

이동형 시선추적기를 활용한 초등교사의 과학 수업 분석

신원섭¹ · 김장환² · 신동훈^{2*}

¹(서울송천초등학교) · ²(서울교육대학교)

Elementary Teacher's Science Class Analysis using Mobile Eye Tracker

Shin, Won-Sub¹ · Kim, Jang-Hwan² · Shin, Dong-Hoon^{2*}

¹(Seoul Song-Cheon Elementary School) · ²(Seoul National University of Education)

ABSTRACT

The purpose of this study is to analyze elementary teachers' science class objectively and quantitatively using Mobile Eye Tracker. The mobile eye tracker is easy to wear in eyeglasses form. And experiments are collected in video form, so it is very useful for realizing objective data of teacher's class situation in real time. Participants in the study were 2 elementary teachers, and they are teaching sixth grade science in Seoul. Participants took a 40-minute class wearing a mobile eye tracker. Eye movements of participants were collected at 60 Hz, and the collected eye movement data were analyzed using SMI BeGaze 3.7. In this study, the area related to the class was set as the area of interest, we analyzed the visual occupancy of teachers. In addition, we analyzed the linguistic interaction between teacher and students. The results of the study are as follows. First, we analyze the visual occupancy of meaningful areas in teaching-learning activities by class stage. Second, the analysis of eye movements when teachers interacted with students showed that teacher A had a high percentage of students' faces, while teacher B had a high visual occupation in areas not related to classes. Third, the linguistic interaction of the participants were analyzed. Analysis areas include questions, attention-focused language, elementary science teaching terminology, daily interaction, humor, and unnecessary words. This study shows that it is possible to analyze elementary science class objectively and quantitatively through analysis of visual occupancy using mobile eye tracking. In addition, it is expected that teachers' visual attention in teaching activities can be used as an index to analyze the form of language interaction.

Key words: mobile eye tracker, linguistic interaction analysis, eye movement, elementary science class analysis

I. 서 론

‘교육의 질은 교사의 질을 뛰어넘지 못한다.’라는 말처럼 교육은 교사의 능력에 따라 많은 영향을 받고, 과학교육의 성패는 과학교사의 전문성이 핵심 요소이다(Oh *et al.*, 2008; Shulman, 1986). 교사는 전문성 발달을 위해서 직무 및 자율연수, 대학원 진학 등의 다양한 방법으로 노력하고 있으며, 교육 현장

에서는 수업 컨설팅, 교사 평가, 임상 및 동료장학, 공개수업 등을 통해 교사의 전문성을 신장시키고자 한다. 특히 수업 컨설팅은 교사의 전문성을 향상시키는 중요한 방법으로 교사의 긍정적인 변화에 효과적이고 만족도 또한 높다(Back, 2010). 하지만 컨설팅의 전문성 부족, 컨설팅 기준 부재, 교사의 컨설팅 기피와 의지 부족, 많은 시간 필요 등의 문제로 인해 현장 적용에 어려움이 있다(Lee, 2006).

수업 컨설팅을 통해 얻고자 하는 교사의 전문성에 대한 연구는 국내외를 막론하고 활발히 이루어져 왔다(Kim & Im, 2014; Oh *et al.*, 2008; Lim & Yang, 2008; Magnusson *et al.*, 1999). 특히 과학 교사의 전문성을 가늠할 수 있는 한 요소로서 PCK를 주제로 한 연구가 많이 진행되고 있다(Noh *et al.*, 2010; 2011; Kwak, 2009). 과학 교사 전문성을 연구하는 방법으로 질문지 또는 면담, 시각적 표상의 활용, 수업 관찰과 담화 분석 방법, 내러티브 탐구 등이 활용되고 있다(Kwon & Lee, 2011; Lee *et al.*, 2012, Park, 2011). 또한 과학 교사의 전문성을 탐구하는 연구자들 중 상당수가 교사의 실제 수업을 관찰하거나 영상을 분석하여 교사의 지식과 태도, 수업 실행 등을 연구해 왔다(Kim *et al.*, 2006; Kwon & Lee, 2011; Kwon *et al.*, 2006; Geddis *et al.*, 1993; Lin & Yang, 1998; Mulholland & Wallace, 2005; Tobin & McRobbie, 1999; Tuan & Kaou, 1997). 하지만 기존의 분석틀이나 평가 항목을 이용한 수업 분석은 교사의 지식이나 교육 행위에 관한 평가 관점을 미리 설정하였기 때문에 연구자의 기대에 따른 편견을 낳을 수 있다. 따라서 기존의 수업 분석은 연구자의 주관성을 배제하는 데 어려움이 있으며(Shin, 2016), 실제 수업을 객관적으로 분석할 수 있는 연구 방법이 필요하다.

최근 시선추적기술의 발달로 실제 수업에서 교사의 행동을 객관적으로 분석하는데 이동형 시선추적기를 적용할 수 있게 되었다(Shin, 2016). 시선추적 시스템은 인간의 눈동자 움직임을 지속적으로 관찰하여 자극에 대한 인간의 반응과 정보 습득 결과를 연구하는 방법을 말한다(Carmichael *et al.*, 2010; Haider & Frensch, 1999; Shin & Shin, 2013a; 2013b). 시선추적시스템은 안구운동을 추적하여 연구 참여자의 인지적 특성에 따라 관찰 대상에 대한 시각적 주의 및 관심도 등을 측정하는 장비로서 의학, 약학, 신경학, 인간공학, 심리학, 광고학 등의 연구 분야에서 활발하게 사용되고 있다(Shin & Shin, 2012). 특히 이동형 시선추적기는 교사와 학생의 교수학습 활동, 견학, 운동, 연주 등 실제 교육 상황에서 연구 대상의 안구운동을 실시간으로 수집할 수 있다(Shin, 2016). 또한 이동형 시선추적기는 안경 형태로 안전성과 편리성을 보장하고, 무선형의 경우 연구대상의 움직임에 대한 영향을 최소화할 수 있기 때문에 간섭효과가 낮다(Shin, 2016; Shin & Shin, 2016).

이동형 시선추적기를 활용한 연구는 디자인, 광

고 등 마케팅 분야에서 이루어져 왔다(Choi, 2003; Chung, 2015; Kang *et al.*, 2009; Park & Kim, 2013; Seo & Choi, 2014; Woo *et al.*, 2013; Berčík *et al.*, 2016). Byeon *et al.*(2011)은 이동형 시선추적기를 활용하여 고등학교 교사의 컨설팅 전, 후의 교수행동 패턴을 시선집중 및 배분 측면에서 분석하였다. Shin & Shin(2016)은 실제 과학수업에서 초등학생들의 주의 특성을 분석하였고, Ko *et al.*(2017)은 실험 수업에서 경력교사와 예비교사의 시선분석을 통해 공감의 특징을 연구하였다. Cortina *et al.*(2015)은 전문가 교사와 예비 교사의 행동과 인지 사이의 질적 차이를 분석하기 위해 이동형 시선추적기를 활용하였다. 선행연구를 통해 실제 교육 상황에서 교사와 학생의 행동, 시각적 주의 등을 객관적으로 분석하는데 이동형 시선추적기가 효과적임을 알 수 있다. 하지만 실제 수업 상황에서 이동형 시선추적기를 활용한 선행연구는 시선추적기의 종류와 연구자의 역량에 따라 결과 분석과 해석에 차이가 있다. 그리고 고정형 시선추적기보다 이동형 시선추적기로 수집된 데이터를 분석하는데 어려움이 따르기 때문에 교육 연구에 이동형 시선추적기를 적용한 연구는 부족한 편이다. 따라서 현재 국내 교육연구에서 이동형 시선추적기의 적용은 초기 단계이며, 연구 방법의 정교화와 보편화를 위해서 앞으로 지속적인 연구가 필요하다. 또한 실제 수업에서 이동형 시선추적기를 활용한 연구는 기존의 인지심리학 측면에서 설명하지 못했던 교수행동에 대해 신경 과학적인 관점에서 설명을 가능하게 할 수 있고, 교사와 학생의 행동 분석의 과학화에 기여할 수 있다.

교사와 학생의 상호작용에서 언어가 가장 중요한 매체로 사용되기 때문에(Kang *et al.*, 2001), 교사와 학생의 언어적 상호작용을 분석함으로써 교사에게 효과적인 언어적 상호작용에 대해 안내해 줄 수 있다(Shin, 2013). 또한 교사의 질문과 조언의 질에 따라 학생들의 사고활동의 질이 결정되기 때문에(Eom & Lim, 1998) 언어적 상호작용에서 교사의 역할은 중요하다. 따라서 실제 초등학교 과학 수업을 효과적으로 분석을 위해서는 교사의 시선추적과 더불어 언어적 상호작용을 함께 분석할 필요가 있다.

이 연구에서는 이동형 시선추적기를 활용하여 초등 과학수업에서 교사의 안구운동과 언어적 상호작용을 분석하였다. 이 연구를 통해 초등교사의 과학수업을 객관적이고 과학적으로 분석할 수 있는

방법에 대해 논의하였다.

II. 연구 방법

1. 연구 절차

이 연구는 초등 과학수업에서 이동형 시선추적기를 활용하여 교사의 행동을 분석하는 것으로 다음과 같이 6단계로 진행하였다. 첫 번째, 사전 준비 단계로 이동형 시선추적기 방법의 고찰 및 연구 참여자의 적합성 검사가 이루어졌고, 언어적 상호작용 분석틀을 고안하였다. 두 번째, 연구 참여자 모집에 앞서 연구의 목적, 방법 등 연구 전반에 대한 내용을 공개하였고, 자발적으로 지원한 연구 참여자와의 직접 면담을 통해 적합성 여부를 재확인하였다. 세 번째, 연구 참여자에게 이동형 시선추적기를 시연하고 측정 방법을 안내하였고, 연구 참여자가 측정기기를 착용해보고 불편한 점이 있는지를 확인하였다. 네 번째, 예비 실험단계로, 이동형 시선추적기의 최종 점검, 측정 영역 및 분석 대상 확인, 실제 현장 적용 가능성의 진단과 연구 참여자의 연구 장비에 대한 적응을 실시하였다. 다섯 번째, 본 실험 단계로, 초등 과학 교사 2인을 대상으로 이동형 시선추적기를 착용하여 1차시(40분) 수업을 진행하였고, 수업 전체 영상은 이동형 시선추적기의 전면 카메라로 촬영하였다. 마지막으로 연구 참여자의 안구 운동을 수업 단계별로 분석하였고, 수업 중 교사와 학생의 언어적 상호작용을 분석하였다.

이 연구를 수행하기 위해 모든 연구원은 사이버 연구윤리 교육을 수료하였으며, 이 연구와 연구 참여자에 대해서도 서울교육대학교 생명윤리위원회(IRB)의 승인을 사전에 받았다(2017-0004-02).

2. 연구 참여자

연구 참여자는 서울시 소재 ○○초등학교 교사 2명이었다. 2명 모두 6학년을 대상으로 지도하는 교사이고, 지도 학생 수는 26명이었다. 교사 A는 1년차 남성이고, 교사 B는 4년차 남성이었다. 연구 참여자는 이 연구에 자발적으로 참여하였으며, 연구 참여에 따른 연구 활동비를 지급하였다.

3. 적용 단원

이 연구에 적용한 단원은 초등 과학 6학년 1학기

4. 여러 가지 기체이고, 연구 참여자 학교의 과학실에서 진행되었다. 교사 A는 지구온난화와 관련된 내용으로 강의식과 토론을 병행한 수업이었고, 전체-모둠-개인 활동이 고르게 계획되었다. 교사 B는 이산화탄소 발생 실험으로 연 차시 중 1차시에 대한 수업이었다. 교사 B는 실험 안내와 안전지도를 하였고, 학생들은 기체발생 실험 장치를 설치하여 이산화탄소를 포집하는 활동을 했다.

4. 연구 장비

이 연구에서 사용한 이동형 시선추적기는 SMI사의 ETG 2 w로 무선형이다(Fig. 1). 연구 참여자가 이동형 시선추적기의 착용하고 모둠별로 학생들을 순회 지도하는데 문제가 없었고, 사전에 적응시간을 충분히 주었기 때문에 연구 장비에 대한 간섭효과를 최소화하였다. 이 연구에 사용한 이동형 시선추적기는 양안추적방식이고, 60 Hz의 속도로 연구 참여자의 안구운동을 수집할 수 있다.

5. 실험 설계

1) 과학 수업에서 연구 참여자의 안구운동 수집

연구 참여자는 이동형 시선추적기를 착용하고 40분 동안 수업을 진행했다. 실험은 Fig. 2와 같이 1) 장비 착용, 2) 눈 촬영 확인, 3) 시선 보정, 4) 수업 녹화 순으로 이루어졌다. 이동형 시선추적기를 착용하고 시선을 보정하는데 걸린 시간은 3분 내외였고, 정상적인 시선추적 여부는 눈 촬영 이미지를 통해 미리 확인하였다. 이 과정에서 연구 참여자의 정

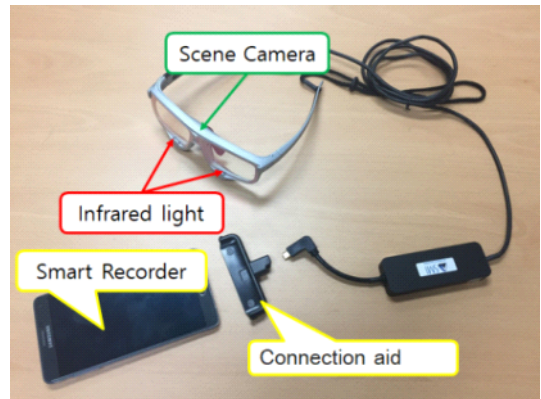


Fig. 1. Eye Tracking Glasses 2w.

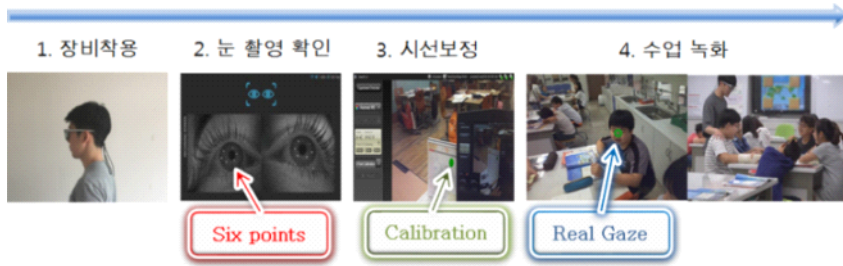


Fig. 2. Experimental design of mobile eye-tracker.

상적인 시선추적이 이루어지기 위해서는 눈동자에 5~6개의 추적점이 확인되어야 한다. 마지막으로 1 포인트로 연구 참여자의 시선을 보정한 후 실제 수업을 하는 동안 연구 참여자의 시선을 추적하였다.

2) 언어적 상호작용 데이터 수집

교사와 학생의 언어적 상호작용 데이터를 수집하기 위해서 이동형 시선추적기의 전면 카메라로 영상과 음성을 함께 녹화하였다. 전면 카메라는 이동형 시선추적기의 앞쪽 중앙에 위치하여 연구 참여자의 시선으로 본 장면을 녹화할 수 있다. 또한 이동형 시선추적기에는 마이크가 내장되어 있어서 교사와 학생의 의사소통 과정을 모두 녹음할 수 있다.

3) 자료 분석

가) 안구운동 분석

수집한 안구운동 데이터는 BeGaze 3.7 프로그램을 이용해 분석하였다. 사람의 시각범위는 130° 정도이고, 얼굴방향과 몸 움직임에 따라 제한적이기 때문에 수집한 안구운동 데이터는 Semantic Gaze Mapping 과정을 통해 Fig. 3과 같이 교실이 전체적으로 보이는 참고 이미지에 코딩하는 과정을 거쳤

다. 코딩한 안구운동 데이터는 교수학습활동에서 유의미한 영역을 관심영역으로 설정하여 분석하였다.

교수학습 단계에 따라 교수학습활동에서 유의미한 관심영역에 대해서 각 연구 참여자의 시각적 점유도를 분석하였다. 시각적 점유도는 시선추적 선행 연구(Shin & Shin, 2013a; 2013b)와 같이 도약과 응시시간의 합으로 산출하였다. 교사와 학생 간 상호작용을 분석하기 위해서 교사의 시선 경로를 함께 분석하였다. 본 실험에서 연구 참여자의 시선추적 비율은 모두 90% 이상으로 안구운동 분석기준에 적합하였다.

나) 언어적 상호작용 분석틀

시선추적기 전면 카메라로 수집된 모든 음성데이터는 전사과정을 거쳐 수업 단계별로 분석하였다. 교사와 학생 간 언어적 상호작용 분석틀은 선행연구(Keller, 2006; Kwak et al., 2017; Seong & Choi, 2007; Shin, 2014; Cho & Yeo, 2013)를 바탕으로 Table 1과 같이 이 연구에 적합하게 수정·보완하였다.

교사와 학생간의 언어적 상호작용은 교사중심, 학생중심, 과학교육 관련 세 영역으로 구분하였다. 교사중심의 언어적 상호작용은 주의, 도움주기, 학급운영, 일상대화, 불필요한 언어, 유머를 말한다. 주



Fig. 3. Semantic Gaze Mapping and AOI setting.

Table 1. Analysis framework of linguistic interaction

Domain	Item
Teacher-centered	1. Attention
	- Stimulate perceptions
	- Engage inquiry
	- Create variety
	2. Giving help(teachers' thinking)
	- Information
	- Hint
	- Question (close, open)
	- Summary
	- Ask and answer
	3. Class operations
	4. Everyday conversation
	5. Unnecessary language
6. Humor	
Student-centered	1. Receiving opinion(students' thinking)
	- Agreement
	- Question (close, open)
	- Correction
- Objection	
Science education	1. Safety education
	2 Science teaching term

의와 관련된 언어는 Keller(2006)가 말한 지각 자극, 탐구적 질문, 변화성으로 세분화하여 분석하였다. 교사 중심의 도움주기 언어는 Seong & Choi(2007)의 연구와 같이 정보, 힌트, 질문(수렴적, 확산적), 정리, 묻고 답하기로 세분화하여 분석하였다. 그 외에 학습운영, 일상적인 대화, 불필요한 언어, 유머를 함께 분석하였다. 학생 중심의 의견 받기 언어는 동의, 질문(수렴적, 확산적), 교정, 반대, 응답으로 세분화하여 분석하였다. 과학 교육 관련 언어적 상호작용은 타 교과에 비해 과학교육에서만 다루어지고 있는 안전 교육과 과학 교수 용어를 함께 분석하였다.

III. 연구결과 및 논의

1. 수업 단계별 교수학습활동과 관련된 영역에 대한 시각적 점유도

1) 도입 단계에서 교수학습활동과 관련된 영역의 시각적 점유도

교수학습활동과 관련된 영역을 교사 컴퓨터의 모니터, 학생의 몸, 학생의 얼굴, 실험 테이블, 교수

자료로 설정하였다. 도입 단계에서 교사 A, 교사 B의 시각적 점유도는 Fig. 4와 같다. 교사 A의 시각적 점유도는 학생의 얼굴(33.6%), 모니터(13.1%), 학생의 몸(11.6%), 실험 테이블(6.1%), TV(0.8%) 순으로 나타났다. 반면에 교사 B의 경우 학생의 몸(5.1%), 모니터(4.1%), 학생의 얼굴(3.5%), 실험 테이블(2.3%), 교수 자료(0.8%), TV(0.6%) 순으로 나타났다. Ko et al.(2017)은 실험 수업에서 경력교사와 예비교사의 시선 추적을 통해 경력교사가 예비교사보다 학생의 신체에 많은 시선 고정이 있었고, 이는 경력교사가 학생의 실험과정을 더 중요하게 생각했기 때문이라고 했다. 또한 예비교사의 경우 학생들의 흥미와 이해를 중요하게 여기기 때문에 학생의 얼굴에 시선 고정이 많다고 하였다(Ko et al., 2017). 교사 A는 도입단계에서 학생들의 얼굴에 대한 시각적 점유도가 가장 높았고, 이는 Ko et al. (2017)의 연구에서와 같이 학생들의 흥미와 이해정도를 중요하게 여겨 학생의 얼굴에 대한 시각적 주의가 집중된 것으로 보인다. 교사 B는 교사 A에 비해 교수학습활동과 관련된 영역에 고른 시각적 점유도를 보였고, 이는 A 교사에 비해 교육경력이 많기 때문에 분산적인 시각 주의를 보인 것으로 판단된다. 하지만, 교사 B는 A 교사에 비해 교수학습활동과 관련 없는 영역에서 35.1%의 시각적 점유도가 높게 나타났다. 이는 교사의 경력에 따라 교수학습활동과 관련된 영역뿐만 아니라, 교수학습활동과 관련 없는 영역에서도 시각적 점유도에 차이가 있다는 것을 의미한다.

교사 A, B 모두 동기유발 중 학생들에게 동영상 보여주었는데, 두 교사 모두 교실 앞에서 교사용 모니터를 통해 동영상을 함께 보고 있었다. 교사 A와 인터뷰한 결과는 다음과 같다.

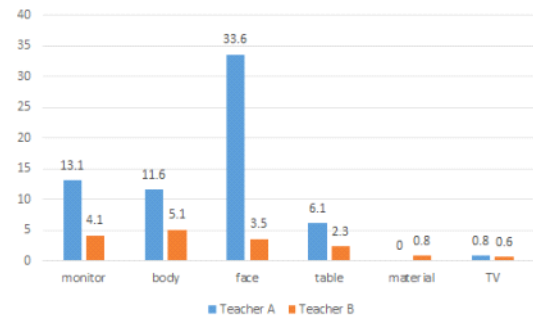


Fig. 4. Visual occupancy on the introduction stage.

수업 준비 단계에서 선정한 동영상은 초등학교 수준을 넘어서는 것으로 내용 이해를 위해서는 전문적인 과학지식을 필요로 했고, 초등학생 수준에 맞춰 설명해 주기 위한 준비가 미흡한 관계로 수업 시간에 동영상을 뺐다.

이는 교사의 수업 동기유발 교수 자료에 대한 이해도가 시선 처리에 영향을 미친다는 것을 의미하고, 교사 B의 인터뷰에서 동일한 반응을 확인할 수 있었다.

모둠별 학생 얼굴과 몸에 대한 전체적인 시각적 점유도는 Fig. 5와 같다. 교사 A는 다른 모둠에 비해 모둠 1과 3에 높은 시각적 점유도를 보였고, 이는 저경력 교사가 특정한 위치에 시선이 집중된다는 선행연구 결과와 일치한다(Byeon et al., 2011; Kim et al., 2012). 선행 연구(Van den Bogert et al., 2014)에 의하면 초보교사는 숙련교사보다 교실 상황의 시각 정보를 느리게 인식하고, 학생들을 고르고 정기적으로 꾸준히 모니터링하지 못한다고 하였다. 반면에 교사 B는 특정한 위치의 학생을 집중적으로 본다가보다 전체적으로 학생에 대한 시각적 점유도가 낮게 나타났다. 이는 초보교사의 경우 경력교사에 비해 학생에 대한 모니터링 수준이 낮기 때문에 학생에 대한 시선 집중도가 낮게 나타날 수 있다는 것을 의미한다.

2) 전개 단계에서 교수학습활동과 관련된 영역의 시각적 점유도

수업 전개 단계에서의 교수학습활동과 관련된 영역에 대한 교사 A, 교사 B의 시각적 점유도는 Fig. 6과 같다. 교사 A는 학생의 얼굴(22.3%), 교수 자료(18.5%), 학생의 몸(12.3%) 등의 순으로 시각적 점유도가 높았다. 교사 B는 교수 자료(21.3%), 학생의 몸(9.6%), 학생의 얼굴(3.6%) 등의 순으로 시각적 점

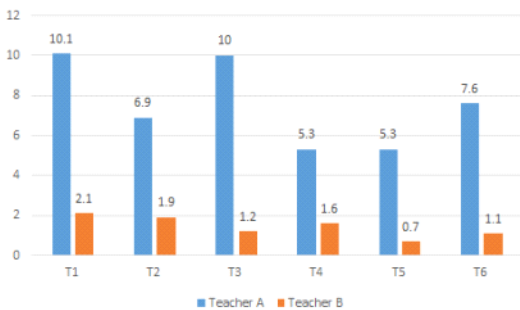


Fig. 5. Visual occupancy of students by team.

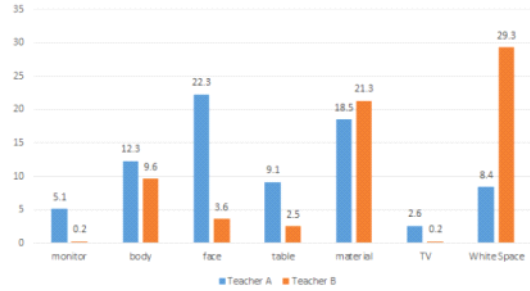


Fig. 6. Visual occupancy on the development stage.

유도가 높았다.

교사 A의 수업은 강의 및 토의식으로, 교사가 교실을 순회하면서 학생의 얼굴을 바라보면서 의사소통하였고, 학생이 작성하는 학습지를 같이 보면서 학습에 도움을 주었다. 이로 인해 교사 A는 학생의 얼굴과 교수 자료에 대한 시각적 점유도가 높게 나타났다. 반면에 교사 B는 실험 수업으로 학생들이 직접 실험 기구를 설치하고 실험을 진행하였다. 교사 B는 실험 기구와 같은 교수자료와 학생들의 행동을 모니터링하였고, 안전한 실험을 지도하기 위해서 교수자료와 학생의 몸에 높은 시각적 점유가 나타났다. 이는 교사의 수업 형태에 따라 교수학습활동과 관련된 영역에서 다른 시각적 점유를 나타낸다는 것을 의미한다.

전개 단계에서 교수학습활동에 관련이 없는 곳에 대해 교사 A는 8.4%, 교사 B는 29.3%의 시각적 점유도를 보였다. 실제로 수업 중에는 순회지도 시 이동, 학습지 배부, 교수 자료 준비 등과 같이 직접적인 실제 교수와의 시간이 있다. 교사 B와의 인터뷰에서 ‘자신이 교수학습활동과 관련되지 않은 영역에 많은 시선을 두지 않았다.’라고 하였다. 실제 수업 중에 교사가 스스로 자신의 실제 교수시간을 파악하기란 쉽지 않다. 따라서 수업에서 교사의 실제 교수 시간 높이기 위해서는 교사의 수업에 대한 객관적이고 정량적인 수업 분석이 필요하다. 또한 철저한 수업 계획을 통해 실제 교수 시간에 불필요한 시간을 줄이고, 실제 교수시간을 확보하는 것이 중요하다.

3) 정리 단계에서 교수학습활동과 관련된 영역의 시각적 점유도

교사 A는 정리 단계에서 모니터(35.1%), 학생의 몸(15.3%), 학생의 얼굴(11.9%), 교수자료(7.2%) 순으

로 시각적 점유도가 높게 나타났다. 교사 B는 실험 테이블(9.2%), 학생의 몸(3.2%), 학생의 얼굴(1.7%), 교수자료(1.5%) 순으로 시각적 점유도가 높게 나타났다(Fig. 7). 정리 단계는 수업을 마무리하는 단계로 학생들과의 빈번한 의사소통을 통해 학생들이 차시 목표에 잘 도달했는지 확인하는 과정이다. 교사 A는 교사가 준비한 자료와 학생들과의 상호작용에서 62.3%의 높은 시각적 점유도를 보인 반면에, 교사 B의 경우 6.4%의 낮은 시각적 점유도를 보였다. 교사 B의 경우 도입, 전개, 정리 모든 단계에서 교수학습활동에 관련된 영역에서의 시각적 점유도가 낮게 나타났고, 이를 인식하지 못하고 있었다. 이는 후속 연구로 시각적 점유도를 근거로 한 효과적인 교수 컨설팅 개발과 적용이 필요하다는 것을 보여준다.

2. 교사-학생의 언어적 상호작용에서의 시각적 점유도

교사 A는 학생과의 언어 상호작용 시 학생의 얼굴(53.8%), 관련 없는 영역(7.3%), 학생의 몸(5.5%), 실험 테이블(3%), 교수자료(1.4%) 순으로 시각적 점유도가 높게 나타났다. 교사 B는 학생과의 언어 상호작용 시 관련 없는 영역(30.5%), 학생의 얼굴(7.9%), 학생의 몸(7.7%) 등의 순으로 시각적 점유도가 높게 나타났다(Fig. 8). 교사 A는 학생들과 시선을 마주치면서 학생들의 흥미와 이해 정도를 계속적으로 확인하기 위해 모니터링하고 있다는 것을 반영한다. 반면에, 교사 B는 학생들과의 의사소통에서 학생과 얼굴과 몸에 매우 낮은 시각적 점유도를 보이고 있다. 교사 B와의 인터뷰 결과, ‘*교사와 학생 간의 의사소통에서 서로의 얼굴을 마주보며 유대감을 형성하는 것이 중요하다고 하였다.*’ 이는 초보교사

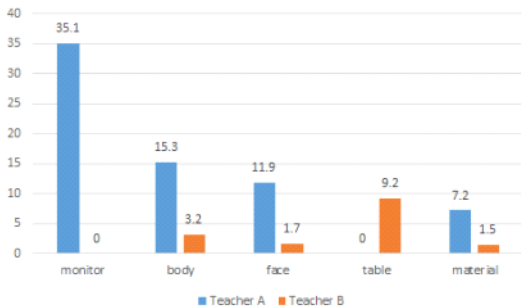


Fig. 7. Visual occupancy on the finishing stage.

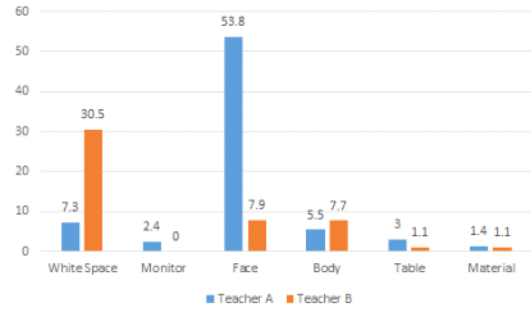


Fig. 8. Visual occupancy on the teacher-student interaction.

나 경력교사 모두 학생을 중요한 공감 대상으로 인식한다는 것을 의미한다(Ko et al., 2017). 하지만 교사 B의 시각적 점유도를 분석한 결과, 학생 모니터링 수준, 의사소통 능력과 태도, 교수 효능감 등의 교사 개인적 특성으로 인해 학생에 대한 의도하지 않은 시선 회피가 일어날 수 있음을 알 수 있다.

Fig. 9는 교사 A와 B의 학생과 언어적 상호작용에서 나타나는 시선 경로를 나타낸 것이다. 교사 A의 경우, 시선이 학생들을 향해 고르게 분포되어 있으며, 원의 크기가 큰 것으로 보아 응시 시간이 길다는 것을 확인할 수 있다. 교사 B는 시선이 고르게 분포되어 있기는 하지만 응시 시간이 짧게 나타났다.

교사와 학생의 상호작용의 시선 경로를 도식한 결과, 연구 1과 같이 교사 A는 높은 비율로 학생의 얼굴을 보며 의사소통을 하는 것을 알 수 있었다. 이는 신규교사는 학생의 흥미나 이해 정도를 중요하게 생각하고, 얼굴로의 시선을 통해 공감을 수행한다는 선행연구(Ko et al., 2017)와 일치하는 결과이다. 도입 단계에서의 교수 활동은 학생들의 흥미를 끌기 위해 수업과 관련된 질의응답이 이루어지는 시간이다. 교사는 상호작용에서 학생들의 얼굴을 쳐다보며 의사소통하는 과정은 학생들의 공감을 얻을 수 있고, 이는 학생들이 수업에 집중할 수 있도록 해주는 중요한 역할을 한다. 교사 B는 학생의 얼굴과 몸에 대한 시각적 점유도가 교사 A에 비해 낮았다. 따라서 교사 B는 학생들과의 상호작용에서 학생에 대한 시각적 주의가 필요하고, 수업 컨설팅 과정에서 교사 자신의 시선 처리에 대한 교정을 통해 학생과 공감을 형성할 수 있도록 해야 한다.

교사 A와 B의 시선 경로 분석을 통해 교사의 의사소통 경향을 확인할 수 있다. 일반적으로 시각정보가 사람의 의식에 남기 위해서는 일정한 시간 동

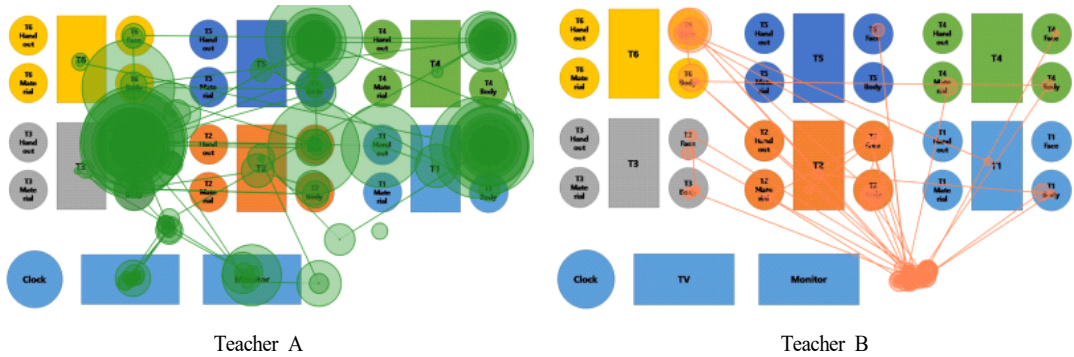


Fig. 9. Teacher-student interaction scan path.

안 시선이 고정되어야 한다. Kim(2014)에 따르면, 눈의 움직임이 0.1초 고정되면 주의가 집중된 것으로 볼 수 있고, 0.2초가 고정되면 의식적으로 주시한 것으로, 0.3초가 고정되면 시각적으로 이해한 것으로 볼 수 있다고 하였다. 교사 A는 학생들을 고루 살펴보며 얼굴 영역에 응시 시간이 0.3초 이상인 것이 33.6%인 것으로 보아 학생들에게 주의를 집중하여 의미 있게 모니터링하고 있다고 할 수 있다. 교사 B는 얼굴 영역을 고르게 살펴보고 있지만, 응시 시간이 0.3초 이상인 것은 3.5%로 학생들을 정확하게 인식하지 못하고 빠르게 훑어보는 방법으로 모니터링한다는 것을 알 수 있다. 교사는 일반적으로 자신의 수업에서 학생과의 의사소통에 대해 기억하거나 인식하지 못한다(Brophy & Good, 1986). 교사의 의사소통 능력이 학습자의 강의 만족도에 가장 중요한 변수이기 때문에(Wubbels & Levy, 1993; Fisher & Waldrup, 1997), 교사의 효과적인 언어적 상호작용을 분석하는데 학생의 얼굴에 발생한 시선 응시시간과 횟수는 중요한 지표로 활용될 수 있다.

3. 연구 참여자의 언어적 상호작용 분석

1) 주의 집중 언어 분석

교사 A는 전체 수업 중 총 10회 주의 집중 언어를 사용하였다. 세부적으로 살펴보면, 교사의 지각 각성의 활용이 4회, 변화성 활용이 3회, 탐구적 발문을 통한 주의 집중이 3회로 나타났다. 교사 B는 전체 수업 중 총 34회 주의 집중 언어를 사용하였다. 교사의 지각 각성 활용이 15회, 변화성 활용이 8회, 탐구적 발문을 통한 주의 집중이 11회 있었다. 교사 B는 A에 비해 학생들의 주의 집중을 이끌기

위한 언어를 더 많이 사용하였고, 이는 시선추적에서 학생의 얼굴과 몸에 대한 시각적 주의가 낮은 것과 관련성이 있다. 수업에서 교사와 학생의 상호간에 시선 교환을 통해 공감대를 형성할 수 있는데, 교사 B는 학생들의 얼굴에 대한 시각적 점유도가 교사 A에 비해 낮게 나타났고, 이로 인해 교사 B는 계속해서 학생들의 주의를 이끌기 위한 주의 집중의 전략을 많이 사용한 것으로 판단된다. 또한 교사 A, B는 모두 주의 집중을 위해 지각 각성, 변화성, 탐구적 발문 모두를 사용하고 있었고, 교사 B의 경우 지각적 각성을 더 선호하는 경향이 있었다.

2) 의견받기와 도움주기 언어 상호작용의 분석

의견받기는 학생의 사고 과정을 기초로 하는 학생중심의 언어 상호작용을 의미하고, 도움주기는 교사의 사고과정을 기초로 하는 교사중심의 언어 상호작용을 의미한다. 교사 A는 교사 B에 비해 학생 사고 중심의 언어 상호작용이 높게 나타났다(Fig. 10). Seong & Choi(2007)에 연구결과에 따르면 교사 A는 교사 B와 비교해 학생의 사고과정을 존중하는

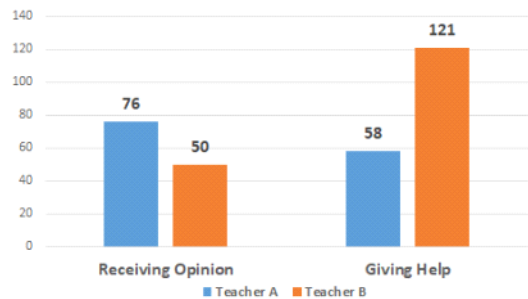


Fig. 10. Receiving opinion and giving help.

언어 상호작용을 하고 있다고 평가할 수 있다. 연구 결과 1에서 교사 A는 학생 얼굴과 몸에 높은 시각적 점유도를 보였는데, 이는 교사 A의 학생 중심의 언어 상호작용 높게 나타난 것과 관련이 있다.

교사와 학습자의 상호작용에서 언어가 가장 중요한 매체로 사용되기 때문에(Kang et al., 2001), 교사와 학습자의 언어적 상호작용을 분석함으로써 효과적인 언어적 상호작용 방법을 제시해 줄 수 있다(Shin, 2013). 교사의 질문 형태를 분석한 결과, 교사 A는 학생중심의 닫힌 질문이 11건, 학생중심의 열린 질문이 7건이었다(Fig. 11). 반면에 교사 B는 학생중심의 열린 질문이 3건이었다. 교사중심의 닫힌 질문의 경우 교사 A는 13건인 반면에 교사 B는 43건이었고, 교사 중심의 열린 질문에서는 교사 A는 3건, 교사 B는 10건이었다. 교사 B의 연구 1에서 시선 경로 분석 결과, 학생과의 상호작용에서 시선 고정시간이 짧게 나타난 것은 교사 중심의 닫힌 질문이 많은 것과 관련이 있다. 교사의 질문과 조언의 질에 따라 학생들의 사고활동의 질이 결정되고(Eom & Lim, 1998), 교사의 언어 상호작용은 학생의 언어 상호작용의 모델이 될 수 때문에 교사의 질문 형태는 매우 중요하다(Seong & Choi, 2007). 특히 교사중심의 닫힌 질문을 통한 상호작용 방식은 학생의 사고과정에 부정적인 영향을 미칠 수 있기 때문에 교사를 대상으로 학생중심의 열린 질문에 대한 컨설팅 또한 필요하다.

3) 교사-학생 간 언어적 상호작용 형태 분석

교사와 학생 간 언어적 상호작용 형태 분석 결과는 교사 A는 교사와 개별학생이 92회(61.3%), 교사와 전체 학생이 49회(32.7%), 교사와 모듬이 9회(6%)의 순으로 나타났다. 교사 B의 경우 교사와 전체 학

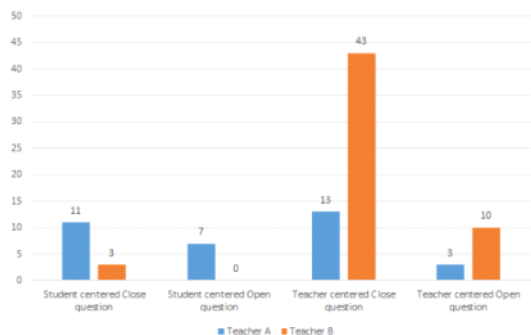


Fig. 11. Question type.

생이 73회(54.9%), 교사와 개별학생이 40회(30%), 교사와 모듬이 20건(15%)의 순으로 높게 나타났다. 교사 A는 교사 B에 비해 개별학생과의 언어적 상호작용 비율이 높았다. 교사 B는 실험 지도로 인해 모듬 학생의 대상으로 한 언어적 상호작용이 교사 A보다 많았다. 이는 교사의 수업 형태에 따라 교사와 학생 간 언어적 상호작용 형태가 달라지고, 이로 인해 교사의 시각적 점유도도 달라질 수 있다는 것을 의미한다.

4) 과학 수업 전문용어 분석

과학 수업 전문용어는 해당 수업과 관련된 모든 단어로, 학생들의 과학 개념 형성에 필요한 용어와 안전지도에 관련된 용어를 확인하였다. 분석 결과는 교사 A가 142회, 교사 B는 205회로 나타났다. 교사 A와 B는 모두 해당 차시와 관련된 핵심 키워드와 실험기구에 대한 용어를 사용하였고, 교사 B의 경우 실험 활동으로 교사 A보다 더 많은 과학 용어를 사용하였다. 안전 지도에 관련된 용어는 교사 B경우만 12회 사용하였다.

과학 실험 중 학생의 이해와 실험을 잘 수행할 수 있도록 돕기 위한 용어는 반드시 필요하다. 하지만, 대부분의 교사는 자신이 학생들의 개념 형성과 이해에 얼마나 적합한 용어를 사용하고 있는지 파악하기가 쉽지 않다. 따라서, 교사의 과학 수업전문성을 향상하기 위해서는 과학 수업에 필요한 전문용어에 대한 정리와 안내가 필요하다.

5) 유머

두 교사 모두 수업 중 유머를 사용하고 있었으나, 각 교사는 서로 다른 상황에서 유머를 사용하였다.

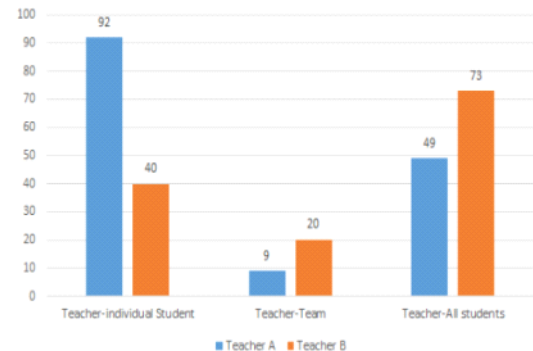


Fig. 12. Linguistic interaction type of teacher & student.

교사 A는 교사-학생 상호작용 과정에서 유머를 총 8회 사용했다. 교사가 먼저 유머를 사용하지는 않았고, 학생과의 대화에서 학생의 발언을 재치 있게 대답하거나 되치는 식의 유머를 사용하였다. 교사 B는 교사 설명 과정에서 총 6회 유머를 사용했으며, 특히 실험 설명과 동기유발 단계에서 사용하였다. 이는 수업 초기 학생들이 적극적으로 질문에 대답하고 집중할 수 있도록 하는 역할을 했다. 두 교사 모두 수업과 관련 없는 유머는 사용하지 않았다.

수업 시간 중 교사의 유머는 학생의 주의를 집중시키고, 수업 분위기를 밝게 하여 전체 수업에 긍정적인 영향을 끼친다. ‘유머 감각’은 교사 전문성과 함께 매우 높게 평가되고 있고(Kwon, 2006), 교사의 수업 행동을 분석하기 위한 측정 도구에서도 정의적 영역에서 중요한 수업행동으로 고려되고 있다(Shin, 2013). 수업 중에는 교사 A, B와 같이 적절한 유머의 사용이 필요하다. 이를 위해서는 유머에 대한 언어적 의사소통 분석틀을 개발함으로써 유머 사용의 적절한 시기와 방법에 대한 명확한 기준이 필요하다.

6) 불필요한 단어

교사 A는 교사의 발언 중 불필요한 단어를 총 94회 사용하였다. 교사와 학생의 상호작용 중 교사의 발언에 거의 모두 나타났다. 교사 B는 총 164회로 대부분의 문장 처음에서 ‘자~’, ‘음~’ 등의 불필요한 단어를 사용했다. 수업 중 불필요한 단어의 사용은 학생들의 이해와 주위에 방해가 될 뿐만 아니라, 실제 교수시간의 감소를 유발하게 되므로 이에 대한 컨설팅이 필요하다.

<교사 A>

교사A : **자~** 그러면 지구 온난화라는 현상은 결국에 좋은 현상일까요? 나쁜 현상일까요?

학생들 : 나쁜 현상!

교사A : **자~** 한 번 알아보도록 하겠습니다.

<교사 B>

교사B : **자**, 열을 발생했기 때문이에요. 그러면, **자**, 지금 집기병에 이산화탄소를 모았는데 자, 다 모으셨는데, 그럼 이산화탄소에 어떤 성질이 있는지 알아보려 거예요. **자**, 첫 번째로 해야 될 게 뭐냐 하면, **자**, 향을 선생님이 하나씩 나눠줄게요. **자**, 향에 불을 붙여갖고, 향불을, 향불을 안에다 넣어보세요.

IV. 결론 및 제언

이 연구에서는 이동형 시선추적기를 활용하여 초등 과학 수업을 분석하였다. 연구 참여자는 경력 5년 미만의 저경력 교사 두 명이었고, 각각 40분간 이동형 시선추적기를 착용하고 실제 수업을 하였다. 이동형 시선추적기로 기록한 안구운동과 음성 데이터를 분석하여 교수학습활동에 관련된 시각적 점유도와 언어적 상호작용을 분석하였다. 이 연구 결과를 토대로 얻은 결론과 제언은 다음과 같다.

첫째, 시선추적기를 활용하여 교사의 수업 각 단계별 교수학습활동과 관련된 영역에 대한 시각적 점유도를 분석할 수 있었다. 수업 단계별 교수학습활동과 관련된 영역에 대한 시각적 점유도를 분석함으로써 교사가 교실 전체 환경에서 특정 위치를 시선이 집중되는 정도를 파악할 수 있었다. 이는 교사의 시각적 점유도를 활용하여 학생들의 모니터링 수준, 학생과의 공감도, 교수 효능감 등을 평가할 수 있는 지표로 활용할 수 있음을 의미한다. 또한 교사의 수업전문성을 길러주기 위한 수업컨설팅에서 교사의 시선 추적 결과를 어떻게 활용할 것인가에 대한 시사점을 제시하였다. 예를 들어, 수업컨설팅트는 학생들의 행동을 고르게 관찰하지 못하고, 특정한 위치만 집중적으로 바라보는 교사의 행동을 시선추적을 통해 정확히 확인할 수 있고, 수업 컨설팅을 통해 수업을 진행하는 중 교수학습활동과 관련된 관심영역에 정확히 주의를 기울여 자신의 수업을 모니터링하는 능력을 향상시킬 수 있다.

둘째, 교사와 학생의 언어적 상호작용에서 시선 경로와 응시시간을 분석하였다. 기존의 직접 수업 관찰이나 영상분석법에서는 교사가 정확히 어디를 보면서 언어 상호작용을 하는 지에 대해 정확히 알 수 없었다. 하지만 시선 추적을 활용한다면 교사의 시선 경로와 특정 위치에서의 시선 고정 시간을 정확히 알 수 있다. 이러한 연구 결과는 학생과의 상호작용에서 어려움을 겪는 교사나 학생과의 공감대를 잘 형성하지 못하는 초보교사의 컨설팅에 활용할 수 있다.

셋째, 연구 참여자의 언어적 상호작용을 분석한 결과, 교사의 언어 상호작용 형태와 실제 수업에서의 시각적 주의와의 관련성이 있음을 확인할 수 있었다. 교사 A는 학생 사고중심의 의견 받기 언어

상호작용과 개별 학생과의 언어적 상호 작용이 많았다. 반면에 교사 B의 경우 교사 사고중심의 도움주기 언어 상호작용과 교사 중심의 닫힌 질문, 전체 학생을 대상으로 한 언어적 상호 작용이 많았다. 연구 결과 1에서 교사 A는 학생의 얼굴과 몸에 시각적 점유도가 높게 나타났고, 교사 B는 높게 나타나지 않았다. 이는 연구 참여자의 언어적 상호작용과 시각적 점유도의 상호 관련성이 높다는 것을 의미한다. 또한 교사의 시각적 주의 분석 결과로 교사의 언어적 상호작용 유형을 유추하는데 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

이 연구를 통해 이동형 시선 추적기를 활용하여 교수학습활동과 관련된 영역에 대한 교사의 시각적 점유도와 별도의 장비 없이 언어적 상호작용을 분석할 수 있음을 알 수 있었다. 시선 추적을 통해 교사의 수업 중 시선이 집중된 영역을 확인할 수 있었고, 교사와 학생간의 상호작용에서 나타나는 시선의 흐름과 시각적 점유도를 정량적이며, 객관적으로 파악할 수 있었다. 또한 교사와 학생의 언어적 상호작용과 시각적 주의와의 높은 관련성을 확인하였고, 기존의 수업 분석에서 교수행동에 대한 연구자의 주관적인 해석에 대한 제한점을 극복할 수 있는 대안을 제시할 수 있기를 기대한다.

이 연구의 제한점을 기초로 다음과 같이 제언할 수 있다. 실제 교사의 수업을 연구자의 관찰만으로 과학적으로 분석하는 데에는 어려움이 있다. 이런 측면에서 이동형 시선추적기를 활용한다면 교사가 수업을 할 때 어느 곳을 어떻게 보고 있는지, 실제 교수시간의 산출, 학생과 의사소통 등의 분야에 정량적이고 객관적인 수업분석이 가능할 것이다. 또한 교사와 학생의 의사소통은 언어적 요소만을 포함하는 것이 아니기 때문에 수업 분위기를 좌우하고 교사와 학생의 정서적 유대감을 높일 수 있는 비언어적 상호작용에 대한 연구가 필요하다.

마지막으로 이 연구 결과가 초등 교사 양성기관과 현장 교사 연수 등에서 교사의 수업 전문성 향상을 위한 기초 자료로 활용되기를 기대한다.

참고문헌

Back, Y. (2010). *An analysis on the effectiveness of the instructional consulting - Focusing on the supervision-mentoring program of Daegu* -. (Master's degree). Daegu

National University of Education.
 Berčík, J., Horská, E., Nagyová, L., Rebičová, Z., Paluchová, J. & Bajús, J. (2016). Tracking position, visual attention and emotions of customers in retail store environment via position system, eye tracker, electroencephalograph and face reading technology. *2016 Global Marketing Conference at Hong Kong*. pp. 494-510.
 Brophy, J. E. & Good, T. (1986). Teacher behavior and student achievement. In M. C. Wittrock(Ed), *Handbook of research on teaching: third edition*(pp. 328-375). New York : Macmillian.
 Byeon, J., Lee, I. & Kwon, Y. (2011). A study on consulting of teaching behavior patterns of Gaze fixation by using eye tracker: The case study. *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 11(4), 173-199.
 Carmichael, A., Larson, A., Gire, E., Loschky, L. & Rebello, N. (2010). How does visual attention differ between experts and novices on physics problems? *AIP Conference Proceedings*, 1289(1), 93-96.
 Cho, K. & Yeo, S. (2013). A case study on effective teachers' discourse in science gifted class using flanders interaction analysis program. *Journal of Gifted/Talented Education*, 23(6), 1055-1076.
 Choi, M. (2003). A study on the method of eye tracking analysis based on the properties in visual perception of user - With emphasis on the development of analysis-framework for product design -. *Archives of Design Research*, 197-206.
 Chung, D. (2015). Eye tracking to select optimal advertising spots In subway cars. *The Korean Journal of Advertising and Public Relations*, 17(4), 146-172.
 Cortina, K. S., Miller, K. F., McKenzie, R. & Epstein, A. (2015). Where low and high inference data converge: Validation of class assessment of mathematics instruction using mobile eye tracking with expert and novice teachers. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 13(2), 389-403.
 Eom, G. & Lim, C. (1998). Extension of inquiry thinking ability through the application of questioning model. *Daegu National University of Education*, 3(2), 5-44.
 Fisher, D. L. & Waldrup, B. G. (1997). Assessing culturally sensitive factors in the learning environment of science classrooms. *Research in Science Education*, 27(1), 41-49.
 Geddis, A. N., Onslow, B., Beynon, C. & Oesch, J. (1993). Transforming content knowledge: Learning to teach about isotopes. *Science Education*, 77(6), 575-591.
 Haider, H. & Frensch, P. A. (1999). Eye movement during skill acquisition: More evidence for the information-re-

- duction hypothesis. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 25, 172-190.
- Kang, S., Han, S., Jeong, Y. & Noh, T. (2001). Comparison of verbal interaction patterns in small - Group discussion by learning strategies. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 21(2), 279-288.
- Kang, B., Jeong, K. & Shin, D. (2009). User's behavior of touchscreen mobile phone using eye tracker. *Ergonomics Society of Korea Conference*, 11, 403-407.
- Keller, J. (2006). What is the ARCS model. Retrieved February, 19, 2012.
- Kim, B. & Im, J. (2014). A study on the schemes for elevating instruction specialties through subject PCK. *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 14(5), 1-23.
- Kim, C., Maeng, S., Cha, H., Park, Y. & Oh, P. (2006). A case study of the interaction between a novice science teacher and an experienced teacher: Priorities about science teaching and motivational ZPD. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 26(3), 425-439.
- Kim, J. (2014). A study on features of conscious observation of space and search activities for information. *Korean Institute of Interior Design Journal*, 23(3), 117-124.
- Kim, W. J., Byeon, J. H., Lee, I. S. & Kwon, Y. J. (2012). Gaze differences between expert and novice teachers in science classes. *Journal of Korea Association of Science Education*, 32(9), 1443-1451.
- Ko, K., Kim, D., Lee, Y., Kwon, S. & Kwon, Y. (2017). A study on the characteristics of empathy through the Gaze of expert teachers and pre-service teachers in science experiment class. *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 17(8), 1-19.
- Kwak, E., Joo, B. & Bae, K. (2017). An analysis on the verbal interaction of advanced physical education teachers in middle school. *Korean Journal of Physical Education*, 56(2), 289-301.
- Kwak, Y. (2009). Analysis of professional development in teaching practices of beginning secondary science teachers. *Journal of the Korean Earth Science Society*, 30(3), 354-365.
- Kwon, C. & Lee, S. (2011). Science teaching professionalism changes of high-career elementary school teachers through instructional consulting. *Journal of the Korean Society of Earth Science Education*, 4(3), 278-296.
- Kwon, H., Kim, C. & Choe, S. (2006). Orientations and execution of beginning secondary science teachers' teaching practices: Motivating and understanding students. *Journal of the Korean Earth Science Society*, 27(3), 289-301.
- Kwon, Y. (2006). *An analysis of factors of effective lecturing behaviors in university class*. (Doctoral thesis). Yonsei University.
- Lee, H. (2006). Development of supporting programs for teaching consultation and pedagogical content knowledge by subjects. *Korea Institution for Curriculum and Evaluation*.
- Lee, Y., Kang, J., Oh, Y. & Lee, S. (2012). The directions of instructional consultation based on teachers' perceptions and needs of instructional consultation. *Journal of Educational Technology*, 28(4), 729-755.
- Lim, J. & Yang, I. (2008). A study on the professional development process of elementary teacher. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 27(2), 93-101.
- Lin, S. & Yang, J. (1998). Biology teachers' knowledge base instructional representations. *Proceedings of the National Science Council, Republic of China, Part D: Mathematics, Science, and Technology Education*, 8(1), 22-32.
- Magnusson, S., Krajcik, J. & Borke, H. (1999). Nature, sources, and development of pedagogical content knowledge for science teaching. In *Examining pedagogical content knowledge* (pp. 95-132). Springer Netherlands.
- Mulholland, J. & Wallace, J. (2005). Growing the tree of teacher knowledge: Ten years of learning to teach elementary science. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(7), 767-790.
- Noh, T., Kim, Y., Yang, C. & Kang, H. (2011). A case study on beginning teachers' teaching professionalism based on pedagogical content knowledge in science-gifted education. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 31(8), 1214-1228.
- Noh, T., Yoon, J., Kim, J. & Lim, H. (2010). Pedagogical content knowledge factors considered by pre-service elementary teachers in planning and implementing of science teaching demonstration. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 29(3), 350-363.
- Oh, P., Lee, S., Lee, K., Kim, C., Kim, H., Jeon, C. & Oh, S. (2008). Methodological review of research literature on the expertise of science teachers. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 28(1), 47-66.
- Park, J. & Kim, H. (2013). A study on driver's Gaze area in variable road characteristics using eye tracking sys-

- tem. *The Korea Spatial Planning Review*, 77, 83-101.
- Park, S. (2011). The reality of teaching consulting and its deconstruction. *The Korean Journal of Philosophy of Education*, 33(4), 87-105.
- Seo, I. & Choi, M. (2014). A study on emotional touch-point analysis by eye-tracking technology in dynamic environment -Focused on automotive interior space-. *Journal of Digital Design*, 14(2), 285-294.
- Seong, S. & Choi, B. (2007). Case study on verbal interactions of teacher-small group students in science experiments. *Journal of the Korean Chemical Society*, 51(4), 375-386.
- Shin, J. (2013). Differences in the evaluation results of teaching behavior perceived by teachers and students. *CNU Journal of Educational Studies*, 34(2), 209-229.
- Shin, J. (2014). An analysis of differences between pre-service teachers and career teachers of instructional form using flanders interaction analysis method. *Korea Institute for Curriculum and Evaluation*, 17(3), 115-137.
- Shin, W. & Shin, D. (2012). Eye movement analysis on elementary teachers' understanding process of science textbook graphs. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 31(3), 386-397.
- Shin, W. & Shin, D. (2013a). Analysis of eye movement by the science achievement level of the elementary students on observation test. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 32(2), 185-197.
- Shin, W. & Shin, D. (2013b). Development of the heuristic attention model based on analysis of eye movement of elementary school students on discrimination task. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 33(7), 1471-1485.
- Shin, W. & Shin, D. (2016). An analysis of elementary students' attention characteristics through attention test and the eye tracking on real science classes. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 36(4), 705-715.
- Shin, W. (2016). A review of eye-tracking method in elementary science education research. *Journal of Korean Elementary Science Education*, 35(3), 288-304.
- Shulman, L. S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educational Researcher*, 15(2), 4-14.
- Tobin, K. & McRobbie, C. (1999). Pedagogical content knowledge and co-participation in science classrooms. In J. Gess-Newsome & N. G. Lederman (Eds.), *Examining pedagogical content knowledge: The construct and its implications for science education*, Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, pp. 215-234.
- Tuan, H. & Kaou, R. (1997). Development of a grade eight Taiwanese physical science teacher's pedagogical content knowledge development. *Proceedings of the National Science Council, Republic of China, Part D: Mathematics, Science, and Technology Education*, 7(3), 135-154.
- Van den Bogert, N., Van Bruggen, J., Kostons, D. & Jochems, W. (2014). First steps into understanding teachers' visual perception of classroom events. *Teaching & Teacher Education*, 37, 208-216.
- Woo, D., Koo, Y., Han, S. & Choi, M. (2013). Eye-tracking experiments and development of analytical method for a dynamic environment - Focus on automotive interior -. *Korea Digital Design Council Conference*, 69-70.
- Wubbels, T. & Levy, J. (Ed.). (1993). *Do you know what you look like?. Interpersonal relations in education*. London : The Falmer Press.