

싱가포르 신설 국립대학 SUTD의 대중(對中)· 대미(對美) 연구 협력 네트워크 분석*

은중학**

| 목 차 |

I. 서론	계 경향
II. 접근법과 연구설계	V. 두 네트워크의 미시적 양상: 주요 기관들의 위상과 연계의 동기
III. 두 네트워크의 성격과 연계의 강도	VI. 요약 및 함의
IV. 두 네트워크의 내용과 산학연 연	

| 국문요약 |

‘동아시아의 작은 용’이라 일컬어지는 국가들(한국, 대만, 싱가포르)에 대한 최근의 비교연구에서 싱가포르는 중국의 부상에 가장 기민하게 대응하며 전략적 균형을 유지한 것으로 평가된 바 있다. 본 연구는 싱가포르의 그러한 측면에 주목하되, 보다 미시적인 분석을 시도한다. 즉, 2012년 싱가포르가 신설한 제4의 국립대학 SUTD에 초점을 맞춘다. 디자인에 강조점을 둔 SUTD는 그 설립 자체가 변화하는 국내외 환경 속에서 싱가포르의 새로운 지향을 상징하는 것으로 분석의 가치가 높다. 본 연구에서는 SUTD가 설립과정에서부터 양대 전략적 협력 파트너로 선정한 미국의 MIT, 중국의 절강대학교와 최근까지 형성·발전시켜 온 연구 협력 네트워크를 다각도로 실증 분석하였다. 이를 통해 SUTD가 미국 및 중국의 서로 다른 자원을 어떻게 활용하며 국제적 네트워크 속에서 자신의 위상을 어떻게 구축해 가는지 살펴보았다. 그리고 이로부터 도출 가능한 정책적 함의도 논의하였다.

• 주제어: 싱가포르, SUTD, 연구 협력 네트워크, 중국, 미국

* 본 연구는 2016년 대한민국 교육부와 한국연구재단의 지원(NRF-2016S1A5A2A02925243)을 받아 수행되었다. 본 논문의 초고는 국민대학교 중국인문사회연구소 국내학술대회(2017년 12월 12일)에서 발표하였다. 학술대회의 토론자와 본 논문의 익명 심사자들에게 감사를 표한다.

** 국민대 중국학부 중국정경전공 교수.

I. 서론

‘동아시아의 4마리 작은 용(龍)’이라 불리는 한국, 대만, 싱가포르, 홍콩에 대한 경제학적·정책학적 비교연구의 상당 부분은 그들을 ‘개발도상국’으로 인식하는 기초 위에서 전개되어 왔다(Wong & Singh 2008; Leipziger 2001; Hobday 2000; Wong 1999; Rowen 1998; Asian Development Bank 1997; World Bank 1993). 그들 논의의 초점은 개발도상국 단계에서의 발전전략 연구인 경우가 많고 그런 까닭에 연구의 대상 시점도 과거에 치우쳤다. 물론 그러한 연구도 동남아시아, 중앙아시아, 아프리카, 라틴 아메리카 등지의 후발 개도국에 발전전략을 제시할 수 있다는 점에서 여전히 가치를 지니고 있다고 할 수 있다.

하지만 중저위 개발도상국 단계를 넘어 고소득국가가 된 동아시아의 작은 용들에 대한 새로운 조명이 이뤄질 필요가 있는 것도 사실이다. IMF 통계에 따르면, 2016년 싱가포르의 1인당 GDP(구매력 평가 기준)는 87,855달러로 세계 3위, 홍콩은 58,322달러 세계 10위로 미국(57,436달러, 11위)보다 높으며, 대만은 48,095달러 세계 19위로 일본(41,275달러, 28위)을 앞섰으며 한국(37,740달러, 31위)도 일본과 격차가 크지 않다.¹⁾ 물론, 1인당 GDP가 각국의 발전 정도를 완벽히 대변하지는 못하지만 적어도 이들 국가(혹은 지역)에 대한 인식과 전제가 새로워질 필요가 있음을 보여준다.

또한 이들 아시아의 작은 용들이 둘러싸고 있는 중국이란 큰 용이 지난 세대에 걸쳐 부상하였고 최근에는 단순히 저가의 제조기지로서가 아니라 과학대국으로 그 면모를 새롭게 하면서 동아시아의 지형을 재편하고 있다(은중학 2009; 2015). 이러한 변화의 시기에 동아시아의 선발 국가들이 중국의 부상에 조용하여 어떠한 자기변형을 일궈가고 있는지를 살피는 것은 매우 중요하고도 방대한 작업이다.

그러한 맥락에서 은중학(Eun 2015)은, 중국이 정책적으로 과학기술을 크게 강조했던 2002-2012년(후진타오 총서기 재임기간)의 10년 동안 동아시아의 작은 용(중국에 편입된 홍콩을 제외한 한국, 대만, 싱가포르)들이

1) Wikipedia, “List of countries by GDP (PPP) per capita,” [https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_countries_by_GDP_\(PPP\)_per_capita](https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_countries_by_GDP_(PPP)_per_capita). (accessed on December 12, 12)

중국과의 과학연구 협력을 어떻게 발전시켜 왔는지를 분석하였다. 이는 (중국에 편입된 홍콩을 제외한) 한국, 대만, 싱가포르가 중국의 부상에 조응하여 진화한 양상을 국가 간 비교하는 데 집중한 거시적 차원의 논의였다. 그리고 그 분석 결과는 싱가포르가 한국, 대만에 비해 중국의 부상에 조응하는 기민성과 전략적 균형성이 높음을 시사하였다. 칼더(Calder 2016, 133) 역시, 싱가포르는 선진국의 혁신가와 개발도상국의 수요자를 잇는 글로벌 허브(hub)로서의 역할을 수행하고 있다고 평가하였다.

하지만 위 연구들은 싱가포르의 역동성을 뒷받침하는 미시적 차원의 구체적 분석을 향후의 과제로 남겼다. 일차적으로 본 연구는 그렇게 남겨진 후속 연구의 필요성에 응답하고자 하는 것이다.

싱가포르는 1990년 중국과 공식 수교 이후 중앙정부 차원의 협력하에 1994년 중국 강소성(江蘇省)에 ‘소주공업원구(蘇州工業園區, Suzhou Industrial Park)’를 조성하였고,²⁾ 후진타오 집권기인 2008년에는 천진 빈해신구(瀕海新區)에 ‘천진생태도시(天津生態城, Tianjin Eco-city)’를 함께 조성하였다. 시진핑 시기에 접어들어서는 중국이 야심차게 추진하고 있는 ‘일대일로(一帶一路)’ 프로젝트 및 ‘서부대개발’, ‘장강경제권(長江經濟帶)’ 개발 사업과도 연결될 수 있는 중국 내륙의 교통 요지 중경(重慶)에 세 번째 양국 중앙정부 간 협력 개발 사업, 이른바 ‘전략적상호연결시범사업(戰略性互聯互通示範項目, Initiative on Strategic Connectivity)’을 2015년 이래 추진하고 있다.³⁾

2) 싱가포르와 중국 간의 양자 간 협력은 1990년 수교 이후 리관유와 덩샤오핑의 지도력과 상호 간 유대 속에 진전되었으나, 1994년 소주공업원구가 조성되기 시작하면서 제도화되기 시작하였다. 이때로부터 양국 부총리급 협의기구인 Joint Ministerial Council(JMC)과 그 아래 실무기구인 Joint Working Committee(JWC)가 만들어졌다. 이후 2003년에는 JMC가 Joint Council for Bilateral Cooperation(JCBC)로 재편되고, 그 아래 소주공업원구 Joint Steering Committee(JSC), 천진 에코 시티 JSC 등이 잇따라 설립되었다(Zheng & Lye 2016, 23-25).

3) 이 사업은, 중국 서부 내륙의 하운 중심이자, 신강위구르를 거쳐 유럽으로 가는 육상 실크로드의 철도 교통 종착점인 중경(重慶)시에 싱가포르의 수자원 관리, 유통·물류, 금융 등 분야의 개발경험과 사물인터넷(IoT) 등 첨단 정보통신 기술을 활용한 협력 사업 기반을 구축하는 것으로, 중국 시진핑 총서기가 2015년 싱가포르를 방문했을 때 공식화되었다(Calder 2016, 155; 百度百科, “中新(重慶)戰略性互聯互通示範項目,” <https://baike.baidu.com/item/%E4%B8%AD%E6%96%B0%E5%BC%88%E9%87%8D%E5%BA%86%E5%BC%89%E6%88%98%E7%95%A5%E>

중앙정부 수준의 공식적인 개발 협력이 아니더라도 싱가포르의 민간 주도 방식으로 중국 각 지방정부의 개발 프로젝트에 적극 참여하고 있다. 그 대표적인 것이 광주지식성(廣州知識城, Guangzhou Knowledge City), 중국-싱가포르 길림식품구(中新吉林食品區, Jilin Food Zone), 싱가포르-사천 혁신과기원(新川創新科技園, Sichuan Hi-tech Innovation Park), 남경 국제수무중심(南京國際水務中心, Nanjing Eco Hi-tech Island) 등이다(Zheng & Lye 2016).

이상과 같은 싱가포르-중국 간 개발 협력 내용을 살펴보면, 초기에는 외자기업을 끌어들이 수 있는 현대적 공단의 조성 및 운영 노하우를 싱가포르가 중국에 전수하는 것을 중심으로 했지만, 점차 도시 생태 환경과 지식 및 혁신 기반 구축이라는 보다 폭넓은 분야에서 싱가포르가 쌓아온 지식과 경험을 활용하는 협력이 늘어나고 있음을 알 수 있다. 그러한 협력의 확대·심화 속에 ‘과학기술’은 여전히 핵심적 위치를 차지하지만 그 외에도 다양한 측면의 ‘디자인’(도시 설계, 공간 디자인, 제품 디자인 등)도 싱가포르가 중국에 활용할 수 있는 중요한 요인으로 부상하고 있음을 감지할 수 있다.

또한, 변화하는 중국에 대한 싱가포르의 대응이 양국 간 협력 체제의 제도적 구축을 넘어 싱가포르 스스로의 지식기반 재편에까지 이르렀음도 주목할 만하다. 대표적으로, 싱가포르는 2012년 ‘기술’과 ‘디자인’을 대학명칭에 담은 제4의 국립대학 SUTD(Singapore University of Technology and Design)를 설립하였다. 싱가포르는 국립대학 위주의 고등교육 및 연구 체제를 갖고 있는데 대학의 수는 매우 적어 신설 SUTD가 네 번째 국립대학이다. 그런 만큼 SUTD의 설립은 싱가포르의 맥락 위에서 상당한 전략적 의미를 갖는 것이라 할 수 있다.

특히, SUTD는 설립 과정에서부터 미국의 MIT와 중국의 절강대학을 양대(兩大) 전략적 협력 파트너로 선정, 그들을 SUTD의 교육 프로그램 개발 및 운영에 깊숙이 참여시켰다. MIT로부터는 커리큘럼의 개발에 많은 아이디어를 얻었으며, 절강대학에는 학생들을 대거 파견하여 중국 현

6%80%A7%E4%BA%92%E8%81%94%E4%BA%92%E9%80%9A%E7%A4%BA%E8%8C%83%E9%A1%B9%E7%9B%AE/18793878?fr=aladdin. (2017年 11月 9日 檢索)

장에 대한 이해를 제고시켰다. 그러한 협력과 함께 3개 대학의 교수 및 연구원 간 국경을 넘은 연구 협력 네트워크도 생겨나고 또한 확대·강화되었을 것으로 추정해 볼 수 있다. SUTD, MIT, 절강대학은 모두 교육을 통한 기존 지식의 전수를 넘어 새로운 지식을 창출하는 데 초점을 맞춘 ‘연구중심대학(research university)’을 표방하고 있기 때문이다.

그런데 SUTD가 MIT, 절강대학과 구축한 연구 네트워크의 구조와 성격에 대해서는 알려진 바가 거의 없다. SUTD가 미국의 MIT, 중국의 절강대학과 구축해 온 연구 네트워크의 구조와 성격은 SUTD, 더 나아가 싱가포르가 미국과 중국에 접근하는 방식과 싱가포르 자신의 전략적 포지셔닝을 부분적·간접적으로나마 드러낸다는 점에서 면밀한 주의와 해석의 가치가 있다. 그럼에도 그에 대한 연구가 전무한 것은 SUTD의 설립이 비교적 최근의 일이어서 실증적 분석을 위한 데이터의 축적이 미흡했던 탓이 크다.

하지만 SUTD가 정식 개교한 지 5년이 넘게 흘렀고, MIT 및 절강대학과 개교 전부터 추진한 각 7개년의 협력기간이 마무리된 현시점에서는 실증적 분석을 위한 여건이 어느 정도 갖춰졌다고 볼 수 있다(SUTD 2017). 즉, 3개 대학 간의 협력 연구 네트워크를 이들이 그간 발표한 다수의 공저 논문들을 분석해 일정 정도 파악할 수 있게 된 것이다. 그리고 이것이 바로 아래 본 연구에서 수행하고자 하는 작업이다. 이 작업을 통해, 싱가포르가 SUTD에 기대하고 부여한 임무가 실제 어떤 방식으로 구현되며 또 그 초기적 성과가 어떠한지를 살펴보고 그로부터 우리가 얻을 수 있는 유의미한 정책적 함의는 무엇인지 논의해 보고자 한다. 앞서 소개한 은종학(Eun 2015)의 연구가 분석 대상 시기를 2012년까지로 한정했던 만큼, 그 이후 설립되고 운영되어 온 SUTD에 대한 본 연구의 미시적 분석은 기존의 연구를 업데이트하고 심화한다는 점에서도 의의가 있을 것이다.

II. 접근법과 연구설계

SUTD의 해외 연구 네트워크에 대한 기존의 연구가 거의 전무했던 만

큼, 본 연구에서는 SUTD의 네트워크를 다양한 차원에서 분석·종합하여 SUTD의 전략과 실천을 실증적으로 파악해 보고자 한다. 미지의 대상에 대한 ‘탐색적 연구(exploratory research)’인 만큼 연구 가설을 엄밀하게 사전 규정하고 그를 검증하는 방식을 택하기보다는 SUTD의 해외[특히 대중(對中), 대미(對美)] 네트워크의 구조와 성격을 밝힐 수 있는 다양한 네트워크 분석기법들을 활용하고자 한다. 보다 구체적인 자료수집 및 분석방법은 아래와 같다.

SUTD가 MIT 및 절강대학과 구축한 연구 네트워크를 분석하기 위하여 필자는 SUTD 소속 교수 및 연구원이 MIT 혹은 절강대학의 교수 및 연구원과 ‘공동저자(co-authorship)’로 발표한 SCI(공학 및 자연과학) 및 SSCI(사회과학) 논문의 서지자료를 Web of Science(WOS) DB로부터 추출·정리하였다. 그렇게 추출·정리한 자료를 대상으로 다양한 네트워크 분석(network analysis)을 실시하였다. 위에서 언급한 바와 같이 본 연구는 ‘탐색적’ 연구인 만큼 SUTD가 두 전략적 협력 대상 대학과 형성한 네트워크의 다면(多面)을 여러 층차에서 복합적으로 조명해, 그 구조와 성격을 살펴보고자 하였다.

본 연구에는 네트워크 분석 전용 컴퓨터 소프트웨어인 Netminer 4.0을 활용하였다. Netminer 4.0은 네트워크 분석에 필요한 수학적 계산과 시각화(visualization)을 돕는 도구로, 그 이론적 기초와 계산법은 네트워크 분석의 교과서로도 통하는 와서만과 파우스트(Wasserman & Faust 2009)의 것을 준용하고 있다. 따라서 Netminer 4.0을 활용한 본 논문의 분석은 표준적인 네트워크 분석 방법론을 따르는 것이라 할 수 있다.⁴⁾

하지만, 여러 층차에 걸친 분석, 예컨대 전체 네트워크의 속성을 나타내는 지표를 바탕으로 한 거시적 분석, 네트워크 속 특정 주체의 지위와 역할을 나타내는 지표를 바탕으로 한 미시적 분석, 그리고 전체 네트워크의 하위 집단에 대한 중시적 분석을 모두 수행하여 SUTD를 둘러싼 네트워크의 양상을 복합적으로 분석·기술한 것은 본고 나름의 독특한 시도라 할 수 있을 것이다.⁵⁾

4) 네트워크 분석은 Netminer 4.0 외에도 UCINET, Pajek 등 여타 소프트웨어를 사용해 수행할 수도 있지만 그들을 사용해 분석한다 해도 본고에서 시도한 분석의 결과는 달라지지 않는다.

본 연구에 활용된 다양한 네트워크 분석기법 하나하나의 수학적 기초와 그 컴퓨터상에서의 기법에 대한 자세한 소개는 지면상의 이유로 간략화하고자 한다. 다만 본 연구에서 활용한 개별 네트워크 분석기법들은 와서만과 파우스트(Wasserman & Faust 2009)에 기초하고 있는 만큼, 수학적 기초와 전개에 대해서는 위 책을 참고할 수 있다. 한편 와서만과 파우스트(Wasserman & Faust 2009)에 소개된 것이 아닌 분석의 경우에는 아래 본문 중에 분석 결과를 소개할 때 그 분석방법에 대한 설명을 추가하는 것으로 (본서의 다양한) 분석방법에 대한 소개를 대신하고자 한다.

위와 같은 접근법에 따라 실제로 WOS로부터 자료를 추출해 본 결과, 2010년부터 2016년 말까지 SUTD와 MIT가 공동으로 수행·발표한 SCI 및 SSCI 논문은 총 95편, SUTD와 절강대학이 공동으로 수행·발표한 논문은 총 69편이었다. 그리고 이들을 본 연구의 주된 분석대상으로 삼았다.

그리고 위에 언급한 95편과 69편의 논문을 초벌 분석하는 과정에서 한 가지 흥미롭고도 중요한 사실을 발견하였다. 그것은 SUTD, MIT, 절강대학 3자가 동시에 공동저자로 참여해 발표한 논문은 단 1편이란 점이다.⁶⁾ 즉, SUTD-MIT 공동연구 논문 95편과 SUTD-절강대학 공동연구 논문 69편 간 교집합은 오직 하나뿐이었다. 이는 SUTD가 미국 MIT와 형성하는 네트워크와 중국 절강대학과 형성하는 연구 네트워크가 사실상 상호 분리되어 있음을 시사하는 것이다. 실제로 SUTD와 MIT의 교수 및 연구원이 공저로 발표한 논문 95편과 SUTD와 절강대학의 교수 및 연구원이 공저로 발표한 논문 69편을 통해 확인할 수 있는 기관 간 협력 연구 네트워크 전체를 시각화해 보면 <그림 1>과 같다.⁷⁾ <그림 1> 속에는 SUTD, MIT, 절강대학은 물론, SUTD와 MIT 간 95편의 공저 논문의 생성에 참

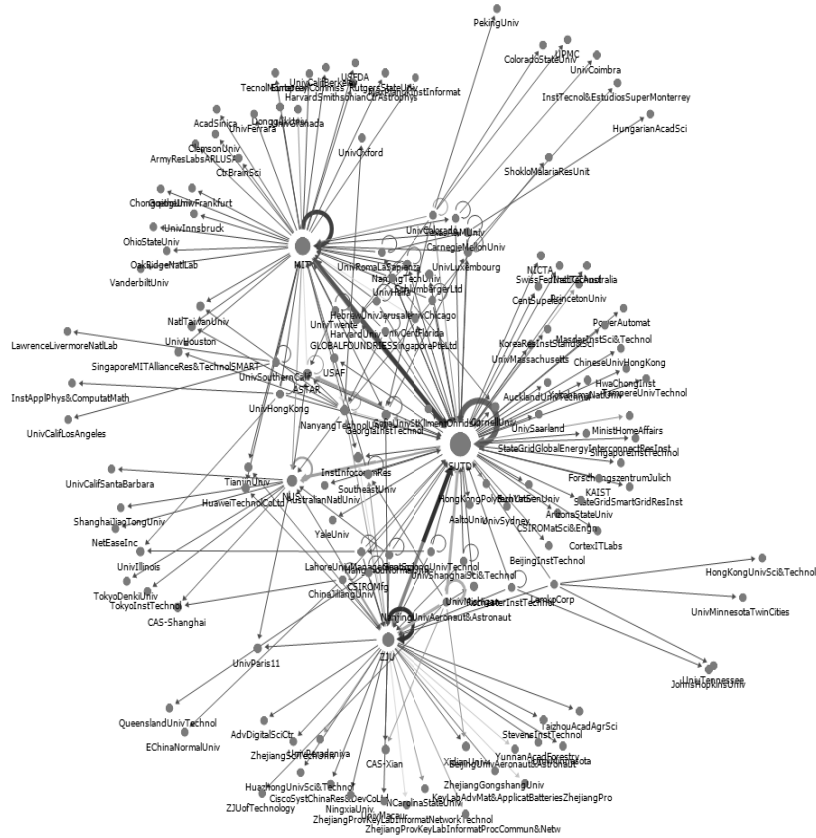
5) 본 연구는 SUTD에 초점을 맞춘 미시적 연구이지만 SUTD의 네트워크를 분석함에 있어서는 네트워크의 거시·중시·미시적 측면을 모두 살필 것이다.

6) 이 한 편은 매기 외(Magee et al. 2012)의 “Beyond R&D: What Design Adds to a Modern Research University”인데 이 논문은 SUTD를 사례로, 디자인중심교육과 이공계 연구중심대학의 목표가 갈등 없이 어우러질 수 있는지 여부와, 동서양의 문화를 아우름으로써 혁신을 촉진할 수 있는지 여부를 이론적으로 검토하고 있다.

7) 95편과 69편 중 겹치는 논문은 단 1편이어서, <그림 1>에 표시된 네트워크는 총 163편(95+69-1)의 논문이 집필되는 과정에서 형성된 공저자 간 네트워크를 그들의 소속기관을 기준으로 하여 시각화한 것이다.

여한 또 다른 82개의 기관들과, SUTD와 절강대학 간 69편의 공저 논문의 생성에 참여한 또 다른 66개 기관들(이들 중 일부는 위 82개의 기관과 중첩된다)이 ‘점’, 즉 ‘노드(node)’로 표시되어 있고 공저를 통해 생성된 노드 간 연계를 ‘선’, 즉 ‘링크(link)’로 그려져 있다. 링크는 방향성을 갖는 화살표로 표시되어 있는데 화살표의 원점은 교신저자가 속한 기관을 표시하고 화살표의 종착점은 공동저자가 속한 기관을 표시한다. 노드의 크기는 논문의 편수, 링크의 두께는 공저 연계의 횟수를 반영하고 있다.

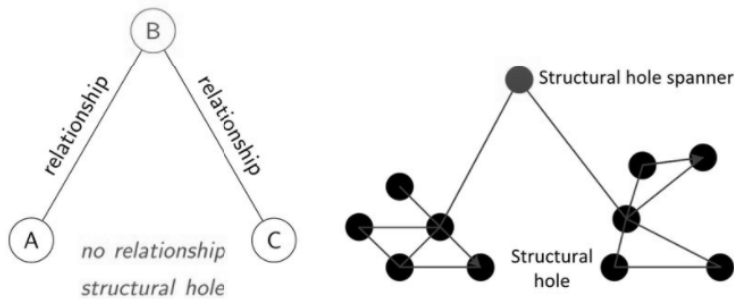
<그림 1> SUTD-MIT-절강대학 연구 협력 네트워크



- 필자 작성(Netminer 4.0 활용)
- 가운데 큰 노드가 SUTD, 좌상단의 큰 노드가 MIT, 중하단의 큰 노드가 절강대학(ZJU)

<그림 1>에서 보듯, SUTD와 MIT, 그리고 SUTD와 절강대학(ZJU) 간에는 두꺼운 링크가 형성되어 있으나 MIT와 절강대학 사이에는 그렇지 못하다. 이는 SUTD, MIT, 절강대학 3자가 함께 협력 연구한 사례가 극히 적은 데서 기인하는 것이다. SUTD가 MIT와 절강대학을 동시에 전략적 협력 파트너로 삼았음에도 3자가 공동으로 참여하는 연구가 이렇게까지 적은 것이 SUTD의 의도와 기획에 의한 것인지는 불분명하지만, 결과적으로라도 SUTD가 스스로를 두 가지 서로 다른 세계의 가운데에 위치시켰다는 점은 다음과 같은 이유에서 주목할 만하다.

<그림 2> 개념: 구조적 틈새(Structural Hole)



• 황홍 외(Huang et al. 2014)

네트워크에는 ‘구조적 틈새(structural hole)’라는 것이 있을 수 있다. 구조적 틈새라는 개념은 사회학자 버트(Burt 1995)가 처음 제기한 것으로, 서로 다른 클러스터(내부적으로 조밀하게 연결된 그룹)들 사이에 존재하는 공백을 지칭한다(<그림 2> 참조). 그리고 그곳에 위치한 이, 즉 구조적 틈새를 메우는 이(structural hole spanner)는 상이한 그룹으로부터 나오는 이질적인(혹은 중복되지 않은) 정보를 모두 취함으로써 특별한 우위(advantage)를 누릴 수 있고, 두 그룹 중 어느 한 곳에 속한 이들보다 더 혁신적인 아이디어를 창출해낼 가능성도 크다고 알려져 있다(Burt 1995; Burt 2004; Lou & Tang 2013; Huang et al. 2014). 이와 같은 관점에서, SUTD는 MIT를 중심으로 한 클러스터와 절강대학을 중심으로 한 클러스터 사이의 공백에 자리를 잡음으로써 이른바 ‘구조적 틈새’에 잠재된 가능

성을 구현하려 했다고 볼 수 있다.

위와 같은 이해를 배경으로 하여 아래에서는, SUTD가 MIT, 절강대학교와 각기 형성한 두 가지 네트워크(SUTD-MIT 네트워크 vs. SUTD-절강대학교 네트워크)의 ‘성격’과 ‘내용’, ‘구조’를 실증적으로 비교 분석해 보고자 한다. 다각도의 분석을 통해, SUTD가 두 전략적 파트너를 어떻게 활용하고 그들과의 연계를 통해 무엇을 얻고 또 자신의 위상을 어떻게 구축해 가는지를 보다 깊이 있게 이해해 보고자 한다. 이어 논문 말미에서는 이상과 같은 분석으로부터 우리가 참고할 수 있는 정책적 함의가 무엇일지 논의해 보고자 한다.

Ⅲ. 두 네트워크의 성격과 연계의 강도

두 네트워크(<그림 3> 참조)의 성격은 각 네트워크를 구성하는 노드(기관)들이 얼마나 ‘쌍방향적’으로 연결되어 있느냐 하는 관점에서 비교해 볼 수 있다. 여기서의 방향이란 공저 논문 속의 교신저자로부터 여타 참여저자들로 향하는 방향을 뜻한다.⁸⁾ 즉, 쌍방향성이 크다는 것은 공동연구에 참여한 두 기관이 서로 번갈아 가며 교신저자의 역할, 즉 논문을 기획하는 주도적 역할을 맡았음을 의미하며, 반대로 단방향성이 크다는 것은 두 기관 중 어느 하나가 줄곧 교신저자의 역할을 도맡아 왔음을 의미한다.

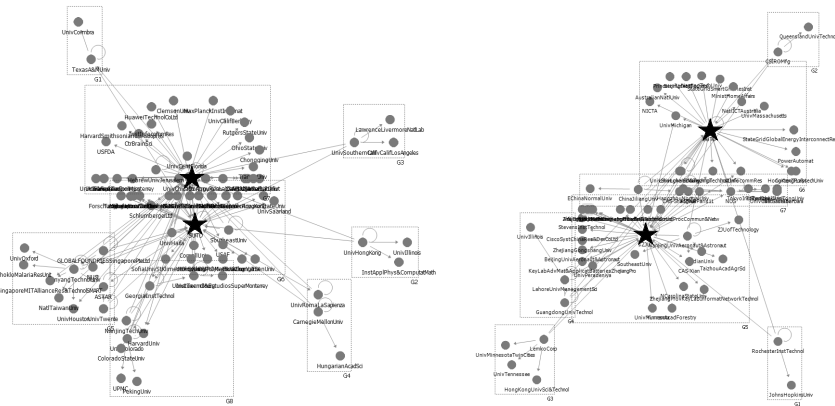
네트워크 분석에서 쌍방향성의 정도를 파악할 수 있도록 해주는 것은 ‘상호성(reciprocity)’ 지표(연결된 모든 노드 쌍들 중에서 쌍방향으로 연결된 노드 쌍의 비율)이다. 이 지표의 계산 결과, SUTD-MIT 네트워크에서는 그 수치가 0.116, SUTD-절강대학교 네트워크에서는 그 수치가 0.082로 나타나, 전자의 쌍방향성이 상대적으로 큼을 확인할 수 있었다. 반면, SUTD-절강대학교 네트워크는 상대적으로 단방향성 연계로 구성된 측면이 크다고 볼 수 있다.

8) 교신저자(교신저자가 여럿인 경우 그중 첫 번째로 나열된 제1교신저자)가 연구를 주도하였다는 전제 위에서 방향성 분석을 수행하였다.

<그림 3> 두 개의 네트워크

(a) SUTD-MIT 네트워크

(b) SUTD-절강대학 네트워크



▪ 필자 작성(Netminer 4.0 활용)

▪ (a) 위의 별이 MIT, 아래의 별이 SUTD/ (b) 위의 별이 SUTD, 아래의 별이 절강대학

조금 다른 각도에서, 네트워크를 이루는 여러 기관들이 얼마나 ‘수직적으로’ 연결되어 있는지를 ‘위계성(hierarchy)’ 지표를 통해서 확인해 볼 수 있다. 분석 결과, SUTD-MIT 네트워크에서는 위계성 지표의 수치가 0.971, SUTD-절강대학 네트워크에서는 0.995로, 후자의 수직 위계성이 더 큰 것으로 나타났다. 다시 말해, SUTD-MIT 네트워크가 보다 수평적인 속성을 갖는다는 것이다. 이는 위의 쌍방향성 정도에 관한 분석 결과와도 상응하는 것이라 할 수 있다.

또한, 두 네트워크가 각기 얼마나 많은 수의 핵심적 기관을 갖고 있는지를 파악하여 두 네트워크의 ‘다핵성’ 정도도 파악해 볼 수 있다. ‘보우-타이(Bow-Tie)’ 분석을 통해 이른바 ‘GSCC(Giant Strongly Connected Component)’가 두 네트워크 속에 얼마나 많이 존재하는지를 파악함으로써 다핵성 정도를 알 수 있다.⁹⁾ 본 연구의 맥락 속에서 GSCC란, 공동 연구를 자주 주도하는 교신저자 기관이면서 동시에 공동 연구의 참여자로

9) Bow-Tie 모델과 GSCC의 도출 방법에 관해서는 르위스(Lewis 2009)의 논의를 참조할 것.

자주 초청받는 참여저자 기관을 지칭한다.

보우-타이 분석 결과, SUTD-MIT 네트워크 속에서는 9개의 기관 [SUTD, MIT, A*Star(싱가포르 과학기술청), NTU(싱가포르 남양이공대학), 카네기멜론대학, 조지아텍, 텍사스A&M대학, 로마라사피엔자대학, 룩셈부르크대학)이 GSCC로 판명되었고, SUTD-절강대학 네트워크 속에서는 3개의 기관(SUTD, 절강대학, NUS(싱가포르국립대)]만이 GSCC로 판명되었다. 즉, SUTD-MIT 네트워크가 상대적으로 더 다핵적인 네트워크라고 할 수 있다.

위의 분석 결과들은 SUTD-MIT 네트워크가 SUTD-절강대학 네트워크에 비해 더 ‘쌍방향적’이고 ‘수평적’이며 ‘다핵적’으로 구성되어 있음을 보여준다. 이는 전자가 후자보다 성숙한 혹은 발전된 네트워크임을 시사한다.

한편 위와 같은 두 네트워크 속에서 SUTD가 전략적 협력 기관(MIT 및 절강대학)과 얼마나 탄탄하게 연계를 구축했는지도 살펴볼 가치가 있다. 이는 ‘링크 연결성(link connectivity)’ 지수를 계산해 확인할 수 있다. 링크 연결성 지수는 네트워크 속에서 특정 두 개의 노드(예컨대 SUTD와 MIT)가 (제3, 제4의 노드 등을 통해 간접적으로라도) 더 이상 연결되지 않고 완전 분리되기 위해 제거해야 하는 링크의 수를 의미한다. 계산 결과, SUTD-MIT 네트워크 속 양자의 링크 연결성 지수는 23이었으며 SUTD-절강대학 네트워크 속 양자의 링크 연결성 지수는 14였다. 이는, SUTD와 MIT가 SUTD와 절강대학보다 더 다면적으로 연결되어 있음을 보여준다. 요컨대, SUTD-MIT 네트워크가 SUTD-절강대학 네트워크보다 더 성숙했을 뿐 아니라, 전자의 네트워크 속에서 SUTD가 전략적 협력 기관(즉, MIT)과 보다 탄탄한 연계를 갖고 있음을 확인할 수 있었다.

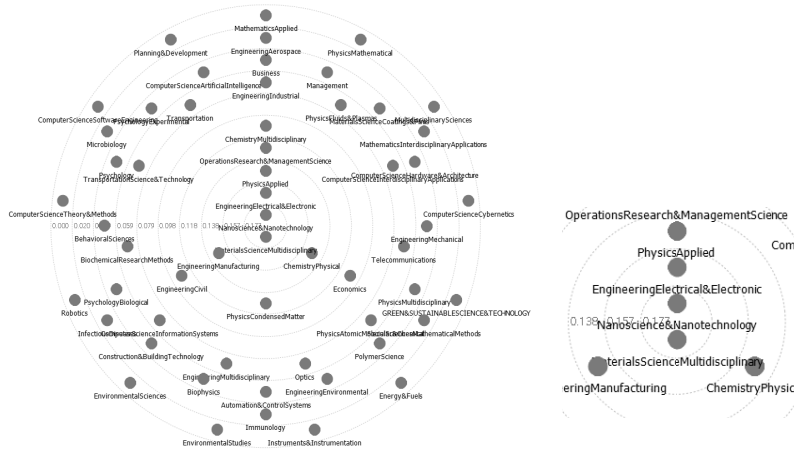
IV. 두 네트워크의 내용과 산학연 연계 경향

본 절에서는 SUTD-MIT 네트워크와 SUTD-절강대학 네트워크 속에서 진행되어 온 연구의 ‘내용적’ 측면을 중심으로 비교해 보고자 한다. <그림 4>는 두 개의 네트워크 속에서 생성된 연구논문들의 학문 영역

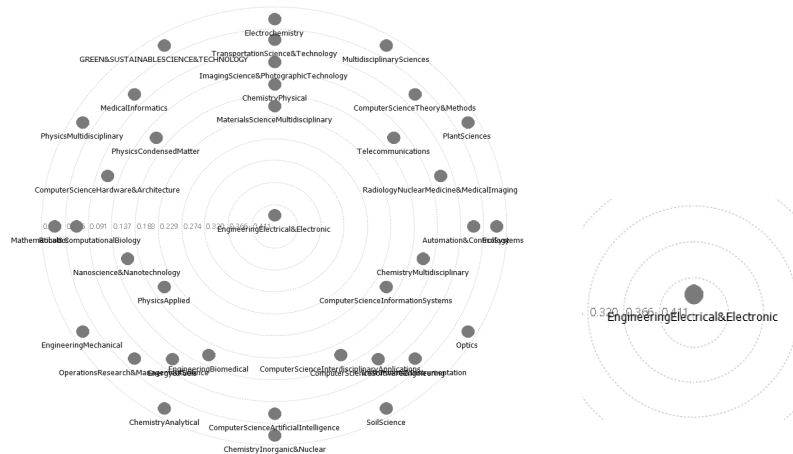
(Web of Science의 학문영역 분류법에 따름)을 빈도가 높은 순으로 중심에서부터 밖으로 멀어져가며 배열한 것이다. 즉, 중앙에 가까운 동심원 상에 표시된 학문영역이 해당 네트워크 속에서 주로 진행되는 연구 분야임을 뜻한다.

<그림 4> 네트워크 속에서 진행되는 연구의 주요 학문 분야

(a) SUTD-MIT 네트워크 (우측은 좌측그림 중심부 확대)



(b) SUTD-절강대학 네트워크 (우측은 좌측그림 중심부 확대)



▪ 필자 작성(Netminer 4.0 활용)

<그림 4>로부터 우리는, SUTD-MIT 네트워크 속에서 진행되는 연구는 물리학, 재료과학, 나노과학, 화학 등 기초 과학에 해당하는 연구가 상대적으로 많은 데 반해, SUTD-절강대학 네트워크 속에서 진행되는 연구는 전기전자, 통신, 컴퓨터 분야의 공학적 연구가 주종을 이룬다는 사실을 확인할 수 있다.

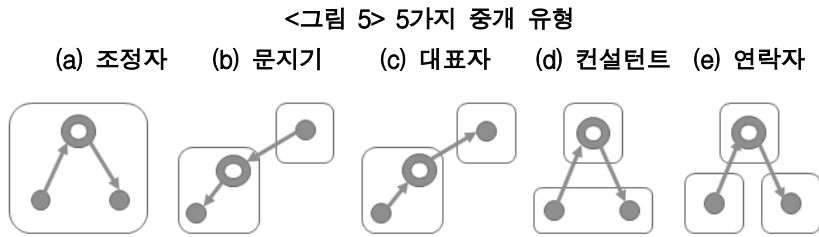
기초 과학 분야에 좀 더 초점을 맞춘 연구가 이뤄지는 SUTD-MIT 네트워크의 특징과 공학 분야에 좀 더 초점을 맞춘 SUTD-절강대학 네트워크의 특징은, 해당 네트워크 속에서 산출된 연구 성과가 실린 학술지의 면면을 통해서도 재확인할 수 있다. 전자의 경우 주요 학술지(해당 네트워크에서 산출된 연구 성과를 게재한 전체 학술지 중 게재 빈도 기준 3% 이상의 학술지)는 *Scientific Reports*, *Journal of Mechanical Design*, *Microelectronics Reliability*, *Applied Physics Letters*, *Nano Letters*, *Physical Review* 등이었으며, 후자의 경우 주요 학술지는 *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, *IEEE Transactions on Wireless Communications*, *IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems*, *IEEE Transactions on Communications* 등이었다. 후자의 경우는 모두 ‘국제전기전자기술자협회(Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE)’가 주관하는 공학 분야의 학술지들이었다.

본 연구에서 논하는 두 네트워크는 공히 연구 네트워크이지만, 이들 네트워크에는 대학 이외의 연구소와 기업들도 참여하고 있다. 즉, 산학연 연계가 이뤄지는 것이다. 그런데 위에서 살펴본 바와 같이 두 네트워크는 그 연구의 내용상에 차이가 있어 산학연 연계의 정도에 있어서도 차이가 있을 것임을 짐작할 수 있다.

한 가지 가능한 추론은, 응용적 성격이 강한 공학 분야의 연구가 많은 SUTD-절강대학 네트워크에서 SUTD의 산학연 연계가 (SUTD-MIT 네트워크에서보다) 더 적극적이라라는 것이다.

본 연구에서는 위 가설적 추론을 실증하는 한편 SUTD의 역할을 보다 심도 있게 파악하기 위하여 이른바 중개(brokerage) 유형 분석을 실시하였다. 중개 유형 분석은, 네트워크 속 노드(본 연구의 경우, 기관)가 수행하는 두드러진 역할을 판별하는 데 활용하는 분석이다. 일반적으로 그 역할

유형으로는 다음의 5가지, 즉, ‘조정자(coordinator)’, ‘문지기(gatekeeper)’, ‘대표자(representative)’, ‘컨설턴트(consultant 혹은 itinerant)’, ‘연락자(liaison)’를 상징한다(<그림 5> 참조).¹⁰⁾



- 굴드와 페르난데스(Gould & Fernandez 1989, 93)의 논의 참조하여 필자 작성
- 네모는 동질적 집단(예컨대 기업들, 대학들, 연구소들)의 경계를 표시하고, 화살표로 표시된 연계 방식에 따라 고리모양 큰 원에 해당하는 노드의 중개 유형이 위 5가지로 분류됨

위 분석방법을 응용하여 본 연구에서는, 두 네트워크에 참여한 기관 모두를 ‘대학’, ‘연구소’, ‘기업’ 등 3가지로 분류하고, SUTD가 (대학이 아닌) 연구소, 기업 등 이질적인 조직과 협력하는, 즉, 산학연 연계하는 방식과 정도가 두 네트워크에서 어떻게 다르게 나타나는지 분석하였다. 특히, ‘조정자’는 같은 그룹 경계 속에서의 교류이며 나머지 4가지는 모두 (각기 다른 방식이기는 하나) 그룹의 경계를 넘어선 교류라는 점에서 산학연 연계라 할 수 있다는 점에 주목하였다.

중개 유형 분석 결과(<표 1> 참조), SUTD가 ‘대학’이란 그룹의 경계를 넘어 산학연 협력을 하는 경향성은 SUTD-MIT 네트워크 속(100-65.2=34.8)에서 보다 SUTD-절강대학 네트워크 속(100-44.3=55.7)에서 더 강하게 나타났다. SUTD와 두 전략적 협력기관(MIT 혹은 절강대학)과 비교를 해보아도, SUTD-MIT 네트워크 속에서는 SUTD가 MIT에 비해 산학연 협력을 하는 경향성이 낮으나(34.8<100-51.7), SUTD-절강대학 네트워크 속에서는 절강대학보다 그 경향성이 높았다(55.7>100-51.7). 이상과 같은 사실

10) 위 방법론에 관한 자세한 설명은 굴드와 페르난데스(Gould & Fernandez 1989)의 논의를 참조할 것.

은 SUTD가 절강대학과 구축한 네트워크 속에서 산학연 연계에 더 적극적이라는 앞서 제기한 가설을 실증적으로 뒷받침한다.¹¹⁾

<표 1> 산학연 연계: 중개 유형 분석

(a) SUTD-MIT 네트워크

	조정자 (Coordinator)	문지기 (Gatekeeper)	대표자 (Representative)	컨설턴트 (Consultant)	연락자 (Liaison)	총합 (Total)
SUTD	65.2%	8.2%	23.7%	1.3%	1.5%	100%
MIT	51.7%	6.4%	37.2%	2.4%	2.4%	100%

(b) SUTD-절강대학 네트워크

	조정자 Coordinator	문지기 Gatekeeper	대표자 Representative	컨설턴트 Consultant	연락자 Liaison	총합 Total
SUTD	44.3%	10.4%	37.0%	4.2%	4.2%	100%
절강대학	51.7%	12.1%	29.5%	3.4%	3.4%	100%

▪ 필자 분석

▪ 조정자 외 나머지 4가지 유형은 어떤 방식으로든 부분적으로나마 산학연에 참여하고 있는 것으로 볼 수 있음

보다 구체적으로, <표 1>에서 보듯 두 네트워크 속에서 핵심적인 기관들의 역할은 주로 ‘조정자(coordinator)’와 ‘대표자(representative)’의 역할이었다. <그림 5>에 표시한 바와 같이, ‘조정자’는 대학이라는 그룹의 경계 속에서 다른 대학과의 교류·협력이며, ‘대표자’는 다른 대학과의 교류·협력을 배후에 두고 더 나아가 연구소 혹은 기업과 교류·협력하는 것이다. 대표자의 역할은 SUTD-MIT 네트워크 속의 MIT(37.2)와 SUTD-절강대학 네트워크 속의 SUTD(37.0)에서 상대적으로 높게 나타났다.

11) 네트워크 속 노드가 동질의 노드와 연계하려는 정도가 얼마나 강한지를 검증하는 또 다른 분석인 호모필리(homophily) 분석을 통해서도 위와 같은 맥락의 결과를 얻을 수 있었다. 즉, SUTD-MIT 네트워크 속에서 SUTD가 교신저자 기관으로서 주도적으로 연계를 맺은 기관들 중 (SUTD와 같이) 대학인 경우의 비중은 74.2%로 높은 반면 SUTD-절강대학 네트워크에서는 그 수치가 57.9%로 낮았다. 후자의 경우 연구소 및 기업과의 산학연 연계 비중이 그만큼 더 높았던 것이다. 여기에서도 SUTD-절강대학 네트워크 속 SUTD의 산학연 연계 적극성이 확인된다.

이상 두 가지 역할에 비해 두드러진 역할은 아니지만 SUTD, MIT, 절강대학이 수행한 여타 세 가지 역할을 살펴보는 것도 의미가 있다. 우선, ‘연락자(liaison)’는 대학이 연구소 및 기업과 동시에 연계하는, 즉 3자의 이질적 기관이 함께 참여하는 산학연을 의미하는데, 그러한 연계는 SUTD-절강대학 네트워크 속의 SUTD가 가장 적극적임을 알 수 있다. 또한 ‘컨설턴트(consultant)’는 (3자의 동시 참여는 아니지만) 대학이 연구소계 혹은 기업계 중 어느 하나와 쌍방향 교류하는 산학연 연계를 의미하는데, 이 또한 SUTD-절강대학 네트워크 속의 SUTD가 가장 적극적인 것으로 나타났다.¹²⁾

V. 두 네트워크의 미시적 양상: 주요 기관들의 위상과 연계의 동기

본 절에서는 두 네트워크(SUTD-MIT, SUTD-절강대학)를 구성하는 주요 미시주체, 즉 SUTD, MIT, 절강대학 등 주요 기관들이 각 네트워크 속에서 차지하는 위상을 살펴보고자 한다. 또한 SUTD와의 연구 협력 네트워크 속에서 MIT, 절강대학이 수행하는 역할, 혹은 SUTD가 그들과의 전략적 협력을 통해 기대하는 역할이 무엇일지에 대해서도 논해 보고자 한다.

우선, 네트워크 속에서 비중이 크거나 혹은 영향력 크다고 판단되는 기관들을 추출하기 위하여, 두 네트워크 속 모든 노드(기관)들에 대해 ‘연결정도중심성(degree centrality)’과 ‘근접중심성(closeness centrality)’을 분석하였다. 연결중심성은 네트워크 속에서 해당 노드가 갖고 있는 링크의 수에 비례하여 커지며, 근접중심성은 해당 노드로부터 네트워크 내 나머지 노드들에 도달하는 평균 거리가 가까울수록 그 값이 커진다. <표 2>는 두 네트워크 속에서 각기 그 값이 큰 기관들을 순서대로 보여준다.

12) 한편 ‘문지기(gatekeeper)’는 연구소나 기업이 주도하는 공동 연구에 참여하여 다른 대학과의 연계를 책임지는 역할인데, 이는 SUTD-절강대학 네트워크 속의 절강대학에서 가장 두드러졌고 그 다음이 같은 네트워크 속의 SUTD였다(<표 1> 참조).

<표 2> 연결정도중심성 및 근접중심성 상위 기관들

(a) SUTD-MIT 네트워크

순위	기관명	연결정도 중심성	순위	기관명	근접 중심성
1	MIT	0.422	1	MIT	0.520
2	SUTD	0.373	2	SUTD	0.495
3	NTU	0.108	3	UnivColorado	0.422
4	UnivColorado	0.084	4	NTU	0.404
5	UnivHongKong	0.048	5	UnivHongKong	0.401
	UnivSouthernCalif	0.048		UnivSouthernCalif	0.401
7	UnivRomaLaSapienza	0.036	7	GlobalFoundries	0.392
	CarnegieMellonUniv	0.036	8	UnivRomaLaSapienza	0.389
	UnivTwente	0.036		CarnegieMellonUniv	0.389
	A*Star	0.036		GeorgiaInstTechnol	0.389
	NanjingTechUniv	0.036	12	UnivLuxembourg	0.389
	GeorgialnstTechnol	0.036		UnivTwente	0.386
	UnivHaifa	0.036		NanjingTechUniv	0.386
	TexasA&MUniv	0.036	15	UnivHaifa	0.386
	UnivLuxembourg	0.036		SoutheastUniv	0.384
	GlobalFoundries	0.036		UnivChicago	0.384
17	SoutheastUniv	0.024	15	HebrewUnivJerusalem	0.384
	UnivChicago	0.024	18	TexasA&MUniv	0.383
	HebrewUnivJerusalem	0.024	19	A*Star	0.380

(b) SUTD-절강대학 네트워크

순위	기관명	연결정도 중심성	순위	기관명	근접 중심성
1	ZJU	0.433	1	ZJU	0.526
2	SUTD	0.284	2	SUTD	0.461
3	NUS	0.149	3	NUS	0.415
4	NanjingUnivAeronaut	0.090	4	LemkoCorp	0.396
5	LemkoCorp	0.075	5	HangzhouNormalUniv	0.392
6	ChinaJiliangUniv	0.060	6	NanjingUnivAeronaut	0.384
7	RochesterInstTechnol	0.045	7	GuangdongUnivTechnol	0.381
	GuangdongUnivTechnol	0.045		ChinaJiliangUniv	0.381
	LahoreUnivManage	0.045	9	RochesterInstTechnol	0.374
	HangzhouNormalUniv	0.045		LahoreUnivManage	0.374
	CSIROMfg	0.045		CSIROMfg	0.374

▪ 필자 분석

• 공저 논문에서 교신저자가 여타 참여저자들에게 영향을 미치거나 그들을 주도한다고 보아, 중심성은 out-degree(화살표의 종착점이 아닌 원점에서 측정) 기준으로 계산하였음. (b) SUTD-절강대학 네트워크에 표시된 곳 이외의 기관들은 연결정도 및 근접 중심성이 소수점 셋째 자리까지 모두 '0'이어서 표시하지 않았음

<표 2>에서 보듯, 두 네트워크 속에서 SUTD와 그의 두 전략적 협력 기관(MIT, 절강대학)의 위상이 다른 기관들에 비해 훨씬 높은 것을 확인할 수 있다. 그럼에도 싱가포르의 SUTD가 미국의 MIT와 중국의 절강대학과 협력 네트워크를 구축하는 데 있어 적극적으로 참여한 싱가포르 국내의 여타 기관을 확인해 보는 것은 의미가 있을 수 있다.

<표 2>를 보면 우선 SUTD-MIT 네트워크에서는 싱가포르의 NTU(남양이공대학)와 A*Star의 연결정도중심성과 근접중심성이 공히 높게 나타난다. NTU는 이공계 비중이 큰 싱가포르의 대형 국립대학이고, A*Star는 싱가포르의 과학기술청으로 정책 연구개발을 주도하는 정부 산하 기관이다. 한편, SUTD-절강대학 네트워크 속에서는 싱가포르의 가장 대표적인 종합 국립대학인 NUS(싱가포르국립대)가 연결정도중심성과 근접중심성에서 공히 3위를 차지했다(<표 2> 참조). 이상의 결과는, SUTD-MIT의 연구 협력이 첨단 과학기술과 전략적 연구를 지향하는 경향이 강한 반면, SUTD-절강대학의 연구 협력은 좀 더 다방면의 연구를 포괄하는 경향이 있기 때문인 것으로 보인다. 다만 이는 아직 추론일 뿐 보다 정확한 판단을 위해서는 추가적인 연구를 필요로 한다.

위의 두 네트워크에서 SUTD, MIT, 절강대학의 위상이 높게 나타나는 것은 본 연구에서 두 네트워크를 SUTD-MIT 혹은 SUTD-절강대학의 연계로부터 식별하였기에 당연한 것이기도 하다. 오히려 더 주목할 것은, 두 네트워크에서 SUTD보다 그의 전략적 협력기관의 중심성이 더 높게 나타난다는 사실이다. 이는, MIT와 절강대학이 많은 연계를 형성할 수 있는 자산을 갖고 있고, SUTD는 자신이 직접 갖지 못한 두 전략적 협력기관의 연계 자산을 간접적으로나마 활용하고 있음을 시사하는 것이기도 하다.

그렇다면, SUTD의 두 전략적 협력기관은 각기 어떤 연계 자산을 가지고 있는 것일까? 한 가지 가능한 논리적 추론은, MIT는 미국 내 여러 기관들을 아우르는 허브(hub)로, 절강대학은 중국 내 여러 기관들을 아우르는 허브로 자리매김되어 있으리란 것이다.

이 가설적 추론을 실증적으로 검증하기 위하여 필자는, 두 네트워크 속에서 MIT, 절강대학이 연계를 맺고 있는 기관들을 모두 국가별로 분류한 뒤 추가로 호모필리(homophily) 분석을 실시하였다. 그를 통해, MIT가 미국 내

기관들과 연계하려는 정도, 그리고 절강대학이 중국 내 기관들과 연계하는 정도를 분석해 보았다.

호모필리 분석 결과, SUTD-MIT 네트워크 속에서 MIT가 미국 내 기관과 연계하는 정도는 42.9%, SUTD-절강대학 네트워크 속에서 절강대학이 중국 내 기관과 연계하는 정도는 55.3%였다. 두 수치 공히 낮다고 할 수는 없으나(즉, 해당 국가 내에서의 허브로 일정한 역할 수행), 절강대학이 중국 내 기관과 연계하는 정도가 MIT보다 더 커서 절강대학은 중국 내 ‘로컬 허브(local hub)’ 기능이 상대적으로 두드러지며, MIT는 미국뿐 아니라 세계 국가와 연계하는 ‘글로벌 허브(global hub)’ 기능이 비교적 크다고 볼 수 있다.

요컨대, 싱가포르의 SUTD는 절강대학이 중국 내 로컬 허브로, 그리고 MIT가 미국뿐 아닌 글로벌 허브로서 갖고 있는 연계 자원을 이들과의 전략적 협력을 통해 간접적으로 획득·활용하고 있다고 할 수 있다.

비록 위와 같은 모든 것을 SUTD가 사전에 기획했다고 보기는 어렵지만, SUTD가 MIT와 절강대학을 전략적 협력 파트너로 선정하고 교류를 이어온 것은, 파트너 기관들이 연계 자산을 갖고 일정한 공간에서 허브로서의 역할을 수행하며 SUTD의 발전에 기여하리라 판단했기 때문일 수 있다. 그런데 SUTD의 양방면(MIT 및 절강대학) 연구 협력을 재정적으로 뒷받침한 연구비 지원 기관 및 국가를 살펴보면, 그러한 협력적 연계가 SUTD의 일방적 공여에 의해 유지되고 있는 것은 아님을 확인할 수 있었다.

<표 3>은 SUTD와 두 곳의 전략적 협력 기관과 공동 연구에 연구비를 지원한 기관 및 그 기관의 소속 국가를 분석, 정리한 것이다. 각 공동 연구 논문의 연구비 지원기관은 해당 논문에 표기된 사사(acknowledgement)를 통해 파악하였다.

<표 3>에서 보듯, SUTD와의 공동 연구에 미국보다 중국이 연구비를 지원한 경우가 훨씬 많다.¹³⁾ SUTD-MIT 공동 연구에 미국 기관이 연구비를 지원한 것은 전체 95편 논문의 23.2%인 데 반해, SUTD-절강대학 공동 연구 논문 69편 중 55.1%가 중국 국가자연과학기금(NSFC)의 연구

13) 연구비 지원을 금액 기준으로 살펴보는 것이 더 의미 있을 수 있으나, 그에 관한 공개 자료가 없어 본 분석에서는 건수 기준으로 연구비 지원 상황을 파악하였다.

비 지원을 받았고 여타 중국 기관의 연구비 수혜까지 합산하면 중국 기관의 연구비 수혜를 입은 SUTD-절강대학 공동 연구의 비중은 매우 높게 나타난다.¹⁴⁾

<표 3> 공동 연구의 주요 재정지원 기관

(a) SUTD-MIT

연구비 지원기관	국가	편수	비중 (%)
NSF	미국	22	23.2
SUTD	싱가포르	17	17.9
SUTD-MIT IDC	싱가포르-미국	16	16.8
EU Marie Curie	EU	3	3.2

(b) SUTD-절강대학

연구비 지원기관	국가	편수	비중 (%)
NSFC	중국	38	55.1
NSFC-절강성	중국	19	27.5
Basic Res Program	중국	16	23.2
Fundament Res Fund for Cent Univ	중국	11	15.9
SUTD	싱가포르	10	14.5
NSFC-강소성	중국	6	8.7
863 High Tech	중국	6	8.7
MOE	중국	6	8.7
ITRUST	싱가포르	5	7.2
KeyS&TInnovation-절강성	중국	4	5.8
SRFDP	미상	4	5.8
SUTD-ZJU Res Grant	싱가포르-중국	3	4.3
S&T Specific Major	중국	3	4.3

▪ Web of Science DB 참조하여 필자 작성

한편, 싱가포르의 연구비 지원은 SUTD-절강대학 공동 연구보다 SUTD-MIT 공동 연구에 좀 더 집중되었다. <표 3>에서 보듯, SUTD가 단독으로 혹은 SUTD가 전략적 협력기관과 공동으로 마련한 기금에서 연구비가 지원된 것이, MIT와의 공동 연구의 경우에는 각각 17.9%, 16.8%인 데 반해, 절강대학과의 공동 연구의 경우에는 각각 14.5%, 4.3%에 지나지 않았다.

14) 논문 한 편의 공저자가 서로 다른 기관의 연구비 수혜를 입었을 수 있고, 그러한 중복으로 인해 <표 3> 각 항에 계산된 비중(%)은 서로 중복될 수 있고 그 총합은 100%를 넘을 수 있다는 사실을 유의할 필요가 있다.

위와 같은 사실은, '소득수준이 상대적으로 낮은 중국의 대학에 싱가포르가 연구비 지원을 해가며 전략적 연계를 구축하였으리라' 하는 통념을 불식시키는 것이며, 오히려 미국과의 연계에 싱가포르가 기울이는 노력에 주목하게 하는 것이기도 하다. 연구비 수혜 여부라는 간접적인 증거만으로 싱가포르의 전략적 움직임을 명확히 파악하기는 어렵지만, 싱가포르는 미국과의 협력 속에 SUTD의 역량을 배양하고 그를 바탕으로 중국 측의 협력을 유도하는 것으로 보인다. 특히, 싱가포르가 중국 측에 재정적 공여를 적극적으로 수행하기보다는 중국 측 파트너로 하여금 자국의 재원을 충분히 활용하여 싱가포르와의 국제 공동 연구에 참여하도록 하고 있음을 가늠해 볼 수 있다.

중국이 싱가포르와의 협력에 적극적인 이유가, 위에서 살펴본 것과 같이, 싱가포르로부터의 연구비 지원이라는 유량(flow)적 측면이 크지 않다면, 대안적 설명은 싱가포르가 구축한 저장(stock)적 측면에서 찾아볼 수 있다. 후자에는 싱가포르의 선진적 연구 설비와 플랫폼, 우수한 지적·인적 자원의 축적, 싱가포르-중국 간의 기존 인적 네트워크 등을 상정해 볼 수 있는데, 이들의 실제 역할이 정확히 어떠한지는 후속 연구들을 통해 확정될 필요가 있다.

VI. 요약 및 함의

싱가포르는 중국의 부상에 조용하는 기민성과 동서양의 국가들과 고르게 협력관계를 유지하는 전략적 균형성이 높다고 알려져 있다. 하지만 싱가포르의 그러한 속성을 뒷받침하는 미시적 차원의 분석은 깊이 있게 이뤄지지 못했다. 본 연구는 그러한 연구공백을 부분적으로나마 채우기 위해 수행되었다.

싱가포르-중국 간 개발 협력은 최근 제도화되고 확대·심화되었다. 싱가포르의 대중 협력에 있어 '과학기술'은 여전히 핵심적 위치를 차지하지만 최근 들어 '디자인'은 싱가포르의 경쟁우위를 구성할 요인으로 각광받고 있다. 그를 상징적으로 보여주는 것이 2012년 싱가포르 제4의 국립대학

SUTD의 설립이다.

SUTD는 설립 과정에서부터 미국의 MIT와 중국의 절강대학을 양대(兩大) 전략적 협력 파트너로 선정하였다. 이에 본고에서는 SUTD가 MIT, 절강대학과 구축한 네트워크의 구조와 성격을 사회네트워크 분석의 다양한 기법을 활용해 분석해 보았다.

분석의 첫 단계에서, SUTD가 미국 MIT와 형성하는 네트워크와 중국 절강대학과 형성하는 연구 네트워크가 사실상 상호 분리되어 있음을 발견하였다. 그리고 이는, SUTD가 MIT를 중심으로 한 클러스터와 절강대학을 중심으로 한 클러스터 사이의 이른바 ‘구조적 틈새’에 자리 잡음으로써 다양한 정보의 효율적 취득과 혁신적 아이디어의 창출이라는 가능성을 구현하려 한 것으로 평가할 수 있었다.

SUTD-MIT, SUTD-절강대학의 두 가지 네트워크에 대한 성격 비교에서는, 전자가 후자에 비해 더 ‘쌍방향적’이고 ‘수평적’이며 ‘다핵적’으로 구성된 성숙한 네트워크임을 확인할 수 있었고 SUTD는 전자의 핵심적 파트너인 MIT와 보다 더 탄탄한 연계를 구축하고 있음을 알 수 있었다.

두 네트워크의 내용 분석을 통해서는, SUTD-MIT 네트워크 속에서 진행되는 연구는 물리학, 재료과학, 나노과학, 화학 등 기초 과학에 해당하는 연구가 상대적으로 많은 데 반해, SUTD-절강대학 네트워크 속에서 진행되는 연구는 전기전자, 통신, 컴퓨터 분야의 공학적 연구가 주종을 이룬다는 사실을 확인하였다. 또한 응용적 성격이 강한 공학 분야의 연구가 많은 SUTD-절강대학 네트워크에서 SUTD의 산학연 연계 노력이 보다 활발하게 전개됨을 관찰할 수 있었다.

또한 두 네트워크를 구성하는 미시적 주체의 위상과 그들 간의 연계 배경에 대한 분석에서는 다음과 같은 사실을 확인할 수 있었다, SUTD의 전략적 연계 기관인 MIT, 절강대학은 네트워크 속에서 연결정도 및 근접 중심성이 SUTD보다도 높게 나타나, MIT와 절강대학이 각각 글로벌 허브와 중국 내 로컬 허브 역할을 담당하고 있음을 보여주었다. SUTD는 두 전략적 파트너의 그러한 위상과 연계 자산을 십분 활용하되, 그들과의 공동 연구에 대한 재정 지원에 있어서는 의외의 움직임을 보였다. 즉, 싱가포르의 연구비 지원은 SUTD-절강대학 공동 연구보다 SUTD-MIT 공

동 연구에 집중되었다. 반면 중국 측 파트너에 대해서는 중국 자국의 재원을 활용하여 싱가포르와의 국제 공동 연구에 참여하도록 하고 유도하는 듯 보였다. 비록 간접적인 증거에 기반한 것이지만, 싱가포르는 미국과의 협력 속에 SUTD의 역량을 배양하고 그를 바탕으로 중국 측의 협력을 유도하는 것으로 판단할 수 있었다.

중국 주변의 소규모 국가들에겐 부상하는 중국과의 관계를 어떻게 만들어 가야 할지가 중요한 전략적 문제이다. 바람직한 대중(對中)관계를 모색함에 있어 각국은 국제정치의 큰 틀 속에서 지혜를 발휘해야 하고 또 자국 경제를 활성화하고 기업 경쟁력을 높이기 위한 정책도 써야 할 것이다.

본 연구는 소규모 국가의 대중관계 구축의 이슈를 다루되, 다양한 해법을 포괄적으로 종합하기보다는, 싱가포르라는 아시아 선도 국가의 작은 사례를 통해 유의미한 함의를 도출해 보고자 하였다. 물론, SUTD라는 한 대학에 초점을 맞춘 본 연구에 한계는 있다. 본 연구 결과만으로 'G2'로 일컬어지는 미국과 중국 사이에서 싱가포르가 어떠한 전략적 행동을 하고 있다고 확정적으로 진단할 수 없다. 또한 그로부터 한국이 가야 할 길을 포괄적으로 제시하기에도 역부족이다. 하지만 이러한 미시적 연구가 거시적 연구와 담론에 보완적·구체적 제안을 더한다는 점에서는 의미가 있을 것이다.

무엇보다, 싱가포르 SUTD가 중국과 미국 사이의 구조적 틈새에 자신을 전략적으로 위치시키고, 미국과의 연계를 통해 기초 역량을 축적하는 한편 중국을 향해서는 산학연 연계를 다지고, 과학기술을 넘어 디자인의 영역을 개척하고 있다는, 본고가 밝힌 사실은 한국이 정책적 차원에서 참조할 만한 것이다.

| 참고문헌 |

1. 논문 및 단행본

- 은종학 (2009). “중국의 과학 역량에 대한 미시적 탐색: 학문적 리더십과 국제적 연구 네트워크.” 『중국연구』. 47권, pp. 449-477.
- _____ (2015). “네트워크 분석을 통해 본 중국 나노과학의 성과와 특성.” 『현대중국연구』. 제17권. 제1호, pp. 191-229.
- Asian Development Bank (1997). *Emerging Asia Changes and Challenges*. Manila: Asia Development Bank.
- Burt, R. (1995). *Structural Holes: The Social Structure of Competition*. Cambridge: Harvard University Press.
- _____ (2004). “Structural holes and good ideas.” *American Journal of Sociology*. Vol. 110, pp. 349-399.
- Calder, K. E. (2016). *Singapore: Smart State*. Washington DC: The Brookings Institution.
- Eun, J.-H. (2015). “Evolution of the Little Dragons’ Science Network with the Rise of China: A Bibliometric Analysis.” *China: An International Journal*. Vol. 13. No. 3, pp. 129-153.
- Gould, R. V. and R. M. Fernandez (1989). “Structures of Mediation: A Formal Approach to Brokerage in Transaction Networks.” *Sociological Methodology*. Vol. 19, pp. 89-126.
- Hobday, M. (2000). “East versus Southeastern Asian innovation systems: Comparing OEM- and TNC-led Growth in Electronics.” Kim, L. and Richard R. Nelson (eds.). *Technology, Learning, and Innovation*. Cambridge: Cambridge University Press, pp. 129-169.
- Huang, H., J. Tang, S. Wu, L. Liu and X. Fu (2014). “Mining Triadic Closure Patterns in Social Networks.” The 23rd International World Wide Web Conference (Seoul, Korea). April 7-11.
- Leipzig, D. M. (ed.) (2001). *Lessons from East Asia*. Ann Arbor, Michigan: University of Michigan Press.
- Lewis, T. G. (2009). *Network Science: Theory and Applications*. New Jersey: Wiley.
- Lou, T. and J. Tang (2013). “Mining structural hole spanners through information diffusion in social networks.” The 22nd International World Wide Web Conference (Rio de Janeiro, Brazil). May 13-17.

- Magee, C., P. Leong, J. Chen, J. Luo (2012). "Beyond R&D: What Design Adds to a Modern Research University." *International Journal of Engineering Education*. Vol. 28. No. 2, pp. 397-406.
- Rowen, H. S. (ed.) (1998). *Behind East Asian Growth: The Political and Social Foundations of Prosperity*. New York: Routledge.
- Wasserman, S. and K. Faust (2009). *Social Network Analysis: Methods and Applications*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Wong, P.-K. (1999). "National innovation systems for rapid technological catch-up: An analytical framework and a comparative analysis of Korea, Taiwan and Singapore." The DRUID Summer Conference on National Innovation Systems, Industrial Dynamics and Innovation Policy (Rebild, Denmark).
- Wong, P.-K. and A. Singh (2008). "From technology adopter to innovator: Singapore." Edquist C. and Lief Hommen (eds.). *Small Country Innovation Systems: Globalization, Change and Policy in Asia and Europe*. Cheltenham: Edward Elgar, pp. 71-112.
- World Bank (1993). *The East Asian Miracles*. Oxford: Oxford University Press.
- Zheng, Y. and L. F. Lye (eds.) (2016). *Singapore-China Relations: 50 Years*. Singapore: World Scientific.
- 吳曉波 (2007). 『激蕩三十年: 中國企業1978-2008』. 北京: 中信出版社.

2. 기타

- SUTD (2017). "MIT-SUTD's seven-year education collaboration a success." Press Releases.
- Wikipedia. "List of countries by GDP (PPP) per capita." [https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_countries_by_GDP_\(PPP\)_per_capita](https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_countries_by_GDP_(PPP)_per_capita). (accessed on December 12, 12)
- 百度百科. "中新(重慶)戰略性互聯互通示範項目." <https://baike.baidu.com/item/%E4%B8%AD%E6%96%B0%E7%BC%88%E9%87%8D%E5%BA%86%E7%BC%89%E6%88%98%E7%95%A5%E6%80%A7%E4%BA%92%E8%81%94%E4%BA%92%E9%80%9A%E7%A4%BA%E8%8C%83%E9%A1%B9%E7%9B%AE/18793878?fr=aladdin> (2017年 11月 9日 檢索)

| 논문투고일 : 2018년 01월 17일 |

| 논문심사일 : 2018년 02월 26일 |

| 게재확정일 : 2018년 03월 21일 |

ABSTRACT

Journal of Asia-Pacific Studies Vol. 25 No. 2 (2018)

An Analysis of the Newly Founded SUTD's Research Collaboration Network with China and USA

Eun, Jong-Hak

(School of Chinese Studies, Kookmin University)

Recent comparative studies on so-called the East Asian Little Dragons (e.g. South Korea, Taiwan, Singapore) showed that Singapore has been outstanding in adjusting herself to changing environments with the rise of China and also in maintaining strategic balance at the same time. Therefore, this study focuses on Singapore but further narrows down the focus to a micro-level actor, SUTD (Singapore University of Technology and Design). SUTD, the 4th Singaporean national university founded in 2012, deserves an in-depth study because it might represent the Singaporean national pursuit in a new era. This study analyzes the collaborative research networks that SUTD have formed with its two strategic international collaborators, i.e. MIT in USA and Zhejiang University in China. This study tries to figure out how SUTD has utilized heterogenous resources in USA and China through the strategic alliances and how SUTD has positioned itself within the international network for its best interest. Policy implications from the research findings are also discussed.

▪ Key words: Singapore, SUTD, Research Collaboration Network, China, USA