

# 코로나19 확산이 동북아 공항 네트워크 중심성 지수에 미친 영향: 소셜 네트워크 분석을 중심으로

신태진<sup>1\*</sup>, 김석<sup>2</sup>, 정세연<sup>3</sup>

인천국제공항공사 공항산업기술연구원 <sup>1</sup>전문연구원, <sup>2</sup>선임연구원, <sup>3</sup>책임연구원

## Effects of the COVID-19 spread on the Northeast Asia Airport Network Centrality: Using Social Network Analysis

Taejin Shin<sup>1\*</sup>, Seok Kim<sup>2</sup>, Seyeon Jung<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Associate Researcher, Airport Industry Technology Research Institute, Incheon Int'l Airport Corporation

<sup>2</sup>Senior Researcher, Airport Industry Technology Research Institute, Incheon Int'l Airport Corporation

<sup>3</sup>Head Researcher, Airport Industry Technology Research Institute, Incheon Int'l Airport Corporation

요약 본 연구는 코로나19의 세계적 대유행(Pandemic)으로 인한 동북아시아 공항 네트워크의 구조적 변화를 분석하고 공항 경쟁력 향상에 도움을 줄 수 있는 정책 제언을 도출하고자 하였다. 이를 위해 소셜 네트워크 분석(Social Network Analysis; SNA)을 이용하여 코로나19 전후 네트워크의 중심성 분석을 시행하고 네트워크를 시각화하였다. 이를 위해 2019년 3월 4~10일 및 2020년 3월 9~15일 각 일주일간의 동북아시아 공항 국제선 전체를 대상으로 출발·도착하는 노선을 OAG(Official Airline Guide)의 Schedules Analyzer Database를 통해 추출하였다. 분석 결과 코로나19 사태 이후 동북아 공항 네트워크의 노드와 링크, 밀도가 감소한 것으로 나타났다. 전반적인 네트워크 밀도 감소 속에서도 인천공항의 중심성은 상대적으로 덜 감소한 것으로 확인되었다. 수요 급감을 겪고 있는 항공운송산업의 위기 극복을 위해 정부 및 공항의 적극적 지원이 필요할 것이다. 본 연구 결과는 코로나19 확산이 동북아시아 공항 네트워크의 중심성 지수에 미친 영향을 분석하여 향후 수요 회복 시 전략 수립에 필요한 실무적 시사점을 제시하였다는 점에서 의의를 갖는다.

주제어 : 코로나19, 소셜 네트워크 분석, 연결 중심성, 근접 중심성, 매개 중심성

Abstract The purposes of this paper were: 1) to identify the structural changes of the northeast Asia airport network caused by the pandemic of COVID-19 using social network analysis (SNA) and 2) to suggest proposals for improving airport competitiveness. In this respect, the entire international air routes in northeast Asia airport collected data of 4-10 March 2019 and 9-15 March 2020 through schedules analyzer database of OAG. We found that both the density and centrality have decreased since the spread of COVID-19. The government and airport authorities need active support such as a reduction of various fees and a moratorium on transportation rights to overcome the crisis in the air transport industry. When the COVID-19 situation calms down in the future, we hope that further research will be conducted to identify the structural changes in the SNA aspects through the vast data establishment in countries such as the EU and America.

Key Words : COVID-19, Social Network Analysis, Degree Centrality, Closeness Centrality, Betweenness Centrality

\*This research was supported by a grant of the Incheon International Airport Corporation.

\*Corresponding Author : Taejin Shin(stj@airport.kr)

Received March 25, 2020

Accepted May 20, 2020

Revised April 6, 2020

Published May 28, 2020

## 1. 서론

세계 각국의 허브 공항 경쟁이 가속화되는 가운데 아시아에서도 그 경쟁이 치열하다. 예컨대, 인천공항의 경우 4단계 건설 사업 착공을 통해 2023년 연간 국제여객 1억 명이 이용하는 글로벌 'Top 3'를 목표로 하고 있으며, 중국은 세계 최대 규모의 공항인 베이징 다싱 신공항을 2019년 9월 30일 개항하면서 기존 베이징 수도국제공항과의 멀티 허브 체제를 갖추게 되었다. 홍콩의 첵랍콕공항과 싱가포르의 창이공항 또한 시설 확장을 준비하면서 역내 공항 간 허브 경쟁이 치열해지고 있다[1]. 세계 각 권역에서 주도권 확보를 위한 공항 간 경쟁이 치열해지는 상황 속에서 동북아시아의 한국, 중국, 일본, 홍콩, 대만 등의 주요 공항을 중심으로 경쟁이 심화 되는 이유는 이들 국가의 높은 인구 밀도 및 경제 성장에 따라 항공 수요가 지속적으로 증대되어 왔기 때문이다.

공항 간 허브 경쟁은 공항 네트워크의 연결 경쟁력으로 평가할 수 있으며[2], 이러한 연결성 분석은 공항의 경쟁 위치를 개선하기 위한 전략 설계에 필요한 정보를 제공하기 때문에 연결 분석에 대한 관심이 증대되고 있다[3]. 항공 네트워크의 확장은 정부의 항공 자유화, 사업자 및 노선허가 등 우호적인 정책 수립, 그리고 공항의 우수한 인프라 구축 및 다양한 인센티브 제공과 함께 항공사들의 적극적인 노선개발 노력이 함께 이루어져야 가능하다[4].

코로나19로 인한 항공 산업의 위기 고조는 2020년 3월 11일 WHO가 코로나19의 세계적 대유행(Pandemic)을 선언하면서[5] 더욱 심각해지고 있다. 국제항공운송협회(IATA)는 코로나19가 항공 수요를 심각하게 약화시키고 있으며, 이로 인한 항공사들의 재무적 손실이 분석 결과 약 1,130억 달러에 달할 것으로 전망하고 있다[6]. 여객수요 급감과 세계 각국의 감염병 확산 예방 조치로 인해 많은 항공 노선이 중단되거나 감축되고 있으며 공항 네트워크 연결 경쟁력 또한 급변하고 있다.

본 연구는 코로나19의 가장 큰 피해지역으로 지목되는 동북아시아 국제공항을 대상으로 하여 공항 네트워크 특성의 변화를 분석하고 공항 경쟁력 향상에 도움을 주고자 한다. 이러한 목적을 달성하기 위해 소셜 네트워크 분석(Social Network Analysis)을 활용하여 동북아시아 지역 공항 전체의 국제선 네트워크 특성을 코로나19 전후의 특정 시점(2019년 3월 2주 vs 2020년 3월 2주)으로 비교 분석하고자 한다. 코로나19가 여러 산업 분야에 영향을 미치고 있으나 아직 이에 대한 사회과학 분야의 학술 연구는 많지 않다. 코로나19의 대유행이 현재 진

행 중이거나 이에 대한 데이터 구축이 쉽지 않기 때문이다. 본 연구는 이런 환경 속에서 소셜 네트워크 분석의 관점을 적용하여 실무적 운영 측면을 구체적으로 연구한다는 차별성을 가지고 있다.

이를 통해 동북아 공항 네트워크의 구조적 변화를 구체적으로 비교 분석하여 향후 수요 회복 시 전략 수립에 시사점을 제공하고자 한다.

## 2. 이론적 배경

### 2.1 코로나19 관련 항공시장 동향

글로벌 Market Information Data Tapes(MIDT)인 OAG(Official Airline Guide)는 코로나19 사태 이후 항공사의 급격한 용량 감축 및 운영 취소에 대한 일정 수집 업데이트 빈도를 높이면서 항공시장에 정확한 정보 전달을 위해 노력하고 있는데[7], 분석 결과 2020년 3월 2주 대비 3주의 수송력 감소가 더욱 두드러지고 있다. 독일의 경우 -18.2%, 프랑스 -12.1%, 한국 또한 -10.7%를 보이며 항공운송시장의 주간 공급력이 일제히 감소하였다.

Table 1. Largest Capacity Reductions Across Top 30 Country Markets

Country	09-Mar 2020	16-Mar 2020	%Change
Germany	2,426,098	1,984,441	-18.2%
Switzerland	645,091	545,745	-15.4%
Saudi Arabia	1,301,605	1,102,472	-15.3%
UAE	1,363,573	1,154,960	-15.3%
France	1,979,374	1,740,128	-12.1%
Spain	2,498,114	2,214,572	-11.4%
Korea	795,752	710,558	-10.7%
Turkey	1,775,305	1,630,475	-8.2%
Thailand	1,514,844	1,402,191	-7.4%
Portugal	578,093	536,127	-7.3%

Source: OAG Schedules Analyser[7]

이같이 코로나19의 글로벌 확산과 대응은 항공운송시장에 전례 없는 변화를 가져오고 있으며, 항공운송산업 가치사슬(Value chain) 전반에 악영향을 미치고 있다. 글로벌 항공 컨설팅 업체 CAPA는 특단의 조치가 실행되지 않으면 올해 5월까지 대부분의 항공사가 파산할 수도 있다고 경고하였다[8]. 코로나19에 의한 항공 수요 감소와 각국의 여행 제한이 지속 된다면 산업이 붕괴될 수 있음을 시사한다.

### 2.2 선행연구 검토

소셜 네트워크 분석(Social Network Analysis; 이하

SNA)는 다양한 학문 분야에서 활용되고 있는데[9-12], 항공운송산업 네트워크와 관련하여 국내외 여러 연구가 SNA의 관점을 적용하여 연구를 수행하였다.

Wang et al. [13]은 중국 공항 네트워크의 구조와 특성을 분석하기 위해 중국 도시 간의 연결 중심성, 근접 중심성, 매개 중심성 등을 분석하였다. 이들 중심성은 인구, GRDP, 여객 수와 같은 사회경제적 지표와 높은 상관성이 있는 것으로 나타났다. 또한, 연결 분포와 경로의 평균 길이, 클러스터링 상관계수 등을 분석하였다. 연구 결과 중국의 항공 운송 네트워크(Air Transport Network of China; ATNC)는 '작은 세계(small world)'의 특성을 보였다. Wang et al. [14]은 후속 연구에서 1930년부터 2012년까지 중국의 항공 운송 네트워크의 발전과 성장을 연구하였다. 그들의 분석 결과는 시간이 지남에 따라 ATNC의 연결성이 개선되고, 네트워크 구조가 산발적인 개발에서 새로운 멀티 공항 시스템으로 6단계를 거쳐 진화하였다고 분석하였다.

Jia et al. [15]은 1990년부터 2010년까지의 미국 공항 네트워크의 진화를 안정된 도시와 새로운 도시라는 두 가지 관점에서 분석하였다. 연구진은 미국의 공항 네트워크가 '작은 세계(small world)' 및 '척도 없는 네트워크(scale-free network)' 특성을 보이며 안정된 도시들이 규칙성을 보인다는 것을 발견하였다.

Pere et al. [16]은 영국에서 히드로 공항과 런던 남쪽 지역 공항의 네트워크 구조와 역할에 대해 분석하였다. 2013년 5월 MIDT 데이터 세트를 활용하여 분석한 결과, 런던 히드로 공항이 교통량, 연결 중심성 측면에서 가장 중요한 허브였다. 아울러 영국 지역의 해외 공항 의존도를 측정하였는데 아시아-태평양과 브릭스(BRICS) 국가에 대한 해외 허브 공항 의존도가 높은 것으로 나타났다.

공항 네트워크와 관련된 국내연구를 살펴보면 오성열·박용화[17]는 아시아태평양 공항 네트워크를 네트워크 과학 측면에서 구조적으로 분석하였는데, 중심성 개념을 허브지수로 활용하여 허브공항의 순위를 평가하였다. 연결 정도 중심성, 근접 중심성, 매개 중심성, 고유벡터 중심성 등의 허브지수를 기준으로 평가한 결과, 베이징(PEK), 인천(ICN), 싱가포르(SIN), 홍콩(HKG)은 어느 지수로 평가해도 상위권에 속하는 결과를 확인하였다.

오성열·박용화[18]의 연구에서는 아시아 내 6개 국가의 공항 네트워크를 대상으로 네트워크를 그려보고 밀도와 거리, 집중도 등의 지표를 분석하여 네트워크를 두 개의 그룹(그룹 I - 싱가포르, 태국, 한국 / 그룹 II - 인도, 중국, 일본)으로 구분하여 그 의미를 해석하고 그룹 내 국

가별로 네트워크의 우열을 판단하였다. 네트워크의 우열이 실제 국가의 공항 경쟁력의 우열을 뜻하는 것은 아니나 네트워크 과학에서 적용되는 이론과 방법론을 분석 도구로 채택한 것에 의의가 있다고 주장하였다. 이 밖에도 길광수·김숙진[19]은 동아시아 3대 허브공항으로 노드를 한정하여 네트워크 양상을 분석하였다. 네트워크가 어떻게 허브공항이 위치한 지역의 특성을 반영하고 있는지 연구하였다. 연구 결과 인천국제공항은 중국과 일본의 중계역할을 하는 지리적 위치를 갖고 있으나 고차위 세계도시로서의 기능을 갖지 못한 것으로 분석되었다.

직접적으로 국제 여객 운송과 국제 항공화물의 네트워크 구조를 분석한 김벽진·안승범[20,21]은 SNA 기법을 적용하여 세계 무역 기반시설인 항공화물 글로벌 네트워크의 구조와 지역별 물동량 패턴을 분석하여 공항의 역할 차이를 계층별로 구분하고 전체 네트워크와 노드의 변화 추세를 비교하여 시기별로 어느 공항이 전체 항공화물 네트워크에서 중심적인 역할을 하고 있는가를 분석하였다. 또한, 1995~2015년의 20년 동안 국제 항공 여객운송 네트워크의 위상적 특성과 진화 과정을 분석하기 위해 중심성의 분포 및 구조적 특성과 같은 네트워크의 다양한 차원에서 시스템의 변화를 관찰하였다. 이 밖에도 최두원[4]은 SNA를 활용하여 대형항공사와 저비용항공사가 운항하고 있는 국제선 및 국내선의 네트워크 구축의 구조를 시각화하고 중심성 분석을 통해 항공사들이 활용하고 있는 허브공항을 파악 하였다.

### 3. 연구 방법의 설계

#### 3.1 소셜 네트워크 분석(Social Network Analysis)

소셜 네트워크는 행위자(actor)라 불리는 독립체(entity)와 독립체 간의 관계(relationship)로 정의되는데[22,23], 소셜 네트워크 분석은 네트워크(networks)와 그래프 이론(graph theory)을 사용하여 소셜 구조(social structures)를 분석하는 프로세스이다[24]. 사회학의 기존 연구가 개별 구성원에게 초점을 맞추었다면, SNA는 구성원 간의 관계에 초점을 맞추어 다양한 사회적 현상을 설명하는 것이다.

#### 3.2 중심성(Centrality) 지표

Freeman[25]은 구조적 중심성의 3가지 척도로 절대적 척도와 상대적 척도, 그리고 전체 네트워크의 집중성

(centralization)을 반영한 척도들을 개발하였는데, 이들 중심성 척도들은 네트워크 내의 각 노드 간 상호작용을 반영하여 소셜 네트워크 내 잠재적 중요성 및 영향력을 나타낸다.

소셜 네트워크 분석에서 중심성(centrality)은 네트워크 내에서 한 노드가 가지는 파워(power), 즉 영향력을 나타내는 중요한 개념이다[26].

### 3.2.1 연결 중심성(Degree centrality)

연결 중심성은 한 노드가 네트워크 내에서 다른 노드와 직접적으로 연관된 정도를 나타내는데, 노드 간 비교를 위해서는 네트워크 크기가 연결 중심성에 미치는 영향을 제거할 필요가 있다. 이러한 연결 중심성을 네트워크 크기를 고려하여 표준화하면 식(1)과 같다[23].

$$C'_D(N_i) = \frac{C_D(N_i)}{g-1} \dots\dots\dots (1)$$

여기서  $C'_D(N_i)$  : 노드  $i$ 의 표준화 연결 중심성  
 $C_D(N_i)$  : 노드  $i$ 의 연결 중심성  
 $g$  : 노드의 개수

표준화된 연결 중심성의 값은 0~1을 보이며, 한 노드가 얼마나 많은 관계에 관여하는지를 나타낸다.

### 3.2.2 근접 중심성(Closeness Centrality)

연결 중심성이 종종 인접한 연결 관계만을 고려한다는 비판을 받음에 따라, 근접 중심성은 네트워크 내에서의 간접적 연결까지 고려하여 전체 네트워크에서의 한 노드와 다른 모든 노드 간의 거리를 강조한다. 즉, 근접 중심성은 각 노드가 다른 노드에 얼마나 가까운지에 대한 정도를 나타내며, 한 노드와 모든 다른 노드 간의 최단 경로 거리(geodesic distance)의 역수로서 측정된다[26]. 이러한 근접 중심성을 네트워크 크기를 고려하여 표준화하면 식(2)와 같다[23].

$$C'_C(N_i) = (g-1)(C_C(N_i))\dots\dots\dots (2)$$

여기서  $C'_C(N_i)$  : 노드  $i$ 의 표준화 근접 중심성  
 $C_C(N_i)$  : 노드  $i$ 의 근접 중심성  
 $g$  : 노드의 개수

노드의 근접 중심성이 높을수록 다른 노드들에 가까이 위치하고 있음을 나타낸다. 표준화된 근접 중심성은 단순

히 더 짧은 경로를 통해 다른 노드들에 도달할 수 있는지만을 보는 것이 아니라 가까운 경로로 얼마나 많은 노드에 도달할 수 있는지까지 고려한다. 따라서 근접 중심성이 높은 노드는 그렇지 않은 노드에 비해 더 짧은 경로를 통해 더 많은 다른 노드들에 도달할 수 있고, 이를 통해 더욱 독립적으로 되며 더욱 강한 영향력을 행사할 수 있다[27].

### 3.2.3 매개 중심성(Betweenness centrality)

매개 중심성은 직접 연결되어 있지 않은 노드 간 관계를 통제 또는 중개하는 정도를 나타낸다. 매개 중심성은 인접한 네트워크가 아닌 전체 네트워크를 대상으로 계산되며, 네트워크 내 어디에 있는지가 중심성을 결정하는 주요 요소이다[27]. 이러한 매개 중심성을 네트워크 크기를 고려하여 표준화하면 식(3)과 같다[23,25].

$$C'_B(N_i) = \frac{C_B(N_i) \times 2}{(g-1)(g-2)} \dots\dots\dots (3)$$

여기서  $C'_B(N_i)$  : 노드  $i$ 의 표준화 매개 중심성  
 $C_B(N_i)$  : 노드  $i$ 의 매개 중심성  
 $g$  : 노드의 개수

매개 중심성은 노드가 네트워크 내 노드 쌍 간의 최단 경로상에 위치하는 정도(횟수)로 측정되는데, 이는 네트워크 내의 정보교환 또는 자원 흐름에 대한 통제능력을 나타내는 중요한 지표이다. 매개 중심성이 1에 가까워질수록 노드의 중개 또는 통제능력은 증대한다[27].

## 4. 소셜 네트워크 분석

### 4.1 분석범위 및 네트워크 특성

본 연구의 목적인 코로나19 전후의 동북아시아 공항 네트워크의 구조적 변화를 살펴보기 위해 동북아시아에 위치한 모든 공항의 출발·도착 국제선 데이터를 OAG의 Schedules Analyzer Database<sup>1)</sup>로부터 추출하였다. IATA는 아시아(Asia)를 크게 4개 그룹(AS1; South Asia, AS2; Central Asia, AS3; East Asia, AS4; North East Asia)으로 분류하고 있는데[28], 본 연구의 공간적 범위는 한국을 포함하는 동북아시아(AS4)를 연구 대상으로 하였다.

1) <http://www.oag.com/analytics/schedules-analyser>

OAG는 전 세계 900여 개의 항공사별 비행스케줄을 수집하여 약 75,000개의 일 단위 스케줄을 발행하고 있는데[29], 코로나19의 세계적 대유행으로 인해 시시각각 변하는 항공 스케줄을 가장 빠르고 정확하게 추출할 수 있는 장점이 있다.

본 연구에서 사용한 데이터의 시간적 범위는 2019년 3월 2주(2019년 3월 4~10일)와 2020년 3월 2주(2020년 3월 9~15일)이다. 현재 시점(2020년 3월 2주)을 기준으로 전년 동기 대비 네트워크의 구조적 변화를 살펴 보고자 한다. 아울러 내용적 범위로는 네트워크의 중심성 변화 분석 및 시각화 분석을 통해 코로나19 사태의 대응을 위한 전략적 시사점을 주요 연구 내용으로 한다.

네트워크 분석 방법은 기존의 통계적 자료 분석에서 도출하는 단편적인 결과 값들과는 달리, 통계 분석 자료 및 대상들이 서로 상호관련성을 가지고 영향력을 가진다는 것을 전제로 하여 네트워크를 시각화하여 전체적으로 살펴볼 수 있게 도와준다[6]. 본 연구는 네트워크 시각화 및 분석을 위해 NetMiner 4.4.3.b를 이용하였다. 네트워크의 구조적 특성을 판단할 수 있는 밀도와 거리, 네트워크의 노드 수와 링크 수는 Table 2와 같다.

Table 2. Compare properties of airport networks

Network	Density	Distance	Node	Link
4~10 Mar 2019	0.067	2.262	124	1025
9~15 Mar 2020	0.052	2.605	85	373

Source: OAG Database를 활용하여 저자 분석

밀도(density)의 경우 2019년 3월 2주 대비 2020년 3월 2주에 0.067에서 0.052로 낮아진 것으로 나타났다. 밀도는 네트워크에서 노드 간의 전반적인 연결 정도 수준을 나타내는데, 코로나19 사태 확산 이후 네트워크의 밀도가 낮아졌다고 할 수 있다. 이는 Figure 1~2와 같이 그 결과를 직관적으로 확인할 수 있다. 거리(distance)를 살펴보면 2019년 3월 2주 대비 2020년 3월 2주에 2.262에서 2.605로 높아진 것으로 나타났다. 코로나19 사태 이전 약 2.2단계 정도만 거치면 다른 공항까지 연결될 수 있었으나, 코로나19 사태 확산 이후 약 2.6단계를 거쳐야 다른 공항까지 연결될 수 있음을 의미한다. 코로나19의 확산이 동북아시아 공항 노선의 운휴와 감편으로 이어지면서 노드(Node) 수뿐만 아니라 링크(Link) 수의 큰 감소가 나타났다.

2019년 3월 2주의 동북아시아 국제선 네트워크는 총 124개의 노드를 1,025개의 링크가 연결하고 있는 것

로 나타났으며, 항공사들은 주로 인천공항(ICN), 간사이공항(KIX), 홍콩공항(HKG), 마카오공항(MFM), 타이완공항(TPE)을 주요 허브공항으로 이용하는 것으로 나타났다. 링크의 강도는 주간 총 공급석이 많은 타이완(TPE)~홍콩(HKG), 상하이(PVG)~홍콩(HKG), 인천(ICN)~홍콩(HKG), 인천(ICN)~간사이(KIX), 베이징(PEK)~홍콩(HKG) 순으로 강한 것으로 분석되었다.

2020년 3월 2주의 동북아시아 국제선 네트워크는 총 85개의 노드를 373개의 링크가 연결하고 있는 것으로 나타났으며, 항공사들은 주로 인천공항(ICN), 타이완공항(TPE), 나리타공항(NRT), 마카오공항(MFM)을 주요 허브공항으로 이용하는 것으로 나타났다. 링크의 강도는 주간 총 공급석이 많은 타이완(TPE)~나리타(NRT), 인천(ICN)~나리타(NRT), 타이완(TPE)~간사이(KIX), 타이완(TPE)~상하이(KIX), 인천(ICN)~간사이(KIX) 순으로 강한 것으로 분석되었다.

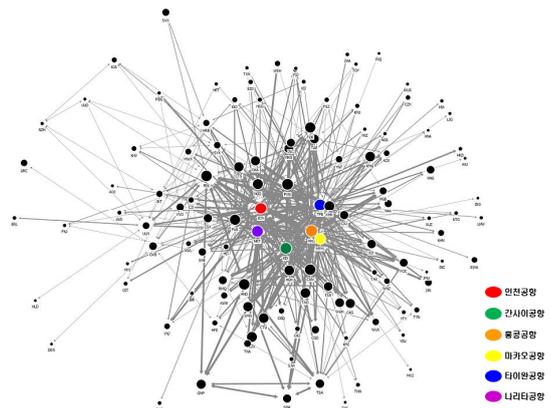


Fig. 1. Northeast Asia Airport Network in week of 4-Mar, 2019

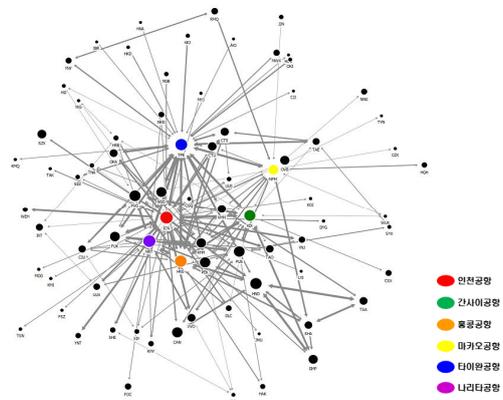


Fig. 2. Northeast Asia Airport Network in week of 9-Mar, 2020

### 4.2 중심성 분석

동북아시아 공항 네트워크의 구조적 변화를 분석하기 위해 중심성 분석을 수행하였다. 구체적으로 2019년 3월 2주와 2020년 3월 2주의 주간 운항 횟수 1회 이상의 국제선을 대상으로 노드와 링크의 네트워크를 구조화하고, 노드별로 중심성을 분석하여 코로나19 전후의 차이점을 파악하고자 하였다. 중심구조 분석으로 가장 많이 활용되는 연결 중심성, 근접 중심성, 매개 중심성을 분석하였다. 그 결과는 Table 3, 4와 같다.

Table 3. Centrality analysis results in 2019

Centrality		4-10 Mar 2019				
		1st	2nd	3rd	4th	5th
Degree	code	TPE	ICN	HKG	KIX	MFM
	value	0.667	0.585	0.561	0.333	0.285
Closeness	code	TPE	ICN	HKG	KIX	NRT
	value	0.715	0.695	0.676	0.575	0.564
Betweenness	code	TPE	ICN	HKG	ULN	KIX
	value	0.316	0.251	0.218	0.061	0.046

Source: OAG Database를 활용하여 저자 분석

Table 4. Centrality analysis results in 2020

Centrality		9-15 Mar 2020				
		1st	2nd	3rd	4th	5th
Degree	code	ICN	TPE	NRT	MFM	PUS
	value	0.536	0.357	0.274	0.202	0.202
Closeness	code	ICN	TPE	NRT	MFM	KIX
	value	0.651	0.571	0.522	0.519	0.512
Betweenness	code	ICN	TPE	MFM	NRT	PUS
	value	0.532	0.293	0.156	0.105	0.085

Source: OAG Database를 활용하여 저자 분석

동북아시아 공항 네트워크의 2019년 3월 2주 연결 중심성(Degree centrality) 순위는 타이완공항(TPE), 인천공항(ICN), 홍콩공항(HKG), 간사이공항(KIX), 마카오공항(MFM) 순으로 나타났다. 타이완공항의 연결 중심성은 0.667로 동북아시아 내 공항들과 직접적으로 연결된 정도가 제일 높은 공항으로 분석되었다. 코로나19 확산 이후 2020년 3월 2주의 동북아시아 공항 네트워크의 연결 중심성 순위는 인천공항(ICN), 타이완공항(TPE), 나리타공항(NRT), 마카오공항(MFM), 김해공항(PUS) 순으로 나타났다. 특히 홍콩은 코로나19 확산 방지를 위해 2월 3일 자정을 기해 국경을 폐쇄하면서 강력한 봉쇄 정책을 펼쳤는데 이러한 영향으로 홍콩공항의 순위는 6위로 밀려났다.

동북아시아 공항 네트워크의 2019년 3월 2주 근접 중심성(Closeness Centrality) 순위는 타이완공항(TPE),

인천공항(ICN), 홍콩공항(HKG), 간사이공항(KIX), 나리타공항(NRT) 순으로 나타났다. 근접 중심성은 다른 노드들과의 거리가 짧을수록 노드의 중심성이 높는데, 지수가 높을수록 다른 노드에게 간접적 영향을 주고받음을 의미한다. 타이완공항의 근접 중심성은 0.715로 직접적 영향력뿐만 아니라 간접적 영향력을 포함하여도 가장 높았다. 코로나19 확산 이후 2020년 3월 2주의 동북아시아 공항 네트워크의 근접 중심성 순위는 인천공항(ICN), 타이완공항(TPE), 나리타공항(NRT), 마카오공항(MFM), 간사이공항(KIX) 순으로 나타났다. 코로나19 확산으로 동북아 허브공항 중 하나인 홍콩공항의 순위는 7위로 밀려났다.

동북아시아 공항 네트워크의 2019년 3월 2주 매개 중심성(Betweenness centrality) 순위는 타이완공항(TPE), 인천공항(ICN), 홍콩공항(HKG), 울란바토르공항(ULN), 간사이공항(KIX) 순으로 나타났다. 매개 중심성이 높은 노드는 흐름에 대한 통제력을 가지는데, 타이완공항은 0.316으로 공항 내 가장 강한 통제력을 가진 것으로 분석되었다. 코로나19 확산 이후 2020년 3월 2주의 동북아시아 공항 네트워크의 매개 중심성 순위는 인천공항(ICN), 타이완공항(TPE), 마카오공항(MFM), 나리타공항(NRT), 김해공항(PUS) 순으로 나타났다. 코로나19 확산으로 동북아 허브공항 중 하나인 홍콩공항의 순위는 매개 중심성에서도 7위로 밀려났다.

## 5. 결론

본 연구는 코로나19의 세계적 대유행(Pandemic)으로 인해 동북아시아 공항 네트워크의 특성 변화를 분석하고자 SNA를 이용하여 코로나19 전후의 네트워크 구조를 시각화하고 중심성 분석을 통해 현재 시점(2020년 3월 2주)을 기준으로 전년 동기 대비 네트워크의 구조적 변화를 파악하고자 하였다.

코로나19 전후의 네트워크 비교 분석을 위해 2019년 3월 4~10일 및 2020년 3월 9~15일 각 일주일간의 동북아시아 공항 국제선 노선 전체를 대상으로 출발·도착하는 노선 데이터를 OAG의 Schedules Analyzer Database를 통해 추출하여 네트워크를 분석하였다.

코로나19 확산으로 가장 큰 피해를 보고 있는 산업 중 하나인 항공운송산업의 공항 네트워크 변화 양상을 분석하기 위해 동북아시아 공항 네트워크를 시각화한 결과 코로나19 사태 이후 네트워크의 밀도와 중심성 모두 감소한 것으로 분석되었다.

구체적으로 중심성 분석 결과 코로나19 사태 이후 동북아시아 공항 네트워크는 전반적으로 감소하였으나, 인천공항의 중심성 지표 3가지는 모두 1위로 나타나 코로나19 사태 상황 속에서도 동북아의 중요한 허브 역할을 하는 것으로 나타났다. 향후 코로나19의 세계적 유행이 소강상태에 접어들고 수요 회복 시기가 도래한다면 항공사뿐만 아니라 정부와 공항공사의 선제적 노력에 따라 빠른 경쟁력 회복이 가능할 것이다.

항공운송산업은 2003년 SARS와 2015년 MERS와 같이 전 세계적 감염병 발병 이후 항공 노선의 잇따른 운항 중단과 여행 취소 증가 등 산업의 경쟁력 약화를 경험하였다. 본 연구의 분석 결과를 토대로 보아도 동북아 공항 네트워크는 코로나19 전후로 노선의 상당수가 중단되거나 감축되었으며, 수요 급감에 대처하기 위해서는 개별 기업 차원의 대응뿐만 아니라 정부, 공항공사 등 공동의 정책적 대응이 필요하다.

정부는 코로나19 피해에 대응하기 위해 항공업계 추가 지원방안을 신속히 시행해야 한다. 구체적으로 항공사, 조업사, 공항 내 상업시설 등에 대해 사용자 감면을 조속히 시행하고 운수권·슬롯의 회수유예를 시행하여 항공사의 영업권을 보장해야 한다. 규정상 운수권은 한해 동안 20주 이상 사용하지 않으면 그 다음 해에 회수해야 하는데 이것을 유예하는 것이다.

공항공사는 공항시설사용료 감면의 조속 시행과 지원 대상을 기존 항공사에서 지상 조업사, 상업시설까지 확대를 통해 고통을 분담해야 한다. 또한 항공사의 운항 중단과 감축으로 인해 항공기 주기장 수요가 폭발적으로 증가함에 따라 미사용 유도도로와 제방 빙 계류장 등 주기장을 최대한 확보해 지원해야 할 것이다.

본 연구는 코로나19 전후의 동북아시아 공항 네트워크 구조를 시각화하고 중심성 분석을 수행하였다. 이러한 결과는 현재 진행 중인 세계적 대유행(Pandemic)이 공항 네트워크 구조를 어떻게 변화시켰고, 이러한 변화 속에서 어떤 공항이 중심성을 지키고 있는지 파악하는 것에 활용이 될 수 있다. 하지만 본 연구는 1주 동안의 항공 노선 데이터를 기반으로 분석하였기 때문에, 현재 진행 중인 네트워크 구조의 변화 모습을 면밀히 파악하는 것에는 한계가 있다. 그리고 분석 대상을 동북아시아에 한정했다는 한계점을 가지고 있다. 향후 코로나 사태가 진정 국면에 들어서고 유럽, 미주를 포함한 방대한 데이터 구축을 통해 코로나19로 인한 네트워크 변화 양상을 파악하는 추가 연구가 이뤄질길 기대한다.

## REFERENCES

- [1] T. J. Shin & S. Kim. (2019). An Empirical Study on the Effects of Airport Characteristics on Financial Performance. *International Business Review*, 23(4), 13-25.
- [2] S. Y. Oh, J. C. Kim & S. Y. Jung. (2015). *Evaluation the Network Competitiveness of Asia Airports Using Aviation Market Data*, The Korea Transport Institute.
- [3] G. Burghouwt & J. Veldhuis. (2006). *The Competitive Position of Hub Airports in the Transatlantic Market*.
- [4] D. W. Choi. (2019). A Study on the Network Structure Analysis of Full Service Carriers and Low Cost Carriers Using Sna. *Regional industry review*, 42(1), 339-362.
- [5] World Health Organization. (2020). *WHO Director-General's Opening Remarks at the Media Briefing on Covid-19 - 11 March 2020*. Available: <https://www.who.int/dg/speeches/detail/who-director-general-s-opening-remarks-at-the-media-briefing-on-covid-19---11-march-2020>
- [6] P. Appleton. (2020). *Potential for Revenue Losses of \$113bn Due to Covid-19 "Crisis"*. Available: <https://airlines.iata.org/news/potential-for-revenue-losses-of-113bn-due-to-covid-19-%E2%80%9Ccrisis%E2%80%9D>
- [7] J. Grant. (2020). *Coronavirus Capacity Update Week Nine the Changes Keep on Coming*. Available: [https://www.oag.com/blog/coronavirus-capacity-update-week-nine-the-changes-keep-on-coming?utm\\_source=hs\\_email&utm\\_medium=email&utm\\_content=84780337&\\_hsenc=p2ANqtz--d\\_885TSNFvH9KM6-7MyR8ZgdRidY1BfxOup3OYhvampOzMowj\\_nuzggVnB7bdmbLmjiT94H7gmNhk-a6AINsdITmF1g&\\_hsmi=84780337](https://www.oag.com/blog/coronavirus-capacity-update-week-nine-the-changes-keep-on-coming?utm_source=hs_email&utm_medium=email&utm_content=84780337&_hsenc=p2ANqtz--d_885TSNFvH9KM6-7MyR8ZgdRidY1BfxOup3OYhvampOzMowj_nuzggVnB7bdmbLmjiT94H7gmNhk-a6AINsdITmF1g&_hsmi=84780337)
- [8] CAPA. (2020). *Covid-19. By the End of May, Most World Airlines Will Be Bankrupt*. Available: <https://centreforaviation.com/analysis/reports/covid-19-by-the-end-of-may-most-world-airlines-will-be-bankrupt-517512>
- [9] N. R. Kim, H. R. Choi & T. Lee. (2018). Analysis of Domestic Sna-Based Governance Study Trends. *Journal of Digital Convergence*, 16(7), 35-45.
- [10] B. K. Kim, S. B. Jeong & K. S. Kwon. (2013). A Study on Relational Analysis of Purchasing Items of on-Line Shopping Mall Based on Social Network Analysis. *Journal of Digital Convergence*, 11(11), 209-217.
- [11] J. W. Kim, T. H. Yang, D. M. Kim & G. T. Yeo. (2020). A Study on the Research Trend Analysis of Aeo Certification System through Sna Analysis. *Journal of Digital Convergence*, 18(2), 47-56.
- [12] R. S. Seo. (2018). Analysis of Social Network between Consumption Emotion Based on the Uniform of Full-Service Carrier and Low-Cost Carrier Crews. *Journal of Digital Convergence*, 16(8), 99-107.
- [13] J. Wang, H. Mo, F. Wang & F. Jin. (2011). Exploring the

- Network Structure and Nodal Centrality of China's Air Transport Network: A Complex Network Approach. *Journal of Transport Geography*, 19(4), 712-721.
- [14] J. Wang, H. Mo & F. Wang. (2014). Evolution of Air Transport Network of China 1930-2012. *Journal of Transport Geography*, 40, 145-158.
- [15] T. Jia, K. Qin & J. Shan. (2014). An Exploratory Analysis on the Evolution of the Us Airport Network. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 413, 266-279.
- [16] P. Suau-Sanchez, A. Voltes-Dorta & H. Rodríguez-Déniz. (2016). The Role of London Airports in Providing Connectivity for the UK: Regional Dependence on Foreign Hubs. *Journal of Transport Geography*, 50, 94-104.
- [17] S. Y. Oh & Y. H. Park. (2010). Structure and Hub Index of the Asia-Pacific Airport Network. *Journal of Transport Research*, 17(3), 27-39.
- [18] S. Y. Oh & Y. H. Park. (2010). An Analysis for the Framework and Centralization of Airport Network in the Major Asian Countries. *Journal of the Aviation Management Society of Korea*, 8(2), 43-58.
- [19] G. S. Gil & S. J. Kim. (2012). The Airline Networks of East Asia's Top Three Hub Airports and Place-Embeddedness. *Journal of the Korean Urban Geographical Society*, 15(3), 89-104.
- [20] B. J. Kim & S. B. Ahn. (2017). Analysis on the Structure of International Air Cargo Network Using Sna Methodology. *Korean Journal of Logistics*, 25(3), 59-82.
- [21] B. J. Kim & S. B. Ahn. (2017). Analysis on the Structure of International Passenger Air Transportation Network. *Journal of the Aviation Management Society of Korea*, 15(5), 133-162.
- [22] A. Marin & B. Wellman. (2011). *Social Network Analysis: An Introduction*. The SAGE handbook of social network analysis, 11.
- [23] S. Wasserman & K. Faust. (1994). *Social Network Analysis: Methods and Applications*. Cambridge university press.
- [24] E. Otte & R. Rousseau. (2002). Social Network Analysis: A Powerful Strategy, Also for the Information Sciences. *Journal of information Science*, 28(6), 441-453.
- [25] L. C. Freeman. (1978). Centrality in Social Networks Conceptual Clarification. *Social networks*, 1(3), 215-239.
- [26] D. S. Kim & K. Y. Kwahk. (2013). Investigating the Global Financial Markets from a Social Network Analysis Perspective. *Journal of the Korean Operations Research and Management Science Society*, 38(4), 11-33.
- [27] K. Y. Kwahk. (2014). *Social Network Analysis*. Seoul: Chungnam,
- [28] T. J. Shin, J. Y. Yang & Y. C. Lee. (2017). The Effects of Market Characteristics on Flight Frequency in International Airline Routes : Focusing on the Moderating Effects of Global Alliances. *Korean Corporation Management Review*, 75, 1-22.
- [29] T. J. Shin, T. W. Roh & Y. C. Lee. (2016). Effects of Global Alliances and Market Conditions on Flight Frequency in International Airline Routes in East Asia. *Journal of the Aviation Management Society of Korea*, 14(6), 57-80.

## 신 태 진(Taejin Shin)

[정회원]



- 2017년 2월 : 한국항공대학교 경영학과 국제경영/전략 전공(경영학박사)
- 2017년 2월 ~ 현재 : 인천국제공항공사 공항산업기술연구원 전문연구원
- 관심분야 : 공항경영, 국제경영, 전략, M&A, Alliance
- E-Mail : stj@airport.kr

## 김 석 석(Seok Kim)

[정회원]



- 2017년 2월 : 한양대학교 경영학과 재무금융 전공(경영학박사)
- 2017년 6월 ~ 현재 : 인천국제공항공사 공항산업기술연구원 선임연구원
- 관심분야 : IPO, 투자행태, M&A, 사업 타당성, 공기업운영
- E-Mail : skim@airport.kr

## 정 세 연(Seyeon Jung)

[정회원]



- 2014년 8월 : 한국항공대학교 항공교통 물류학과 항공교통 전공(이학박사)
- 2019년 12월 ~ 현재 : 인천국제공항공사 공항산업기술연구원 책임연구원
- 관심분야 : 공항정책, 공항운영, 공항수요
- E-Mail : jessy@airport.kr