와 관련된 개인별 의사결정 이론에는 기간 효용극대화의 계량경제학적 이론에 기초하여 개별 통행 또는 통행 패턴의 횡단면적 (cross-sectional)

특성을 분석하는 연구가 주류를 이루어 왔으나 (Bowman & Ben-Akiva, 1995; Oh *et al.*, 2004), 개별 통행 의사결정들 간 상호 연관관계의 이론화를 고려한 보다 현실적인 의사결정 지원 연구 필요성이 지속적으로 제기되어 왔다 (Timmermans *et al.*, 2002). 따라서 본 연구는 관찰되는 개별 통행 사건들 간의 상호관련성을 중심으로 전체적인 화물차 운행 패턴을 분석할 수 있는 패턴인식 기법의 하나인 정보배열 비교법을 이용하여 화물차주들의 운행 특성을 유형화하고, 핵심정보추출법을 이용하여 화물차 운행 유형별 특성을 프로파일한다.

본 연구의 선행연구로서 복잡한 도시 공간구조에서 개인의 일상 활동이 영향을 받는 원리에 관련한 패턴과 프로세스의 연구가 수행되었다. 여기에는 일상 활동의 복잡한 패턴 (활동 목적, 활동 수단, 장소, 교통수단, 동반인, 시간사용 등)을 패턴인식의 이론에 근거하여 유의한 구분이 가능한 유형으로 분류하는 작업과 (Joh *et al.*, 2001, 2002a, 2008), 인지심리학의 의사결정 행동 원리 이론에 근거한 구체적인 실행 이론 연구 (Joh *et al.*, 2002b, 2005) 등이 포함된다.

연구의 개념화는 일상 활동의 내용들이 상호 관련되어 있고 이는 개인과 개인, 개인과 사회와의 관련을 통해 파악할 수 있다는 시간지리학적 관점에서 출발한다 (조창현, 2006). 개인과 사회와의 다양한 사회 공간적 관계는 일상 활동의 구체적인 목록과 내용을 결정짓는다는 관점이다. 이를 개별 화물 통행 사건들간의 연쇄관계를 연구하는 경우로 응용하면, 통행 목적지, 운반 화물 품목, 무게, 통행시간, 통행거리 등 주어진 기간 내 개별 화물 운행 사건의 중요 특성들에 관한 의사결정은 상호 관련되어 있고, 다양한 화물통행 사례는 이들 관련성 (connectivity) 내용에 근거하여 소수의 대표적 유형으로 구분할 수 있으며, 이를 통해 이들 유형이 통행 주제, 지역적 특성, 통행 효율성 등과 갖는 체계적인 관계를 확인할 수 있다는 것이 연구의 핵심 개념이다. 본 연구 보고는 이 중 개별 통행 사례간의 구조적 연관성의 분석에 중점을 둔다.

이제까지의 개별 화물 차주들의 화물차 운행 패턴에 대한 연구가 그 중요도에 비해 활성화되지 못하고 있는 점을 감안할 때, 본 연구는 학문적으로 화물 통행 연구 분야의 새로운 방법론적 논의와, 실행적으로 수요자 중심의 화물통행 교통 정책 수단 개발을 위한 논의를 제안하려는 장기적인 목표의 시작으로 수행되었다.

3. 분석자료

2005년 전국물류현황조사 중 화물차운행일지자료가 분석에 사용된다. 전국의 제조업체와 도소매업체가 보유 또는 이용하고 있는 화물차를 대상으로 조사된 것이다. 서비스업 등에서 보유 또는 이용하고 있는 것은 조사되지 않았으므로 분석에 사용되는 자료가 우리나라 화물차의 통행패턴을 대표하지는 않는다는 인식이 필요하다. 조사된 전체 화물차 운행 패턴은 13210 건이며, 이 중 8톤 이상 화물차 운행 패턴은 전체의 11.6%인 1526 건이다. 이 중 영업용은 1081건, 자가용은 445 건이다 (표 1).

이하에서는, 8톤 이상 화물차의 영업용과 자가용별 횡단면적 운행 특성을 요약한다. 횡단면적 운행 특성은 집단별 평균 총통행횟수, 총통행거리, 총통행

표 1. 톤 급 및 영업형태 별 운행패턴 보고 건수

차종구분	조사대수	비중(%)
1톤이하 사업용	1212	9.2
1톤이하 자가용	5564	42.1
1-3톤 사업용	750	5.7
1-3톤 사업용	1710	12.9
3-8톤 사업용	1132	8.6
3-8톤 사업용	1316	10.0
8톤이상 사업용	1081	8.2
8톤이상 자가용	445	3.4
합계	13210	100.0

시간, 총적재톤수, 운행효율성 (평균적재율, 적재효율, 공차수비율, 공차거리율, 공차시간율), 도착지, 도착지유형, 적재품목 등을 포함한다. 각 운행효율성 지표의 집단 간 t 검정 결과도 보고한다.

1) 통행 특성

평균 통행 횟수에서는 큰 차이가 없으나, 나머지 특성인 총통행거리, 총통행시간, 총적재톤수는 영업용이 매우 크다. 이들 세 특성의 표준편차 수치 역시 영업용이 자가용에 비해 매우 크다 (표 2).

표 2. 영업용 및 자가용 8톤 화물차 통행 특성

물리적 특성	영업용		자가용	
	평균	std	평균	std
총통행수	2.33	1,700	2.77	1,960
총통행거리	258.94	231,544	161.58	174,314
총통행시간	286.32	223,301	199.66	143,683
총적재톤수	19.92	21,892	14.00	13,173

2) 운행효율성 특성

영업용 화물차의 평균적재율과 적재효율이 자가용에 비해 크며, 공차 관련 지표는 모두 낮아, 영업용 화물차의 운행효율성이 자가용에 비해 평균적으로 높다 (표 3). 각각의 운행효율성 지표의 의미와 계산 방법은 신동선 (2006)의 연구를 참조하면 된다.

표 3. 영업용/자가용 8톤 화물차 운행효율 특성

물리적 특성	영업용		자가용	
	평균	std	평균	std
평균적재율	86.14	25.196	73.08	35.247
적재효율	57.04	27.379	40.44	23.163
공차수비율	35.98	24.153	44.43	16.537
공차거리율	34.16	24.207	43.47	17.756
공차시간율	34.48	24.303	43.29	17.568

표 4. 영업용/자가용 8톤 화물차 운행효율성 차이

	t	자유도	유의확률	평균차
평균적재율	8.140	1524	0.000	13.063
적재효율	11.237	1524	0.000	16.596
공차수비율	-6.756	1524	0.000	-8.450
공차거리율	-7.342	1524	0.000	-9.312
공차시간율	-6.938	1524	0.000	-8.812

두 집단 간 각 운행효율 지표 별 t 검정 결과 이리 한 차이는 통계적으로 유의함을 알 수 있다 (표 4).

3) 운행패턴 특성

운행패턴 특성으로는 영업용과 자가용 각각의 도착지유형과 운반물품의 빈도를 계산, 비교하였다 (표 5, 6). 도착지유형 빈도를 보면, 영업용은 항만, 공항, 공장, 영업창고, 도소매업체 유형에의 도착 비율이 높은 반면, 자가용은 철도역, 가정, 기타 유형에의 도착 비율이 높은 것으로 나타났다. 두 유형 간 별 차이가 없는 도착지유형은 자가창고, 시장, 건설현장, 차고지 등이다. 전체적으로, 공장 도착지유형이 압도적으로 높은 비율을 차지하고 있으며, 건설현장 역시 매우 높은 비율이다. 자가용의 경우 기타 유형에의

표 5. 화물차 도착지유형 빈도 (%)

도착지유형	영업용	자가용
철도역	0.239	0.731
항만	3.262	1.380
공항	0.438	0.162
공장	44.073	39.286
영업창고	6.245	3.653
자가창고	7.160	7.224
도소매업체	8.194	6.331
시장	0.438	0.487
건설현장	12.689	13.149
가정	0.517	1.542
차고지	12.291	13.231
기타	4.455	12.825
총도착지수	2514	1232

표 6. 화물품목 빈도 (%)

품목구분	영업용	자가용
공차	43,238	45,049
농산물	3,083	2,216
임산물	0,210	0,148
수산물	0,631	0,000
축산물	1,682	0,148
석탄광물	3,504	2,954
석회석광물	8,269	5,170
원유/천연가스	1,752	2,363
금속광물	5,606	3,988
비금속광물	17,940	6,056
음식료품	3,784	5,022
담배제품	0,561	0,000
섬유제품	2,032	2,954
의복/모피	1,051	0,591
가죽/신발	1,051	0,591
목재/나무	1,402	0,739
종이	3,434	3,840
출판/인쇄	0,140	1,477
석유정제/핵	0,771	1,477
화학제품	4,975	4,431
고무/플라스틱	4,975	2,363
비금속광물제품	7,358	4,431
1차금속제품	5,326	5,170
조립금속제품	5,606	5,318
기타기계장비	3,364	9,453
사무기기	0,000	0,295
기타전기기기	1,962	3,693
영상/음향/통신기기	0,631	0,295
의료/정밀/광학/시계	0,210	0,295
자동차/트레일러	2,313	2,954
기타운송장비	0,420	0,443
가구	1,051	1,034
재생재료가공	0,701	2,659
우편물	0,000	0,148
폐기물	0,350	14,919
택배화물	2,733	1,477
이사화물	0,140	0,295
기타	0,491	0,443
잡화	0,000	0,148
건설자재	0,491	0,000
공차제외 총운반횟수	1427	677

도착이 매우 높은 비율임은 특징적이다.

적재품목 빈도를 보면, 공차 비율이 영업용은 43.24%, 자가용은 45.05%이며, 공차를 제외한 물품 운반 빈도는 영업용이 1427, 자가용이 677 건이다.

전체적으로, 석회석광물, 비금속광물, 1차금속제품, 조립금속제품 등이 두 집단 모두 5%를 넘는 높은 빈도를 나타냈다. 모든 톤 급의 전체 화물차 운행에서는 음식료품, 조립금속제품, 택배화물이 매우 높은 비중을 보이나, 8톤 이상 화물차량 운행에서는 이들의 비중이 상대적으로 낮음을 알 수 있다. 이에 반해 석회석광물과 비금속광물 등의 비중이 매우 높음을 알 수 있다.

영업용 화물차의 경우 자가용에 비해 비금속광물의 비중이 압도적으로 높으며, 석회석광물과 비금속광물제품의 비중 역시 매우 높음을 보인다. 자가용의 경우 음식료품 비중이 5%를 넘었으며, 기타기계장비의 운반 빈도 역시 매우 높다. 자가용 차량 적재품목에서 가장 특기할 사항은 폐기물 운반으로, 압도적 빈도를 보인다. 요약하여, 8톤 이상 화물차의 특징이 운반물품에 의해 잘 나타나고 있으며, 그 안에서도 영업용과 자가용 간의 차이가 잘 제시되고 있다.

4. 분석방법 및 분석결과

1) 개요

이 장에서는 화물차 운행실태 조사로부터 얻어진 자료에 근거하여, 8톤 이상 영업용 및 자가용 화물차의 하루 동안의 운행 특성의 구조적 특성이 분석된다. 개별 화물차의 하루 동안의 운행 행태는 개별 운행 사건들이 시간 순으로 나열된 통행사슬로서 인식된다. 개별 운행 사건들은 도착지, 도착지유형, 도착시간, 적재품목, 적재톤수, 통행거리 등의 정보로 정의된다. 여기에 필요하다면 출발지, 운전자 특성, 요일 등의 배경적 정보가 함께 분석될 수 있다.

매우 다양한 서로 다른 개별 화물차의 통행사슬의 횡단면적 특성(각 정보들의 집단 별 평균 빈도) 이외에, 시간에 따라 순차적으로 이루어진 통행사슬 내 개별 운행 사건들 간의 구조적 관계를 파악하고 그 대표적인 특징들을 추출해 내기 위하여 본 연구는 정보배열비교법과 핵심정보추출법에 의해 8톤 이상 화물차의 영업용 및 자가용 별 운행실태 자료를 분석하였다. 구조적 관계란 개별 운행사슬들의 의사결정으로서 연관되어 있는 것을 뜻한다. 이러한 관계는 일반적으로 횡단면적 분석에 의해 확인하기 어려운 내용이며, 본 연구는 따라서 개별 사건들 간의 구조적 상호 관련성을 확인할 수 있는 방법들을 분석에 이용하였다.

정보배열비교법과 핵심정보추출법은 원래 분자생물학에서 서로 다른 생물 종의 DNA 염기배열을 비교하고 유사 중간의 공통된 염기배열 부분의 구조적 특성을 확인해 내기 위하여 개발한 수학적 방법이다. 그러나 단차원의 DNA 염기배열 비교와는 다른, 다차원의 통행사슬 비교를 위해 (개별 통행 사건이 도착지, 운반품목 등등 의사결정 시 상호 관련되는 다양한 정보를 포함하며, 이들 사건들 간에 서로 다시 관련되는 다차원 구조), 본 연구는 단차원의 정보배열비교법과 핵심정보추출법을 Joh et al (2002) 등이 다차원으로 확장한 분석 기법을 응용하였다. 분석방법의 보다 자세한 내용은 조창현(2007)을 참조하면 된다.

다차원 정보배열비교법은 시간에 따라 순차적으로 배열된 다차원의 개별 사건들의 연쇄 패턴들 간의 유사성과 차이의 정도를 분석하여 유사한 패턴을 하나로 묶고 차이가 큰 패턴들을 서로 분리하는 작업을 한다. 두 패턴을 일치시키기 위해 공통된 부분은 그대로 두고 상이한 부분은 어느 한 패턴의 정보로 다른 패턴의 정보를 대체하는데, 이러한 대체에 들어가는 노력이 적을수록 두 패턴은 유사하다고 판정된다. 핵심정보추출법은 하나로 묶인 패턴들 중에 어떠한 부분이 유사한가, 즉 공통된 통행사슬 부분이 무엇인가를 밝혀내는 작업을 한다. 공통된 통행사슬 부분은

패턴 간 비교 시 비교되는 두 패턴 간 일치하는 부분으로서, 패턴 집단 내에서 반복적으로 확인되는 특성의 공통 통행사슬 부분은 그 집단의 통행사슬을 특징적으로 대표하는 핵심정보배열이라 간주된다.

여기서 한 가지 문제는, 어느 정도로 반복적으로 확인되어야 그 공통 통행사슬 부분을 그 집단을 대표하는 핵심정보배열이라 판정하겠는가라는 것이다. 실제로, 임의의 서로 관련이 별로 없는, 랜덤한 패턴들 간의 비교에서도 공통 정보배열 부분을 관찰할 수 있다. 즉 집단 내에서 매우 많이 발견될 공통 정보배열 부분 중 어떤 것이 해당 집단의 정보배열의 특징을 진정으로 대표하는가를 판정할 기준이 필요한 것이다. 이에 본 연구는 확인된 공통 통행사슬 정보배열 부분 중 그 발견 빈도가 매우 희소한 것들만 핵심정보배열로 인정하려 한다. 보다 구체적으로, 전체 누적 빈도에서 95%를 벗어난, 해당 패턴 집단에서 발견 빈도가 전체의 5% 이내에 속하는 공통 통행사슬 정보배열만을 핵심정보배열이라 간주한다. 나머지 95%는 임의의 패턴들 간에도 무수히 많이 발견될 수 있는 공통 정보배열이라 판정, 핵심정보배열로 인정하지 않았다.

핵심정보배열은 우선 운행 사건의 각 차원별로 추출하는데, 여기에는 도착지, 도착지유형, 운반물품의 핵심정보배열이 보고된다. 운행 사건의 차원 중 도착시간, 적재톤, 통행거리 등은 집단 분류와 패턴배열 비교 시에 그 정보들이 이미 반영이 되기 때문에 이들의 핵심정보배열은 별도로 보고하지 않는다. 일단 각 차원에 대한 핵심정보배열을 보고한 후, 이 세 차원을 종합한 다차원의 핵심정보배열 분석 결과도 보고하는데, 이로써 개별 운행 사건에 대한 의사결정 시 각 차원들이 어떠한 상호 관련성을 갖는가를 살펴볼 수 있다.

2) 분석결과

(1) 도착 시퀀스 핵심정보

각 집단의 화물차 운행이 공통적으로 많이 가는 도

착지의 시퀀스를 추출한 결과가 표 7에 제시되었다. 출현 빈도가 가장 높은 공통 도착지 순으로 위에서부터 각 집단 별로 배열하였다. 두 집단 모두 서로 다른 목적지의 콤비네이션이 없어 각 패턴 시퀀스 내에서 연쇄하고 있는 도착지들이 패턴 간에 공통부분이 적어 매우 상이함을 반영하는 것으로 해석된다. 예로, 영업용의 경우 같은 대전 대덕구를 목적지 시퀀스 내에 갖고 있는 패턴들도 그 밖의 목적지가 서로 다른 경우가 대부분임을 나타낸다 할 것이다.

이런 경향은 영업용이 자가용에 비해 더욱 심하다. 이는 평균 통행 횟수가 각 2.22와 2.77로 영업용이 더 적은데 반해, 통행거리는 자가용에 비해 더 긴 것으로도 유추할 수 있다. 이에 비해 자가용은 동일 도착지의 연쇄 비율이 영업용에 비해 높는데, 이 역시 같은 방식으로 해석이 가능하다. 공통 통행 목적지의 지역적 분포를 살펴보면, 영업용이 대전 대덕구와 호남 내륙, 여수/광양 및 경북 내륙에 높은 빈도를 보이는 반면, 자가용은 서울 근교와 인천, 익산, 창원 등지에 더욱 강한 집중을 보임을 알 수 있다.

표 7. 도착지 시퀀스 핵심정보

영업용	자가용
대전 대덕구	안산
안산	창원-창원
김해	인천 남동구/인천 서구
포항/창원/구미/여수	인천 남동구-인천 남동구
부산 동구/인천 남동구/	시흥/창원
광주 광산구/	익산-익산/천안-천안
대구 달서구/광양/군산/	시흥-시흥
수원/전주	김해
인천 서구/평택/천안/익산/	익산/천안
인천 중구	인천 중구

(2) 도착지유형 시퀀스 핵심정보

영업용은 서로 다른 도착지유형의 조합이 두드러짐에 반해 자가용은 동일 목적지유형의 나열만을 포함하고 있는 것이 가장 큰 차이점이다 (표 8).

이는 위의 도착지 핵심정보에서 나타났듯이 영업

표 8. 도착지유형 시퀀스 핵심정보

영업용	자가용
공장	공장
공장-공장	공장-공장
차고	차고-차고
건설현장	차고
공장-차고	공장-공장-공장
공장-공장-공장	도소매업체
도소매업체	건설현장/기타
차고-차고	자가차고-자가차고
자가차고	
영업차고	
차고-공장-차고	
공장-건설현장	
공장-도소매	
차고-공장	
항만	

용은 긴 통행거리 운행 중 서로 다른 도착지를 방문하여 단일 공통 도착지만을 가졌음과도 일치하는 결과이다. 이에 비해 자가용은 동일 유형 도착지의 나열이 많은데, 이는 공차통행 비율이 높은 것과 관련이 있는 것으로 보인다. 공통 도착지유형 빈도에서, 자가용은 공장과 차고지의 단순 반복인데 비해 영업용은 건설현장 방문 유형이 공통으로 많이 관찰됨을 알 수 있다.

(3) 적재품목 시퀀스 핵심정보

영업용이 공차와의 연계가 적는데 반해 자가용은 적재품목과 공차이동의 연계가 대부분임을 나타낸다. 영업용은 비금속광물과 비금속광물제품이 가장 높은 비율임에 반해 자가용은 폐기물과 기타기계가 높은 공통 시퀀스 출현 빈도를 보인다 (표 9).

표 9. 적재품목 시퀀스 핵심정보

영업용	자가용
공차	공차
공차-공차	공차-공차
비금속광물	공차-공차-공차
비금속광물제품-공차	폐기물-공차
석회석광물	기타기계-공차
고무 및 플라스틱	석회석광물-공차
조립금속제품	비금속광물-공차
1차금속제품	
금속광물	

(4) 다차원 시퀀스 핵심정보

〈표 10〉에서 *는 공통 정보의 부재를 뜻한다. 다차원 시퀀스 핵심정보는 단차원에 비해 리스트가 짧으며, 이 중 대부분은 두 집단 간 차이가 없다. 이는 여러 차원의 공통의 공통부분을 골라내는 작업이기 때문에 공통 출현의 빈도가 떨어지기 때문이다. 그럼에도 영업용과 자가용 각각의 특징적 시퀀스를 발견할 수 있었는데, 영업용은 [서울 지역 도착 - 도소매업체 도착지유형 - *] 과 [부산 동구 도착 - 항만 도착지유형 - *] 등을 확인할 수 있었고, 자가용의 경우는 [인천 서구 도착 - 기타 도착지유형 - 폐기물 운반] 등의 특징적 공통 다차원 시퀀스를 확인할 수 있었다.

5. 결론 및 향후 연구

이제까지의 개별 화물 차주들의 화물차 운행 패턴에 대한 연구가 그 중요도에 비해 활성화되지 못하고

표 10. 다차원 시퀀스 핵심정보

공통	영업용	자가용
[여러도착지-공장-*] [여러도착지-차고지-공차]	[서울-도소매업체-*] [부산동구-항만-*]	[인천서구-기타-폐기물]

있는 점을 감안할 때, 본 연구는 학문적으로 화물 통행 연구 분야의 새로운 방법론적 논의와, 실행적으로 수요자 중심의 화물통행 교통 정책 수단 개발을 위한 논의를 제안하려는 장기적인 목표의 시작으로 수행되었다.

실증분석에 사용된 자료는 2005년에 수행된 제3차 전국물류현황조사 자료중 대형 화물자동차 운행데이터 자료였다. 여객통행의 가구설문조사결과와 비슷하게 화물차 운전자가 하루 동안 통행한 운행 일지를 기록한 것으로 적재능력, 적재품목, 적재상태, 도착지, 도착시간 등이 기록된 것이다.

분석결과 다음과 같은 특징을 발견할 수 있었다. 횡단면적 분석 결과 대형 화물차의 영업용과 자가용은 통행 특성과 운행패턴 특성에서 뚜렷한 차이를 보였고, 자가용의 운행효율성이 뚜렷이 뒤쳐지는 것을 알 수 있었다. 구조적 특성 확인을 위한 운행 패턴 구조의 핵심정보배열추출 결과는 두 집단 간 도착지, 도착지유형, 적재품목 시퀀스 각각의 차원에 분명한 차이를 보이고 있으며, 이 셋을 통합한 다차원의 시퀀스 정보에서도 뚜렷한 구조적 특성 차이를 보이고 있음을 확인할 수 있었다.

이상의 분석 결과는 자가용 화물차의 운행효율성 저하가 운행 행태에서 어떠한 구조적 특성에 기인하는지에 대한 인과적 설명을 모색하는 구체적인 방법론을 제시하고 있다는 점에서 매우 중요한 정책적 함의를 갖는다 할 수 있다.

그러나, 수요자 중심의 화물통행 정책수단 개발의 이론적 틀을 지향하고자 하는 본 연구는 따라서 화물차 운행 주체 관련 정보의 보다 세부적인 레이어별 구조적 운행 특성 확인을 통해 구체적인 정책적 시사점을 제시함을 차후 연구 과제로 남긴다. 또한 여객통행에서 중요하게 간주되었던 시간이용 (Time use)의 분석이 화물차 통행에서도 중요한 연구 분야로 진행되어야 할 것이다.

참고문헌

- 김찬성, 2006, "전국 지역 간 화물 기중점통행량 (O/D) 자료의 전수화 및 상세분석," 2005년도 국가교통DB 구축사업 토론포고서, 한국교통연구원.
- 신동선, 2006, "화물자동차 공차율 저감 및 적재율 증진방안," 정책연구보고서, 한국교통연구원.
- 조창현, 2006, "도시와 신시간지리학," 도시해석, 서울:푸른길, pp.262-279.
- 조창현, 2007, "활동기반 접근법에 의한 활동패턴의 맥락적 정보분석과 프로파일," 대한교통학회지 35(6), pp.171-183.
- Arentze, T., H. Timmermans, P. Jorritsma and M.J. Olde Kalter, 2008, "More gray hair - but for whom?: Scenario-based simulations of elderly activity-travel patterns in 2020," *To appear in Transportation Research Record*.
- Bowman, J.L. and Ben-Akiva, M.E., 1995, "Activity-based model system of urban passenger travel demand," *Paper presented at the 74th Annual Meeting of Transportation Research Board*, Washington DC, USA.
- Figliozzi, M.A., 2007, "Analysis of the efficiency of urban commercial vehicle tours: Data collection, methodology, and policy implications," *Transportation Research B* 41(9), pp. 1014-1032.
- Holguin-Veras, J.G. and Thorson, E., 2003, "Modeling commercial vehicle empty trips with a first order trip chain model," *Transportation Research B* 37, pp.129-148.
- Holguin-Veras, J.G., 2005, "Observed trip chain behavior of commercial vehicles," *Transportation Research Record* 1906, pp.74-80.
- Joh, C.H., Arentze, T.A. and Timmermans, H.J.P., 2001, "Multidimensional sequence alignment methods for activity-travel pattern analysis: A comparison of dynamic programming and genetic algorithms," *Geographical Analysis* 33, pp.247-270.
- Joh, C.H., Arentze, T.A. and Timmermans, H.J.P., 2002a, "Activity-travel pattern similarity: A multidimensional

- alignment method," *Transportation Research B* 36, pp.385-403.
- Joh, C.H., Arentze, T.A. and Timmermans, H.J.P., 2002b, "Modeling individuals activity-travel rescheduling heuristics: Theory and numerical experiments," *Transportation Research Record* 1807, pp.16-25.
- Joh, C.H., Arentze, T.A. and Timmermans, H.J.P., 2005, "A utility-based analysis of activity time allocation decisions in segmented daily activity-travel patterns," *Environment and Planning A* 37, pp.105-125.
- Joh, C.H., Ettema, D.F., and Timmermans, H.J.P., 2008, "Improved motif identification of activity sequences: Application to interactive computer experiment data," *To appear in Transportation Research Record*.
- Oh, J.S., Cortes, C. and Recker, W., 2004, "Effects of less-equilibrated data on travel choice model estimation," *Transportation Research Record* 1831, pp.131-140.
- Pendyala, R.M. and K.G. Goulias, 2002, "Time use and activity perspectives in travel behavior research," *Transportation* 29(1), pp. 1-4.
- Pendyala, R.M., Shankar, V.N. and McCullough, R.G., 2005, "Freight travel demand modeling: Synthesis of approaches and development of a framework," *Transportation Research Record* 1725, pp.9-16.
- Strathman, J., Dueker, K. and Davis, J., 1994, "Effects of household structure and selected travel characteristics on trip chaining," *Transportation* 21, pp.23-45.
- Timmermans, H.J.P., Arentze, T.A. and Joh, C.H., 2002, "Analysing space-time behaviour: New approaches to old problems," *Progress in Human Geography* 26, pp.175-190.
- 교신: 조창현, 서울시 동대문구 회기동 1, 경희대학교 이과대학 지리학과 Tel: 02-961-9264, Fax: 02-961-0251, E-mail: bwchjoh@khu.ac.kr
- Correspondence: Chang-Hyeon Joh, Department of Geography, College of Sciences, Kyung-Hee University, 1, Hoegi-dong, Dongdaemun-gu, Seoul 130-701, Korea Tel: 02-961-9264, Fax: 02-961-0251, E-mail: bwchjoh@khu.ac.kr
- 최초투고일 2008년 4월 20일
최종접수일 2008년 5월 26일

202 조창현 · 김찬성 · 성홍모

Journal of the Economic Geographical Society of Korea
Vol.11, No.2, 2008(192~202)

An Activity-Based Analysis of Heavy-Vehicle Trip Chains

Chang-Hyeon Joh* · Chansung Kim** · Hong Mo Seong***

Abstract : Typical activity-based travel analysis has been focused on passenger travel using household survey data. The current research focuses on freight transport using one-day travel survey data. Passenger travel can be seen as the outcome of traveller's subjective decision-making, whereas freight transport is the outcome of shipper or transport company's optimized scheduling. The research conducts an activity-based analysis of freight-vehicle trip chains. In particular, the research focuses on the difference in travel pattern between shipper-oriented private vehicle and transport company-oriented business vehicle. The research analyzed the travel diary of freight vehicles collected as part of the third national logistic survey in 2005. The diary is freight driver's one-day travel record including the information of loading capacity, item transported, destination, arrival time, etc. The analysis results show the difference between private and business vehicles in the travel pattern regarding the sequences of destination, destination type and item transported and the multi-dimensional information of the three sequences.

Keywords : freight vehicle, logistics survey, trip chains, activity-based, skeletal information

* Assistant Professor, Kyung Hee University

** Research Associate, Korea Transport Institute

*** Researcher, Korea Transport Institute