

다중양식 학습분석 연구동향 분석: 온라인 학습을 중심으로

김동심* · 류다현**
한신대학교* · 이화여자대학교**

요약

본 연구는 최근 10년간 학습자의 온라인 학습을 다중양식을 활용하여 학습분석한 연구동향을 분석하였다. 구체적으로는 5W1H을 기준으로 연구시기, 연구환경, 연구대상자, 연구자, 다중양식, 연구내용, 분석방법을 파악하고, 다중양식 학습분석의 시사점을 얻고자 한다. 이를 위해 2013-2022년에 문헌연구를 제외한 국내외 실증연구 29편을 분석하였다. 분석결과, 다중양식 학습분석 연구는 지속해서 증가하고 있으며, 비실시간 온라인학습 배경에서, 대부분 공학계열 연구자들을 중심으로 이루어지고 있었다. 실험대상은 주로 대학생들이었고, 학습자의 주의집중이나 인지부하를 측정하기 위해 다중양식데이터(시선추적, 감정, 뇌파, 신체움직임, 설문지 등)를 사용했다. 본 연구는 온라인 학습에서 다중양식 학습분석의 연구동향을 확인하였으며, 이 결과를 바탕으로 향후 이루어질 다중양식 학습 분석에서의 시사점을 제안하였다.

키워드 : 다중양식, 학습분석, 다중양식 분석, 5W1H, 연구동향

Research Trend of Multimodal Learning Analysis: Focuss on online Learning

Dongsim Kim* · Dahyeon Ryoo**
Hanshin University* · Ewha Womans University**

Abstract

This study analyzed research trends on multimodal learning analysis of online learning activities of learners over the past ten years. Specifically, based on 5W1H, the research period, research environment, research subjects, researchers, multi-modality, research content, and analysis method are identified to obtain implications for multi-modality learning analysis. For this purpose, 29 empirical studies were analyzed from 2013 to 2022 at domestic and overseas, excluding literature studies. As a result of the analysis, research on multimodal learning analysis is increasing, and it is primarily conducted by engineering researchers with a focus on asynchronous online learning. The research subjects were mainly university students, and the study used multi-modal data (eye tracking, emotion, EEG, body movement, and questionnaires) to measure learners' attention or cognitive load. It also notes that the study confirms a trend in research on multimodal learning analysis in the context of online learning and suggests implications for future research in this area.

Keywords : Mutimodal, Learning Analysis, Multimodal Analysis, 5W1H, Research Trend

이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. NRF-2022R1F1A1065295).
교신저자 : 류다현(이화여자대학교)

논문투고 : 2022-11-30

논문심사 : 2023-01-13

심사완료 : 2023-01-27

1. 서론

기술의 발달에 따라 교육학 분야에서는 다중양식 학습분석(multimodal learning analytics)에 대한 관심이 커지고 있다[1]. 그동안은 학습자의 학습과정에 대한 이해를 위해 학습과정 영상 데이터를 수집하여, 그들의 행동을 관찰, 코딩, 식별하였으나, 이는 데이터 분석과정에서 시간이 많이 소모되며, 체계적인 방식이 아니라는 한계를 가진다. 그러나 다중양식 학습분석은 자기보고식 설문과 함께 웹데이터, 얼굴표정, 시선, 생리심리적 반응 등에 대한 다양한 학습 데이터를 통합적으로 수집하고 분석하기 때문에, 과거에 블랙박스(black box)로 여겨왔던 학습과정을 보다 깊이 있게 이해할 수 있다.

학습분석은 학습과정을 평가하거나 학습자의 수행 수준을 예측하기 위해, 구체화 된 교육적 기회를 즉각적으로 제공하고자 하는 연구 분야이다[3]. 즉, 학습분석은 학습맥락에서 빅데이터를 기반으로 학습과정과 환경을 최적화하는 데 초점을 두어 학습이 진행되는 과정에서의 참여(engagement)나 진행(process), 성과(achievement)를 분석한다[4]. 학습분석학은 테크놀로지가 매개하는 학습환경에서 일어나는 학습행동과 맥락에서 발생하는 데이터를 측정, 수집, 분석, 예측하여 증거 기반의 교수-학습적 의사결정을 지원하는 특징을 가진다[5]. 다중양식 학습분석은 데이터의 한 가지 양식이 아니라, 여러 가지 양식, 다양한 감각기관과 표상양식을 활용하여 학습분석을 하는 것을 의미한다. 따라서 다중양식 학습분석은 자기보고식 설문지를 포함하여 컴퓨터 활동 기록, 웨어러블 카메라, 웨어러블 센서, 바이오센서(예: 피부 전도도, 심장 박동 및 뇌파검사), 제스처 감지, 적외선 이미지 및 눈 추적 등을 통해 작은 단위의 시간을 기준으로 분석을 할 수 있게 되어 학습자의 학습활동뿐만 아니라 사회적 상호작용과 같은 여러 차원을 포함하는 활동을 구체적으로 살펴볼 수 있다[6].

학습자의 활동 양상을 구체적으로 파악할 수 있게 된 다중양식 학습분석은 2012년 관련 학술대회를 시작으로 학문분야로서 자리매김하였다[7]. 이후, 다양한 실증연구들이 이루어지고 있으나, 윤리적 문제, 데이터 수집에 대한 비용 등에 따라 광범위하게 확산되기까지는 시간이 필요하다[9,10]. 따라서 관련 학문분야의 확산과 발전을 위해 기존 연구들을 적합한 선정기준으로 선별하

고, 모든 근거를 수집하고 분석하면서 연구 질문에 응답하는 연구 방법인 체계적 문헌고찰(systematic literature review)이 필요하다.

특히나 미래교육을 위한 환경구축의 논의단계에서 온라인 학습환경에서의 다중양식 활용은 빠르게 적용될 것이다. 특히나 COVID-19 이후, 온라인교육은 교육의 주요 형태로 자리매김하였으며, 효과적·효율적인 온라인 교육의 운영을 위해서는 학습 과정 전반에 대한 이해가 필요하다. 따라서 온라인교육에서의 다중양식 학습분석 연구가 이루어지기 위한 발판을 마련하기 위해, 본 연구에서는 기존 연구에 대한 체계적인 문헌고찰을 진행하고자 한다. 다중양식 학습분석 연구들을 확인하여 다중양식 학습분석에 대한 이해를 높이고, 이를 적용하기 위한 시사점 및 교육적 활용방안을 도출하고자 한다.

2. 이론적 배경

2.1. 다중양식 학습분석

자기보고식 설문은 학습자의 학습과정을 분석하기 위해 주로 사용된 방법이나 응답편향, 동일방법편의(common method bias)로 인해 과대평가 등과 같은 한계를 극복하기 위해 학습데이터 수집방법에 대한 관심이 커지기 시작했다. 그동안은 기술과 학습환경을 이유로 실제 다양한 방법이 활용되지 못하였으나, 빠르게 발전하고 있는 기술발달과 COVID-19에 따른 온라인교육의 확산은 다중양식 학습분석이 이루어질 수 있는 발판이 되었다.

다중양식 데이터를 수집하기 위해 사용되는 방법은 다양하다. 먼저, 행동로그는 온라인 학습환경에서 학습을 진행하며 남기게 되는 다양한 로그파일 형태의 데이터이다[11]. 학습자가 클릭, 재생, 글쓰기 등의 활동을 그대로 보여준다. 생리적 현상을 통해 나타나는 생리심리반응 데이터는 시선, 뇌파, 심전도, 심박 수, 혈압 등을 통해 확인할 수 있다. 시선분석은 온라인학습과정에서 학습자의 주의집중, 참여, 인지부하 등의 측정이 가능하여 다중양식에서 대표적으로 사용되는 분석방법이다. 시선추적장비로부터 추출된 데이터를 분석하고, 해석하는 이 과정은 눈동자를 추적하여 어느 곳을 얼마나 응시하고 있는지 알아낸 후, 그것을 근거로 인간의 반응

과 상호작용을 연구하는 방식이다[12].

또한, 학습으로 인해 두뇌에서 신경세포들의 활동이 활발히 이루어지며 전기적 신호인 뇌파가 발생하는데, 이러한 전기적 신호를 측정하고 기록하는 뇌전도(EEG: Electroencephalogram)를 통해 학습자의 인지과제 수행 중 특징을 확인할 수 있다. 기존의 뇌파분석 방법들과 비교하면, 뇌전도는 비용이 저렴하고 조작성이 간편하고, 휴대가 쉬우므로 교육분야에서 많이 사용된다[13].

이외에도 머리 자세 추정, 얼굴표정 및 대화형 데이터[14], 혈압, 피부반응을 살피는 피부전도도(EDA: Electrodermal Activity)[15] 등을 통해 데이터를 수집한다. 이렇게 수집된 데이터는 자기보고식 설문지를 통해 학습자의 상태를 확인하는 기존의 방식과 달리 학습자가 분명하게 대답할 수 없는 부분까지 객관적인 데이터를 제공함으로써, 학습자의 학습행태를 보다 정밀하게 분석하게 한다.

2.2. 다중양식 학습분석 문헌연구

다중양식 학습분석 학문 분야가 10여 년간 자리를 잡아가면서, 관련 연구들을 정리하고자 하는 시도들이 2020년대 초반에 들어서면서 이루어지고 있다. Noroozi 외[16]는 모든 교육분야에서 수행된 다중양식 연구 207개를 확인한 결과, 언어, STEM, 교사교육, 교사교육, 의학, 읽기쓰기, 음악, 운동, 학습기술 순으로 연구가 진행되고 있음을 확인하였다. 대부분의 연구가 다중양식 학습분석 데이터로 설문지, 음성과 비디오를 통한 관찰 기록, 시선추적, 화면기록, 감정분석 등을 활용하여, 학습자의 인지적, 동기적, 감정적 측면을 살펴보았다. Pei 외[17]도 다중양식 학습분석의 학문발전을 확인하기 위해 2010-2020년에 이루어진 194편 연구들을 중심으로 연도별 출판수, 연구가 많이 이루어진 국가, 기관, 저자, 국가 및 기관간의 협업, 키워드 분석 등을 실시하였다. 지속해서 증가하는 연구들은 주로 미국에서 진행되고 있으며, 스탠포드 대학(Stanford University)의 Blikstein과 노스캐롤라이나 주립대학교(North Carolina State University)의 Worsley가 주도적으로 연구를 진행하고 있었다. 이들 연구결과는 학습과정에서 보이는 학습자 특성을 유형하여, 유비쿼터스 학습 플랫폼(ubiquitous learning platform)을 구현하는데 적용되고 있다.

국내에서는 다중양식 학습분석 연구가 초기단계로, 함윤희 외[1]가 다중양식 학습분석이 교육연구와 실천에 어떤 기여와 제한점이 있는지 이해하고자, 2011-2020년까지의 다중양식 학습분석과 관련된 국내·외 연구들을 36편을 대상으로 연구 목적, 연구 맥락, 학습 요소, 데이터 수집과 분석, 제한점을 확인하였다. 대부분의 연구는 학습자의 학습패턴을 탐색하고, 학습결과에 영향을 미치는 요인을 탐색하였다. 또한, 주로 통제된 환경에서 성인 대상 연구가 수행되었으며, 웹 데이터, 음성, 설문 자료, 시선, 생리심리반응을 통해 다중양식의 데이터로 수집되었다.

이외에도 다중양식의 데이터 수집방법에 따라 문헌분석들이 이루어졌다. 최서현 외[18]는 뇌파를 활용한 2000-2021년까지의 국내연구 54편의 연도별 출판 수, 주제 및 활용 분야, 주요 종속변수, 데이터 수집 및 전처리 조건에 대해 분석하였다. 지속해서 논문 수가 증가하며, 과학, 수학과목에서 초등학생을 대상으로 연구가 진행되고 있었다. 주로 10개 내외의 채널을 활용해 20명 내외의 학습자를 대상으로 주파수와 채널을 측정하였다.

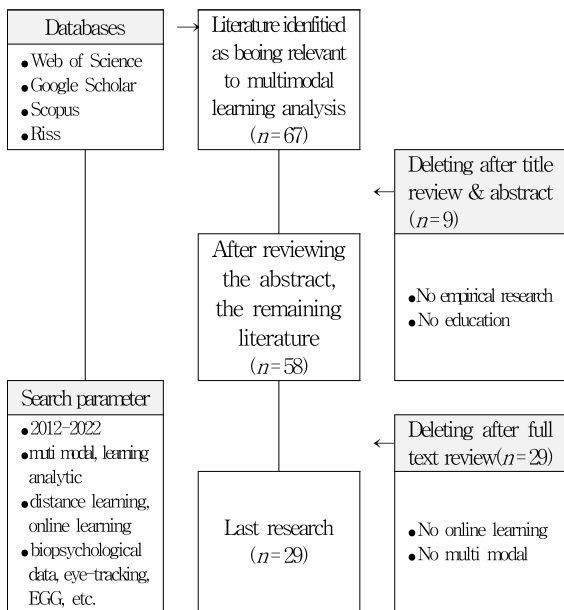
송지수 외[19]도 시선추적 데이터를 활용한 2011-2021년 국내연구 60편을 통해 교육맥락에서의 학습자의 인지과정 분석 틀에 따른 시선추적 데이터의 종류와 의미, 연구 대상과 교과 유형, 연구 변인들을 분석하였다. 주로 초등학생을 대상으로 실험연구가 수행되었고, 학습자의 인지과정 중 조직화와 선택을 살펴보고 있었으며, 시선의 시간, 빈도의 순으로 데이터를 분석하고 있었다. 독립변인은 교수설계와 개인차, 종속변인으로는 학습 성취도와 주의집중 및 분산을 살펴보는 연구들이 많았다.

이들 선행연구에서 분석한 논문 수가 편차를 보이는 주된 이유는 선정기준과 분석대상에 대한 차이였다. 일부 연구에서는 교육분야가 아닌 논문, 한 가지 이상의 데이터를 사용하나, 다양한 유형의 데이터를 분석하는 다중양식 학습분석의 특징을 반영했다고 보기 어려운 연구들이 포함되었다는 한계가 있다. 이러한 한계를 극복하기 위해, 본 연구는 다중양식 학습분석의 특징을 반영한 교육학 분야의 논문을 선정하여 체계적이고 정밀한 문헌분석을 시행하였다. 본 연구의 구체적인 연구문제는 ‘온라인교육에서의 다중양식 학습분석 연구의 현황은 어떠한가?’ 이다.

3. 연구방법

3.1. 분석 대상 및 범위

본 연구는 온라인 학습환경에서 이루어진 다중양식 학습분석에 관한 연구동향을 살펴보기 위해, 최근 10년인 2013년부터 2022년 7월까지 국내·외에서 발행된 연구논문을 분석대상으로 하였다. Web of Science, Google Scholar, Scopus, Riss 데이터베이스에서 출판물(학술지, 학술대회)을 검색하였다. multi modal(다중양식), multi modal learning analytics(다중양식 학습분석)를 중심으로 온라인교육과 관련된 distance learning(원격교육), e-learning(에러닝), online learning(온라인학습) 등을 추가로 검색했다. 이외에도 biopsychological data(생체심리 데이터), eye-tracking(시선추적), EEG(뇌파) 등의 키워드를 함께 검색하여, 다중양식 실증연구를 대상으로 관련 연구를 확보하였다. 수집된 연구 중 문헌연구, 중복되는 연구들을 제외하고 2개 이상의 데이터 유형을 사용하는 교육과정과 교육성과를 중심으로 한 교육분야의 다중양식 학습분석 실증연구를 중심으로 분석하였다. 구체적인 과정은 (Figure 1)과 같다.



(Fig. 1) Research selection process

모든 분석내용은 연구자 2인이 각 연구의 내용을 독립적으로 검토하고, 의견을 수렴하였다. 일치하지 않은 의견은 같이 논문을 살펴보면서 의견을 정리했다. 처음 수집된 논문은 67편이었으나, 연구자들이 연구들의 제목과 초록을 검토하여 실증연구가 아닌 것, 교육분야의 연구가 아닌 9편을 삭제하여 58편의 연구가 남았다. 논문 내용을 살펴보면서 온라인 교육환경이 아닌 것과 다중양식 학습분석이 아닌 단일양식 학습분석으로 연구가 수행되었다고 판단된 연구들을 삭제하였다. 이를 통해, 최종 29편의 연구가 대상으로 선정되었다(<Table 1> 참고). 모든 연구는 통제된 공간에서 학습하는 실험환경에서 이루어졌다. 국내연구는 5편, 국외연구는 24편이며, 학술대회 연구는 7편, 학술지는 22편이다.

<Table 1> List of research

Number	Author(year)
1	Alrawahneh, A. & Safei, S. B.(2021)
2	Basinillo, A. R., Oracion, B. M., Magno, R., & Veal, L.(2019)**
3	Cao, X., Cheng, M., Xue, X., & Zhu, S.(2018)**
4	Colliot, T., & Jamet, É.(2018). Cornide-Reyes, H., Riquelme, F., Monsalves, D., Noel, R., Cechinel, C., Villarroel, R., & Munoz, R.(2020).
5	Dindar, M., Järvelä, S., & Haataja, E.(2020).
6	El-Abbasy, K., Angelopoulou, A., & Towell, A.(2018)**
7	Emerson, A., Cloude, E. B., Azevedo, R., & Lester, J.(2020)
8	Emerson, A., Henderson, N., Rowe, J., Min, W., Lee, S., Minogue, J., & Lester, J.(2020)**
9	Gomes, J., Yassine, M., Worsley, M., & Blikstein, P.(2013)**
10	Ham, Y., Cho, Y., Lee, H., & Kim, H.(2021)*
11	Jeong, G. & Jo, I.(2020)*
12	Kim, J. & Jo, I.(2019)*
13	Kimario, N. D., & Kamioka, E.(2017)
14	Larmuseau, C., Cornelis, J., Lancieri, L., Desmet, P., & Depaep, F.(2020).
15	Liu, R., Stamper, J., Davenport, J., Crossley, S., McNamara, D., Nzinga, K., & Sherin, B. (2019).
16	Mu, S., Cui, M., Wang, X. J., Qiao, J. X., & Tang, D. M.(2019)
17	Negi, S., & Mitra, R.(2022).
18	Olsen, J. K., Sharma, K., Rummel, N., & Aleven, V.(2020).
19	

Number	Author(year)
20	Papamitsiou, Z., Pappas, I. O., Sharma, K., & Giannakos, M. N.(2020).
21	Park, H. & Jo, I.(2021)*
22	Pijeira-Díaz, H. J., Drachsler, H., Kirschner, P. A., & Järvelä, S.(2018).
23	Sharma, K., Giannakos, M., & Dillenbourg, P.(2020).
24	Sharma, K., Mangaroska, K., van Berkel, N., Giannakos, M., & Kostakos, V.(2021).
25	Sharma, P., Joshi, S., Gautam, S., Maharjan, S., Filipe, V., & Reis, M. J.(2019)
26	Sung, H. & Jo, I.(2018)*
27	Thomas, C.(2018)**
28	Wang, R., Chen, L., & Ayesh, A.(2022).
29	Yue, J., Tian, F., Chao, K. M., Shah, N., Li, L., Chen, Y., & Zheng, Q.(2019)**

* domestic research
**conference paper

3.2. 분석 프레임 구성

본 연구에서는 학습중심의 다중양식 연구가 이루어지는 맥락을 다양한 각도에서 분석하고자 분석 프레임을 <Table 2>와 같이 마련하였다. 체계적 문헌분석을 위해, 다수의 연구[20, 21]에서 전통적으로 사용된 Who, What, When, Where, Why, and How(5W1H) 방법을 적용하고, 개발된 분석 프레임은 교육공학 전문가 2인의 검증을 받아 확인하였다.

Who(누가)는 연구대상과 연구자이다. 연구대상은 모든 연구가 학생들을 실험자로 하여 연구가 진행되어 초등학생, 중학생, 고등학생, 대학생, 대학원생으로 구분하였다. 여러 대상이 있는 경우에는 중복으로 집계하였다. 연구 규모를 확인하기 위해 실험자 수를 확인하였다. 참가한 실험의 참여자 수가 최대 98명이기 때문에, 25명을 단위로 구분하였다. 연구맥락을 구체적으로 파악하기 위해, 연구자의 학문영역과 협력연구인지 확인하였다. 협력연구 여부는 2개 이상의 학문분야의 학자들이 참여한 경우에는 협력연구로 간주하였다. 연구자들의 분야는 공과계열, 교육계열로 크게 구분되었으며, 기타영역으로 심리학 등이 포함되었다.

When(언제)은 연구의 발행연도로써, 2013년부터 2022년 7월까지 다중양식 학습분석이 이루어진 국내·외 실증적 연구를 중심으로 1년 단위로 확인하였다.

Where(어디에서)는 실험을 위해 사용된 온라인 학습 환경이며, 비실시간, 실시간, 문제풀이로 구분하였다.

What(무엇을)은 무엇으로 학습행태 데이터를 수집하는지를 확인하기 위한 영역으로 다중양식 학습분석을 위해 대표적으로 많이 사용되는 시선, EEG, 몸 움직임, 얼굴, 자기보고식 설문, 로그 데이터, 음성, 터치를 구분하였다. 2개 이상의 양식을 사용한 연구만을 대상으로 하였기 때문에 중복하여 표기하였다.

Why(왜)는 연구에서 확인하고자 하는 연구문제의 영역이다. Noroozi 외[16]가 사용한 인지적, 동기적, 감성적 영역에서 확인되지 않은 동기적을 삭제하고, 행동 영역을 추가하여 선행연구를 구분하였다.

How(어떻게)는 수집된 다중양식 학습분석 데이터 분석에 사용된 통계방법을 설명하였다. 통계방법은 함유회 외[1]가 구분한 기술통계, 상관분석, 회귀분석, ANOVA, t-test등을 포함한 통계분석, 군집분석과 분류 분석, 기타 마이닝으로 구분하였다. 모든 자료는 SPSS를 통해 분석되었다.

<Table 2> Analysis criteria of research context

5W1H		Categories
When	year	2012-2022
Where	learning method	① asynchronous e-learning, ② synchronous e-learning, ③ problem solving process
		① elementary, ② middle, ③ high, ④ under graduate, ⑤ graduate, ⑥ adult
Who(participants)	school students	① 1-25, ② 26-50, ③ 51-75, ④ 76-100
	number	① yes, ② no
Who(researchers)	collaboration	① education, ② engineering, ③ etc.
	academic field	① eye tracking, ② EEG, ③ body movement, ④ face, ⑤ self-report, ⑥ log data, ⑦ audio, ⑧ sense of touch, ⑨ EDA, ⑩ video
What	multi modal data	① cognitive, ② emotion, ③ behavior, etc.
What	data analysis contents	① statistical analysis, ② cluster/classification ③ other mining
How	data analysis method	

4. 연구 결과

4.1. 연도별 연구

다중양식 학습분석이 2018년부터 본격적으로 이루어지고 있음이 확인되었다(<Table 3> 참고). 연구 수는 2020년이 9개로 가장 많았으며, 2021년부터 연구 수가 다소 줄어들고 있다.

<Table 3> Year of publication & Type of e-learning

Year	N	%	Type	N	%
2013	1	3.4	asynchronous	14	48.3
2017	1	3.4	e-learning		
2018	6	20.7	synchronous	4	13.8
2019	6	20.7	e-learning		
2020	9	31.0	problem solving	11	37.9
2021	4	13.8	process & etc.		
2022	2	6.9	Total	29	100.0

4.2. 연구 환경

온라인교육 다중양식 학습분석은 48.3%가 비실시간 온라인 콘텐츠를 통해 진행되었다(<Table 3> 참고). 또한 컴퓨터기반 문제해결이나 시뮬레이션, 게임기반학습에서도 다중양식 학습분석이 적용되었다.

4.3. 참여자와 연구자의 특성

실험 참여자의 62.9%가 대학생이다(<Table 4> 참고). 실험에 참여한 참여자의 수도 50명 이하 69%이다. 참여자 수가 많아질수록 연구 건수가 줄어들고 있다.

<Table 4> Participants

School*	N	%	Number	N	%
elementary	2	5.7	1-25	10	34.5
middle	1	2.9	26-50	10	34.5
high	5	14.3	51-75	5	17.2
under graduate	22	62.9	76-100	4	13.8
graduate	4	11.4			
adult	1	2.9	Total	29	100.0
Total	35	100.0			

*Count duplicates

다중양식 학습분석의 특징상 연구가 관련 분야(공학계열, 교육계열)가 협력하여 이루어졌는지를 확인하였다(<Table 5> 참고). 75.9%의 연구가 관련 분야 연구진들이 함께 연구하지 않았고, 공학계열 내에서만 혹은 교육계열 내에서만 연구가 이루어졌다. 연구의 24.1%가 여러 계열의 연구자들이 함께 협력하여 연구가 이루어졌다. 즉, 다중양식 학습분석을 위한 협력연구보다는 각자의 영역에서 연구가 주로 진행되고 있음을 확인할 수 있었다. 연구자의 52.6%가 공학계열, 34.2%가 교육계열이고, 나머지는 주로 심리학, 커뮤니케이션학 등 다양한 분야의 연구자들이 참여했다.

<Table 5> Researchers

Collaboration	N	%	Field*	N	%
Yes	7	24.1	education	13	34.2
No	22	75.9	engineering	20	52.6
			etc.	5	13.2
Total	29	100.0	Total	38	100.0

*Count duplicates

4.4. 다중양식

학습자의 학습과정을 다중양식으로 수집한 결과는 <Table 6>과 같다. 34.7%가 아이트래커나 웹 기반 시스템을 사용하여 시선추적 데이터를 수집하였으며, 그 뒤로는 연구대상자가 스스로 자신의 인식, 태도, 경험 등을 보고하는 자기보고식 설문 15.3%, 온라인교육을 받으면서 학습자가 생성한 로그데이터 11.1% 순이다. 그 외에도 학습자의 얼굴표정에서의 감성, 건식 뇌파수집기를 활용한 EEG, 학습자의 얼굴, 몸 등의 움직임, 학습과정에서의 음성, 전체 학습과정을 녹화한 비디오, 마우스 등을 조작한 터치센스, 피부전도도를 확인한 EDA 등을 통해 데이터가 수집되기도 하였다.

<Table 6> Multi modal data

Multi modal	N	%	Multi modal	N	%
eye tracking	25	34.7	audio	3	4.2
EEG	5	6.9	sense of touch	2	2.8
body movement	5	6.9	EDA	4	5.6
face	7	9.7	video	2	2.8
self-report	11	15.3			
log data	8	11.1	Total	72	100.0

*Count duplicates

4.5. 분석 내용과 방법

분석하고자 하는 내용은 다음 <Table 7>과 같이 69.4%가 대부분이 과제복합도, 인지부하, 메타인지, 학업성취도와 같은 인지영역에 관한 것이다. 또한 학습자의 행동 16.7%, 감정 13.9% 등을 다루고자 하였다.

분석방법은 <Table 7>과 같이 주로 t-test를 중심으로 통계분석을 하였으며, 군집분석이나 분류분석이 20.7%, 기타 마이닝이 17.2% 순으로 이루어졌다.

<Table 7> Analysis contents and method

Contents	N	%	Method	N	%
cognitive	25	69.4	statistical analysis	18	62.1
emotion	5	13.9	cluster/classification	6	20.7
behavior, etc.	6	16.7	other mining	5	17.2
Total	36	100.0	Total	29	100.0

*Count duplicates

5. 결론 및 제언

본 연구는 2013년부터 다중양식 학습분석이 실증적으로 이루어진 연구 동향을 분석하여, 향후 수행될 연구들의 방향성과 시사점을 제공하는 데 목적이 있다. 이에 학습자의 학습과정을 다중양식 학습분석으로 분석한 실증연구 29편을 5W1H틀로 분석하였다. 분석한 연구결과에 따른 논의는 다음과 같다.

첫째, 다중양식 학습분석이 이루어진 발행연도를 확인한 결과, 2018년부터 관련된 실험연구가 나타나고 있으며, 2020년까지 그 수가 증가하는 경향성을 보인다. 그러나 2020년부터는 그 수가 줄어들고 있는데 이는 COVID-19 감염병 확산을 예방하기 위해 대면접촉이 줄어들에 따라, 실험이 원활하게 이루어지기 어려워져 나타난 현상으로 생각한다. COVID-19 감소세에 따라 다양한 방식의 실험연구 환경이 구축될 수 있어, 앞으로는 더욱 많은 수의 연구가 이루어질 것으로 예상하는 바이다.

둘째, 온라인 학습환경 중에서도 비실시간 온라인 콘텐츠를 활용한 연구가 대부분이었다. 그다음으로 많이 수행된 연구들도 정해진 시나리오에 의해, 학습자의 학습이 이루어지는 문제풀이과정 환경에서 연구가 이루어

지고 있다. 이는 실시간 온라인학습에서의 실험운영이 학습자의 학습행동을 사전에 예상하여 실험환경을 구축해야 한다는 점, 학습자의 미세한 움직임에 따라 데이터 수집의 어려움이 생기는 점으로 인해[22], 활발하게 연구가 진행되기에는 제약이 크기 때문에 나타난 현상으로 사료된다. 그러나 그동안은 온라인교육 방식이 대부분 비실시간으로 진행되어 관련 연구 수가 많았으나, COVID-19 이후 실시간 온라인교육이 확대됨에 따라 관련 연구에 대한 필요성을 확인할 수 있었다.

셋째, 학습자의 학습환경을 다루고자 하는 다중양식 학습분석의 특징상 대부분 연구대상자가 학생이며, 이 중 대학생을 대상으로 연구가 주로 진행되었다. 기존 단일양식 학습분석에서 초등학생을 대상으로 연구[18, 19]가 주로 진행되는 것과 다른 결과이다. 여러 양식의 데이터를 수집하기 위한 다양한 기기를 사용하는 과정에서 기기들이 무겁거나 불편하며, 연구윤리도 고려함에 따라 어린 학습자에게 적용이 어렵다. 온라인교육의 질적 함양이 이루어지기 위해서는 다양한 학습자를 대상으로 한 연구가 진행되어야 한다. 그러나 학습자가 어릴수록 온라인 학습환경에서의 동기부여, 학업성취 등이 어렵기 때문에[23, 24], 이들을 대상으로 한 관련 연구는 반드시 수행되어야 한다. 특히, 실험연구의 특성상 50명 이내의 실험참여자를 대상으로 연구가 진행되는 경우가 많다. 실험연구는 기기, 시간, 비용 등과 연관되어 있어서, 발생하는 문제를 최소화하기 위해서는 수집방법 및 기기의 다양성이 전제되어야 한다. 따라서 다중양식 데이터를 얻을 수 있는 자연스러운 학습환경에서도 연구가 수행되어야 하며, 관련 기기도 개발되어야 한다.

넷째, 다중양식 학습분석 연구는 주로 공학계, 교육계에서 독자적으로 수행되고 있다. 지속가능한 사회경제 발전을 위해 협력·융합연구에 대한 지원이 강화되고 있으며, 실제 다양한 학문분야가 공동으로 수행한 연구의 효과들이 두각을 나타내고 있다[25]. 다중양식 학습분석은 다양한 분야의 학자들과의 협력을 통해 다양한 양식의 데이터를 쉽게 수집하고 분석함으로써, 학습자 중심의 교육을 제공할 수 있는 발판을 마련할 수 있다.

다섯째, 다중양식 학습분석에서 현재 활발하게 수집되고 있는 데이터는 시선 데이터이다. 시선 데이터는 학습자에게 별도의 간섭이 없이 자연스럽게 학습하는 과정을 관찰하는 방법이다[26]. 기존의 온·오프라인의 학

습환경에서 다중양식 학습분석을 확인한 연구[1]에서 웹 데이터, 음성, 설문자료, 시선 순으로 나타난 결과와 상이하다. 이러한 현상이 나타난 원인은 본 연구대상이 기본적으로 웹 데이터를 가지고 있다는 온라인 교육과 실험연구라는 특징에서 비롯된 것으로 사료된다. 따라서 학습자의 학습행태를 설명할 수 있도록 데이터를 손쉽게 수집할 수 있는 기기가 개발되고, 다각적인 연구방법을 모색할 필요가 있다.

마지막으로 다중양식 학습분석의 내용과 방법은 인지 영역과 통계가 가장 많이 사용되었다. 이는 선행연구와 유사한 결과로 그동안 블랙박스로서 학습과정을 다루지 못한 한계를 벗어난다는 의의를 지닌다. 현재 다중양식 학습은 초기 연구단계인 만큼 자료의 수집과 분석과정이 보편화되지 않아, 기초수준의 통계가 적용되고 있다. 많은 요인들의 데이터가 확보된다면, 다양한 분석이 가능해질 것이다. 이를 통해 다중양식 학습 연구는 향후 인지분야 발전에 이바지할 수 있을 것이다.

본 연구는 다중양식 학습분석이 온라인교육에서 어떻게 연구되고 있는지 확인했다. 이를 통해 다중양식 학습분석이 확산되는 계기를 마련하였으며, 앞으로 다중양식 학습분석을 하고자 하는 연구자들에게 시사점을 제공하였다는 데 의의가 있다. 그러나 다중양식 학습분석이 교육분야의 다양한 목적과 맥락에서 이루어지는 만큼 다중양식이 이루어지는 실험 환경과 연구결과에 대한 심층적 논의는 이루어지지 못하였다. 따라서 향후 연구에서는 교수자 제스처 포함여부, 학습자의 자기조절 학습, 몰입과 같이 구체적인 연구환경에서 공통된 목표로 이루어진 실험들을 수집하여 논의가 필요할 것이다. 이러한 다중양식 학습분석 연구를 통해 얻은 결과를 통해, 학습자 중심의 교육을 제공할 수 있도록 기반이 조성되어야 할 것이다.

참고문헌

- [1] Ham, Y., Cho, Y., Lee, H., & Kim, H. (2021), Systematic literature review to explore research trends and future directions of multimodal learning analytics, *The Journal of Educational Information and Media*, 27(2), 501-529.
- [2] Andrade, A., Delandshere, G., & Danish, J. A. (2016), Using multimodal learning analytics to model student behavior: A systematic analysis of epistemological framing, *Journal of Learning Analytics*, 3(2), 282-306.
- [3] Johnson, L., Adams, S., & Cummins, M. (2012), Technology outlook for Australian tertiary education 2012-2017: An NMC Horizon Report regional analysis. TA: The New Media Consortium.
- [4] Lockyer, L., Heathcote, E., & Dawson, S. (2013), Informing pedagogical action: Aligning learning analytics with learning design, *American Behavioral Scientist*, 57(10), 1439-1459.
- [5] Jo. I. (2012), Propose LAPA (Learning Analytics for Prediction & Action) model. Seoul: The Knowledge Management Society of Korea.
- [6] Blikstein, P., & Worsley, M. (2016), Multimodal learning analytics and education data mining: Using computational technologies to measure complex learning tasks, *Journal of Learning Analytics*, 3(2), 220-238.
- [7] Scherer, S., Worsley, M., & Morency, L. P. (2012), 1st international workshop on multimodal learning analytics, In *Proceedings of the 14th ACM international conference on Multimodal interaction* (pp. 609-610).
- [8] Worsley, M., Martinez-Maldonado, R., & D'Angelo, C. (2021), A new era in multimodal learning analytics: twelve core commitments to ground and grow MMLA, *Journal of Learning Analytics*, 8(3), 10-27.
- [9] Lee, H., Cho, Y., Lee, H., & Ham, Y. (2020), Elementary school teachers' perception on ethical issues and strategies of learning analytics, *The Journal of Educational Information and Media*, 26(1), 157-181.
- [10] Alwahaby, H., Cukurova, M., Papamitsiou, Z., & Giannakos, M. (2022), The evidence of impact and ethical considerations of multimodal learning analytics: A systematic literature review, *The Multimodal Learning Analytics Handbook*, 289-325.

- [11] Sung, H., & Jo, I. (2018), Utilizing multimodal data to predict learning achievement: Behavioral log, psychophysiological response, and test anxiety. *Journal of Educational Technology*, 34(2), 287-308.
- [12] Jo, I, Ha, K., & Park, Y. (2015), Measuring information perception in learning analytics dashboard: Use of eye-tracking system, *The Journal of Educational Information and Media*, 21(3), 441-469.
- [13] Luo, Z., Jingying, C., Guangshuai, W., & Mengyi, L. (2022), A three-dimensional model of student interest during learning using multimodal fusion with natural sensing technology, *Interactive Learning Environments*, 30(6), 1117-1130.
- [14] Herbig, N., Düwel, T., Helali, M., Eckhart, L., Schuck, P., Choudhury, S., & Krüger, A. (2020), Investigating multi-modal measures for cognitive load detection in e-learning, *ACM Conference on User Modeling, Adaptation and Personalization*, 28, 88-97.
- [15] Lee, S & Byun, H. (2021), Analysis of learners' cognitive learning activities using brain waves. *Journal of Educational Technology*, 37(3), 649-679.
- [16] Noroozi, O., Pijeira-Díaz, H. J., Sobocinski, M., Dindar, M., Järvelä, S., & Kirschner, P. A. (2020), Multimodal data indicators for capturing cognitive, motivational, and emotional learning processes: A systematic literature review, *Education and Information Technologies*, 25(6), 5499-5547.
- [17] Pei, B., Xing, W., & Wang, M. (2021), Academic development of multimodal learning analytics: a bibliometric analysis, *Interactive Learning Environments*,
DOI: 10.1080/10494820.2021.1936075
- [18] Choi, S., Kim, M., & Kim, D. (2022), Systematic literature review on domestic educational research using EEG, *Journal of Digital Contents Society*, 23(2), 217-225.
- [19] Song, J. & Shin, S. (2022), A systematic review of educational research using eye-tracking data: based on the cognitive process framework, *Journal of Educational Technology*, 38(1), 109-148.
- [20] Lin, J., & Sekiguchi, T. (2020), E-learning in entrepreneurship education: A systematic literature review, 2020 IEEE International Conference on Teaching, Assessment, and Learning for Engineering, 83-90.
DOI: 10.1109/TALE48869.2020.9368412
- [21] Paliwal, V., Chandra, S., & Sharma, S. (2020), Blockchain technology for sustainable supply chain management: A systematic literature review and a classification framework, *Sustainability*, 12(18), 7638.
- [22] Kim, J., Lee, C., Song, H., & Kwon, S. (2022), Real-time online study and exam attitude dataset design and implementation, *Journal of Broadcast Engineering*, 27(1), 124-132.
- [23] Kwon, H. & Lee, S. (2021), Exploring factors affecting learning motivation of elementary school students in the online class, *Journal of Korean Association for Educational Information and Media*, 27(3), 979-1006.
- [24] Lim, S, Yang, I, & Kim, S. (2021), A survey on the perception of elementary school field education in the context of COVID-19 based on the teaching, *The Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 21(2), 371-400.
- [25] Noh, Y. & Kim, J. (2022), A study on the status of industrial support and research performance utilization of humanities and social sciences-based convergence researchers, *The Journal of Humanities and Social science*, 13(2), 779-792.
- [26] Park, H. & Jo, I. (2021), Comparison of learner's perceived difficulty and pupil response in computer-based problem solving, *The Journal of Korean Association of Computer Education*, 24(1), 97-105.

저자소개



김 동 심

2017 이화여자대학교 교육공학과
(교육공학박사)

2018~현재 한신대학교 부교수
관심분야 : 에듀테크, 온라인 교
육, HCI, 교육자원 및 성과
관리

e-mail: southpaw61@hs.ac.kr



류 다 현

2022 이화여자대학교 교육공학과
(교육공학박사)

관심분야 : 학습과학, HCI, 역량
평가, 교육성과 관리

e-mail: rdahyun@gamil.com