

아시안하이웨이 6번 노선의 국제여객 교통수단선택에 관한 연구

이백진* · 이세홍** · 이윤석*** · 이덕환****

Lee, Back Jin*, Lee, Se Hong**, Lee, Yun Seok***, Lee, Deok Hwan****

A Study on the Transport Mode Choice for Asian Highway No.6 Route

ABSTRACT

By promoting the international transportation and the improvement of advanced exchange between South and North Korea, the Asian Highway plan was expected to make considerable economical effects in the North-East Asian region. This study focuses on a part of AH6 route (i.e., South Korea-North Korea-China-Far East Russia) and aims to analyze the behavioral change of international passenger transport around the Korean Peninsula by assuming the non-existent North Korea land transport network connectivity. The study was performed using two main methods. First, a stated preference survey was performed to derive the actual modal share of each travel mode. Second, a disaggregate analysis was performed to develop possible mode-choice models for international passenger travel and find out the suitable choice. Based on the results of the model estimation, it is found that over 90% of the international passenger transport would be converted to land transport (rail+highway). In addition, international railroad modal share rate would be increased from 62.8% to 66.1% and international bus would be decreased from 29.6% to 21.9% as the distance lengthened (903km~1,631km).

Key words : Asian highway, Arterial road network in the Korean Peninsula, AH6, Nested logit model

초 록

본 연구는 남북한간 교류협력 증진과 국제협력사업 활성화에 따라 향후 동북아 차원에서 연계가 예상되는 아시안하이웨이 6번노선(간성-선봉)의 이용을 가정하고, 현존하지 않는 북한 육로망 연계에 따른 한반도 주변의 국제여객수송 형태 변화를 분석하였다. 이를 위해 SP(Stated Preference), RP(Revealed Preference) 자료를 기반으로 다항로짓(ML)과 네스티드로짓(NL) 모형을 구축하였다. NL모형을 통해 분석한 결과, 현재 한중(동북부), 한러(극동러시아)간 국제여객수송 대부분이 육상으로 단절로 인해 항공을 통해 이루어지나, AH6노선이 구축될 경우에는 약 90%이상이 육상수송으로 전환될 것으로 분석되었다. 또한, 여객수송거리가 길어질수록(903~1,631km) 국제철도의 수단분담률은 62.8%에서 66.1%로 증가하고, 이 때 도로수송은 29.6%에서 21.9%로 감소하는 것으로 나타났다. 반면, 항공수송은 육상수송과는 달리 수송 거리대별 증감경향이 뚜렷하게 나타나지 않고, 약 10% 수준의 수단분담률을 나타내는 것으로 추정되었다.

검색어 : 아시안하이웨이, 한반도 도로네트워크, 네스티드로짓모형, 비집계모형, 선호의식조사

* 정희원·국토연구원 국토인프라연구본부 연구위원 (Korea research institute for human settlements ·bjlee@krihs.re.kr)

** 한국도로공사 사업본부 사업개발처 사업계획팀 팀장 (Korea Expressway Corporation · sehong@ex.co.kr)

*** 국토연구원 국토계획연구본부 연구원 (Korea Research Institute for Human Settlements · yslee@krihs.re.kr)

**** 정희원·교신저자·국토연구원 국토인프라연구본부 연구원

(Corresponding Author ·Korea Research Institute for Human Settlements · dhlee@krihs.re.kr)

Received November 14, 2014/ revised February 5, 2015/ accepted April 15, 2015

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

아시아하이웨이(Asian Highway, 이하 AH) 계획은 아시아 국가 상호간 경제 및 사회교류를 증진시켜 지역 소득향상에 기여하고자 하는 것으로 1958년부터 UNESCAP (United Nations Economic and Social Commission for Asia and the Pacific)을 중심으로 시작되었다. AH 계획은 초기 16개국 42개 노선(총연장 66,000km)의 현대판 실크로드를 구축하는 것으로 시작되어, 1992년 아시아 각국간 육상교통시설 전반을 개발하기 위한 ‘아시아육상교통인프라개발계획(Asian Land Transport Infrastructure Development Project)’의 핵심과제로 편입되었다. 2008년 기준 32개국, 총 연장 141,236km에 달하는 아시아 하이웨이 계획이 추진 중에 있으며, 현재까지 아시아 하이웨이 구축과 개선에 투입된 재원은 260억달러에 달한다.

한반도를 통과하는 노선은 경부축의 AH1과 동해축의 AH6이 있는데, 본 연구는 장래 한반도 동해안축을 경유하는 AH6노선이 건설되었을 경우 국제여객의 장래 수요를 추정해 보고자 하였다. 특히 한반도 육상연계에 있어 실제적인 장애요인으로 존재하는 북한 구간은 남북간 일정수준의 정치적 합의를 통해 남한 차량의 제한적인 북한통과가 가능하고, 또한 북한 구간의 도로 및 철도가 일정수준 개량되는 것을 가정하였다. 이러한 가정에 대해서는 실현 가능성 등 다양한 논의들이 가능하나, 본 논문에서는 기술의 일관성과 제한된 페이지 수 등을 감안하여 수요추정 과정과 결과를 중심으로 기술하도록 한다. 남북 협력을 통한 북한 교통인프라 개발을 위한 시나리오 설정은 이미 관련 연구들이 다수 존재하기 때문에, 보다 관심 있는 독자는 관련 문헌(KRIHS, 2011) 등을 참고하기 바란다.

장래 북한을 포함하여 한반도를 통과하는 AH건설을 가정한 국제여객 수요를 추정하는 것이 다소 현실성이 떨어진다거나 수요 추정의 정확성 등에 대한 한계가 지적될 수 있다. 그러나 이러한 한계들을 고려하더라도 한반도와 중국 동북아 및 극동러시아 지역과의 육상교통연계는 시대적 상황변화에 따라 언제든 가능하기 때문에 이에 대한 사전연구가 필요하고, 또한 현 시점에서 가능한 합리적 방법론을 통한 수요 추정은 제한적이거나 장래 도로용량산정이나 효과평가 등의 기초자료로 활용될 수 있다는 점에서 본 연구의 중요성이 있다고 판단된다. 또한 최근 정부의 주요 정책 중 하나인 ‘유라시아 이니셔티브’는 한반도와 유라시아 대륙의 물류 및 교통을 연계하는 것이 핵심이다. 특히 유라시아 이니셔티브의 협의적 공간 범위는 중국의 동북3성(동북3성 진흥계획)과 극동러시아(극동러시아 개발계획)가 될 것이며(Lee, 2014) 이러한 측면에서 한반도 동해축을 통해 극동러시아 및 중국 동북 3성과 연계되

는 AH6노선에 대한 이용수요를 추정해 보는 것은 중요한 연구 과제일 것이다.

1.2 연구의 범위 및 방법

한반도를 경유하고 있는 아시아하이웨이(Asian Highway)는 AH1, AH6, AH32 3개 노선이 존재한다. 이 중 한반도 동해축 노선에 해당하는 AH6는 남한의 경주를 시작으로, 북한의 간성-선봉을 거쳐 극동러시아 지역과 중국 동북부 지역 등을 통과, 다시 러시아를 거쳐 최종적으로 유럽의 벨도로시와 연결되는 동아시아 북부축(the Northern Corridor) 국제도로망 노선에 해당한다. 특히, 북한지역을 지나는 AH6는 간성에서 연결되어 러시아 블라디보스토크를 통해 하얼빈, 몽골로 확장되는 구조로 고상-원산-선봉-하산(675km) 구간과 평양-원산(230km)의 2개 구간으로 나뉘어 있다.

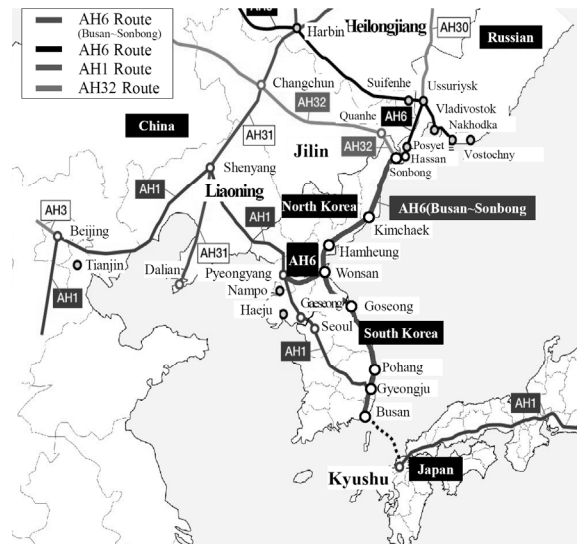


Fig. 1. Subject Areas (AH6 route)

이와 같은 도로연결 체계와 위상을 가진 AH6 건설에 따라 장래 변화될 국제여객 수요특성을 파악하고 이해하기 위해 본 연구는 중국의 동북부(지린성, 헤이룽장성)와 극동러시아 지역을 분석권역으로 설정하였다. 그리고 본 연구에서는 AH6 수송수요와 수요행태 관련 분석의 불확실성을 낮추고, 실제 여객 선호의식을 반영할 수 있는 SP(Stated Preference) 실험법을 사용하여 현존하지 않는 수송체계에 대한 여객 이용자들의 선호자료를 수집함으로써 가상 수송체계에 대한 수요특성을 분석하였다. 여객 이용자 선호조사는 한중(동북부), 한러(극동러시아)간 항공 및 해운여객을 대상으로 실시하였으며, 이용자들의 효용 최대화를 고려한 미시적 접근방법인 비집계모형(Disaggregate Model)을 적용하여 여객속성(시간, 비용 등)값들의 변화에 따른 장래 AH6(간성-선봉) 구간의

장래 이용수요 탄력성 분석을 실시하였다.

2. 선행연구 고찰

지금까지 한반도와 동북아 수송수요 예측에 관한 연구들은 동북아 복합운송체계 구축을 중심으로 남북중거리간 여객 및 화물 이용수요 추정 등에 관한 다수의 연구들이 존재한다.

동북아 지역내 교역증진과 지역개발 촉진을 목적으로 한중간 육로수송체계 구축 가능성과 그 효과를 제시한 KRIHS(2001), 북한 인프라 현황과 주요 경제특구 개발계획 등을 반영하여 한반도 경의축동해축별 교통수요를 추정한 KOTI(2005), 남북한 교통경제협력 증진과 통합단계에 따라 남북여객의 화물 수요를 예측한 ETRI(2008)의 연구들이 그 대표적인 사례들이다.

이 중 동북아 지역의 복합운송체계 구축에 따른 장래 교통수단별 수송분담률을 추정한 KRIHS(2001)의 경우, 가격비 로짓모형(Price ratio Logit Model)을 활용하여 단랜덴진항의 육로수송(서울-선양 노선기준)에 따른 전환 물동량을 추정하고 있다. 그 결과 해운에서 철도와 도로로 전환될 수송분담률은 화물의 경우 철도 27~58%, 도로 5~11%로 나타났다고, 여객은 철도 31~33%, 도로 16~18%로 추정된바 있다.

하지만 지금까지 수행된 기존 연구들은 자료의 구득 한계로 인해 과거 및 현재의 수송행태를 분석(RP조사)하거나 거시적 수요 예측 방법론이 주로 적용되어져 왔다(KRIHS, 2001; KOTI 2005). 이들 대다수 연구에서 적용한 시간 및 비용기반의 집계모형(aggregate model)들은 모형의 추정과 결과해석이 비교적 용이하다는 장점으로 널리 사용되는 반면, 모형의 완고한 가정 때문에 응답자의 선호이질성(preference heterogeneity)을 충분히 반영하지 못한다는 한계를 가지고 있다. 특히 RP(Revealed Preference) 분석에 있어서 선호가 동질적이라는 가정은 선택행동의 다양성에서 오는 가치 있는 정보가 사장됨은 물론 불일치한 추정량과 편향된 추정치가 얻어질 수 있다(Hess et al., 2005; Hynes et al., 2008; Yoo, 2012).

따라서 본 연구에서는 이러한 한계를 극복하고 실제 현실에서 수단선택시 개인의 통행성향을 설명할 수 있는 방안으로, 랜덤(random)효용이론 기반의 비집계모형(disaggregate model)인 다항로짓모형 등을 이용하여 이용자들의 장래 수단선택 행태변화를 분석할 수 있는 보다 신뢰성 높은 모형을 정립하고자 한다.

3. 연구의 방법론

3.1 현시 및 선호의식자료(RP & SP Data)

일반적으로 수송수요 및 행태 관련 연구에서 사용하는 방법은 수송행태를 직접 관찰하거나 표본조사를 통해 얻어진 RP자료를

바탕으로 한 개별행태모형을 활용하는 것이다. 그러나 본 연구와 같이 현재 존재하지 않는 가상의 수송체계나 서비스 대안 관련 분석에서는 개별 의사결정자의 선호, 의견, 의향 등의 의사표시를 측정하여 얻은 SP자료를 활용하여 새로운 수송체계와 관련한 수요 특성을 분석하는 것이 일반적이다(HA et al., 1996). 따라서 본 연구의 RP(Revealed Preference)조사는 남북한, 한중 및 한러간 항공해운육로 이동현황(2009년 기준) 자료를 검토하였으며, SP조사는 한중(인천공항), 한러(인천공항, 동해국제여객터미널)를 왕래하는 일반인(한국인/중국인/러시아인)을 대상으로 실시하였다.

3.2 모형형태: 다항로짓모형 및 네스티드로짓모형

장래 이용수요 추정의 정확성을 높이기 위해서는 다양한 교통수단간의 경합관계를 고려할 수 있는 모형의 활용이 필요하다. 본 연구에서 활용한 여객수요 추정모형은 개인의 합리적 선택행동에 기반을 둔 비집계 모형(Disaggregate Model)이며, 대안 선택지가 두개 이상인 경우에 활용되는 다항로짓(Multinomial Logit, 이하 ML)모형과 선택지간의 상관성을 고려 한 네스티드 로짓(Nested Logit, 이하 NL)모형을 사용하였다.

일반적으로 선택지 효용함수는 관측 가능한 요인에 대한 확정항 V_j 을, 관찰 불가능한 요인에 의해 확률적으로 변동할 확률항을 ϵ_j 라 하고, 그 선행성을 가정하면, 선택지 선택 확률과 효용함수는 Eqs. (1) and (2)와 같이 표현할 수 있다.

$$P_i = \Pr [U_i > U_j] \tag{1}$$

$$U_j = V_j + \epsilon_j \tag{2}$$

또한 Eqs. (2) and (3)에 의해 개인 t 가 선택지 j 에 대하여 선택지 i 을 선택할 확률 P 는 Eq. (3)와 같이 표현된다.

$$\begin{aligned} P_i &= \Pr [U_i > U_j] = \Pr [V_i + \epsilon_i > V_j + \epsilon_j] \tag{3} \\ &= \Pr [\epsilon_i + V_i - V_j > \epsilon_j] \\ &= \Pr [\epsilon_i = \eta, \epsilon_j < \eta + V_i - V_j], -\infty < \eta < \infty \end{aligned}$$

확률항의 분포는 몇 가지의 관측 불가능한 요인이 동시 분포하므로 일반적으로는 정규분포라고 생각하는 것이 적절하나 확률항을 정규분포라 가정하여 도출한 Probit Model의 계수 추정은 복잡하기 때문에 Probit Model의 근사해로서 건벨분포(Gumbel Distribution)를 가정하고 계수 추정이 용이한 로짓모형이 주로 이용되며, 확률항의 분포함수는 Eq. (4)와 같이 표현될 수 있다.

$$\psi(\eta) = \Pr [\epsilon_i \leq \eta] = \exp [- \exp (- \eta)] \tag{4}$$

위의 결과를 정리하면 최종적으로 개인 t 가 선택지 j 에 대하여 선택지 i 를 선택할 확률 P 는 Eq. (5)과 같이 표현될 수 있다.

$$P_{i,t} = \frac{\exp(V_i)}{\exp(V_i) + \exp(V_j)} \quad (5)$$

본 연구에서 활용한 대안 선택지가 두개 이상인 ML모형의 경우 개인 t 가 선택지 j 에 대하여 선택지 i 를 선택할 확률 P 는 Eq. (6)과 같다.

$$P_{i,t} = \frac{\exp(V_i)}{\sum_{j=1}^J \exp(V_j)}, \quad i, j \in J \quad (6)$$

교통수요 및 행태 예측 관련한 연구에서는 일반적으로 다항로짓 모형이 널리 적용되나 분석대상의 특성을 고려하여 다양한 형태의 비집계 모형을 고려할 필요성이 있다. 본 연구의 경우 장래 여객 및 화물 교통수단 선택에 있어 도로와 철도의 경합관계, 해상교통수단인 페리와 육상교통수단(도로, 철도)의 경합관계 등 다양한 선택지 간의 상호관계를 고려할 필요성이 있으며 이는 기존 다항로짓모형에서 고려되기 어려운 사항이다. 따라서 본 연구에서는 대안 선택지 간의 상호관계를 고려하기 위하여 NL모형도 함께 활용하였다.

NL모형의 경우 개인 t 가 선택지 m 을 선택할 확률 P 는 제 1수준에서 d 를 선택한 후 제 2수준에서 m 를 선택할 조건부 확률로 Eq. (7)와 같이 표현될 수 있다.

$$P_t(dm) = P_t(m|d)P_t(d) \quad (7)$$

$$P_t(m|d) = \frac{e^{(V_m + V_{dm})\mu^m}}{\sum_{m' \in M_d} e^{(V_{m'} + V_{dm'})\mu^m}},$$

$$P_t(d) = \frac{e^{(V_d + V'_d)\mu^d}}{\sum_{d' \in D_t} e^{(V_{d'} + V'_{d'})\mu^d}},$$

$$V'_d = \frac{1}{\mu^m} \ln \sum_{m \in M_d} e^{(V_m + V_{dm})\mu^m}$$

NL모형에서는 오차항간의 상호관계를 스케일 파라미터(μ)로 정의하여 모형의 적합성을 검증하며 0과 1사이의 값이면 타당항 모형이 구축된 것으로 판단한다. 일반적으로 NL모형의 구조는 분석가에 의해 다양하게 정의할 수 있으며 구축된 모형의 설명력과 추정된 계수값의 합리성을 바탕으로 모형을 선택한다.

$$0 < \mu \leq 1, \text{ 여기서 } \mu = \mu^d / \mu^m \quad (8)$$

4. SP 설계 및 조사

4.1 SP 설계

4.1.1 국제여객 이용현황

SP 조사를 통해 신뢰성 높은 결과를 얻기 위해서는 설문에서 제시되는 가상의 선택대안을 주의 깊게 설정 해야만 한다(Kores, E.P. 1986). 따라서 SP실험 설계에 앞서 한중(동북부), 한러(극동러시아)간 여객수송의 체계와 현황을 살펴보고 장래 AH6건설로

Table 1. Flight Passenger O-D Matrix: South Korea-China(2009) (unit: person)

O \ D	Incheon	Gimpo	Gimhae	Daegu	Cheongju	Muan	Beijing	Shenyang	Dalian	Changchun	Mudanjiang	Yanji	Harbin	Total
Incheon							584,126	171,095	187,021	78,670	18,837	124,010	60,303	1,224,062
Gimpo							-	-	-	-	-	-	-	-
Gimhae							91,422	16,911	3,702	-	-	1,308	-	113,343
Daegu							12,675	6,000	-	-	-	-	-	18,675
Cheongju							1,735	-	-	662	-	1,463	-	3,860
Muan							5,297	-	-	-	-	2,176	-	7,473
Beijing	574,343	325	93,370	12,188	2,013	6,446								
Shenyang	184,526	-	17,052	5,722	-	-								
Dalian	187,296	-	3,742	-	-	-								
Changchun	78,075	-	-	-	632	-								
Mudanjiang	18,759	-	-	-	-	-								
Yanji	129,872	-	1,230	1,774	2,222	-								
Harbin	58,331	-	-	-	-	-								
Total	1,231,202	325	115,394	19,684	4,867	6,446								2,745,331

Source) Korea Customs statistics: import and export

Table 2. Flight Passenger O-D Matrix: South Korea-Far East Russia(2009) (unit: person)

O \ D	Incheon	Busan	Vladivostok	Khabarovsk	Total
Incheon			42,827	28,124	70,951
Busan			4,127	-	4,127
Vladivostok	42,768	4,321			47,089
Khabarovsk	27,977	-			27,977
Total	70,745	4,321	46,954	28,124	150,144

Source) Korea Customs statistics: import and export

Table 3. International Ferry Passenger Traffic(2009) (unit: person)

		First quarter of 2009		
		China/Russia ↕ South Korea	South Korea ↕ China/Russia	subtotal
South Korea-Russia-Japan Sea Route	Donghae-Vladivostok-Sakaimito	2,622	2,417	5,039
	Sokcho-Zarubino-Vladivostok	-	-	-
	subtotal	0	0	0
South Korea-China Sea Route	Incheon-Weihai	16,197	15,473	0
	Incheon-Qingdao	10,632	9,005	0
	Incheon-Tianjin	4,157	3,711	0
	Incheon-Lianyungang	6,847	6,827	0
	Incheon-Dalian	9,446	8,368	0
	Incheon-Yantai	10,479	9,276	0
	Incheon-Dandong	11,235	9,338	0
	Incheon-Shidao	12,128	11,731	0
	Incheon-Yingkou	5,230	4,624	0
	Incheon-Qinhuangdao	5,803	5,467	0
	Pyeongtaek-Rongcheng	17,375	17,323	0
	Pyeongtaek-Lianyungang	7,349	7,146	0
	Pyeongtaek-Weihai	-	-	-
	Gunsan-Shidao	15,638	15,392	0
Total	42,464	37,433	98,722	

Source) Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs(2009)

인해 변화될 국제여객수송 체계를 현실성 있게 예측하여, 실험에 적합한 요인과 수준을 나타낼 수 있는 선택대안, 분석용 O/D와 분석방향 등을 설정하였다.

항공여객 수송량을 조사한 결과 인천공항에서 베이징으로 이동은 연간 약 115만명으로, 타 지역에 비해 압도적인 여객량을 보이고 있으며, AH6노선과 인접한 엔지는 약 25만명, 장춘은 약 15만명, 하얼빈은 약 12만명, 블라디보스토크 약 8.5만명 순으로 나타났다. 반면 부산 김해공항의 여객량은 선양 약 3만명, 다롄 약 0.7만명 등으로 그 여객량이 인천공항에 비해 상대적으로 매우 적은 것으로 나타났다(Tables 1 and 2).

해상여객 역시 한중간은 인천항을 통해 산둥-랴오둥반도(단둥, 다롄, 톈진 등)로의 여객량이 가장 많았다. 특히 한러간의 국제속초 여객터미널 운영중단으로 인해 동해항에서만 약 0.5만명의 여객수송이 이루어지나, 그 수는 항공여객량에 비해 극히 적은 수치를 보였다(Table 3).

이렇듯 현재 육상연결이 되지 않은 한반도 동해측으로의 한중, 한러간의 여객수송은 주로 항공을 통해서 발생하고 있으며, 해상여객은 항공에 비해 극히 적은 수치로 나타나 장래 수송체계 반영 시 이를 배제하여 추진해야 할 필요가 있을 것으로 판단된다. 또한, 장래 국제여객수송체계 변화에 대해 전문가 의견을 조사한 결과, 서울-부산간 거리(410km) 이상은 육상으로 전환될 가능성이 낮다

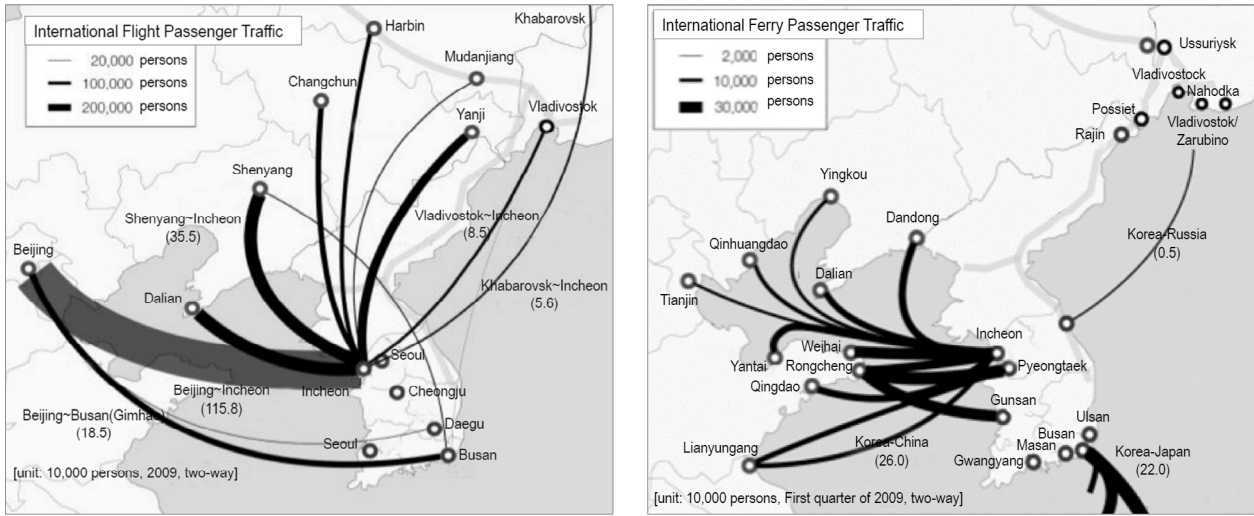


Fig. 2. Status of International Passenger Traffic: Flight(left), Ferry(right)

는 결론을 얻었다.

따라서 본 연구의 실질적인 분석권역과 O/D는 AH6(간성-선봉) 노선과 직접 연계되는 중국 동북3성 지역의 주요거점(장춘, 지린, 옌지/투먼, 하얼빈) 지역과 극동러시아(블라디보스토크) 지역으로 한정하여, 장래 도로·철도·항공 여객수송에 대한 수단별 경쟁력과 여객수요의 특성을 파악하는데 주력하였다.

4.1.2 전제조건 설정

한반도 동해안을 경유하는 AH6 노선은 경제·군사적 특성이 강한 간선도로(1급도로)에 해당된다. 현재 북한 동해축으로의 남북한간 여객이동 가능한 방법은 도로를 통한 극히 일부(금강산관광지구 등) 지역으로 제한되어 있으나, 이마저도 정치적 문제로 통제되고 있다. 그리고 북중간의 경우도 주로 훈춘을 통해 라선시 등의 지역으로 도로를 통한 제한적인 이동이 가능한 상황이다. AH6노선이 경유하는 남북중러 4개국의 이러한 현재 상황을 고려하여, 본 연구 수행을 위한 세 가지 전제조건(가정) 설정하였다.

첫째, AH6 노선을 이용하여 남북한간 통행은 폐쇄육로를 이용하여 자유로운 통행이 가능하나 개인 자가용 이동은 불가하며, AH6 이용에 관한 관련국(남/북/중/러)간 공동이용에 합의가 이루어진다. 둘째, 남북한간 국제여객수송을 위한 철도의 사용이 가능하다. 셋째, 국제여객 이용자들은 통행 중 북한의 어떠한 지역도 방문할 수 없다.

또한 상기 전제조건들 이외, 북한의 현재 육로수송(도로, 철도) 체계와 구축수준을 감안한 가정들도 검토하였다. 예를 들어, 북한에서 차량운행이 가능한 지역은 최대 50km/h이하 지역이 대부분이고 열차의 최대 속도는 60km/h인 것으로 파악된다. 이에 본 연구에서는 장래 북한의 도로 및 철도 구축수준 등이 개선될 것을 고려하여

80~120km까지 증가 할 것으로 가정 하였다.

4.1.3 SP 기본설계

SP 조사 시 결정되어야 할 요소는 조사대상 및 표본수, 응답자 선호표현방법, 선택대안 및 선택대안수, 선택대안을 설명하는 속성 변수 및 속성변수의 수, 속성변수 수준과 수준의 수, 가상적인 시나리오의 조합방법 및 질문수 등이다. 특히 수준은 속성변수 변화폭으로 수준과 수준수는 속성변수 수와 더불어 질문수를 결정하는 가장 중요한 요소이다.

일반적으로 SP 조사는 ‘실험계획법’의 직교표(table of orthogonal arrays)를 사용하여 전체 혹은 일부요인계획(fractional factorial design)에 따라 변수들이 상호 독립적으로 선택대안에 분포되도록 한다. 이는 ‘실험계획법’에 의거한 결과이며, 여러 개의 속성들이 선호도에 교호작용을 미치지 않고 상호 독립적으로 선택대안에 분포된다는 가정하에서 변수의 주 효과 분석이 가능하다는 전제에 의거한다(Backler G. G, 1987).

효율적인 설문조사를 위해 앞서 한중, 한러간 여객수요 분석범위를 5개 도시(장춘, 지린, 투먼, 하얼빈, 블라디보스토크)로 한정하였으며, 본 SP 조사의 핵심요소인 2개의 인자(시간, 비용)와 3개의 인자수준에 대해 ‘실험계획법’을 활용한 직교표를 작성하여 오류변수(시간-비용에 관한 일반상관관계에 대해 어긋나는 조합)를 제거한 조합들을 추출하여 반영하였다.

SP 조사 설계와 관련한 소요시간과 운임은 인천항부두관리공사의 페리 운영현황, 대한항공 및 아시아나 항공기 운영 현황을 참조하였으며 중국 내륙 여객수송 소요시간은 중국 도시간 고속열차 및 고속버스 운영현황을 참조하였다.

4.1.4 SP 요인수준 설정

장래 남북한과 동북아 육로연계에 따른 소요시간, 운임 산정은 항공의 경우 현 수준이 동일하게 적용된다고 가정하였고, 도로철도의 경우 현재 남한에서 운영중인 고속버스와 열차(KTX/새마을호/무궁화호)의 운임원단위(원/km)를 요인수준 설정을 위한 시나리오에 따라 차별적으로 적용하였다.

특히, 소요시간비용은 중국-러시아간 실제 이동시간비용 현황을 기준으로, 수단간 경쟁가능 구도의 설정을 위해 추가소요시간(접근/대기시간과 휴식/정차시간)과 소요비용을 반영하였다. 접근/대기시간의 경우 육상수송은 30분, 항공수송은 수속시간까지 포함하여 1시간으로 설정하였으며, 휴식/정차시간의 경우 도로는 500km당 30분 휴식, 철도는 200km당 5분간 정차하는 것으로 설정하였다. 소요비용의 경우 항공은 현재운임을 적용하였으며, 도로는 국내

우등고속 요금을 철도는 무궁화호 운임을 적용하였다. 단, 중국의 고속철도구간은 KTX 신선구간 요금을 적용하였다.

그리고 SP 조사 수준설정을 위한 시나리오(3개 인자수준)는 향후 북한지역의 AH6노선이 한반도 종단철도(TKR)와 시베리아 횡단철도(TSR) 노선 등과 연계를 위해 현재의 상황보다 개선된다는 전제를 설정하였다. 이에 따라 간성-선봉구간의 도로는 국제고속버스 운행속도가 80km/h, 100km/h, 120km/h로, 국제열차의 표정속도는 60km/h, 80km/h, 100km/h로 개선될 것이라고 분라 가정하였다(Table 4).

상기 SP 수준 설정 결과에 따른 시나리오별 운임과 소요시간 산정 결과는 Table 5와 같으며, 수준2의 기준 값으로 제시한 소요시간비용이 실제 이동시간 및 비용에서 본 연구에서 추가적으로 고려하여 계산된 값을 의미한다.

Table 4. The Scenario for Levels of SP

		Composition of scenario
Road	Level 1	The international buses run at 80km/h from Goseong to Sonbong
	Level 2	The international buses run at 100km/h from Goseong to Sonbong (base)
	Level 3	The international buses run at 120km/h from Goseong to Sonbong
Railway	Level 1	The international trains run at 60km/h from Goseong to Sonbong
	Level 2	The international trains run at 80km/h from Goseong to Sonbong (base)
	Level 3	The international trains run at 100km/h from Goseong to Sonbong

Table 5. The Levels of SP Factors for International Passer Travel by Road, Railway and Flight

	Route	Travel time			Travel cost		
		Level 1	Level 2 (base)	Level 3	Level 1	Level 2(base)	Level 3
Road (Seoul)	-Tumen	8h 50m	10h	12h 30m	₩55,000	₩74,000	₩93,000
	-Vladivostok	10h	12h	13h 50m	₩68,000	₩86,000	₩104,000
	-Jilin	12h 40m	14h	15h 50m	₩85,000	₩103,000	₩121,000
	-Changchun	13h 40m	15h	17h	₩93,000	₩111,000	₩129,000
	-Harbin	17h	18h 20m	20h 10m	₩116,000	₩135,000	₩154,000
Railway (Seoul)	-Tumen	10h 20m	12h 30m	16h 10m	₩56,000	₩72,000	₩88,000
	-Vladivostok	10h 50m	13h	16h 40m	₩68,000	₩85,000	₩102,000
	-Jilin	12h 10m	14h 30m	18h	₩111,000	₩127,000	₩143,000
	-Changchun	12h 50m	15h	18h 40m	₩127,000	₩143,000	₩159,000
	-Harbin	14h 10m	16h 20m	20h	₩164,000	₩180,000	₩196,000
Flight (Seoul)	-Tumen	3h 30m	3h 30m	3h 30m	₩360,000	₩360,000	₩360,000
	-Vladivostok	3h 50m	3h 50m	3h 50m	₩481,000	₩481,000	₩481,000
	-Jilin	4h 25m	4h 25m	4h 25m	₩366,000	₩366,000	₩366,000
	-Changchun	3h 15m	3h 15m	3h 15m	₩360,000	₩360,000	₩360,000
	-Harbin	3h 15m	3h 15m	3h 15m	₩392,000	₩392,000	₩392,000

Data source.1) Air transportation: Korean Air(<https://kr.koreanair.com>), Asiana Airlines(www.flyasiana.com)

Data source.2) Land transportation Information: Korea Railroad(<http://www.korail.com>), PiaoJia(<http://www.piaojia.cn>), [http://map.baidu.com/\(road\)](http://map.baidu.com/(road))

Data source.3) Sea transportation Information: Incheon Port Management Corp.(<http://www.icferry.or.kr>)

4.2 SP 조사

본 조사는 2011년 6월 4일~12일까지 총 2회에 걸쳐 한중(인천국제공항), 한러(인천국제공항, 동해항 국제여객터미널)를 왕래하는 일반인(조선족/중국인, 고려인/러시아인)을 대상으로 총 400명을 대상으로 시행하여, 유효부수 400부(한중300부, 한러100부)를 확보하였다(Table 6). 설문은 조사장소별 중국어/러시아어 능통자를 포함한 조사단을 통해 면접조사로 진행되었다. 설문문항은 방문지, 방문목적, 출발지에서 최종 목적지까지의 이동경로, 이동시간 등에 대한 기초적인 RP 조사와 장래 AH6 이용을 가정한 비용-시간 변화에 따른 선호 교통수단(항공/국제버스/국제철도) 선택 등에

관한 SP 조사로 진행되었다. 여기서 해상교통수단을 제외한 것은 전 장에서 분석한 국제여객 이용 한중(동북부) 해상여객이 항공여객에 비해 매우적어 무시 가능한 수준으로 판단되었기 때문이다. 세부 지역간 선호 교통수단의 결과는 Tables 7 and 8과 같다.

SP 조사 결과, 전체 육상수단(도로+철도)의 이용선호 의식은 약 69.1%이며, 이 중 국제고속버스(도로)는 16.4%, 국제열차(철도)는 52.7%가 이용할 의향이 있는 것으로 나타났다. 또한 한중과 한러 구분 시 국제고속버스(도로)와 국제열차(철도)에 대한 선호의식 모두 한러(17.3%, 57.0%)가 한중(16.2%, 51.3%)에 비해 높게 나타나는 것으로 조사되었다.

Table 6. Questionnaire Survey Overview

	Changchun	Jilin	Tumen	Harbin	Vladivostok	Vladivostok
Location survey	Incheon International Airport				Donghae harbor International Ferry Terminal	
Survey target	Korean-Chinese + Chinese				Russian korean + Russian	Russian korean + Russian
Num. of persons (Subtotal)	50 + 25 (75)	50 + 25 (75)	50 + 25 (75)	50 + 25 (75)	40 + 20 (60)	30 + 10 (40)
Total	400/400					

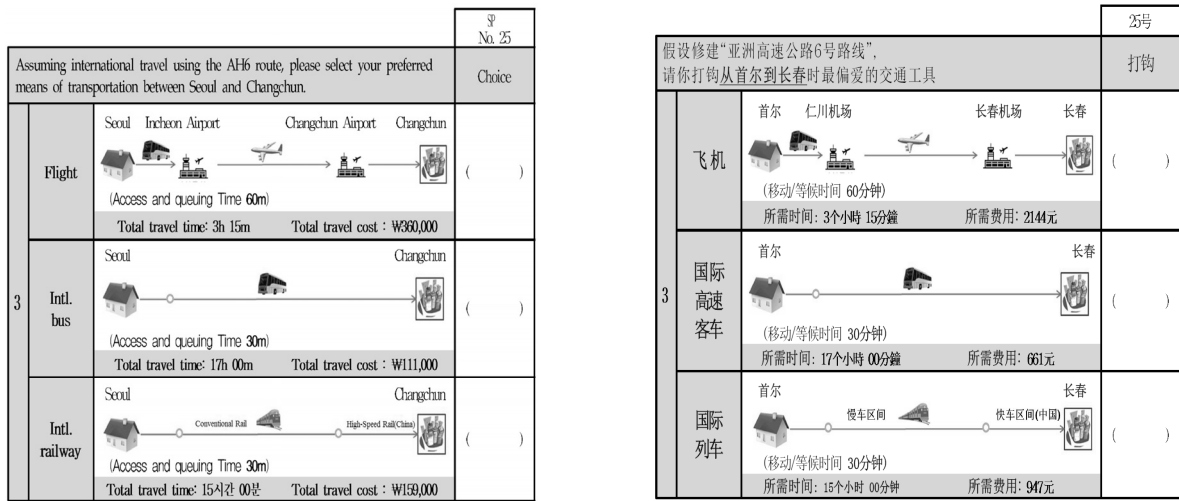


Fig. 3. Example of Mode Choice SP Card

Table 7. Modal Shares by Survey Points(Seoul-East Russia)

		Intl. flight	Intl. bus	Intl. railway	Total
Donghae harbor International Ferry Terminal	Frequency	4	41	75	0
	Share(%)	3.3	34.2	62.5	0
Incheon International Airport	Frequency	99	28	153	0
	Share(%)	35.4	10.0	54.6	0
Average	Frequency	103	69	228	0
	Share(%)	25.7	17.3	57.0	0

Table 8. Actual Modal Shares form Survey Results

		Intl. flight	Intl. bus	Intl. railway	Total
Tumen	Frequency	90	86	124	176
	Share(%)	30	28.7	41.3	58.7
Vladivostok	Frequency	103	69	228	172
	Share(%)	25.7	17.3	57.0	43
Jilin	Frequency	70	48	182	118
	Share(%)	23.3	16.0	60.7	39.3
Changchun	Frequency	97	20	183	117
	Share(%)	32.3	6.7	61.0	39
Harbin	Frequency	134	40	126	174
	Share(%)	44.7	13.3	42.0	58
Seoul-Northeast China	Frequency	391	194	615	585
	Share(%)	32.5	16.2	51.3	48.7
Seoul-East Russia	Frequency	103	69	228	172
	Share(%)	25.7	17.3	57.0	43
Toral	Frequency	494	263	843	757
	Share(%)	30.9	16.4	52.7	47.3

Table 9. Utility Functions of the Study

	Utility function
Intl. flight	$V_{flight} = Const_{flight} + \beta_{time} * T_{time}^{flight} + \beta_{cost} * T_{cost}^{flight} + d_p + d_f$
Intl. bus	$V_{Intl.bus} = Const_{bus} + \beta_{time} * T_{time}^{bus} + \beta_{cost} * T_{cost}^{bus}$
Intl. railway	$V_{Intl.railway} = Const_{railway} + \beta_{time} * T_{time}^{bus} + \beta_{cost} * T_{cost}^{railway}$

Note.1) where, represent vectors of estimable coefficients and represent vectors of exogenous variables for mode i (i=3).

Note.2) d_p = purpose of trip dummy(1=tour, 0=the other)

Note.3) d_f Travel frequency dummy(1=more than 3 times per year, 0=the other)

그 중 한리간 설문결과를 살펴보면, 동해항 이용자들의 국제버스(도로) 이용에 대한 선호의식(34.2%)이 공항 이용자(10%)의 약 3배 수준인 것으로 나타나, 조사지점(인천국제공항, 동해항 국제여객터미널)에 따라 이용자들이 선호하는 수단선택에 큰 차이를 보이고 있다.

5. AH6 이용 여객수요분담모형 구축

5.1 수단선택모형 구축 및 추정

AH6노선 이용의 수단선택모형 구축을 위한 수단별 효용함수는 Table 9와 같이 정의 가능하다. 이를 기초로 구축한 한중, 한리간 여객수단 선택모형은 육상수단간(도로/철도)의 상호보완(또는 경쟁) 관계를 고려하기 위해, ML모형과 NL모형 두 가지 형식의 모형으로 가정하여 최종모형을 도출하였다. 각각의 수단선택모형의 구조는 Fig. 4와 같다.

수단선택모형 구축 결과 한중(동북부) 여객 이동의 경우, 두 모형 모두에서 시간비용 설명변수의 t값이 유의수준 5%내에서 유의하며, 음(-)의 부호를 가지고 있으므로 소요시간이 짧을수록, 소요비용이 낮을수록 해당하는 교통수단을 선호하는 것으로 나타났다. 또한 추정된 NL모형의 유효성 판단지표인 μ 값을 살펴보면, 0~1사이의 값을 나타내고 있어 유효한 NL모형으로 판단(Ben-Akiva, 1985)되며, NL모형이 ML모형에 비해 통계적으로 유의한 모형인지 검증하기 위한 카이제곱 검정을 실시한 결과, 다음과 같이 유의수준 1%내에서 네스티드로그릿 모형의 유의성이 검증되었다.

$$K_{d,f=1}^{\alpha=0.01} = -2(-1212.1888 + 1204.14957) = 16.08 > 6.63$$

마지막으로 한중, 한리간 여객 이용수요에 대한 모형의 최적구조를 판단하기 위해 각 모형의 설명력을 나타내는 수정된 적합도(ρ^2)를 비교한 결과, NL모형이 ML모형에 비해 보다 높은 설명력

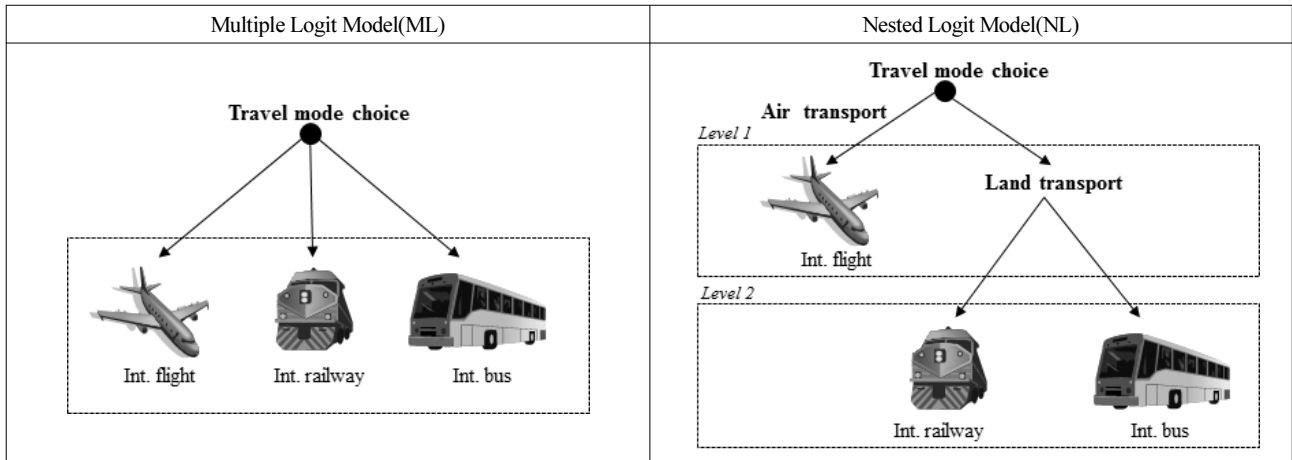


Fig. 4. Mode Choice Model Structures for International Passenger Travel

Table 10. Estimation Results for Mode Choice Models

Explanatory	MNL		NL	
	Estimates	t-value	Estimates	t-value
Const flight	-0.906	-2.551*	-1.029	-0.935*
Const Bus	-1.204	-14.851*	-1.382	-14.120*
Time(minutes)	-2.01E-03	-6.660*	-4.43E-03	-6.565*
Cost(1,000won)	-2.73E-03	-2.592*	-0.018	-4.016*
Purpose of trip Dummy	-0.401	-2.963*	-2.216	-2.388*
Travel frequency Dummy	-1.286	-2.403*	-6.411	-1.725
Scale parameter(μ)			0.194	3.089
Log-likelihood at initial		-1393.040		-1393.040
Log-likelihood at convergence		-1212.189		-1204.150
R squared(ρ^2)		0.130		0.136
Adjusted-R squared($\bar{\rho}^2$)		0.126		0.131
Number of observations		1268.000		1268.000
Time Value(won/time)		44100.222		14804.420

(*) Indicates significance at 5% level of significance

가지는 것으로 분석되었다(Table 10).

5.2 수단분담률 추정

현재 한중, 한러간 여객의 대부분이 항공을 통해 이루어지는 기존 여객의 이동방식이 AH6노선이 구축될 경우에는 약 90% 수준에서 육상수단으로 전환될 것으로 판단되며, 이 중 국제열차의 수송분담률이 60% 이상으로 매우 높을 것으로 나타났다(Fig. 5).

국제버스에 대한 수단분담률은 비교적 단거리인 투먼(약 903km)까지 약 29.55%로 가장 높게 나타났으며, 이후 지린(약 27.7%), 장춘(약 27.5%), 블라디보스토크(약 23.0%), 하얼빈(약 21.9%) 순으로 나타났다. 국제고속버스의 분담률이 장거리로 갈수록 지속

적으로 감소하는 경향이 있으나, 해당 지역으로의 이동에서는 향후 최소 20% 수준을 유지할 수 있을 것으로 판단된다. 이를 달리 말하면 향후 AH6노선의 구축에 따라 국제고속버스의 여객수송이 충분한 경쟁력을 갖추고 있으며, 비교적 장거리(1,000~1,600km) 노선에서도 국제고속버스의 경쟁력이 충분히 존재함을 시사한다.

5.3 수단분담률 탄력성 분석

NL모형을 바탕으로 장래 교통조건(소요시간, 소요비용)에 따른 수단분담률 변화를 파악하고자 탄력성 분석을 실시하였다. 이를 위해 항공수단의 운행조건(소요시간, 운임)은 현재와 동일하며, 북한의 간성-선봉 구간을 통과하는 국제여객열차의 표정속도가

Table 11. Elasticity of Mode Share of International Passenger Travel between Seoul and China, Seoul and Russia (unit : %)

	Seoul-Tumen		Seoul-Jilin		Seoul-Changchun		Seoul-Harbin		Seoul-Vladivostok	
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
Intl. Bus	12.6	36.4	11.8	34.6	11.7	34.1	9.1	28.1	9.1	28.9
Intl. Railway	56.0	80.1	56.1	79.3	55.1	77.9	60.1	79.7	56.1	85.8
Intl. Flight	7.0	7.9	8.6	9.7	10.1	11.3	11.0	12.2	5.0	7.5

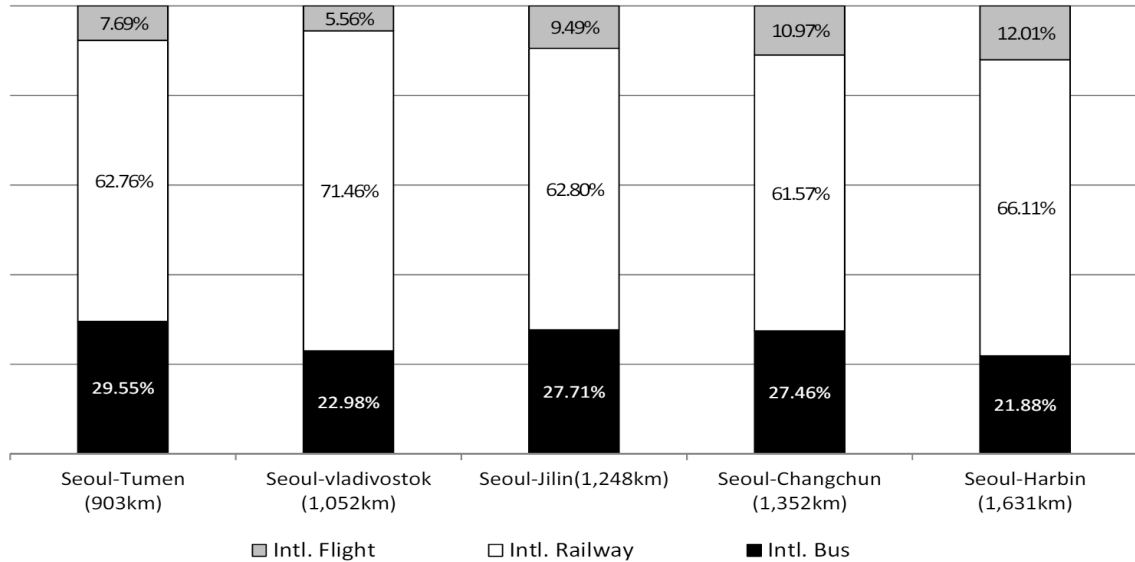


Fig. 5. Predicted Modal Share of International Passenger Travel

80~120km/h로, 국제고속버스는 80~120km/h로 운행될 수 있도록 각 노선들이 개량된 것으로 가정하였다.

국제여객열차의 표정속도가 80km/h로 개량되며, AH6(간성-선봉구간) 고속도로가 80km/h, 100km/h, 120km/h로 건설된 경우로 가정한 분석시나리오-I의 경우, 국제고속도로의 운행속도 개선에 따른 수단분담률 변화가 가장 큰 구간은 서울-투먼(△16.1%)이며 가장 적은구간은 서울-블라디보스토크(△13.8%), 서울-하얼빈(△13.3%) 순으로 나타났다. 그리고 국제여객열차의 표정속도가 100km/h 개량된 것으로 가정한 시나리오-II의 경우에서도 수단분담률 변화가 가장 큰 구간은 서울-투먼(△12.1%)이며, 가장 적은 구간은 서울-블라디보스토크(△9.6%)와 서울-하얼빈(△9.4%)순으로 나타났다.

한중 동북부 구간 이동시 장래 AH6의 전환수요는 전체 약 9~35%, 극동러시아는 전체 약 9~29%로 나타나 국제철도와 상당 부분 경합관계를 가질 수 있는 수단으로 판단된다. 항공수단은 한중 동북부 약 7~12%, 극동러시아 5~7% 수준의 수단분담률을 보이는 것으로 나타났다. 그러나 모든 시나리오를 가정하더라도 전 구간에서 국제철도가 가장 높은 수단분담률을 보이고 있다.

6. 결론

본 연구는 남북한간 교류협력 증진과 국제협력사업 활성화에 따라 향후 동북아 차원으로 연계가 예상되는 AH6(간성-선봉)의 이용을 가정하고, 현존하지 않는 북한 육로망 연계에 따른 국제여객 수단분담모형 모형구축과 수단분담률 추정을 SP조사를 통해 분석하였다. 신뢰성 있는 모형구축을 위하여 현재 한중, 한러 여객 이용자들을 대상으로 비용시간 변화에 따른 방대한 SP조사를 실시하였으며, 실제 운영되고 있는 각 교통수단별 운영현황과 북중러 내부 육상교통 운영상황을 반영한 RP조사도 병행하여 실시하였다. 무엇보다 기존 연구와의 차별화를 위해 ML모형 이외에도 수단간 다양한 경합관계를 반영할 수 있는 NL모형을 추가적으로 구축하여 분석·비교하였다.

분석결과 대부분의 파라메타들은 통계적으로 유의했으며, 모형의 설명력 역시 양호한 수준으로 나타나 모형의 타당성이 입증되었다. 따라서 본 연구에서 시도한 SP조사에 근거한 한반도 동해측의 장래 국제여객 수단분담모형은 남북한과 동북아 여건변화에 따라 육로의 활용과 관련된 수송수요 추정에 있어서 유효한 추정방법임

이 입증되었다.

본 연구에서 구축한 한중(동북부), 한러(극동러시아)간 최적의 여객수단선택 모형인 NL모형을 기초로 평가한 AH6 여객수요에 관한 시사점은 다음과 같이 정리될 수 있다.

먼저 한중(동북부), 한러(극동러시아) 지역의 수송거리는 대부분 900~1,600km로 장거리에 해당되며, 수송거리가 길어질수록 국제 열차(철도)의 수단분담률은 62.8~66.1%로 증가하며, 이 때 도로의 경우는 29.6%에서 21.9%로 감소하는 경향이 관찰되었다. 이는 일반적으로 장거리로 갈수록 철도의 수단분담률이 높아지며, 도로의 수단분담률이 낮아진다는 타 연구결과 내용들과 부합하는 것으로 보인다. 반면 항공의 경우는 육상수단과는 달리 거리대별 증감경향이 뚜렷하게 나타나지 않고, 약 10% 수준의 수단분담률에 머무는 것으로 나타났다.

마지막으로 장래 북한지역의 철도계획을 고려한 AH6의 구축효과는 기존 북한철도를 소극적으로 개량보수(속도 80km/h)하고 AH6를 고규격(120km/h)으로 건설할 경우, 한중(동북부)간 이동시 장거리인 구간임에도 불구하고 국제고속버스(도로)의 수단분담률은 최대 34.6%(장춘)에서 최소 28.1%(하얼빈)수준을 보일 것으로 추정되었다.

이상의 결과와 같이 본 연구는 장래 한반도 동해측에 해당하는 AH6(간성-선봉구간) 노선의 구축을 가정한 현 국제여객 수송행태 변화를 추정하였다. 그러나 이 과정에서 본 연구는 다음 두 가지 한계점을 가지고 있다.

첫째, SP 조사 데이터를 활용하여 이용수요를 추정하였기에 SP조사가 갖는 편위(정책적 편위 등), 응답자 구성비 오류, 응답자들의 불확실성 및 상황인식 차이에 따른 오차가 발생 가능성 등의 현실적인 한계가 있다.

둘째, 본 연구에서 최종 선택된 국제여객 이용자의 수단선택모형이 ML모형이 아닌 NL모형이라는 점에서 수단의 거리대별 수단분담율의 논리가 다소 부합하지 않는다는 것이다. 즉, ML모형은 수단간 선택이 동일위계에서 이루어지는 모형인 반면 NL모형은 육상수단과 항공수단간 서로 다른 선택적 위계가 존재하기 때문이다.

향후 추가연구를 통해 모형의 현실성을 더욱더 높이기 위한 다양한 RP자료 기반의 신뢰도 변수 사용과 체계적이며 신뢰도 높은 SP조사 대상 선별, 전문가 집단에 의한 상세모형 검토 등의 보완작업이 필요할 것으로 판단된다.

References

- Backler, G. G. (1987). *The relationship between railway loading-gauge constraints and modal split in the Anglo-European united Freight Market*. Ph. D. thesis. University of Leeds.
- Ben-Akiva, M. and Lerman, S. R. (1985). *Discrete choice analysis: Theory and Application to Travel Demand*. The MIT Press.
- CHINATOUR Corporation (2009). Available at: <http://www.chinatrain.co.kr> (Accessed: 2009).
- Expressway & Transportation Research Institute (2008). *Research for transport demand forecasting in AH1 route Seoul-Shinuiju* (in Korean).
- Expressway & Transportation Research Institute (2008). *Research for transport demand forecasting in AH6 route Goseong-Sonbong* (in Korean).
- Ha, W. I. and Nam, G. C. (1996). "Modal choice models for freight transportation using SP data." *Journal of Korean Society of Transportation*, Korean Society of Transportation, Vol. 14, No. 1, pp. 81-99.
- Incheon International Airport Corporation (2009). Available at: <http://www.airport.or.kr> (Accessed: 2009).
- Incheon Port Management Corporation (2009). Available at: <http://www.icferry.or.kr/pages/> (Accessed: 2009).
- Korea Railroad Corporation (2009). *Tourist Train*, Available at: <http://www.letskorail.com/ebizbf/EbizBfTraveling.do> (Accessed: 2009).
- KOTI (The Korea Transport Institute) (2005). *Analysis of traffic and cost of Inter-Korean connecting roads and railways* (in Korean).
- KRIHS (The Korea Research Institute of Human Settlements) (2000). *Inter-city networking strategy in the yellow sea sub-region* (in Korean).
- KRIHS (The Korea Research Institute of Human Settlements) (2001). *Building infrastructure for the facilitation of economic cooperation in Northeast Asia in the 21st century* (in Korean).
- KRIHS (The Korea Research Institute of Human Settlements) (2007). *Proposal to build the BESETO business corridor -vision and action for Trans-Northeast Asian transport network* (in Korean).
- KRIHS (The Korea Research institute of Human Settlements) (2011). *Development issue of the growth centers in North Korea for preparing Korea unification (I)*, No. KRIHS-2011-50 (in Korean).
- Lee, J. Y. (2014). "Eurasian cooperation vision and strategy." *Territorial Planning and Policy*, Vol. 391, KRIHS, pp. 6-12.
- Yoo, B. K. (2012). "Using mixed logit model and latent class model to analyze preference heterogeneity in choice experiment data." *Journal of Environmental and Resource Economics Review*, Vol. 21, No. 4, pp. 921-945.