□ 論 文 □

SP자료를 이용한 화물수송수단 선택모형의 개발

-컨테이너 내륙운송을 중심으로-

Mode Choice Models for Freight Transportation Using SP Data

하 원 익
(한국해양대 항만운송공학과 대학원)

남 기 찬
(한국해양대 물류시스템공학과 교수)

목 차

I. 서론
II. 방법론
1. 선호의식자료
2. 모형형태
III. 실험설계 및 조사
1. 컨테이너화물 내륙운송의 문제점
2. 장래 수송체계의 변화
3. 변수선정 및 요인수준 결정
4. 본조사
5. 표본특성
IV. 분석 및 결과 해석
1. 초기분석
2. 이질성분석
3. 모형검증
4. 민감도분석
V. 결론

ABSTRACT

This study aims to assess the potential competition among road, rail, and coastal transport under various scenarios concerning the future inland container transport systems in Pusan-KyungIn corridor. For this SP approaches are adopted to collect data from shippers and carriers, and multinomial logit models are estimated at disaggregate level.

The results of the analysis indicate that the SP data are reliable, and that the mode choice models estimated are valid. The results also indicate that the most effective policy to divert the freight volume from road to other modes is to reduce freight rates for the railway, and is to reduce transport time for the coastal water with improved reliability.

I. 서론

최근 기업경영에 있어서 물류의 중요성이 커지면서 보다 효율적인 수송서비스에 대한 기업의 요구가 높아지고 있다. 특히 공로 중심으로 이루어지고 있는 내륙화물운송의 경우 도로정체로 인한 수송지연 문제가 심각해지면서 공로운송의 대체수단으로서 철도운송과 연안해송에 높은 관심을 보이고 있는 실정이다. 철도수송이나 연안해송은 대량화물 운송에 있어서 공로수송에 비해 운송비가 낮아 물류비용을 절감할 수 있고, 공로수송은 대기오염, 소음, 도로파손 등의 환경문제를 야기시키기 때문에 가능한 많은 화물을 철도수송이나 연안해송으로 전환시키는 것이 바람직하다. 우리나라와 같이 도로용량이 절대부족하여 공로 체증현상이 심각한 경우 화물운송을 위한 대체수단의 활성화는 필연적이라 할 수 있다.

이러한 상황하에서, 부산과 서울을 연결하는 경부고속전철 사업과 가덕도 신항만건설 사업이 추진 중에 있어서 장래 내륙화물수송체계에 큰 변화가 예견됨에 따라 사전에 수송체계의 변화가 가져올 영향과 각 수단의 경쟁력을 분석해 볼 필요성이 대두된다.

따라서 본 논문은 장래에 컨테이너 내륙운송체계에 나타날 변화를 고려한 가상의 시나리오를 설정하여 현재 공로 중심으로 이루어지고 있는 우리나라 컨테이너 내륙운송에 있어서 공로, 철도, 그리고 해송의 잠재적 경쟁력을 분석하는 것을 그 목적으로 한다.

이를 위해서 본 연구에서는 SP(stated preference)실험법을 이용하여 현존하지 않는 수송체계에 대한 화주들의 선호도 자료를 수집하여 장래 가상의 수송체계에 대한 수요특성을 분석한다. 먼저 컨테이너 내륙운송의 현황과 수송수단선택에 있어서 의사결정에 영향을 미치는 요인을 파악하기 위한 예비조사를 수행하고, 예비조사 결과와 장래 수송체계의 변화특성을 바탕으로 컨테이너화물의 최대의 기종점인 부산-경인 축에 있어서 공로, 철도, 해송을 경쟁수단으로 가정하고 가상의 수송체계를 구축한다. 이어서 SP실험법을 이용하여 가상의 수송체계에 대한 화주의 선호도를 조사하고, 이산선택모형을 사용하여 수단선택 예측모형을 개발한다. 마지막으로 선호의식자료를 이용한 모형의 타당성을 검증하고 부산-경인 축에 있어서 각 수송수단 간의 잠재적 경쟁력을 평가한다.

II. 방법론

1. 선호의식자료(SP Data)

일반적으로 수송수요 연구에서 사용하는 방법은 과거나 현재의 수송행태를 직접 관찰하여 얻어진 자료나 실제 수송행태에 대해 표본조사를 수행해서 얻어진 자료(revealed data)를 바탕으로한 개별행태모형(disaggregate behavior models)이다. 이러한 방법은 화주의 과거 혹은 현재의 수송행태를 분석하는 것으로서 단기적 수송정책의 현황과 효과 분석에 있어서는 유효하지만 본 연구와 같이 현재 존재하지 않는 장래의 수송체계를 대상으로 할 때 적합하지 않다. 따라서, 본 연구에서는 현재 존재하지 않는 가상의 수송체계나 서비스 대안을 적합한 서비스 변수를 통해 표현해서 각 대안에 대한 개별 의사결정자의 선호, 의견, 의향 등의 의사표시를 측정하여 얻은 선호의식자료(Stated Preference Data : SP자료)를 이용하여 새로운 수송체계에 대한 수요 특성을 분석한다.

대안에 대한 화주의 선호도 측정방법은 1) rating, 2) ranking, 3) choice 등이 이용되고 있

으나(J. J. Louviere, 1988), 본 연구에서는 대안에 포함된 속성의 평가수준을 달리하여 화주에게 제시하고 그 중 한 대안을 선택(choice)하게 하는 방법을 택하였다. 이러한 선택자료는 순위자료나 점수배정자료와 같이 응답자료를 선택으로 바꾸기 위한 특별한 가정이 필요하지 않고(자세한 내용은 J. J. Louviere, 1988 참조), 실제 수송수단의 선택상황과 유사하여 모수의 유의성이나 모형의 설명력 측면에서 우수한 것으로 밝혀졌다(박대룡 외, 1994; Moore, 1988).

2. 모형형태 : 다항로짓모형

본 연구에서는 개별 선택자료를 이용할 경우 널리 사용되는 다항로짓모형을 이용해서 각 대안의 선택확률을 예측한다. 이 모형은 설정된 상황에서 개인이 각 대안을 평가해서 그들의 만족(효용)을 최대화하는 대안을 선택한다는 소비자 행태이론을 바탕으로한 것이다.

이산선택의 경우 대안의 집합 S로 부터 대안 i가 선택되었다면, 효용은 다음과 같이 나타난다.

$$U_i > U_j \ , \ i \neq j \ \ \& \ j \in S$$

효용 U_i에는 결정되지 않는 확률적인 요소가 존재하기 때문에 기본적인 확률효용의 형태는 다음과 같다.

$$U_i = U\ (V_i,\ \varepsilon_i) \qquad (1)$$

일반적으로 이것은 다음 식(2)과 같은 간략한 형태의 선형가법함수의 형태로 표현된다.

$$U_i = V_i + \varepsilon_i \qquad (2)$$

여기서 대표효용 V는 선택대안과 화주의 관측된 특성벡터이며, ε는 각 대안의 관측되지 않은 모든 특성 벡터와 관측이 불가능한 화주의 특성을 나타내는 확률오차 항이다. 위의 식(2)에서 k개의 변수가 효용에 선형효과(linear effect)를 가진다고 가정을 하고 이러한 각 속성(변수)에 대한 개별 가중치(part-worth)들이 모여서 개인 i의 수단 j에 대한 총 효용을 구축한다고 할 때 총효용은 다음 식(3)과 같이 표현된다.

$$U_{ij} = \beta_0 + \sum_{k=1}^{k} \beta_k \cdot X_{kij} + \varepsilon_{ij} \qquad (3)$$

한편, 각 화주의 대안선택행위가 효용극대화 이론을 따른다고 할 때 화주 n이 선택대안집합 Cn에서 대안 i를 선택할 확률은 다음과 같다.

$$P_n(i) = Pr\ (U_{in} \geq \max_{j \in C_n, j \neq i} U_{jn}) \qquad (4)$$

이때, 각 대안의 효용을 확정적 요소와 확률적 요소로 나누면 식(4)은 아래와 같이 변환된다.

$$P_n(i) = P_r[V_{in} + \varepsilon_{in} \geq \max_{j \in C_n, i \neq j} (V_{jn} + \varepsilon_{jn})] \qquad (5)$$

식(5)에서 $\varepsilon_{in}(\forall i \in Cn)$이 위치모수 η와 규모모수 $\mu>0$인 Gumbel분포를 따른다고 가정함으로서 다음의 식(6)과 같은 다항로짓모형이 유도된다.

$$P_n(i) = \frac{e^{\beta x_{in}}}{\sum_{j \in C_n} e^{\beta x_{jn}}} \qquad (6)$$

이산선택모형에서 수요분석에 있어 중요한 특성인 탄력성은 대안 i의 속성값의 변화에 대해 개별화주 n이 대안 i를 선택할 확률의 탄력성을 의미하는 직접탄력성과 대안 j의 속성에 대해 대안 i의 선택확률의 탄력성을 의미하는 교차탄력성으로 나누어진다. 이러한 직접탄력성과 교차탄력성은 다음의 식(7)에 의해 구할 수

있다. 이때 Kronecker Delta 함수가 0이면 교차탄력성이 된다.

$$E_{xjnk}^{\bar{P}(i)} = \frac{\beta k}{N \cdot \bar{P}(i)} \cdot \sum_{n=1}^{N} P_n(i)[\delta_{in} - P_n(j)]\, x_{jnk} \quad (7)$$

$P_n(i)$ = 화주 n 이 수단 i를 선택할 확률

$\bar{P}(i)$ = 수단 i를 선택할 집단의 확률

$E_{xikn}^{pn(i)}$ = 화주 n에 있어서 수단 i의 속성 k 에 의한 수요의 탄력성

$xikn$ = 화주 n 에 있어서 수단 i가 가지는 특성 k의 측정

δ_{ij} = *Kronecker delta* 함수($i=j$이면 1, $i \neq j$이면 0)

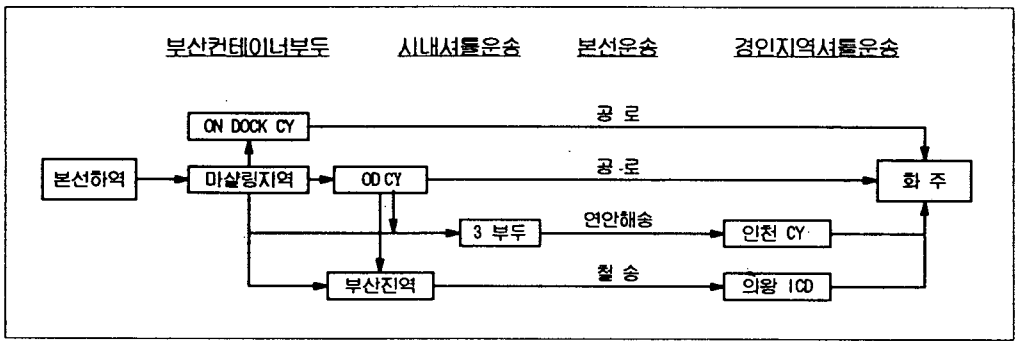
III. 실험설계 및 조사

SP자료는 가상의 수송체계에 대한 화주들의 선호도를 조사하는 것이기 때문에 신뢰성 높은 결과를 얻기 위해서는 제시되는 가상의 선택대안을 주의깊게 설정해야 한다(Kroes, E.P. and Sheldon, R.J. 1986). 이를 위해서 먼저 현 수송체계의 현황 및 문제점을 파악하고, 예상되는 장래 수송체계의 변화를 현실성있게 가정하며, 이를 적합한 소수의 요인과 요인 수준으로 나타내서 선택대안을 구축해야한다.

1. 컨테이너 수송체계의 현황

화물수송분야에서 컨테이너 물동량은 지난 수년동안 꾸준한 증가추세를 유지하여 1994년에는 전년대비 30%이상 급격히 증가하여 약 383만 6천 TEU(Twenty-feet Unit)에 이르게 되었다. 이 중 부산항을 경유한 컨테이너 물동량은 전체 컨테이너 물동량의 93%에 해당하는 약 357만 4천 TEU에 이르고 있다(해운항만청, 1995). 이러한 컨테이너 물동량의 내륙운송 수단별 분담률은 1992년 부산항의 컨테이너 취급량 259만 5천 TEU 중 대부분 공로(85.5%)로 수송되고 있으며, 철송과 해송의 분담율이 각각 12.7%, 1.8%로서 아주 저조한 실정이다. 장거리 운송구간이라고 할 수 있는 부산항-수도권 수송축에서 조차 총 93만 4천 TEU 중 공로 61%, 철송 34%, 연안해송 5%를 차지하므로서 철송과 해송에 대한 수송분담율은 아주 저조한 실정이다(해운산업연구, 1993).

한편, 수출입 컨테이너화물의 내륙운송경로(그림 1)를 살펴보면, 수출입 컨테이너화물의 경우 터미널 장치공간의 부족으로 인해 터미널에서 직반출.반입되는 화물은 많지 않고 대부분 ODCY(Off-Dock Container Yard)를 경유하고 있는데, 공로는 본선하역 후 직반출되거나



〈그림 1〉 컨테이너화물 수송경로

ODCY를 경유해서 화주문전까지 운송되고 있다. 철송의 경우는 본선에서 하역된 후 철도 CY(Container Yard)를 거쳐 부산진역에서 바로 철송되기도 하고, ODCY를 경유한 뒤 다시 BCTOC(Busan Container Terminal Operation Corporation)로 재반입되어 철도에 상차되어 의왕ICD(Inland Container Depot)까지 철송된 후 시내운송에 의해 화주까지 배달되는 경로가 있다. 마지막으로 연안해송의 경우 본선에서 하역된 후 바로 3부두로 이송되어 연안해송에 의해 인천으로 운송된 후 다시 시내운송을 통해 화주까지 배달되거나 터미널에서 ODCY를 경유한 뒤 연안해송에 의해서 수송되고 있다. 최근 부두직통관제도의 시행 확대와 철도 컨테이너화물에 대한 의왕ICD에서의 통관제도의 활성화로 ODCY를 경유하지 않고 운송되는 물량이 많이 증가하고 있으나 아직은 대부분의 컨테이너화물이 ODCY를 경유하게 되므로 필요 이상으로 수송단계가 복잡해서 수송시간과 수송비용의 증가를 초래하고 있다.

컨테이너화물 내륙운송의 문제점으로는 1) 공로수단의 대체수단인 철도와 연안해송의 분담율이 저조하며, 2) 각 대체수단의 수송단계가 복잡하여 수송시간이 길어지고 비용이 높아진다는 것을 들 수 있다.

2. 장래 수송체계의 변화

SP실험을 위하여 부산-경인간 컨테이너 내륙운송에 대한 가상의 수송체계를 구축하기 위해 다음과 같은 가정을 전제하였다. 첫째, 기존의 경부선의 선로 용량 부족 문제가 해소된다. 둘째, 연안 피더선 전용부두가 건설되고 CY나 CFS(Container Freight Station)와 같은 항만시설구역과 복합물류단지의 조성으로 터미널의 공간 부족현상이 완전히 해소된다. 셋째, 현재 운영되고 있는 의왕ICD와 개발 중인 양산ICD의 화물처리능력은 충분하다.

본 연구에서는 이러한 가정과 앞 절의 현황분석을 토대로 다음과 같이 가상의 수송체계를 구축하였다.

1) 공로 수송 : 이미 도로가 포화상태에 달해 있어서 도로나 운송장비에 대한 투자가 이루어지더라도 자연적인 통행량의 증가로 인하

〈표 1〉 부산 - 경인간 수송수단별 수송시간 현황 단위 : (일 - 시간)

	공 로		철 도		해 송	
	현 황	개선후	현 황	개선후	현 황	개선후
터 미 널	01-00	01-00	01-00	00-12	01-00	00-12
셔 틀	00-01	-	00-01	-	00-01	-
O D C Y	05-00	-	01-00	-	01-00	-
셔 틀	-	-	00-01	-	00-01	-
부산진역/일반부두	-	-	00-07	00-05	00-12	00-06
본 선 운 송	00-14	00-14	00-09	00-06	01-03	01-03
의왕/인천항 체류	-	-	05-00	01-00	05-00	01-00
문 전 운 송	00-01	00-01	00-02	00-02	00-03	00-03
계	06-17	01-15	07-20	02-01	08-20	03-00

자료: 대량화물유통체계 종합개선방안 연구, 1993, 해운산업연구원.

주: 원 자료에서 각 수단의 터미널 시간은 5일로 되어있으나 본 연구에서는 반출면허 완료 시점을 기준으로 하기 때문에 1일로 하였음.

여 화물수송은 크게 개선된다고 볼 수 없다. 즉, 공로의 경우 교통기반시설에 대한 투자로 얻을 수 있는 수송서비스 개선은 거의 없다. 따라서 공로수송은 부두 직반출입을 개선된 가상의 수송체계로 한다.

2) 철도 수송 : 현재 ODCY와 부산진역을 경유하는 복잡한 수송단계가 항만 터미널에서 의왕ICD로 직반출입되고, 의왕ICD에서 통관이 이루어진다. 또한, ICD와 철도 터미널의 관리.운영과 집배송 서비스가 개선되어 연계수송이 원활하게 수행된다.

3) 연안 해송 : 부산과 인천항에 연안피더선 전용부두가 건설되어 불필요한 컨테이너의 조작단계가 없어지고 피더부두와 외항 컨테이너 부두는 하역기기를 공유하여 환적에 따른 수송시간의 지연을 최소화한다.

이와 같은 가상의 수송체계는 〈표 1〉과 같이 나타난다.

3. 변수선정 및 요인수준 결정

1) 변수선정

수송수단 선택시 화주들은 수송수단 특성, 화물 특성, 그리고 기업특성에 관한 요인을 고려하는데, 대상 화물이 다양하고 수송특성이 서로 다르기 때문에 의사결정에 영향을 미치는 주요 속성은 연구에 따라 다양하다(구종순외 1명, 1992; Soliman et al., 1991; Benabi, 1983; Winston, 1981; Levin, 1978; Kullman, 1973).

본 연구와 유사한 Cheung(1990)의 연구에서는 송하인들을 대상으로 공로, 철도, 내륙수로운송을 선택하는 기준에 대한 조사를 행하였는데 공로의 경우 요금, 신뢰도, 속도 순으로, 철도의 경우 신뢰도, 요금, 수하인의 요구, 그리고 수로의 경우 요금, 신뢰도, 수단 이용가능성의 순위로 나타났다. 한편, 전문가들에 의해 중요시되는 요인은 다음 〈표 2〉와 같이 속도, 가격, 신뢰도 순으로 나타나서 화주들의 인식과 유사한 것으로 밝혀졌다.

〈표 2〉 수단선택에 영향을 미치는 요인

요 인	순위의 합계 (총 점)	빈 도 (언급된 횟수)
속 도	44	10
가 격	43	11
신뢰성	36	9
서비스	24	6
기 타	16	-

자료 : Cheung, "Influencing Modal Split in Freight Transport", 1990

문헌조사를 바탕으로하여 본 연구에서 고려되어야 할 주요요인들을 파악하기 위해서 본조사에 앞서 화주들을 대상으로 전화를 이용한 예비조사를 실시하였다. 수단선택시 주요시 되는 요인은 〈표 2〉와 유사한 결과를 얻었으며, 위의 요인외에 단위컨테이너의 중량과 단위 로트(lots)로 운송되는 컨테이너 수가 컨테이너화물의 경우 수단선택에 영향을 미치는 요인으로 몇차례 언급되었다.

이상에서 살펴본 모든 요인을 사용해서 선택대안을 작성할 경우 응답자들이 모든 요인에 대해 적절하게 trade-offs를 반영하면서 응답하기가 어려울 뿐만아니라 조사결과에 편이(bias)를 초래할 수 있다. 또한 연구에 의하면(Benabi, 1983; Cheung, 1990) 실제 의사결정자가 수단을 선택할 때는 현실적인 제약내에서 소수의 요인만을 고려해서 의사결정을 하는 것으로 밝혀졌기 때문에 본 연구에서는 분석 목적과 컨테이너 수송 특성 및 조사의 용이성을 고려하여 수송시간, 수송비용, 그리고 수송시간의 신뢰성을 변수로 선정하였다. 이 외에 제외된 변수들은 컨테이너 운송 특성상 크게 관련이 없거나 위

의 세 변수에 그 영향이 부분적으로 포함되며, 이들 측정되지 않는 변수의 영향은 효용함수의 오차항에 포함된다.

2) 요인수준 및 변수값 결정

요인수준을 결정할 때 주의할 점은 특정 요인이 지나치게 우수해서 특정 대안이 절대 우위에 있게 되는 현상(attribute dominance)을 초래하지 않고 합리적인 trade-offs가 가능하도록 결정하는 것이다(T. Fowkes and M. Wardman, 1988). SP실험에서 얻어지는 정보를 극대화하기 위해서는 가능한 요인수준의 수가 많을수록 좋으나 이것은 분석을 복잡하게 할 뿐만 아니라 최종적인 대안의 선택은 타당성있는 몇 개의 수준에 의해 결정되기 때문에 비현실적이라 할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 응답의 부담경감과 분석의 용이성을 고려하여 3개의 요인수준을 사용한다. 요인수준은 가상의 수송체계의 상황을 나타내는 수준 I을 기준으로 하고, 변수의 값을 적절하게 변화시킨 수준 II와 수준 III으로 구성된다.

수송비용은 화주가 컨테이너 내륙운송에서 실제 지불하는 구간인 CY에서 화주 문전까지의 운송구간에 대해 지불하는 비용을 기준으로 하였으며(컨테이너 해상운송계약은 CY term으로 이루어짐), 수송시간은 터미널에서 컨테이너를 반출하기 위해 화주가 반출면허를 제출해서 면허가 완료된 때부터 화주의 문전에 도착할 때까지를 기준(해운산업연구원, 1993, 최종보고서 참조)으로 해서 수송체계의 개선에 따른 변화를 감안하여 수준I을 결정한다.

부산에서 경인지역까지 컨테이너 내륙운송을 위해 화주가 내륙운송업자에게 지불하는 운임은 공로와 철도의 경우 동일하게 TEU당 526,000 원이 적용되고 있다. 그러나 가상의 수송체계에서는 운임 경쟁을 고려해서 CY에서 화주문전까지의 수송구간에서 발생하는 비용을 기준으로 하여[1] 공로의 경우 TEU당 526,000원, 철송의 경우 434,000원으로 결정하였으며, 해송의 경우는 실제 지불하는 운임인 291,000원을 수준 I로 설정하였다. 수송시간은 가상의 수송체계 하에서 평균수송시간으로 공로의 경우 39시간, 철도 49시간, 그리고 해송은 72시간을 기준으로 하였다.

이와같이 설정된 수준 I에서 수단간에 발생하는 수송시간과 수송비용의 trade-offs는 다음 〈표 3〉과 같다. 이것은 화주가 특정 수단에서 다른 수단으로 수송수단을 변경하게되는 수송시간의 한계비용으로 볼 수 있으며, 수준 II와 수준 III에서의 적절한 수송시간과 수송비용을 설정하는데 중요한 근거가 된다. SP실험에 있어서 수송수단의 선택은 실험설계에 의하여 제시되는 속성값에 의존하게 되므로 제시되는 속성값과 이러한 속성들의 수준 변동폭이 현실적이고 합리적일 때 그 결과를 신뢰할 수 있다. 즉, 선택대안이 실험계획법에 따라 여러 수준의 속성값의 조합으로 제시되므로 수준의 변동폭이 지나치게 크면 attribute dominance 현상이 발생하게 되고 변동폭이 너무 작으면 선택대안에서 속성들 간의 충분한 상쇄효과를 분석할 수 없는 상충하는 문제가 발생하게 된다. 따라서, 본 연구에서는 먼저 수준 I에서 발생하는 수단간의 trade-offs를 계산하여 이를 기준으로 수준 II와 수준 III의 적정 속성값을 결정한다.

수준 I의 비용과 시간을 기준으로 동일한 증가율과 감소율을 적용하여 수준 II와 수준 III을 결정할 경우 위에서 언급한 attribute dominance와 속성의 상쇄효과로 발생하는 상충하는 문제를 피할 수 없다. 따라서 본 연구에서는 수준 I에서 수단 간에 발생하는 비용과 시간의 trade-

1) 조찬혁, "컨테이너 내륙운송 비용구조의 분석", 1993.

〈표 3〉 수준 I에서 수단 간의 trade-offs

단위: 원, 일-시간

			Trade-offs		
			공로 - 철도	공로 - 해송	철도 - 해송
공 로	수송비용	526,000	9200 원/시간 $\left(\frac{526,000 - 434,000}{49 - 39}\right)$	7121 원/시간 $\left(\frac{526,000 - 291,000}{72 - 39}\right)$	6217 원/시간 $\left(\frac{434,000 - 291,000}{72 - 39}\right)$
	수송시간	01-15			
철 도	수송비용	434,000			
	수송시간	02-01			
해 송	수송비용	291,000			
	수송시간	03-00			

〈표 4〉 변수의 요인수준

단위: 원, 일-시간

	공 로 수 송			철 도 수 송			연 안 해 송		
	요 금	시 간	신뢰도	요 금	시 간	신뢰도	요 금	시 간	신뢰도
수준 I	526,000	01-15	100%	434,00	02-01	100%	291,000	03-00	100%
수준 II	563,000	01-21	95%	477,000	02-06	95%	352,000	03-06	95%
수준 III	436,000	01-10	80%	369,000	01-18	80%	262,000	02-13	80%

〈표 5〉 수단 내의 trade-offs 범위(비용기준)

	Trade-offs		
	공 로	철 송	해 송
시 간 (원/시간)	3,360 - 25,400	3,580 - 21,600	1,710 - 15,000
신뢰도 (원/%)	1,850 - 25,400	2,150 - 21,600	1,450 - 18,000

offs를 동일 수단 내의 수준 변화로 적절하게 반영할 수 있도록 하여 위에서 언급한 상충문제를 피하기 위해서 수단에 따라 각기 다른 증가율과 감소율을 적용하면서 현실성을 감안하여 결정하였다.

신뢰성은 정시성을 의미하는 것으로 일반적으로 수송시간의 표준편차나 정시에 도착하는 비율로서 표시되는데 Backler(1987)는 정시에 도착하는 비율을 100%, 95%, 80%로 나누어서 다양한 가상의 수송서비스를 구축하여 화주의 선호도 측정에 사용하였다. 본 연구에서는 각 수단의 신뢰도를 측정할 수 있는 자료는 없으나 신뢰도의 중요성을 평가할 필요가 있기 때문에 Backler의 연구처럼 신뢰도의 수준을 100%, 95%, 80%로 설정하고 이 세 수준을 공로, 철도, 연안해송에 적용하여 수송대안을 구축하였다.

본 연구에서 제공하는 수송시간, 수송비용, 신뢰도에 대한 수준은 다음 〈표 4〉와 같고, 〈표 4〉의 수준변화로 인해 수단 내에서 분석할 수 있는 trade-offs의 범위는 〈표 5〉와 같다.

대부분의 SP조사는 실험계획법의 직교표(table of orthogonal arrays)를 사용하여 전체(full) 혹은 일부요인계획(fractional factorial design)에 따라 변수들이 상호 독립적으로 선택대안에 분포되도록 한다. 본 연구에서 설정된 9

〈표 6〉 선택대안

수단 / 대안	공 로			철 도			연 안		
	요 금	시 간	신뢰도	요 금	시 간	신뢰도	요 금	시 간	신뢰도
1	563	45	100	477	54	100	352	78	100
2	563	45	95	477	49	95	352	72	95
3	563	45	80	477	42	80	352	61	80
4	563	39	100	434	54	95	291	78	95
5	563	39	95	434	49	80	291	72	80
6	563	39	80	434	42	100	291	61	100
7	563	34	100	369	54	80	262	78	80
8	563	34	95	369	49	100	262	72	100
9	563	34	80	369	42	95	262	61	95
10	526	34	80	477	54	100	291	72	95
11	526	34	100	477	49	95	291	61	80
12	526	34	95	477	42	80	291	78	100
13	526	45	80	434	54	95	262	72	80
14	526	45	100	434	49	80	262	61	100
15	526	45	95	434	42	100	262	78	95
16	526	39	80	369	54	80	352	72	100
17	526	39	100	369	49	100	352	61	95
18	526	39	95	369	42	95	352	78	80
19	436	39	95	477	54	100	262	61	80
20	436	39	80	477	49	95	262	78	100
21	436	39	100	477	42	80	262	72	95
22	436	34	95	434	54	95	352	61	100
23	436	34	80	434	49	80	352	78	95
24	436	34	100	434	42	100	352	72	80
25	436	45	95	369	54	80	291	61	95
26	436	45	80	369	49	100	291	78	80
27	436	45	100	369	42	95	291	72	100

개 인자와 3개의 인자수준에서 전체요인계획을 따를 경우 모든 실험조합의 수는 무려 19,683가지(39)가 된다. 합리적 수준에서 실험조합의 수를 결정하기 위해 본 연구에서는 L27(39)직교표를 이용하여 〈표 6〉과 같이 27개의 설문항목을 작성하였다(박성현, 1994, 직교배열 참고). 그러나 응답자의 부담경감과 학습효과 등에 의해 발생되는 확률오차를 줄이기 위해서 조사과정에서는 개별 응답자마다 무작위로 추출한 9개 항목으로 조사를 행하였다.

SP조사와 관련하여 실험계획법의 최대의 주안점은 각 속성들의 주효과를 파악할 수 있도록 하는데 있다. 많은 경우 여러개의 속성들이 선호도에 독립적인 영향을 미치지 않고 교호작용 (Interaction effects)에 의한 종속적인 영향을 미치게 된다. 그러나, 본 연구에서 분석하는 수

송시간, 수송비용, 신뢰도와 같은 인자들의 교호작용에 의한 효과는 존재하지 않는다고 가정하고 일부요인계획에 의해 인자들이 상호 독립적으로 선택대안에 분포하도록 해서 이러한 변수들의 주효과만을 분석한다.

4. 본조사

내륙운송수단에 대한 선호도를 조사하는데 있어서 사전에 규정되어야 할 것은 수송수단선택 의사결정자이다. 현재 우리나라의 컨테이너 내륙수송의 경우 의사결정자를 명확하게 규정하기 어렵다. 화주로부터 수송의뢰를 받은 선사나 포워더가 내륙운송업자를 선정하고 내륙운송업자가 수송수단을 선택하고 있으나 자유로운 선택 상황에서는 운임을 지불하는 주체인 화주가 수송수단을 선택하게된다. 이러한 측면에서 본 연구에서는 가상의 수송체계에 대한 의사결정자를 화주라고 가정을 한다.

조사를 위한 모집단은 조사의 용이성과 분석목적을 고려하여 컨테이너를 이용하여 화물을 운송하는 경인지역에 위치한 화주로 하고, 주요 내륙운송업체를 통해서 경인지역에 위치한 500개의 기업을 모집단으로 선정하였다. 본 연구의 조사를 위해서 30%의 표본율을 정해 무작위 표본추출에 따라 조사대상업체를 선정하였다.

선정된 표본 업체에 대해서는 먼저 전화를 통해서 운송 담당자에게 조사취지와 설문지 응답방법에 대해 설명을 한 뒤 우편으로 조사서를 보내고 회수하는 방법을 사용하였다. 1995년 8월 10일에서 1995년 9월 10일까지 1 개월에 걸쳐 총 150개 업체를 선정해서 컨테이너운송 담당자들을 대상으로 설문조사를 실시하여 총 44개 업체로부터 설문지를 회수하여 29.3%의 회수율을 얻었다. 이 가운데 분석에 사용할 수 없는 응답자료를 제외한 유효응답은 42개 업체로 부터 회수되어 유효회수율은 28.0%였다. 최종적으로 모형추정에 사용된 관측자료수는 총 377개였다.

조사서는 먼저 본 연구의 목적과 관련하여 조사의 취지를 설명하고, 조사대상기업의 경제적 속성을 구하는 내용을 포함한다. 의사결정자의 특성을 나타내는 변수로서 주업종, 영업규모, 컨테이너 내륙운송시 주이용수단, 타운송업체와의 관계, 자가 운송수단 보유유무, 현재의 수송수단 이용특성에 관한 사항, 수송수단 선택시 고려요인, 수단선택시 제약요인 등을 포함한다. 이어서 무작위로 추출한 9개의 수송대안(표 6)들을 제시하여 각 대안마다 최선의 수단을 선택하게 하였다.

5. 표본 특성

회수된 설문지에는 응답자의 특성을 나타내는 문항으로 영업실적(매출액), 종업원수, 년간 취급 컨테이너 화물량이 포함되어 있으나 대부분의 응답자들이 매출액에 대해서는 응답하지 않아 분석에서 제외하였다. 종업원 수와 취급 화물량에 따른 응답자의 분포를 살펴보면 〈그림 2〉, 〈그림 3〉과 같다. 화주의 경우 종업원의 수가 100명 이하인 중.소기업이 18개 업체로 전체 응답자의 46%를 차지하고 있으며 종업원 수가 1000명 이상인 업체도 8개로 약 20%를 점하고 있다. 년간 취급 화물량에 따른 분포에서는 누락된 항목이 많아 정확한 표본비율을 파악하기 어려우나 응답자 중 50% 이상이 년간 취급 화물량이 500 TEU이하인 것으로 나타났다.

응답자의 특성에 따른 표본의 특성은 〈표 7〉과 같다. 종업원수에 따른 표본특성을 살펴보면 종업원 수가 많은 집단이 종업원 수가 적은 집단보다 공로를 상대적으로 선호하고 종업원수가 적은 집단은 해송을 선호하는 것으로 나타났으며, 화물량에 따른 표본특성을 살펴보면 취

급 화물량이 많은 집단은 공로를, 적은 집단은 해송을 상대적으로 선호하는 것으로 나타났다. 또한, 전체자료에서 공로, 철도, 해송의 평균선택확률이 각각 38%, 47%, 15%로 나타났다.

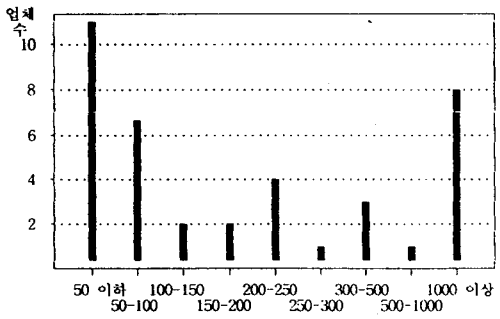
〈표 7〉 응답자의 표본특성

a) 종업원 수에 따른 분류

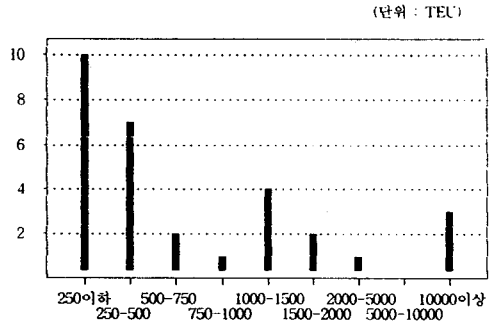
종업원 수	관측자료 수	평균수단선택확률		
		공 로	철 도	해 송
200미만	189	0.32	0.47	0.21
200이상	161	0.46	0.45	0.09
Missing data	27	0.33	0.55	0.12
합 계	377	0.38	0.47	0.15

b) 년간 취급화물량에 따른 분류

종업원 수	관측자료 수	평균수단선택확률		
		공 로	철 도	해 송
500TEU 미만	153	0.33	0.47	0.20
500TEU 이상	125	0.44	0.47	0.09
Missing data	99	0.38	0.44	0.18
합 계	377	0.38	0.47	0.15



〈그림 2〉 종업원 수에 따른 화주집단의 분포



〈그림 3〉 년간 취급화물량에 따른 화주집단의 분포

Ⅳ. 분석 및 결과 해석

1. 초기분석

본 연구에서 수송수단선택에 관한 분석을 위해 수단에 관한 특성을 나타내는 변수로써 수송비용, 수송시간, 그리고 신뢰도를 사용하였으며, 분석모형에 포함된 각 변수와 화주 특성 변수에 대한 설명은 〈표 8〉과 같다. 모수추정을 위해서 비선형 최우추정법(Maximum likelibood Estimation Method)에 따라 다항로짓모형을 추정할 수 있는 LIMDEP 전산패키지를 이용하였

〈표 8〉 변수의 종류 및 내용

	변 수 명	변 수 설 명
수송수단 특 성	수송비용	터미널 반출에서 화주문전까지 소요비용(천원)
	수송시간	반출면허 완료시점에서 화주 문전수송시간(시간)
	신 뢰 도	정시에 도착하는 비율 또는 수송시간에 대한 편차(%)
	공로더미	공로 더미(공로=1, 그렇지 않으면=0)
	철도더미	철도 더미(철도=1, 그렇지 않으면=0)
응 답 자 특 성	고용인수	고용인의 수(명)
	화 물 량	년간 취급 화물량(TEU)

으며, Newton-Raphson법을 사용하였다.

초기분석에서는 전체 관찰자료에 대해 모형을 정산하였으며, 그 결과는 〈표 9〉와 같다. 수송비용과 수송시간의 계수는 예상대로 음(-)의 부호를 나타냄으로써 수송비용과 수송시간의 증가는 수송수단 선택으로부터 얻게 되는 효용을 감소시킴을 알 수 있으며, 신뢰도의 계수는 양(+)의 부호를 나타냄으로써 신뢰도가 높을수록 효용이 증가하는 것을 알 수 있다.

표본 평균치인 계수의 추정치가 모평균과 일치하는지를 검증하는 t값은 95% 수준에서 유의하며, 또한 추정된 모형의 적합도(모든 계수가 0이라는 귀무가설)를 평가하는 우도비 검증 통계량들도 모두 유의적 수준을 보이고 있다. 추정된 모형의 설명력(ρ^2)은 일반적으로 ρ^2가 0.2 - 0.4 정도이면 모형의 설명력은 우수하다고 보나(D. A. Hensher and L. W. Johnson, 1981) 본 연구에서는 ρ^2가 0.189로 비교적 양호하게 나타났다.

〈표 9〉 수송수단 선택모형의 추정 결과

	전체자료
수 송 비 용	-0.0112 (-6.914)
수 송 시 간	-0.0548 (-4.022)
신 뢰 도	0.0491 (5.373)
공 로 더 미	1.5038 (2.896)
철 도 더 미	1.5068 (4.123)
log-likelihood	-336.04
$x^2(5)$	156.26
ρ^2	0.189
관찰자료 수	377

주) 1. ( )안의 수치는 t값을 나타냄.
2. $x^2(5)0.005 = 16.75$임.
3. *는 90% 수준에서 유의한 변수

2. 이질성 분석

다항로짓모형은 모집단내의 모든 화주에 대하여 동일한 모수값을 가정하기 때문에 집단내에 개인에 따른 성향의 차이(taste variations)가 클 경우 이러한 성향의 차이를 적절하게 반영할 수가 없다. 따라서 본 연구에서는 시장분할법(market segmentation)을 이용해서 화주 집단 내에서 개별 화주의 특성에 따른 성향의 차이가 있는지를 살펴본다. 일반적으로 교통분야에 있어서 시장분할방법은 통행자의 특성을 고려하여 속성에 대한 한계효용이 비슷한 집단으로 그룹핑하여 각 집단에 대해 개별모형을 추정하여 모형의 집단화로 인한 오차를 줄이게 된다. 본 연구에서는 응답자의 특성변수인 종업원 수와 화물량을 이용해서 표본을 소집단으로 나누어서(〈표 7〉참조) 각 집단에서 성향차이가 있는지를 살펴본다.

〈표 10〉은 응답자를 종업원 수와 년간 취급 화물량에 따라 나누어서 모수를 추정한 결과이다. 여기서는 종업원의 수와 취급 화물량이 누락된 설문은 분석에서 제외하였다. 종업원수에 따라 분류하였을 경우 집단 I에서 공로의 더미계수가 유의하지 않게 나왔으나 그 외 모든 계수들은 95% 수준에서 유의한 것으로 나타났으며, 집단 I의 경우 ρ^2가 0.115로 아주 낮게 나왔으나 집단 II의 경우는 0.309로 높게 나왔다. 또한 취급 화물량에 따라 표본을 나누었을 경우에는 집단 I의 더미계수와 집단 II의 수송시간에 대한 계수가 95% 수준에서 유의하지 않은 것으로 나타났다. 그러나 ρ^2는 집단 I에서 0.162, 집단 II에서 0.307로서 종업원 수를 기준으로 분류한 것이 더 우수하게 나왔다.

종업원 수와 화물량에 의해 분류된 두 집단간의 성향차이가 있는지는 우도비검증을 통해 판단할 수 있다. 즉, 두 집단에서 추정된 계수벡터가 같다는 귀무가설을 유의수준이 아주 낮은 경우에도 기각하게 되므로 아주 유용한 통계량이 된다(Ben-Akiva and Lerman, 1985; Watson and Westin, 1975).

〈표 10〉 표본분할에 따른 모형추정 결과

a) 종업원 수에 따른 분할

	전체 자료	집단 I	집단 II
수송비용	-0.0103 (-6.248)	-0.0089 (-4.108)	-0.0126 (-4.813)
수송시간	-0.0525 (-3.776)	-0.0390 (-2.161)	-0.0729 (-3.163)
신 뢰 도	0.0495 (5.279)	0.0341 (2.780)	0.0710 (4.635)
공로더미	1.3844 (2.614)	0.9837 (1.418)	2.1023 (2.405)
철도더미	1.4052 (3.774)	1.1328 (2.349)	2.0215 (3.226)
log-likelihood	-315.86	-183.85	-122.21
$x^2(5)$	137.29	47.58	109.34
ρ^2	0.179	0.115	0.309
관찰자료 수	350	189	161

b) 화물량에 따른 분할

	전체 자료	집단 I	집단 II
수송비용	-0.0110 (-5.824)	-0.0109 (-4.334)	-0.0128 (-4.178)
수송시간	-0.0534 (-3.374)	-0.0709 (-3.379)	-0.0339 (-1.334)
신 뢰 도	0.0520 (4.870)	0.0397 (2.865)	0.0770 (4.234)
공로더미	1.5541 (2.556)	0.4448 (0.581)	3.4294 (3.260)
철도더미	1.6055 (3.737)	0.9002 (1.673)	2.9081 (3.856)
log-likelihood	-244.84	-140.90	- 95.16
$x^2(5)$	121.15	54.37	84.33
ρ^2	0.200	0.162	0.307
관찰자료 수	278	153	125

$$-2\left[\mathrm{Ln}\ N(\hat{\beta}) - \sum_{g=1}^{G} \mathrm{Ln}\ N_g(\hat{\beta}^g)\right] \qquad (8)$$

여기서 식 (8)에 의해서 계산된 통계량은 x^2-분포의 값과 비교하여 귀무가설의 기각여부를 판단한다. 즉, 종업원 수에 따라 분류하였을 경우 19.60, 화물량에 따라 분류하였을 경우 17.56으로 모두 유의수준 0.05에서 집단 간의 모든 계수벡터가 같다는 귀무가설을 기각하여 집단 간의 성향차이가 존재하는 것으로 나타났다 ($x^2(5)0.05 = 11.07$). 이러한 두 집단 사이의 성향차이가 어떤 속성으로 부터 기인하는지는 t검증에 의해 판단할 수가 있으며(표 11), 검증 통계량은 다음과 같다(1과 2는 집단의 구분).

$$\frac{\hat{\beta}_k^{\,1} - \hat{\beta}_k^{\,2}}{\left[var(\hat{\beta}_k^{\,1}) + var(\hat{\beta}_k^{\,2})\right]^{1/2}} \qquad (9)$$

종업원 수에 따라 표본을 나눈 경우에는 신뢰도 계수가 유의한 것으로 나타났으며, 화물량에 따라 나눈 경우에는 신뢰도와 더미변수의 계수들이 90% 수준에서 유의한 것으로 밝혀졌다. 즉, 전자의 경우 신뢰도 변수에 대하여, 그리고 후자의 경우는 신뢰도 변수와 수단을 나타내는 더미변수들에 대하여 집단간에 성향차이가 있는 것으로 나타났다. 결론적으로 부산-경인 축의 컨테이너화물 수송수단 선택에 있어

서 종업원수에 따른 시장분할방법보다는 화물량에 따른 시장분할방법이 화주들의 이질성을 반영하는데 적합한 것으로 나타났으며, 통계적으로 유의하지 않는 변수를 제외한 최종추정모형은 〈표 12〉와 같다.

3. 모형검증

일반적으로 선호의식자료를 이용한 모형의 타당성은 내부타당성과 외부타당성으로 나누어진다. 내부타당성은 응답자의 선호행위를 설명하는 모형의 적합도 또는 설명력으로, 앞 절에서 추정된 개별 모형들의 통계적 유의성을 통해 입증되었다. 여기서는 선호의식자료의 타당성과 추정된 모형이 실제 화주의 선택행위를 얼마나 잘 반영하는지를 살펴봄으로서 모형의 외부타당성을 검증한다.

선호의식자료의 타당성은 문헌조사와 예비조사를 바탕으로 선택대안의 작성에 포함된 속성들을 실제 응답자들이 수단선택시 어떻게 고려하는지를 알아봄으로서 판단할 수 있다. 본 연구의 설문조사에 응답한 응답자들이 수송수단 선택시 중요하게 고려하는 요인은 〈표 13〉과 같이 수송시간, 수송비용, 필요시 즉시 이용 가능성, 수송시간의 신뢰성 등을 중요시하는 것으로 나타났는데 수단선택 요인에 관한 분석결과 본 연구에서 가상의 선택대안 설정에 포함된 속성은 적합하다는 것이 입증되었다. 또한 추정된 모형이 실제 응답자의 선택행위를 얼마나 반영할 수 있는지를 나타내는 모형의 Hit-Ratios는 63.9%로 나타났으며, 특히 모형의 설명력이 높은 집단 II의 경우 71.2%로 아주 높게 나타났다.

〈표 11〉 화주집단 간의 계수 차이에 대한 t-검증

변 수 명	t-통계량	
	종업원 수에 따른 분류	화물량에 따른 분류
수송비용	1.088	0.475
수송시간	1.157	-1.121
신 뢰 도	-1.883*	-1.643*
공로더미	-1.002	-2.294**
철도더미	1.124	-2.168**

주) * : 90% 수준에서 유의한 변수, ** : 95% 수준에서 유의한 변수

〈표 12〉 최종모형

	전체 자료	집단 I	집단 II
수송비용	-0.0110 (-5.824)	-0.0102 (-4.656)	-0.0128 (-4.178)
수송시간	-0.0534 (-3.374)	-0.0796 (-5.371)	-0.0339 (-1.334)
신 뢰 도	0.0520 (4.870)	0.0391 (2.845)	0.0770 (4.234)
공로더미	1.5541 (2.556)	-	3.4294 (3.260)
철도더미	1.6055 (3.737)	0.9002 (3.384)	2.9081 (3.856)
log-likelihood	-244.84	-140.70	- 95.16
$x^2(5)$	121.15	54.03	84.33
ρ^2	0.200	0.162	0.307
관찰자료 수	278	153	125

〈표 13〉 수송수단 선택시 중요하게 고려하는 요인

	화주	운송인	합 계
수송비용	26(2)	25(1)	51(2)
수송시간	30(1)	22(2)	52(1)
수송시간의 신뢰성	18(4)	18(4)	36(4)
수송빈도(1일 운행횟수)	6(8)	1(9)	7(8)
필요시 즉시 이용 가능성	22(3)	21(3)	43(3)
수송단계의 복잡성(환적횟수)	3(9)	4(8)	7(8)
통관절차 및 소요시간	9(5)	8(6)	17(5)
서류업무의 간편성	8(6)	5(7)	13(7)
화물중량(용적)	7(7)	10(5)	17(5)

주) ( )안의 수치는 순위를 나타냄.

〈표 14〉 응답자의 실제 선택행위와 모형의 예측 비교

		공로	철도	해송	자료수	Hit-Ratios
전체모형	실제선택빈도	144	176	57	377	63.9
	예 측 빈 도	152	205	20		
집단 I	실제선택빈도	50	73	30	153	56.9
	예 측 빈 도	59	78	16		
집단 II	실제선택빈도	56	59	10	125	71.2
	예 측 빈 도	66	59	0		

주) 1. 전체모형은 〈표 9〉 사용.
2. 집단 I과 집단 II는 〈표 12〉 사용.

4. 민감도 분석

본 절에서는 식(7)을 이용해서 응답자들의 수송수단 속성에 대한 민감도를 분석하였다. 먼저 전체 자료에 대해 탄력성을 분석하고, 이어서 응답자들을 화물량을 기준으로 하여 소집단으로 나누고 각 개별집단에 대해 분석하여 집단에 따라 상대적인 탄력성의 차이가 있는지를 살펴보았다.

〈표 15〉는 본 연구에서 추정된 모형의 계수를 바탕으로 각 수송수단별 직접탄력성을 계산한 것으로 수송비용, 수송시간, 그리고 신뢰도가 1% 증가 또는 감소할 때 그 수송수단의 시장점유율이 변하는 정도를 의미한다. 전체모형에서

〈표 14〉 응답자의 실제 선택행위와 모형의 예측 비교

	전 체 자 료			집 단 I			집 단 II		
	공로	철도	해송	공로	철도	해송	공로	철도	해송
비 용	-3.812	-3.458	-1.665	-3.619	-3.279	-2.029	-3.469	-2.778	-2.585
시 간	-1.439	-1.902	-1.899	-1.823	-2.405	-3.055	-0.719	-0.846	-1.688
신뢰도	3.002	3.095	2.213	2.417	2.489	2.204	3.888	3.645	5.672

는 수송비용의 탄력성이 크게 나타났고 수송시간의 탄력성이 대체적으로 낮게 나타났다. 한편, 각 수단 별 탄력성을 살펴보면, 수송비용의 탄력성은 해송이 가장 낮게 나타났는데 이는 해송의 수송비용이 가장 저렴하기 때문이며 수송시간에서는 수송시간이 가장 짧은 공로가 가장 비탄력적인 것으로 나타났다. 또한, 신뢰도의 탄력성은 해송이 가장 낮고 철도가 가장 높게 나타났다.

한편, 전체자료를 취급화물량에 따라 소집단으로 분류하였을 경우 수송비용에 대한 탄력성은 전체모형과 유사하나 집단 II에서 철도의 비용 탄력성이 상대적으로 감소하였다. 수송시간의 탄력성은 전체모형에서는 철도가 가장 탄력적이었으나 소집단별 모형에서는 해송의 탄력성이 가장 크게 나타났다. 또한 신뢰도의 탄력성은 전체모형에서는 공로와 철도가 탄력성이 높게 나왔고 해송이 상대적으로 낮았으나, 시장분할하였을 경우 집단 I에서는 세 수송수단의 신뢰도에 대한 탄력성이 차이가 작았으며, 집단 II의 경우는 해송이 가장 탄력적으로 나타났고 공로와 철도는 상대적으로 비탄력적이었다. 집단 I과 집단 II를 비교할 경우, 수송비용에 대해서는 집단 I이 집단 II에 비해 탄력적인 것으로 나타났으나, 신뢰도의 탄력성은 집단 II가 높게 나왔다.

〈표 16〉은 경쟁수단의 수송비용, 수송시간, 신뢰도의 변화에 대한 공로의 시장점유율의 변화를 나타내는 교차탄력성을 계산한 것이다. 전체모형에서 해송의 속성 변화에 대한 교차탄력성이 철도의 속성 변화에 대한 교차탄력성 보다 크게 나타났다. 한편 소집단들의 교차탄력성을 살펴보면, 집단 I에서는 해송의 속성 변화에 대한 교차탄력성이 크게 나타났으며, 집단 II에서는 철도의 속성 변화에 대한 교차탄력성이 비교적 높게 나타났다.

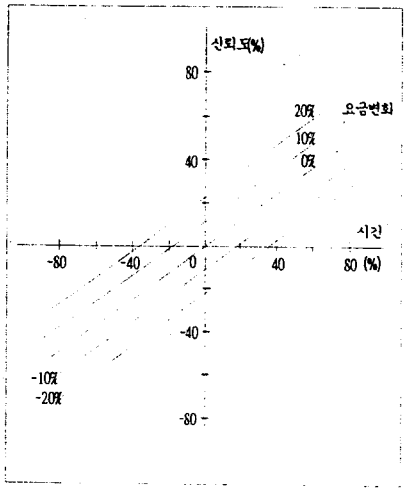
이상의 탄력성을 분석한 결과 우리나라의 화주들은 공로와 철도의 경우 수송시간보다는 수송비용과 신뢰도에 민감한 것으로 나타났으며, 해송의 경우에는 수송시간과 신뢰도에 민감한 것으로 나타났다. 이것은 공로와 철도의 경우 요금을 인하하거나 신뢰도를 향상시킴으로써 수송수요의 증가를 꾀하고, 해송의 경우는 요금인하 정책보다는 수송시간을 단축하거나 신뢰도를 향상시킴으로써 수송수요를 증가시킬 수 있음을 의미한다. 또한, 교차탄력성을 분석한 결과 현재 극심한 체증현상으로 많은 문제점을 야기시키고 있는 공로의 컨테이너화물 수송수요를 철도로 전환하기 위해서는 요금인하 정책이 가장 효과적이고, 해송으로 전환하기 위해서는 수송단계를 줄여 수송시간을 단축함과 동시에 신뢰도를 향상시킴으로써 수송수요를 증가시킬 수 있음을 알 수 있다. 한편, 응답자들을 그 특성에 따라 두 집단으로 나누어서 교차탄력성을 살펴보면, 집단 I의 경우 공로의 수송수요를 저하시키기 위해서는 해송의 수송시간을 줄이는 것이 바람직하고, 집단 II의 경우에는 철도의 신뢰성을 향상시키거나 수송비용을 줄이

〈표 16〉 공로의 교차탄력성

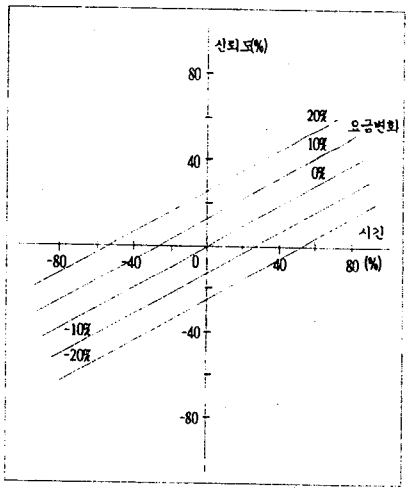
	전 체 자 료		집 단 I		집 단 II	
	철도속성	해송속성	철도속성	해송속성	철도속성	해송속성
비 용	1.080	1.491	1.348	1.232	2.383	0.349
시 간	0.598	1.703	0.992	1.855	0.722	0.228
신뢰도	-0.964	-1.989	-1.022	-1.339	-3.129	-0.761

는 것이 바람직하다.

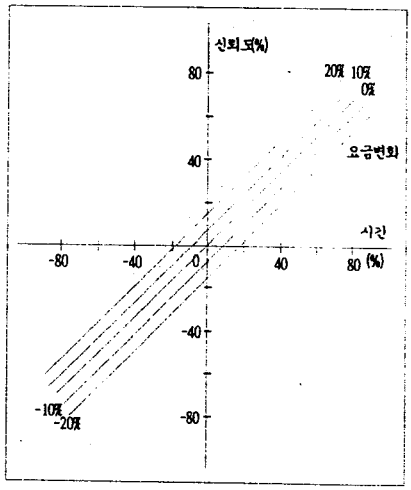
지금까지의 분석을 통해 도출된 수송비용, 수송시간, 신뢰도와 같은 속성들의 변화와 수송수단에 대한 수요의 관계를 이용하여 〈그림 4〉와 같은 등효용곡선을 도출했다. 이러한 등효용곡선은 어떤 속성의 서비스 수준이 변화할 경우 수요를 일정하게 유지하기 위해서는 다른 속성들이 얼마나 변화해야 하는지를 나타내준다. 예를 들어, 철도의 경우 수요를 일정하게 유지하면서 요금을 20%인상하기 위해서는 수송시간을 약 36%를 줄여야 하며 신뢰도는 약 22%를 개선해야 한다. 이러한 곡선을 이용해서 수송환경의 변화에 따른 각 수단의 잠재적인 경쟁력을 평가할 수 있다.



a) 철도



b) 공로



c) 해송

〈그림 4〉 요금의 변화에 대한 등효용곡선

V. 결 론

본 논문은 가까운 장래에 급격한 변화가 예상되는 컨테이너화물 내륙운송체계에 있어서 내륙운송수단 간의 경쟁력을 현존하지 않는 가상의 수송체계에 대한 수요특성을 분석하기에 적합한 선호의식이론을 사용하여 분석하였다. 신뢰성 높은 SP자료를 얻기 위하여 현 수송체계의 문제점을 파악하고, 예상되는 장래 수송체계의 변화를 현실성있게 가정하며, 이를 적합한 소수의 요인과 요인 수준으로 나타내서 현실성 높은 선택대안을 구축하였다. 특히 SP실험설계에 있어서 속성간의 상쇄효과를 적절히 반영하기 위해, 본 연구에서는 수단간에 수준의 증가율과 감소율을 달리하였다.

SP자료를 분석한 결과 각 변수의 부호는 직관적인 판단과 일치하며, 대부분의 파라메타들은 통계적으로 유의하고 모형의 설명력 역시 양호한 정도로 나타났다. 또한 모형의 내부 및 외부 타당성이 입증되었다. 따라서 본 연구에서 시도한 SP실험법이 가상의 수송서비스의 수요특성을 사전에 평가하는데 유효한 방법임을 알 수 있다.

각 수단에 대한 화주들의 선호도를 분석한 결과 우리나라 화주들은 공로와 철도의 경우 수송시간 보다는 수송비용과 신뢰도에 민감한 것으로 나타났으며, 해송의 경우에는 수송시간과 신뢰도에 민감한 것으로 나타났다. 이것은 공로와 철도의 경우는 요금인하 정책과 신뢰도의 향상을 통해 수요의 증가를 꾀하고, 해송의 경우는 요금인하 정책보다는 수송시간의 단축이나 신뢰도를 향상시키는 것이 수요를 증가시키기 위해서는 효율적임을 의미한다. 특히 공로의 컨테이너화물 수송수요를 철도로 전환하기 위해서는 요금인하 정책이 가장 효과적이고, 해송으로 전환하기 위해서는 수송단계를 줄여 수송시간을 단축함과 동시에 신뢰도를 향상시킴으로서 수요증가를 가져올 수 있을 것으로 추정된다.

한편, 본 연구에서는 부산-경인 축의 컨테이너화물 내륙운송체계에 관해 SP실험을 용이하게 수행하기 위해 몇 가지 가정을 전제하므로써 분석 결과를 해석할 때는 이러한 한계를 유의할 필요가 있다. 첫째, 수송수단선택 의사결정자를 화주라고 가정하였다. 둘째, 지리적인 범위를 경인지역의 화주로 국한하였으며, 모든 화주가 직면하는 선택대안집합을 공로, 철도, 해송으로 동일하게 간주하였다. 셋째, 신뢰도에 관한 자료를 수집할 수가 없어 임의적인 값을 사용하였다. 넷째, 장래 수송체계의 변화에 대해 단순한 가상의 수송체계를 설정하였다. 따라서 앞으로의 연구는 지리적인 영역을 확장하고, 개별 의사결정자가 직면하는 선택대안집합을 보다 현실성있게 설정하여 각 수단에 대한 지리적인 선호도의 차이를 분석하고, 화물특성과 같은 다양한 속성을 모형에 포함시켜 시장분할한 개별 집단에 따라 수단선택시 중요시하는 요인을 다양하게 분석할 필요가 있으며, 모형의 현실성을 높이기 위해서 RP자료를 이용한 신뢰도 변수의 사용이 역시 필요하다. 또한, 수송체계의 변화에 대해 컨테이너 내륙운송 관련자들과 심도있는 논의를 거쳐서 좀더 구체적이고 현실적인 가상의 수송체계를 구축할 필요가 있다.

참고문헌

구종순, 조성원(1992), "복합운송인에 대한 선택기준에 관한 연구", 한국해운학회지, 15호, pp. 207-230.

琴基正, 山川仁, 申連埴(1992), "SP Data에 의한 지방도시의 교통수단선택 요인분석에 관한 연구", 대한교통학회지, 10권 3호, pp. 21-42.

박대룡, 하원익, 남기찬(1994), "철도 컨테이너 운송체계의 경쟁력 분석", 한국물류학회지, 제4호.

박성현(1994), 현대실험계획법, 민영사.

조찬혁(1993), 「컨테이너 내륙운송의 비용구조의 분석」, 해운산업연구 통권 제110호.

해운산업연구원(1993), 「대량화물유통체계 종합개선방안 연구」

해운항만청, 「항만통계연보」, 1990-1995.

Backler G. G.(1987), The Relationship between Railway Loading-gague Constraints and Mode Split in the Anglo-European Unitised Freight Market, Unpublished Ph. D thesis, University of Leeds.

Benabi, B.(1983), "Elasticity Parameters of Disaggregate Models of Freight Modal Choice", Discrete Choice Models in Regional Science, London Papers in Regional Science 14, Pion Limited, London.

Ben-Akiva M and S. R. Lerman(1985), Discrete Choice Analysis, MIT press, Cambridge, Mass.

Cheung, Y. H. F.(1990), "Influencing Modal Split in Freight Transport", Paper presented to PTRC 18th Summer Annual Meeting, pp.87-99.

Fowkes, A. S., C. A. Nash and G. Tweddlw (1991), "nvestigating the Market for Inter-Modal Freight Technologies", Transpn. Res.-A, Vol. 25A, No.4.

Fowkes, T. and M. Wardman(1988), "The Design of Stated Preference Travel Choice Experiments, with Special Reference to Inter-Personal Taste Variations.", J. of Transport Economics and Policy, Vol XXII No. 1, pp.27-44.

Hensher, D. A., P. O. Barnard, and T. P. Treong(1988), "The Role of Stated Preference Methods in Studies of Travel Choice", J. of Transport Economics and Policy, Vol. XXII(1), pp.45-58.

Kroes, E. P. and R. J. Sheldorf(1986), "Stated Preference Methods.", J. of Transport Economics and Policy, Vol. XXII(1), pp.11-25.

Kullman, B. C.(1973), A Model of Rail/Truck Competition in the intercity Freight Market, unpublished Ph. D. dissertation, Department of Civil Engeering, Massachusetts Institute of Technology.

Levin, R. C.(1978), Allocation in Surface Freight Transportation: Does Rate Regulation Matter?, Bell Journal of Economics, Vol. 9, No. 1, pp. 18-45.

Louviere, J. J.(1988), "Conjoint Analysis Modelling of Stated Preferences, A Review of Theory, Methods, Recent Developments and External Validity", J. of Transport Economics and Policy, Vol. XXII(1), pp.93-120.

Moore, L. A. R.(1988), "Retail modelling : A Stated Preference Approach", Ph.D thesis, University of Bristol(U.K.).

Ortuzar, J. D. and A. Palma(1988), "Stated Preferences in Refrigerated and Frozen Cargo Exports", Paper presented to the 1988 PTRC Summer Annual Meeting, pp.276-278.

Soliman et al.(1991), Regulatory Reform and Freight Mode Choice, Transportation, Vol. 18, pp. 261-284.

Watson, P.L. and R.B. Westin(1975), "Transferability of Disaggregated Mode Choice Models", Regional Science And Urban Economics 5, pp. 227-249.

Winston, C.(1981), "A Multinomial Probit Prediction of the Demand for Domestic Ocean Container Service", 1991, J. of Transport Economics and Policy, 15, 243-252