

## 구조적 등위성을 적용한 공항네트워크의 특성 분석

오성열<sup>1</sup> · 박용화<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>한국교통연구원 항공정책기술본부, <sup>2</sup>인하대학교 아태물류학부/물류전문대학원

### Analyzing Airport Network Characteristics Applied to the Structural Equivalence

OH, Sung Yeoul<sup>1</sup> · PARK, Yonghwa<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Department of Aviation Research, The Korea Transport Institute, Gyeonggi 411-701, Korea

<sup>2</sup> Asia Pacific School of Logistics, Inha University, Incheon 402-751, Korea

#### Abstract

This study dealt with the airport network applying the Structural Equivalence which has used in the field of social science network. It analyzed the size of aviation market and trade exchanges. The results between blocks through the Convergence of Iteration Correlation are as follows; Block 1 (major hub airport) and Block 5 (Australian and New Zealand airports) have a strong relationship between other blocks. Block 3 (CIS region) and Block 7 (Malaysia and Indonesia) have been indicated as relatively low degree. The structural equivalence analysis can be grouped as a small number of blocks with large and complex networks and also presented a significant result according to the nature of the relationship between aviation market and the level of trade exchanges.

세계화의 진전으로 국가들 간 사람과 물자의 교류는 지속적으로 증가해왔고 이에 따라 공항네트워크 또한 점점 방대해지고 촘촘해지고 있다. 자연계의 다양한 네트워크를 연구하는 네트워크 과학은 공항네트워크를 분석하는 데에 유용하다. 본 연구는 사회과학 네트워크에서 사용되고 있는 구조적 등위성 개념을 아시아·태평양 공항네트워크에 적용하여 그 결과를 바탕으로 국가들 간의 항공 시장, 교류 관계 정도를 해석해보았다. 아시아·태평양 공항네트워크는 8개의 블록(block)으로 구분되었으며 각 Block의 특성과 Block들 간의 관계를 분석한 결과 Block 1(주요 허브 공항들의 집합)과 Block 5(호주와 뉴질랜드의 공항)는 다른 Block들보다 깊은 관계를 갖고 있는 Block의 수가 많았다(영향력이 컸다). 다른 곳과 관계가 낮은 곳으로는 Block 3(CIS 지역), Block 7(말레이시아·인도네시아), Block 8(남태평양 프렌치폴리네시아)이었다. 구조적 등위성 분석으로 방대하고 복잡한 네트워크를 소수의 Block으로 집산화시켜 분석할 수 있으며, 네트워크의 성격에 맞게 항공 시장의 관계, 교류와 교역의 정도를 해석하여 의미 있는 결과를 얻었다.

#### Keywords

air transport, airport network, block modeling, network science, structural equivalence  
항공운송, 공항네트워크, 블록 모델링, 네트워크 과학, 구조적 등위성

\* : Corresponding Author  
air@inha.ac.kr, Phone: +82-32-860-8231, Fax: +82-32-860-8222

Received 27 July 2013, Accepted 5 March 2014

© Korean Society of Transportation  
This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

## 서론

그 동안 세계의 항공운송시장은 북미와 유럽시장이 주도하였지만, 중국의 성장으로 인해 향후에는 아시아·태평양 지역이 가장 큰 비중을 차지하게 될 것이라고 전망하고 있다. ICAO(2010)에 의하면 아시아·태평양 지역의 항공 운송량 비중은 전 세계의 29.4%로서 북미의 30.7% 다음으로 크다.

우리나라는 지리적 규모나 인구 측면에서 중국이나 일본보다 작기 때문에 내수시장의 규모가 크다고 할 수는 없다. 그러나 국제선 시장에서는 세계 5위에 달할 만큼 활발한 항공자유화 및 교역중심의 국가경제체제로 말미암아 아시아·태평양 항공시장에서 중심역할을 담당해 오고 있다. 따라서 우리나라 국제선 항공 네트워크는 일정수준의 발전을 가져왔다고 평가할 수 있다.

우리나라의 국제선 항공 네트워크는 근거리 시장인 일본과 중국, 동남아 지역의 비중이 컸고 장거리 시장에서는 미주와 유럽에 주로 치중되어 있는 구조로 발전해 왔다.

국제선 항공시장에서 우리나라와 상대국과의 밀접한 정도는 여객과 화물 운송실적으로 대변되고, 경제적으로는 교역량 규모로 상호 간의 관계가 깊고 얽음을 알 수 있을 것이다. 또한 상대 국가와 제3의 상대 국가 사이의 경제적인 관계를 이해하는 것이 매우 중요한데, 이러한 현상은 항공시장에서도 예외가 아닐 것이다. 예를 들어, 중국과 일본과의 교역은 직·간접적으로 우리나라 수출입에 영향을 줄 것이며, 두 나라 사이의 항공시장 관계도 어느 정도는 우리나라 항공시장에 영향을 준다는 것이다.

이러한 관점에서 우리나라와 항공 네트워크가 아직은 조밀하게 구축되지 못한 서남아시아 시장, 독립국가연합 등을 비롯하여 관광지인 태평양지역의 섬 국가들은 잠재력이 많은 시장으로 그 중요성이 높아질 것으로 예측된다. 따라서 이들 국가들과 우리나라와의 항공네트워크 관계 뿐 아니라 상대국들 간의 항공 네트워크 구조를 파악하는 것이 필요하다고 판단된다.

본 논문은 아시아·태평양 항공시장을 네트워크 측면으로 분석하고자 이들 지역에 속한 42개 국가 또는 섬 지역에 속한 889개 공항들을 분석 대상으로 선정하였다. 이들 공항네트워크를 대상으로 구조적 등위성(structural equivalence) 개념을 적용하여 구조적으로 어떤 블록(block)으로 나눌 수 있고, 각 Block 간의 관계가 어떠한지를 분석하고자 한다.

이러한 분석을 통해 아시아·태평양 항공시장을 구성하는 소규모 항공시장들(block) 간의 관계를 여러 가지 특성으로 분석하고 시사점을 얻고자 한다.

## 기존 문헌 고찰

구조적 등위성 개념을 적용하여 국가들 간의 관계를 연구한 사례는 있으나, 항공분야에 적용된 사례를 찾기는 힘들다. Snyder and Kick(1979)은 국가 간 경제성장 차이에 대한 체계 및 종속이론과 관련하여 그 동안 구조적 위치(핵심, 준 주변, 주변)를 정의하는 이론에 대해 명확한 증거가 없었으며, 사회 구조를 분석하는 접근방법으로 블록모델(block model)이 더 적절하다고 주장하였다. 이들은 무역 흐름, 군사 개입, 외교 관계, 연합 조약 회원국 등 네 가지의 국제적인 네트워크 요소로 118개 국가를 10개의 Block으로 만들어 구조적인 위치를 분석하였다.

Kick and Davis(2001)는 무역 흐름, 양자 간 경제 지원 협정, 교통과 통신 협정, 사회문화 협정, 행정 및 외교 협정, 정치적 갈등, 군비 이양, 군사적 갈등 등 여덟 개의 국가 상호 요소를 갖고 반복상관관계수렴(CONCOR: Convergence of Iteration Correlation) 분석으로 Block을 만들어 구조적으로 분석하였다.

Block으로 만들면 복잡한 구조를 단순화시킬 수 있는 이점이 있으며, Block은 구조적 등위성을 적용하면 만들 수 있다. 이 방법은 수천 개의 노드와 링크로 구성된 공항네트워크를 분석하는데 매우 유용하다.

## 아시아·태평양 공항네트워크의 구조적 등위성 분석

### 1. 아시아·태평양 공항네트워크 구축

본 연구에서 활용한 아시아·태평양 공항네트워크(Asia Pacific Airport Network, 이하 'APAN'이라 표시함)는 42개의 국가 또는 섬 지역이 포함된다. 이들을 지리적으로 구분하면 동북아 지역, 동남아 지역, 서남아 지역, 독립국가연합, 대양주 지역 등 5개 부분으로 나눌 수 있다.

APAN을 구축하는 데는 OAG사의 항공 스케줄 자료인 OAG Flight Guide Worldwide(2009년 3월 판)

를 이용하였다. 동 자료에는 각 공항을 출발지로 하여 목적지 공항별로 항공사 편명, 출발 요일과 시간, 거리, 기종 등의 정보가 담겨있다. 이 정보들을 이용하여 공항별로 모든 목적지 공항의 공항코드를 입력하였다. 도시코드도 있으나 1개 도시에 복수의 공항이 있는 경우가 있어 공항코드별로 데이터를 구축하였다. 예를 들어, 인천공항(ICN)을 출발지로 하면 대상범위를 넘는 유럽의 공항들인 영국의 ABZ(Aberdeen)에서 스위스의 ZRH(Zurich)까지 입력하게 된다. 출발지는 아시아·태평양 지역에 속하지만 목적지는 이 범위를 벗어날 수 있다는 것이다.

지리적 규모를 아시아·태평양으로 한정된 것은 많은 데이터를 구축하는 한계성 때문이고, 운송량 규모가 작은 태평양의 군소 국가들까지 포함시킨 것은 다양한 네트워크의 특성을 알고자 함이었다. APAN의 노드 수는 아시아·태평양 지역 내 각 국가 또는 섬 지역의 전체 공항 889개를 포함하여 총 1,140개이며 링크 수는 9,542개이다.

## 2. 구조적 동위성 개념과 방법론

Wasserman and Faust(2009)에서 구조적 동위성(structural equivalence)은 Lorrain and White(1971)에 의해 소개되고 정의된 개념으로서 그래프 이론에서 유래된 것인데, 노드들로 된 부분 집단에 대한 하나의 수학적 특성을 말한다.

‘노드  $i$ 와  $j$ 가 구조적으로 동위하다’라고 하는 것은 Wasserman and Faust(2009)에서 아래와 같이 정의한 것을 참고하였다.

- 행위자  $i$ 와  $j$ 가 구조적으로 동위하다는 것은 모든 행위자들  $k=1, 2, \dots, g(k \neq i, j)$ , 모든 관계들  $r=1, 2, \dots, R$ 에서 행위자  $i$ 가  $k$ 로 연결되고 오직  $j$ 에 한해서만  $k$ 에 연결되었을 때, 그리고  $i$ 가  $k$ 로부터 연결되고 오직  $j$ 에 한해서만  $k$ 로부터 연결되었을 때를 말한다.  $r$ 은 행위자 간 연결될 때의 관계를 뜻하며, 이를 포함하여 구조적 동위성을 설명하면 다음과 같다.  $i$ 가  $j$ 로  $Z_r$ 이라는 관계로 연결되는 것을  $i \xrightarrow{Z_r} j$ 로 표현할 때, 구조적 동위성은 모든 행위자들  $k=1, 2, \dots, g(k \neq i, j)$ , 모든 관계들  $r=1, 2, \dots, R$ 에서  $i \xrightarrow{Z_r} k$ 일 때 오직  $j \xrightarrow{Z_r} k$ 이고, 반대 방향으로도  $k \xrightarrow{Z_r} i$ 일 때 오직  $k \xrightarrow{Z_r} j$ 인 것을 말한다.

Wasserman and Faust(2009)에 따르면 위의 구조적 동위성 정의에서 관계( $r$ )의 의미를 정의할 때는 이것이 이분법적인 것인지, 값이 있는 것인지, 방향성이 있는 것인지를 고려해야 한다. 인간적인 관계에서는 이런 것들에 대한 의미가 클 수 있으나, 공항네트워크에서는 사람이 아닌 사물이라는 점, 가는 편이 있으면 오는 편이 있는 점을 들어 관계를 연결이 되었는지의 여부로만 정의하고자 한다. 연결되어 있으면 관계( $r$ )가 있는 것이다.

손동원(2008)은 구조적으로 동위의 관계가 있다는 것을 아버지와 아들의 관계를 예로 들었다. 갑이라는 아버지와 을이라는 아버지에게서 각각 자신의 아들과 관계에서 동질의 태도와 행동을 기대할 수 있다는 것이다.

분석방법으로는 상관계수(correlation coefficient) 또는 유클리디안 거리(Euclidean distance)가 있다. 상관계수 방법은 두 노드 간의 관계 패턴이 얼마만큼 유사한지에 관심이 있는 경우에 유용하며, 유클리디안 거리는 관계의 동일성 여부를 분석하는 데 유용하다.

$n$ 개의 노드들 간 연결 관계 값( $x$ )를  $n \times n$  매트릭스로 나타낼 때 노드  $i$ 와  $j$ 의 상관계수  $r_{ij}$ 는 식(1)과 같다.

$$r_{ij} = \frac{\sum(x_{ki} - \bar{x}_{i.})(x_{kj} - \bar{x}_{.j})}{\sqrt{\sum(x_{ki} - \bar{x}_{i.})^2} \sqrt{\sum(x_{kj} - \bar{x}_{.j})^2}} \quad (1)$$

식(1)에서  $x_{ik}$ 는 노드  $i$ 로부터 노드  $k$ 에 연결될 때, 그 관계의 값을 나타낸다.  $k=1, 2, \dots, n(k \neq i, j)$ 이다.  $\bar{x}_{i.}$ 는  $i$ 행 관계의 값 평균이며  $\bar{x}_{.j}$ 는  $j$ 열의 관계의 값 평균이다. 구조적으로 완전히 동위적인 경우 +1의 값이 산출된다.

손동원(2008)에 의하면 원 자료 매트릭스로부터 각 행과 열에 대한 상관관계 값을 계산한 후 이 상관관계 계산을 반복적으로 실행하여 새로운 매트릭스를 구하면서 상관관계가 높은 것들을 그룹화하는 것을 반복상관관계수법 방법이라 한다. 최종 반복 후 얻은 매트릭스의 각 셀은 +1 혹은 -1값을 가지게 되고, +1값을 가진 집단과 -1값을 가진 집단으로 구분되는데 이 때 같은 집단으로 분류된 것들을 구조적으로 동위 관계를 가진 것으로 보는 것이다.

유클리디안 거리를 사용하여 구조적 동위성을 분석하는 것은 Burt(1976)에 의해 개발되었고 실질적이고 이론적인 문제에 광범위하게 활용되고 있다.

$x_{ik}$ 를 노드  $i$ 에서 노드  $k$ 로의 관계 값이라고 하자. 노드  $i$ 와 노드  $j$ 의 구조적 동위성을 거리로 측정하는 방법

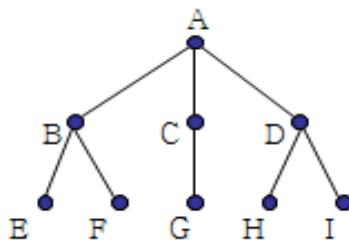
인 유클리디안 거리는  $i$ 행과  $j$ 행,  $i$ 열과  $j$ 열의 거리로서 식(2)와 같이 표현된다. 관계 값은 네트워크에서의 거리이다. 항공 노선에 비유하자면 직항은 1이 되고, 2번 환승하여 도달한다면 3이다.

$$d_{ij} = \sqrt{\sum_{k=1}^g [(x_{ik} - x_{jk})^2 + (x_{ki} - x_{kj})^2]} \quad (2)$$

여기서,  $i \neq k, j \neq k$ 이며, 두 노드가 구조적으로 등위적이라면 유클리디안 거리는 0이 된다. 최대값은  $\sqrt{2(g-2)}$ 이며 여기서  $g$ 는 네트워크의 노드 수이다.

구조적으로 등위적인 노드들의 집단을 시각적으로 표현하면 집단 간, 집단 내의 관계를 쉽게 이해할 수 있다. 한 네트워크에 속한 행위자들 사이에 구조적 등위성을 측정 후, 유사한 행위자들로 집단화하여 그룹으로 묶을 수 있다. 이를 'Block화'라고 하며 매트릭스나 덴드로그램(dendrogram)으로 표현한다. Block화는 상관관계를 반복적으로 계산하여 상관관계가 높은 집단들로 만드는 반복상관관계수법 분석 방법을 사용하였다.

Block 간의 관계는 주로 'a 밀도 기준'으로 판단한다. a의 값으로는 전체 네트워크의 밀도를 고려하여 판단하는데 이 값보다 값이 작으면 '관계없다'인 '0'으로 하고 이 값보다 크면 '관계있다'는 '1'로 표기한다. 그래서 1과 0으로 표기된 Block 매트릭스로 만들어 쉽게 분석할 수 있게 된다.



Structural Equivalence:  
 {A}, {B}, {C}, {D}, {E, F}, {G}, {H, I}  
 Automorphic Equivalence :  
 {A}, {B, D}, {C}, {E, F, H, I}, {G}  
 General Equivalence :  
 {A}, {B, C, D}, {E, F, G, H, I}

Source: Hanneman, Robert., Introduction to social network methods, on-line text, 2010.

Figure 1. Concepts of the major equivalence

이 밖에 형태적 등위성(automorphic equivalence)이 있는데, 이는 구조적 등위성을 약간 완화한 개념이다. Figure 1과 같은 네트워크가 있다고 한다면, 구조적 등위성에서 B노드와 D노드는 다른 구조적 등위성을 가진다고 볼 수 있지만 형태적 등위성에서는 같은 위치라고 본다는 것이다. 왜냐하면 연결정도가 같고 중심성(centrality)이 같기 때문이다.

상대적으로 덜 엄격한 일반 등위성 개념이 있다. 이는 동일하지는 않더라도 단지 유사한 역할을 담당하는 비슷한 노드들 간의 관계만 있으면 된다.

### 3. 구조적 등위성 분석 결과

APAN의 구조적 등위성을 분석한 결과는 Figure 2와 같다. 이 결과는 유클리디안 거리로 측정된 노드 간의 관계 정도를 나타내며 열의 값이 비슷한 노드들끼리 등위성이 있다고 판단한다.

Figure 2에서는 인천국제공항(ICN)과 방콕국제공항(BKK)이 서로 비슷한 값을 갖고 있음을 알 수 있다. 노드의 수가 적을 때는 시각적으로 판단할 수 있지만 수가 많을 경우는 분석하기가 어렵게 된다.

한편 상호 등위성이 같은 노드들끼리 계층적으로 표시한 덴드로그램은 Figure 3과 같다. ⑥ 덴드로그램에 의하면 아키타공항(AXT, 3)과 아오모리(AOJ, 6)가 묶이는 것으로 나와 서로 구조적 등위성이 있는 것으로 해석되고, 단계가 올라갈수록 허브공항들 끼리의 구조적 등위성이 나타난다. 쿠알라룸푸르공항(KUL, 61)과 싱가포르 창이공항(SIN, 113)이 묶이고, 이것은 다시 홍콩국제공항(HKG, 47)과 묶여서 구조적 등위성을 이루게 된다(© 덴드로그램 참조).

반복상관관계수법 방법으로 분석한 결과는 Figure 4

|        | 1      | 2      | 3      | 4      | 5      | 6      | 7      | 8      | 9      |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|        | ICN    | ABZ    | AXT    | ALA    | AMS    | AOJ    | AKJ    | ATL    | AKL    |
| 1 ICN  | 0.000  | 11.576 | 11.576 | 11.916 | 11.000 | 11.533 | 11.489 | 11.489 | 12.207 |
| 2 ABZ  | 11.576 | 0.000  | 2.449  | 6.000  | 4.123  | 2.236  | 2.000  | 2.000  | 7.416  |
| 3 AXT  | 11.576 | 2.449  | 0.000  | 6.325  | 4.796  | 1.000  | 2.000  | 2.828  | 7.818  |
| 4 ALA  | 11.916 | 6.000  | 6.325  | 0.000  | 6.557  | 6.245  | 6.164  | 6.164  | 9.118  |
| 5 AMS  | 11.000 | 4.123  | 4.796  | 6.557  | 0.000  | 4.690  | 4.359  | 3.873  | 7.616  |
| 6 AOJ  | 11.533 | 2.236  | 1.000  | 6.245  | 4.690  | 0.000  | 1.732  | 2.646  | 7.746  |
| 7 AKJ  | 11.489 | 2.000  | 2.000  | 6.164  | 4.359  | 1.732  | 0.000  | 2.449  | 7.550  |
| 8 ATL  | 11.489 | 2.000  | 2.828  | 6.164  | 3.873  | 2.646  | 2.449  | 0.000  | 7.416  |
| 9 AKL  | 12.207 | 7.416  | 7.818  | 9.118  | 7.616  | 7.746  | 7.550  | 7.416  | 0.000  |
| 10 BKK | 11.747 | 11.402 | 11.576 | 11.489 | 10.724 | 11.533 | 11.402 | 11.314 | 12.207 |

Figure 2. Result of the structural equivalence of Asia Pacific Air Network<sup>1)</sup>

1) 일부 결과만 표시함. 사용한 프로그램은 UCINET(Analytictec사)임. UCINET>Roles and Positions>Structural>Profile

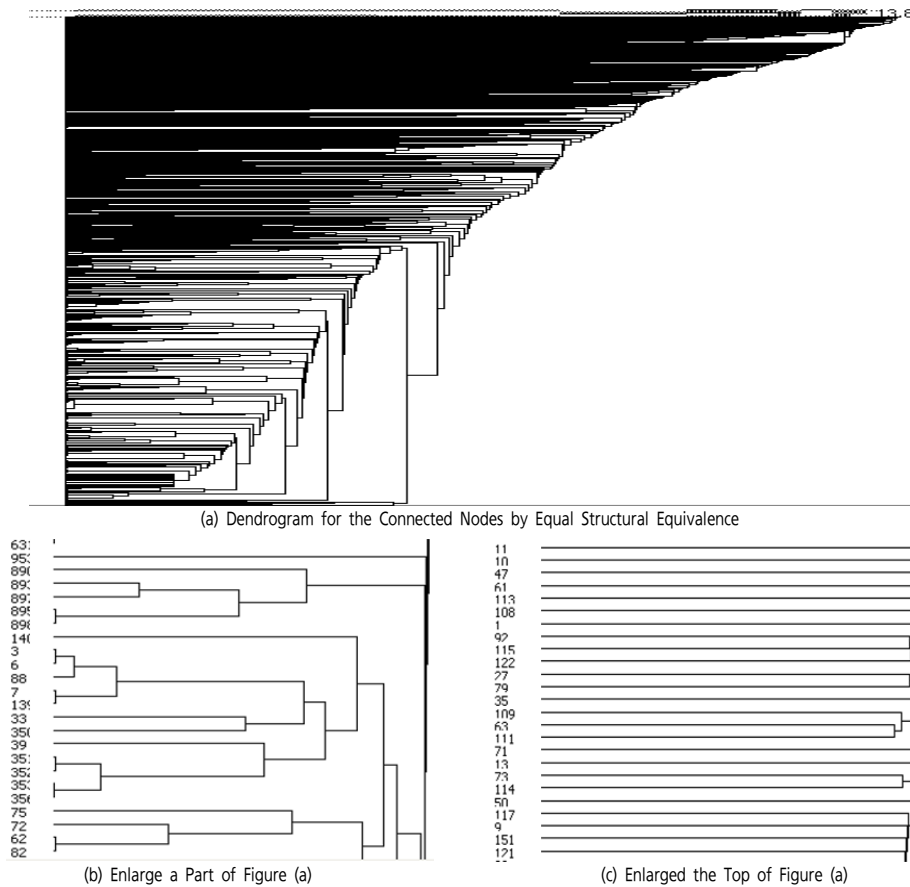


Figure 3. Dendrogram of the structural equivalence(1)

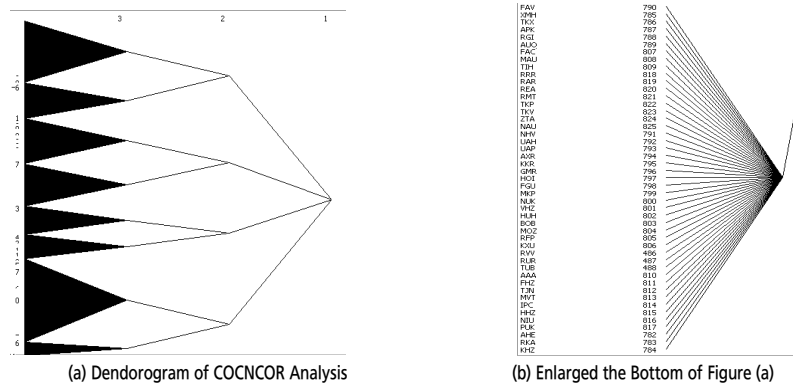


Figure 4. Dendrogram of the structural equivalence(2)

와 같다. APAN은 총 8개의 Block으로 나누어지며 각 Block 간의 밀도<sup>2)</sup> 매트릭스(density matrix)는 Table 1과 같다. α 밀도 값은 변별력을 높이기 위해 전체 네트

워크의 밀도의 1/2인 0.0073으로 설정하였다. 이 값보다 작으면 '0', 크면 '1'로 표시한 이미지 매트릭스(image matrix)를 만들면 Table 2와 같다. 예로 Block 1은

2) 밀도란 여러 개의 노드가 있을 때 최대로 연결이 가능한 링크의 수 대비 실제 연결된 링크의 수를 뜻함. Block의 밀도÷전체 네트워크의 밀도를 의미함.

**Table 1.** Density matrix of each block by the CONCOR analysis

| Block | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1     | 0.068 | 0.015 | 0.006 | 0.008 | 0.004 | 0.000 | 0.001 | 0.000 |
| 2     | 0.015 | 0.027 | 0.003 | 0.003 | 0.007 | 0.002 | 0.002 | 0.000 |
| 3     | 0.006 | 0.003 | 0.011 | 0.006 | 0.000 | 0.000 | 0.002 | 0.000 |
| 4     | 0.008 | 0.003 | 0.006 | 0.059 | 0.001 | 0.000 | 0.001 | 0.000 |
| 5     | 0.004 | 0.007 | 0.000 | 0.001 | 0.038 | 0.013 | 0.004 | 0.009 |
| 6     | 0.000 | 0.002 | 0.000 | 0.000 | 0.013 | 0.009 | 0.001 | 0.000 |
| 7     | 0.001 | 0.002 | 0.002 | 0.001 | 0.004 | 0.001 | 0.006 | 0.000 |
| 8     | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.009 | 0.000 | 0.000 | 0.046 |

**Table 2.** Image matrix of each block

| Block | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|-------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1     | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2     | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3     | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4     | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 5     | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| 6     | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 7     | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8     | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |

**Table 3.** Characteristics of blocks

| Blocks | Major Airports               | Characteristics                                      |
|--------|------------------------------|--|
| Block1 | ICN, PEK, HKG, SIN, NRT, PVG | Major hub and Chinese airports                       |
| Block2 | HND, FUK, MNL, CEB, DPS, SYD | Airports in Japan, Philippines, Indonesia, Australia |
| Block3 | TAS, ALA, FEG                | CIS  |
| Block4 | BKK, DEL, BOM, DAC           | Thailand, India, Bangladesh                          |
| Block5 | BNE, PER, WLG, CHC, NAN      | Airports in Australia, New Zealand, Fiji             |
| Block6 | KNX, CPD, KGC                | Small airports in Australia                          |
| Block7 | LMN, DJB, DJJ                | Airports in Malaysia, Indonesia                      |
| Block8 | FAV, HUH, HOI                | Airports in French Polynesia                         |

Note: Airport Codes are refer to Appendix.

Block 2, Block 4와 관계가 있으며 Block 8은 Block 5와 관계가 있다고 볼 수 있다.

#### 4. 블록 간의 관계 의미 해석

Block 간의 관계를 해석하기 위해서는 각 Block의 성격을 파악하는 것이 필요하며 그 결과는 Table 3과 Figure 5와 같다.

Figure 5의 Block들을 해석하면 공항네트워크 역시 국가 간 교류의 산물이며, 이는 지리적인 요소에 의해 많은 영향을 받는다는 것을 알 수 있다. 주로 이웃 국가들



**Figure 5.** Divided blocks in Asia Pacific Air Network

끼리 Block을 형성하는 것이다.

Block 1은 인천(INC), 베이징(PEK), 홍콩(HKG), 싱가포르(SIN), 나리타(NRT), 푸둥(PVG) 등 주요 허브공항들로 구성되어 있다. Block 2는 일본열도에서 필리핀, 인도네시아를 거쳐 호주에 이르는 지역의 공항들로 구성되어 있다. Block 3은 독립국가연합의 공항들이다. Block 4는 인도와 방글라데시, 태국에 속한 공항들이다. Block 5는 호주와 뉴질랜드, 인근 피지의 공항들이고 Block 6은 호주의 대륙 곳곳에 있는 작은 공항들이다. Block 7은 말레이시아, 인도네시아 속한 공항들이고 Block 8은 주로 남태평양 지역의 프렌치폴리네시아 섬 지역의 공항들이다.

Block 1은 Table 2에서 보면 Block 2 및 Block 4와 관계가 있는 것으로 볼 수 있으며, 그 관계의 정도는 Table 1에서처럼 Block 2(0.15)가 깊다. Block 1과 Block 2는 다른 어느 관계보다도 밀접하며 두 Block 간의 항공시장은 활발한 것으로 추정할 수 있다. 또한 Block 1은 Block 4와도 관계가 있는 것으로 나타나 주요 허브공항들의 영향력이 동남아뿐만 아니라 서남아시아 지역까지 끼친다고 볼 수 있다.

Block 2는 Block 1 다음으로 Block 5와 관계가 조금 있는 것으로 나타났는데, 이는 Block 2의 지역들과 대양주 사이의 항공시장이 다른 지역 간 보다 관계가 더 있다는 것을 의미한다.

Block 3은 독립국가연합(CIS, Commonwealth of Independent States) 지역의 공항들이며 Block 1, Block 4와 낮은 관계가 있을 뿐이다. 대외적으로 교류가 적은 것으로 볼 수 있다.

Block 4는 인도를 주축으로 한 서남아시아의 공항들이며 주요 허브공항들로 구성된 Block 1과의 관계가 깊



은 것으로 나타났다.

Block 5는 Block 6과 관계가 있는 것으로 나타나는 데 이로서 호주, 뉴질랜드 그리고 이들의 세력이 미치는 인근 태평양 섬 국가들과 교류가 강한 것으로 해석된다.

Block 6은 Block 5를 제외하고는 다른 Block 간의 관계가 매우 낮음을 알 수 있다. 이는 호주 대륙 내의 작은 공항들이기 때문에 다른 Block 간 네트워크가 연결되지 않았기 때문인 것으로 판단된다.

Block 7은 다른 Block과의 관계가 거의 없는 것으로 나타났는데, 이는 말레이시아와 인도네시아 지역이 다른 지역과 교류가 매우 약한 것으로 해석할 수 있다.

Block 8은 Block 5를 제외하고는 다른 Block 간의 관계 정도가 매우 낮다. 이는 Block 8이 주로 남태평양 프렌치폴리네시아 지역의 공항들로서 지리적으로도 다른 지역과의 교류가 어렵기 때문이다. 다만, 인근에 위치한 호주 및 뉴질랜드와 약간의 관계가 있는 것으로 나타났다.

## 결론 및 향후 연구과제

지금까지 아시아·태평양 지역의 공항네트워크를 대상으로 구조적 등위성을 분석하였다. 반복상관관계수렴(CONCOR) 분석을 통해 등위성을 가진 8개의 Block을 찾았고 Block들 간의 관계에 내재된 의미를 항공시장, 교류 관계 등으로 해석하였다.

주요 허브공항들의 집합인 Block 1은 다른 Block보다 영향력의 범위가 컸고, 호주와 뉴질랜드의 Block 5 또한 대양주를 대표하므로 영향권이 컸다.

다른 곳과의 관계가 적은 곳으로는 CIS 지역(Block 3), 말레이시아·인도네시아(Block 7), 남태평양 프렌치폴리네시아(Block 8) 지역들로 나타났다. CIS는 러시아를 포함한 유럽과의 관계가 더 있을 것으로 추정할 수 있으나, 말레이시아·인도네시아 지역이 다른 지역과의 관계가 높지 않다는 것은 다소 의외에 결과로 볼 수 있다. 남태평양 지역은 시장 규모도 적고 지리적으로 멀리 때문에 인근 호주와 뉴질랜드를 제외하고는 관계가 얇은 것이다.

앞으로 우리나라의 항공시장을 확대하고 교역을 증대시킬 대상 지역으로는 Block 1과의 관계가 낮게 나타난 호주 대륙, 말레이시아와 인도네시아 지역, 남태평양 지역을 검토할 수 있겠다. 이 중에서도 말레이시아와 인도네시아 지역은 시장 잠재력이 크므로 공항네트워크를 더욱 확장해야 할 것이다.

네트워크 구조의 형태를 바탕으로 한 구조적 등위성 분석으로 방대하고 복잡한 네트워크를 소수의 Block으로 집단화시켜 분석할 수 있으며, 네트워크의 성격에 맞게 항공 시장의 관계, 교류와 교역의 정도를 해석하여 의미 있는 결과를 얻었다.

네트워크 과학은 더욱 더 복잡해지고 방대해져가는 네트워크 세계에서 의미 있는 결과를 도출하는데 유용한 도구로 작용할 것으로 판단된다. 비록 점과 선으로만 나타내는 것이지만 그 안에는 다양한 속성들이 내재되어 있는 것이다.

본 연구에서의 네트워크는 공항(노드)과 노선(링크)으로 구성된 것으로서 연결(connection)이 있느냐 없느냐만을 따지는 것이었다. 좀 더 현실적인 의미로 해석하기 위해서는 네트워크에 여객운송 및 화물운송 실적을 함께 고려하여 분석하는 것이 필요할 것이다.

## ACKNOWLEDGEMENT

This research was supported by INHA University.

## REFERENCES

- Burt R. S. (1976), Positions in Networks, *Social Forces*, 55, 93-122.
- Hanneman R. (2010), Introduction to Social Network Methods, On-line Text.
- ICAO (2010), Annual Report 2010, International Civil Aviation Organization.
- Kick E. L., Davis B. L. (2001), World-System Structure and Change: An Analysis of Global Networks and Economic Growth across Two Time Periods, *American Behavioral Scientist*, 44(10), 1561-1578.
- OAG (2009), Flight Guide Worldwide, OAG Worldwide Limited, March.
- Oh S. Y. (2011), Network Analysis on the Centrality of Airports (공항네트워크 중심성 연구), Ph.D. Thesis, Graduate School of Logistics, Inha University, Incheon.
- Snyder D., Kick E. L. (1979), Structural Position in the World System and Economic Growth, 1955-1970: A Multiple-Network Analysis of Transactional Interactions, *American Journal of Sociology*, 84(5),

1096-1126.

Son D. W. (2008), *Social Network Analysis (사회 네트워크 분석)*, Gyeongmunsa.

Wasserman S., Faust K. (2009), *Social Network Analysis Method and Applications*, Cambridge, New York. 356.

### APPENDIX: Airport Code

| Code | Name                        |
|------|-----------------------------|
| ABZ  | Aberdeen, UK                |
| AKJ  | Asahikawa, Japan            |
| ALA  | Almaty, Kazakhstan          |
| AOJ  | Aomori, Japan               |
| ATL  | Atlanta, USA                |
| AXT  | Akita, Japan                |
| BKK  | Bangkok, Thailand           |
| BNE  | Brisbane, Australia         |
| BOM  | Mumbai, India               |
| CEB  | Cebu, Philippines           |
| CHC  | Christchurch, New Zealand   |
| CPD  | Coober Pedy, Australia      |
| DAC  | Dhaka, Bangladesh           |
| DEL  | Delhi, India                |
| DJB  | Jambi, Indonesia            |
| DJJ  | Jayapura, Indonesia         |
| DPS  | Denpasar Bali, Indonesia    |
| FAV  | Fakarava, French Polynesia  |
| FEG  | Fergana, Uzbekistan         |
| FUK  | Fukuoka, Japan              |
| HKG  | Hong Kong, China            |
| HND  | Tokyo Hanada Airport, Japan |
| HOI  | Hao Is., French Polynesia   |
| HUH  | Huahine, French Polynesia   |
| ICN  | Seoul Incheon, Korea        |
| KGC  | Kingscote, Australia        |
| KNX  | Kununurra, Australia        |
| KUL  | Kuala Lumpur, Malaysia      |
| LMN  | Limbang, Malaysia           |
| MNL  | Manila, Philippines         |
| NAN  | Nadi, Fiji                  |
| NRT  | Tokyo Narita, Japan         |
| PEK  | Beijing Capital, China      |
| PER  | Perth, Australia            |
| PVG  | Shanghai Pudong, China      |
| SIN  | Changi, Singapore           |
| SYD  | Sydney, Australia           |
| TAS  | Tashkent, Uzbekistan        |
| WLG  | Wellington, New Zealand     |
| ZRH  | Zurich, Switzerland         |

알림: 본 논문은 오성열(2011)의 박사학위 논문 중 일부 내용을 기초자료로 활용하여 추가적인 분석을 통해 작성한 것입니다.

- ☞ 주 작성자 : 오성열
- ☞ 교신저자 : 박용화
- ☞ 논문투고일 : 2013. 7. 27
- ☞ 논문심사일 : 2013. 11. 6 (1차)  
2013. 11. 25 (2차)  
2013. 12. 26 (3차)  
2014. 3. 5 (4차)
- ☞ 심사판정일 : 2014. 3. 5
- ☞ 반론접수기한 : 2014. 8. 31
- ☞ 3인 익명 심사필
- ☞ 1인 abstract 교정필