

## Sequence Alignment 기법을 활용한 화물 통행의 Trip Chain 분석

조창현\*

---

**요약:** 화물차량의 통행패턴은 여객통행에 비해 연구 성과의 누적이 상대적으로 적은 분야이다. 그럼에도 불구하고 도시 내 통행에서 화물차가 차지하는 중요성에 대한 인식이 증가하고 있으며, 자가용 화물 차주들의 능동적 사업 비율이 증가하고 있어 이 분야에 대한 더 많은 연구의 필요성이 대두된다. 본 연구는, 여객통행에서의 활동기반 수요추정 이론의 발달에 부합하는 화물통행에서의 의사결정 원리에 대한 연구의 기초로서, 화물차량 통행실태 조사의 자료를 분석하여 화물차량 톤급 별 평균 통행 특성, 운행효율성, 도착지-도착지유형-적재품목 통행연쇄의 특성을 확인하였다. 분석 결과 이들 화물차량 통행 특성들은 톤급별로 분명한 차이가 있음을 확인하였으며, 그 자체 화물차의 톤급별 특징을 잘 보여주었다. 연구 결과는 화물차량 통행 관련 교통정책 수단 개발에 긍정적 기여를 할 수 있을 것으로 기대된다.

**주요어:** 활동기반, 여객통행, 화물통행, 톤급, 운행효율성, 통행연쇄, sequence alignment

---

### 1. 서론

도시 내 통행에서 화물차가 차지하는 중요성에 대한 인식이 증가하고 있으며, 자가용 화물 차주들의 능동적 사업 비율이 증가하고 있다. 이러한 경향은 화물 통행 운영 주체가 시스템 중심의 총량적 분석에 더해 화물 차주들의 유통경로 최적화를 위한 개별 화물통행의 의사결정 원리를 분석하는 것이 중요함을 일깨우고 있다. 즉 화물 차주들의 화물차량 운행에 대한 개인별 의사결정 지원시스템 구축의 필요성이 증대되고 있는 것이다.

1970년대 이래 스웨덴의 지리학자 Hägerstrand의 시간지리학(Hägerstrand, 1970)의 핵심 이론이 근간이 되어 발전한 최근의 교통수요 이론에서의 활동기반 접근법(Timmermans, Aentze & Joh, 2002)은 2000

년대 들어 교통계획 내에서 교통수요 부문의 표준적인 이론으로 자리잡아 가고 있다. 이 이론의 핵심 개념은, 통행 수요가 통행 그 자체가 아닌 일상 활동의 수행을 위해 파생되는 것으로 올바르게 인식하고, 통행발생의 패턴과 프로세스를 이해하기 위해서는 일상 활동의 조직 원리, 즉 개인 일상 활동의 시공간적 의사결정 과정을 이해하는 것이 선행되어야 한다는 것이다. 이러한 교통계획 이론의 발전은 직접적으로 기간의 통행 중심의 4단계 이론을 근간으로 하는 교통계획의 기본 틀이 새로운 패러다임인 활동기반 이론으로부터 보안을 받는 단계로 나아가고 있다. 그러나 도시교통의 중요 축인 여객통행과 화물통행 중 이러한 이론의 발전으로부터 직접적인 혜택을 보고 있는 쪽은 여객통행이며, 화물통행은 아직까지 이 분야에 관련된 뚜렷한 이론적 발전을 보고 있지 못하다.

---

이 연구는 2007년도 경희대학교 연구비지원에 의한 결과임(KHU-20071604)

\* 경희대학교 지리학과 부교수

도시 내 통행에서의 화물통행이 여객통행과 갖는 공통점과 차이점은 다음과 같이 논의될 수 있다. 우선 공통점으로 가장 중요한 것은, 통행이 통행 그 자체가 아닌 활동(여객통행) 혹은 화물의 출하나 접수(화물통행)를 수행하는 과정에서 파생한다는 점이다. 둘째 연쇄 즉 통행 순서에 의미가 있다. 연쇄 상의 통행 간에는 상호 관련성이 있는데, 예로 여타의 운송 목적지들은 차고지와 가장 먼 운송 목적지 간의 동선 상에 라인업 되어야 하며, 이로 인해 그들은 서로 시공간적인 관련성을 가질 수 밖에 없는 것이다. 셋째 통행 의사결정 간 관련성이 있다. 각각의 통행에 관한 여러 가지의 의사결정이 서로 관련성을 갖게 됨을 뜻하는 것인데, 예로 통행 목적지, 운반 화물 품목, 무게, 통행 시간, 통행 거리 등은 서로 관련성을 갖는 것이다. 넷째, 통행은 시공간상에서 나타나기 때문에, 시공간적, 제도적, 개인적, 사회적 제약 하에 발생하게 된다. 예로 물리적 시공간 스케줄은 통행 관련 법규, 개인 특성, 화주나 차주 등과의 계약 등과 관련한 여러 가지의 제약을 갖게 된다.

이상에서 논의한 여러 가지의 공통점에도 불구하고, 화물통행을 여객통행과 달리 구분하게 되는 중요한 차이점은, 통행의 목적 혹은 통행으로부터 얻는 효용의 성격이 다르다는 데 있다. 즉 여객통행이 일상 활동 수행의 효용이나 편익을 크게 하는 데 도움이 되는 방식으로 수행된다면, 화물통행은 화물 유통 경로의 최적화 혹은 운송비나 운송시간 최소화 등의 방식으로 수행된다. 이렇듯 의사결정의 원리가 다르므로 여객통행에서 활용되는 활동기반 통행수요 분석을 화물통행에 단순 적용하는 것에는 무리가 있을 수 있다. 그럼에도 불구하고, 날로 그 중요성이 더해가는 화물 차주의 능동적 의사결정 행태 분석을 위해서는, 여객통행 연구 분야에서 발전된 교통수요 추정 방법이 이 분야에도 적용될 필요가 있다. 이와 관련된 국내외 연구로는 Pendyala *et al.*(2000), Stefan *et al.*(2000), Hunt *et al.*(2004), Vovsha *et al.*(2008), Bina *et al.*(2010), Kuppam *et al.*(2010), Goodchild *et al.*(2010), Seong(2010), Harris & Anderson

(2010), Holguin-Veras & Thorson(2010), Kumar *et al.*(2010), Samimi *et al.*(2010), Holguin-Veras(2011), Bassok *et al.*(2011), 최창호·김찬성·박동주(2007), 박민철·성홍모(2010)·박동주(2010) 등이 있다.

본 연구는 화물통행 수요추정에서 여객통행의 의사결정기반 통행선택 이론을 적용하는 데 필요한 기초 연구로서, 화물자동차의 통행패턴 특성을 톤급별로 알아보는 데 그 목적을 둔다. 특히 위에서 열거한 기존 연구에서 아직 연구되지 않은 통행패턴 속성별 통행 연쇄 패턴을 분석함으로써 활동기반 이론에서의 여객통행 의사결정 특성이 화물통행에서는 어떻게 나타나는지 확인하려 한다. 이러한 연구 목적을 수행하기 위하여 분산분석과 sequence alignment(조창현·김찬성·성홍모, 2008; Joh & Timmermans, 2011) 등 관련된 적합한 연구 방법들을 활용하기로 한다.

화물 유통의 전국 단위 자료 조사에는 사업체 물류 현황 조사와 화물자동차 통행실태 조사가 있다. 이러한 전국의 지역간 화물 O/D 조사는 5년 주기로 실시되는데, 사업체 물류현황 조사는 전국 사업체를 대상으로 광업, 제조업, 도소매업, 창고업 등의 화물 유통을 사업체 단위로 조사하며, 화물자동차 통행실태 조사는 전국 화물자동차를 대상으로 조사일 기준 1일 동안의 화물자동차의 통행 실적으로 조사한다. 최창호, 김찬성, 박동주(2007)는 수요자 활용 증대를 위한 물류현황 조사의 개선을 연구하였으며, 특히 박동주(2007, 2010)는 전국 지역간 화물 O/D 예비조사에서 기존의 O/D(Origin/Destination) 기반 화물차 통행 실적 조사를 P/C(Production/Consumption) 기반으로 전환할 것을 제안하였다. 즉 출발지와 목적지 개념으로 조사된 기존의 O/D 조사와는 달리, 화물의 이동이 최초생산지 → 중간경유지 → 최종소비지까지의 여러 절차가 존재하며, 그 사이에 연결되는 다양한 유통경로를 반영할 수 있는 P/C 기반 조사가 바람직한 화물통행 조사 방식인 것이다.

화물차주, 화주 등의 수요자 중심의 화물통행 분석

화물자동차 운행특성	- 업종구분 · 비사업용/사업용 구분 · 적재능력구분
1일 운행특성	- 1일 통행수, 1일 통행거리 · 공차통행율, 공차거리율, 평균적재율, 적재효율
통행시간특성	- 화물자동차 통행시간 분포
통행거리특성	- 화물자동차 통행거리 분포
출발/도착지특성	- 화물자동차 통행의 출발지, 도착지 분포 · 출발지, 도착지 시설유형 분포 · 주 영업지역 분포
수송품목특성	- 화물자동차 적재품목의 특성

그림 1. 화물차 운행 특성 모식도(김찬성, 2006)

의 이론적 틀을 마련하기 위해 그림 1과 같이 화물차 운행 특성 관련 주요 지표를 참조할 수 있다. 개별 화물 차주의 화물차 운행 특성과 의사결정 기저의 메커니즘을 이해하기 위하여 1일 운행특성, 통행시간 특성, 통행거리 특성, 출발 및 도착지 특성, 수송품목 특성 등을 고려해야 하며, 각각의 세부 특성 측정과 평가에는 관련 상세 지표들을 이용하게 된다.

개별 화물 차주의 화물차 운행 특성과 의사결정 기

저의 메커니즘을 이해하기 위하여 1일 운행특성, 통행시간 특성, 통행거리 특성, 출발 및 도착지 특성, 수송품목 특성 등을 고려해야 하며, 각각의 세부 특성 측정과 평가에는 관련 상세 지표들을 이용하게 된다. 화물차 운행 특성의 모식도를 기초로 하여, 화물차 운행 특성을 분석할 수 있는 이론적 방법을 개념화하면 그림 2와 같다.

이러한 분석을 가능하게 하는 전제는, 개별 운행

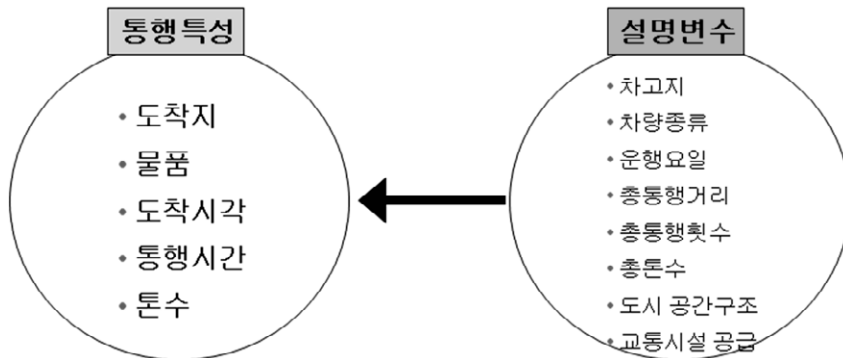


그림 2. 화물차 운행특성 분석 개념

	0	1	2	3	4	5	
	null	진주	대구	부산	김해	창원	<b>g</b>
0	null	0 → 1	2	3	4	5	
1	대구	1	2 ↘ 1	2	3	4	
2	부산	2	3	2 ↘ 1	2	3	
3	김해	3	4	3	2 ↘ 1	2	
4	창원	4	5	4	3	2 ↘ 1	
5	진주	5	6	5	4	3	2 ↓

**s**

$$d(\mathbf{s}, \mathbf{g}) = d(\mathbf{s}^m, \mathbf{g}^n)$$

$$d(\mathbf{s}^0, \mathbf{g}^0) = 0$$

$$d(\mathbf{s}^i, \mathbf{g}^0) = d(\mathbf{s}^{i-1}, \mathbf{g}^0) + w_d(s_i)$$

$$d(\mathbf{s}^0, \mathbf{g}^j) = d(\mathbf{s}^0, \mathbf{g}^{j-1}) + w_i(g_j)$$

$$d(\mathbf{s}^i, \mathbf{g}^j) = \min [d(\mathbf{s}^{i-1}, \mathbf{g}^j) + w_d(s_i), d(\mathbf{s}^i, \mathbf{g}^{j-1}) + w_i(g_j), d(\mathbf{s}^{i-1}, \mathbf{g}^{j-1}) + w(s_i, g_j)]$$

그림 3. Sequence alignment 알고리즘의 예

사건에 대한 의사결정이 전후의 여타 운행 사건들과 시공간적, 구조적으로 관련되어 있음을 인정하는 것이다. 개별 운행 사건은 독립적으로 존재하는 것이 아니라 전후 맥락에서 발생 자체는 물론 그 구체적인 내용과 형태를 부여받게 되는데, 따라서 이의 설명은 독립적이지 아닌, 전체 운행 패턴과의 관계 속에서 이루어져야 한다. 즉, 개별 운행 사건을 전후의 여타 운행 사건과의 체계적 관계에 의해 설명하는 것이 가능해야 한다는 것이며, 이를 위해서는 개별 통행 사건들 간의 연쇄 관계를 드러낼 수 있도록 잘 설계된 방법으로 수집된 자료와, 이를 적절히 분석할 수 있는 방법론이 갖추어져 있어야 한다. 이하에서는 개별통행 간 연쇄 관계를 분석할 수 있는 수학적 방법론을 소개하고, 이어서 본 연구에서 사용된 자료를 설명한다.

## 2. 방법론

예를 들어 어느 두 화물차의 통행 목적지 연쇄가 [대구-부산-김해-창원-진주]와 [진주-대구-부산-김해-창원]이라면, 동일한 목적지 구성과 순서를 갖는 부분 연쇄는 [대구-부산-김해-창원]이다. 이 예와 같이 두 통행 연쇄 간 동일성 부분의 확인이 한눈에도 쉬운 경우가 있는 반면, 매우 길거나 복잡하면 연쇄의 구성과 내용의 순서를 신속하게 비교할 수 있는 수학적 방법에 의존해야 한다. Kruskal(1983)은 dynamic programming으로 이러한 연쇄 관계를 아무리 긴 것이라도 매우 빠르고 정확하게 계산해 낼 수 있는 방법을 개발하였다. 그림 3은 위 두 화물차의 통행 사건 연쇄를 예로 하여 계산된 Kruskal의 sequence alignment 방법을 소개하고 있다.

여기서,  $m$ 개와  $n$ 개의 목적지 통행 사건을 기록한 서로 다른 두 통행 목적지 연쇄  $\mathbf{s}, \mathbf{g}$ 에 대해,  $d(\mathbf{s}, \mathbf{g})$ 는 두 연쇄 전체의 상이성의 정도 혹은  $\mathbf{s}$ 를  $\mathbf{g}$ 와 일치시키



의 준중형(1.5톤, 2.5톤), 8톤 미만의 중형(3톤, 5톤), 8톤 이상의 대형(8톤, 11톤, 15톤, 25톤) 등으로 구분할 수 있다. 톤급별 조사된 차량 수는 소형이 6,776(51.3%), 준중형이 2,460(18.6%), 중형이 2,448(18.5%), 대형이 1,526(11.6%)이었다. 각 화물자동차 통행실태 내용으로는, 통행 당 통행거리, 통행시간, 적재톤수, 운행효율성(평균적재율, 적재효율, 공차수비율, 공차거리율, 공차시간율), 도착지, 도착지 유형, 적재품목 등을 조사하였다. 이 조사에

이용된 조사표는 그림 4와 같다.

이렇게 조사된 화물자동차 통행실태의 주요 톤급별 통행 특성과 운행효율성 특성은 그림 5와 같으며, 분산분석의 결과 화물차 톤급 간의 특성 차이가 통계적으로 유의함을 알 수 있었다. 전체적으로, 총통행수는 톤급이 커질수록 작아지나, 총통행거리, 통통행시간, 통적재톤수 등은 반대로 톤급이 커질수록 커지는 것을 보인다. 화물차의 적재능력 대비 실제 적재중량의 비율을 나타내는 평균적재율 역시 톤급이 커

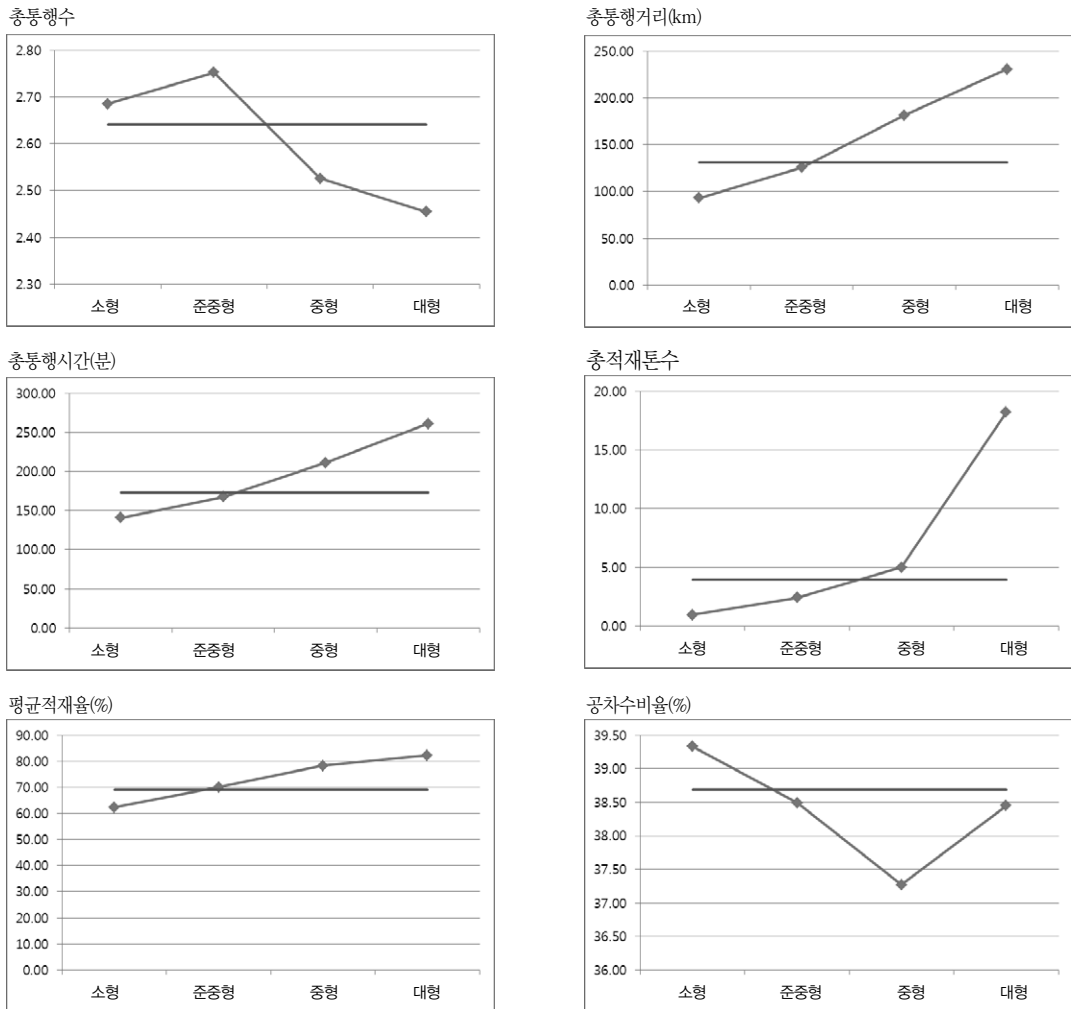


그림 5. 화물자동차 통행실태의 주요 톤급별 통행 특성과 운행효율성 특성

질수록 큰 것을 알 수 있다. 화물차의 총통행 수 중 공차 상태의 통행 수 비율을 나타내는 공차수 비율은 소형이 가장 높아 운행 효율성이 떨어짐을 알 수 있다.

### 4. 분석결과

화물통행의 속성별 통행패턴을 알아보기 위하여 화물자동차 통행실태조사에서 각 화물자동차별로 도착지, 도착지유형, 적재품목의 연쇄를 확인하였다. 이들 각각의 빈도를 표 1, 2, 3으로 각각 확인하였는데, 표 1의 도착지 빈도 특성으로서는, 작은 톤급수 화물차량은 서울과 경기로의 빈도가 매우 높고, 특히 대형 화물차량의 도착지 빈도는 이들 지역에 매우 낮은 반면 강원, 충남북, 전북 등 지방에 상대적으로 매우 높은 빈도를 보이는 것을 알 수 있었다. 대형은 전국적으로 비교적 고른 도착지 빈도를 보이는 점이 특징이다. 표 2의 도착지유형 빈도 특성으로서는, 작은 톤급수 화물차량은 도소매업체와 가정으로의 빈도가

매우 높고, 특히 대형 화물차량의 도착지유형 빈도는 이들 지역에 매우 낮은 반면 항만과 건설현장 등에 상대적으로 매우 높은 빈도를 보인다.

표 3의 적재품목 빈도에서, 모든 차량에 있어 조립 금속의 비중이 비교적 높으며, 음식료품과 출판/인쇄 관련 품목은 소형으로 갈수록 비율이 커지는 반면, 대형은 여러 가지 광물 제품의 운송 비율이 특히 높음을 알 수 있다. 특이할 사항으로는, 소형 화물차량은 택배화물 운송 비율이, 중형 화물차량은 폐기물 운송 비율이 매우 높음이 확인된다.

다음으로, 각 속성 차원에서의 화물차 통행 연쇄를 분석하였다. 이를 위해 2장의 방법론에서 논의한 sequence alignment 방법을 적용하여 톤급별로 구분된 화물차량 통행패턴들 간의 짝비교를 도착지, 도착지유형, 적재품목 각각의 속성 연쇄 별로 수행하였으며, 이로부터 얻어진 공통 부분 연쇄를 정리하였다(그림 3). 이들 부분 연쇄들은 톤급별 화물차량 간에 차이를 보인다. 짝비교의 수효는, 6,776 화물차량이 조사된 소형의 경우 각 속성 연쇄 당 22,953,700회(=6,776×6,775/2), 2,460 화물차량이 조사된 준중형의 경우 3,024,570회, 2,448 화물차량이 조사된 중형의

표 1. 도착지 빈도(%)

	서울	부산	대구	인천	광주	대전	울산	경기	강원	충북	충남	전북	전남	경북	경남	제주
소형	17.2	9.4	3.8	6.5	3.1	4.0	2.1	25.0	3.0	3.7	2.9	2.7	5.3	4.4	5.5	1.1
준중형	16.8	8.4	3.5	7.4	2.9	2.0	2.0	31.2	3.4	2.5	4.0	2.2	2.9	2.9	6.7	1.4
중형	8.0	7.0	3.2	6.3	3.7	2.6	6.5	23.2	2.8	5.7	9.4	3.3	4.0	5.0	8.4	1.0
대형	5.1	5.8	1.7	5.7	2.3	3.3	5.7	15.9	8.7	8.2	8.5	8.6	6.4	4.7	7.0	2.2

표 2. 도착지유형 빈도(%)

	철도역	항만	공항	공장	영업창고	자가창고	도소매	시장	건설현장	가정	차고지	기타
소형	0.1	0.3	0.3	33.6	3.7	6.4	22.5	1.8	2.0	9.4	11.5	8.5
준중형	0.1	0.3	0.2	37.6	3.8	5.9	21.1	1.1	3.0	5.2	12.4	9.3
중형	0.1	0.9	0.3	43.7	3.6	6.9	13.3	1.2	3.9	3.7	12.5	9.9
대형	0.4	2.6	0.3	42.5	5.4	7.2	7.6	0.5	12.8	0.9	12.6	7.2

표 3. 적재품목 빈도(%)

	소형	준중	중형	대형
공차	38.3	38.9	39.8	43.8
농업	3.3	3.2	2.4	1.6
임업	0.1	0.5	0.2	0.1
수산업	0.5	0.3	0.5	0.2
축산업	1.1	0.8	1.0	0.7
석탄광물	0.1	0.2	0.3	1.9
석회석광물	0.1	0.1	0.3	4.1
원유천연가스	0.5	0.9	0.6	1.1
금속광물	2.2	2.3	2.8	2.9
비금속광물	0.3	0.5	1.2	7.9
음식료	7.4	9.2	4.4	2.4
담배	0.0	0.0	0.0	0.2
섬유	2.0	3.5	3.1	1.3
의복/모피	1.7	1.1	0.6	0.5
가죽/가방	0.6	0.3	0.1	0.5
목재/나무	0.8	0.9	1.7	0.7
펄프종이	1.5	2.7	2.5	2.0
출판/인쇄	1.9	2.1	0.4	0.3
코크스	0.3	1.1	0.5	0.6
화학제품	3.9	3.0	4.3	2.7
고무플라스틱	3.3	3.6	3.9	2.3
비금속광물	1.3	1.0	1.2	3.6
1차금속	2.7	3.3	4.2	3.0
조립금속	6.5	5.5	5.9	3.1
기타기계장비	2.5	1.9	2.7	3.0
사무기기	0.5	0.4	0.1	0.1
기타전기기기	2.1	1.5	1.2	1.4
영상/음향/통신기기	1.9	0.8	0.6	0.3
의료/정밀/광학/시계	1.0	0.4	0.2	0.1
자동차/트레일러	0.6	0.7	1.4	1.4
기타운송장비	0.3	0.4	0.5	0.2
가구	1.6	0.9	0.8	0.6
재생재료가공	0.1	1.1	1.1	0.8
우편	0.9	0.4	0.1	0.0
폐기물	0.6	2.7	7.2	2.8
택배	6.4	2.7	0.7	1.3
이사	0.2	0.6	1.4	0.1
기타	0.3	0.2	0.1	0.3
잡화	0.3	0.3	0.0	0.0
반도체	0.0	0.0	0.0	0.0
건설자재	0.0	0.0	0.0	0.2
한약재	0.0	0.0	0.0	0.0

표 4. 톤급별 화물차 도착지 상위 10위

순위	소형	준중형	중형	대형
1	경기시흥	인천남구	충남천안	대전대덕
2	인천남구	경기고양	경기시흥	전북익산
3	대구달서	부산사상	대구달서	인천서구
4	서울송파	대구달서	인천남구	충남아산
5	경남김해	경기용인	전남담양	인천남구
6	충남천안	경남김해	경남김해	경기안산
7	경기안산	경기시흥	경기안산	전남광양
8	경남양산	경남양산	대전대덕	충남천안
9	부산사상	충남천안	경남양산	경남김해
10	경기수원	경기김포	전북김제	경기용인
...	...	...	...	...

경우 2,995,128회, 1,526 화물차량이 조사된 대형의 경우 1,163,575회이다.

먼저 도착지의 톤급별 특성을 보면, 도착지의 종류가 워낙 많아 여러 통행 연쇄들에 공통되는 특이할 만한 통행 연쇄를 확인할 수는 없었다. 다만 톤급별로 여러 통행 연쇄들이 공통되게 많이 방문하는 공통

표 5. 톤급별 화물차 도착지유형

빈도순위	소형	준중형	중형	대형
1	공장	공장	공장	공장
2	도소매	도소매	차고지	도소매
3	차고지	자가창고	도소매	차고지
4	기타	차고지	항만	건설현장
5	자가창고	기타	공장-차고지	기타-차고지
6	영업창고	가정	자가창고	기타
7		가정-차고지	기타	건설현장-공장
8		기타-차고지	기타-차고지	건설현장-차고지
9		도소매-자가창고	도소매-공장	영업창고
10		도소매-차고지		



표 6. 톤급별 화물차 적재품목

빈도순위	소형	준중형	중형	대형
1	공차	공차	공차	공차
2	조립금속	음식료	조립금속	고무/플라스틱
3	1차금속	조립금속	섬유제품	1차금속
4	섬유제품	폐기물-공차-폐기물	폐기물	
5	고무/플라스틱	공차-폐기물-공차-재생재료	공차-폐기물	
6	음식료	음식료-공차		

도착지들 중 상위 10위 도착지들을 표 4와 같이 톤급별로 구분할 수 있었다. 대도시 중심의 소형화물차에 비해 대형화물차는 전국 각 지방의 중소 생산기반 도시로 도착지 분포가 넓게 퍼져 있음을 알 수 있다.

다음으로 도착지유형 연쇄의 톤급별 특성은 표 5에 정리하였다. 도착지와 달리 카테고리 수요가 작아 특정의 도착지유형으로 집중되었으며, 소형을 제외하면 공통 부분 연쇄에서 2회 이상의 공통 도착지유형 연쇄가 발견되었다. 특히 톤급별 화물차량 특성상 소형과 준중형에서 도소매업체와 가정 등의 도착지유형이 상대적으로 많은 것에 비해 중형은 항만이, 대형은 건설현장 및 그와 관련된 도착지유형 연쇄를 확인할 수 있었다.

마지막으로 적재품목 연쇄의 톤급별 특성은 표 6에 정리하였다. 적재품목의 카테고리 수요는 작지는 않으나, 표 3에서 보았듯이 많은 품목 중 특정 품목들에 적재 비중이 집중하는 이유로, 도착지보다는 도착지유형 속성과 유사하게 매우 적은 공통 부분 연쇄의 리스트를 확인할 수 있었다. 공통으로 많은 비중을 차지하는 품목은 조립금속이며, 음식료는 소형과 준중형에, 폐기물은 준중형과 중형에 많은 적재품목 연쇄를 확인할 수 있었는데, 이 또한 화물차량의 톤급과 많은 관련을 보여준다 할 수 있다. 대형은 공차 부분 연쇄만이 압도적으로 많이 확인될 뿐 그 밖의 뚜렷한 공통 부분 연쇄가 없는 것으로 보아 화물통행패턴들 간에 공통으로 확인될만한 특별히 집중적으로 취급되는 적재품목이 적고 다른 톤급 화물차량들에

비해 매우 다양한 품목을 운송하는 것을 보여준다.

## 5. 결론 및 토의

본 연구는 자가용 화물차량 운영의 증가와 이에 따른 화물차주의 통행 의사결정 과정에 대한 연구의 필요성이 제기됨에 따라, 발전된 교통수요 이론의 화물통행에의 적용을 위한 기초 연구로서 화물차량 통행 실태에 근거한 통행패턴의 특성을 분석하는 것을 목적으로 화물차량 통행실태 조사자료를 분석하였다. 자료는 2005년도에 전국적인 총화추출에 의해 13,210 화물차량의 하루동안의 통행 사건의 연속을 조사하였다. 조사에 포함된 화물차량은 톤급별로 소형(51.3%), 준중형(18.6%), 중형(18.5%), 대형(11.6%)으로 구분되었다. 분석에는 우선 화물차량 통행패턴의 평균적 통행 특성으로 총통행수, 총통행거리, 통행시간, 총적재톤수 등이 톤급별로 비교되었으며, 운행효율성의 지표로서 화물의 평균적재율, 공차수비율 등 역시 톤급별로 비교되었다. 다음으로, 통행패턴의 의사결정의 연관성을 가정하여 연쇄 내의 사건 간의 상호 관련성의 정도를 측정하는 sequence alignment 기법이 활용되었으며, 이에 의한 통행패턴 간 쌍대비교에서 공통 부분으로 추출된 부분 연쇄를 확인하고 이를 톤급별 화물차량 집단 간 비교하였다.

이상의 분석 결과 화물차량 통행패턴의 평균적 통

행특성은 톤급별로 통계적으로 유의한 차이를 보였으며, 운행효율성에서는 대형에 비해 소형으로 갈수록 그 효율성이 떨어지는 것이 확인되었다. 도착지, 도착지유형, 적재품목 등의 세 차원으로 구성된 화물차량 통행패턴의 연쇄에서, 각 차원의 카테코리별 빈도는 톤급별로 큰 차이를 보였는데, 그 자체 톤급별 특성을 잘 나타내고 있다. 마지막으로 각 차원 연쇄의 통행 사건 연쇄의 공통된 특징을 톤급별로 확인한 결과 도착지에서는 소형이 대도시 중심의 집중을 보인 반면 대형은 전국적으로 비교적 고른 분포를 보였으며, 도착지 유형에서는 소형일수록 대도시 내 도착지 특성을, 대형일수록 항만이나 건설현장 등 대규모 운송과 관련된 화물적하 지역 특성 관련 통행 연쇄를 보였다.

이상의 분석 결과 화물차량 통행특성에서의 평균적 통행 특성, 운행 효율성 특성, 그리고 도착지, 도착지유형, 적재품목 등의 빈도특성 및 통행연쇄 특성이 화물차량의 톤급별로 비교적 분명히 구분되는 것을 알 수 있었다. 이는 화물차 톤급별로 개별 통행 사건 관련 의사결정의 내용이 상이하다는 것을 확인해주는 결과이다. 이로부터 여객통행에서 활발히 연구되고 있는 개인 기반의 활동기반 통행 의사결정 이론의 발전이 화물통행 연구에서도 유사한 방향으로 전개될 수 있음을 예상할 수 있다. 이는 보다 정확한 화물통행 관련 정책수단 개발에 긍정적인 기여를 할 수 있는 연구분야임을 확인시키는 결과라 할 수 있다.

본 연구에서의 결과를 토대로 앞으로의 연구 방향을 다음과 같이 정리한다. 첫째, 화물차량 통행패턴의 자료수집과 분석에서 출발도착시간, 통행거리, 통행비용 등 본 연구에서 포함하지 않은 기타의 중요 차원들도 고려할 필요가 있다. 특히 범주형 속성의 차원이 아닌 양적 속성의 차원 역시 포함되어야 하는데, 이와 관련하여 다차원 속성 연쇄 비교에서 양적 자료를 포함하는 기법으로 Recker *et al.*(2008)을 참고할 수 있을 것으로 판단된다. 둘째, 출발지, 운전자 특성, 요일 등 운전자와 지역 등과 관련된, 화물차량 통행의 배경이 되는 정보도 함께 고려하면, 나타난

화물차량 통행패턴의 특성이 왜 발생하였는가에 대한 인과적 설명이 가능할 것으로 기대된다. 셋째, 화물차 각 유형 내에서 영업용과 자가용 간의 차이 역시 고려해야 한다. 이는 조창현, 성홍모, 김찬성(2008)의 연구에서 보듯이 화물차량 운행특성에 있어 이들 두 범주가 큰 차이를 보이고 있다는 연구 결과에 주목하는 것이다. 넷째, 도착지, 도착지유형, 적재품목 간 상호 관련성을 검토하는 것이 필요하다. 예로, 도착지의 특정한 특성이 적재품목과 교차테이블 상에서 통계적으로 유의한 상호 관련성을 보일 수 있으며, 이는 정책적으로 중요한 정보를 제공할 수 있다고 보인다. 마지막으로, 도착지, 도착지유형, 적재품목 세 차원을 다차원으로 포괄하여 의사결정의 차원별 상호관련성을 alignment 기법으로 확인할 수 있어야 한다.

## 사사

본 연구에서 분석에 사용된 2005년도 전국 화물차량 통행실태 조사의 자료에 대한 접근을 가능하게 한 한국교통연구원 국가교통DB센터 센터장 김찬성 박사님께 감사를 드린다.

## 참고문헌

- 한국교통연구원, 2005, 화물자동차통행실태조사표.
- 김찬성, 2006, "전국 지역 간 화물 기종점 통행량 자료의 전수화 및 상세 분석," 2005년도 국가교통DB 구축사업 토론보고서, 한국교통연구원.
- 박동주, 2007, "철도화물 수송수요 예측기법 개발," 한국철도학회 추계학술대회.
- 박동주, 2010, "전국 지역간 화물 O/D 예비조사," 워크샵자료, 서울시립대학교 교통공학과.
- 박민철 · 성홍모, 2010, 국내 화물수송 수요의 추정 현황 및 개선 과제, 월간교통 2010년 4월호, pp.86-90.
- 조창현 · 찬성 · 성홍모, 2008, "우리나라 대형 화물차의 통

- 행사슬 분석: 활동기반모형 적용,” 한국경제지리학회지 11, pp.192-202.
- 최창호 · 김찬성 · 박동주, 2007, “수요자 활용 증대를 위한 물류현황조사의 개선 방향,” 환경논총 46, pp.137-152.
- Bassok, A., McCormack, E. and Outwater, M., 2011, “Use of truck GPS data for freight forecasting,” *Paper presented at the 90<sup>th</sup> Annual Meetings of the Transportation Research Board*, Washington D. C., USA.
- Bina, M., Copperman, R., West, R. and Beagan, D., 2010, “Matrix estimation as a calibration tool in commercial vehicle modeling,” *Paper presented at the 3rd Conference on Innovations in Travel Modeling*, Tempe, USA.
- Goodchild, A., Rose, S., Andreoli, D. and Jessup, E., 2010, “Activity modeling of freight flows in Washington State: Case studies of the resilience of potato and diesel distribution systems,” *Paper presented at the 89th Annual Meetings of the Transportation Research Board*, Washington D.C., USA.
- Hägerstrand, T., 1970, “What about people in regional science?” *Papers of the Regional Science Association* 24, pp.7-21.
- Harris, G. A. and Anderson, M. D., 2011, “Using aggregated federal data to model freight in a medium-size community,” *Transportation Research Circular E-C158*, pp. 45-56.
- Holguin-Veras, J. and Thorson, E., 2010, “Modeling commercial vehicle empty trips: Theory, novel developments and application,” *Paper presented at the 3rd Conference on Innovations in Travel Modeling*, Tempe, USA.
- Holguin-Veras, J., 2011, “Urban delivery industry response to cordon pricing, time-distance pricing and carrier-receiver policies,” Presented at the International Transportation Economics Conference, Minneapolis, USA.
- Hunt, J. D., Stefan, K., Brownlee, A. T., McMillan, J. D. P., Farhan, A., Tsang, K., Atkins, D. and Ishani, M., 2004, “A commercial movement modeling strategy for Alberta’s major cities,” *Paper presented at the Goods Movement? New Approaches Session of the 2004 Annual Conference of the Transportation Association of Canada*, Quebec, Canada.
- Joh, C. H. and Timmermans, H. J. P., 2011, “Applying sequence alignment methods to large activity? travel data sets: Exploration of heuristic approach,” *To appear in Transportation Research Record*.
- Kruskal, J. B., 1983, “An overview of sequence comparison,” in D. Sankoff and J. B. Kruskal (eds.), *Time Warps, String Edits and Macromolecules: The Theory and Practice of Sequence Comparison*, Addison-Wesley, London, pp.1-44.
- Kunmar, R., Viswanathan, K., Beagan, D., Mysore, V. and Waller, S. T., 2010, “Allocating disaggregated freight analysis framework truck-rail data,” *Paper presented at the 3rd Conference on Innovations in Travel Modeling*, Tempe, USA.
- Kuppam, A., Beagan, D., Copperman, R., Thammiraju, R., Livshits, V., Vallahaneni, L. and Nippani, S., 2010, “A hybrid approach to develop freight model from commercial vehicle travel surveys and commodity flow data,” *Paper presented at the 3rd Conference on Innovations in Travel Modeling*, Tempe, USA.
- Lee, H. J. and C. H. Joh, 2010, “Tourism behavior in Seoul: An analysis of tourism activity sequence using multidimensional sequence alignments,” *Journal of Tourism Geographies* 12, pp.487-504.
- McClure, M. A., Vasi, T. K. and Fitch, W. M., 1994, “Comparative analysis of multiple protein sequence alignment methods,” *Molecular Biology and Evolution* 11, pp.571-592.
- Pendyala, R. M., Shankar, V. N. and McCullough, R. G., 2000, “Freight travel demand modeling: Synthesis of approaches and development of a framework,” *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* 1725, pp.9-16.

- Recker, W., Duan, J. and Wang, H., 2008, Development of an Estimation Procedure for an Activity-Based Travel Demand Model, *Computer-Aided Civil and Infrastructure Engineering* 23, pp.483-501.
- Samimi, A., Mohammadian, A. and Kawamura, K., 2010, "How truck and rail compete in commodity movement in the US?" *Paper presented at the 3rd Conference on Innovations in Travel Modeling*, Tempe, USA.
- Seong, H. M., 2010, "Estimation of freight trip generation rates for Korea industrial parks," *Paper presented at the 3rd Conference on Innovations in Travel Modeling*, Tempe, USA.
- Stefan, K., McMillan, J. D. P. and Hunt, J.D., 2005, "An urban commercial vehicle movement model for Calgary," *Paper presented at the 84<sup>th</sup> Annual Meetings of the Transportation Research Board*, Washington D.C., USA.
- Timmermans, H. J. P., Arentze, T. A. and Joh, C. H., 2002, "Analyzing space-time behavior: New approaches to old problems," *Progress in Human Geography* 26, pp.175-190.
- Vovsha, P., Donnelly, R. and Gupta, S., 2008, "Network equilibrium with activity-based microsimulation models," *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board* 2054, pp.102-109.
- Wilson, C., 1998, "Activity-travel pattern analysis by means of sequence alignment methods," *Environment and Planning A* 30, pp.1017-1038.
- 교신: 조창현, 서울시 동대문구 회기동 1, 경희대학교 이과대학 지리학과, 전화: 02-961-9264, 팩스: 02-964-0250, 이메일: 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: +82-2-961-9264, Fax: +82-2-964-0250, e-mail: bwchjoh@khu.ac.kr
- 최초투고일 2011년 11월 9일  
최종접수일 2011년 11월 21일

## **An Analysis of Trip Chain of Freight Travel using Sequence Alignment Methods**

Chang-Hyeon Joh\*

**Abstract** : Freight travel pattern has been less studied comparing with the field of passenger travel. Nonetheless, the importance of the freight travel has been increasing in urban travel sector, and the research needs on the freight travel demand hence is increasing. The current paper aims to identify, by tons of freight trucks and cargos, the characteristics of mean travel pattern, efficiency or performance, and the characteristics of freight trip chain regarding destination location, destination type and freight type. The study analyzed the nation-wide data of freight travel behavior survey. This study intended to set the starting framework of decision-making principle in freight travel, which has already been popular in passenger travel study. Findings suggest that those characteristics are clearly distinguished among trucks and cargos of different sizes of tons. The results are expected to provide important insight to the development of relevant transportation policy measures.

**Keywords** : activity-based, passenger travel, freight travel, ton size, performance, trip chain, sequence alignment