

# 화물운송수단선택모형을 이용한 영업용화물차량 이용 활성화 방안 연구

## Study on Revitalizing Commercial Freight Vehicles Using Freight Transport Mode Selection

김민영\*

(Min-Young Kim)

강경우\*\*

(Kyung-Woo Kang)

### 요 약

도시 내 물류 활동과 관련하여 직면한 중요한 문제 중 하나는 교통체증 심화에 따른 수송효율성 저하이다. 이러한 교통체증의 심화는 화물차량의 평균 통행속도를 감소시켜 운행효율을 저하시키는 것은 물론 수송비용을 증가시켜 궁극적으로 물류비 증가를 초래하고 있다. 이러한 물류비의 상승은 선진물류체계로 전환하는 과정에 있어서 장애가 되는 주요 원인으로 작용하고 있다.

따라서 본 연구에서는 대부분 자가용 화물차량이 1톤 이하의 소형트럭임을 감안할 때 이러한 자가용 화물차량의 증가가 교통 혼잡의 원인이 되어 수송비 증가와 그에 따른 물류비 상승으로 연결되는 문제를 해결하기 위해 실측 조사된 RP (Revealed Preference)자료를 이용한 로지스틱 회귀분석으로 영업용 화물차량 선택에 영향을 주는 요인을 분석하고자 하였으며, 이에 따른 영업용 화물차량 이용 장려 정책을 제시하고자 한다.

### Abstract

The most important problem in logistic activities may be to decrease the transportation efficiency due to the traffic congestion in urban areas. The traffic congestion reduces the average travel speed of freight vehicles, and then increases the travel time. These problems can lead the logistic system to be inefficient. As a result, it causes an increase of transportation costs. In addition, the increased cost is a main barrier for the transition to an advanced logistic system.

This study focuses on the analysis of key factors choosing commercial freight vehicles using Logistic regression-analysis with RP (Revealed Preference) data to solve the increase of private freight cars and transportation costs. Additionally, this paper presents policies to promote good use of commercial freight vehicles based on the results of this study.

**Key Words :** Logistic regression-analysis, RP data, commercial freight vehicle, transportation efficiency

\* 주저자 : 한양대학교 교통시스템공학과(교신저자)

\*\* 공저자 : 한양대학교 교통시스템공학과 교수

논문접수일 : 2007년 5월 8일

## I. 서 론

### 1. 연구 배경 및 목적

2001년 전국 화물차량 용도별등록대수를 보면 자가용 화물차가 약 89%를 차지하고, 영업용 화물차량이 약 10%를 차지하고 있다. 자가용 화물차량의 경우, 주로 1톤 이하의 소형 차량을 많이 이용하는데 이는 소형 차량의 수송 분담이 증가하는 것을 의미한다. 이는 화물 통행수의 증가로 이어져 교통 혼잡이 가중될 수 있음을 의미한다. 최근 화물운송 산업의 특성상 화물의 다품종·소량화 추세에 따라 소형 화물차량의 도시 내 수송 분담이 커져가고, 도심의 화물통행제한으로 인해 소형차량의 등록대수가 점차 증가하는 추세를 나타내고 있다.[1] 이러한 화물차량 운행 효율 저하는 수송비 증가의 원인이 되어 물류 비가 상승되고, 선진물류체계로 전환하는 과정에 있어서 장애가 되고 있다.

본 연구에서는 로지스틱 회귀분석을 이용하여, 영업용 화물차량 선택 시 영향을 미치는 요인을 분석하여 그에 따른 영업용 화물차량의 이용을 장려할 수 있는 정책을 제시하고자 한다.

### 2. 연구 범위 및 수행방법

본 연구에서는 영업용 화물차량 선택에 영향을 주는 요인을 분석하기 위해 1998년 교통개발연구원이 수행한 「서울시 물류조사 및 화물종합계획수립구상」 연구에서 실측 조사된 RP(Revealed Preference) 자료를 이용하였다. 이 자료는 우리나라에서 생산하는 제조업 회사를 무작위로 추출하였고, 다양한 화물품목에 대한 분석을 위해 국내에서 유통되고 있는 화물을 품목별로 구분해서 정리한 것이다. 조사 결과 도시 내 화물 운송에서 주로 이용되는 수단은 화물 차량이 80% 이상을 차지하는 것으로 나타났고, 특정 화물에 편중되어 있어 전체 화물의 출하특성을 설명한다고 보기 어려운 문제가 있었다. 따라서 본 연구에서는 도로화물운송의 주요 수단인 화물차량을 영

업용과 자가용으로 분리하여 자료를 정리하였고, 제조업 품목에 한하여 SAS(V8)을 이용한 로지스틱 회귀분석을 통해 영업용화물차량 선택에 영향을 미치는 요인을 분석하였다. 또한, 제조업 품목 중 특징적인 품목에 대해 동일한 분석을 수행하였다.

본 논문의 구성 순서는 다음과 같다. 2절에서는 로지스틱회귀모형에 대하여 소개하고 3절에서는 관련문헌에 대한 정리, 4절에서는 분석에 이용된 자료에 대한 설명, 5절에서는 모형분석 결과에 대하여 논의한다. 끝으로 6절에서는 결론 및 향후 연구계획에 대해 논의한다.

## II. 로지스틱회귀모형

### 1. 로지스틱회귀모형의 가정

일반적으로 종속변수가 취할 수 있는 값이 어떤 사건이 발생된 경우를 1로 하고, 발생되지 않은 경우를 0으로 표시할 때, 종속변수는 연속적인 척도에서 측정된 변수가 아니고 이산형 변수가 된다. 이렇게 두 가지 값을 취하는 범주형 변수일 때 사용할 수 있는 모형을 로지스틱 회귀모형이라고 한다.

로지스틱 회귀모형은 선형회귀모형의 제한적인 가정들을 극복할 수 있기 때문에 종속변수가 두 가지 값만 취하는 모형에 널리 사용된다. 로지스틱 회귀모형의 가정을 요약하면 다음과 같다.

- 1) 종속변수와 독립변수들 사이의 함수관계를 비선형 관계로 가정한다.
- 2) 종속변수의 분포는 정규분포를 따를 필요가 없다.
- 3) 종속변수는 주어진 독립변수의 수준에서 동일한 분산을 가질 필요가 없다.
- 4) 오차항의 정규성이 가정되지 않는다.
- 5) 로지스틱 회귀모형에서 독립변수들의 척도는 연속형, 이산형, 혹은 혼합형으로 구성될 수 있다.
- 6) 로지스틱 회귀모형에서는 최우추정법을 사용하기 때문에 추정량의 신뢰성을 확보하기 위

해서 표본크기가 어느 정도 대표본이 되어야 한다.

## 2. 로지스틱회귀모형의 형태

종속변수를  $P_i = \Pr(Y=1)$ 라고 생각해 보면 종속변수는 어떤 사건이 일어날 확률이 ( $Y=1$ )이 된다. 여기에 승산(odds)으로 변환해 보면,

$$\Omega(x_i) = \frac{P(Y_i=1|X_i)}{P(Y_i=0|X_i)} = \frac{P(Y_i=1|X_i)}{1-P(Y_i=1|X_i)} \quad (1)$$

여기서, 승산 $\Omega(x_i)$ 은 어떤 사건이 발생되지 않을 확률에 대한 발생될 확률의 비율을 의미한다. 승산 $\Omega(x_i)$ 의 범위는  $P(Y_i=1|X_i)=0$  일 때, 0에서  $P(Y_i=1|X_i)=1$  일 때  $\infty$ 로 변하게 되므로 승산의 범위는  $0 \leq \Omega(x_i) \leq \infty$ 이 된다. 이때 승산에 자연대수를 취하면  $-\infty$ 와  $\infty$ 로 변하게 되고, 이러한 변환을 로짓변환이라고 한다. 이때 모형을 로짓에 대하여 선형이 되고 다음과 같이 정의한다.

$$\log_e \left[ \frac{P(Y_i=1|X_i)}{1-P(Y_i=1|X_i)} \right] = \beta_0 + \beta_1 X_{1i} + \dots + \beta_k X_{ki} = x_i' \beta \quad (2)$$

(식 2)를  $P(Y_i=1|x_i)$ 에 관하여 정리하면,

$$P(Y_i=1|x_i) = \frac{\exp(X_i' \beta)}{1+\exp(X_i' \beta)} \quad (3)$$

되고, (식 3)을 로지스틱반응함수라고 한다.

## 3. 모형의 적합도 측정

### 1) 분할표를 이용한 정분류율

모형의 적합도를 평가할 때 유사 결정계수보다는 일반적으로 종속변수의 관측결과와 예측결과를 비교

하여 구한 정분류율(correct classification rate)을 고려하게 된다. 로지스틱 회귀모형에서 종속변수  $Y$ 가 두 가지 값 (1 과 0)을 취할 때, 독립변수들의 수준  $x_i$ 에서  $Y=1$ 일 확률 예측 값은  $\pi(x_i)$ 이 된다. 이때 확률 예측값  $\pi(x_i)$ 을 분류 기준값  $d$ (일반적으로  $d=0.5$ )을 이용해서 예측결과  $\hat{Y}$ 를 다음과 같이 구분할 수 있다.

$$\hat{Y} = \begin{cases} 0, & \text{만약 } \pi(X_i) < d \\ 1, & \text{만약 } \pi(X_i) \geq d \end{cases} \quad (4)$$

(식 4)를 이용하면 특정한 사건에 대한 관측 회수와 예측 회수를 비교하여 <표 1>과 같은 분류표를 작성할 수 있다. 아래 분류표에서  $n_{11}$ 는 관측 결과가  $Y=1$ 인  $n_{1+}$ 개 자료 중에서  $\hat{Y}=1$ 로 옳게 분류된 수이고,  $n_{10}$ 은  $Y=1$ 인  $n_{1+}$ 개 자료 중에서  $\hat{Y}=0$ 으로 잘못 분류된 수이다. 또한  $n_{00}$ 는 관측 결과가  $Y=0$ 인  $n_{0+}$ 개 자료 중에서  $\hat{Y}=0$ 으로 옳게 분류된 수이고,  $n_{01}$ 는  $\hat{Y}=1$ 로 잘못 분류된 수이다.

자료에서 관측결과와 예측결과가 같은 회수의 비율인 정분류율을 CCR로 표시하면 다음과 같이 계산된다.

$$CCR = \frac{(n_{11} + n_{00})}{n} \times 100\% \quad (5)$$

정분류율을 사용할 때 문제점은 모형의 예측력이 높지 않은 경우임에도 불구하고 높은 것으로 평가되

<표 1> 관측결과와 예측결과의 분류표

<Table 1> Classified table of observed and estimated values

		예측 결과		행 합계
		$\hat{Y} = 1$	$\hat{Y} = 0$	
관 측 결 과	$Y = 1$	$n_{11}$	$n_{10}$	$n_{1+}$
	$Y = 0$	$n_{01}$	$n_{00}$	$n_{0+}$
열 합계		$n_{+1}$	$n_{+0}$	$n$

는 오류를 범하는 경우가 자주 발생하게 된다. 따라서 정분류율을 최대 행 합계를 고려해서 수정할 필요가 있다. 이 경우에 수정된 정분류율을  $CCR_{adj}$ 로 표시하고, 다음과 같은 식으로 표시할 수 있다.

$$CCR_{adj} = \left( \frac{(n11 + n00) - \max_r(nr+)}{n - \max_r(nr+)} \right) \times 100\% \quad (6)$$

위에서  $n_{r+}$ 는 r번째 행 합계를 의미하므로  $\max_r(n_{r+})$ 는 행 합계 중에서 최대값을 표시한다. 따라서 수정된 정분류율은 독립변수의 정보를 이용한 경우가 행 합계 중 최대값에 근거한 단순 추측의 오류를 얼마나 감소시킬 수 있는지를 평가하게 된다.

## 2) ROC(Receiver Operating Characteristic) 곡선

ROC(receiver operating characteristic)곡선은 설정된 로지스틱 회귀모형의 예측정확도를 도표로 평가하기 위한 방법이다. ROC 곡선을 작성하기 위해서는 판측결과와 예측결과를 비교한 <표 1>과 같은 분류표에서 두 가지 예측 정확도 척도를 이해하여야 한다.

- Sensitivity(민감도) :  $Y = 1$ 로 판측된 자료 중에서 설정된 분류 기준값에서 구한 정분류율

$$\left( \frac{\hat{Y} = 1 \text{로 정분류된 자료수}}{Y = 1 \text{인 판측자료수}} \right) = \left( \frac{n11}{n1+} \right)$$

- Specificity(특이도) :  $Y = 0$ 로 판측된 자료 중에서 설정된 분류 기준값에서 구한 정분류율

$$\left( \frac{\hat{Y} = 0 \text{로 정분류된 자료수}}{Y = 0 \text{인 판측자료수}} \right) = \left( \frac{n00}{n0+} \right)$$

로지스틱 회귀모형이 유용한 모형이라면 설정된 분류 기준값에서 Sensitivity 와 Specificity 등 두 가지 척도의 값이 동시에 높아야 한다. 두 가지 척도는 (식 4)에서 설정된 분류 기준값인  $d$ 에 따라 달라질

수 있다. 예를 들면, 분류 기준값이 크다면 대응되는 Sensitivity는 작아지고, Specificity는 커지게 된다. 반대로 분류 기준값이 작다면 대응되는 Sensitivity는 커지고, Specificity는 작아지게 된다. ROC곡선은 가능한 모든 분류 기준값에 대하여 1-Specificity에 대한 Sensitivity의 도표이다.

## III. 기존 국내·외 연구

### 1. 국내 문헌

하원익, 남기찬(1996)은 경인지역 화주의 운송수단 선택 행태를 다항로짓모형을 이용하여 예측하였는데, SP자료를 이용하여 가상의 컨테이너 운송체계에 대한 화주들의 선호를 조사하였다. 화주의 수단 선택에 영향을 미치는 요인으로 설정된 변수는 운송시간, 운송비용, 운송시간의 신뢰도 등이며, 기타의 변수는 컨테이너 운송의 특성상 크게 관련이 없거나 위의 세 변수에 부분적으로 포함되는 것으로 간주하였다. 연구결과, 우리나라의 화주들은 공로와 철도의 경우에 운송시간보다는 운송비용과 신뢰도에 민감한 것으로 나타났으며, 해송의 경우는 운송시간과 신뢰도에 민감한 것으로 나타났다.[2]

최창호(1998)는 공로화물운송에 대한 수단선택모형의 개발을 위하여 화주가 운송수단을 선택할 때 느끼고 있는 실제의 인식사항을 모형 내에 적용하여 운송수단 선택특성을 파악하고자 하였으며 다음과 같은 조사 자료를 이용하였다. 출하특성자료는 화물 발생업체에 대하여 출하중량, 가격, 운송비용, 이용교통수단, 차량 톤급 등의 자료를, 화주인식 자료로는 운송비용, 운송시간, 정시출하보장, EDI 사용여부, 운송 중 위치확인 가능, 운송 중 부패 또는 파손, 운송 요율, 정시운송, 정시출하, 운송 업무 등을 조사하였다.[3]

### 2. 국외 문헌

Marc. Gaudry는 이미 여객자료를 이용한 연구에

서 BC 로짓모형이 선형로짓모형을 지배한다는 것과 두 모형으로부터 얻어진 탄력성 추정치가 매우 틀리다는 것을 보여 주었다. 특히, 화물운송수단선택에 있어서 BC 로짓모형을 적용하여 분석을 하였는데, 가격과 운송시간사이에 양(+)의 관계가 있음을, 가격과 가격탄력성 사이에는 음(-)의 관계가 있다는 것(즉, 상품의 가치가 높을수록 탄력성의 절대가치가 감소한다는 것)을 알아낸 것을 제외하고는 화물교통에 적용한 사례가 없었다.[4] 물류비용의 절반이상을 운송비가 차지하고 있는 것을 보더라도 사실상 이러한 연구가 여러 차례 수행되었어야 함에도 불구하고 조사의 대규모성 때문에 자료의 형태를 SP자료로 한정하여야 했으며, 이는 그 동안 화물 운송분야가 그 중요도에 비해 충분한 관심을 끌지 못한 이유로 받아들여지고 있다.

### 3. 기존 연구의 검토

대부분 물류비 상승은 도로 혼잡에 의한 수송비 증가가 주요 원인이 되고 있다. 앞서 살펴본 기존 연구사례를 보면, 대부분의 연구들이 로짓 모형을 이용하여 운송수단 선택을 하는 특성에 관한 모형의 개발이 대부분으로 수단선택에 영향을 미치는 요인에 대해서 분석을 하고 있다. 실제로 화물 운송에 있어서 가장 큰 문제 중 하나인 물류비를 감소시킬 수 있는 대안에 대한 제시가 부족한 설정이다. 따라서 본 연구에서는 제조업에서 화물 운송 시 공로 화물 운송수단 중에서도 실제 도로 혼잡의 주원인으로 문제시 되고 있는 자가용 화물차의 이용을 줄이기 위해 영업용 화물차량 선택에 영향을 미치는 요인을 분석하고, 영업용 화물차량 이용을 증가시킬 수 있는 정책을 제시한다.

## IV. 자료수집 및 정리

### 1. 자료수집

본 연구에서 이용한 자료는 교통개발연구원이

1998년 시행한 『서울시 물류조사 및 물류종합계획 수립 구상』에서 조사된 자료를 정리한 것으로 수도권에 위치한 제조업체를 대상으로 하였다. 물류조사는 일반지구, 단위지구, 도로 노측조사 등과 사업소 개요조사, 연간수송경향 및 3일간 물동량 조사, 화물자동차 운행실태조사를 세부적으로 하였고, 이를 기초로 현황 집계 및 분석을 실시하였다.<sup>1)</sup>

화물품목구분은 건설교통부의 제1차 전국물류현황조사를 기준으로 도시 화물 특성을 반영할 수 있는 품목을 추가하여 37개 품목을 대상으로 하였다.

### 2. 자료정리

본 연구에서 사업소 개요 조사와 연간수송경향 및 3일간 물동량 조사 자료를 주로 이용하였다. 사업소 개요조사에는 총 종사자수, 자가 및 임대 부지면적, 용도별(생산용도, 판매용도, 물류용도, 사무용도, 기타)연상면적, 연간 출하액, 판매액, 물류시설 보유현황, 차량 보유현황 (일반형 1톤 이하, 1톤 초과~3톤

<표 2> 물류현황조사 종류와 내용

<Table 2> Type and contents of physical distribution status survey

구 분	조 사 내 용	
사업소 개요조사	- 종사자수 - 용도별 연상면적 - 물류시설 보유현황	- 부지면적 - 연간 출하액, 판매액 - 화물차량 보유현황
연간수송 경향 및 3일간 물동량 조사	- '97년 9월의 입하 및 출하중량, 출하건수 - '97년 9월의 중량기준 상위3개 품목의 입출 하 특성 · 품목명, 입·출하량, 단위가격, 입·출하지역 · 이용수송수단, 화물중계현황 · 출발도착시간대, 입출하빈도 - '97년 10월 21~23일 3일간 화물 입·출하 특성 · 품목명, 중량, 송수화인 업종 · 이용수송수단, 소요시간	
화물자동차 운행실태 조사	- 화물자동차 적재능력, 업종, 차종 - '97년 10월 21~23일 중 1일간 운행특성 · 적재 품목명, 적재 톤수, 통행거리	
- 자료, 교통개발연구원(1998) 「서울시 물류조사 및 물류 종합계획수립 구상」(주. 화물일선업체조사에서는 화물자 동차운행실태조사가 제외됨)		

이하, 3톤 초과~8톤 미만, 8톤 이상(덤프차 제외), 트랙터(트레일러 제외), 덤프차, 특수차 (탱크로리)) 등이 포함되어있다.

연간 수송 경향 및 3일간 물동량에는 한 해 동안의 월별 입하 및 출하 실적, 조사일 기준 전원 한달 동안 입하 및 출하 품목 중 물동량이 많은 상위 3개 품목, '97년 10월 21~23일 3일간 화물 입출하 특성 등이 포함되어 있다.

이 중에서 모형에 사용될 자료는 입하량 1순위 품목으로 전체 자료 수는 6,408개이다. 농·임·수·축 산물(1~4) 210개, 광산품 (5~9) 286개, 제조업 (10~32) 5,701개, 기타화물(33~37) 211개로 이 중에서 농·임·수·축산물, 광산품, 기타화물은 품목별 자

<표 3> 제조업 품목별 유효 자료수  
<Table 3> Data of manufactured goods

품 목 명	유효자료수
10. 음식료품	419
11. 담배제품	4
12. 섬유제제품	334
13. 의복 및 모피제제품	211
14. 가죽, 가방 마구류 및 신발제제품	163
15. 목제 및 나무제제품 (가구제외)	125
16. 페퍼, 종이 및 종이제제품	241
17. 출판, 인쇄 및 기록매체	311
18. 코크스, 석유제제품 및 핵연료제제품	43
19. 화합물 및 화학제제품	299
20. 고무 및 플라스틱 제품	247
21. 비금속광물제제품	140
22. 제 1 차 금속제제품	361
23. 조립금속제제품(기계, 장비제외)	247
24. 달리 분류되지 않는 기계장비	196
25. 사무, 계산 및 회계용 기계	133
26. 달리 분류되지 않는 전자기계 /전기변환장치	203
27. 영상, 음향 및 통신장비	205
28. 의료, 정밀, 광학기기 및 시계	25
29. 자동차 및 트레일러	49
30. 기타 운송장비	19
31. 가구 및 기타	225
32. 재생재료가공품	22

료수가 적은 관계로 제외하고, 제조업에 한하여 자료를 정리하였다. 제조업 5,701개의 자료 중에서 유효 자료 수는 4,250 개이고 품목별 유효 자료 수는 <표 3>과 같다. 추정량의 신뢰성을 확보하기 위해서 표본 크기가 대표본이 되어야 하기 때문에 자료 수가 적은 11, 18, 28, 29, 30, 32번 품목은 제외시켰다.

## V. 분석결과

### 1. 변수선정

본 연구에서는 화물운송수단 선택 시 영향을 줄 것으로 예상되는 변수를 물리적 특성, 운송특성, 업체특성 3가지로 분류하여 선정하였다.

화물운송수단선택( $Z$ )=(화물품목특성( $Z_1$ ), 운송특성( $Z_2$ ), 업체특성( $Z_3$ ))

우선 화물품목특성으로는 톤당평균가격, 입하량, 화물의 판매수명 등을 고려할 수 있다. 운송특성으로는 운송거리, 운송시간, 운송능력, 운송비용, 화물의 손망실 정도, 신뢰도 등을 고려할 수 있다. 마지막으로 업체특성으로는 업체의 규모, 총 종사자수 등이 고려할 수 있는 변수이나, 본 연구에서는 RP 데이터의 한계로 인해서, 화물의 손·망실 정도나 신뢰도 등과 같은 변수를 제외하고, 다음과 같은 변수를 선정하였다.

- 화물품목특성( $Z_1$ ) : 톤당평균가격, 입하량
- 운송특성( $Z_2$ ) : 운송거리, 입하빈도
- 업체특성( $Z_3$ ) : 총 종사자수, 자가부지 전체면적, 임대부지 전체면적, 연간 출하액

제조업 전체 유효자료의 통계적 특성은 <표 4>와 같다.

분석에 앞서, 각 변수들이 영업용화물차량 선택에 미칠 영향을 예측해 보면 다음과 같다.

- 톤당평균가격 : 톤당 평균가격이 높을수록 금속

제품이나 기계·장비류일 가능성이 높아 대형 화물차를 이용할 가능성이 높아진다. 따라서 톤당 평균가격이 높을 경우, 대형 화물차인 영업용 화물차량을 선택하는데 양(+)의 영향을 미칠 것으로 예상된다.

· 입하량 : 대량화물의 경우 대형화물차를 이용할 가능성이 높다. 따라서 입하량이 많을수록 대형화물차의 이용가능성이 높아져 영업용 화물차량을 선택하는데 양(+)의 영향을 미칠 것으로 예상된다.

· 운송거리 : 자가용 화물차의 경우, 소량다빈도 품목에 대해서 주로 운반을 하게 된다. 따라서 운송거리가 먼 경우에는 영업용 화물차량을 선택할 것으로 판단된다.

· 총종사자수 : 총 종사자수가 많을수록 생산량 증가가 수송량의 증가로 이어져 대량 수송을 하게 될 것으로 예상되며, 이는 영업용화물차량 선택에 양(+)의 영향을 미칠 것으로 판단된다.

· 자가부지 전체면적 및 임대부지 전체면적 : 자가부지 전체면적이 넓을수록 부지임대료 부담이 적어져서 자가용 화물차량의 보유가 높아질 것으로 예상되고, 임대부지전체 면적이 늘어날수록 자가

용 차량의 보유 및 유지비용에 부담을 느낄 것으로 판단된다. 따라서 자가부지가 넓을수록 자가용 화물차 보유에 대한 부담이 적어 영업용화물차량 선택에는 음(-)의 영향을 미칠 것으로 예상된다. 이와 반대로 임대부지면적이 넓을수록, 자가용 화물차 보유에 부담으로 인해 영업용화물차량 선택에 양(+)의 영향을 미칠 것으로 판단된다.

· 입하빈도 : 다빈도 운송품목의 경우, 소형 화물차로 운송하는 경우가 많다. 소형 화물차는 대부분 자가용 화물차일 가능성이 높다. 따라서 입하빈도가 높을수록 영업용화물차량 선택에 음(-)의 영향을 미칠 것으로 예상된다.

· 연간출하액 : 연간출하액은 조사업체의 매출액과 관련이 깊고, 매출액은 다시 업체의 규모를 반영한다고 할 수 있다. 따라서 연간출하액이 높은 경우, 매출액도 높아지고 화물 수송이 많을 것으로 예상된다. 그러나, 화물수송이 많은 것이 다량과 다빈도 여부에 따라서 영업용화물차량 선택에 다른 영향을 미칠 것으로 판단된다.

## 2. 모형설정

선정된 종속변수와 독립변수에 의해 전체 제조업에 대하여 로지스틱 회귀모형으로 분석 한 후, 영업용 화물차 선택에 영향을 주는 변수를 도출한다. 또한 품목별로 다른 특징을 갖는 품목을 분리하여, 로지스틱 회귀분석을 하여 품목에 따라 영업용화물차량 선택에 어떤 변수가 영향을 주는지 도출한다. <표 5>는 본 연구의 모형에서 사용될 종속변수와 독립변수를 나타낸다.

독립변수 중 입하빈도를 더미 변수로 처리하였는데. 입하빈도 = 1인 경우, 입하빈도가 주 2회 이상인 것으로 주 1회 이상, 월 2회 이상, 월 1회 이상의 빈도가 포함되어있고, 정기적이지 않다고 가정한다. 또한 매일 입하되는 것은 정기적으로 화물차량이 필요한 것으로 가정하고, 운송빈도가 정기적이지 않은 것이 영업용 화물차량 선택에 어떤 영향을 주는지 알아보고자 더미 변수를 사용하였다.

<표 4> 제조업 유효자료 통계치 (자료수:4,250개)

<Table 4> Statistics of manufactured goods data

변수명	단위	평균값	표준편차	변동계수
<b>화물품목 특성</b>				
톤당평균가격	백만원	33.4	344.7	10.3
입하량	톤	3,208.5	155,199.1	48.4
<b>운송특성</b>				
운송거리	km	58.4	100.2	1.7
<b>업체특성</b>				
총종사자수	명	17.1	56.9	3.3
자가부지 전체면적	m <sup>2</sup>	603.8	3,810.3	6.3
임대부지 전체면적	m <sup>2</sup>	2,340.8	27,890.2	11.9
연간출하액	백만원	6,340.4	124,106.3	19.6

<표 5> 로지스틱회귀모형 설정  
 <Table 5> Set of logistic regression

종 속 변 수	독립변수
Y = 1 (영업용 화물차량)	운송거리(km)
	입하량(ton)
	톤당평균가격(백만원)
	총종사자수(명)
	자가부지면적(m <sup>2</sup> )
	임대부지면적(m <sup>2</sup> )
	연간 출하액(백만원)
	입하빈도 더미변수 1 : 주2회 이상 0 : 매일 입하

### 3. 제조업 전체 로지스틱회귀모형

#### 1) 개별회귀계수의 검정

로지스틱 회귀모형을 이용하여, 제조업 전체 자료에 대해 8개의 독립변수를 모두 포함한 모형의 계수 추정치는 다음의 <표 6>과 같다. <표 6>의 최우추정값의 부호를 보면 운송거리, 입하량, 톤당평균가격, 총종사자수, 임대부지면적의 경우, 변수 설정 시 영업용 화물차 선택에 양(+)의 영향을 미칠 것으로 예상한 것과 같은 결과를 보였다. 그러나, 자가부지면적의 경우 음(-)의 영향을 미칠 것으로 예상하였으나, 분석결과 양(+)의 영향을 미치는 것으로 분석되었다. 이는 영업용화물차 선택에 있어서 영향을 미치는 것이 자가부지와 임대부지 종류에 따르는 것이 아니라, 자가부지나 임대부지의 전체면적에 따라 영향을 받는 것으로 판단된다. 즉, 자가부지와 임대부지 전체 면적이 넓을수록, 영업용 화물차량의 선택 확률이 높아지는 것을 의미하는 것이다.

자가부지 전체면적이 임대부지 전체면적보다 더 큰 영향을 미치는 것은 임대부지를 갖고 있는 업체 보다 자가부지 전체면적이 넓은 업체일수록 대형업체일 가능성이 크고, 대형업체일수록 물동량이 많기 때문에 영업용화물차량의 이용이 많아질 것이다.

입하빈도의 경우, 비정기적 운송이 영업용화물차

<표 6> 제조업 개별회귀계수의 최우추정값  
 (독립변수 모두포함)

<Table 6> Maximum likelihood estimate of manufactured goods' individual coefficients (with independent variables)

변수	자유도	최우 추정값	표준 오차	왈드 검정통계량	p-값
절편	1	-0.5264	0.0588	80.1514	<.0001
운송거리	1	0.00507	0.000401	160.2845	<.0001
입하량	1	4.476E-6	4.197E-6	1.1373	0.2862
톤당 평균가격	1	0.000147	0.000135	1.1864	0.2761
총종사자수	1	0.000144	0.000556	0.0674	0.7952
자가 부지면적	1	9.151E-6	8.927E-6	1.0509	0.3053
임대 부지면적	1	4.117E-6	2.738E-6	2.2602	0.1327
연간 출하액	1	-6.41E-8	2.708E-7	0.0560	0.8129
입하빈도	1	0.3826	0.0672	32.4549	<.0001

선택에 양(+)의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 정기적 화물운송(매일입하)의 경우, 소량다빈도로 운송되고, 이러한 화물은 소형화물차량을 이용할 것으로 예상된다. 이에 반해 비정기적 화물운송의 경우에는 다량소빈도로 운송되기 때문에 다량의 화물을 운송하기 위해서는 대형화물차를 이용하게 될 것이다. 대형화물차의 경우, 자가용 화물차보다는 영업용 화물차의 비율이 높기 때문에 대형화물차는 곧, 영업용 화물차일 가능성이 높다.

<표 6>에서 보면, 총종사자수와 연간출하액은 제조업에서 영업용 화물차 선택에 유의한 영향을 미치지 않으므로, 두 변수를 제외하고 로지스틱회귀모형을 이용하여 제조업 전체자료에 대해 추정한 계수의 최우추정값은 다음의 <표 7>과 같다. 두 가지 변수를 제외한 후에도 부호의 변화를 보이지 않음을 알 수 있다.

#### 2) 모형의 적합도 검정

본 논문에서는 ROC(receiver operating charac-

<표 7> 제조업종 개별회귀계수의 최우추정값  
(총종사자수, 연간출하액 제외)

<Table 7> Maximum likelihood estimate of manufactured goods individual coefficients (without total worker, yearly market price)

변수	자유도	최우 추정값	표준 오차	월드 검정통계량	p-값
절편	1	-0.5244	0.0579	81.9101	<.0001
운송거리	1	0.00507	0.000401	160.3623	<.0001
입하량	1	4.489E-6	4.2E-6	1.1422	0.2852
톤당 평균가격	1	0.000147	0.000135	1.1879	0.2758
자가 부지면적	1	9.439E-6	8.833E-6	1.1419	0.2852
임대 부지면적	1	4.129E-6	2.741E-6	2.2694	0.1319
입하빈도	1	0.3823	0.0671	32.4639	<.0001

teristic) 곡선의 ‘c 통계량’과 정분류율(CCR: correct classification rate)로 모형의 적합도를 평가하고자 한다.

제조업 전체자료를 이용한 모형의 ‘c 통계량’은 0.5보다 큰 0.618로 나타났다. 따라서 설정된 모형은 영업용화물차량과 자가용화물차량 선택 여부를 판단할 수 있는 예측력이 높다고 판단할 수 있다. 또한, 정분류율을 구하기 위한 분류표는 다음 <표 8>과 같다. 다음 표에 의해서 정분류율은

$$CCR = \frac{1562 + 919}{4250} \times 100\% = 58.4\%$$

이 된다. 이는 분류 기준 값을 0.5로 했을 때, 화물 차량의 선택 여부는 본 모형에 의해 약 58.4%가 옳게 분류된다는 의미이다.

그러나 정분류율을 그대로 사용할 경우 오류를 범하는 경우가 있기 때문에, 수정된 정분류율(CCRj)로 표시하면,

<표 8> 관측결과와 예측결과의 분류표(제조업전체)

<Table 8> Classified table of observed and estimated values (Total manufactured goods)

		예측 결과		행 합계
		Ŷ = 0	Ŷ = 1	
관 측 결	Y = 0	1,562	540	2,102
	Y = 1	1,229	919	2,148
열 합계		2,791	1,459	4,250

$$CCR_j = \frac{(1562 + 919) - 2148}{4250 - 2148} \times 100\% = 15.8\%$$

이 된다.

이것은 독립변수들의 정보를 이용한 모형이 단지 자료의 분포에 근거한 추측과 비교해서 예측오류를 약 16%만큼 감소시킬 수 있다고 판단할 수 있다.

#### 4. 제조업 품목별 로지스틱회귀모형

제조업 품목 선정은 수도권 전체 물동량 중 약 75%를 차지하는 금속기계공업품에서 제1차 금속제품과 잡공업품 중 목제 및 나무제품(가구제외)으로 하고, 로지스틱 회귀모형을 통해 영업용화물차량 선택에 영향을 미치는 요인에 관하여 알아본다.

##### 1) 개별회귀계수의 검정

로지스틱 회귀모형을 이용하여, 제1차 금속제품과 목제 및 나무제품(가구제외)에 대해 8개의 독립변수를 모두 포함한 모형의 계수 추정치는 다음 <표 9>, <표 10>과 같다.

두 가지 품목에 대한 최우추정값을 보면 톤당평균가격의 부호가 서로 다르게 나타나는 것을 알 수 있다. 제1차 금속제품의 경우 톤당평균가격이 높고, 목제 및 나무제품(가구제외)의 경우 톤당평균가격이 제1차 금속제품에 비해 낮다. 톤당평균가격이 높을 수록 일반 잡공업품보다는 금속제품이나 기계·장비

〈표 9〉 제1차 금속제품  
〈Table 9〉 Metal goods

변수	자유도	최우 추정값	표준 오차	왈드 검정통계량	p-값
절편	1	-0.8407	0.2979	7.9627	0.0048
운송거리	1	0.00666	0.00122	29.8983	<.0001
입하량	1	0.000014	0.000015	0.9290	0.3351
톤당 평균가격	1	0.00956	0.00759	1.5859	0.2079
총종사자수	1	-0.0109	0.00611	3.2141	0.0730
자가 부지면적	1	0.000043	0.000038	1.2875	0.2565
임대 부지면적	1	0.000049	0.000054	0.8236	0.3641
연간출하액	1	9.011E-6	9.637E-6	0.8742	0.3498
입하빈도	1	0.1874	0.2954	0.4026	0.5258

류일 가능성이 높다. 이러한 품목들의 경우, 소형화물차를 이용하기보다는 대형화물차를 이용할 가능성이 높다. 대형화물차의 경우, 업체의 자가용 화물차 보다는 영업용 화물차를 이용할 가능성이 높아진다. 따라서 톤당평균가격이 높을 경우, 영업용 화물차량을 선택하는데 양(+)의 영향을 미치는 것으로 본다. 이에 반해 목제 및 나무제품(가구제외)은 소형화물차로 운송할 가능성이 높아진다는 것을 의미한다.

다음으로 제1차 금속제품의 경우, 총종사자수가 많을수록 영업용 화물차량을 선택할 확률에 음(-)의 영향을 미치는 것으로 나타났다. 잡공업품은 노동집약제품인데 반해 제1차 금속제품은 기술집약제품으로 총종사자수가 업체의 규모를 반영하지 못하기 때문에, 수송량에 큰 영향을 미치지 못하여 영업용 화물차량 선택에도 음(-)의 영향을 미치는 것으로 해석된다.

앞서 연간출하액이 높을수록 매출액이 늘어나서, 수송량이 많아질 것으로 예상하였고, 다빈도 수송품목인지 다량 수송품목인지에 따라 영업용화물차량 선택에 서로 다른 영향을 미칠 것으로 예상하였다. 제1차 금속은 다량수송품목으로 연간출하액이 많을수록 수송량이 많아지는 것을 의미하여, 영업용화물

〈표 10〉 목제 및 나무제품 (가구 제외)  
〈Table 10〉 Wood products (without furniture)

변수	자유도	최우 추정값	표준 오차	왈드 검정통계량	p-값
절편	1	-0.4054	0.5752	0.4968	0.4809
운송거리	1	0.00217	0.00266	0.6638	0.4152
입하량	1	0.00173	0.000997	3.0156	0.0825
톤당 평균가격	1	-0.0239	0.0147	2.6543	0.1033
총종사자수	1	0.00155	0.00361	0.1848	0.6673
자가 부지면적	1	-0.00008	0.000199	0.1617	0.6876
임대 부지면적	1	0.000404	0.000261	2.3845	0.1225
연간출하액	1	-0.00003	0.000040	0.7547	0.3850
입하빈도	1	0.2896	0.5447	0.2827	0.5949

차량선택에 양(+)의 영향을 미친다. 목제 및 나무제품(가구제외)의 경우 다빈도 수송품목으로 연간출하액이 많은 것이 다량 수송에 의한 것이 아니라 다빈도 수송에 의한 것이기 때문에 연간출하액이 많아도 음(-)의 영향을 미치는 것으로 나타났다.

제 1차 금속의 경우 입하량, 임대부지, 연간출하액, 입하빈도는 영업용 화물차량의 선택에 유의한 영향을 미치지 않고, 목제 및 나무제품(가구제외)의 경우 운송거리, 총종사자수, 자가부지면적, 입하빈도가 유의한 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 이 변수들을 제외하고 분석한 모형은 다음 <표 11>과 <표 12>와 같고 유의하지 않은 변수를 제외한 후에도 부호의 변화를 보이지 않음을 알 수 있다.

## 2) 모형의 적합도 검정

목제 및 나무제품 (가구제외)의 ‘c 통계량’은 0.684로 제조업 전체 자료를 이용한 모형의 ‘c 통계량’ 0.618보다 높게 나왔다. 따라서, 제조업 전체 자료를 이용한 모형에 비해 영업용 화물차량과 자가용 화물차량 선택 여부를 판단할 수 있는 예측력을 비교적 높다고 할 수 있다.

<표 13>에 의한 정분류율(CCR)은



경우, 독립변수들의 정보를 이용하여, 모형이 단지 자료의 분포에 근거한 추측과 비교하여 예측 오류를 약 42.0% 만큼 감소시킬 수 있다고 판단할 수 있다. 따라서, 본 모형을 이용하여 분석하는 경우, 자료의 분포에 근거한 추측과 비교하여 예측 오류를 약 42.0% 감소시킬 수 있다.

제조업 전체 모형보다 품목별로 분류하여 분석한 모형의 예측도가 높게 나왔고, 예측 오류의 감소도 품목별로 분류하여 분석한 모형이 더 크게 나왔다. 따라서 업종별로 분류하여 분석한 모형이 영업용화물차량 선택에 영향을 주는 요인을 찾는데 좀 더 적합한 모형이 됨을 알 수 있다.

## V. 결 론

### 1. 분석결과를 이용한 영업용화물차량 이용 활성화 방안

본 논문에서는 영업용 화물차량을 운송수단으로 선택하는데 영향을 미치는 요인을 분석하였다. 그 결과 제조업 전체에 대해 분석한 모형에서는 운송거리가 길고, 입하량이 많으며, 톤당 평균가격이 높고, 총 종사자수와 부지면적이 넓을수록 영업용 화물차량을 선택하는데 양(+)의 영향을 미치는 것으로 나타났다.

화물품목특성( $Z_1$ )는 톤당 평균가격이 높은 품목을 대량으로 운송할 경우, 영업용화물차량의 이용을 증대시킬 수 있는 것으로 나타났다. 따라서 이 경우 화물에 대한 대량운송이 가능하도록 하기위해 공동 집배송 단지 및 집배송센터 등으로 배송 규모를 대형화하여 영업용 화물차량 이용을 증대시킬 수 있을 것이다.

운송특성( $Z_2$ )는 운송거리가 멀수록 영업용화물차량의 선택 확률을 높여주는데, 이런 경우 장거리 수송품목에 대해 각 지역별로 거점을 두어 공동배송 관리를 할 경우 대량의 화물에 대해 장거리 수송을 할 수 있어 영업용 화물차량 증대에 영향을 줄 것으로 예상된다. 그러나, 품목별로 분류해서 분석한 결

과 잡경공업품의 경우 업체규모의 대형화가 영업용화물차량의 선택에 양(+)의 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 따라서 배송되는 품목에 따라 배송 규모를 달리해야 할 것이다.

업체 규모의 대형화를 위한 공공정책은 물류시설 체계를 조정하는 것인데, 공동집배송 단지 및 집배송 센터, 화물 터미널과 같은 시설의 이용을 활성화시키는 것 등이 한 방안일 것이다. 현재 국가물류 기본계획에서 유통단지 정비 계획을 세웠으나 제대로 추진되지 못하고 있는 실정이다. 또한 현재 화물 터미널은 주차장과 창고 기능 정도를 수행하는 정도이다. 실제 일본 사이타마현 신도시에서는 공동배송으로 화물차 대수 감소, 서비스 향상, 수송비용 감소 등의 효과가 나타나고 있다. 따라서 우리나라에서도 공동배송센터 및 단지를 조성하여 현재 도시 내 물류 활동이 직면한 문제를 극복하고 궁극적으로 물류 비를 감소시켜 화물운송의 국제 경쟁력을 제고 할 수 있을 것이다.

### 2. 향후 연구

본 연구에서는 영업용화물차량 선택에 영향을 주는 요인을 분석하고, 영업용 화물차량 이용 활성화를 위한 정책방향을 제시하였다. 그러나 자료의 한계로 인하여 농·임·수·축산물 및 광산품에 대한 분석은 이루어지지 못하였다. 또한 제조업종 품목 중에서도 잡공업품으로 나눠지는 목재 및 나무제품(가구제외), 금속기계 공업품 중에서 제1차 금속제품에 대해서만 분석이 이루어졌기 때문에 타 품목에 대한 분석의 세분화가 이루어지는 것은 물론 수송품목에 따른 화물차량 이용활성화 방안 연구도 필요하다.

### 참고문헌

- [1] 교통개발연구원, “서울시 물류조사 및 물류종합 계획 구상,” 1998.
- [2] 하원익, 남기찬, “SP자료를 이용한 화물수송수단 선택모형의 개발,” 대한교통학회지, 제14권

- 제1호, pp. , 1996. month.
- [3] 최창호, 국내 지역간 공로화물운송에 대한 행태  
적 수단선택모형의 개발, 서울대학교 대학원(박  
사학위논문), 1998.
- [4] U. C. H. Blum and M. J. I. Gaudry,
- "Aggregate time series gasoline demand  
model: Review of the literature and new  
evidence for west Germany," *Transportation  
Research. A*, vol. 22A, no. 2, pp. 75-88, month  
1988.

저자소개

김 민 영 (Kim, Min-Young)

2001년 4월~2003년 1월 : (주)진화기술공사 도로부 사원

2005년 2월 한양대학교 공학석사 (교통계획전공)

2005년 5월~2005년 9월 : 한국교통연구원 철도교통연구실 연구원

2005년 9월~2007년 1월 : 국토연구원 교통연구실 연구원

2007년 2월~현재 : (사) ITS 코리아 기술국 대리



강 경 우 (Kang, Kyung-Woo)

1983년 Univ. of Pennsylvania 교통학 석사

1985년 Univ. of Pennsylvania 화물교통 박사

1985년 ~ 1987년 : 미국 뉴욕 뉴저지 항만교통청 연구원

1987년 ~ 1990년 : 미국 뉴욕 뉴저지 항만교통청 수석연구원

1990년 ~ 1991년 : 미국 뉴욕 뉴저지 항만교통청 연구위원

1992년 ~ 현재 : 한양대학교 교통공학과 교수

