

공유 문서를 활용한 과학 수업에서 나타난 학생 담화의 특징 -인식 네트워크 분석(ENA)의 활용-

신은혜*

서울대학교 교육종합연구원

Exploring Collaborative Learning Dynamics in Science Classes Using Google Docs: An Epistemic Network Analysis of Student Discourse

Eunhye Shin*

Center for Educational Research, Seoul National University

ARTICLE INFO

Article history:

Received 9 December 2023

Received in revised form

22 December 2023

Accepted 13 January 2024

Keywords:

cloud learning, Google Docs, discourse analysis, Epistemic Network Analysis, ENA

ABSTRACT

This study analyzed students' discourse and learning to investigate the impact of using Google Docs in science classes. The researcher, who is also a science teacher, conducted classes for 49 second-year middle school students. The classes included one using Google Docs and another using traditional paper worksheets covering identical content. Students' discourse collected from each class was compared and analyzed using Epistemic Network Analysis (ENA). The findings indicated that in the class using Google Docs, the proportion of discourse related to task was higher compared to the traditional class. More specifically, discourse regarding taking and uploading photos was prominent. However, such discourse did not lead to peer learning as intended by the teacher. An analysis based on achievement levels revealed that the class utilizing Google Docs had a relatively higher proportion of discourse from lower-achieving students. Additionally, differences were observed in the types of utterances and connection structures between the higher and lower-achieving students. The higher-achieving students took a leading role in providing suggestions and explanations, while the lower-achieving students played a role in transcribing them, with this tendency being more pronounced in the class using Google Docs. Lastly, students' changes in perception regarding the cause of static electricity were visualized using ENA. Based on the research findings, this study proposes strategies to enhance collaborative learning using Google Docs, including the use of open-ended problems to allow diverse opinions and outputs, and exploring the potential use of ENA to assess the learning effects of conceptual learning.

1. 서론

교육의 디지털 전환에 따라 첨단 정보통신기술을 과학 수업에 활용하여 교수·학습 효과를 높이려는 시도가 이어지고 있다. 본 연구는 가장 영향력이 높은 최신 정보통신기술 중 하나로 꼽히는 클라우드 컴퓨팅(Cloud computing)에 기반한 공유 문서의 교수·학습 도구로서의 가능성에 주목하였다. 클라우드 컴퓨팅은 인터넷을 기반으로 한 플랫폼으로 사용자는 여기에 자료를 저장할 수 있고, 언제 어디서나 신속하게 컴퓨팅 자원에 접속하거나 소프트웨어를 사용할 수 있도록 하는 모델이다(Mell & Grance, 2011). 클라우드 컴퓨팅이 교수·학습에 지대한 영향력을 가지는 새로운 기술의 흐름으로 인식되면서(Ercan, 2009), e러닝, m러닝, u러닝의 계보를 잇는 정보통신기술을 활용 교육 방식으로 클라우드 기반 e-러닝이 떠올랐다. 선행 연구는 클라우드 컴퓨팅을 도입한 교육을 클라우드 러닝으로 정의하고(Hirsch & Ng, 2011; González-Martínez *et al.*, 2015), 개별화 학습 환경 기반의 학습자 중심 교육을 돕고, 장소에 구애받지 않고 학습자 간 협업이 가능하다는 점을 강점으로 꼽는다(Bai *et al.*, 2011).

클라우드 기반 공유 문서는 교육 분야에서 협력 학습이 가능한 환경을 구축하기 위한 목적으로 활용된다(Shin, 2021a; Zioga & Bikos, 2020). 위키(Wiki)를 학습자의 협력적 글쓰기 도구로 활용한 연구들은(Robert, 2003; Kim *et al.*, 2008; Jung, 2013; Lee, 2017) 학습자들이 글쓰기, 편집 및 평가를 하는 과정에서 독자와 필자의 역할을 동시에 수행하면서 상호작용 및 피드백이 증진되는 효과가 있었음을 발견하였다. 또한 학습자에게 동료의 글을 실시간으로 편리하게 읽으면서 동료의 글을 평가할 기회를 제공하였을 때, 글쓰기가 실질적으로 개선되는 효과가 나타났음을 밝혔다. 이 연구들은 기존의 인쇄 매체를 활용한 협력에서는 과제를 나누어 분업하는 형태의 협력이 나타났다면, 공유 문서의 활용 시 여러 명이 동시에 작성하고 편집하는 것이 가능하므로 과제를 함께 토론하며 해결해 나가는 더욱 긴밀한 협력이 일어남을 보였다. 위키에 이어 여러 연구에서 구글 문서를 교수·학습에 활용하고 그 효과를 살펴보았다(Blau & Caspi, 2009; Rimor *et al.*, 2010; Lin *et al.*, 2015). 구글 문서는 공동 편집을 위한 사회적 상호 작용 기능을 갖추어 공동 학습에 효율적인 온라인 쓰기 도구이자 교수·학습 도구로 여겨진다(Oishi, 2007; Suwantarathip &

* 교신저자 : 신은혜 (ajfflksfwk33@snu.ac.kr)

본 논문은 저자의 2022년도 박사 학위 논문의 데이터를 활용하여 재구성하였음.

<http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2024.44.1.77>

Wichadee, 2014). 구글 문서 기반 협력적 글쓰기 활동 시 나타난 학생 담화를 질적으로 분석한 결과, 상호작용을 하며 지식을 구성할 때도 있지만, 토론을 빠르게 끝내는 경우나 감정이 상하는 경우가 발생하였다(Rimor *et al.*, 2010). 또 다른 공유 문서인 패들렛(Padlet)을 교수·학습 도구로 활용한 연구(Fuchs, 2014)에서는 답변자의 익명성이 보장되자 기존에 목소리가 크거나 자신감이 넘치는 학생들이 수업을 주도하였던 것과는 달리 모든 학생이 의견을 내고 수업 참여에 대한 자신감이 향상되는 효과가 있는 것으로 나타났다. Rimor *et al.*(2010)과 Fuchs(2014)의 연구는 새로운 교수·학습 도구의 도입이 소집단 활동 양상의 변화에 영향을 미칠 수 있음을 보여준다. 과학 교육에 공유 문서를 활용한 연구도 국내·외에서 다수 수행되었다. Bonham(2011), Kouh(2016), Jo(2017)는 공유 문서를 활용한 과학 실험 수업에서 학생들이 다양한 조건에서 수집된 데이터를 분석하여 규칙성을 발견하고, 결론을 내리는 협력적 실험이 가능하기에 학생의 탐구 능력 신장과 지식의 구성에 도움이 된다고 주장하였다. Lin *et al.*(2015), Yun(2017)은 소집단 학습에 구글 문서를 도입하여 학생 간의 정보와 지식의 공유를 촉진한 결과, 구글 문서가 학생들의 자기 주도적인 학습과 협력적 상호작용에 도움이 됨을 증명하였다.

본 연구는 공유 문서를 중학교 과학 수업에 도입하고, 일반 수업과의 비교를 통해 그 효과를 알아보려 한다. 특히 새로운 도구가 학습에 미치는 영향을 밝히기 위해 수업에서 나타난 학생들의 담화를 분석 대상으로 삼았다. 이는 언어는 사고를 결정하고, 학습은 말을 통해 구성된다는 사회적 구성주의에 근거하여(Vygotsky, 2012), 학생이 의미를 구성하기 위해 활용하는 언어를 통해 학습 과정을 살펴보고자 의도에서 비롯되었다. 기존의 과학 수업에서 활용되는 종이에 인쇄된 활동지가 아닌 공유 문서 기반의 활동지를 활용한다면, 우수한 소수의 학생에 의해서 실험이 일방적으로 이끌려 갔던 기존의 과학 실험 수업과는(Lee *et al.*, 2002; Kim *et al.*, 2001) 다른 소집단 학습 활동의 양상이 나타날 수 있을 것으로 예상된다. 또한 과학 학습에 미치는 영향도 차별될 것으로 기대한다. 따라서 본 연구는 학생들이 어려움을 느끼는 전기 개념(Hong *et al.*, 2009) 중에서도 정전기에 대해 수업하고, 수업에서 나타나는 학생의 담화를 분석한다. 분석 방법으로는 최근 학습 상황에서 나타나는 소집단 내 담화 분석을 기반으로 하는 연구 분야에서 대안적인 연구 방법으로 주목받는 인식 네트워크 분석(Epistemic Network Analysis, ENA)을 활용하고자 한다(Cha, Ga & Yoon, 2023; Bressler *et al.*, 2019; Nguyen, 2022; Zhang *et al.*, 2022). 인식 네트워크 분석은 데이터의 연결 구조가 의미 있다는 핵심적인 가정을 바탕으로 하는 분석 기술이다. 따라서 두 수업에서 나타난 학생 담화를 구성하는 발언 또는 개념 간의 연결 구조를 네트워크 모델로 시각화한다면, 공유 문서의 활용이 과학 학습에 미치는 영향을 이해하는 데에 도움 될 것이다. 연구 결과는 공유 문서를 활용하고자 하는 교수자 또는 공유 문서의 활용 경험이 없는 교수자를 위한 참고 자료가 될 수 있을 것으로 기대한다. 이러한 연구의 필요성에 따른 본 연구의 연구 문제는 다음과 같다.

1. 공유 문서 활용 수업에서 나타나는 학생 담화의 특징은 어떠한가?
2. 공유 문서 활용 수업과 일반 수업에서 학생의 개념 학습에 차이가 있는가?

II. 연구 방법

1. 연구 참여자

본 연구는 2019년 6월 경기도의 한 중학교에서 과학 수업을 실시하고, 그 결과를 분석한 것이다. 당시 연구 참여자 모집을 위해 전체 2학년 학생을 대상으로 연구에 대해 홍보하였다. 그런 후에 서울대학교 IRB 심의를 거친 연구 참여 동의서를 바탕으로 학생과 학부모에게 참여 동의를 구하였다. 학부모와 학생 모두 연구 참여에 동의한 경우에만 연구 참여자로 선정하고, 이들이 속한 소집단만을 대상으로 수업 장면을 녹화·녹음 하였다. 연구자는 2학년의 총 3개 학급 중 2개 학급을 대상으로 공유 문서 활용 수업을 실시하고, 1개 학급을 대상으로 일반 수업을 실시하였다. 그리하여 연구 참여 비동의 및 결석 학생을 제외한 후 최종적으로 분석 대상이 된 참여자 수는 공유 문서 활용 수업 7개 소집단의 28명, 일반 수업 5개 소집단의 21명으로 총 12개 소집단의 49명이다.

2. 연구 절차

수업을 진행한 교사인 연구자 본인은 수업 처치 전인 2019년 1학기 초부터 지속해서 수업에 공유 문서를 활용하고 있었다. 따라서 학생들은 공유 문서 기반 활동지와 종이 활동지에 모두 익숙한 상태였다. 연구를 위한 수업을 시작하기 전 연구 참여 학생들의 ‘전기와 자기’ 단원에 대한 사전 성취도 검사를 하였다. 이후 약 2주간 4차시에 걸쳐 두 학급을 대상으로는 공유 문서 활용 수업을 한 학급을 대상으로 일반 수업을 하였다. 교사는 수업 전 구글 문서를 기반으로 활동지를 제작하였고, 수업 시작 전 SNS를 통해 학생들에게 활동지 접속 링크를 공유하였다. 일반 수업에서는 구글 문서로 제작된 활동지를 종이에 인쇄하여 한 학생당 한 장씩 배포하였다. 수업은 총 4차시에 걸쳐 ‘정전기-전류-전압-옴의 법칙’을 주제로 진행되었다. 공유 문서 활용 수업에서 학생들은 자신의 스마트폰이나 태블릿 PC 등의 스마트 기기로 공유 문서 앱을 실행하여 공유 문서 활동지에 접속했다. 학생들은 교사가 제시한 질문에 대해 소집단 별로 토론하고 그 결론을 스마트 기기로 공유 문서에 입력하였다. 때로는 실험 과정 혹은 결과를 사진이나 동영상으로 찍어 업로드 하였다. 공유 문서 활용 수업은 교사와 학생이 같은 문서에 접속한 상태로 진행되었기에 각 소집단에서 작성한 답은 실시간으로 교사 및 다른 소집단과 공유되었다. 공유 문서 수업에서는 활동지 내에 학습 주제와 관련된 영상이 링크의 형태로 삽입되어 있어서, 학생 개인의 스마트 기기에서 영상을 재생할 수 있었다. 또한 공유 문서 활용 수업에서 학생들은 수업 중 모르는 단어와 개념이 등장할 때 언제든지 온라인으로 검색할 수 있었다. 그림1은 학생들이 작성한 활동지 일부이다.

일반 수업에서 교사는 종이에 인쇄된 활동지를 기반으로 수업을 진행하였다. 학생들은 다른 교과 수업에서와 같이 토론 결과나 실험 결과를 펜으로 기록하였다. 일부 실험 과정과 결과는 사진이나 동영상으로 찍어 SNS를 통해 교사에게 제출하도록 하기도 했다. 공유 문서 활용 수업에서 학생들은 개인 스마트 기기로 학습 관련 영상을 시청하였고, 일반 수업에서는 전체 학생이 일괄적으로 교실 앞쪽 TV로 학습 관련 영상을 시청했다.

(Friction), 마찰력(Frictional force), 전류(Current), 전기(Electricity), 자석(Magnet), 전하(Charge)가 있었다. 이들 6개의 개념을 코드로 정하고 교사의 설명 전과 후에 나타난 학생의 개별 발언에 대해 코딩하였다.

나. 분석 방법

연구자 본인과 언어학 전공자 1인이 각자 분석틀을 바탕으로 학생의 담화를 발언 별로 코딩하였다. 이어 두 분석자 사이에 코딩 결과가 일치하지 않는 모든 경우에 대해 논의를 통해 하나의 코드로 결정하는 작업을 거쳤다. 모든 발언을 코딩한 후, 인식 네트워크 분석 방법을 활용하여 코딩 결과를 분석하였다. 인식 네트워크 분석은 과학 교육을 포함하여 학문 전반에 걸쳐 광범위하게 사용되어 온 분석 도구이다(Parrish *et al.*, 2022). 인식 네트워크 분석은 여러 네트워크 분석 방법 중에서도 분석 요소 간의 연결 구조와 연관 강도를 보여주는 네트워크 모델 형태로 코딩된 데이터를 정량화하고 시각화하는 데 유용하다(Shaffer, 2017; Shaffer & Ruis, 2017; Shaffer *et al.*, 2016). 인식 네트워크 분석은 데이터에서 의미 있는 특징 집합을 체계적으로 식별할 수 있고, 데이터가 지역적인 구조로 되어 있으며, 코드들이 대화 내에서 어떻게 서로 연결되는지가 데이터의 중요한 특징임을 가정한다(Bowman *et al.*, 2021; Shaffer, 2017; Shaffer, Collier, & Ruis, 2016; Shaffer & Ruis, 2017). 본래 지식, 가치 또는 기술의 패턴 및 구조와 같은 인지 네트워크를 모델링하기 위해 개발되었으나(Shaffer *et al.*, 2016), 본 연구에서는 학습 과정에서 학생의 담화 패턴과 학습 개념에 대한 인식을 식별하기 위해 도입하였다.

본 연구에서는 인식 네트워크 분석의 웹 도구 (버전 1.7.0, <https://www.epistemicnetwork.org/>)를 사용하였다. 데이터의 기본 단위는 개별 학생의 발언이 되도록 전사 데이터를 전처리하였다. 분석 결과로 시각화되는 네트워크 모델을 구성하는 노드는 앞서 분석틀에 제시된 코드이고, 노드들을 연결하는 선은 노드의 동시 발생 또는 연속적인 발생을 나타낸다. 노드의 크기는 코드의 발생 빈도를 나타내고, 선의 굵기는 코드 동시 발생 또는 연속 발생의 강도를 나타내므로(Wooldridge *et al.*, 2018), 선이 두꺼울수록 노드가 함께 발생하는 빈도가 더 높음을 의미한다(Weiler *et al.*, 2022). 최종적으로 도출된 네트워크 모델은 분석 과정에서 추출된 모든 연결선을 집계하여 코드와 코드가 어떻게 연결되어 있는지를 시각화한다(Ruis *et al.*, 2019; Siebert-Evenstone *et al.*, 2017).

본 연구에서는 각 데이터의 연결선에 대한 네트워크 모델을 구성하기 위해 이동 스탠자 창(Stanza window) 방법을 사용하였다. 스탠자

란 대화에 관련된 발언 여러 개가 묶인 하나의 그룹이다(Gee, 2015). 담화는 앞뒤 발언이 연결되어 맥락을 이루어 전개되므로 여러 개의 발언들을 하나의 스탠자로 묶어서 분석한다(Siebert-Evenstone *et al.*, 2017). 이동 스탠자 창 방법은 다음과 같다. 먼저 이동하는 창 내에 속한 각 발언 간의 연결에 대한 바이너리 행렬을 생성한다. 그런 다음 이동 창은 다음 발언으로 이동하고 다시 이동 창 내의 발언 간의 연결에 대한 바이너리 행렬을 만드는 작업을 담화가 끝날 때까지 반복한다. 이어 모든 발언에 걸쳐서 추출된 바이너리 행렬을 누적인 행렬을 두 코드 간의 연결의 상대적 빈도를 나타내는 그래프로 시각화한다(Siebert-Evenstone *et al.*, 2017). 그림 2는 이동 스탠자 창 방법이 어떻게 네트워크 모델을 생성했는지 나타낸 것이다. 만약 스탠자의 크기를 3으로 설정하였다면 그림 2와 같이 특정 대화 내에서 3개의 발언 사이의 연결선을 측정한다. 인식 네트워크 분석에서 몇 개의 발화를 묶는 것이 가장 적당한지에 대해서는 명확한 기준은 없으나, 선행 연구를 보면 발화 간 관련이 적은 경우는 분석 단위를 작게, 상호작용이 일어나는 속도가 빠른 경우는 분석 단위를 크게 잡았다(Cha, Ga & Yoon, 2023; Karumbaiah & Baker, 2021; Sciana, Gagnon, & Knowles, 2021). 이 연구에서는 다양한 스탠자의 크기로 분석을 시도하고, 그 결과를 전통적인 방식에 의한 담화 내용 분석 결과와 비교하였다. 그리하여 코드 간의 관계를 적절히 드러낼 수 있는 스탠자의 크기를 4로 결정하였다.

네트워크 그래프 노드의 위치는 플로팅(Plotting) 된 지점과 해당 네트워크 중심 간의 차이를 최소화하는 최적화 루틴에 의해 결정된다. 스탠자 창 이동 방법으로 구한 누적 인접 행렬은 고차원 벡터이므로 해석에 불리하다. 따라서 이를 특이값 분해(Singular Value Decomposition)를 통해 차원을 축소하고, 데이터의 최대 분산을 포착하여 네트워크 그래프의 중심을 저차원 공간에 위치하도록 하는 작업을 거친다(Bowman *et al.*, 2021). 고차원 데이터를 2차원 평면상에 가시화하면 노드, 즉, 코드들의 상대적인 위치에 따라 코드 간의 관계 및 중요도를 쉽게 해석할 수 있다.

본 연구는 세 가지 서로 다른 인식 네트워크 모델을 생성하였다. 첫 번째로 공유 문서 활용 수업과 일반 수업에서 나타난 전체 학생의 담화에 대한 네트워크 모델을 생성하였다. 두 번째로 각 학급을 성취도에 따라 상위, 중위, 하위 그룹으로 구별하여 상위 그룹에 속한 학생과 하위 그룹에 속한 학생 담화의 네트워크 모델의 차이를 시각화하였다. 성취도별 학생 수는 공유 문서 활용 수업은 전체 28명에 대해 상위와 중위 그룹 9명, 하위 그룹 10명으로 나누었고, 일반 수업은 전체 21명에 대해 상위, 중위, 하위 그룹 인원을 동일하게 7명으로 나눴다. 마지막으로 두 유형의 수업에서 교사의 설명 전, 후에 학생이

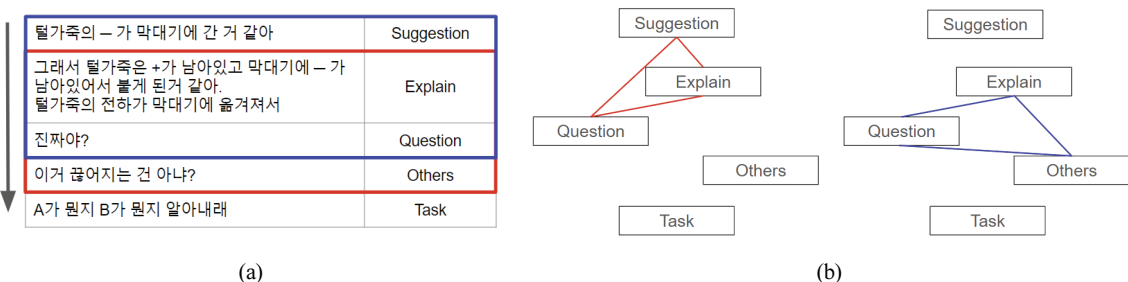


Figure 2. (a) Example of coded data (b) The moving stanza window method

인식하는 정전기의 원인에 해당하는 개념을 네트워크 모델로 시각화 하였다.

III. 연구 결과 및 논의

1. 공유 문서 활용 수업과 일반 수업에서 나타난 학생 담화 비교

각 수업에서 나타난 학생 담화에 차이점이 있는지를 알아보기 위하여 표 2와 같이 공유 활용 수업에 참여한 학생과 일반 수업에 참여한 학생의 유형별 발언 횟수의 합과 비율을 구하였다. 공유 문서 활용 수업에서는 활동지 작성이나 실험 수행을 제안, 독려하는 발언인 과제 수행(Task)의 비율이 25.43%로 전체 유형 중 가장 높으나, 일반 수업에서는 과제 수행(Task) 발언의 비율이 7.93%로 공유 문서 활용 수업에 비해 현저히 낮다. 반면, 일반 수업에서 가장 비율이 높은 유형은 응답(Response)으로 26.63%에 달한다. 두 번째로 비율이 높은 유형은 공유 문서 수업은 응답(Response), 일반 수업은 의견 제시(Suggestion)이다. 두 수업 모두 가장 비율이 낮은 발언 유형은 메타인지(Meta-cognition)이다.

그림 3은 각 수업에서 나타난 전체 학생 담화에 대한 네트워크 모델을 생성한 것이다. 두 수업에서 모두 ‘질문-답변-의견 제시’ 노드 간의 강한 연결성이 나타났다. 그러나 그림 3, (c)의 공유 문서 활용 수업 네트워크의 각 연결에서 일반 수업 참여 학생 담화 네트워크에 해당하는 연결을 뺀 차이 그래프를 살펴보면 두 수업에서 나타난 담화 패턴의 차이를 확인할 수 있다. 공유 문서 활용 수업에서는 과제 수행을 중심으로 이루어진 담화의 빈도가 더 높고, 일반 수업은 질문

과 의견 제시를 중심으로 이루어진 담화의 빈도가 더 높다. 두 수업에서 모두 응답 발언의 비율이 높은 이유는 ‘의견 제시-응답’의 패턴이 자주 나타나고, ‘질문-응답’의 패턴도 자주 나타나기 때문이다. 수업 방식에 따라 빈도 차이가 큰 패턴은 공유 문서 활용 수업은 ‘의견 제시-과제 수행-학습 외’이고, 일반 수업은 ‘설명-질문-응답’이다.

공유 문서 활용 수업과 일반 수업에서 나타난 담화의 내용을 직접 살펴본 결과, 공유 문서 활용 수업에서는 학생들이 스마트 기기로 사진을 찍고 동영상을 업로드하는 등의 활동지 작성과 실험 수행을 제안, 독려하는 발언이 더 자주 나타났다. 아래는 공유 문서 활용 수업에서 일어난 ‘실험실 안에 있는 물체를 활용하여 정전기 발생시키기’ 활동 중 소집단 1에 속한 학생 3명(S11, S12, S13)과 소집단 2에 속한 학생 4명(S21, S22, S23, S24)의 담화 일부이다. 여러 소집단에서 아래 사례와 같이 정전기 현상의 학습보다는 이를 촬영하고 업로드 하는 것에 대한 담화가 자주 일어난 것으로 조사되었다. 교사는 일반 수업에서도 학생들이 정전기 현상을 관찰하고 사진이나 동영상을 촬영하여 제출하도록 하였으나, 공유 문서 활용 수업에 비해 사진, 동영상 촬영 관련 담화 비중이 상대적으로 낮았다.

- 공유 문서 활용 수업 소집단 1
 S11 : ‘마찰 되어 정전기가 생겼기 때문에’ 맞지?
 S12 : 풍선이랑 비비면 정전기 되잖아
 S13 : 확대하면
 S12 : 됐어. 됐어. 안됐어?
 S11 : 사진에 보여야 돼.
 S12 : 보여 보여.

Table 2. The distribution of utterances in classes using Google Docs and paper worksheet

code	Google Docs (n = 28)		Paper worksheet (n = 21)	
	# of utterances	Percentage	# of utterances	Percentage
Suggestion	145	19.00%	119	24.19%
Response	171	22.41%	131	26.63%
Question	108	14.16%	97	19.72%
Explanation	41	5.37%	44	8.94%
Task	194	25.43%	39	7.93%
Meta-cognition	21	2.75%	15	3.05%
Others	83	10.88%	47	9.55%
Total	763		492	

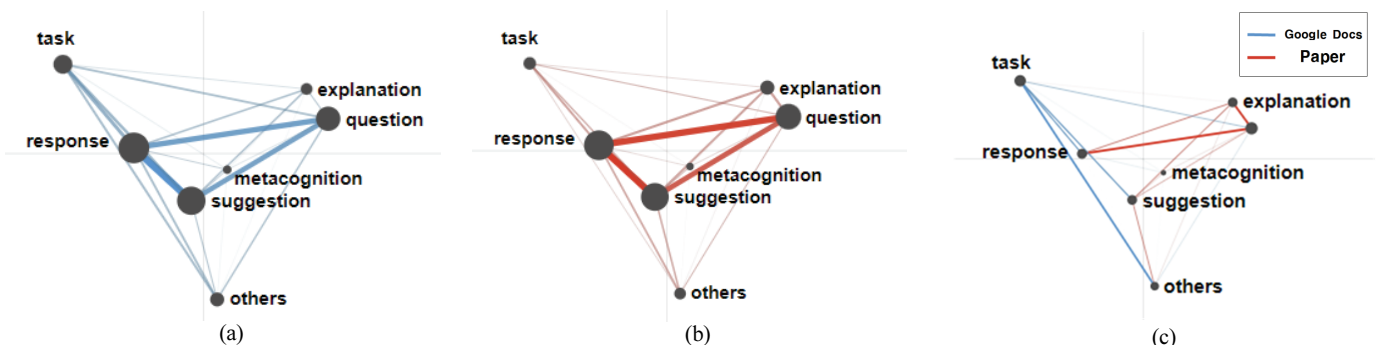


Figure 3. Students' discourse in classes using (a) Google Docs, (b) paper worksheet, and (c) comparison (a)-(b)

- 공유 문서 활용 수업 소집단 2
 S21: (풍선을 머리카락에 비빈 후) 잘된다. 찍어야 돼?
 S22: 이거를 확대해서 찍어, 내 머리만
 S23: 한 번만 더 해주세요
 S22: 찍혔어. 찍혔다고
 S21: 사진 어떻게 나와?
 S23: 확대하라고 했는데...
 S24: 근데 이거 뭐 하는 건데?

2. 공유 문서 활용 수업과 일반 수업에서 나타난 성취도별 학생 담화 비교

성취도별 발언 횟수의 분석 결과를 표 3에 나타내었다. 분석 결과는 앞서 수행한 수업 유형별 전체 학생 발언 횟수 분석 결과(표 2)와 유사하다. 공유 문서 활용 수업에서는 성취도 상위, 하위 그룹 모두 과제 수행(Task) 발언의 비율이 가장 높다. 일반 수업에서는 상위, 하위 그룹 모두 응답(Response)의 비율이 가장 높다. 그러나 전체 발언에 대한 성취도별 발언 비율에 차이가 있었다. 공유 문서 활용 수업에서는 전체 학생의 발언 비율에 비해 상위 그룹 발언과 하위 그룹 발언 비율이 37.35% 와 35.78%로 비슷하나, 일반 수업에서는 상위 그룹 발언 비율이 43.10%로 하위 그룹 26.73%에 비해 현저히 높다. 즉, 공유 문서 활용 수업에서는 하위 학생의 발언 비율이 일반 수업의 하위 학생 발언 비율보다 상대적으로 더 높다. 또한 공유 문서 활용 수업에서 하위 그룹의 과제 수행(Task) 발언 비율이 26.37%로 상위 그룹 비율인 23.24%보다 더 높고, 일반 수업은 상위 그룹과 하위 그룹

의 과제 수행(Task) 발언 비율이 각각 8.02%와 8.40%로 비슷하다.

네트워크 모델 생성 결과, 전체 학생의 담화 네트워크 모델 생성 시 수업 유형에 따라 차이가 뚜렷하였던 것과 달리, 성취도에 따른 담화 네트워크 모델의 차이가 유사하게 나타났다. 이는 공유 문서 활용에 의한 영향과 성취도 사이의 관계가 유의미하지 않음을 의미한다. 그림 5의 (a)는 공유 문서 활용 수업에 참여한 성취도 상위 그룹 학생 네트워크에서 하위 그룹 학생 담화 네트워크에 해당하는 연결을 뺀 것이다. (b)는 일반 수업에서 동일한 작업을 수행한 것이다. 두 수업에서 공통으로 상위 그룹 학생의 발언은 설명(Explanation) 노드의 연결성이 하위 그룹에 비해 상대적으로 강한 것을 확인할 수 있다. 또한 두 수업에서 공통으로 하위 그룹 학생의 발언은 학습 외(Others) 노드와 과제 수행(Task) 노드의 연결성이 상위 그룹에 비해 상대적으로 강한 것을 확인할 수 있다.

실제로 학생 담화를 살펴본 결과, 공유 문서 활용 수업과 일반 수업에서 모두 상위 그룹 학생이 과학적 설명이나 의견을 제시하면 하위 그룹 학생은 활동지에 받아적는 경우가 관찰되었다. 특히 일반 수업에서는 학생들이 각자 활동지를 작성하였으나, 공유 문서 활용 수업은 하위 수준 학생이 활동지를 작성하는 경향이 두드러졌다. 다음은 실제 공유 문서 활용 수업에서 나타난 상위 그룹 학생과 하위 그룹 학생의 발언 유형의 차이를 드러내는 예시이다. 공유 문서 활용 수업의 소집단 3, 4에서 이루어진 담화 예시를 살펴보면, 성취도 상위 수준 학생이 제시하는 의견을 하위 수준 학생이 받아들이고 활동지에 적는 모습이다. 공유 문서 활용 수업에서는 대부분의 소집단에서 이러한 역할 분담이 관찰되었다.

Table 3. The distribution of utterances by achievement level in classes using Google Docs and paper worksheet

code	Google Docs (n = 28)		Paper worksheet (n = 21)	
	Achievement High (n = 9) # of utterances (%)	Low (n = 10) # of utterances (%)	High (n = 7) # of utterances (%)	Low (n = 7) # of utterances (%)
Suggestion	61 (21.40)	44 (16.12)	47 (22.17)	33 (25.19)
Response	62 (21.75)	64 (23.44)	56 (26.4)	36 (27.48)
Question	37 (12.98)	38 (13.92)	44 (20.75)	21 (16.03)
Explanation	26 (9.12)	7 (2.56)	29 (13.68)	8 (6.11)
Task	66 (23.24)	72 (26.37)	17 (8.02)	11 (8.40)
Meta-cognition	7 (2.46)	9 (3.30)	21 (3.30)	2 (1.53)
Others	26 (9.12)	39 (14.29)	12 (5.66)	20 (15.27)
Total	284 (37.35)	273 (35.78)	212 (43.10)	131 (26.73)

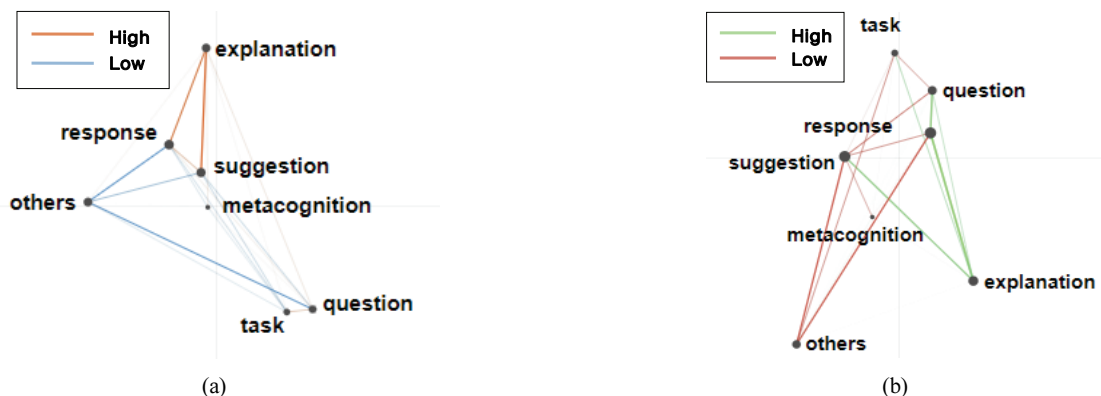


Figure 4. Comparison of high-low achievement students' discourse in classes using (a) Google Docs (b) paper worksheet

공유 문서 활용 수업 소집단 3

상위 : 마찰로 인해 정전기가 발생하여 털이 더 붙었다고 하면 안 되나?
 하위 : (받아 적으면서) 마찰로 인해...정전기가 발생하여...
 중위 : 발생하였다.
 상위 : 하여서 털이 더 많이 붙었다고 해.
 하위 : 다른 것도 더 써야되나? 이거 다 해야되나?

공유 문서 활용 수업 소집단 4

상위 : 물체가 서로 마찰 되면서 전기가 생겨 이런 현상이 일어난다.
 하위 : 사물과
 상위 : 물체라고 하는 게 낫지 않아?
 하위 : 사물이 낫지 않아? 물체가 나을까? 물체가 서로
 상위 : 접촉하면서 마찰하여
 하위 : (적으면서) 접촉하면서... 마찰력이 생기면서... 작은 전기가
 상위 : 작은 전기가 생기므로써 정전기가 생겼다.
 하위 : 지금 일단 여기까지 썼거든. (생략)

3. 학생의 정전기 원인에 대한 인식

공유 문서 활용 수업과 일반 수업에서 나타난 정전기의 원인에 대한 인식 분석 결과, 그림6과 같이 교사의 설명 전과 후에 노드 간 연결이 변화하였다. 이를 통해 공유 문서 활용 및 일반 수업에서 모두 교사의 설명이 학생의 정전기 학습에 영향을 미쳤음을 알 수 있다. 교사의 설명 전 학생 스스로 정전기 현상을 관찰하고 그 원인을 예상하는 담화를 분석한 결과인 그림 5의 빨간 선(Before)을 살펴보면, 학생들이 정전기의 원인을 주로 전기(Electricity)와 마찰(Friction)로 인식하고 있음을 알 수 있다. 특히 많은 학생은 마찰 행위가 곧 정전기의 원인이라고 인식하였다. 일부 학생은 정전기의 원인이 열(Heat), 마찰력(Frictional force), 전류(Current) 때문이라고 인식하였다. 또한 그림 5의 (a)를 살펴보면 마찰(Friction), 마찰력(Frictional force), 열(Heat) 노드가 가까운데, 실제로 소수의 학생은 마찰 또는 마찰력에 의해 열에너지가 발생하여 정전기 현상이 나타난다고 인식하였다.

교사가 정전기의 원인으로 전하 개념을 도입하여 설명한 후인 파란 선(After)을 살펴보면, 두 수업에서 모두 전하(Charge) 노드의 연결성이 강해진 것을 볼 수 있다. 이는 교사의 설명 후 학생들이 정전기의 원인을 전하와 관련짓게 되었음을 의미한다. 공유 문서 활용 수업인 그림 5의 (a)를 보면 교사의 설명 후 전하(Charge)와 자석(Magnet)의

연결이 강한 것을 확인할 수 있다. 이에 대한 원인을 파악하기 위해 담화 내용을 살펴본 결과, 교사의 설명 후에 일부 학생들은 정전기의 원인을 전하의 이동으로 설명하면서 동시에 자석의 ‘극’이라는 개념을 혼용하는 모습이 관찰되었다. 즉, 일부 학생은 교사의 설명 후에도 서로 다른 전하 사이에 작용하는 전기력의 개념을 완전히 이해하지 못하고, 자기력과 혼동하고 있음을 알 수 있다. 그림 5의 (a)와 (b)를 비교해 볼 때 교사의 설명 전 후 정전기의 원인에 대한 인식의 변화가 더 급격하게 일어난 수업은 공유 문서 활용 수업인 것으로 나타났다.

IV. 논의

분석 결과 공유 문서 활용 수업에서는 일반 수업에 비해 활동지 작성이나 실험 수행을 제안, 독려하는 발언인 ‘과제 수행’ 발언의 비율이 상대적으로 높았다. 이는 스마트 기기를 활용한 소집단 학습 환경에서 학생들의 언어적 상호작용을 분석한 결과 소집단 학습을 원활하게 진행하고 조정하기 위한 ‘운영’ 관련 진술이 비교적 많이 나타난 선행 연구(Yun, 2017)의 결과와 유사하다. 학생의 대화를 살펴본 결과 스마트 기기로 사진이나 영상을 찍고 공유 문서에 업로드 하는 과정에서 이루어진 담화의 비중이 높았다. 이를 통해 공유 문서 활용 수업에서 학생은 정전기 현상을 관찰하고 그 원인을 탐구하는 학습 활동보다는 과제의 완수를 위한 단순한 조작 활동에 지나치게 많은 시간을 소모하였음을 알 수 있다. 일반 수업에서도 역시 정전기 현상을 재현하고 사진이나 동영상을 촬영하여 제출하도록 하였으나, 공유 문서 활용 수업에 비해 관련 담화 비중이 상대적으로 낮았다. 선행 연구에 따르면 공유 문서 활용 수업에서 교사는 수업 중 지속해서 공유된 활동지를 확인하며 즉시적 피드백을 제시하였다(Shin, 2021b). 교사와 다른 소집단이 언제든 모니터링 할 수 있는 환경은 학생이 적극적으로 활동지를 작성하게 되는 동인이 될 수 있다(Yun, 2017). 따라서, 공유 문서 활용 수업의 실시간 모니터링 및 공유 환경이 학생이 활동지 작성에 치중하는 데에 영향을 미친 것으로 볼 수 있다.

교사는 각 소집단이 교실 내에서 다양한 정전기 현상을 재현하고 이를 사진을 통해 공유하는 과정을 수업 설계에 반영함으로써, 학생들이 다양한 정전기 현상을 체험하고 공유할 수 있도록 의도하였다. 그러나 대부분의 소집단은 머리카락과 풍선을 마찰시켜 달라붙는 모

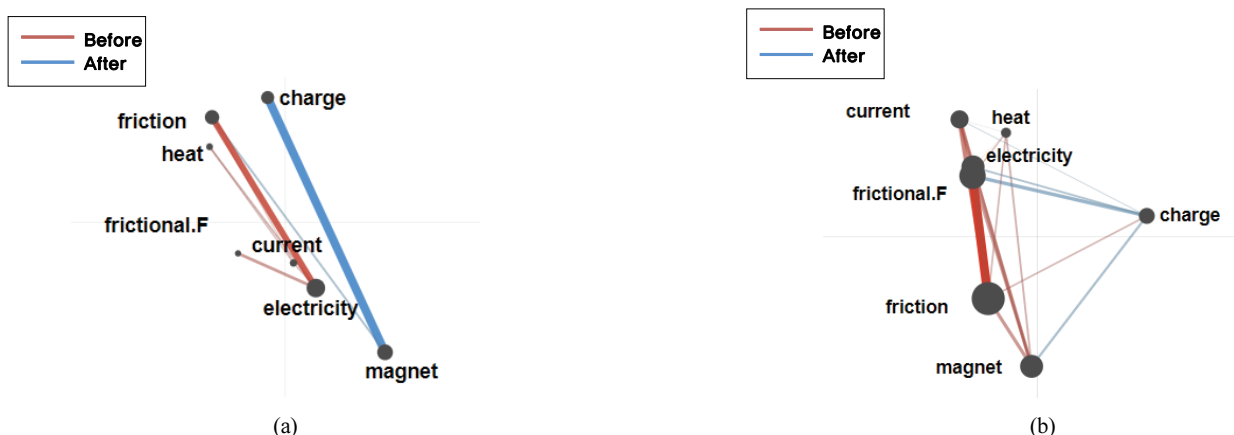


Figure 5. Change of students' concepts about causes of static electricity in classes using (a) Google Docs (b) paper worksheet : Before(red) and after(blue) teacher's explanation

습을 찍은 사진을 공유하였다. 학생들은 이 과정에 많은 시간과 에너지를 소모하였음에도 불구하고, 학급 내 대부분의 소집단이 같은 정전기 현상을 공유하였기에 교사가 애초에 의도하였던 동료 학습이 일어나지 못하였다. 이러한 현상은 학생이 활동에 소모된 시간 동안 다양한 정전기 현상의 예시를 학습할 기회를 놓친 것으로도 해석할 수 있다. 이는 교사가 공유 문서 활용 수업을 설계할 때 다양한 사진 또는 동영상 산출물이 나올 수 있는 주제 또는 탐구 활동을 선정하는 것이 학생의 협력 학습을 촉진하는 전략이 될 수 있음을 시사한다.

공유 문서 활용 수업에서는 일반 수업에 비해 전체 담화 중 성취도 하위 그룹의 발언 비율이 일반 수업에서보다 높았다. 성취도에 따른 발언 유형을 비교한 결과, 두 수업에서 공통으로 상위 그룹은 ‘설명’ 발언, 하위 그룹은 ‘학습 외’ 발언과 ‘과제 수행’ 발언 중심의 담화 비율이 높았다. 실제로 공유 문서 활용 수업에서는 하위 그룹의 학생들이 활동지 작성을 위해 사진을 촬영하고 업로드하는 데에 적극적으로 참여하는 모습이 자주 관찰되었다. 이는 하위 그룹에서 활동지에 명시된 지침 및 내용과 관련된 작업 수행을 추구하는 협력 유형이 관찰된 선행 연구(Nachtigall & Sung, 2019)와 맥락이 유사하다. 공유 문서 활용 수업에서 상대적으로 ‘과제 수행’ 발언을 중심으로 한 하위 그룹 학생의 발언 비율이 높게 나타난 현상을 곧 수업에 대한 적극적인 참여와 연결 지을 수 있다. 따라서 공유 문서는 학생이 스마트 기기로 자유롭게 온라인에 접속하여 탐색한 정보를 제공할 수 있어 하위 수준 학생들도 과제 해결에 적극적으로 참여하도록 한다(Yun, 2021)는 점에서 교수·학습 도구로서의 가치가 있다. 또한 단순한 사진 촬영 및 업로드 활동일지라도 소집단 내 타 학생에게 미룰 수 있었지만, 주도적으로 활동에 참여하였다는 점에서 의의가 있다. 실제로 학생들은 모바일 활용 활동 중 자료 수집 활동에서 높은 주제성을 보이는데(Kim & Song, 2020), 이는 사전 개념이 부족하여도 어려움 없이 할 수 있는 것이기 때문으로 추측된다.

한편, 담화 내용을 살펴본 결과 활동지 작성 과정에서 뚜렷한 역할 분담이 관찰되었다. 공유 문서 활용 수업에서는 상위 그룹 학생이 주로 설명과 의견을 제시하고, 하위 그룹 학생들은 이를 수동적으로 받아적는 경향이 두드러졌다. 이는 하위 수준 학생이 주도적인 탐구와 사고를 통해 학습할 기회를 놓치는 현상으로 해석될 수 있다. 교사는 학생들이 하나의 공유된 활동지에 답을 적기 위해 활발하게 토론하게 될 것을 기대하였지만, 실제로는 상위 수준 학생의 설명이 소집단 전체의 의견을 대변하는 경우가 많았다. 이러한 연구 결과는 공유 문서의 활용이 우수한 소수의 학생에 의해서 일반적으로 이끌려 갔던 기존의 과학 실험 수업(Lee et al., 2002; Kim et al., 2000)과 차별된 소집단 학습 활동을 끌어내는 데에는 한계가 있음을 증명한다.

상위 수준 학생의 의견과 설명을 하위 수준 학생이 수동적으로 받아들이는 현상이 나타난 것은 교사가 제시한 질문의 특징과 연관 지어 볼 수 있다. 본 수업의 활동지에 제시된 질문들은 명확한 정답이 존재하여 사전 개념 수준이 높은 학생이 자신이 알고 있는 지식을 바탕으로 답을 제시하기에 유리했다. 공유 문서를 다룬 선행 연구를 살펴보면 열린 주제에 대한 ‘협력적 글쓰기’에 공유 문서를 활용하였을 때 긴밀한 협력과 피드백 그리고 평가가 촉진되는 것으로 조사되었다(Robert, 2003; Kim et al., 2008; Jung, 2013; Lee, 2017). 즉, 다양한 답이 존재할 수 있는 질문이 주어지면 하위 수준 학생들은 오답을 두려워하지 않고 의견을 표현할 가능성이 높다. 이러한 개방

적 질문은 과학 교육에서 중요한 전략으로 간주되어 왔다. 개방적 질문은 학생에게 발산적 사고를 요구하며(Martin, Sexton & Gerlovich, 2002), 창의적 사고를 자극할 수 있을 뿐만 아니라 질문에 답하기 위한 사고 과정을 유도한다(Cho & Choi, 2005). 따라서 교사는 공유 문서를 기반으로 한 활동지를 만들 때 협력적인 지식 구성을 촉진하기 위해 개방적 질문을 포함하고, 수업 진행 시에는 소집단 내에서 도출된 답변만 아니라 다른 소집단에서 도출된 답에 대해 함께 토론하게 하는 전략을 고려할 수 있다. 또한 하위 수준 학생들이 스마트 기기를 활용하여 정보를 검색하고 공유하는 등 소집단 활동에 적극적으로 참여하도록 유도함으로써 자기 효능감과 과학 학습 동기(Jeno et al., 2019)를 높일 수 있다.

본 연구에서 수집된 학생 담화를 정전기의 원인에 관련된 개념으로 코딩하여 인식 네트워크 분석을 하였다. 그 결과 교사의 설명 전·후에 일부 학생의 정전기에 관한 오개념이 수정된 것을 확인할 수 있었다. 특히 일반 수업보다 공유 문서 활용 수업에서 교사의 설명 후에 정전기의 원인을 전하와 관련지어 설명하는 발언의 증가 정도가 더 컸다. 그러나 분석 대상 학생 수가 적고, 정전기에 대한 사전 개념 수준의 차이를 배제하지 않았으므로 본 결과를 바탕으로 공유 문서가 과학 학습에 더 효과가 있다고 결론짓기는 어렵다. 다만, 인식 네트워크 분석 도구를 활용하여 교사의 설명 전·후 학생의 인식 변화를 시각화할 수 있었다. 이는 인식 네트워크 분석 방법이 학생의 오개념에 대한 학습 효과의 측정을 위한 효과적인 도구가 될 수 있음을 보여준다. 또한 단순히 어떠한 오개념이 존재하는지를 파악하는 데에서 더 나아가, 노드 간의 위치와 연결성을 분석하여 오개념을 구성하는 복수의 개념을 추론하는 데에 활용할 수도 있을 것이다.

V. 결론 및 제언

본 연구에서는 공유 문서를 활용한 과학 수업과 일반 과학 수업의 소집단 학습 활동에서 나타난 학생의 담화를 수집하여 분석하였다. 각 유형의 수업에 참여한 학생의 담화를 구성하는 발언 유형의 횟수와 비율을 비교하고, 인식 네트워크 분석을 활용하여 담화의 네트워크 모델을 생성하였다. 그 결과 공유 문서 활용 수업에서는 일반 수업보다 사진 촬영과 업로드 등 활동지 작성과 관련된 담화가 자주 나타났다. 성취 수준에 따른 담화 모델을 시각화한 결과, 두 수업에서 모두 상위 그룹 학생은 설명 발언과 다른 유형의 발언 간의 연결이 강했고, 하위 그룹 학생은 과제 수행 또는 학습 외 유형을 중심으로 한 연결이 강했다. 또한 공유 문서 활용 수업에서는 상위 수준 학생이 질문에 대한 의견이나 설명을 제시하고, 하위 수준 학생이 이를 받아적는 형태의 협업이 상대적으로 더 자주 관찰되었다.

교사의 공유 문서 활용 수업 설계 의도는 협력 학습의 촉진이었으나, 본 연구 결과로 공유 문서의 활용이 협력 학습을 촉진한다고 주장하기 어렵다. 이는 새로운 도구를 교수·학습에 적용하였을 때 교사의 의도와는 다른 양상으로 수업이 진행될 수 있고, 예측하지 못한 다양한 상황이 발생할 수 있음을 보여준다(Stevenson & Hedberg, 2013). 따라서 새로운 교수·학습 도구의 효과를 조사하기 위해 학습 양상을 면밀하게 살펴보는 과정이 필요하며, 학생의 담화 분석은 하나의 방법이 될 수 있다. 또한 공유 문서의 기능을 활용하여 협력 학습을 촉진하기 위해서는 다양한 의견과 산출물을 공유할 수 있는

탐구 주제를 선정하여 사진과 동영상 공유 활동의 교육적 가치를 높일 필요가 있다. 더불어 성취도가 낮은 학생들은 정답이 있는 질문에 대해 성취도가 높은 학생의 답을 일방적으로 받아들일 수 있으므로, 개방적 질문을 포함한 공유 문서 활동지를 통해 다양한 정보와 의견 공유를 촉진함으로써 협력 학습을 유도할 수 있을 것이다.

인식 네트워크 분석으로 교사의 설명 전, 후 학생의 정전기 원인에 대한 인식의 변화를 시각화한 결과 학생은 정전기의 원인에 대해 다양한 오개념을 가지고 있음이 드러났다. 그러나 교사의 설명 이후에는 다수의 학생이 정전기의 원인을 전하와 관련지어 설명할 수 있게 되었다. 그러나 제한된 학생 수와 통제되지 않은 실험 여건을 고려하였을 때, 본 연구 결과로 공유 문서의 활용이 과학 학습 성취도에 미치는 효과를 증명하기 어렵다. 다만, 공유 문서 활용 수업에서 하위 그룹 학생들의 과제 수행 중심의 참여도가 상대적으로 높게 나타났다는 점을 고려하면, 공유 문서가 성취도가 낮은 학생들의 소집단 학습 참여를 촉진할 가능성이 있다고 주장 할 수 있다.

본 연구는 학생의 과학 학습을 조사하기 위해 인식 네트워크 분석을 활용할 수 있으며, 시각화된 네트워크 모델은 연구자가 담화 패턴과 학습 효과를 직관적으로 이해하는 데 도움이 될 수 있음을 확인하였다. 그러나 인식 네트워크 모델은 노드 간의 방향성에 대한 정보를 제공하지 않으므로 이를 통해 학습에 관한 깊은 통찰을 얻는 데에는 한계가 있다(Fan *et al.*, 2023). 따라서 인식 네트워크 모델 분석과 더불어 데이터 간 연결이 어떤 순서로 발생하는 지를 추가 조사한다면, 오개념 발생의 인과관계를 추론하는 등 보다 철저한 학습 분석이 가능할 것으로 예상된다. 인식 네트워크 분석에서 유래한 순서화된 네트워크 분석(Ordered Network Analysis)은 방향성이 추가된 네트워크 모델을 생성하므로(Zambrano *et al.*, 2023) 추후 이를 적용하여 학생의 복잡한 인지 행동을 다양한 과학 수업 맥락에서 이해하는 연구를 수행한다면 의미 있을 것이다.

본 연구는 교사가 공유 문서를 기반으로 한 활동지를 제작하고 수업을 운영할 때 참고할 수 있는 사례를 제시하였다. 또한 학생의 학습을 분석하기 위해 인식 네트워크 분석 방법을 활용할 수 있음을 보였다. 이는 관련된 수업 또는 연구를 설계하는 교사와 연구자가 참고할 수 있는 자료로서의 가치가 있다고 판단된다. 그러나 본 연구의 참여 학생 수가 제한적이고, 1차시 수업에서 수집된 담화만을 분석하였다는 점에서 결과를 일반화하는 데에 한계가 있다. 따라서 다수의 학생을 대상으로 긴 시간에 걸쳐 수업을 실시하고, 학생 간의 담화를 수집하여 분석한다면 더욱 의미 있는 결과를 얻을 수 있을 것으로 기대한다.

국문요약

본 연구는 과학 수업에서 공유 문서의 활용이 학생의 담화 패턴과 학습에 미치는 영향을 조사하기 위해 학생들의 담화를 인식 네트워크 분석(Epistemic Network Analysis) 방법으로 분석하였다. 49명의 중학교 2학년 학생을 대상으로 과학 교사인 연구자 본인이 Google Docs를 기반으로 제작된 활동지를 활용한 공유 문서와 동일 내용의 종이 활동지를 활용한 일반 수업을 실시하고, 각 수업에서 수집된 담화를 비교 분석하였다. 분석 결과, 공유 문서 활용 수업에서는 일반 수업에 비해 과제 수행과 관련된 발언의 비율이 더 높았으며, 특히 사진 촬영

과 업로드에 대한 담화가 두드러졌다. 그러나 이러한 담화가 교사가 의도한 동료 학습으로 이어지지는 않았다. 성취 수준에 따른 분석 결과에서는 공유 문서 활용 수업에서 하위 수준 학생의 발언 비율이 상대적으로 더 높았으며, 상위 학생과 하위 학생 간의 발언 유형 및 연결 구조에서 차이가 나타났다. 또한 상위 수준 학생이 의견과 설명 제시를 주도하면 하위 학생이 이를 받아 적는 역할 분담이 관찰되었으며, 공유 문서 활용 수업에서 그러한 경향이 더 뚜렷하였다. 마지막으로 인식 네트워크 분석으로 정전기의 원인에 대한 학생의 인식 변화를 시각화하였다. 연구 결과를 바탕으로 공유 문서를 활용하여 협력 학습을 촉진하기 위해 다양한 의견과 산출물의 공유가 가능한 개방적 문제를 포함하는 전략과 인식 네트워크 분석을 활용한 개념 학습 효과 확인 가능성을 제언하였다.

주제어 : 클라우드 러닝, 공유 문서, 구글 문서, 담화 분석, 인식 네트워크 분석(ENA)

References

- Bai, Y., Shen, S., Chen, L., & Zhuo, Y. (2011, July). Cloud learning: A new learning style. In 2011 International Conference on Multimedia Technology (pp. 3460-3463). IEEE.
- Blau, I., & Caspi, A. (2009). Sharing and collaborating with Google Docs: The influence of psychological ownership, responsibility, and student's attitudes on outcome quality. World Conference on E-Learning in Corporate, Government, Healthcare and Higher Education, Oct 26, 2009 in Vancouver, Canada.
- Bonham, S. (2011). Whole class laboratories with Google Docs. *The Physics Teacher*, 49, 22-23.
- Bowman, D., Swiecki, Z., Cai, Z., Wang, Y., Eagan, B., Linderoth, J., & Shaffer, D. W. (2021). The mathematical foundations of epistemic network analysis. In *Advances in Quantitative Ethnography: Second International Conference, ICQE 2020, Malibu, CA, USA, February 1-3, 2021, Proceedings 2* (pp. 91-105). Springer International Publishing.
- Bressler, D. M., Bodzin, A. M., Eagan, B., & Tabatabai, S. (2019). Using epistemic network analysis to examine discourse and scientific practice during a collaborative game. *Journal of Science Education and Technology*, 28, 553-566.
- Cha, H. J., Ga, S. H., & Yoon, H. G. (2023). Characteristic of pre-service elementary teachers' TPACK in science lesson planning using VR/AR contents: Focusing on Epistemic Network Analysis. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 43(3), 225-226.
- Cho, H. H., & Choi, K. H. (2005). *Theory and practice of science education* (2nd Ed.), (pp. 365). Paju: Kyoyookbook Publication Co.
- Edwards, D., & Mercer, N. (1987). *Common knowledge : The Development of Understanding in the Classroom*. Routledge.
- Ercan, T. (2009). Effective use of cloud computing in educational institution, *Procedia Social and Behavioral Sciences* 2 (2010) 938-942
- Fan, Y., Tan, Y., Raković, M., Wang, Y., Cai, Z., Shaffer, D. W., & Gašević, D. (2023). Dissecting learning tactics in MOOC using ordered network analysis. *Journal of Computer Assisted Learning*, 39(1), 154-166.
- Fuchs, B. (2014). The writing is on the wall: using Padlet for whole-class engagement. *Loex Quarterly*, 40(4), 4.
- Gee, J. P. (2015). *Social linguistics and literacies : Ideology in discourses*. London; New York: Routledge.
- González-Martínez, J. A., Bote-Lorenzo, M. L., Gómez-Sánchez, E., & Cano-Parra, R. (2015). Cloud computing and education: A state-of-the-art survey. *Computers & Education*, 80, 132-151.
- Hirsch, B., & Ng, J. W. P. (2011). Education beyond the Cloud: Anytime-anywhere learning in a smart campus environment. 6th International Conference on Internet Technology and Secured Transactions, 11-14 December 2011, Abu Dhabi, United Arab Emirates. 718-723
- Hong, M. S., Lee, J. B., Kim, S. Y., & Kim, J. B. (2009). Development of tutorial for concept learning about electrostatics in middle school. *School Science Journal*, 3(1), 13-29.
- Jeno, L. M., Adachi, P. J., Grytnes, J. A., Vandvik, V., & Deci, E. L. (2019). The effects of m-learning on motivation, achievement and well-being: A Self-Determination Theory approach. *British Journal of Educational*

- Technology, 50(2), 669-683.
- Jeong H. S. (2013). A case study on a collaborative media production and writing class in a "SMART Education" Environment. *Journal of Elementary Korean Education*, 53(0), 301-335.
- Jo, M. J. (2017). An investigation of teaching practices with smart technologies of science teachers and their opinions of how to apply smart technologies in science education. Master's thesis, Seoul National University.
- Karumbaiah, S., & Baker, R. S. (2021). Studying Affect Dynamics Using Epistemic Networks. In A. R. Ruis & S. B. Lee (Eds.), *Advances in quantitative ethnography*. ICQE 2021. Communications in Computer and Information Science, Vol. 1312 (pp. 362-374). Springer International Publishing.
- Kim, D. G., Park, S. H., Jung, J. Y., & Lee J. H. (2008). A Study on the development of learning model for Wiki-based collaborative writing. *Journal of Elementary Korean Education*, (37), 5-40.
- Kim, H. J., & Song, J. W. (2020). A Literature Review of Mobile Activities in Teaching and Learning Science: With Regard to Support for Learners' Agency. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 40(5), 451-462.
- Kim, J. Y., Shin, A. K., Park, K. T., & Choi, B. S. (2001). The effects of science inquiry experiments emphasizing social interactions and the analysis of social interactions by cognitive level of the students. *Journal of the Korean Chemical Society*, 45(5), 470-480.
- Kouh, M. (2016). Whole class laboratories: More examples. *The Physics Teacher*, 54(3), 174-177.
- Lee, E. K., & Kang, S. J. (2008). The effect of SWH application on problem-solving type inquiry modules through student-student verbal interactions. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 28(2), 130-138.
- Lee, H. Y., Chang, S. S., Seong, S. K., Kang, S. J., & Choi, B. S. (2002). Analysis of student - student interaction in interactive science inquiry experiment. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 22(3), 660-670.
- Lee, J. Y. (2017). Effects of digital collaborative writing- with quantitative analysis of student writer's response., 11(5), 199-234.
- Lin, Y. T., Chang, C. H., Hou, H. T., & Wu, K. C. (2016). Exploring the effects of employing Google Docs in collaborative concept mapping on achievement, concept representation, and attitudes. *Interactive Learning Environments*, 24(7), 1552-1573.
- Martin, R., Sexton, C., & Gerlovich, J. (2002). *Teaching science for all children*. 2nd ed. Boston: Allyn and Bacon.
- Marquart, C. L., Hinojosa, C., Swiecki, Z., Eagan, B., & Shaffer, D. W. (2021). Epistemic network analysis (Version 1.7.0) [Software]. Available from <http://app.epistemicnetwork.org>
- Mell, P., & Grance, T. (2011). The NIST definition of cloud computing.
- Nachtigall, V., & Sung, H. (2019). Students' collaboration patterns in a productive failure setting: an epistemic network analysis of contrasting cases. In *Advances in Quantitative Ethnography: First International Conference, ICQE 2019, Madison, WI, USA, October 20-22, 2019, Proceedings 1* (pp. 165-176). Springer International Publishing.
- Nguyen, H. (2022). Exploring group discussion with conversational agents using epistemic network analysis. *Communications in Computer and Information Science*, 1522, 378-394.
- Oishi, L. (2007). Working together: Google Apps goes to school. *Technology & Learning*, 27(9), 46-47.
- Parrish, J. C., Pleasants, J., Reid, J. W., Mulvey, B. K., Peters-Burton, E. E., & Recker, A. (2022). Using Card Sort Epistemic Network Analysis to explore preservice teachers' ideas about the nature of engineering. *Science & Education*, 1-26.
- Robert G. J. (2003). Emerging technologies Blog and Wikis: Environments for on-line collaboration. *Language Learning & Technology*, 7(2).
- Ruis, A. R., Siebert-Evenstone, A. L., Pozen, R., Eagan, B. R., & Shaffer, D. W. (2019). Finding common ground: A method for measuring recent temporal context in analyses of complex, collaborative thinking. In K. Sánchez, M., Aguilar, J., Cordero, J., & Valdiviezo, P. (2015, July). Basic features of a reflective middleware for intelligent learning environment in the cloud (IECL). In *2015 Asia-Pacific Conference on Computer Aided System Engineering* (pp. 1-6). IEEE.
- Scianna, J., Gagnon, D., Knowles, B. (2021). Counting the game: Visualizing changes in play by incorporating game events. In A. R. Ruis & S.B. Lee (Eds.), *Advances in quantitative ethnography*. ICQE 2021. Communications in Computer and Information Science, Vol. 1312 (pp. 218-231). Springer International Publishing.
- Shaffer, D. W. (2017). *Quantitative ethnography*. Madison, WI: Cathcart Press.
- Shaffer, D. W., Collier, W., & Ruis, A. R. (2016). A tutorial on epistemic network analysis: Analyzing the structure of connections in cognitive, social, and interaction data. *Journal of Learning Analytics*, 3(3), 9-45.
- Shaffer, D. W., & Ruis, A. R. (2017). Epistemic network analysis: A worked example of theory-based learning analytics. In C. Lang, G. Siemens, A. F. Wise, & D. Gasevic (Eds.), *Handbook of learning analytics* (pp. 175-187). Society for Learning Analytics Research.
- Shin, E. H. (2021a). An Investigation of Teaching Practices and Opinions of Teacher about Using Cloud Apps in Interactive Online Science Class. *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction* Vol. 21, No. 14, 2021, pp. 811-824.
- Shin, E. H. (2021b). Analysis of the Types of Teachers' Questioning and Feedback in Science Classes using Cloud Apps. *School Science Journal*, 15(2), 135-148.
- Siebert-Evenstone, A., Arastoopour Irgens, G., Collier, W., Swiecki, Z., Ruis, A. R., & Williamson Shaffer, D. (2017). In search of conversational grain size: Modelling semantic structure using moving stanza windows. *Journal of Learning Analytics*, 4(3), 123-139.
- Suwantharithip, O., & Wichadee, S. (2014). The effects of collaborative writing activity using Google Docs on students' writing abilities. *Turkish Online Journal of Educational Technology*, 13(2), 148-157.
- Stevenson, M., & Hedberg, J. G. (2013). Learning and design with online real-time collaboration. *Educational Media International*, 50(2), 120-134.
- Vygotsky, L. S. (2012). *Thought and language*. MIT press.
- Weiler, D. T., Lingg, A. J., Eagan, B. R., Shaffer, D. W., & Werner, N. E. (2022). Quantifying the qualitative: exploring epistemic network analysis as a method to study work system interactions. *Ergonomics*, 65(10), 1434-1449.
- Wooldridge, A. R., Carayon, P., Eagan, B. R., & Shaffer, D. W. (2018). Quantifying the qualitative with epistemic network analysis: A human factors case study of task-allocation communication in a primary care team. *IIE Transactions on Healthcare Systems Engineering*, 8, 72-82.
- Yun, J. H. (2017). The influences of individualized learning adapted to student's conception and small group learning using smart devices in secondary chemistry classes. Doctoral dissertation, Seoul National University.
- Zambrano, A. F., Barany, A., Ocumpaugh, J., Nasiar, N., Hutt, S., Goslen, A., ... & Mott, B. (2023, October). Cracking the Code of Learning Gains: Using Ordered Network Analysis to Understand the Influence of Prior Knowledge. In *International Conference on Quantitative Ethnography* (pp. 18-33). Cham: Springer Nature Switzerland.
- Zhang, S., Gao, Q., Sun, M., Cai, Z., Li, H., Tang, Y., & Liu, Q. (2022). Understanding student teachers' collaborative problem solving: Insights from an epistemic network analysis (ENA). *Computers & Education*, 183, Article 104485.
- Zioga, C., & Bikos, K. (2020). Collaborative writing using Google Docs in primary education: development of argumentative discourse. *Turkish Online Journal of Distance Education*, 21(1), 133-142.

저자정보

신은혜(서울대학교 교육융합연구원, 객원연구원)