

RESEARCH ARTICLE

Development of Questionnaire for Examining Science Learning Network of Elementary School Students

Youngdae Kim¹ · Hakseong Kim^{2*}

¹Gangjin Jung-ang Elementary School

²Korea National University of Education

초등학생 과학 학습 네트워크 설문 도구 개발

김영대¹ · 김학성^{2*}

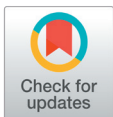
¹강진중앙초등학교 · ²한국교육대학교

*Corresponding Author: envir007@knue.ac.kr

ABSTRACT

This study developed questionnaires designed to measure student centrality and cohesion in small groups. Student centrality and small group cohesion were defined in terms of their effect on and relation to other students in a science learning network. Drafts of the questionnaire items were made, based on such operational definitions, and the questionnaire instrument composed of 6 items through 4 pilot tests and 5 validation verification. Application of the questionnaire to 168 students (42 small groups) in the sixth grade of elementary school showed that the students' centrality value (0~2) reached 0.293 on average and the small group cohesion value (0~1) 0.319, respectively. Unlike cohesion that showed normal distribution, the centrality values showed a positively skewed distribution toward the left. The majority of the students tested turned out to possess centrality of an ordinary level. This study devised methods of utilizing centrality and cohesion, which are relationship features of students in a small group in scientific inquiry activities. The questionnaire that was developed measured small group centrality and cohesion is expected to apply to school education.

Key words: Social network analysis, elementary student centrality, small group cohesion, relationship



OPEN ACCESS

Brain, Digital, & Learning
2021, Vol. 11, No. 4, 737-749.

<https://doi.org/10.31216/BDL20210047>

Received: November 16, 2021

Revised: December 09, 2021

Accepted: December 16, 2021

© 2021. Institute of Brain based Education,
Korea National University of Education



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Introduction

추론 중심의 과학 탐구는 과학교육의 중요한 학습 방법이자 연구 주제이다. 탐구 대상의 시·공간 규모가 광범위하거나 통제 불가능한 상황일 경우, 탐구 자료의 수집과 실험을 통한 검증 가능한 사례가 제한적이므로 (Libarkin & Schneps, 2012) 추론 중심의 탐구는 더욱 중요하게 다루어진다. 고등인지능력으로서의 추론은 실제 개인 간 맺고 있는 관계로부터 기원하고, 새로운 개념과 관계성은 부모, 친구 등 속해 있는 사회집단 내 구성원과의 상호작용을 통해 학습된다(Vygotsky, 1978). 이것은 학생들의 추론 능력 향상을 위해서 사회적 상호작용에 초점을 맞춰야 한다는 것을 시사한다.

과학 학습 상황에서 학생들의 상호작용은 주로 소집단 탐구 활동에서 집중적으로 나타난다. 소집단 탐구 활동에서 학생들은 관측 자료를 바탕으로 증거를 파악하고 현상의 발생순서 및 인과관계를 다각도로 모색하여(Libarkin & Kurd-ziel, 2006) 최선의 설명을 구성하는 과정을 거치게 된다(Libarkin & Schneps, 2012). 이 과정에서 학생들의 추론은 언어적 상호작용으로 나타난다(Jimenez-Alexiandre & Erduran, 2008; Sampson & Clark, 2008). 성공적인 상호작용은 학생의 활발한 활동 참여가 가능하도록 의견을 제시할 때의 두려움을 낮춰주고 문제를 해결에 도움을 줄 수 있으며, 이 과정에서 추론 능력을 향상에도 도움이 된다(Lumpe & Staver, 1995). Hanri et al. (2019)은 상호작용의 패턴이 길고 복잡할수록 더 높은 수준의 언어적 추론의 표현이 가능하다는 것을 실증적으로 밝히기도 하였다. 결국 활발한 상호작용을 이끌어내는 것은 학생들의 추론 능력 향상을 위한 중요한 요인이다.

활발한 상호작용이 나타나는 소집단 과학 탐구 활동을 위해서는 소집단 구성에 초점을 맞출 필요가 있다. 선행연구들은 주로 소집단의 특성을 성별, 학업성취도 등 개별 학생이 지닌 고유한 속성의 조합으로 파악하는 개별적·변수중심적 관점(Knoke & Yang, 2008)으로 파악해왔다. 소집단 구성원의 학업성취도 수준이나 성별이 어떠한가로 특성을 분석하는 것이 그 예이다. 그러나 개별적·변수중심적 관점에 따른 소집단 구성 방식에서 상호작용 결과의 차이는 일관되지 않거나 유의미한 차이가 나타나지 않았다. 성별을 기준으로 소집단을 구성하여 상호작용을 분석한 Hsu et al. (2018)의 연구에서는 유의미한 차이가 나타나지 않았다. 학업성취도 수준을 기준으로 소집단 내 상호작용을 분석한 Ryu & Sandoval (2015)의 연구 역시 학업성취도 상위집단과 하위 집단에서 모두 부정적인 특성이 나타났다. 이와 같은 결과는 소집단의 특성을 구성원들이 지닌 개별 속성의 조합이 아닌 다른 관점으로 전환할 필요성을 시사한다.

과학 탐구 소집단 활동에서 나타나는 상호작용은 학생들이 지닌 개별 속성보다는 상호 간에 어떠한 관계를 맺고 있느냐에 영향을 받을 수 있다. 학생 간 상호작용 과정에서는 성취감, 감탄, 경외와 같은 긍정적 정서 또는 시기, 경멸과 같은 부정적 정서가 나타난다(Weiner, 2007). 이와 같은 정서의 발생 여부는 학생 간 맺고 있는 사회적 관계에 의존적이며(Van Rossem et al., 2015) 상호작용을 촉진하거나 방해할 수 있다. 따라서 과학 탐구 소집단에서 나타나는 상호작용에 미치는 변인을 파악하고 이해하기 위해서는 학생들이 서로 어떠한 관계를 맺고 있는가를 파악하는 것이 필요하다. 협력에 대한 선행 연구들은 집단 내 구성원들의 사회적 관계 구조가 소집단 협력 과정에서 나타나는 상호작용에 영향을 미칠 수 있음을 제시한다(Barron, 2003; Hogan 2002). 이와 같이 학생 간 관계가 학생 소집단 활동에 영향을 미치는 중요한 변인이 될 수 있음에도, 관련 연구는 부족한 실정이다.

소집단 구성원 간의 관계 분석에 유용하게 활용할 수 있는 기법으로서 소셜 네트워크 분석법이 있다. 소셜 네트워크 분석법은 인간 행동의 인과관계 메커니즘을 개인이 맺고 있는 관계 구조로 설명하고자 하며, 중심성(centrality)과 응집성(cohesion)을 관계 구조를 나타내는 핵심 개념으로 설명한다(Knoke & Yang, 2008). 중심성은 집단 내 개인의 영향력을 나타내고, 응집성은 집단 구성원 상호 간의 결속력을 의미한다. 중심성과 응집성은 협력적 활동을 증진시키는 핵심 요소이며, 소집단 과학 탐구 학습에 영향을 미칠 수 있는 변인으로 고려될 수 있다. 이에 이 연구에서는 초등학교 학급 내 학생 간의 과학 학습과 관련된 관계에서 중심성과 응집성을 측정할 수 있는 설문 도구를 개발하였다.

Methods

Process of Developing the Questionnaire

학생들의 과학 학습 네트워크 설문 도구를 개발하기 위해 Bruque et al. (2008)의 네트워크 설문 도구 개발 과정 및 Wasserman & Faust (1994)의 관계 데이터 수집 기법을 고려하였다. Bruque et al.는 측정 항목에 대한 조작적 정의, 설문 문항 초안 구안, 문항의 적절성 확인 및 개선, 파일럿 테스트의 과정을 통해 이직에 영향을 미치는 네트워크를 조사하는 설문 도구를 개발하였다. 본 연구에서도 초등학교 학급 내 과학 학습과 관련된 학생 간 관계, 학생의 중심성, 소집단의 응집성에 대한 조작적 정의를 내렸고, 측정 항목에 대한 문항의 초안과 응답 방식, 척도를 구안하였다. 측정 항목에 대한 조작적 정의와 구안한 설문도구 초안은 과학교육 전문가 2인, 박사과정 2인으로 구성된 전문가 집단에 의한 5회의 내용 타당도를 검증받았으며, 초등학교 6학년 학생을 대상으로 4회의 파일럿 테스트를 통해 구성 타당도를 검증하였다.

Subjects

이 연구에서 개발한 설문 도구는 초등학생을 대상으로 개발하였다. 설문 도구 개발을 위해 참여한 대상은 설문 도구 구안을 위한 파일럿 테스트 대상과 본 연구를 위한 대상으로 구분된다. 설문 도구 구안 과정에서는 요인분석을 실시하였으므로 설문 도구가 조사하고자 하는 변수의 수와 대상자의 비율(Tak, 2007; Tabachnick & Fidel, 2007)을 고려하여 대상자의 수를 결정하였다. 설문도구 구안을 위한 파일럿 테스트는 총 4차에 걸쳐 진행되었으며, 총 대상의 수는 초등학교 6학년 266명(11개 학급)이었다. 본 연구를 위한 대상은 초등학교 6학년 7개 학급 168명이었다.

Table 1. The number of subjects

Division	Round	Students	Classes	Province
Pilot test	1	2	1	Chungbuk
	2	58	2	Gyeonggi
	3	61	2	Incheon
	4	145	6	Seoul
Main test		168	7	Jeonnam

Developing Response Methods of Questionnaire

Wasserman & Faust (1994)는 관계 데이터 수집을 위해서는 관계 유형의 수(단일관계/다중관계), 응답자에게 구성원의 명부 제공 여부(명부제공/자유회상), 응답자가 작성할 사람의 수 제한 여부(고정선택/자유선택), 관계 강도의 척도(상대평가/절대평가)를 고려해야 함을 제시하였다. 이와 같은 기법에 근거하여 이 연구에서는 학급 내 과학 학습 네트워크에서 동일 학생을 대상으로 내향 중심성과 외향 중심성을 측정하기 위해 다중 관계 데이터를 수집하였다. 더불어 학생이 다른 학생의 이름을 알고 있으므로 자유 회상 방식을 적용하였다. 응답자가 초등학생임을 고려하여 각 문항에 해당하는 학생의 수를 5명만 적도록 응답의 수를 제한하여 응답자의 부담을 줄이고 데이터의 수집 과정을 단순화시킬 수 있는 고정선택 방식을 적용하였다. 관계 강도의 척도는 절대평가 방식을 활용하였다. 상대평가로 제시할 경우 응답자 측면에서 동일한 연결 관계 강도를 지닌 다수의 학생을 부득이하게 상대적 분위기를 부여하여 구분해야 하므로 측정의 오류가 발생할 가능성이 크다. 따라서 이 연구에서는 1회의 응답 횟수를 1점으로 평가하는 절대평가 척도를 적용하였다(Grunspan, 2014; Landini et al., 2013).

Data Analysis Method

수집한 관계 데이터는 소셜 네트워크 분석을 통해 개별 학생의 중심성과 소집단의 응집성을 측정하였다. 설문 응답 결과 문항별로 작성한 학생의 이름을 1과 0의 숫자로 표현된 관계 행렬로 변환하고 소셜 네트워크 전문 분석 프로그램인 UCInet 6.0 (Borgatti et al., 2015)을 활용하여 중심성과 응집성 수치를 산출하였다. 학생의 중심성은 관계 행렬을 바탕으로 학생이 학급 내 다른 학생과 연결된 정도를 측정한다. g명의 학생이 있는 학급에서 학생 I(S_i)의 중심성은 S_i 가 나머지 (g-1)명의 다른 학생과 맺고 있는 연결 관계의 수를 합산하여 산출한다. 이때 학급 내 학생 수에 따라 중심성 수치가 달라지므로 UCInet에서는 학급 내 학생 수에 영향을 받지 않는 표준화된 중심성 수치를 산출하기 위해 Formula 1.을 활용한다(Wasserman & Faust, 1994).

$$\text{Formula 1. } C_d(S_i) = \frac{\sum_{j=1}^g x_{ij}^{in}}{(g-1)} + \frac{\sum_{j=1}^g x_{ij}^{out}}{(g-1)}, i \neq j$$

소집단의 응집성은 내향 중심성과 외향 중심성 측정 설문 문항에 대한 응답 결과를 소집단별로 나누어 소집단 구성 학생 간 연결될 수 있는 최대 연결 관계 수 대비 실제 연결 관계 수의 비율로 산출하였다. g명의 학생으로 구성된 소집단(G) 내 방향성을 가진 최대 연결 관계의 수는 g명의 학생 중 두 명의 학생을 선택하는 경우의 수 ${}_gC_2$ 인 $S_1 \rightarrow S_2$ 와 $S_2 \rightarrow S_1$ 은 서로 다른 관계이기 때문이다. 소집단 내 학생 간 실제 연결 관계의 수는 소집단(G)의 관계 행렬의 합인 $\sum_{i=1}^g d(G_i)$ 와 같다. 따라서 소집단 응집성(d)의 산출 공식은 Formula 2.와 같으며, 응집성 수치의 범위는 소집단 내 학생 간 연결 관계가 존재하지 않는 0에서 모든 학생 간 연결 관계가 존재하는 1까지의 범위를 갖는다. 소집단의 응집성이 1에 가까울수록 소집단 구성 학생 간 결속력이 커진다.

$$\text{Formula 2. } d = \frac{\sum_{i=1}^g d(G_i)}{{}_gC_2 \times 2}$$

Reliability and Validity Test of Questionnaire

구안된 설문 문항의 타당도 점검을 위해 연구자를 비롯하여 과학적 논증활동과 소셜 네트워크 분석에 대한 여러 편의 논문을 발표한 전문가 1인(전문가A), 과학교육 전문가 1인(전문가B), 소셜 네트워크 분석을 활용한 과학교육 연구를 진행하고 있는 박사과정 1인(박사과정A)과 지구과학교육 전공 박사과정 1인(박사과정B), 총 4인으로 구성된 전문가 집단을 구성하였다. 설문 문항의 타당도는 전문가 집단과의 5회의 내용 타당도 점검 및 4회의 파일럿 테스트를 통해 수집한 응답 자료의 요인 분석을 통한 구성 타당도 점검 과정을 거쳤다. 설문 문항의 신뢰도는 파일럿 테스트를 통해 수집된 응답 자료의 문항 내적 일관성 신뢰도 산출을 통해 확인하였다.

최종 개발한 설문 도구는 파일럿 테스트 대상과는 다른 학생들에게 적용하여 수집한 응답 자료를 바탕으로 학생의 개별 중심성 값과 소집단의 응집성을 산출하고 분포를 확인하여 설문 도구의 활용 가능성을 확인하였다.

Results and Discussions

Operational Definition of Science Learning Network

Science Learning Network

소집단 과학 탐구 활동은 2명 이상의 학생 간 과학적 의사소통이 이루어지는 문제 해결 과정으로서(Watson et al., 2004) 자료 해석, 대안 설명 제시 및 비교 과정이 이루어진다(Trend, 2009). 성공적인 소집단 과학 탐구 활동을 위해서는 과학 지식과 의견의 활발한 교환 과정이 활발히 일어나는 것이 중요하다. 이 과정은 평소 과학 지식 또는 의견을 교류한 경험이나 문제 해결에 필요한 지식을 보유한 동료 학생과 친밀한 관계가 형성된 정도 등에 영향을 받을 수 있다(Barron, 2003; Hogan, 2002). 이에 따라 이 연구에서는 과학 학습과 관련된 학급 내 학생들 간 형성된 관계를 ‘과학 학습 네트워크(science learning network)’로 명명하고, ‘학생 간 과학 학습과 관련된 지식, 정보, 의견, 도움의 교환이 이루어지는 관계’로 정의하였다.

Students' Centrality of Science Learning Network

중심성은 개인이 지닌 독립성, 자율성, 영향력 등을 관계에서 개인이 차지하는 중심적 위치의 관점에서 설명하는 개념이다(Scott, 2012). 어떤 개인이 다른 사람과 맺고 있는 관계는 일방향적인 관계일 수도 있고, 양방향성의 관계를 갖고 있을 수도 있다. 이에 따라 집단 내 개인의 영향력을 나타내는 중심성(Knoke & Yang, 2008)은 방향성에 따라 내향 중심성과 외향 중심성으로 구분된다(Wasserman & Faust, 1994). 내향 중심성은 집단 내 다른 구성원으로부터 영향력 지위를 인정받는 정도를 의미하고, 외향 중심성은 다른 구성원의 활동에 영향력을 행사할 수 있는 정도를 의미한다. 이와 같은 중심성에 대한 일반적인 정의를 바탕으로 이 연구의 과학 학습 네트워크에서 내향 중심성은 ‘개별 학생이 학급 내 다른 학생들로부터 과학 학습 능력, 발언의 신뢰성 등을 인정받고 있는 정도’로 정의하였다. 외향 중심성은 ‘개별 학생이 학급 내 다른 학생들의 과학 학습에 적극적인 도움을 제공하는 등 과학 학습에 개입하는 정도’로 정의하였다. 이 연구에서는 서로 다른 방향성을 가진 영향력인 내향 중심성과 외향 중심성을 합산하여(Kim & Kwak, 2011) ‘과학 학습 네트워크 내에서 다른 학생의 과학 학습에 영향을 미치는 개별 학생의 영향력 지위’를 중심성으로 정의하였다.

Students' Cohesion of Science Learning Network

응집성은 집단 구성원 간의 연결 관계 정도를 의미하는 개념으로 중심성과 함께 네트워크의 구조를 파악하기 위한 중요한 개념이자 지표이다(Wasserman & Faust, 1994). 응집성은 어떤 그룹 구성원 간 형성된 소속감을 의미한다. 소속감은 대체로 구성원 간의 유대관계를 토대로 형성되므로 응집성이 강한 집단은 유사한 신념과 가치, 정보를 공유하는 사람들로 구성되어 있을 가능성이 높다(Kwak, 2016). 따라서 응집성은 학급 내 구성된 소집단 별로 산출할 수 있는 지표로서 '과학 학습 네트워크 내에서 학생 간의 과학 학습 정보, 의견, 도움의 교환 등의 접촉 빈도에 따른 결속력'으로 정의하였다.

Draft Items and Response Types of Questionnaire

설문 문항은 이 연구에서 내린 과학 학습 네트워크와 중심성, 응집성에 대한 조작적 정의를 바탕으로 Table 2와 같은 2문항으로 구안하였다. 1번 문항은 특정 학생에 대한 과학 학습 능력을 인식하고 인정하는 정도를 의미하는 내향 중심성을 조사하는 문항으로 '학급 내에서 과학 지식이 많고 과학을 잘한다고 생각하는 학생'의 이름을 적도록 하였다. 2번 문항은 특정 학생의 과학 학습 관련 활동성을 의미하는 외향 중심성을 측정하는 문항으로 '학급 내에서 나에게 과학 학습과 관련하여 도움을 제공했던 학생'의 이름을 적도록 하였다. 2번 문항과 같이 외향 중심성을 측정하는 문항의 경우, 선행연구(Bruque et al., 2008)에서는 응답자 자신과 직접적인 관계가 없더라도 다른 사람을 관찰한 경험을 통해 활동성이 높은 사람을 적도록 문항을 구성하였다. 그러나 이 연구에서는 설문의 대상인 자기 중심성이 높은 초등학생의 특성 및 수준을 고려하여 자신에게 직접적인 도움을 준 경우만 작성하도록 초기 문항을 구성하였다.

개별 학생의 중심성은 1번(내향 중심성)과 2번 문항(외향 중심성)의 응답 수를 합산하여 산출하도록 하였다. 예를 들어, 20명으로 구성된 학급 A에서 학생 a에 대해 나머지 19명 중 10명의 학생이 내향 중심성 문항에 학생 a를 적고, 10명의 학생이 외향 중심성 문항에 학생 a를 적었다면, 학생 a가 갖게 되는 중심성은 내향 중심성 0.526과 외향 중심성 0.526를 합산한 1.052의 값을 갖게 된다.

소집단의 응집성은 응답 내용을 바탕으로 소집단 구성원 간 상호 지목 횟수를 통해 산출하도록 하였다. 예를 들어, 4명으로 구성된 소집단 A의 a, b, c, d의 상호 지목 관계가 'a→b, b→c, c→b'만 존재한다고 가정할 때, 4명 상호 간 존재할 수 있는 전체 관계의 수는 16명이고, 실제 존재하는 관계의 수는 3이므로 소집단 A의 응집성은 약 0.188로 산출된다.

Contents Validity Verification

설문 문항 초안에 대한 자료(Table 2)의 타당도 점검은 총 5차에 걸쳐 진행되었다. 논의 과정에서 초등학교 6학년 학생 2명을 대상으로 인터뷰한 결과를 활용하였으며, 전문가 A가 응답 유형 중 응답 수를 5명으로 제한한 고정선택 방식을 응답 수의 제한이 없는 자유 선택 방식으로 수정을 제안했다. 모든 학생이 5명보다 적거나 많은 관계를 가지고 있을 수 있으므로 측정 오류를 발생시킬 가능성이 있기 때문이다(Wasserman & Faust, 1994; Žnidaršič, 2012). 요인 분석을 통한 구성 타당도 점검 및 소셜 네트워크 분석 결과의 다양성을 위해 문항 수 확대의 필요성도 제기되었다.

Table 2. Items and response types of draft questionnaire

Direction	Item No.	Items	Response types
In-degree	1	Write names of anyone who you know both the most about scientific knowledge and good at science.	· multiple criterion recognition · free recall
Out-degree	2	Write name of anyone who helped you when studying science.	· fixed choice (5 person) · rating

이와 같은 의견을 바탕으로 응답 유형 중 고정선택 방식을 자유선택 방식으로 수정하고, 문항 수를 요인 당 1문항에서 3문항으로 확대하기로 하였다. 내향 중심성 문항은 ‘과학 지식’을 ‘과학 수업 내용, 과학 관련 현상, 과학 문제’로 상세화하여 3문항으로 확대하기로 했다. 외향 중심성 문항의 내용 중 ‘과학 공부’ 역시 ‘과학 현상, 과학 수업 내용’이 반영된 3문항으로 확대하기로 하였다. 이후 타당도 점검을 통해 설문 문항의 진술 내용을 수정하는 과정을 거쳤으며, ‘친구들, 모두 적어주세요’ 등과 같은 세부적인 표현 수정, ‘과학 교과서 내용 이해, 교사의 설명 이해, 과학 문제 해결 상황’의 구체적인 학습 상황 제시, 서술의 일관성 등을 개선하였다. 전문가 집단의 내용 타당도 점검을 통해 2개 요인 각 3문항씩 총 6문항의 설문 도구가 구안되었다.

Pilot Test Results

1st Pilot Test

구안된 설문 도구 초안은 초등학교 6학년 학생 2명을 대상으로 인터뷰를 진행하였다. 인터뷰는 설문 응답 소요 시간, 문항의 내용에 대한 이해도, 설문 응답 방식에 대한 이해도 점검을 목적으로 하였다. 학생들은 설문 문항의 내용을 정확히 이해하고 있었으며, 문항에 대해 큰 부담 없이 응답할 수 있었다고 반응하였다. 그러나 각 문항 당 응답 수를 5명으로 한정하는 것은 응답자의 의도와 관계없이 응답해야 하거나 더 많은 응답을 제한하게 된다는 의견을 제시하였다.

2nd Pilot Test

2차 파일럿 테스트는 초등학교 6학년 2개 학급 58명을 대상으로 실시하였으며, 3명의 학생을 무작위로 선정하여 문항 내용 및 응답 방식의 이해도 확인을 위한 인터뷰를 실시하였다. 파일럿 테스트 대상자의 수는 측정 변수와 표본 수의 비율이 1:5 이상이면 안정권이므로(Tabachnick & Fidel, 2007 ; Tak, 2007) 30명 이상의 학생을 대상으로 하였다.

2차 파일럿 테스트에서는 이 연구에서 조작적으로 정의한 내향 중심성과 외향 중심성을 타당하게 반영하고 있는지 확인적 요인분석을 실시하였으며, 분석 결과는 Table 3과 같다. 2개의 요인을 추출한 결과, 전체 분산의 75.34%가 설명되고 있었으나, 각 문항의 요인 부하량을 0.5 이상으로 설정할 때(Kang, 2013) 내향 중심성 3번 문항이 외향 중심성 요인에 해당하는 것으로 나타났다. 내향 중심성 3번 문항의 내용은 ‘우리 반에서 어려운 과학 문제를 잘 해결하고 설명하는 친구들의 이름을 모두 적어주세요.’였다. 이 문항에서 ‘설명하는’이라는 표현을 응답자 자신에게 설명했던 상황으로 이해하였기 때문으로 판단된다. 학생 인터뷰 결과에서도 일부 학생들이 ‘같은 내용을 묻는 문항이 많은 것 같았다’라는 의견을 제시하여 내향 중심성과 외향 중심성에 대한 문항의 내용이 명확히 구분되지 않고 있음을 확인했다.

Table 3. Result of factor analysis through 2nd pilot test

Division	Factor 1	Factor 2
	In-degree	Out-degree
In-degree Q2	0.952	0.180
In-degree Q1	0.892	0.162
In-degree Q3	-0.110	0.794
Out-degree Q1	0.344	0.786
Out-degree Q2	0.497	0.711
Out-degree Q3	0.427	0.669
Total	2.261	2.260
% of variance	37.681	37.659
Cumulative %	37.681	75.340
Number	2	4

3rd Pilot Test

2차 파일럿 테스트 결과를 바탕으로 전문가 집단과의 논의를 통해 문항을 수정하여 초등학교 6학년 2개 학급 61명의 학생을 대상으로 3차 파일럿 테스트를 실시하였다. 설문 응답 자료의 요인분석 적합성을 KMO(Kaiser-Meyer-Olkin)와 Bartlett 검정을 통해 확인했다. KMO 값 0.7 이상을 표본이 적절하다고 판단하는데 응답 자료의 KMO 값은 0.808 이었다. 또한, 변인 간의 상관을 검정하는 Bartlett의 구형성 검정 값은 유의수준(p) 0.05 이하일 때 적절하다고 판단하며, 본 설문 응답의 문항 간 상관은 유의수준이 0.000으로 산출되어 요인분석에 적합한 것으로 나타났다.

2개 요인을 추출한 결과, 전체 분산의 84.56%가 설명되고 있으며, 0.5 이상의 요인 부하량을 나타내는 문항을 해당 요인에 포함하는 것으로 판단할 때(Kang, 2013) 본 연구에서 조작적으로 정의한 내향 중심성과 외향 중심성의 2개 요인으로 구성된 것으로 나타났다(Table 4).

Table 4. Result of factor analysis through 3rd pilot test

Division	Factor 1	Factor 2
	In-degree	Out-degree
In-degree Q2	0.928	0.185
In-degree Q1	0.908	0.332
In-degree Q3	0.902	0.353
Out-degree Q1	0.171	0.888
Out-degree Q2	0.349	0.808
Out-degree Q3	0.279	0.797
Total	2.728	2.346
% of variance	45.467	39.096
Cumulative %	45.467	84.563
Number	3	3

4th Pilot Test

3차 파일럿 테스트 결과를 바탕으로 전문가 집단과의 논의 과정에서 대상 표본의 크기가 61명으로 절대적 표본크기 기준(Hair et al., 1995)에 비해 작으므로 대상 표본의 크기를 최소 100명 이상으로 확대하여 파일럿 테스트를 재실시해야 한다는 의견이 제시되었다. 따라서 4차 파일럿 테스트에서는 대상자를 늘려 요인분석을 실시하고 구성 타당도를 재확인하였다. 4차 파일럿 테스트는 초등학교 6학년 6개 학급, 총 145명을 대상으로 실시하였다. KMO는 0.875, Bartlett의 구형성 검정 값의 유의수준은 0.000으로서 문항 간 상관행렬이 요인분석을 실시하기에 적합한 것으로 나타났다.

4차 파일럿 테스트 결과 수집한 자료의 확인적 요인분석 결과는 Table 5와 같다. 2개 요인을 추출한 결과, 전체 분산의 86.14%가 설명되고 있으며, 0.5 이상의 요인 부하량을 기준으로 설정할 때, 3차 파일럿 테스트에서와 마찬가지로 본 연구에서 조작적으로 정의한 내향 중심성과 외향 중심성의 2개 요인으로 구성된 것으로 나타났다. 최종적으로 설문 문항의 문항 내적 일관성 신뢰도(Cronbach α)를 확인하였으며, 내향 중심성 0.883, 외향 중심성 0.913의 값을 나타냈다.

Table 5. Result of factor analysis through 4th pilot test

Division	Factor 1	Factor 2
	In-degree	Out-degree
In-degree Q2	0.855	0.309
In-degree Q1	0.825	0.432
In-degree Q3	0.797	0.440
Out-degree Q1	0.402	0.864
Out-degree Q2	0.326	0.862
Out-degree Q3	0.483	0.809
Total	2.550	2.619
% of variance	42.497	43.642
Cumulative %	42.497	86.139
Number	3	3

Final Questionnaire

내용 타당도 점검 및 파일럿 테스트를 통해 결정한 초등학교 내 과학 학습 네트워크 측정을 위한 최종 설문 도구는 Table 6과 같다. 학생 간의 과학 학습과 관련된 지식, 정보, 의견, 도움의 교환이 이루어지는 관계의 방향에 따라 내향 요인 3문항과 외향 요인 3문항 총 6문항으로 구성되었다.

Table 6. Items and response types of final questionnaire

Direction	Item No.	Items	Response
In-degree	1	Write names of anyone who you think having a good understanding contents of science textbook.	· multiple criterion recognition
	2	Write names of anyone who you think having a good grasp teacher's explanation in science class.	· free recall
	3	Write names of anyone who solving science questions well.	· free choice
Out-degree	4	Write name of anyone who helped you when you trying to understand science textbook contents.	· rating
	5	Write name of anyone who helped you understanding core contents of science class.	
	6	Write name of anyone who helped you solving science questions.	

Analysis of Centrality Using Final Questionnaire

최종 개발한 설문 도구를 초등학교 7개 학급, 168명에게 적용하여 수집한 응답 자료를 바탕으로 Table 7과 같이 학생의 개별 중심성 값을 산출하고 4차 파일럿 테스트 결과와 비교하여, Fig. 1과 같은 분포를 확인하였다. 소득 또는 부의 분포와 같이 인간관계에서 비롯되는 사회적 자본은 일반적으로 정적 편포를 보인다 (Grunspan et al., 2014; Lin, 2017). 이 연구에서 개발한 설문 도구의 대상인 중심성은 개인이 갖는 사회적 자본의 일종이므로 선행연구에서 밝힌 사회적 자본 분포와의 유사성을 확인하였다.

본 연구에서 산출한 개별 학생의 중심성 값(범위: 0.000~2.000)은 평균 0.293으로 나타났다. 이 값은 개별 학생이 학급 내 학생 수가 25명일 때, 과학 학습과 관련하여 평균적으로 3.8명과 관계를 맺고 있음을 나타낸다. 같은 설문 도구를 적용한 4차 파일럿 테스트와 본 연구에서 중심성 값의 분포는 관련 연구와 유사하게 좌측으로 편향된 정적 편포를 반복해서 나타났다. 이 결과를 통해 학급 내에서 과학 학습 활동과 관련하여 많은 학생과 관계를 맺고 있는 학생이 소수임을 확인할 수 있다. 집단 내에서 구성원들과 많은 관계를 맺고 있을수록 특정 정보나 자원의 교환 관계에서 유리한 위치에 있을 수 있다(Wasserman & Faust, 1994). 정보나 자원의 교환 관계에서 더 나은 협상 결과를 이끌어 낼 수 있고, 상대방에서 더 강한 영향력을 행사하며, 존경과 주목의 대상이 된다는 것을 의미한다(Hanneman & Riddle, 2005). 따라서 학급 내 학생 다수는 소수의 학생에게 과학 학습과 관련된 정보나 의견, 도움 교환 관계에서 강한 영향력을 받게 될 것을 예상할 수 있다. 영향력이 강한 일부 학생들이 소집단 과학 탐구 활동의 자료 해석 및 추론 검토 과정에서 다른 학생들에게 강한 영향력을 발휘할 수 있을 것으로도 예상할 수 있다.

Table 7. Comparing differences of student's centrality mean between result of 4th pilot test and main test

Division		N	Mean	SD	SE	t	p
Centrality	Pilot test	145	0.349	0.328	0.027	-1.707	0.089
	Main test	168	0.293	0.246	0.019		

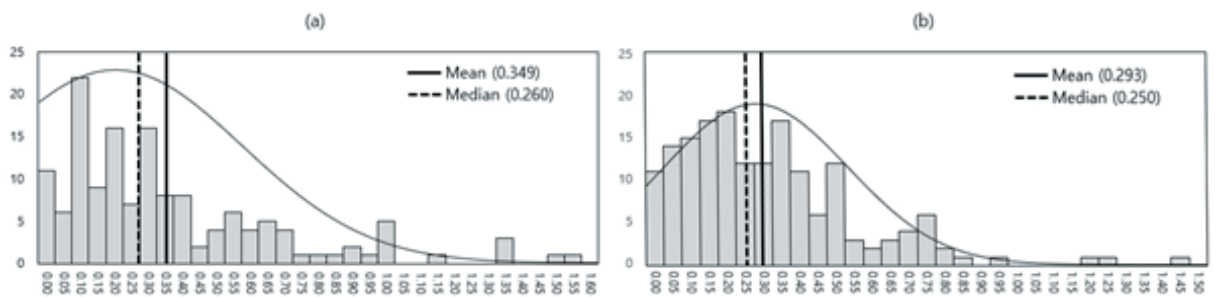


Fig. 1. Comparing distributions of centrality values between results of pilot (a) and main test (b)

Analysis of Cohesion Using Final Questionnaire

소집단의 응집성 값 및 분포 비교·분석 결과는 Table 8 및 Fig. 2와 같다. 소집단의 응집성 값(범위: 0.000~1.000)은 평균 0.319로 나타났다. 소집단 구성원 수가 4명일 때 존재할 수 있는 구성원 간 상호 연결 관계의 수는 12개로, 평균 응집성 값 0.319는 구성원 간 평균적으로 3.8개의 연결 관계의 수가 존재함을 나타내고 있다. 응집성 값의 분포는 학생의 개별 중심성 값과 달리 정규분포에 가까운 분포를 나타내고 있었다. 집단의 응

집성을 통해 구성원 간 정보 공유의 활발함 또는 결속력을 통한 집단행동의 가능성 정도를 파악할 수 있다 (Moody & White, 2003). 따라서 학급 내 대부분의 소집단은 과학 학습과 관련된 정보나 의견, 도움의 교환 정도나 결속력이 평균 수치를 나타내며 유사할 것으로 예상할 수 있다.

Table 8. Comparing differences of small groups cohesion mean between result of 4th pilot test and main test

Division		N	Mean	SD	SE	t	p
Cohesion	Pilot test	36	0.270	0.219	0.036	1.162	0.249
	Main test	42	0.320	0.168	0.026		

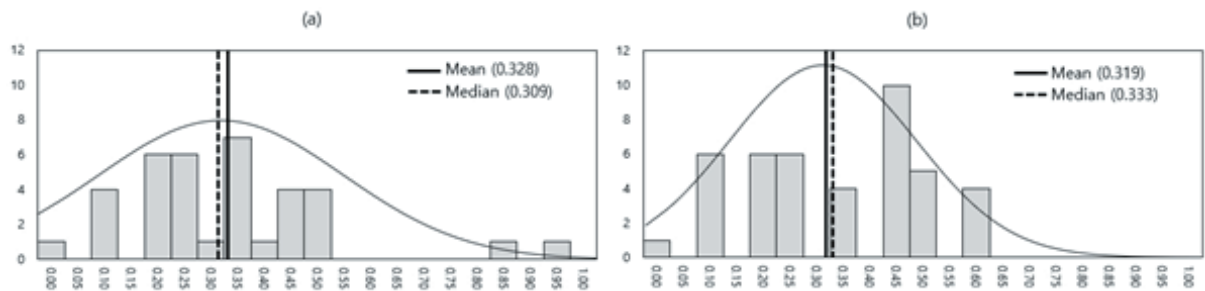


Fig. 2. Comparing distributions of cohesion values between results of pilot (a) and main test (b)

Conclusion and Suggestions

이 연구는 학생 간 형성된 관계가 탐구 학습 상황에서 일어나는 상호작용에 영향을 미친다는 관점을 바탕으로 초등학교의 과학 학습과 관련하여 형성된 비공식적 관계인 과학 학습 네트워크 내 중심성과 응집성을 측정하는 설문 도구를 개발하였다. 다른 요인을 측정하는 기존의 설문 도구와는 달리 문항 구성이 단순하고 수가 적지만 검사의 목적 및 초점이 명확하고 학생들이 문항을 쉽게 이해한다는 장점을 확인했으며, 전문가 집단의 논의 및 파일럿 테스트를 통해 측정 결과의 타당도와 신뢰도를 확인했다.

추론 중심의 과학 탐구 활동에서는 여러 학생 간의 상호작용을 통해 자연 현상에 대한 최선의 설명을 구성하게 된다. 이 과정에서 학생 간 의미 있고 활발한 상호작용이 일어나는 것이 중요하며, 선행연구에서는 학생 간 상호작용을 개별 학생이 지닌 특성을 중심으로 분석해왔다. 그러나 선행연구에서 제시하는 결과는 일관되지 않았고, 초등학교의 경우 사회적 관계에서 비롯된 정서에 영향을 많이 받는 특성을 보이므로 상호작용의 대상과 어떤 관계를 맺고 있는지가 더욱 중요하게 고려되어야 한다. 이 연구에서 개발한 과학 학습 네트워크 설문 도구는 선행연구와는 다른 관점에서 과학 탐구 활동에서 일어나는 상호작용 연구에 대한 새로운 관점을 제시해준다는 점에서 의미를 갖는다. 구체적으로 과학 학습 네트워크 구조의 차이에 따른 상호작용 양상, 네트워크 내 중심성이 높은 학생의 특성 및 역할, 효과적인 네트워크 구조 등에 대한 연구를 통해 학생 네트워크가 과학 학습에 미치는 영향에 대한 이해를 높일 수 있을 것으로 기대한다.

더불어 이 연구는 현장 교사에게 활발하고 의미 있는 상호작용이 일어나는 소집단 과학 탐구 활동을 위해 학생들이 과학 학습 네트워크를 형성하고 강화할 수 있는 환경 구성을 위해 노력해야 한다는 것을 시사한다. 현장의 많은 교사는 무선 배치 방식의 소집단 구성을 활용하고 있다. 그러나 소집단의 구성 특성이 학생

의 학습 과정과 성과에 중요한 요인임을 고려할 때, 과학 학습 네트워크에서 학생의 중심성과 학생 간의 응집성을 고려하여 활발한 상호작용이 이루어질 수 있는 의도적인 소집단을 구성해야 할 필요성이 있다. 이와 같은 의도적 소집단 구성을 위해 이 연구에서 개발한 설문 도구가 유용하게 활용될 수 있을 것이다.

중심성에 대한 선행연구에서도 밝혔듯이 학급 내 중심성이 강한 학생을 파악하여 소집단의 리더로서 과학 탐구 활동 시 해야 할 역할과 책임을 부여하는 것도 고려할 만한 전략이 될 수 있을 것이다. 이와 관련하여 본 연구에서 제시하는 설문 도구를 활용하고 학생 개인별 중심성과 소집단의 응집성을 파악하고 구분하는 것이 필요하다.

본 연구에서 과학 학습 네트워크의 구조 측정을 위해 적용한 소셜 네트워크 분석법은 최근 과학교육 영역에서 활용되기 시작한 것으로서 향후 다양하게 활용될 가능성이 큰 것으로 판단된다. 특히, 소셜 네트워크 분석법은 학생 관계 측정뿐만 아니라 학생 간 담화에서 드러나는 상호작용 분석에 효율적으로 활용될 수 있는 수치화, 시각화 등의 분석 및 표현 기법들을 제공하고 있다. 대규모 표집을 대상으로 한 연구에서는 분석에 어려움이 있을 수 있으나, 소시오그램과 같은 소셜 네트워크의 시각화 기법은 학급 규모에서 학생들의 상호작용을 종합하거나 세분화하여 설명하는데 새롭고 효과적인 분석 방법이 될 수 있을 것이다.

References

- Barron, B. (2003). When smart groups fail. *Journal of the Learning Sciences*, 12, 307-359.
- Borgatti, S. P., Everett, M. G., & Freeman, L. C. (2015). *Ucinet for Windows: Software for Social Network Analysis*.
- Bruque, S., Moyano, J., & Eisenberg, J. (2008). Individual adaptation to IT-induced change: The role of social networks. *Journal of Management Information Systems*, 25, 177-206.
- Grunspan, D. Z., Wiggins, B. L., & Goodreau, S. M. (2014). Understanding classrooms through social network analysis: A primer for social network analysis in education research. *CBE-Life Sciences Education*, 13, 167-178.
- Hanneman, R., & Riddle, M. (2005). Introduction to social network analysis. Retrieved from <http://faculty.ucr.edu/~hanneman/nettext>.
- Hanri, C., Rosli, M. S., Bunyamin, M. A. H., Ismail, N., & Ibrahim, N. H. (2019). Scientific Argumentation Practice and Verbal Interaction in Chemistry Classroom Among 10 th Grade Students. *Argumentation*, 17, 19-21.
- Hogan, K. (2002). Pitfalls of community-based learning: How power dynamics limit adolescents' trajectories of growth and participation. *Teachers College Record*, 104, 586-624.
- Hossain, L., Wu, A., & Chung, K. (2006). Actor centrality correlates to project based coordination. In *Proceedings of the 2006 20th Anniversary Conference on Computer Supported Cooperative Work* (pp. 363-372). ACM.
- Hsu, P. S., Van Dyke, M., Smith, T. J., & Looi, C. K. (2018). Argue like a scientist with technology: the effect of within-gender versus cross-gender team argumentation on science knowledge and argumentation skills among middle-level students. *Educational Technology Research and Development*, 66, 733-766.
- Jiménez-Aleixandre, M. P., & Erduran, S. (2008). Argumentation in science education: An overview. Jiménez-Aleixandre, M. P., & Erduran, S. (Eds). *Argumentation in Science Education* (pp. 3-27). Dordrecht: Springer.
- Kang, H. (2013). A guide on the use of factor analysis in the assessment of construct validity. *Journal of Korean Academy of Nursing*, 43, 587-594.

- Kim, H. J., & Kwak, K. Y. (2011). The effects of centrality on it usage capability: A perspective of social networks. *Journal of Information Systems*, 20, 147-169.
- Knoke, D., & Yang, S. (2008). *Social Network Analysis*. California: Sage.
- Kwak, K. Y. (2016). *Social Network Analysis*. Seoul: Cheongram.
- Landini, F., Montinari, N., Pin, P., & Piovesan, M. (2016). Friendship network in the classroom: Parents bias on peer effects. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 129, 56-73.
- Libarkin, J. C., & Kurdziel, J. P. (2006). Ontology and the teaching of earth system science. *Journal of Geoscience Education*, 54, 408-413.
- Libarkin, J. C., & Schneps, M. H. (2012). Elementary children's retrodictive reasoning about earth science. *International Electronic Journal of Elementary Education*, 5, 47-62.
- Lin, N. (2017). Building a network theory of social capital. In N. Lin, K. Cook, & R. S. Burt (Eds), *Social Capital* (pp. 3-28). Routledge.
- Lumpe, A. T., & Staver, J. R. (1995). Peer collaboration and concept development: Learning about photosynthesis. *Journal of Research in Science Teaching*, 32, 71-98.
- Moody, J., & White, D. R. (2003). Structural cohesion and embeddedness: A hierarchical concept of social groups. *American Sociological Review*, 68, 103-127.
- Ryu, S., & Sandoval, W. A. (2012). Improvements to elementary children's epistemic understanding from sustained argumentation. *Science Education*, 96, 488-526.
- Sampson, V., & Clark, D. (2009). The impact of collaboration on the outcomes of scientific argumentation. *Science Education*, 93, 448-484.
- Scott, J. (2012). *Social Network Analysis: A Handbook*. Sage.
- Tabachnick, B. G., & Fidell, L. S. (2007). *Using Multivariate Statistics*(5th edition). Boston, MA: Pearson/Allyn & Bacon.
- Tak, J. (2007). *Psychological Testing*. Seoul: Hakjisa.
- Van Rossem, R., Vermande, M., Völker, B., & Baerveldt, C. (2015). Social capital in the classroom: A study of in-class social capital and school adjustment. *British Journal of Sociology of Education*, 36, 669-688.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in Society: The Development of Higher Mental Process*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Wasserman, S., & Faust, K. (1994). *Social Network Analysis: Methods and Applications* (Vol. 8). Cambridge university press.
- Rod Watson, J., Swain, J. R., & McRobbie, C. (2004). Students' discussions in practical scientific inquiries. *International Journal of Science Education*, 26, 25-45.
- Weiner, B. (2007). Examining emotional diversity in the classroom: An attribution theorist considers the moral emotions. In P. A. Schutz, R. Pekrun, & G. D. Phye (Eds), *Emotion in education* (pp. 75-88). Academic Press.
- Zamudio, C., Anokhin, S., & Kellermanns, F. W. (2014). Network analysis: A concise review and suggestions for family business research. *Journal of Family Business Strategy*, 5, 63-71.
- Žnidaršič, A. (2012). Impact of Fixed choice design on blockmodeling outcomes. *Advances in Methodology & Statistics*, 9, 139-153.

Authors Information

Youngdae Kim: Gangjin Jung-ang Elementary School, Teacher, First Author

Hakseong Kim: Korea National University of Education, Professor, Corresponding Author