

고에너지 물리학 분야 국내 연구자들의 학술 커뮤니케이션 특성 분석: SCOAP3 오픈 액세스 학술지를 중심으로*

An Analysis on Scholarly Communication Characteristics of Domestic Researchers in High Energy Physics Focused on SCOAP3 Open Access Journals

이선희 (Seonhee Lee)**

김지영 (Ji-Young Kim)***

초 록

본 논문은 고에너지 물리학(HEP) 분야 국내 연구자들의 학술 커뮤니케이션의 특성을 파악하고자 성공적인 오픈액세스 모델로 평가되는 SCOAP3 학술지를 분석하였다. HEP 분야 국내 연구자들의 협업과 연구 활동 내용을 파악하기 위한 연구방법으로 통계를 활용한 양적 분석과 저자 소속기관과 학술지에 대한 네트워크 분석을 수행하였다. 연구 결과, 국내 연구자가 참여한 10종의 SCOAP3 학술지 가운데 국내 저자 참여 논문 비율은 전체 논문 가운데 8.0%였다. 논문 한 편당 공저자 수가 천 명이 넘는 논문 비율이 전체 논문의 28.7%나 되었다. 이 분석 결과들은 HEP 글로벌 네트워크에서 국내 연구자들이 적극적으로 협업하고 있다는 것을 증명하였다. 소속기관을 중심으로 협력 관계를 파악하고자 네트워크 분석을 실시한 결과, 협력 네트워크를 3개의 클러스터로 구분할 수 있었다. 즉 S대학 중심의 클러스터, CERN과 협력 인프라를 제공하는 K연구기관 중심의 클러스터, 그리고 I연구원 중심의 클러스터로 나누어졌다. 연구기관과 학술지의 네트워크 분석을 통하여 학술지 중 JHEP, PRD, PLB가 참여도가 높은 학술지였으며 대학들과 연구원들도 협력하여 오픈 액세스 논문 저작에 참여하고 있음을 알 수 있었다. 본 연구 결과는 SCOAP3 컨소시엄에 참여하는 도서관들이 HEP 분야 연구자를 이해하고 이들을 위한 최적의 연구 정보환경을 구축하기 위한 기초자료로 활용될 수 있다.

ABSTRACT

This paper analyzed SCOAP3 journals, which have been evaluated as successful open access models, to understand the characteristics of scholarly communication among domestic researchers in the field of high energy physics (HEP). As research methods, a quantitative analysis using statistics and a network analysis of authors' affiliated institutions and academic journals were conducted to understand collaboration and research activities of domestic researchers in the HEP field. The results of the study revealed that, among the 10 SCOAP3 journals in which Korean researchers participated, the proportion of articles in which Korean authors participated was 8.0% of the total. The proportion of papers with more than 1,000 co-authors per paper was 28.7% of the total. The results of this analysis proved that Korean researchers were actively collaborating in the HEP global network. From the results of the network analysis to understand the cooperative relationship centered on the affiliated organization, the cooperative network could be divided into three clusters: a cluster centered on S universities, a cluster centered on K research institutes that provided researchers a cooperative infrastructure with CERN, and a cluster centered on I research institute. Through the network analysis for research institutes and journals, it was found that JHEP, PRD, and PLB among academic journals were highly participating journals, and universities and researchers were also participating in the writing of open access papers. The results of this study can be used as a basic resource for understanding researchers and building a research information environment in libraries.

키워드: 학술커뮤니케이션, 고에너지물리학, SCOAP3, 네트워크분석, 오픈액세스학술지
scholarly communication, high energy physics, SCOAP3, network analysis, open access journals

* 본 연구는 2020년도 한국과학기술정보연구원(KISTI)의 주요사업 과제로 수행한 것임.

** 한국과학기술정보연구원 책임연구원(wisdom@kisti.re.kr) (제1저자)

*** 한국과학기술정보연구원 선임연구원(yes@kisti.re.kr) (교신저자)

- 논문접수일자: 2020년 5월 26일 ■ 최초심사일자: 2020년 6월 9일 ■ 게재확정일자: 2020년 6월 18일
- 정보관리학회지, 37(2), 285-310, 2020. <http://dx.doi.org/10.3743/KOSIM.2020.37.2.285>

© Copyright © 2020 Korean Society for Information Management

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>) which permits use, distribution and reproduction in any medium, provided that the article is properly cited, the use is non-commercial and no modifications or adaptations are made.

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 필요성

과학기술 분야, 인문사회과학 분야 그리고 예술 분야 등 각 분야에 따라 연구자들은 정보 자원에 대한 선호도나, 이용하는 방식은 물론 학술 커뮤니티 구성원들의 학술 커뮤니케이션 (Scholarly Communication) 방식에서도 차이를 보인다. 과학기술 분야 연구자들은 컴퓨터와 네트워크의 발달로 인하여 정보 생태계에서 정보를 습득하고 국내나 글로벌 협업을 통하여 연구결과를 생산하고 생산된 학술 정보를 전달하는 속도가 타분야에 비하여 매우 빨라졌다.

물리학 분야의 연구자들은 전통적으로 적은 수의 연구자가 이론을 연구하는 것이 전형적인 학술 커뮤니케이션의 방식이었다. 그러나 20세기 고에너지 물리학(High Energy Physics, 이하 HEP) 분야의 학술 커뮤니티에서는 글로벌 협력이라는 연구방식의 패러다임 전환을 가져왔다. 고에너지 물리학 또는 입자 물리학(Particle Physics)은 물질의 근본 구조와 우주의 시공간을 규명하는 것을 목표로 하는 물리학 분야이다. 따라서 대형 실험 장치가 필요하고 수천 명의 과학자들의 글로벌 공동연구가 필요하며 연구결과의 공유가 필수적이다. 유럽핵입자물리연구소(European Organization for Nuclear Research, 이하 CERN)는 개별 국가에서 감당하기 어려운 과학 연구를 수행하기 위해 1954년에 설립된 조직으로 현재 유럽 23개 회원국에 의해 운영되고 있으며 비유럽 국가들도 여러 방식으로 참여하고 있다. 한국은 비회원국이지만 2006년부터 CERN과 협력협정을 맺고

CERN의 프로그램에 참여하고 있다. CERN의 과학 프로그램은 세계 70개국 이상 13,000명 이상의 연구원들에게 열려있다. 27km 둘레의 대형 강입자 충돌기(Large Hadron Collider, LHC)를 활용하여 빛의 속도의 양성자 등을 실험하는 수 천 명의 연구자들은 협업을 통하여 대규모 실험을 수행하고 있다(Kohls & Mele, 2018). 현대 물리학이 우주를 설명하는 데 있어 중요한 역할을 담당하는 힉스입자를 2012년에 CERN에서 발견하였다. 고에너지 물리학 분야 연구결과는 논문, 보고서, 특허 등으로 발표된다. 1991년 이후부터 HEP 분야 연구자들은 논문을 그린 오픈 액세스 리포지토리(Green Open Access Repository)인 arXiv에 프리프린트(preprint) 버전으로 업로드 한 후 대형 출판사나 학회에서 발간하는 학술지에 동료평가를 거친 논문을 게재하였다. 그러나 HEP 분야 연구자 중에는 구독 비용을 지불할 수 없어 대형출판사/학회에서 출판한 학술지에 게재된 유료 논문을 볼 수 없는 경우가 많았다.

2014년에 CERN을 중심으로 전 세계 44개국 3천 개 도서관과 연구기관이 협력하여 HEP 분야 학술지를 대상으로 Sponsoring Consortium for Open Access Publishing in Particle Physics (SCOAP3)라는 오픈 액세스 컨소시엄을 구성하여 현재까지 지속적으로 운영하고 있다. CERN이 세계 여러 나라의 도서관과 기관들과 협력하여 기존의 대형출판사와 학회들이 발간한 유료 전자학술지를 골드 오픈 액세스(Gold Open Access) 학술지로 변환시킨 것이다. SCOAP3 컨소시엄은 현재 대표적인 골드 오픈 액세스 성공사례로 평가되고 있다. 국내에서도 2014년부터 K연구원이 중심이 되어 대학 및 연구원 소

속 도서관과 정보센터들이 SCOAP3 컨소시엄에 참여하여 HEP 분야의 연구자들을 지원하고 있다. 이를 통해 HEP 분야에서는 연구결과들이 보다 신속하게 학술 커뮤니티에 공유되어 연구가 더 활발하게 이루어질 수 있는 연구정보환경이 마련되었다. 이와 같이 연구자들이 연구에 필요한 정보자원인 학술지를 자유롭게 이용할 수 있도록 도서관에서 오픈 액세스(Open Access, 이하 OA) 컨소시엄에 참여하는 것은 매우 중요하다. 또한 OA 학술지를 활용하는 국내 고에너지 물리학 분야 연구자들의 학술 커뮤니케이션을 이해하는 것은 그들에게 최적의 연구환경을 조성하고 정보서비스를 제공하기 위하여 필요하다.

본 논문은 공동연구가 필요한 HEP 분야에서 국내 연구자들의 학술 커뮤니케이션 특성을 연구하였다. 국내 HEP 분야 연구자들이 저술 활동을 하는 학술지와 그 학술지에 논문을 투고한 연구자들의 학술 커뮤니케이션의 행태를 분석하기 위해 OA 저널인 SCOAP3 대상 학술지에 수록된 국내 연구자들의 논문 데이터를 분석하였다. SCOAP3는 연구자, 도서관, 특정 분야 연구자 집단, 출판사, 학술지 등의 학술 커뮤니케이션의 주요 핵심 주체들의 활동과 생태계를 보여줄 수 있는 좋은 사례라고 할 수 있다. 따라서 국내 도서관의 협력 하에 컨소시엄을 형성하여 지원하고 있는 고에너지 물리학 분야의 OA 컨소시엄인 SCOAP3의 학술지와 연구자들에 대한 현황과 관계 분석을 통해 국내 연구자들이 국내외 학술 커뮤니케이션에 어느 정도 기여하고 있는지, 학술지 출판에 참여도가 높은 연구기관은 어디이며, 그 기관들 간의 협력 현황은 어떠한지에 대해서도 파악하고자 하였다.

1.2 연구 질문

OA 학술지 컨소시엄의 대표적인 성공 모델인 SCOAP3의 학술지는 HEP 분야 학술지의 87%를 차지할 정도로 비중이 높다. 따라서 SCOAP3 학술지에 수록된 논문, 논문의 저자, 기관 등에 대한 분석을 수행하면 HEP 분야의 골드 OA 학술지에서 연구자들의 학술 행태를 파악할 수 있다. SCOAP3 학술지 분석을 통하여 HEP 분야 국내 연구자들의 학술 커뮤니케이션의 행태를 파악하기 위하여 본 논문은 다음과 같이 연구 질문을 설정하였다.

- 1) SCOAP3 학술지 논문에 나타난 국내 연구자들의 현황은 어떠한가?
- 2) SCOAP3 학술지 논문에 나타난 국내 연구자들의 협업 현황은 어떠한가?
- 3) SCOAP3 학술지 논문에 나타난 국내 연구자 소속 연구기관/대학 현황은 어떠한가?
- 4) SCOAP3 학술지 논문에 나타난 국내 연구자 소속기관 간의 협력 현황은 어떠한가?
- 5) SCOAP3 학술지와 저자 소속 연구기관 간의 관계는 어떠한가?

2. 선행연구

2.1 학술 커뮤니케이션 및 학술지

특정 학문 분야의 학술 커뮤니케이션은 공식적 혹은 비공식적 경로를 통하여 학술행위자에 의하여 언어나 문자 등으로 표현되고 소통된다. 학술 커뮤니케이션 연구는 학술정보의 성장,

연구 분야와 학문영역 간의 관계, 개인이나 그룹의 정보요구와 이용 그리고 커뮤니케이션의 공식적 또는 비공식적 도구 간의 관계를 포함한 다고 할 수 있다. Borgman & Furner(2000)에 의하면 학술 커뮤니케이션은 연구 집단, 출판사 그리고 도서관이 참여하는 연구 성과의 배포, 공유 및 활용을 활성화하기 위한 과정이라고 할 수 있다. 특정 주제 분야(물리학, 생물학, 사회학, 행동과학, 인문학, 공학 등) 소속 학자들이 어떻게 공식적이거나 비공식적인 경로를 통하여 정보를 이용하고 확산하는지에 대한 연구(Borgman, 2002)도 수행되었다. 학회는 특정 학문 분야 관련자들이 모이는 하나의 공식적인 학술 커뮤니케이션의 장이라고 할 수 있다. 학회의 학술행위자는 학회에 가입한 회원이라고 할 수 있으며 교수, 연구자, 관련 전문가, 직업 종사자, 학생들이 포함된다. 학회의 활동 중 학술대회, 워크숍 등은 면대면, 구술에 의하여 학술 커뮤니케이션이 이루어진다. 반면 학술지는 문자로 표현되는 학술 커뮤니케이션이라고 할 수 있으며 학회 회원들의 연구결과를 출판하는 과정을 거쳐 이루어진다. 학술지에 수록된 논문은 학회 소속 관계자에게 배포되어 연구자들이 지식을 공유하고 교류한다. 최근에는 OA를 통하여 학회에 소속되지 않은 대중들에게도 학회에서 생산된 지식이 전파되기도 한다. 학회는 학문 전공 분야별로 구성되기도 하고 분야를 융합한 형태로 이루어지기도 한다. 연구자들은 대화나 논문, 학회 등을 통해 지식을 교류해왔으며 이와 같은 연구자들의 교류를 학문적 협업이라고 한다(남은경, 박지홍, 2014). Price와 Beaver(1966)는 과학자 간 의사소통 패턴에서 중요한 특성은 비공식 학문집단(Invisible College)이라는 것에 동

의하면서 과학의 사회생활과 연구현장에서의 협업과 의사소통의 본질을 분석하였다.

세계 최초의 동료평가(peer review) 학술지는 영국왕립협회(Royal Society)에서 1665년에 발간한 “Philosophical Transactions”이었다. 이 학술지는 뉴턴(Newton)과 그의 동료인 올덴버그(Oldenburg)와 같은 연구자에 의하여 창간되었다. 이 학술지에는 만유인력을 발견한 과학기술 분야 대표적 연구자인 뉴턴(Newton)이 처음 발표했던 논문이 1671년에 수록되었다. 그 당시 과학자들은 연구결과를 논문으로 작성하여 학술지에 기고하고 동료평가를 거쳐서 학술지에 게재하였다. 학술지에 게재된 논문이 배포되어 여러 연구자들에게 읽힘으로써 연구자들이 연구한 내용과 결과가 과학기술 분야 학술 커뮤니티에서 공유되고 확산되는 것이다. 학술지는 창간이후 빠르게 발전하는 과학기술 분야에서 주요한 연구 매체로의 역할을 수행하고 있다. 학술지의 권위는 동료평가를 통하여 객관성과 연구의 품질을 보증받는데 근거한다. 학술지는 학문집단의 동료평가를 거쳐서 검증을 받으므로 엄격하고 공식적인 학술 커뮤니케이션의 모습을 보여준다(Spink, Robins, & Schamber, 1998). 학술지에는 학술정보를 생산하는 생산자로서의 저자, 기관, 국가 등의 정보가 포함되며 연구내용인 주제 분야가 키워드 등을 통하여 나타난다. 또한 공저자나 동시인용 등을 분석하여 학문분야에서 이루어지고 있는 협력의 내용을 파악할 수도 있다. 거대한 연구장비와 다수의 협력을 필요로 하는 고에너지 물리학 및 관련 분야에서는 연구자 간의 학술 커뮤니케이션이 활발히 이루어지도록 다양한 기술을 개발해왔다. 또한 이 분야의 효과적인

의사소통의 필요성을 인식한 과학 커뮤니티, 국가기관과 교육기관은 정보 처리 및 검색 기술을 더욱 향상시킬 수 있도록 연구 프로그램을 적극적으로 지원하고 있다.

학술지가 인쇄 매체에서 전자 매체로 변환되어 가는 현재에도 연구자들은 연구 결과를 인용도가 높은 학술지에 논문으로 게재하려고 부단히 노력하고 있다. 그러나 인용도가 높은 대부분의 학술지들은 세계 대형 출판사에 의하여 높은 가격으로 유통되고 있다. 연구자들은 대형 출판사에 논문 게재료를 주고 저작권까지 양도하면서 논문을 게재하고 있다. 학술지 본연의 목적에 맞게 연구자들이 학술정보 교류와 공유의 수단으로 학술지를 활용하기 위해서는 대형 출판사의 메커니즘으로부터 자유로워야 한다. 따라서 누구나 학술정보를 자유롭게 이용할 수 있는 환경을 만들기 위한 OA 운동은 관심을 받고 있다.

2.2 고에너지 물리학 분야와 SCOAP3 컨소시엄

과학기술 분야 중 물리학 분야는 전통적으로 타 분야에 비하여 적은 수의 연구자들이 이론 등을 연구한 결과를 출판해 왔으며 화학이나 공학 분야의 논문 출판량과 비교할 때 상대적으로 적은 수의 논문을 출판하여 왔다. 그러나 제2차 세계 대전 후에 물리학에도 여러 나라가 협업을 통하여 결과를 산출하는 형태가 등장하였다. 고에너지 물리학은 우주의 시간과 공간에 대한 규명과 물질의 근본구조를 연구하므로 대형 장비가 필요하다. 또한 물리학자들이 큰 실험실에서 연구하거나 또는 소규모 실험실과

대학 부서에서 글로벌 협력을 하는 것이 필요하다. 전 세계에 흩어져 있는 연구자들이 통합 커뮤니케이션 네트워크를 통하여 고에너지 물리학에 관련된 모든 지식에 접근할 수 있도록 함으로써 정보를 지속적으로 제공할 수 있다 (Goldschmidt-Clermont, 2002). HEP 분야는 여러 나라의 많은 연구자들이 협업하여 대규모의 실험을 함께 수행하는 행태를 보여준다(Krause, Mele, & Lindqvist, 2007). 특히 CERN에서 LHC를 중심으로 전 세계의 연구자들이 분업을 통하여 대용량의 실험 데이터를 분석하기 때문에 한 논문의 저자가 많게는 5천 명을 넘는 협업 사례가 발생하고 있다. 2012년 CERN은 실험을 통하여 반세기 전 우주 빅뱅 초기의 입자인 힉스입자가 존재함을 입증하였다. 이에 따라 2013년 노벨물리학상은 힉스입자를 이론적으로 예측한 영국의 물리학자 피터힉스와 벨기에의 앙글레르에게 돌아갔다.

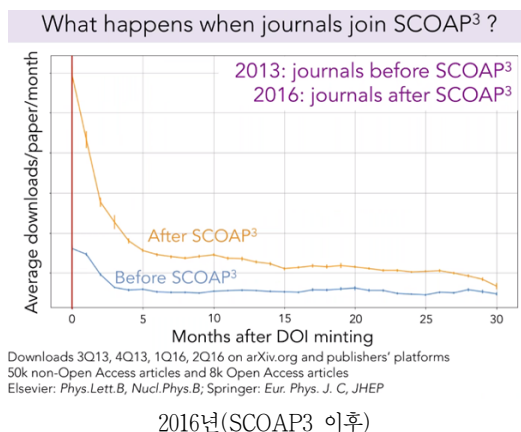
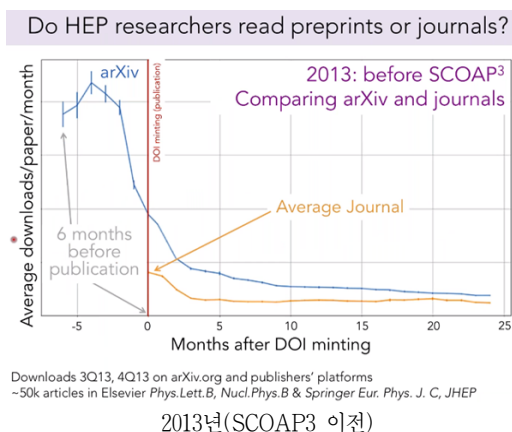
1970년대에는 저자가 논문을 투고하여 학술지에 게재되는데 2년이 걸렸다. 당시 새로운 실험 결과 또는 이론의 배포를 가속화하기 위해 학술지에 투고하는 동시에 과학 논문의 프리프린트를 현장의 주요 연구 센터 및 물리 부서에 보내는 것이 일반적인 관행이었다(Heuer, Holtkamp, & Mele, 2008). 1980년대에는 연구자들이 이메일 통해 연구결과를 배포하였다. 1991년에는 미국에 소재한 로스알라모스국립연구소(Los Alamos National Laboratories)에서 Paul Ginsparg이 그린 OA 리포지토리인 arXiv를 선도적으로 구축하였다(Gentil-Beccot, Mele, & Brooks, 2010). 그러나 그린 OA에 수록된 학술지의 경우는 동료평가를 거치지 않은 비공식적인 논문일 가능성이 크므로 내용에 대한 신뢰

도가 다소 낮을 수 있다.

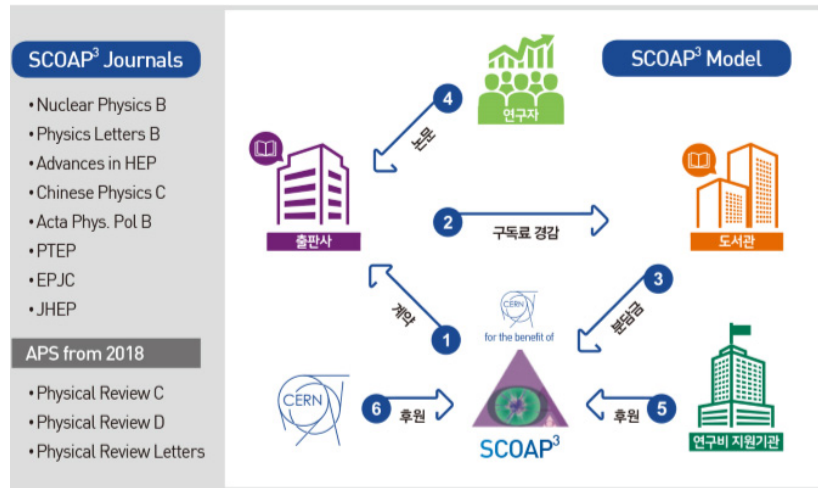
CERN은 HEP 분야 연구자들에게 최적의 연구환경을 제공하고자 세계 여러 나라의 협력 기관들과 SCOAP3라는 골드 OA 컨소시엄을 2014년부터 시작하였다. 그 이전에 동료평가를 거친 고품질의 HEP 분야 학술지들은 Elsevier, IOP 등의 대형출판사와 American Physical Society(APS)와 같은 학회에서 발간하였다. 국가나 다양한 기금의 지원을 받아 작성된 논문을 해당 HEP 학술지에 게재하려면 저자는 게재료를 지불해야 하고 논문의 저작권도 포기하고 출판사나 학회에서 넘겨야 했다. 또한 논문을 생산한 저자나 다른 연구자들이 해당 논문을 보려고 하면 기관이나 개인이 유료로 구독해야 볼 수 있었다. 연구자가 국가나 정부기관 등의 기금을 받아 생산하고 연구자가 동료평가를 수행하여 평가한 논문을 학술지에 게재하는데 비용을 지불해야 하는 모순을 해결하여 연구자들이 연구결과에 자유롭게 접근하고 저작권을 유지할 수 있도록 하고자 CERN과 세계 44

개국의 3천여 개 도서관과 기관들은 SCOAP3 골드 OA 컨소시엄을 구성하게 되었다. 결론적으로 논문에 대해 저자들이 무료로 기고하고 저작권을 보유하며, 출판된 논문은 모든 분야 연구자들이 무료로 활용할 수 있도록 한 것이다. <그림 1>에서 보는 바와 같이 SCOAP3 컨소시엄이 구성되기 이전인 2013년에는 그린 OA 리포지토리인 arXiv의 프리프린트 논문의 이용량이 동료평가를 거친 HEP 저널의 이용량 보다 많았다. 그러나 SCOAP3가 결성된 2014년 이후 2016년에 이르러서는 골드 OA HEP 분야 학술지에 수록된 논문에 대한 이용량이 arXiv 수록 프리프린트 논문 수의 이용량 보다 많음을 확인할 수 있다.

SCOAP3 컨소시엄은 우수 유료 학술지를 OA로 전환하는 전 세계적인 파트너십으로 <그림 2>에서 보는 바와 같이 우선 SCOAP3 컨소시엄은 기존의 도서관에서 상업출판사에 지출하던 학술지 구독료를 CERN과 연구비 지원기관의 후원을 받아서 OA 학술지 출판비용(Article



<그림 1> SCOAP3 구성 전후의 연구자들의 프리프린트(Preprint)와 학술지 논문 이용량
출처: <https://scoap3.org/what-is-scoap3/scoap3-forum-2017/>



〈그림 2〉 SCOAP3 모델 및 대상 학술지

Processing Charge: APC)으로 전환하는 상생형 학술지 출판 및 구독 모델이다(서태설, 황혜경, 김원중, 2017). 논문 게재료와 구독료를 논문 생산자인 연구자들이 지불하는 대신 전 세계 도서관과 기관이 SCOAP3 컨소시엄에 참여하여 출판비용으로 방향을 재설정하여 전 세계 HEP 분야 연구자들이 논문을 자유롭게 이용할 수 있도록 지원하는 것이다. SCOAP3 컨소시엄에 2020년 6월 현재 46개국의 3천여 개 도서관과 연구기관이 참여하고 있다. SCOAP3 리포지토리(<https://scoap3.org/scoap3-repository/>)에는 35,172건의 학술지 논문이 수록되어 있으며 매해 7천 건의 새로운 논문이 추가되고 있다. 이는 전 세계 우수 출판사와 학회 등이 유료로 제공하던 HEP 분야의 우수 유료 학술지를 OA로 전환하면서 누구나 온라인을 통해 HEP 분야의 학술정보를 무료로 자유롭게 다운로드, 복제, 보급, 인쇄, 검색, 링크하는 것이 가능해진 것이다. SCOAP3 컨소시엄은 세계적인 골드 OA 성공사례로 평가되고 있다. 학술 커뮤니

케이션의 주체들인 특정 학문분야, 해당 분야 연구자들, 학술지, 도서관/기관과 출판사 등이 새로운 학술 생태계를 구성해가고 있음을 확인할 수 있다.

2.3 국내 SCOAP3 컨소시엄 및 SCOAP3 협의회

SCOAP3은 2014년부터 시작하여 3년을 1단계로 설정하여 컨소시엄을 추진하고 있다. 1단계(2014년-2016년)와 2단계(2017년-2019년)를 마무리하고, 현재 3단계(2020년-2022년)를 진행하고 있다. 1단계에서는 10개의 학술지를 OA화 하였으며 2단계와 3단계에서는 11종의 학술지를 연구자들에게 공유하고 있다. 국내에서도 HEP 분야 연구자들의 연구개발을 지원하고자 2014년부터 SCOAP3 컨소시엄을 구성하여 글로벌 협력망에 참여하여 1단계와 2단계를 완료하고 3단계에 진입하였다. K연구원이 국가대표창구(National Contact Point)로 역

할을 수행하면서 국가 분담금 모집과 납부를 담당하고 있다. 1단계에는 15개의 대학과 연구기관이 참여하였으며 2단계에서는 18개의 대학과 연구기관이 컨소시엄에 참여하였고 3단계에는 14개의 기관이 참여 중이다. 대부분의 대학이나 연구기관은 3년 단위로 진행되는 컨소시엄 기간에 참여하기도 하고 일부는 1년이나 2년만 참여하기도 하였다.

SCOAP3 컨소시엄의 모든 혜택을 이어가려면 학술지 저작에 참여하는 연구자가 있는 모든 대학과 연구기관의 도서관이 참여하여 국가 분담금을 함께 배분하여 납부해야 하지만 실제 일부 기관과 대학의 도서관만이 참여하고 있다. 공유지의 비극(The Tragedy of the Commons) 문제가 발생하여 강제성이 없어 분담금 납부가 모두 이루어지지 않고 기여도가 커야할 기관들이 무임승차하는 사례가 발생하고 있다. 국내 분담금은 국내 연구자들이 SCOAP3 학술지에 참여한 저자 수의 비율에 의하여 결정된다. 2018년 당시 국내 분담금은 전 세계의 2.3%로 2013년과 2014년에 출판된 HEP 학술지의 국내 저자 비율로 계산된 것이다. 이 비율은 전 세계에서 10위 안에 드는 비중으로 HEP 분야에서 국내 연구자들이 활발히 참여하고 있음을 알 수 있다.

SCOAP3 컨소시엄을 주도하는 국내 대학과 연구기관의 도서관 담당자들과 국내 HEP 분야 연구자들이 협의회를 2017년부터 구성하여 협력하고 있다. 정기적으로 총회를 개최하여 물리학계의 연구자들과 SCOAP3 컨소시엄 담당자들이 국내 HEP 분야의 학술 커뮤니티를 활성화시키기 위한 방안을 모색하고 있다. 또한 한국물리학회의 정기 학술대회에 참여하여

SCOAP3 컨소시엄을 홍보하고 참여를 유도하고 있다.

SCOAP3 컨소시엄에 참여하고 있는 대학이나 연구기관의 도서관에서는 컨소시엄의 상황에 대한 파악뿐만 아니라 도서관의 정보서비스를 위하여 HEP 분야의 국내 연구자들, 관련 기관은 물론 학술지와 학술지 수록 논문의 현황을 파악할 필요가 있다. 따라서 본 논문은 건강한 학술생태계를 조성하기 위하여 HEP 분야의 국내 연구자들의 학술 커뮤니케이션 현황을 파악하고자 SCOAP3에 속한 학술지와 학술지 논문에 참여한 연구자, 연구자 소속기관 등의 분석을 시도하고자 하였다. 본 논문의 분석 데이터는 SCOAP3 2단계 기간에 해당하는 2018년에 출판된 논문 중 국내 연구자들이 한 명이라도 참여한 논문을 대상으로 하였다.

3. 연구방법

본 논문은 SCOAP3 컨소시엄의 대상이 되는 HEP 분야 학술지와 학술지 수록 논문의 분석을 통하여 학술 커뮤니케이션의 특성을 파악하고자 하였다. HEP 연구자들의 글로벌 협력과 국내 연구자 협력 네트워크에서의 상황을 분석하면, 각 대학과 도서관에서는 SCOAP3 컨소시엄을 구성하기 위하여 기금을 마련하는 정당성을 확보할 수 있을 뿐만 아니라 서비스를 제공하고 하는데 있어서도 도움이 되어 연구자에 대한 도서관의 만족도를 높이는 데도 도움이 될 것이다. 국내 연구자들의 학술 커뮤니케이션 행태 분석을 위하여 도서관이 주도하는 OA 컨소시엄인 SCOAP3 대상 학술지 논

문의 서지 데이터를 분석하여 그 특성을 파악하였다.

3.1 연구절차 및 연구방법

본 논문의 연구절차는 연구질문을 수립하고 연구질문에 대한 답변을 하나씩 해결해나가는 방식을 취하였다. 본격적인 연구에 앞서 연구 배경과 연구질문이 발생한 맥락을 파악하고자 선행연구에서 문헌 연구를 통해 학술 커뮤니케이션과 학술지, 물리학 분야 학술 커뮤니티에 대한 이론과 관련 연구내용, SCOAP3 컨소시엄의 역사와 현황에 대해 살펴보았다. 연구질문에 대한 답변을 찾고자 SCOAP3 대상 학술지 논문 중 국내 연구자가 참여한 논문 데이터를 분석하였다. 우선 국내 HEP 연구자들이 글로벌 협력을 통하여 학술 커뮤니티에서 연구활동을 수행하고 있는 전체적인 상황을 파악하였다. HEP 논문은 글로벌 협력을 기반으로 작성된 경우가 대부분이다. 글로벌 협력을 기반으로 작성된 논문 가운데 국내 연구자, 기관들은 어떤 연구활동을 하고 있는지 알아보하고자 하였다. 그리고 국내의 관점에서 SCOAP3 학술지에 투고한 저자의 소속 기관 정보를 통하여 주요 연구기관 현황을 알아보하고자 하였다. 본 논문에서는 데이터 수집의 한계로 인하여 연구자들의 글로벌 기관과의 협력 관계는 수행하지 못하였다. 마지막으로 연구기관과 국내 연구자들의 기여도가 높은 학술지의 관계도 분석하였다.

연구방법으로는 SCOAP3 학술지의 논문 데이터를 대상으로 빈도분석, 네트워크 분석 그리고 시각화를 수행하였다. 연구 질문 1, 연구 질문 2, 연구 질문 3을 해결하기 위해 기술통계

분석 및 시각화를 통해 이 분야의 국내 연구자 학술지 논문 비율, 학술지 논문 공저자 수, 주요 연구기관을 분석하였다. 그리고 연구 질문 4와 연구 질문 5를 해결하기 위해 네트워크 분석 및 시각화를 통해 연구기관 간 네트워크 분석, 연구기관과 학술지 네트워크를 분석하였다. 분석에 활용된 도구는 기술통계 분석과 시각화를 위하여 엑셀과 Tableau를 활용하였으며 네트워크 분석을 위하여 Knowledge Matrix, Gaphi와 VOSview를 활용하였다.

3.2 연구 대상 데이터

SCOAP3의 2단계(2017년-2019년) 중 2018년 데이터를 선정하여 국내 연구자가 저자로 포함된 논문을 연구 대상 데이터로 선정하였다. APS(American Physical Society)에서 출판한 3개의 학술지는 2018년에 처음으로 컨소시엄에 포함되었다. SCOAP3 학술지 11종 중에서 한국인 저자가 없는 1종(Acta Physica Polonica B)을 제외한 10종의 학술지는 <표 1>과 같다. 이 학술지들은 모두 SCI에 등재된 고품질의 학술지로 유명 출판사나 학회들에 의해 출판되고 있으며 피인용지수(Impact Factor, IF)가 비교적 높다. 각 학술지에서 HEP 분야가 차지하는 비중은 다양하다. HEP가 100% 포함된 학술지는 Physics Letters B를 포함하는 4개의 학술지이고 Physical Review C는 9%만을 포함하고 있다.

SCOAP3 학술지 11종 가운데 국내 연구자들이 참여하고 있는 10종의 학술지를 중심으로 학술 커뮤니케이션 행태를 분석하기 위해 글로벌 협력이 중요한 분야의 특성을 고려하여 연

〈표 1〉 SCOAP3 각 학술지별 피인용지수(IF) 및 HEP 포함 비율

SCOAP3 학술지명	e-ISSN	p-ISSN	IF	SCOAP3 Coverage	Publisher
Advances in High Energy Physics	1687-7365	1687-7357	1.953	32%	Hindawi
Chinese Physics C	1674-1137	1674-1137	5.861	13%	IoP
European Physical Journal C	1434-6052	1434-6044	4.843	100%	Springer
Journal of High Energy Physics	1029-8479	1126-6708	5.833	100%	
Nuclear Physics B	1873-1562	0550-3213	3.132	100%	Elsevier
Physics Letters B	0370-2693	0370-2693	3.185	100%	
Physical Review C	2469-9993	2469-9985	4.368	9%	American Physical Society
Physical Review D	2470-0029	2470-0010	9.227	64%	
Physical Review Letters	1079-7114	0031-9007	4.162	10%	
Progress of Theoretical and Experimental Physics (PTEP)	2050-3911	-	2.022	43%	Oxford

출처: https://www.kesli.or.kr/scoap3/html/pop_scoap3.html

구자의 소속기관 단위로 협력 네트워크를 분석하였다. 이를 위해 사회네트워크분석 방법을 통해 연결정도 중심성, 매개 중심성, 근접 중심성 등의 지표를 분석하였다. 이를 통해 기관간 협력 정도와 전체 네트워크에서 각 기관이 어떠한 위치를 차지하는지를 분석하였고 국내 연구자들의 참여가 많은 학술지를 중심으로 기관과 학술지의 관계도 분석하였다.

4. 결과

HEP 분야 국내 연구자들의 학술 커뮤니케이션에 대한 현상을 파악하기 위하여 SCOAP3 학술지 논문에 나타난 국내 연구자들의 연구 활동 현황을 분석하였다. 이를 위해 설정한 5개의 연구 질문에 답하기 위해 2018년 SCOAP3 대상 10종의 학술지에 국내 연구자가 저자로 참여한 논문을 중심으로 분석한 결과는 다음과 같다.

4.1 HEP 분야의 학술지별 국내 연구자 논문 현황 분석

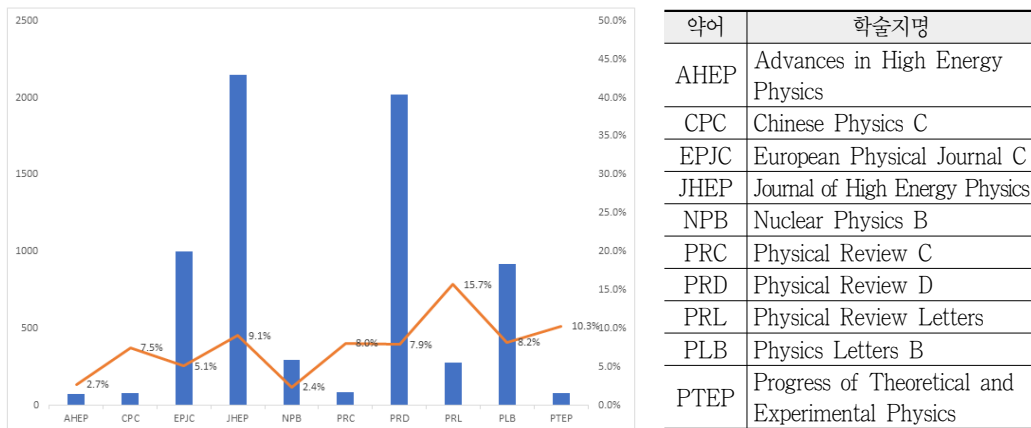
첫 번째 연구 질문인 “SCOAP3 학술지 논문에 나타난 국내 연구자들의 현황은 어떠한가?”에 답하기 위하여 학술지별 전체 수록 논문 수 대비 국내 연구자가 저자로 참여한 논문수를 분석하였다.

2018년 SCOAP3 대상 10종의 학술지에 출판된 전체 논문 수는 6,980건이며, 이 중 국내 연구자가 참여하여 게재한 논문은 555건(8.0%)을 차지하고 있었다. 여기에서 국내 연구자가 참여한 논문 수는 국내 연구자가 단독으로 게재한 논문 수와 국내 연구자와 해외 연구자가 공동으로 게재한 경우 국내 연구자가 1인 이상 참여한 논문 수를 분석한 결과이다. 각 학술지별로 국내 연구자가 참여한 논문수와 논문의 게재 비율을 분석한 결과는 〈표 2〉와 〈그림 3〉과 같다.

국내 연구자들은 학술지 Journal of High Energy Physics(JHEP)에 195건을 게재하여 양적

〈표 2〉 SCOAP3 학술지별 국내 연구자 논문 현황(2018년)

학술지명	학술지명 약어	학술지 수록 논문(건)	국내 연구자 논문(건)	국내 연구자 논문 비율(%)
Advances in High Energy Physics	AHEP	73	2	2.7
Chinese Physics C	CPC	80	6	7.5
European Physical Journal C	EPJC	999	51	5.1
Journal of High Energy Physics	JHEP	2,147	195	9.1
Nuclear Physics B	NPB	296	7	2.4
Physical Review C	PRC	87	7	8.0
Physical Review D	PRD	2,021	160	7.9
Physical Review Letters	PRL	280	44	15.7
Physics Letters B	PLB	919	75	8.2
Progress of Theoretical and Experimental Physics	PTEP	78	8	10.3
합계		6,980	555	8.0



〈그림 3〉 SCOAP3 학술지별 전체 논문 대비 국내 연구자 논문 게재 현황

으로 가장 많은 논문을 게재하였고, 그 다음으로 Physical Review D(PRD)에 160건, Physics Letter B(PLB)에 75건을 게재한 것으로 나타났다. 학술지 수록 논문 대비 국내 연구자의 논문 비율이 가장 높은 학술지는 Physical Review Letters(PRL)로 국내 연구자 논문이 15.7% 게재된 것으로 나타났고, 그 다음으로는 Progress of Theoretical and Experimental Physics (PTEP)가 10.3%, Journal of High Energy

Physics(JHEP)가 9.1%로 나타났다. PRL의 경우 국내 연구자의 논문 수로 순위를 매겼을 때는 5순위로 나타났으나, 국내 연구자의 논문 비율로는 1순위로 나타났다. 이러한 차이를 시각화하기 위해 엑셀을 활용하여 작성한 혼합 그래프에서 학술지별 전체 논문 수는 막대 그래프로 나타내었고 국내 연구자 논문 게재 비율은 꺾은선 그래프로 나타내었다(〈그림 3〉 참조).

4.2 HEP 분야의 학술지 논문 공동 저작 현황 분석

두 번째 연구 질문인 “SCOAP3 학술지 논문에 나타난 국내 연구자들의 협업 현황은 어떠한가?”라는 질문에 답하기 위하여 먼저 전체 학술지의 공저자 수를 분석하고 그 다음으로 학술지별 공저자 수를 분석하였다. 공동 연구가 많이 진행되는 HEP 분야의 특성으로 인해 공저자 수가 많은 논문이 다수 존재함을 알 수 있었다.

4.2.1 학술지 논문의 공저자 수 분석

HEP 분야 SCOAP3 대상 학술지 논문 중 국내 연구자가 참여한 논문에 대한 공저자 수를 분석한 결과를 표와 히스토그램으로 나타내었다. 공저자 수의 최소값은 1명, 최대값은 5,098

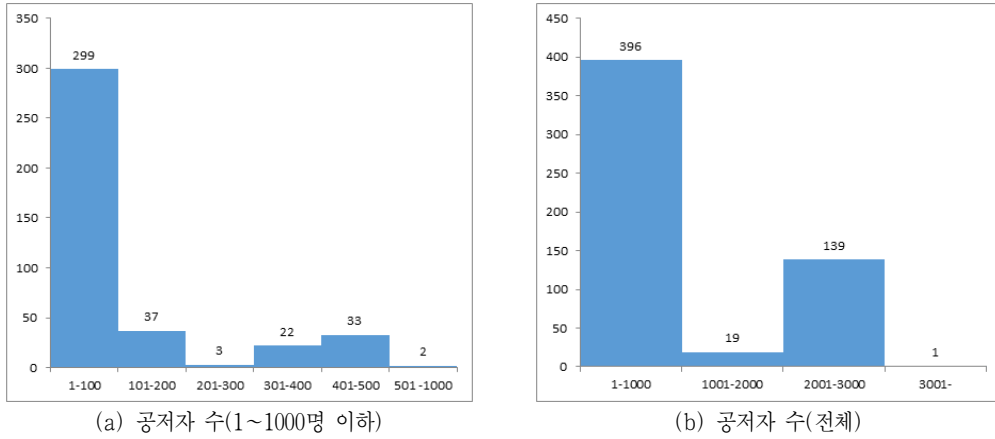
명으로 나타났다. 평균 저자수는 672명이며 중위값은 6명으로 나타났다. 이러한 결과는 다른 분야에서 볼 수 없는 특이한 현상이다. 이는 HEP 분야의 특성 상 대규모 공동 연구가 전세계적 협업을 통해 이루어지기 때문인 것으로 볼 수 있다. 공저자 수 분석은 세부 구간과 전체 구간으로 나누어 진행하였다. 저자 수가 1,000명 이하인 논문은 공저자 수를 100명 단위로 분석하여 <표 3>에 나타내었고 엑셀을 활용한 히스토그램을 <그림 4(a)>에 나타내었다. 전체 구간에 대해서는 공저자 수 1,000명 단위로 분석하여 <표 4>에 나타내었고 엑셀을 활용한 히스토그램을 <그림 4(b)>에 나타내었다. 1,000명 이하의 구간에서는 공저자 수 1-100명 구간이 299건(75.51%)으로 가장 높게 나타났다. 전체 구간에서는 공저자 수 1-1,000명 구간이 396건(71.35%)으로 가장 높게 나타났고, 그 다음으

<표 3> HEP 분야의 공저자 수 분포(1,000명 이하 구간)

공저자 수 구간	논문 수(건)	비율(%)	누적비율(%)
1 - 100	299	75.51	75.51
100 - 200	37	9.34	84.85
200 - 300	3	0.76	85.61
301 - 400	22	5.56	91.17
400 - 500	33	8.33	99.50
501 - 1,000	2	0.51	100.00
합계	396	100.00	

<표 4> HEP 분야의 공저자 수 분포(전체)

공저자 수 구간	논문 수	비율(%)	누적비율(%)
1 - 1,000	396	71.35	71.35
1,001 - 2,000	19	3.42	74.77
2,001 - 3,000	139	25.05	99.82
3,001 -	1	0.18	100.00
합계	555	100.00	



〈그림 4〉 HEP 분야 게재 논문의 공저자 수 분포

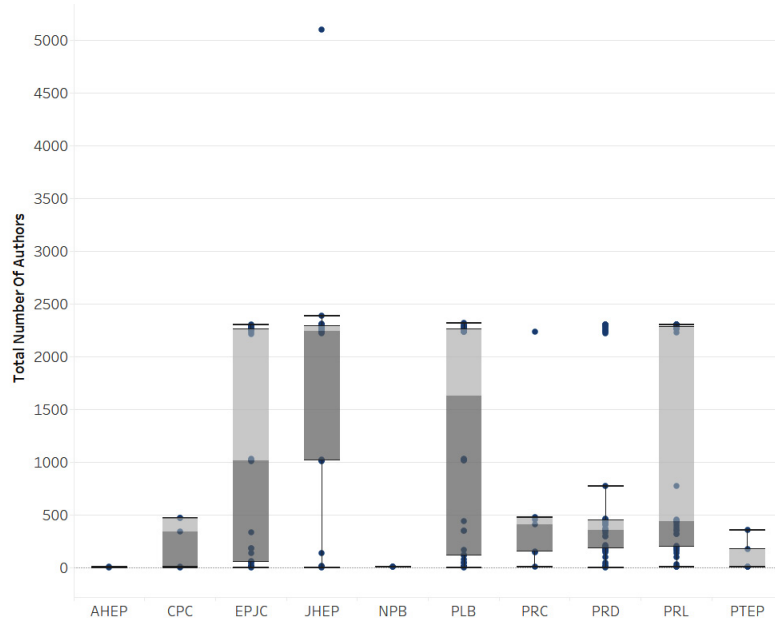
로는 2,001명-3,000명 구간이 19건(25.05%)으로 나타났다.

이와 같이 공저자 수가 많은 논문이 다수 나타나는 현상은 HEP 분야의 과제가 CERN의 LHC를 이용하는 실험과 같이 전 세계의 물리학자들이 협업을 하기 때문인 것으로 볼 수 있다. 논문 한 편당 저자 수가 1,000명 이하가 71.35%이지만 1,001명 이상이 경우가 28.7%나 차지하는 것을 알 수 있다. 특히 한 편당 2,001명 이상 3,000명 이하의 공저자가 저술한 논문 수가 전체의 25.05%를 차지할 정도로 대규모의 협력이 이루어지고 있는 것으로 나타났다. 이는 다른 학문 분야에서는 찾아볼 수 없는 매우 특이한 현상이다. HEP 분야 연구자들의 학술 커뮤니케이션은 전 세계적인 협력 네트워크를 기반으로 하고 있다는 것을 명확히 알 수 있다. 그리고 국내 연구자들이 이 글로벌 협력 네트워크에 적극적으로 참여하고 있음을 알 수 있었다.

4.2.2 학술지별 공저자 수 분석

앞에서 살펴본 것처럼 HEP 분야에서는 학

술지 논문의 공저자 수의 편차가 매우 큰 것으로 나타나고 있다. 이러한 공저자 수 분포가 학술지별로 어떻게 다르게 나타나는지를 파악하기 위해 학술지별 공저자 현황을 분석하였다. 편차가 큰 데이터의 특성을 효과적으로 나타내기 위해 Tableau를 활용하여 상자-수염 그래프를 생성하여 〈그림 5〉에 나타내었다. 10종의 학술지 중 4종(EPJC, JHEP, PLB, PRL)의 학술지는 중앙값과 상한수염값이 높게 나타났고, 다른 6종(AHEP, CPC, NPB, PRC, PRD, PTEP)의 학술지는 중앙값과 상한수염값이 낮게 나타났다. 특히 학술지 JHEP의 경우 중앙값도 가장 높고 상한수염값도 가장 높게 나타났는데, 중앙값이 2242.5이고 상한수염값이 2,383으로 나타났다. 또한 학술지 JHEP에는 아웃라이어 눈에 띄게 나타났는데 공저자 수가 5,098명인 논문이 이 학술지에 게재되었기 때문이다. 공저자 수 분포가 넓게 나타난 학술지는 대규모 공동 연구로 수행된 연구 결과가 이들 학술지에 많이 출판되었기 때문인 것으로 볼 수 있다.

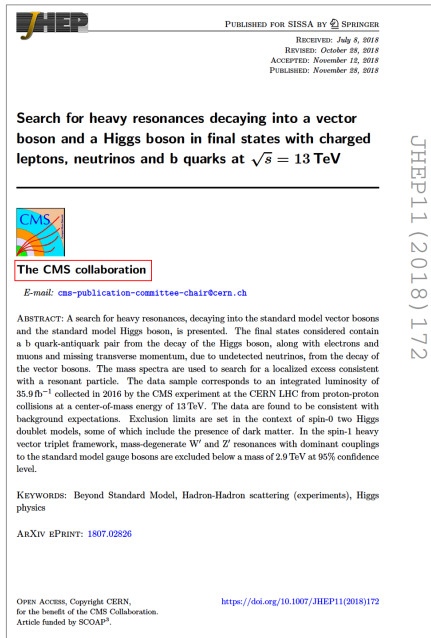


〈그림 5〉 학술지별 저자수 분포

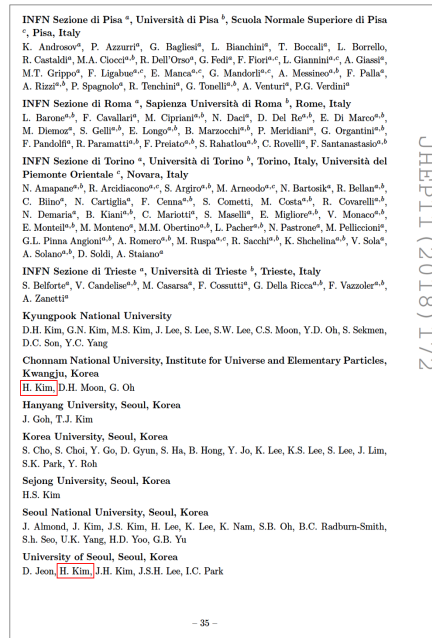
4.2.3 학술지 논문의 저자 표기 방식

HEP 분야의 학술지 논문 중 공저자 수가 많은 논문의 경우 온라인 버전과 다르게 PDF 원문에서 저자 정보가 어떻게 표기되어 있는지를 살펴보았다. 일반적으로는 논문의 PDF 원문에서 첫 페이지에 저자명, 저자의 소속기관, 저자의 이메일 정보, 교신저자 정보 등이 표시되어 있다. HEP 분야의 학술지인 JHEP에 게재된 논문을 살펴본 결과 공저자 수가 1,000명 이하인 경우는 일반적인 논문과 같이 PDF 원문의 첫 페이지에 저자 정보가 표기되어 있으나 일반적인 논문과는 다르게 교신저자에 관한 내용은 표현되어 있지 않았다. 저자 정보에 해당하는 분량은 공저자 수가 132명인 논문의 경우 2페이지를 초과하였다. 공저자 수가 1,000명 이상인 경우는 일반적인 논문과는 다른 형태의 저자 표기 방식이 적용되어 있는데, 이러한 현황을 〈그림 6〉에 나타내었다. 이 논문은 학술지 JHEP에 2018년 게재된 논문으로 공저자가 2,302명이다. 이 논문의 PDF 원문 첫 페이지에 저자 정보에는 'The CMS collaboration'이라고만 적혀있다. 그리고 논문의 내용이 27페이지에서 끝나고 그 뒷부분인 28페이지부터 46페이지까지 무려 19페이지의 분량에 걸쳐 저자의 상세 정보가 적혀 있다. 28페이지부터 저자의 정보가 나오는 순서는 첫 번째로 국가명의 알파벳 순이고, 두 번째로 도시명의 알파벳 순이며, 마지막으로 기관명의 알파벳 순이었다.

국내 연구자의 경우 저자 정보가 영문명으로 표현될 경우 데이터 분석과정에서 해결하기 어려운 문제점이 존재한다. 즉, 성은 전체가 표현되지만 이름이 이니셜로 표현되기 때문에 실제 한글명으로는 동명이인이 아니더라도 영문명으로 된 데이터에서는 동명이인으로 처리되는 경



(a) PDF 원문의 첫 페이지



(b) PDF 원문의 저자 정보 페이지

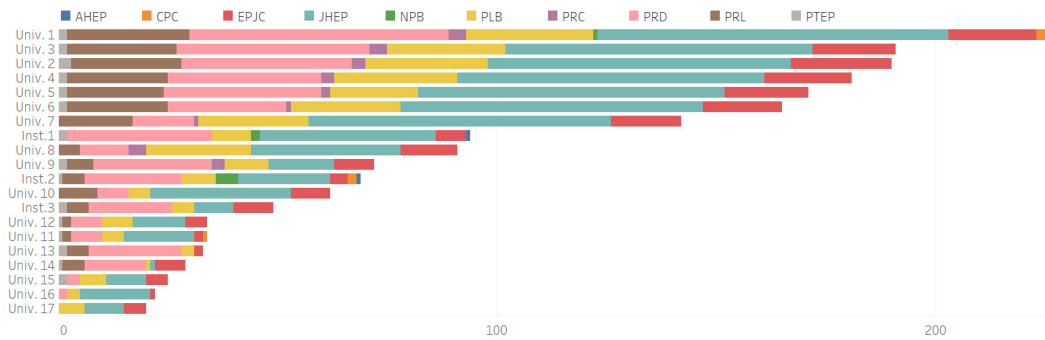
〈그림 6〉 학술지 JHEP 논문의 저자 표기 사례

우가 있기 때문이다. 예를들어, 〈그림 6〉의 (b)에서도 볼 수 있듯이 국내 연구자 중 H. Kim이라는 이름의 저자가 전남대학교에도 있고, 서울대학교에도 존재한다. 따라서 저자의 식별자가 없는 상태에서 저자명만으로 데이터 분석을 하게 될 경우 분석 결과에 오류가 발생하게 된다. 따라서 저자명으로 HEP 분야의 협력 연구 현황을 분석하는 것은 본 연구에서는 제외하고 정확한 식별이 가능한 저자의 소속기관을 중심으로 협력 연구 현황을 분석하였다.

4.3 HEP 분야의 국내 연구기관 분석

HEP 분야의 학술 커뮤니케이션 특성에 대한 세 번째 연구 질문인 “SCOAP3 학술지 논문에 나타난 국내 연구자 소속 연구기관/대학

현황은 어떠한가?”에 답하기 위해 국내 연구자가 출판한 논문의 저자 소속기관 데이터를 분석하였다. 2018년에 출판된 SCOAP3 학술지 논문 중 국내 연구자가 참여한 논문을 대상으로 저자의 소속기관을 파악하고 게재 논문을 기준으로 상위 20개의 기관에 대해 분석하였다. 상위 20개에 포함된 연구기관은 17개의 대학과 3개의 연구기관으로 나타났다. 또한 연구기관별로 어떤 학술지에 논문을 많이 게재하고 있는지를 분석하고 Tableau를 활용하여 시각화 한 결과를 〈그림 7〉에 누적 가로막대 그래프로 나타내었다. 그리고 학술지별 논문 게재 수를 〈표 5〉에 나타내었다. 국내 연구기관의 연구자가 10종의 학술지에 게재한 논문수를 살펴보면 대부분의 기관이 JHEP, PRD에 많은 논문을 게재한 것을 알 수 있었다.



〈그림 7〉 상위 20개 국내 연구기관의 학술지별 논문 게재 현황

〈표 5〉 상위 20개 국내 연구기관의 학술지별 논문 게재 수 분포

	AHEP	CPC	EPJC	JHEP	NPB	PLB	PRC	PRD	PRL	PTEP	합계
Univ. 1	-	3	20	80	1	29	4	59	28	2	226
Univ. 3	-	-	19	70	-	27	4	44	25	2	191
Univ. 2	-	-	23	69	-	28	3	39	25	3	190
Univ. 4	-	-	20	70	-	28	3	35	23	2	181
Univ. 5	-	-	19	70	-	20	2	36	22	2	171
Univ. 6	-	-	18	69	-	25	1	27	23	2	165
Univ. 7	-	-	16	69	-	25	1	14	17	-	142
Inst. 1	1	-	7	40	2	9	-	33	-	2	94
Univ. 8	-	-	13	34	-	24	4	11	5	-	91
Univ. 9	-	-	9	15	-	10	3	27	6	2	72
Inst. 2	1	2	4	21	5	8	-	22	5	1	69
Univ. 10	-	-	9	32	-	5	-	7	9	-	62
Inst. 3	-	-	9	9	-	5	-	19	5	2	49
Univ. 12	-	-	5	12	-	7	-	7	2	1	34
Univ. 11	-	1	2	16	-	5	-	7	2	1	34
Univ. 13	-	-	2	-	-	3	-	21	5	2	33
Univ. 14	-	-	7	1	-	1	-	14	5	1	29
Univ. 15	-	-	5	9	-	6	-	3	-	2	25
Univ. 16	-	-	1	16	-	3	-	2	-	-	22
Univ. 17	-	-	5	9	-	6	-	-	-	-	20
합계	2	6	213	711	8	274	25	427	207	27	1900

4.4 HEP 분야의 협력 네트워크 분석

HEP 분야의 학술 커뮤니케이션 특성에 대한 네 번째 연구질문인 “SCOAP3 학술지 논문에

나타난 국내 연구자 소속기관 간의 협력 현황은 어떠한가?”와 다섯 번째 연구 질문인 “SCOAP3 학술지와 저자 소속 연구기관 간의 관계는 어떠한가?”에 답하기 위해 계량정보 분석 방법 중

하나인 사회네트워크분석 방법(손동원, 2002)을 활용하였다. 사회네트워크분석 방법은 구조를 정량화하기 위해 사람, 조직, 사물, 문헌 등의 관계를 분석하는 것으로 미시적인 현상과 거시적인 현상을 통합하는 개념과 도구를 제공한다(김용학, 2016). 문헌정보학 분야의 협력 연구 네트워크 분석(이재운, 최상희, 2013)이나 소셜 미디어와 정치 커뮤니케이션 등의 사회과학 분야(이경민, 김찬희, 박한우, 2017)에서 연구될 뿐 아니라 간호학 분야의 학술논문 분석(박찬숙, 2019), 경영학 분야의 지식구조 분석(김동래, 권기석, 정석봉, 2015), 블록체인 분야 학술연구의 공저자 네트워크 분석(주우봉, 박한우, 2019)도 이루어지고 있다. 공저자 네트워크 분석의 경우 분석 단위를 어떻게 정하느냐에 따라 달라지는데 개인 단위(Newman, 2004), 기관 단위(Nagpaul, 2002)의 분석 뿐 아니라 국가 단위(Dastidar, 2004)의 분석 사례도 있다. 학술 커뮤니케이션에서 나타나는 연구자들의 관계는 연구자 네트워크로 설명할 수 있다(이수상, 2013). 본 연구에서는 분석 대상인 연구기관과 학술지를 노드로 표현하고, 그들의 연결을 엣지로 표현하였다. 특정 노드의 중심성 분석을 위해 Freeman(1978)의 중심성 척도 이론을 도입하였다. 이재운(2006)에 따르면 지역 중심성인 연결정도 중심성(degree centrality)과 근접 중심성(closeness centrality)을 측정하면 네트워크의 특정 범위에서 한 노드가 다른 노드와 얼마나 가까운지 알 수 있고, 전역 중심성인 매개 중심성(betweenness centrality)을 측정하면 네트워크 전체 범위에서 한 노드가 다른 노드들 간에 최단 경로에 있는지를 알 수 있다고 하였다. 따라서 본 연구에서는 연결

정도 중심성, 근접 중심성, 매개 중심성을 계산하여 네트워크를 분석하였다.

4.4.1 국내 연구기관 협력 네트워크 분석

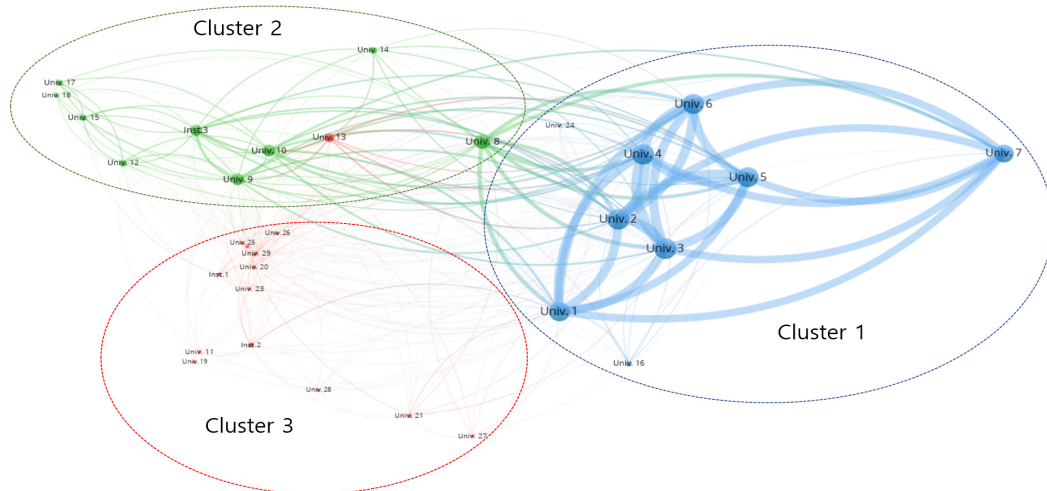
HEP 분야의 국내 연구기관간의 협력 관계를 분석하기 위해 2018년 출판된 논문 중 국내 연구자 참여 논문 데이터의 저자 소속기관을 중심으로 네트워크 분석을 수행하였다. 분석대상 논문의 서지 데이터를 KnowledgeMatrix plus(이방래, 여운동, 이준영, 이창완, 권오진, 문영호, 2008)를 사용하여 같은 논문(DOI 기준)에 나타난 저자의 소속기관의 동시출현행렬을 생성하였다. 여기에서 생성된 동시출현행렬을 Gephi 0.9.2를 사용하여 이 네트워크 데이터의 연결정도 중심성, 매개 중심성, 근접 중심성을 계산하여 <표 6>에 나타내었다. 또한 VOSviewer로 전체적인 네트워크를 시각화하여 <그림 8>에 나타내었다. 이렇게 생성된 네트워크를 분석하면 HEP 분야의 국내 연구기관 간 협력 현황을 파악할 수 있다. 그 결과 전체 네트워크는 41개의 노드와 347개의 엣지로 구성되어 있고 밀도는 0.423으로 나타났다. 연결정도 중심성 상위 15개 연구기관은 12개의 대학과 3개의 연구기관으로 나타났고 1위는 대학 1, 2위는 대학 3, 그리고 대학 2, 대학 4, 대학 9가 공동으로 3위를 나타냈다. 연구기관 중 연결정도 중심성이 높은 기관은 연구기관 3(6위), 연구기관 2(11위), 연구기관 1(12위)로 나타났다. 근접 중심성 상위 12개 연구기관에는 10개의 대학과 2개의 연구기관이 속한 것으로 나타났다. 대학 중에서 근접 중심성이 높은 기관은 대학 1(1위), 대학 3(2위)으로 나타났고 연구기관 중에서 근접 중심성이 높은 기관은 연구기관 3(6위), 연구기

〈표 6〉 HEP 분야의 국내 연구기관 협력 네트워크 분석 결과

순위	연구기관명	연결정도 중심성	연구기관명	근접 중심성	연구기관명	매개 중심성
1	Univ.* 1	35	Univ. 1	0.85	Univ. 1	122.18
2	Univ. 3	32	Univ. 3	0.78	Univ. 3	88.81
3	Univ. 2	29	Univ. 2	0.74	Inst. 2	76.64
4	Univ. 4	29	Univ. 4	0.74	Univ. 10	67.07
5	Univ. 9	29	Univ. 9	0.74	Univ. 19	44.36
6	Inst.** 3	28	Inst. 3	0.73	Univ. 9	24.89
7	Univ. 6	27	Univ. 6	0.71	Inst. 3	20.3
8	Univ. 10	26	Univ. 10	0.71	Univ. 2	18.7
9	Univ. 12	26	Univ. 12	0.7	Univ. 4	17.52
10	Univ. 5	26	Inst. 2	0.7	Univ. 12	15.83
11	Inst. 2	25	Univ. 5	0.69	Univ. 11	13.7
12	Inst. 1	23	Univ. 20	0.67	Univ. 6	12.99
13	Univ. 23	23			Univ. 8	11.58
14	Univ. 20	23			Inst. 1	11.44
15	Univ. 13	22			Univ. 5	10.79

* Univ.: University

** Inst.: Institution



〈그림 8〉 국내 연구기관간의 협력 네트워크

관 2(10위)로 나타났다. 매개 중심성 상위 15개 연구기관에는 12개의 대학과 3개의 연구기관이 속한 것으로 나타났다. 대학 중 매개 중심성이 높은 기관은 대학 1(1위), 대학 3(2위)이

며, 연구기관 중 매개 중심성이 높은 기관은 연구기관 2(3위), 연구기관 3(7위)이다. 논문 게재 수에 비해 매개 중심성이 높은 기관은 대학 10, 대학 19, 연구기관 2와 연구기관 3으로 나타

났다. 연구기관 중 연구기관 1은 2014년 CERN과 미래형 원형충돌기 연구를 위해 협정을 체결하여 공동 연구를 수행중이다. 연구기관 2는 기초과학 분야의 연구과제를 수행하는 기관이며 2014년 CERN과 MOU를 체결하여 온라인 동위원소 분리(ISOL) 분야 협력, 단기 인력 훈련 및 전문가 자문, 시작품 테스트 및 공동연구를 진행하고 있다. 연구기관 3은 2014년 CERN으로부터 LHC 실험 데이터 처리의 핵심인 최상위병렬센터로써 세계 11번째 국가로 승인을 받아 CERN의 LHC에서 생성된 실험데이터의 실시간 공유·분석에 참여하고 있다.

국내 대학/연구기관 간 협력 네트워크를 VOSviewer로 시각화하는 과정에서 클러스터링을 수행한 결과 크게 3개의 클러스터로 나눌 수 있었으며, 각 클러스터의 특징은 다음과 같다. 클러스터 1은 HEP 분야에서 가장 활발하게 연구를 수행하고 있는 대학 중심의 네트워크이다. 이 클러스터를 구성하는 기관은 노드 크기도 크고 에지도 굵은 것으로 나타났는데 이는 각 기관이 게재 논문수도 많고 기관간의 협력도 많기 때문이다. 클러스터 2는 연구기관 3을 중심으로 대학이 협력하는 네트워크이다. 클러스터 3은 연구기관 1과 연구기관 2를 중심으로 대학이 협력하는 네트워크이다.

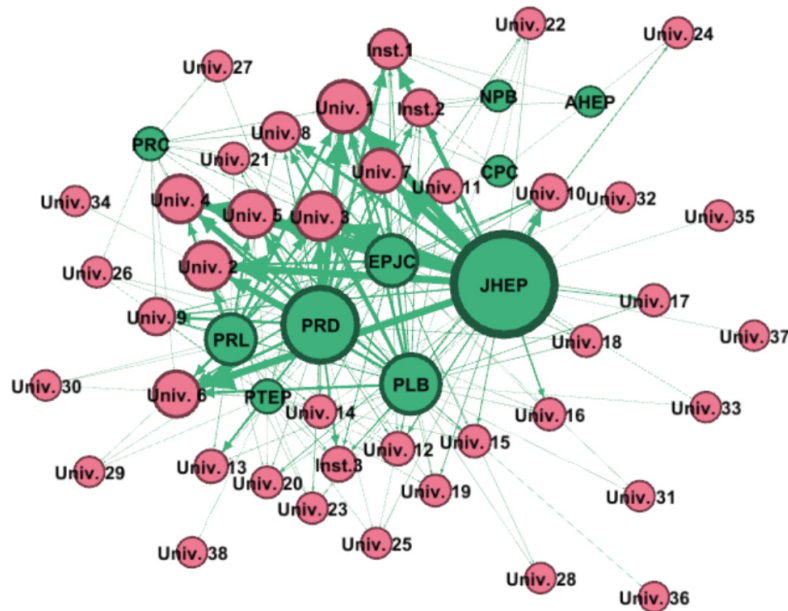
4.4.2 국내 연구기관과 학술지의 네트워크 분석

HEP 분야의 국내 연구기관과 학술지 간의 네트워크를 분석하기 위해 SCOAP3 대상 학술지에 2018년 출판된 국내 연구자 논문의 서지 데이터를 2모드 네트워크로 분석하였다. 사회네트워크분석에서는 분석하고자 하는 개체

의 배열에 따라 1모드 매트릭스와 2모드 매트릭스의 2가지로 나눌 수 있다. 1모드 매트릭스란 행과 열에 같은 개체가 배열되는 것이고, 2모드 매트릭스란 행과 열에 다른 개체가 배열되는 것이다.

앞서 분석하였던 국내 연구기관의 협력 네트워크 분석에서는 동일 논문을 기준으로 행과 열이 동일한 '저자 소속기관-저자 소속기관'의 매트릭스를 생성하였고, 연구기관과 학술지 네트워크 분석에서는 행과 열이 다른 '저자 소속기관-학술지'의 매트릭스를 생성하였다. 2모드 네트워크 분석은 직접적으로 관계가 존재하지 않아도 그 관계를 준연결망(Quasi Network)을 통해 관계를 설정하여 두 네트워크 사이의 관계를 도출해낼 수 있다(Everett & Borgatti, 2013). 아직까지 2모드 네트워크 분석을 적용한 연구는 많지 않으나 김가운(2019)은 한국을 방문한 일본인 관광객의 방문 관광지 정보를 2모드 네트워크로 분석하였다.

본 연구에서는 KnowledgeMatrix plus를 사용하여 저자의 소속기관과 학술지간의 동시출현행렬을 생성하였고, Gephi 0.9.2를 사용하여 네트워크를 시각화하여 <그림 9>에 나타냈다. 이 네트워크는 방향성이 있는 네트워크이며, 초록색 노드가 학술지이고 분홍색 노드가 연구기관을 나타내고 있다. 연구기관과 학술지 간의 에지가 굵을수록 그 연구기관이 해당 학술지에 많은 논문을 게재한다는 것으로 해석할 수 있다. 학술지의 연결정도는 PLB, PRD, JHEP, EPJC, PTEP 순으로 나타났고, 연구기관의 연결정도는 대학 1, 연구기관 2, 대학 2~대학 6, 연구기관 1, 대학 9, 대학 11 순으로 나타났다. 학술지 JHEP, PRD, PLB의 노드가



〈그림 9〉 국내 연구기관과 학술지의 2모드 네트워크

대학 1~대학 6, 연구기관 1, 연구기관 2의 노드와 연결된 예지가 굵은 것으로 나타나 이들 학술지와 연구기관들이 강한 연결을 가지고 있음을 네트워크의 시각화를 통해 확인할 수 있었다.

5. 논의

HEP 분야 국내 연구자의 학술 커뮤니케이션 특성을 분석하기 위해 이 분야의 OA 컨소시엄인 SCOAP3 대상 학술지의 논문 데이터를 분석하였다. 이 데이터 중에서 SCOAP3 2 단계에 해당하는 2018년에 출판된 학술지 논문 중 국내 연구자가 저자로 참여한 논문을 연구 대상 데이터로 선정하여 기술통계 분석과 네트워크 분석을 수행하였다.

국내 연구자가 참여한 학술지 논문 수는 SCOAP3 대상 10종 학술지 전체에 수록된 논문수의 8.0%를 차지하는 것으로 나타났다. 이는 국내 연구자들이 전 세계적인 학술 커뮤니케이션에 매우 높은 기여를 하고 있는 것으로 볼 수 있다. HEP 분야는 대규모의 글로벌 협업이 많이 진행되는 분야이며 이러한 특성이 반영된 결과로 학술지 논문의 공저자 수가 1,000명 이상인 논문이 전체의 28.7%를 차지하고 있었다. 이 분야에서는 CERN의 LHC 실험과 같은 공동 연구 수행의 결과에 대해 논문을 공동으로 저작하고 학술지에 게재하는 학술 커뮤니케이션 활동을 하고 있음을 보여주고 있다. 공저자 수의 분포가 학술지에 따라 어떤 특징이 있는지 분석한 결과 EPJC, JHEP, PLB, PRL의 4종의 학술지가 공저자 수 상위 분포를 보였으며 전체 데이터의 최대값이 5,098명의 공저

자가 있는 논문은 학술지 JHEP에 수록된 논문으로 나타났다. 이 분야의 국내 주요 연구기관을 파악하기 위해 SCOAP3 학술지 논문에 투고한 저자의 소속기관 데이터를 분석하였다. 논문 수 기준으로 상위 20개 기관을 선정한 결과 17개의 대학과 3개의 연구기관이 해당되었다. 이들 기관은 대부분 JHEP, PRD 학술지에 많은 논문을 게재하고 있음을 알 수 있었다. 이 두 학술지는 HEP 분야 학술지 중 IF가 가장 높아 이 분야에서 영향력이 가장 큰 학술지이다. 따라서 국내 연구자들이 HEP 분야의 영향력 있는 학술지에 관심이 많을 뿐 아니라 연구 활동을 활발히 진행하고 있음을 확인할 수 있었다. 이는 국내 HEP 분야 연구자들이 양적으로 세계에서 10위에 들 뿐 아니라 질적으로도 수준이 높은 연구를 수행하고 있어 HEP 분야 글로벌 네트워크에서 중요한 역할을 수행하고 있음을 증명하는 것이라 해석된다.

국내 연구기관 간 협력 네트워크를 분석하기 위해 사회네트워크분석 기법을 적용하였고, KnowledgeMatrix plus를 사용하여 네트워크 데이터를 생성한 결과 이 분야 국내 연구기관의 협력 네트워크는 밀도가 0.423인 네트워크로 41개의 노드와 347개의 에지로 구성되어 있었다. Gephi 0.9.2를 이용하여 네트워크의 중심성을 계산한 결과 대학 중에서는 대학 1과 대학 3은 연결정도 중심성, 근접 중심성, 매개 중심성이 모두 1위, 2위로 나타났다. 연구기관 중에서 연결정도 중심성과 근접 중심성이 높게 나타난 곳은 연구기관 3(6위)이었고, 매개 중심성이 높게 나타난 곳은 연구기관 2(3위), 연구기관 3(7위)로 나타났다. 종합적으로 보면 대학 1, 대학 3, 연구기관 3이 연결정도 중심성,

근접 중심성과 매개 중심성이 높은 연구기관이었다. 연구기관 1은 CERN과 공동연구를 수행 중인 기관이고, 연구기관 2는 CERN과 MOU를 맺고 온라인 동위원소 분리 분야의 협력을 진행하고 있는 기관이다. 연구기관 3은 CERN의 LHC에서 생성된 실험데이터의 실시간 공유·분석에 참여하고 있는 기관이다. 이러한 협력 네트워크를 VOSviewer로 시각화하여 클러스터링 한 결과 3개의 클러스터로 나눌 수 있고 각각의 클러스터는 특징을 가지고 있었다. 클러스터 1은 주요 대학 중심의 네트워크로 노드 크기도 크고 에지도 굵게 나타났다. 클러스터 2는 연구기관 3을 중심으로 대학이 협력하는 네트워크이고 클러스터 3은 연구기관 1과 연구기관 2를 중심으로 대학이 협력하는 네트워크로 나타났다. 연구기관과 학술지의 네트워크 분석 결과 JHEP 학술지가 네트워크의 중앙에 위치하고 있으며 그 주위에 EPJC, PRD, PLB, PRL 학술지가 위치하고 있었다. 이 학술지들은 앞에서 살펴본 학술지별 공저자 수 분석 결과에서 보듯이 공저자 수의 상한값이 높은 분포를 보이는 학술지였다. 따라서 이들 학술지는 대규모 공동 연구를 수행한 연구기관이 함께 학술 논문의 저술 과정에 참여하여 논문을 출판하는 학술지인 것으로 파악할 수 있다.

본 연구의 한계점과 한계점을 극복할 수 있는 향후 연구방향성을 제시하고자 한다. 첫 번째 한계점은 연구 대상 데이터의 범위가 2018년에 국한되어 있다는 것이다. 따라서 향후 SCOAP3 컨소시엄 전체 기간(2014년~2022년) 또는 3년을 주기로 하는 SCOAP3 단계별로 연구를 수행할 필요가 있다. 두 번째 한계점은 연구 대상 데이터의 범위가 국내 연구자의 논문으로 제한

되어 있다는 것이다. 따라서 전 세계 연구자의 논문 정보를 확보하여 향후 국가별, 국가 간 학술 커뮤니케이션 행태를 분석하면 HEP 분야의 전 세계적인 학술 커뮤니티의 특성을 파악할 수 있을 것이다. 세 번째 한계점은 저자의 식별이 명확하지 않아 저자의 소속기관 정보로 분석하였다는 것이다. 향후 ORCID와 같은 국제 연구자 식별 정보를 추가하여 연구자 간의 협력 네트워크 분석을 수행한다면 HEP 분야 연구자의 학술 커뮤니케이션 특성을 더욱 구체적이고 폭넓게 분석할 수 있을 것이다. 네 번째 한계점은 연구 대상의 주제가 전체 물리학 중 일부분인 HEP 분야에 한정되어 있다는 것이다. 향후 물리학 분야 전체나 물리학의 다른 세부 영역과 비교하는 것도 흥미로운 연구가 될 것이다.

6. 결론 및 제언

도서관과 학술정보센터에서는 서비스를 최적화하기 위하여 대학 도서관이나 연구원 도서관의 핵심 이용자들인 연구자들이 속한 학술 커뮤니티에서의 학술 커뮤니케이션 행태를 이해하는 것이 중요하다. 본 논문은 HEP 분야 연구자들의 연구를 지원하기 위하여 그들이 관심을 가지고 생산하고 있는 연구 산출물인 논문과 논문을 수록하는 학술지 그리고 연구자가 속한 연구기관들에 대한 분석을 시도하였다. 최근 학술지의 상업화로 대형 출판사에 의해 독점적으로 공급되어 연구자들이 학술 커뮤니케이션의 결과인 학술지를 이용하는 데 어려움

을 겪고 있다. HEP은 분야 연구자들은 글로벌 협력을 통하여 대규모의 연구를 수행하는 경우가 많다. 전 세계의 물리학자들이 협력을 통하여 연구하고 논문, 특허, 보고서 등의 결과물을 생산하여 그 결과물들을 공유하고 있다. 최근에는 SCOAP3 컨소시엄을 통하여 연구자들이 연구결과에 대한 저작권을 유지하면서 세계 각국에서 생산되는 학술지 논문을 무료로 이용함으로써 더 자유롭게 연구할 수 있도록 지원하고 있다. 10종의 SCOAP3 학술지 수록 논문을 분석한 결과 국내 연구자들도 HEP 분야의 글로벌 협력 네트워크에서 중요한 역할을 수행하고 있음을 확인할 수 있었다. HEP 분야에서는 한 편의 논문을 작성할 때도 1천명 이상이 공동으로 작성하는 현상을 볼 수 있었다. 국내 주요 대학과 연구원들은 글로벌 네트워크에서 국내외 연구자들과 활발하게 협력하면서 연구생산물인 논문을 저술하고 있음을 확인하였고, 연구자들의 학술 커뮤니케이션의 맥락과 특성을 이해할 수 있는 기반을 분석하였다. 연구자들의 활동을 이해하면 그들이 필요로 하는 서비스를 제공할 수 있다. SCOAP3 컨소시엄은 각 기관이나 개인이 지불하던 구독료 대신 학술지 게재료(APC)를 CERN과 각국의 도서관이나 기관들이 지불하는 형태의 컨소시엄이다. 이를 통해 연구자들이 학술 논문을 쉽고 편리하게 이용할 수 있어 연구를 더욱 활발히 하도록 지원하는 좋은 서비스의 한 형태가 될 수 있다. 향후 글로벌 협력을 통하여 학술 커뮤니케이션 특성을 분석한다면 연구자들에게 더 좋은 연구환경을 제안할 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

- 김가운 (2019). 2모드 네트워크 분석을 통한 관광지 네트워크 특성 분석-방한 일본인 관광객을 대상으로. *관광연구논총*, 31(4), 23-46. <https://doi.org/10.21581/jts.2019.11.31.4.23>
- 김동래, 권기석, 정석봉 (2015). 키워드 네트워크 분석을 통한 경영학 연구의 지식구조 분석. *의사결정연구*, 23(1), 111-125.
- 김용학 (2016). *사회 연결망 분석 (제3판)*. 서울: 박영사.
- 남은경, 박지홍 (2014). 연구자 협업의 영향 요인에 관한 연구: 계량정보학 분야를 중심으로. *정보관리학회지*, 31(4), 201-227. <https://doi.org/10.3743/KOSIM.2014.31.4.201>
- 박찬숙 (2019). 간호학 학술논문의 주제 분석을 위한 텍스트네트워크분석방법 활용. *Perspectives in Nursing Science*, 16(1), 12-24. <https://doi.org/10.16952/pns.2019.16.1.12>
- 서태설, 황혜경, 김완중 (2017). 우리나라 물리학자의 고에너지물리학분야 오픈액세스 논문출판 현황 분석. *한국물리학회 2017년 봄 학술논문발표회, DCC, 대전*
- 손동원 (2002). *사회 네트워크 분석 (제2판)*. 서울: 경문사.
- 이경민, 김찬희, 박한우 (2017). SNS 매개 학습공동체의 학습네트워크 탐색: 페이스북 그룹을 중심으로. *Journal of The Korean Data Analysis Society*, 19(2), 873-884.
- 이방래, 여운동, 이준영, 이창환, 권오진, 문영호 (2008). 계량정보분석시스템으로서의 KnowledgeMatrix 개발. *한국콘텐츠학회논문지*, 8(1), 68-74. <https://doi.org/10.5392/JKCA.2008.8.1.068>
- 이수상 (2013). 연구자 네트워크의 중심성과 연구성과의 연관성 분석. *한국도서관·정보학회지*, 44(3), 405-428. <https://doi.org/10.4097/kjae.2003.44.3.405>
- 이재운 (2006). 계량서지학 네트워크 분석을 위한 중심성 척도에 관한 연구. *한국문헌정보학회지*, 40(3), 191-214. <https://doi.org/10.4275/KSLIS.2006.40.3.191>
- 이재운, 최상희 (2013). 계량정보학분야의 협력연구 네트워크 및 문헌네트워크 분석: 국가, 기관, 문헌 단위 분석. *정보관리학회지*, 30(1), 179-191. <https://doi.org/10.3743/KOSIM.2013.30.1.179>
- 주우봉, 박한우 (2019). 블록체인 분야의 학술연구 동향분석: 계량정보학적 네트워크분석을 중심으로. *디지털융복합연구*, 17(6), 219-227. <https://doi.org/10.14400/JDC.2019.17.6.219>
- Borgman, C. L. (2000). Digital libraries and the continuum of scholarly communication. *Journal of Documentation*, 56(4), 412-430. <https://doi.org/10.1108/EUM0000000007121>
- Borgman, C. L., & Furner, J. (2002). Scholarly communication and bibliometrics. *Annual Review of Information Science and Technology*, 36(1), 2-72. <https://doi.org/10.1002/aris.1440360102>
- Dastidar, P. G. (2004). Ocean science & technology research across the countries: A global

- scenario. *Scientometrics*, 59(1), 15-27. <https://doi.org/10.1023/b:scie.0000013296.33677.ef>
- Everett, M. G., & Borgatti, S. P. (2013). The dual-projection approach for two-mode networks. *Social Networks*, 35(2), 204-210. <https://doi.org/10.1016/j.socnet.2012.05.004>
- Freeman, L. C. (1978). Centrality in social networks conceptual clarification. *Social Networks*, 1(3), 215-239. [https://doi.org/10.1016/0378-8733\(78\)90021-7](https://doi.org/10.1016/0378-8733(78)90021-7)
- Gentil-Beccot, A., Mele, S., & Brooks, T. (2010). Citing and reading behaviours in high-energy physics. *Scientometrics*, 84(2), 345-355. <https://doi.org/10.1007/s11192-009-0111-1>
- Gephi (n.d.). Retrieved from <https://gephi.org/>
- Goldschmidt-Clermont, L. (2002). Communication patterns in high-energy physics. *High Energy Physics Libraries Webzine*, issue 6. <http://library.cern.ch/HEPLW/6/papers/1/>
- Heuer, R. D., Holtkamp, A., & Mele, S. (2008). Innovation in scholarly communication: Vision and projects from High-Energy Physics. *Information Services & Use*, 28(2), 83-96.
- KnowledgeMatrix Plus (n.d.). Retrieved from <http://mirian.kisti.re.kr/km/>
- Kohls, A., & Mele, S. (2018). Converting the literature of a scientific field to open access through global collaboration: The experience of SCOAP3 in particle physics. *Publications*, 6(2), 15. <https://doi.org/10.3390/publications6020015>
- Krause, J., Mele, S., & Lindqvist, C. M., (2007). Quantitative study of the geographical distribution of the authorship of High-Energy Physics journals, (No. CERN-OPEN-2007-014).
- Modularity (n.d.). Retrieved from <https://github.com/gephi/gephi/wiki/Modularity/>
- Nagpaul, P. (2002). Visualizing cooperation networks of elite institutions in India. *Scientometrics*, 54(2), 213-228. <https://doi.org/10.1023/A:1016036711279>
- Newman, M. E. (2004). Coauthorship networks and patterns of scientific collaboration. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 101(suppl 1), 5200-5205. <https://doi.org/10.1073/pnas.0307545100>
- Price, D. D. S., & Beaver, D. (1966). Collaboration in an invisible college. *American Psychologist*, 21(11), 1011-1018. <https://doi.org/10.1037/h0024051>
- SCOAP3 KOREA (n.d.). Retrieved from https://www.kesli.or.kr/scoap3/html/pop_scoap3.html
- SCOAP3 (n.d.). Retrieved from <https://scoap3.org/scoap3-repository/>
- Spink, A, Robins, D., & Schamber, L., (1998). Use of scholarly book reviews: Implications for electronic publishing and scholarly communication. *Journal of the American Society for Information Science*, 44(9), 364-374.
- Tableau (n.d.). Retrieved from <https://www.tableau.com/>

VOSviewer (n.d.). Retrieved from <http://www.vosviewer.com/>

• 국문 참고문헌에 대한 영문 표기
(English translation of references written in Korean)

- Kim, Dong-Rae, Kwon, Ki-Seok, & Jeong, Seok-Bong (2015). Knowledge structure analysis on business administration research using keyword network analysis. *Journal of Decision Science*, 23(1), 111-125.
- Kim, Ga-Yoon (2019). Analysis on destination network characteristics of using 2-mode network analysis: Case of Japanese tourists visiting Korea. *Journal of Tourism Studies*, 31(4), 23-46. <https://doi.org/10.21581/jts.2019.11.31.4.23>
- Kim, Yonghak (2016). *Social network analysis* (3rd ed.). Seoul: Park Young-sa.
- Lee, Bangrae, Yeo, Woon-Dong, Lee, June-Young, Lee, Chang-Hoan, Kwon, Oh-Jin, & Moon, Yeong-Ho (2008). Development of the KnowledgeMatrix as an informetric analysis system. *Journal of the Korean Contents Association*, 8(1), 68-74. <https://doi.org/10.5392/JKCA.2008.8.1.068>
- Lee, Gyeong Min, Kim, Chan Hui, & Park, Han Woo (2017). Network analysis of SNS-mediated learning community: A Facebook group 'Magic of flipped-learning'. *Journal of The Korean Data Analysis Society*, 19(2), 873-884.
- Lee, Jae Yun (2006). Centrality measures for bibliometric network analysis. *Journal of the Korean Society for Library and Information Science*, 40(3), 191-214. <https://doi.org/10.4275/KSLIS.2006.40.3.191>
- Lee, Jae Yun, & Choi, Sanghee (2013). Collaboration networks and document networks in informetrics research from 2001 to 2011: Finding influential nations, institutions, documents. *Journal of the Korean Society for Information Management*, 30(1), 179-191. <https://doi.org/10.3743/KOSIM.2013.30.1.179>
- Lee, Soo-Sang (2013). Analytical study on the relationship between centralities of research networks and research performances. *Journal of Korean Library and Information Science Society*, 44(3), 405-428. <https://doi.org/10.4097/kjae.2003.44.3.405>
- Nam, Eunkyung, & Park, Ji-Hong (2014). Factors influencing research collaboration in the field of informetrics. *Journal of the Korean Society for Information Management*, 31(4), 201-227. <https://doi.org/10.3743/KOSIM.2014.31.4.201>
- Park, Chan Sook (2019). Using text network analysis for analyzing academic papers in nursing.

- Perspectives in Nursing Science, 16(1), 12-24. <https://doi.org/10.16952/pns.2019.16.1.12>
- Seo, Tae-Sul, Hwang, Hyekyong, & Kim, Wan-Jong (2017, April). Current status of publication of open access articles by Korean physicists in HEP. Poster session presented at the 2017 Korean Physical Society Spring Conference, DCC, Daejeon.
- Shon, Dongwon (2002). Social network analysis (2nd ed.). Seoul: Kyungmoon-sa.
- Zhu, Yu-Peng, & Park, Han-Woo (2019). Evaluating blockchain research trend using bibliometrics-based network analysis. *Journal of Digital Convergence*, 17(6), 219-227.
<https://doi.org/10.14400/JDC.2019.17.6.219>