



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원 저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리와 책임은 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)



교육학석사 학위논문

교사 피드백 화법을 적용한
ChatGPT 기반 챗봇과 학습자의
대화 분석: 고등학교 통합과학을 중심으로

2025년 2월

서울대학교 대학원

과학교육과 물리전공

윤영집

교사 피드백 화법을 적용한
ChatGPT 기반 챗봇과 학습자의
대화 분석: 고등학교 통합과학을 중심으로

지도 교수 유준희

이 논문을 교육학석사 학위논문으로 제출함
2025년 2월

서울대학교 대학원
과학교육과 물리전공
윤영집

윤영집의 교육학석사 학위논문을 인준함
2025년 2월

위원장 조정효 (인)

부위원장 이경호 (인)

위원 유준희 (인)

초 록

개별 맞춤형 교육을 위한 방안으로 교육용 챗봇에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 기존의 챗봇은 규칙 기반 방식으로 학습자의 예상 질문에 답변을 준비하거나 선택지를 제공하는 방식이었으나, 학습자의 다양한 질문에 유연하게 대응하지 못하는 한계가 있었다. 이러한 한계를 보완하기 위해 생성 기반 챗봇이 등장하였으며, ChatGPT는 학습자의 질문에 자연스럽고 유연하게 대화할 수 있는 가능성을 보여주었다. 그러나 ChatGPT를 교육 현장에 도입할 경우 교사의 통제 부족, 학습 내용의 개별화 부족, 정서적 소통 미흡 등의 문제점이 나타났다. 이에 본 연구는 교사 피드백 화법을 적용한 ChatGPT 기반 교육용 챗봇을 개발하고, 이를 고등학교 통합과학 학습자가 사용한 기록을 수집하여 학습자와 챗봇의 발화 유형과 학습자의 발화량에 영향을 미치는 요인을 분석하였다.

본 연구는 선행 연구 분석을 통해 교육용 ChatGPT 기반 챗봇 설계 원리를 수립하고, 이를 기반으로 챗봇에 투입할 프롬프트를 제작하였다. 설계된 프롬프트에는 학습자의 학습 수준, 교과 내용, 정서적 상호작용의 강화와 같은 요소가 반영되었으며, 교사 피드백 화법을 구현하기 위해 학습자 중심의 질문 유도와 정의적 상호작용을 포함하는 방식을 채택하였다.

제작된 챗봇을 활용하여 부산 소재 A 고등학교 1학년 통합과학 학습자 16명을 대상으로 데이터를 수집하였다. 수집된 데이터는 전처리 과정을 통해 학습자 발화 273건과 챗봇 발화 425건으로 정리되었으며, 통계 분석을 위해 Python을 활용하여 통계적 분석을 수행하였다. 개발된 챗봇은 자료 수집을 위하여 통합과학 학습자들에게 한 달 동안 배포되었으며, 학습자들은 시간·장소·접속기기 등의 제한 조건 없이 자유롭게 접속하여 사용하였고 이 때의 챗봇 사용 기록은 자동 수집되었다. 이러한 자료 수집 과정은 교육적 안전 확보 및 연구 윤리를 준수하기 위해 연구 참여에 동의한 학습자 중 생성형 AI 이해 사전 교육을 받은 통합과학 학습자를 대상으로 진행되었다.

연구문제 1에서는 교사 피드백 화법 적용 여부에 따라 챗봇의 대화 방식이 어떻게 달라지는지 비교하였다. 교사 피드백 화법이 적용된 챗봇

은 대화에 적극적으로 참여를 유도하고 정서적 지지를 제공하는 발화 유형이 증가하였으며, 단순히 정보를 제공하거나 설명하는 방식은 감소하는 경향을 보였다. 반면, 피드백 화법이 적용되지 않은 챗봇은 정보 전달에 집중하며 학습자의 요구를 충분히 반영하지 못하는 단편적 응답을 보였다. 연구문제 2에서는 학습자의 발화량에 영향을 미치는 요인을 분석한 결과, 학습자를 대화에 능동적으로 참여시키는 질문이나 후속 대화를 유도하는 챗봇의 발화 방식이 학습자의 대화 참여를 유의미하게 증가시켰다. 또한, 학습자가 개인적 경험을 공유하거나 추가 정보를 요청하는 발화가 대화의 깊이를 더하고, 사회적 상호작용을 강화하여 대화 지속성을 높이는 데 기여하였다.

본 연구는 교사 피드백 화법을 적용한 ChatGPT 기반 챗봇이 학습자의 대화 내용과 정서적 요구에 적응적으로 대응함으로써 학습자 중심의 대화를 효과적으로 지원할 수 있음을 시사한다. 연구 결과는 교육 현장에서 ChatGPT 기반 챗봇을 효과적으로 활용하기 위해 교사 피드백 화법을 반영한 설계와 학습자 특성을 고려한 개인화된 지원 시스템이 중요함을 강조하며, 교육용 챗봇의 설계 방향과 활용 가능성을 제시하였다.

주요어 : ChatGPT 기반 챗봇, 생성형 AI 활용 교육, 과학 교육 챗봇, 교육용 챗봇 프롬프트 설계 원리, 교사 피드백 화법

학 번 : 2022-27491

목 차

I. 서 론	1
1.1 연구의 필요성	1
1.2 연구 목적 및 연구 문제.....	4
1.3 용어 정의	5
1.3.1 챗봇	5
1.3.2 ChatGPT 기반 챗봇.....	6
1.3.3 교사 피드백 화법.....	6
II. 이론적 배경	8
2.1 교육용 챗봇과 ChatGPT 기반 챗봇	8
2.1.1 교육용 챗봇의 특징 및 제한점	8
2.1.2 ChatGPT 활용 교육 사례 및 제한점	17
2.1.3 ChatGPT 기반 챗봇의 가능성.....	24
2.2 교사 피드백 화법과 학습자의 질문	27
2.3 과학 교육에서의 교육용 챗봇 연구와 학습자 발화 유형.....	33
2.3.1 과학교육에서의 교육용 챗봇.....	33
2.3.2 과학교육에서의 학습자 발화 유형	36
III. 연구 방법.....	41
3.1 연구 절차.....	41
3.2 연구 참여자	42
3.3 챗봇 설계 및 챗봇 개발.....	44
3.3.1 챗봇 설계 원리	45
3.3.2 챗봇 프롬프트 제작	49
3.3.3 챗봇 개발.....	53
3.4 자료 수집	59
3.5 자료 분석	60
3.5.1 교사 피드백 화법 적용 여부에 따른 ChatGPT 기반 챗봇의 발화 유형 비교	60
3.5.2 학습자의 발화량에 영향을 미치는 챗봇 발화 유형과 학습자 발화 유형	64
IV. 연구 결과 및 논의	66
4.1 교사 피드백 화법 적용 여부에 따른 ChatGPT 챗봇의 발화 유	

형 비교	66
4.2 학습자 발화량에 영향을 미치는 챗봇 발화 유형과 학습자 발화 유형	83
V. 결론 및 제언	94
참고 문헌	99
Abstract	103
부 록.....	106
<부록 1> 동의서.....	106
<부록 2> 챗봇 프롬프트.....	112
<부록 3> 학습자 발화 유형별 빈도와 발화 사례	122
<부록 4> 학습자 발화 유형별 교사 피드백 화법 적용 여부에 따른 챗봇의 발화 유형 빈도 비교표.....	123
<부록 5> 학습자 발화 유형별 교사 피드백 화법 적용 여부에 따른 챗봇 대화 내용 비교.....	124

표 목차

[표 II- 1] 기존 교육용 챗봇 연구에서 나타난 의의 및 제한점	17
[표 II- 2] ChatGPT 활용 교육 사례에서 나타난 의의 및 제한점	23
[표 II- 3] 교사 피드백 화법 유형	29
[표 II- 4] 과학교육에서의 학습자 질문 유형.....	40
[표 III- 1] 설계·개발연구 유형의 특징(Richey & Klein, 2014).....	44
[표 III- 2] 챗봇 설계 및 챗봇 개발 절차.....	45
[표 III- 3] 교육용 ChatGPT 기반 챗봇 설계 원리.....	47
[표 III- 4] 교육용 ChatGPT 기반 챗봇 개발 프로세스.....	48
[표 III- 5] 교사 피드백 화법을 적용한 ChatGPT 기반 챗봇 발화 유형.....	49
[표 III- 6] 본 연구에서 사용된 ChatGPT 기반 챗봇의 프롬프트(일부).....	51
[표 III- 7] 학습자 발화 유형.....	63
[표 IV- 1] 적용 챗봇 발화 유형 분석 사례(A-10)	67
[표 IV- 2] 미적용 챗봇 발화 유형 분석 사례(A-10).....	70
[표 IV- 3] 학습자 발화별 챗봇 발화 유형 비교(설명 발화 교차표).....	74
[표 IV- 4] 학습자 발화별 챗봇 발화 유형 양측검정.....	75
[표 IV- 5] 학습자 발화별 챗봇 발화 유형 단측검정.....	75
[표 IV- 6] 학습자 발화 유형별 챗봇 발화 유형 양측검정($p<0.05$)	79
[표 IV- 7] 학습자 발화 유형별 챗봇 발화 유형 단측검정($p<0.025$)	80
[표 IV- 8] 학습자 발화량과 챗봇 발화 유형 간 상관관계 (스피어만 상관분석)	83
[표 IV- 9] 학습자 발화량과 챗봇 발화 유형 간 상관관계 (다중회귀분석-OLS)	85
[표 IV- 10] 학습자 발화량과 학습자 발화 유형 간 상관관계 (스피어만 상관 분석).....	89
[표 IV- 11] 학습자 발화량과 학습자 발화 유형 간 상관관계 (다중회귀분석- OLS).....	91

그림 목차

[그림 II-1] 외국어 학습 관점에 의한 챗봇의 분류(이장호 외, 2019)	9
[그림 III-1] 본 연구의 ChatGPT 기반 챗봇 시스템 흐름도	53
[그림 III-2] 본 연구의 ChatGPT 기반 챗봇 사용화면	56
[그림 III-3] 대화 기록 수집 흐름도	59
[그림 IV-1] 교사 피드백 화법 적용 여부에 따른 챗봇 발화 유형 비교	71
[그림 IV-2] 본 연구의 챗봇을 사용한 학습자의 발화 유형별 빈도	77
[그림 IV-3] 다중회귀분석 모델의 잔차 분석 결과(학습자 발화량과 챗봇 발화 유형 간 상관관계).....	86

I. 서 론

1.1 연구의 필요성

코로나19 대유행 시기의 갑작스런 학교 등교연기 및 원격수업은 교육 격차를 심화시켰고 이는 기초학력 저하 문제를 야기하였다. 이에 교육부는 기초학력 보장 정책(교육부, 2023a)과 AI 디지털교과서 도입 계획(교육부, 2023b) 등을 발표하면서 교육 격차 해소와 기초학력 보장을 위한 방안으로 학생 개별 맞춤형 학습 지원을 공통적으로 말하고 있다. 학생 개별 맞춤형 학습 지원은 한국교육학술정보원에서 분석한 보고서에서도 교육 격차를 해소하기 위해서 가장 필요하고 시급한 방안이라 강조하면서 학생의 학습과 흥미를 지속시켜주는 ‘학생의 눈높이에 맞는 개별 맞춤형’의 원리가 담긴 프로그램이 필요하다고 분석하였다(정영식 외, 2022).

이런 개별 맞춤형 학습 지원의 개념과 효과는 Bloom(1984)의 연구에서도 나타난다. 해당 연구에서는 일대일 튜터링(One-on-one tutoring)을 받은 학생들은 전통적인 수업의 학생들에 비해서 평균적으로 상위 2%의 수준에 도달하는 매우 높은 성취를 보였으며, 완전학습(Mastery learning)을 받은 학생들은 전통적인 수업의 학생들에 비해서 평균적으로 상위 16% 수준에 도달하는 성취를 보였다. Bloom의 완전학습 이론은 학교 수업은 모든 학생들에게 일대일 튜터링을 제공할 수 없더라도 학습자의 개인차를 반영한 교육의 필요성을 충분한 수업 환경만 조성해 주면 누구나 학습 내용을 충분히 학습해낼 수 있다는 것 보았다는 점에서 개별화 학습의 가능성을 모색한 이론이다(박은진, 2015).

하지만 실제 학교 수업 현장에서는 학습자 수 대비 부족한 교사 인력, 정해진 교육과정과 수업 시간 등으로 인하여 개별화 학습을 실행하는 것은 어렵다. 이경언, 권점례, 오상철(2008)의 연구에서 교사 3000명 중 91.7%는 개별화 학습의 필요성에 대해서 높은 수준의 인식이 있었지만, 개별화 학습의 학교 차원 실행 비율은 60%, 수업 내 실행 비율은 36.6%로 낮았다. 그 이유로 교사 인력, 재정 등 운영 상의 한계로 학교

차원 실행이 어렵다는 비율이 73.6%, 교육과정에 따른 수업 진도 부담감으로 수업 내 실행이 어렵다는 비율이 42.2%로 나타났다.

하지만 기술의 발전함에 따라 교수학습 지원 도구 또한 발전해왔으며, 특히 인공지능 기술이 발전함에 따라 교육용 인공지능 보조교사는 학습자의 개별적인 특성과 필요에 맞게 지원을 제공함으로써 학업 성취도를 높이고 긍정적인 학습 경험을 증진하리라 예상되었으며(Tomlinson, 2014), 실제로 인공지능 챗봇의 교육적 활용 연구 동향은 2019년 기점으로 국내와 국외 모두 급증하였다(김민지 외, 2021; 장진아 외, 2021).

챗봇을 개발 목적 여부로 나누어 본다면 목적형 챗봇과 비목적형 챗봇으로 구분되며 비목적형과 달리 목적형 챗봇은 특정 목적과 맥락을 가지고 개발된 챗봇으로 교육용과 기타 목적으로 나뉜다. 챗봇의 답변 유형에 따라서는 사전에 준비해놓은 예상질문-답변 세트 중 유사도가 가장 높은 답변이 출력되는 ‘응답형 챗봇’과 연속적인 대화가 가능한 ‘대화형 챗봇’ 등으로 나뉜다(Lee, 2018; 윤여범, 박미애, 2020). 교육용 챗봇의 사례로는 완전 개발 후 보급되는 형태의 AI 팽통과 교사가 코딩하는 법을 몰라도 자신만의 챗봇을 설계할 수 있는 단비Ai 등이 있다.

하지만 본 연구에 앞서 연구자가 교육용 챗봇 개발에 대한 연구를 하며 느꼈던 한계점은 크게 2가지이다. 첫째, AI 팽통과 같이 사전에 개발 후 보급되는 형태의 챗봇은 교사가 자신의 수업 환경과 의도에 맞게 재구성을 하기에 제한이 있다. 교사는 학생 이해를 바탕으로 수업을 이루는 다양한 수업 요소들을 재구성하여 수업을 구성하는 현장 전문가인 관점에서, 수업 자료뿐만 아니라 교육과정까지 재구성할 수 있어야하는데 이러한 재구성에 제한이 있는 챗봇은 수업 재구성의 유연성을 저해하고 챗봇을 위한 수업으로 재구성되는 수업 설계가 제공될 여지가 있다. 둘째, 단비Ai와 같이 교사가 자신만의 챗봇을 설계할 수 있도록 지원하는 챗봇 빌더는 그 챗봇이 어떤 형태인지에 따라 그 챗봇이 가지고 있는 단점도 적용된다. 이장호 외(2019)의 연구에 따르면 지정된 스크립트와 명령 수행 등의 단순한 응답에 한정적으로 반응하는 단순응답형 챗봇과 자유 대화가 가능한 대화형 챗봇으로 구분할 수 있다. 단비Ai의 경우 단순응답형 챗봇으로 다시 크게 2가지 형태의 대화 방식을 제작할 수 있

는데, 제작자가 시나리오를 설계하여 사용자는 버튼 클릭식으로 챗봇에 응답하는 형태와, 제작자가 사용자의 예상 질문과 그에 따른 답변을 설계하여 사용자의 질문 내용과 유사도가 높은 예상 질문에 대한 답변을 출력하는 싱글턴(single-turn) 형태가 있다. 제작 경험으로는 두 가지 모두 매우 소모적인 작업이었으며, 지속가능한 설계 방법도 아니었다.

민경모(2022)는 Doc2Vec을 이용한 중학교 과학 질문-답변 챗봇 개발을 직접하여 학생의 질의를 분석한 결과, 과학 질문-답변을 목적으로 한 특수 목적의 챗봇이어도 일상대화 기능이 있어야 학생들이 챗봇 이용 시 흥미와 관심이 유지되도록 할 수 있을 것이며, 싱글턴 형태로는 일상대화 패턴은 변수가 많아 어려워 추후 멀티턴 챗봇 제작에서 해결될 수 있는 과제라 제언한 바 있다. 또한 해당 연구에서는 학생들의 모든 챗봇 대화 기록을 교사가 직접 확인할 수 있었으며, 교사가 챗봇을 직접 제작함으로써 챗봇의 답변에 교사의 의도를 담았을 뿐만 아니라 챗봇의 구조 또한 교사의 의도에 맞게 반영할 수 있는 자유도를 통해서 교육용 인공지능 보조교사에 대한 방향성을 확인할 수 있었다.

그리고 최근 생성형 AI를 활용한 교육용 챗봇이 주목받고 있다. 특히 2023년에 등장한 생성형 AI인 ChatGPT는 기존의 검색·응답형 챗봇과 달리 인간과 유사한 자연스러운 언어적 표현을 생성해냄으로써, 보다 친밀하고 지속적인 상호작용이 가능하다는 점에서 교육적 활용에 대한 관심이 높아지고 있다(강동훈, 2023; 변정호, 권용주, 2023; 유재진, 2023; 신동광, 정혜경, 이용상, 2023). 다만 이러한 생성형 AI를 단순 도구로 직접 사용하기보다, 교사의 의도와 학습 목표를 반영한 상호작용을 구현하기 위해서 챗봇을 ‘어떻게’ 교육적으로 설계하고 활용할 수 있는지가 주목되고 있다.

이에 본 연구는 비목적형-생성형 챗봇인 ChatGPT를 학습자가 직접 사용하는 대신, API(application programming interface) 기능을 활용해 교육용 챗봇 설계 원리가 담긴 ChatGPT 기반 챗봇을 제작하고 이를 학습자가 이를 사용한다면 교육용 챗봇의 목적을 달성할 수 있을지에 주목하였다. ChatGPT는 제3자가 원하는 형태로 챗봇을 개발 및 활용할 수 있도록 API 서비스를 제공하며, 개발자나 사용자가 제시한 프롬프트

(Prompt)를 바탕으로 자신이 생성해낼 출력물의 방향성을 설정한다. 학습자들은 사람에게 질문할 때에 비해 챗봇에 질문을 입력할 때는 그 질문 길이도 짧거나 문장의 구조가 갖춰져있지 않은 경우가 많으며, 학습 내용과 관련 없는 질문도 상당수하게 된다(민경모, 2022). 만약 챗봇에 미리 교육적인 의도를 반영한 프롬프트를 제공한다면 학습자가 불완전한 형태의 질문을 하더라도 챗봇이 학습자의 학습 배경에 맞는 답변을 제공할 가능성이 높아질 수도 있다.

본 연구에서는 ChatGPT 기반 챗봇에 교육용 챗봇의 설계 원리로 교사 피드백 화법을 적용하여 학습자의 발화를 촉진하고, 이를 통해 개별 맞춤형 학습 지원의 가능성을 높이고자 한다. 교실 수업에서 교사 피드백 화법은 ‘수업에서 교사가 수업과 관계 차원의 목표를 달성하기 위해 학생의 반응에 대해 제공하는 평가와 후속 조치 기능을 포함하는 일련의 피드백 연속체’로 정의되며, 그 목적은 학습자의 인지적·정의적 성장을 도모하는 수업 목표와 교사-학생 간의 관계 형성을 지원하는 관계 목표를 달성하는 데 있다(김주영, 박창균, 2018, 이창덕 외, 2019). 교사 피드백 화법은 학습자의 발화를 촉진하여 수업 목표를 달성하고자 하는 대화 구조를 지니며, 교사와 학생이 주고받는 발화 유형이 어떻게 구성되어 있는지를 확인하기 위해 수업 대화 분석을 진행한다.

이러한 교사 피드백 화법이 만약 실제 학교 수업 현장의 다양한 제약에서 벗어나 언제 어디서든 사용가능한 ChatGPT 기반 챗봇에도 적용되었을 때에도 학습자의 발화를 어떻게 촉진하여 교육적 목표를 달성할 수 있는지에 대한 궁금증으로 본 연구를 시작하게 되었다.

1.2 연구 목적 및 연구 문제

본 연구의 목적은 학습자의 발화를 촉진하기 위한 교사 피드백 화법을 챗봇에 적용하였을 때에도 학습자의 발화량에 유의한 변화가 있는지를 알아보는 것이다. 이를 위해 ChatGPT 기반 챗봇에 교사 피드백 화법을 적용했을 때 챗봇의 발화 유형에 나타나는 특징적인 차이를 분석하

고, 이를 적용한 챗봇과 학습자가 상호작용할 때 어떠한 발화 유형이 학습자의 발화량을 촉진하는지를 분석하고자 한다. 이러한 분석을 통해 교육용 챗봇의 개발 방향과 활용 교육에 시사점을 제공하고자 한다. 구체적인 연구 문제는 다음과 같다.

첫째, 교사 피드백 화법 적용 여부에 따라 ChatGPT 기반 챗봇의 발화 유형은 어떻게 달라지는가?

둘째, 학습자의 발화량에 영향을 미치는 챗봇의 발화 유형과 학습자의 발화 유형은 각각 무엇인가?

1.3 용어 정의

1.3.1 챗봇

챗봇(Chatbot)은 챗봇은 대화를 의미하는 ‘챗(chat)’과 로봇을 의미하는 ‘봇(bot)’의 합성어로(Chocarro et al., 2023), 자연어 처리(Natural Language Processing)에 기반하여 문자나 음성을 통해 사용자와 대화하거나 정보를 제공하기 위해 설계된 인공지능 기반의 대화형 소프트웨어이다(김민지, 허선영, 2021; 홍금원 외, 2008).

일반적으로 사용자의 질문에 폭넓게 응답할 수 있도록 설계된 일반적인 챗봇과 달리, 특정 목적을 위해 개발된 목적형 챗봇은 사용자와의 정보 교환 범위를 제한하여 설계 목적에 집중하도록 설계된다(이동한, 2018). 이러한 목적형 챗봇의 한 예로 교육용 챗봇(Educational Chatbot)이 있으며, 이는 교수·학습 활동과 관련된 교육적 목적을 달성하기 위해 설계된 목적형 챗봇이다(Chocarro et al., 2023).

챗봇의 응답 방식이 일문일답식의 싱글턴(single-turn) 방식이면 단순응답형 챗봇, 앞의 대화 내용도 고려한 답변이 가능하여 대화할 수 있는 멀티턴(multi-turn) 방식이면 대화형 챗봇으로 나뉜다(Wu et al., 2019; 이동한, 박상인, 2019). 대화형 챗봇은 대화 처리 방식에 따라 정

의된 규칙들(해석규칙, 반응규칙 등)을 기반으로 작동하는 ‘규칙 기반 방식’과 기계학습, 자연어처리기술, 데이터 등을 기반으로 챗봇이 답변을 생성하는 ‘생성 기반 방식’이 있다(최서원, 남재현, 2019).

1.3.2 ChatGPT 기반 챗봇

ChatGPT 기반 챗봇은 OpenAI가 제공하는 API(Application Programming Interface)를 활용하여 개발된 챗봇을 의미한다. ChatGPT를 개발한 OpenAI는 소프트웨어 개발자들이 ChatGPT 모델을 사용 목적에 맞게 애플리케이션을 개발할 수 있도록 API를 제공한다. API는 소프트웨어 간의 상호 작용을 가능하게 하는 인터페이스를 뜻한다. ChatGPT 기반 챗봇의 주요 특징은 개발자가 직접 언어 모델을 개발할 필요 없이 이미 존재하는 최신의 ChatGPT 모델을 활용하면서, 개발자의 의도에 따라 ChatGPT가 동작하도록 프롬프트(Prompt)를 제작하고 파라미터(Parameter)를 설정하기만 하면 된다는 점이다. 프롬프트는 언어 모델이 생성할 텍스트의 방향과 내용을 제시하는 입력 텍스트이며, 파라미터는 언어 모델의 응답 길이, 창의성 수준 등 텍스트 생성 방식에 영향을 미치는 설정 값이다.

1.3.3 교사 피드백 화법

교사 피드백 화법은 교사가 수업에서 학생의 반응에 대해 제공하는 평가와 후속 조치 기능을 포함하는 일련의 피드백 연속체로서, 수업 목표와 관계 차원의 목표 달성을 목적으로 한다(김주영, 박창균, 2018). 수업 목표 차원은 학습 촉진, 문제 해결 조력, 의사소통 및 사고력 심화 및 확장이 있으며, 관계 차원은 교사와 학생의 관계 형성, 유지, 발전이 있다. 하지만 교실 수업 상황은 학습자의 발화 의도를 저해하는 교사 화법을 유발하며 학습자는 교사보다 학습 내용 관련이라고 생각하는 질문

의 범위가 넓다는 연구(박보비, 2019)를 고려하여 교사 피드백 화법의 목표에 학습자의 발화를 촉진하는 차원을 포함하여 보았다.

II. 이론적 배경

2.1 교육용 챗봇과 ChatGPT 기반 챗봇

2.1.1 교육용 챗봇의 특징 및 제한점

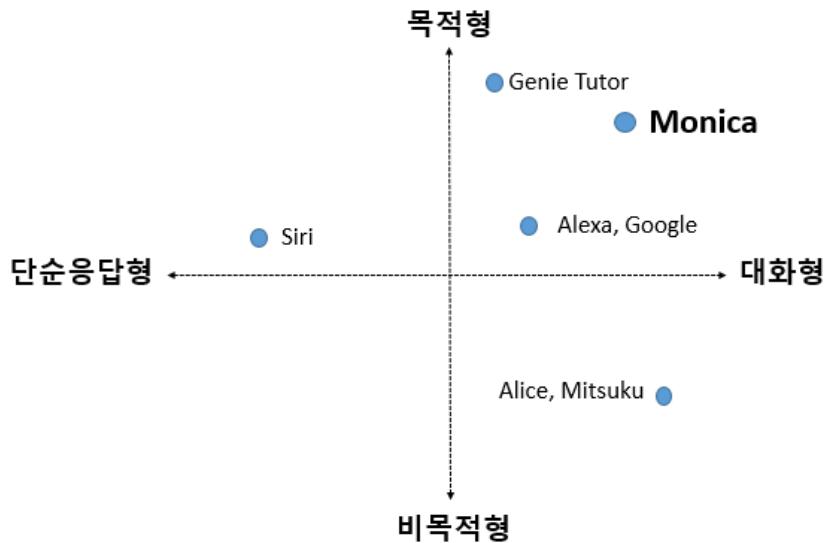
챗봇은 특정한 목적을 위해 개발되었는지에 따라 목적형 챗봇과 비목적형 챗봇으로 구분된다. 목적형 챗봇은 특정한 과업 수행을 목표로 하며, 사용자와의 정보 교환 범위가 제한되어 있다. 반면, 비목적형 챗봇은 광범위한 주제에서 자유롭게 대화를 주고받을 수 있지만, 특정 과업 수행에 있어서는 목적형 챗봇보다 효과성이 낮을 수 있다(이동한, 2018).

또한, 챗봇의 응답 방식은 단순응답형과 대화형으로 나뉜다. 단순응답형 챗봇은 일문일답식의 싱글턴(single-turn) 방식으로 작동하며, 사용자의 질문에 대해 사전 정의된 응답을 제공한다. 반면, 대화형 챗봇은 멀티턴(multi-turn) 방식으로, 앞선 대화 내용을 고려하여 연속적인 대화를 이어나갈 수 있다(Wu et al., 2019; 김민지 외, 2021)

대화형 챗봇은 대화 처리 방식에 따라 규칙 기반 방식과 생성 기반 방식으로 구분된다. 규칙 기반 방식의 챗봇은 미리 정의된 규칙과 스크립트를 활용하여 사용자 입력을 해석하고 반응하며, 대화의 흐름이 고정되어 있다. 반면, 생성 기반 방식의 챗봇은 기계학습, 자연어 처리 기술 및 데이터를 활용하여 실시간으로 답변을 생성하며, 보다 유연한 대화가 가능하다(최서원, 남재현, 2019).

이장호 외(2021)는 이러한 챗봇의 목적성과 응답 방식을 기준으로 외국어 학습 관점에 의한 챗봇을 2차원 그래프 형태로 분류한 바 있다. 목적형과 비목적형의 축을 설정하고, 단순응답형과 대화형의 축을 교차하여 챗봇의 다양한 유형을 구분하였으며, 이는 [그림 II-1]과 같다.

[그림 II-1] 외국어 학습 관점에 의한 챗봇의 분류(이장호 외, 2019)



목적형 챗봇은 특정 학습 목표나 기능 수행을 목적으로 설계된 챗봇으로, 학습자 맞춤형 피드백을 제공하거나 튜터링 기능을 수행할 수 있다. 예를 들어, Genie Tutor와 같은 챗봇은 특정 교육 목표를 지원하는 목적형 챗봇에 해당한다. 반면, 비목적형 챗봇은 특정한 과업 수행보다는 일반적인 대화를 목적으로 설계된 챗봇으로, 사용자가 다양한 주제로 자유롭게 대화할 수 있다. Alice나 Mitsuku 같은 챗봇이 이러한 유형에 해당한다.

또한, 챗봇의 응답 방식에 따라 단순응답형과 대화형으로 구분할 수 있다. 단순응답형 챗봇은 사용자의 입력에 대해 미리 정의된 응답을 제공하는 방식으로, Siri와 같은 챗봇이 대표적인 사례이다. 반면, 대화형 챗봇은 멀티턴 대화를 지원하여 앞선 대화 내용을 고려한 연속적인 상호 작용이 가능하며, Alexa 및 Google Assistant와 같은 챗봇이 이에 해당한다.

교육용 챗봇은 언제 어디서나 학습자가 원할 때 사용 가능한 장점이 있다(신동광, 2019; Chen et al., 2020). 교육용 챗봇은 학습자가 시간과 장소에 구애받지 않고 학습할 수 있도록 지원하며, 학습자의 학습 동기

를 촉진하는 역할을 한다. 특히, 챗봇을 활용한 일대일 학습 환경(one-on-one tutoring)은 다수 학습자 환경(one-on-many classroom)보다 학습 성취도가 높은 것으로 나타났으며, 챗봇을 이용한 개별 학습은 학습자의 이해도를 증진시키고 학습 지속률을 높이는 효과가 있다(Chen et al., 2020).

학습자는 인간 교수자와 대화할 때 실수할 것에 대한 두려움을 가지는 반면, 챗봇과의 대화에서는 보다 자유롭고 편안한 환경에서 학습할 수 있다(Chen et al., 2020). 이는 교육용 챗봇이 학습자가 인간 교수자에게 질문할 때 느끼는 부담감을 줄이고, 보다 적극적인 질문과 상호작용을 유도할 수 있도록 한다(김민지, 허선영, 2021). 또한, 챗봇과의 상호작용을 통해 학습자는 반복적인 연습과 즉각적인 피드백을 받을 수 있으며, 이는 학습자의 이해도를 높이는 데 긍정적인 영향을 미친다(김민지, 허선영, 2021).

일대일 대화를 진행하는 챗봇의 특성을 이용하면 맞춤형 개별화 학습의 시도가 가능하다(장진아 외, 2021; Chen et al., 2020). Chen et al.(2020)의 연구에서는 학습자의 질문 유형을 분석하여 맞춤형 피드백을 제공하는 챗봇이 학습 효과를 높인다는 점을 입증하였다. 또한, 챗봇 사용 기록을 활용하면 교사가 학습자의 개별 학습 수준을 파악하고 맞춤형 학습 전략을 수립하는 데 도움을 줄 수 있으며, 학습자가 자기 주도적 학습 데이터를 활용하여 스스로 학습을 관리할 수 있도록 지원한다(심규남 외, 2020; 최원경, 2020).

교육용 챗봇과의 대화는 학습자의 정의적 요인에도 긍정적인 영향을 미친다. 학습자는 인간 교수자에게 질문할 때 답변 요청 자체에 대한 부담감이나 자신의 질문 내용이 틀릴 경우에 대한 걱정을 느낄 수 있는데, 교육용 챗봇과 대화를 나눌 때는 이러한 심리적 요인으로부터 자유로워져 질문에 더 자신감을 보인다(Chen et al., 2020). 또한, 챗봇과의 상호작용 과정에서 학습자는 자연스럽게 학습 동기와 학습 참여율이 증가하는 효과를 경험할 수 있으며(김민지 외, 2021), 이는 지속적인 학습을 유도하는 중요한 요인으로 작용한다.

교육용 챗봇은 학습자와 상호작용 과정에서 사회적 실재감을 제공하

는데, 이는 학습자의 감정적 지원과 관계 형성에 긍정적인 영향을 미친다(김민지 외, 2021). 챗봇과의 대화는 학습자의 정의적 여과막(effective filter)을 낮추어, 틀릴 것에 대한 불안감과 부담을 줄이고 편안함과 자신감을 느끼게 하며, 이는 학습자의 참여와 흥미를 높일 뿐만 아니라 상호작용의 양적·질적 증가로 이어진다(윤여범, 박미애, 2020).

챗봇의 의인화는 학습자의 학습 몰입도와 지속적인 사용 의도에 긍정적인 영향을 미친다(민윤정 외, 2020). 챗봇이 먼저 환영인사를 하거나, 특정한 성격을 가지거나(페르소나, Personas) 친숙한 캐릭터로 구현될 경우, 학습자는 챗봇을 보다 자연스럽고 인간적인 존재로 인식하며, 이를 통해 학습 지속성이 향상될 수 있다(현영근 외, 2020). 반대로 학습자의 입장에서 챗봇이 인간 교수자가 가지고 있는 성격이나 과거 경험과 같은 일관된 페르소나를 가지지 못할 경우, 학습자가 챗봇을 고유한 교수자로 인식하거나 관계를 형성하는 데 어려움을 겪을 수 있다(Pérez-Marín, 2021).

Kuhail et al.(2022)은 교육용 챗봇 설계 원리 연구의 유형으로 7가지가 나타남을 확인하였다. 첫 번째 유형은 개인화 학습(Personalized learning)으로 챗봇을 학습자별로 개별 맞춤화하여 그들의 요구에 따라 직접적이고 맞춤화된 지시와 피드백을 제공한다(Clarizia et al., 2018). 두 번째 유형은 경험 학습(Experiential learning)으로 학습자에게 스스로 지식을 형성할 수 있는 경험을 제공한다. 세 번째 유형은 사회적 대화(Social dialog)로 학습 내용 외 잡담이나 가벼운 일상 대화(small talk)로 학습자와 사회적 관계를 형성하여 그들의 챗봇 사용에 대한 참여를 높이고 챗봇에 대한 신뢰를 얻는다. 네 번째 유형은 협력 학습(Collaborative learning)으로 학습자들간 문제 해결을 위한 협력이나 공동 작업을 촉진한다. 다섯 번째 유형은 정서적 학습(Affective learning)으로 공감적 피드백을 통해서 학습자에게 흥미나 주의집중, 학습동기 등을 제공한다. 여섯 번째 유형은 가르치면서 학습(Learning by teaching)으로 학습자가 다른 사람에게 학습 내용을 설명하는 과정에서 학습자 스스로 학습하도록 한다. 일곱 번째 유형은 스캐폴딩(Scaffolding)으로 학

습자의 잠재적 발달 수준을 파악하고 해당 수준 도달을 위한 지원을 학습자에게 제공하는 일련의 과정이다.

교육용 챗봇의 디자인 요소로는 사용자가 사용하기 쉽고 친화적일 수록 챗봇 활성화에 효과적인데, 이는 이미 사용자들에게 잘 알려진 메신저 앱의 대화형 UI와 UX를 사용하는 것으로 달성을 수 있다(Chen et al., 2020). 챗봇 UI를 이미 사용자들에게 익숙한 형태와 유사하게 설계하면 챗봇의 사용성과 사용 만족도에 긍정적인 영향을 얻을 수 있다 (Clarizia et al, 2018; Villegas-Ch et al, 2020).

현영근 외(2020)는 사용자 친화적인 대화형 챗봇 구축을 위한 개발 방법론을 제시하며, 챗봇의 성능을 최적화하고 개발 효율성을 높이기 위해 세 가지 주요 단계를 설정하였다. 연구에서는 학습자 중심의 인터페이스(UI/UX) 설계와 자연어 처리(NLP) 기술의 활용이 필수적이며, 특히 챗봇이 특정 분야의 전문적인 정보를 제공할 수 있도록 도메인 지식(Domain knowledge)을 반영하는 것이 핵심 요소임을 강조하였다. 도메인 지식이란 특정 영역(Domain)의 교육, 산업, 학문, 기술 분야 등에서 요구되는 전문적인 개념, 용어, 원리, 규칙 및 문제 해결 방법 등을 포함하는 지식을 의미하며, 일반적인 상식이나 보편적인 정보와는 달리, 의 전문가들이 활용하는 구체적이고 체계적인 지식을 포함한다.

첫 번째 단계는 요구 사항 분석 및 설계 단계로, 챗봇이 제공해야 할 기능과 응답을 정의하고, 사용자의 요구를 분석하여 최적의 대화 구조를 설계하는 과정이다. 특히, 챗봇이 특정 도메인에 적합한 정보를 제공할 수 있도록 도메인 지식이 적용된다. 이 과정에서 사용자의 질문 유형을 예측하고, 해당 도메인에 특화된 용어와 개념을 반영하여 보다 정확한 답변을 생성할 수 있도록 대화 시나리오와 데이터베이스 구조를 설계한다. 또한, 사용자 인터페이스를 직관적으로 설계하여 누구나 쉽게 챗봇과 상호작용할 수 있도록 하며, 자연어 처리 기술을 적용하여 보다 자연스럽고 유연한 대화를 구현한다.

두 번째 단계는 개발 및 구현 단계로, 챗봇의 실제 코드 작성 및 알고리즘 적용을 통해 기능을 구현하는 과정이다. 이 단계에서는 대화형

인터페이스를 구축하여 사용자와의 원활한 소통을 지원하고, 자연어 처리 기술을 적용하여 사용자의 입력을 분석하고 맥락을 고려한 응답을 생성할 수 있도록 한다. 또한, 챗봇이 단순히 정해진 답변을 제공하는 것이 아니라, 머신러닝 기반의 대화 시스템을 활용하여 사용자의 질문 패턴을 학습하고 점진적으로 발전할 수 있도록 설계한다. 챗봇의 지식 데이터베이스를 구축하여 다양한 사용자 요청에 대한 적절한 응답을 제공할 수 있도록 한다.

세 번째 단계는 테스트 및 유지보수 단계로, 챗봇을 실제 사용 환경에서 테스트하고 사용자 피드백을 반영하여 지속적으로 개선하는 과정이다. 이 과정에서 챗봇의 대화 로그를 분석하여 오류를 수정하고, 보다 자연스러운 대화 흐름을 형성할 수 있도록 한다. 사용자의 피드백을 반영하여 챗봇의 답변 품질을 향상시키고, 응답 정확도와 학습 능력을 최적화한다. 또한, 지속적인 유지보수를 통해 챗봇이 최신 정보를 반영하고, 변화하는 사용자 요구에 맞추어 발전할 수 있도록 한다.

이와 같은 3단계 개발 방법론은 챗봇이 단순한 질의응답 시스템을 넘어, 특정 도메인의 전문 지식을 활용하여 맞춤형 학습 경험을 제공할 수 있도록 체계적으로 설계하는 데 중요한 역할을 한다. 또한, 챗봇의 개발 생산성을 높이고 반복 학습 과정을 최적화하여 보다 효과적인 학습 지원 도구로 활용될 수 있도록 한다. 이 연구는 챗봇이 단순한 정보 제공을 넘어, 학습자의 이해를 돋고 학습 효과를 극대화하는 방향으로 설계될 필요성을 강조한다.

김민지 외(2021)는 2010년부터 2021년까지 국내외 인공지능 챗봇의 교육적 활용 연구 동향을 분석하였다. 연구에서는 챗봇이 단순한 정보 제공 도구를 넘어 학습 촉진자(Facilitator)로서의 역할을 수행해야 하며, 학습자와의 상호작용을 통해 학습 경험을 증진할 수 있도록 설계되어야 함을 강조하였다.

교육용 챗봇이 효과적으로 활용되기 위해서는 개별 맞춤형 학습, 사회적 상호작용 촉진, 정의적 영역 지원 등의 요소가 고려되어야 한다. 개별 맞춤형 학습(Personalized Learning)은 학습자의 수준과 필요에 맞춰 맞춤형 학습 경로를 제공하는 방식으로, 챗봇이 학습자의 질문 유형

을 분석하고 적절한 피드백을 제공할 수 있도록 설계하는 것을 의미한다. 사회적 상호작용 촉진(Social Interaction)은 학습자와 챗봇 간의 상호작용을 강화하여 챗봇이 학습 도우미(Tutor)로 작용할 수 있도록 하는 방식이다. 챗봇이 단순히 정보 제공자가 아니라 학습자와 정서적 교감을 나누고, 대화형 인터페이스를 통해 학습자의 참여도를 높이는 역할을 할 수 있도록 해야 한다. 정의적 영역 지원(Affective Support)은 학습자의 학습 동기 유발과 정서적 지지를 위한 요소로, 학습자가 챗봇과 상호작용하면서 긍정적인 학습 경험을 얻을 수 있도록 하는 것이다.

이를 위한 챗봇 설계의 주요 요소로 투터 역할을 수행하는 챗봇(Tutor-like Chatbot)과 학습자 주도적 학습(Self-Regulated Learning) 지원 기능을 강조하였다. 투터 역할을 수행하는 챗봇은 학습 진행을 안내하고 피드백을 제공하는 기능을 갖추어야 하며, 학습자가 스스로 학습을 조절할 수 있도록 자기 주도적 학습 기능이 포함되어야 한다. 또한, 챗봇이 일방적으로 정보를 제공하는 것이 아니라 학습자의 질문에 대해 맥락을 고려한 응답을 생성하고, 대화형 상호작용을 통해 학습자가 지속적으로 학습할 수 있도록 유도해야 한다.

또한 현재까지의 교육용 챗봇 연구들이 대부분 특정 과목이나 단순 질의응답 등의 기능에 국한되어 있었으며, 학습자 중심의 상호작용을 고려한 설계가 부족하다는 점을 지적하였다. 특히, 교육용 챗봇이 학습자의 개별적인 학습 특성을 반영하고, 보다 유연한 학습 지원을 제공할 수 있도록 개선될 필요가 있다. 또한, 향후 연구에서는 챗봇이 단순한 정보 제공 기능을 넘어, 학습자의 학습 패턴을 분석하고 맞춤형 학습을 지원하는 방향으로 발전해야 한다는 점을 강조하였다.

교육용 챗봇은 특정한 교육적 목적을 위해 설계되며, 학습을 직접적으로 지원하는 역할뿐만 아니라 관리 및 행정적 지원 업무도 수행할 수 있다(Chocarro et al., 2023). 특히, Smutny & Schreiberova(2020)의 연구에서는 교육용 챗봇의 설계와 활용에 대한 종합적인 검토를 진행하였으며, 특히 챗봇이 사용자와의 상호작용을 보다 효과적으로 수행하기 위해 개인화된 메시지(personalized messages) 기능을 강조하였다. 이 연구에 따르면, 챗봇은 학습자의 학습 이력과 선호도에 기반하여 개별 맞

춤형(interactive and customized) 응답을 제공함으로써 학습 경험을 향상시킬 수 있다. 이는 기존의 정형화된 챗봇 시스템보다 학습자의 흥미를 지속시키는 데 도움이 되며, 상호작용의 질을 높이는 요인으로 작용한다.

기존 교육용 챗봇은 대부분 규칙 기반 방식(rule-based)으로 설계되어 특정 교육 목표를 달성하기 위한 목적형 챗봇으로 활용되었다. 이들은 주어진 학습 목표와 정해진 답변을 바탕으로 작동하며, 학생들이 학습 주제를 벗어난 질문을 하거나 자연스러운 대화를 시도할 경우 응답이 제한되는 한계를 보였다(김민지 외, 2021; 이동한, 2018). 특히, 규칙 기반 챗봇은 학습자의 발화를 미리 예측하고 이에 대한 응답을 설계해야 하므로, 학습자의 다양한 표현을 수용하는 데 어려움이 있으며, 이를 개선하기 위해서는 챗봇 설계자가 모든 가능한 질문을 사전에 고려해야 하는 부담이 크다(성민창, 강정진, 2020).

이러한 규칙 기반 접근법의 제한점에도 불구하고, 초기 교육용 챗봇 연구들은 해당 접근법의 직관적 설계 및 예측 가능한 대화 구조로 인해 널리 사용되었다(김혜영 외, 2019). 그러나 이러한 접근은 학습자의 창의적 상호작용을 제한하고, 학습의 몰입도를 저하시키는 주요 원인으로 작용한다. 예를 들어, 홍선호 외(2021)는 규칙 기반 챗봇이 기계적인 응답 패턴과 부정확한 인식으로 인해 학습자가 불편함을 느낄 수 있음을 보고하였다

이와 같은 기존의 규칙 기반 챗봇을 활용하는 과정에서 발생하는 한계를 보완하기 위한 방안으로 교사가 교육용 챗봇을 직접 개발하려는 시도 또한 연구되었다. 성민창과 강정진(2020)은 교육용 챗봇을 직접 설계하고 활용하는 과정에서 겪는 어려움을 분석하였는데, 연구에 참여한 예비 교사들은 학습자의 예상 발화를 모두 예측해야 하는 부담을 크게 느꼈으며, 챗봇의 응답 설계와 기술적 문제 해결 과정에서 상당한 소모감을 경험하였다. 이러한 요인들은 교사의 지속적인 챗봇 개발 및 활용 의지를 저하시키는 원인이 되었다.

이러한 연구 결과는 교육용 챗봇 개발 과정에서 교사의 전문성을 반

영하기 위해서는 교사가 단순한 챗봇 제작자가 아니라 교육 활동 설계자로서의 역할을 수행할 수 있어야 한다는 점을 시사한다(김혜정, 2020). 기존의 규칙 기반 챗봇 개발 방식에서는 교사가 모든 학습자의 질문과 응답 패턴을 사전에 정의해야 했으며, 이는 교육 현장에서 지속적으로 활용하기에는 비효율적인 방식이었다. 또한, 이동한과 박상인(2019)의 연구에서는 초등학교 영어 교육에서 교사가 직접 챗봇을 제작하여 활용하는 사례를 분석하였으며, 챗봇을 효과적으로 활용하기 위해서는 학습자의 수준과 학습 목표를 반영한 다이얼로그 설계가 필수적이라고 강조하였다. 그러나 이러한 과정에서 교사가 직접 모든 응답을 설계하는 것은 상당한 시간이 소요되며, 지속적인 유지보수가 어렵다는 한계를 보였다.

결과적으로 교육용 챗봇의 도입이 효과적으로 이루어지기 위해서는 도메인 지식(domain knowledge)이 반영된 직관적인 커스터마이징 기능을 갖춘 생성 기반 챗봇이 필요하다. 현영근 외(2020)는 챗봇 설계 과정에서 교사가 보다 쉽게 교육 목표를 반영할 수 있도록, 복잡한 프로그래밍 지식 없이 직관적으로 챗봇을 구성할 수 있는 환경이 제공되어야 한다고 주장하였다. 하지만 동시에 교육용 챗봇이 학습자의 다양한 질문에 즉각적으로 반응하고, 피드백을 제공할 수 있도록 하기 위해서는 생성 기반(generative) 접근법을 통해 기존의 규칙 기반 챗봇보다 높은 수준의 유연성을 제공할 수 있어야 하는데, 이는 기존의 규칙 기반 챗봇보다 매우 높은 기술적 수준이 필요한 딜레마가 되었다.

기존 교육용 챗봇 연구에서 나타난 의의 및 제한점을 정리한 결과는 [표 II-1]과 같다.

[표 II-1] 기존 교육용 챗봇 연구에서 나타난 의의 및 제한점

구분	의의 및 제한점
Chen et al. (2020)	<ul style="list-style-type: none"> 챗봇은 학습자의 심리적 부담을 줄여 질문에 자신감을 높임 익숙한 메신저 앱의 UX/UI는 학습 몰입도와 사용 용이성을 강화
Kuhail et al. (2022)	<ul style="list-style-type: none"> 일상 대화도 할 수 있는 사회적 대화는 신뢰도와 참여도를 높임 공감적 피드백을 할 수 있는 정서적 학습은 흥미와 동기를 강화 불필요한 기능이나 혼란스러운 UX/UI는 학습자의 집중을 저해 신기 효과로 인한 학습자의 흥미는 시간이 지나며 감소
Pérez et al. (2020)	<ul style="list-style-type: none"> 개인화된 맞춤형 학습 지원, 실시간 피드백, 언제 어디서나 접근 대규모 온라인 학습 환경에서 교사의 반복적인 작업을 대신 처리함 맥락을 벗어나거나 틀린 답변은 정서적 단절과 학습 포기를 유발 특정 사회적·문화적 소수집단을 배려하지 못한 데이터 편향 가능성
김민지 외 (2021)	<ul style="list-style-type: none"> 학습 맥락을 반영한 과업 중심의 목적형 챗봇 개발 연구 학습자의 정의적 영역을 고려한 자유로운 대화형 챗봇은 학습자에게 사회적 실제감과 정서적 지원 제공 가능성 교사의 수업 보조 역할을 넘어선 학습자의 스스로 학습 투터 역할 온라인 환경에서 효과적인 챗봇 사용을 위한 학습 설계
김혜영 외 (2019)	<ul style="list-style-type: none"> 학습 목표와 수준을 고려한 교육과정 기반의 목적형 챗봇 학습자의 발화를 유도할 수 있는 대화 주도 기능
이동한 (2018)	<ul style="list-style-type: none"> 대화의 연속성이 부족한 단순응답형 챗봇은 상호작용 단절을 초래 목적형 챗봇은 제한된 학습 주제를 가져야하며 주제에서 지나치게 벗어난 대화는 다시 주제로 복귀될 수 있어야 함 사용자 친화적이지 않은 인터페이스는 학습 효과를 감소시키므로 상용 메신저와 유사한 직관적이고 간소화된 상호작용이 필요함
홍선호 외 (2021)	<ul style="list-style-type: none"> 학업 수준에 따른 활용도 편차를 줄이기 위해 학습 내용 사전 안내 수업 활용 시 학습자-챗봇 상호작용만으로 진행될 경우 수업 역동성이 저하되므로 교사-학습자, 학습자 간 상호작용 활동 병행 기술적 오류와 경직성은 몰입도를 저하시키고 부정적 정서를 유발 완성도 높고 정서적 요구를 고려한 다양한 반응 설계가 필요함 교사가 학습 목표에 맞게 챗봇을 커스터마이징할 수 있는 기능

2.1.2 ChatGPT 활용 교육 사례 및 제한점

최근 인공지능과 데이터 과학 기술의 발전은 교육 분야에도 영향을 미치고 있으며, 특히 2022년 OpenAI의 ChatGPT가 등장한 이후 생성형 인공지능(generative AI)의 활용 가능성이 주목받고 있다(조현국, 2023). 기존의 교육용 챗봇이 특정 목적에 맞춰 설계된 규칙(rule-

based) 모델이었다면, ChatGPT와 같은 대형 언어 모델은 자연어 처리(NLP) 기술을 기반으로 보다 유연한 대화와 학습 지원을 제공할 수 있다. 이에 따라 생성형 인공지능의 도입이 기존 교육 환경에 미칠 영향을 검토할 필요가 있다.

ChatGPT는 Transformer 기반 신경망 모델을 활용하여 대량의 텍스트 데이터를 학습하고, 확률적인 방식으로 응답을 생성하는 시스템이다(조현국, 2023). 기존의 규칙 기반 챗봇과 달리, 학습자의 질문을 분석하고 맥락을 고려한 응답을 제공할 수 있으며, 특정 학습 목표에 맞춰 프롬프트(prompt engineering)를 활용한 맞춤형 챗봇 설계가 가능하다. 프롬프트는 사용자가 챗봇에게 제공하는 입력 텍스트로, 생성형 AI의 출력을 조정하는 핵심 요소로 작용한다. 이에 따라 교육적 맥락에서 적절한 프롬프트 설계가 중요하며, 이를 통해 학습자의 수준에 맞춘 다양한 피드백 제공이 가능하다.

프롬프트는 단순한 질문 입력 이상의 의미를 가지며, 생성형 AI가 출력을 생성하는 방식에 직접적인 영향을 미친다. ChatGPT와 같은 대형 언어 모델(LLM; Large Language Model)은 주어진 프롬프트를 기반으로 확률적으로 가장 적합한 응답을 예측하는 방식으로 작동한다. 따라서 프롬프트의 구성 방식에 따라 AI가 생성하는 내용의 품질과 방향성이 결정된다(조현국, 2023). 특히, 교육적 맥락에서 프롬프트 설계(prompt engineering)는 학습자의 수준과 요구에 맞춰 정보를 제공하는 데 중요한 역할을 한다. 예를 들어, 단순한 질문보다 구체적인 조건을 포함한 프롬프트는 보다 정확하고 풍부한 정보를 제공하는 결과를 이끌어낼 수 있다. 또한, 피드백을 제공하는 챗봇의 경우, 학습자의 답변을 평가하고 적절한 조언을 주기 위해 프롬프트의 설계 방식이 더욱 중요해진다. 조현국(2023)은 ChatGPT 기반 챗봇을 활용할 때, 특정한 학습 목표와 피드백 유형을 반영한 프롬프트를 사용함으로써 교육적 효과를 극대화할 수 있다고 언급하였다.

프롬프트의 효과적인 활용을 위해서는 명확한 질문을 설정하고, AI가 원하는 방식으로 응답할 수 있도록 가이드를 제공하는 것이 필요하다. 예를 들어, "빅뱅 이론을 설명해줘"와 같은 단순한 프롬프트보다, "빅뱅

이론을 고등학생이 이해할 수 있도록 3단계로 나누어 설명해줘"와 같은 구체적인 요구 사항이 포함된 프롬프트가 보다 유용한 정보를 제공할 가능성이 높다. 이는 생성형 AI가 단순 정보 제공을 넘어, 학습자의 사고를 확장하고 개념을 심화하는 도구로 활용될 수 있음을 시사한다. 또한, 프롬프트 설계는 단순한 질의응답뿐만 아니라, 학습자의 사고 과정과 메타인지 능력을 촉진하는 역할도 수행할 수 있다. 예를 들어, ChatGPT를 활용하여 학습자가 자신의 이해도를 평가할 수 있도록 "네가 이 개념을 이해했는지 확인하기 위해 질문을 만들어 보고, 내가 맞춰볼게"와 같은 형태의 프롬프트를 설계하면, 학습자는 단순 수용자가 아니라 적극적인 참여자로서 학습 과정을 경험하게 된다.

이처럼 프롬프트 엔지니어링은 단순한 기술적 조정의 문제가 아니라, 학습 환경에 맞춘 효과적인 교육 설계 전략으로 기능할 수 있다. 따라서 ChatGPT 기반 교육용 챗봇을 활용할 때에는 학습 목표와 학생의 수준을 고려한 프롬프트 설계가 필수적으로 요구되며, 이를 통해 보다 효과적인 개별 맞춤형 학습 지원이 가능할 것이다

이러한 생성형 AI 모델이 가지는 특성을 조정하기 위해 ChatGPT는 몇 가지 중요한 매개변수(hyperparameter)를 포함하고 있으며, 그 중에서도 Temperature와 Top-p 설정이 중요한 역할을 한다(Selvakumar, 2023). Temperature는 모델의 출력 다양성을 조정하는 역할을 하며, 값이 낮을수록 보다 보수적이고 정확한 응답을 제공하고, 값이 높을수록 창의적인 응답을 생성하도록 조정된다. 예를 들어, 학습자의 개념 이해를 돋기 위해서는 정확하고 일관된 정보를 제공하는 것이 중요하기 때문에, 교육적 활용에서는 Temperature 값을 낮게 설정하는 것이 효과적일 수 있다. 특히 동일 조건에서의 연구의 재현성을 위해서는 Temperature 값을 0으로 설정할 필요가 있다. 반면, Top-p 설정은 모델이 응답을 생성할 때 높은 확률을 가지는 단어를 우선적으로 선택하도록 조정하는 매개변수이다. 이는 ChatGPT가 보다 일관된 응답을 제공하도록 하는데 도움을 줄 수 있다(Selvakumar, 2023).

이러한 특징을 가진 ChatGPT는 기존의 규칙 기반 챗봇이 가지는 한계를 극복하고, 보다 커스터마이징이 용이한 생성 기반 챗봇의 필요성이 대두되는 상황에서 교육용 챗봇 연구에서 많은 관심을 받고 있다. 기존의 규칙 기반 챗봇은 정해진 시나리오와 사전 정의된 응답을 제공하는 방식이었기 때문에, 학습자의 개별적인 요구를 반영하는 데 한계가 있었다. 반면, ChatGPT는 프롬프트(prompt)을 활용하여 학습 목표와 맥락에 맞춘 대화를 생성할 수 있으며, 맞춤형 학습 지원이 가능하다는 점에서 교육적 활용 가능성이 주목받고 있다(조현국, 2023).

조현국(2023)은 ChatGPT가 학습자의 질문 의도를 분석하여 다양한 수준에서 적절한 답변을 생성할 수 있으며, 이를 통해 개별 학습자의 이해도를 진단하고 적절한 보충 학습을 제공할 수 있다고 분석하였다. 특히, ChatGPT가 제공하는 자동화된 피드백은 교사의 부담을 줄이는 동시에 학습자들에게 보다 즉각적이고 개인화된 학습 경험을 제공할 수 있는 장점을 가진다고 보았으며, 구체적으로는 과학 교육과 같은 특정 분야에서는 실험 과정에서 발생하는 다양한 질문에 대한 자동 응답 시스템으로 활용될 가능성이 있다고 평가하였다.

강동훈(2023)은 ChatGPT가 언어 교육 및 개념 학습에서 중요한 보조 도구로 활용될 가능성이 있음을 제시하였다. 특히, 학생들이 어려움을 겪는 개념을 설명하거나 특정한 용어의 정의를 제시하는 과정에서 ChatGPT가 효과적으로 사용될 수 있다. 또한, ChatGPT가 언어 학습에서 문법 설명, 번역, 예문 생성, 텍스트 요약 등의 기능을 수행할 수 있으며, 학생들의 언어 이해력을 증진하는 데 활용될 수 있다고 분석하였다. 특히, 반복 학습이 필요한 언어 학습에서는 ChatGPT를 활용하여 다양한 예문을 생성하고 피드백을 제공받을 수 있으며, 이는 학습자의 자주도 학습을 촉진하는 데 기여할 수 있다.

장성민(2023)은 학습자의 글쓰기 능력을 향상시키기 위한 작문 교육 도구로서의 방향성을 제시하였다. ChatGPT가 에세이 작성, 논증적 글쓰기, 창의적 서사 구성 등에 있어 보조적인 역할을 수행할 수 있음을 분석하였다. 특히, ChatGPT가 특정한 형식을 갖춘 글을 생성할 때 ‘서론-본론-결론’ 구조를 기반으로 논리적인 글쓰기를 지원할 수 있다고 평

가하였다. 또한, 사용자가 구체적인 프롬프트를 입력할 경우, 작문의 조직적 구성을 보다 정밀하게 조정할 수 있으며, 이를 통해 작문 과정에서 피드백을 제공하는 도구로 활용될 수 있다고 보았다.

그러나 ChatGPT의 교육적 활용 방안에 대한 연구는 ChatGPT의 몇 가지 주요한 제한점과 위험성에 대해서도 동시에 지적하였다. 주로 잘못된 정보 생성, 학습자의 비판적 사고 저하, 윤리적 문제, AI 의존성 등의 기술적·교육적 제한점이 논의되었다.

조현국(2023)은 ChatGPT가 학습자의 개별 수준과 특성을 반영한 맞춤형 학습을 제공할 수 있는 가능성은 있지만, 동시에 윤리적 문제를 야기할 수 있음을 지적하였다. 특히, AI가 제공하는 피드백이 학습자의 자기주도적 학습 능력을 저하시킬 가능성이 있으며, AI에 대한 의존도가 증가할 경우 학습자가 비판적 사고 없이 AI의 답변을 무비판적으로 수용하는 문제가 발생할 수 있다고 보았다.

강동훈(2023)은 ChatGPT가 논리적으로 일관성이 있어 보이지만, 사실과 다른 내용을 생성할 가능성이 높다고 지적하였다. 이는 생성형 AI의 확률적 응답 생성 방식 때문이며, 특히 역사적 사실, 과학적 개념, 문학적 분석과 같은 분야에서 잘못된 정보를 확신에 차서 제공하는 경우 (hallucination problem)가 발생할 수 있다고 보았다. 특히, 학생들이 ChatGPT가 제공하는 정보를 무비판적으로 받아들일 경우, 오개념이 학습될 위험성이 존재하며, 교육 환경에서는 이에 대한 보완이 필요하다고 강조하였다.

장성민(2023)은 ChatGPT를 활용한 작문 과정에서 학생들이 스스로 사고하고 논리적으로 구성하는 과정이 약화될 가능성이 있다고 지적하였다. 특히, AI가 제공하는 자동화된 글쓰기 보조 기능이 학생들에게 지나치게 의존적인 학습 태도를 유도할 수 있다는 점이 우려되었다. 학생들이 AI가 생성한 문장을 비판적으로 검토하기보다, 단순히 AI의 출력을 받아들이는 경향이 증가할 경우, 창의적 사고력과 논리적 구성 능력이 저하될 가능성이 높아질 수 있다.

이러한 교육적 우려와 제한점을 극복하기 위해 Miao, F. & Holmes, W(2023)의 UNESCO 연구 ‘Guidance for generative AI in education and research’와 서울특별시교육청(2023)의 ‘생성형 AI 교육 자료 : 챗GPT 사례 중심으로’에서 제시된 ‘학교급별 생성형 AI 활용 지침’과 ‘수업 설계 및 적용 체크리스트(중·고등학교용)’에서는 생성형 AI의 교육적 활용에 대한 가이드라인을 제시하였다. UNESCO는 데이터 보호, AI 의존성 감소, 교사 연수 강화, 윤리적 사용 확보 등의 방안을 제안하였으며, 서울특별시교육청은 초·중·고등학교의 AI 활용 기준을 설정하고, 수업 설계 시 활용할 체크리스트를 마련하였다.

Miao, F. & Holmes, W(2023)는 AI를 교육에 도입할 때 준수해야 할 주요 원칙을 강조하고 있다. 우선, 생성형 AI는 학습자의 데이터를 수집하고 분석하는 과정에서 개인정보 보호 문제가 발생할 수 있으므로, 데이터 보호 및 윤리적 가이드라인을 준수해야 한다. 또한, AI가 생성하는 콘텐츠의 출처를 명확히 밝히고, 학습자들이 AI가 제공하는 정보를 비판적으로 검토할 수 있도록 교육해야 한다. AI 의존성을 줄이고 학습자의 사고력을 강화하기 위해, UNESCO는 AI가 제공하는 정보가 절대적인 진실이 아니라는 점을 강조하며, 학생들이 AI의 응답을 분석하고 검증하는 능력을 키우는 것이 중요하다고 제안하였다. AI의 효과적인 활용을 위해 서는 교사 연수와 역량 강화를 통해 교사들이 생성형 AI의 원리를 이해하고 교육 현장에서 적절히 활용할 수 있도록 지원해야 한다. 또한, AI가 특정 편향을 포함할 가능성이 있으므로, 알고리즘의 투명성을 확보하고 공정한 접근성을 보장하는 정책이 필요하다고 강조하였다.

서울특별시교육청(2023)는 국내 교육 현장에서 AI를 효과적으로 활용할 수 있도록 학교급별 지침과 수업 설계 기준을 마련하였다. 초등학교에서는 교사가 주도적으로 AI를 활용하고 학생들은 제한적으로 사용하도록 하며, AI 활용 시 교사의 추가 작업을 통해 안전성을 확보해야 한다. 중학교에서는 교사의 지도하에 학생들이 직접 AI를 활용할 수 있지만, AI 서비스 약관과 개인정보 보호법을 준수해야 하며, 경우에 따라 보호자 동의를 요구할 필요가 있다. 고등학교에서는 프로젝트 수업 등에서 AI를 보다 적극적으로 활용할 수 있으며, 개인정보 보호법을 준수하

는 동시에 가정통신문을 활용하여 보호자 동의를 받도록 권장하고 있다.

또한, 생성형 AI를 수업에서 활용할 때 교사들이 점검해야 할 체크리스트를 제시하였다. 먼저, AI를 반드시 활용해야 하는 수업인지 검토하고, AI의 응답이 사실에 기반하고 있는지 확인해야 한다. 학습자가 AI의 출력을 검증하고 출처를 확인하는 능력을 기를 수 있도록 교육을 진행해야 하며, AI 사용 전에 학생들에게 AI의 원리와 윤리적 사용 방법을 가르쳐야 한다. 수업 후에는 AI가 학습자의 사고력과 창의성에 미치는 영향을 평가하고, AI 활용이 학습 목표 달성을 효과적인지를 분석하는 과정이 필요하다.

이러한 ChatGPT 활용 교육 사례에서 나타난 의의 및 제한점을 정리한 결과는 [표 II- 2]와 같다.

[표 II- 2] ChatGPT 활용 교육 사례에서 나타난 의의 및 제한점

구분	의의 및 제한점
강동훈 (2023)	<ul style="list-style-type: none">논리적이고 전문적으로 보이나 사실이 아닌 내용을 생성하는 문제생성형 AI 활용 쓰기 윤리 교육과 비판적 읽기 교육 강화 필요
서울특별시교육청 (2023)	<ul style="list-style-type: none">‘학교급별 생성형 AI 활용 지침’, ‘수업 설계 및 적용 체크리스트’생성형 AI 활용 전 반드시 생성형 AI 원리와 한계점, AI의 윤리적 사용에 대한 교육을 실시(만 13세+) 직접 활용 시 보호자 동의 후 교사의 지도하에 사용
장성민 (2023)	<ul style="list-style-type: none">정보를 잘못된 방식으로 조합하거나 잘못된 정보를 재생산 우려AI 시대의 학습자에게는 질문 생성 능력, 메타적 읽기 능력, 출처 확인 및 보강 능력이 필요함
조현국 (2023)	<ul style="list-style-type: none">학습자의 개별 수준과 특성을 반영한 답변 및 맞춤형 학습 가능성학습자에 대한 분석과 평가, 피드백에 대한 자동화교육용 인공지능에 투입할 양질의 데이터셋 구축 필요특정 학습 내용 단위로 특화된 AI를 명시하여 학습에 활용해야 함
Miao, F., & Holmes, W. (2023)	<ul style="list-style-type: none">데이터 편향성과 잘못된 출력은 신뢰와 학습효과의 저하를 유발윤리적이고 안전하며 공정한 활용을 보장해야 하며 강력한 규제와 감독을 통해 생성형 AI 사용이 교육 목표와 일치하도록 해야 함생성형 AI의 효과적인 사용법과 비판적 분석 역량 교육이 필요함

2.1.3 ChatGPT 기반 챗봇의 가능성

ChatGPT 기반 챗봇은 OpenAI가 제공하는 API(Application Programming Interface)를 활용하여 개발된 챗봇을 의미한다. ChatGPT를 개발한 OpenAI는 소프트웨어 개발자들이 ChatGPT 모델을 사용 목적에 맞게 애플리케이션을 개발할 수 있도록 API를 제공한다. API는 소프트웨어 간의 상호 작용을 가능하게 하는 인터페이스로, 이를 활용하면 개발자가 직접 언어 모델을 개발할 필요 없이 최신의 ChatGPT 모델을 기반으로 맞춤형 챗봇을 구축할 수 있다. 개발자는 원하는 기능을 구현하기 위해 프롬프트(Prompt)를 제작하고 파라미터(Parameter)를 설정하는 방식으로 ChatGPT 기반 챗봇을 설계할 수 있다.

본 연구는 이러한 ChatGPT 기반 챗봇을 활용한다면 기존 교육용 챗봇 연구에서 나타난 제한점([표 II-1] 참고)과 ChatGPT 활용 교육 사례에서 나타난 제한점([표 II-2] 참고)을 상호 상쇄하여, 프로그래밍 수준이 아닌 자연어 형태의 프롬프트만 입력하면 교사의 도메인 지식을 반영하여 누구나 커스터마이징 가능한 교육용 챗봇을 만들 수 있는 가능성을 탐색하는 것에서 출발하였다. 이에 따라, ChatGPT 기반 챗봇의 교육적 활용 가능성을 논의하기 위해 기존 교육용 챗봇 연구에서 나타난 의의와 한계를 분석하고, ChatGPT 기반 챗봇이 제공할 수 있는 보완점을 API 기능을 중심으로 살펴보고자 한다.

기존 교육용 챗봇의 한계 중 하나는 대화의 연속성이 부족하여 학습 자와의 상호작용이 단절될 가능성이 높다는 점이었다. 단순응답형(single-turn) 챗봇의 경우, 사용자의 질문에 대한 개별적인 응답만 제공 할 뿐, 이전의 대화 맥락을 고려하지 못하는 문제가 있었다(이동한, 2018). 이러한 구조적 한계로 인해 학습자는 의미 있는 피드백을 받지 못하고, 챗봇과의 상호작용이 단절되는 경험을 할 가능성이 높았다.

이와 같은 한계를 ChatGPT 기반 챗봇에서는 대화형(multi-turn) 기능을 활용하여 해결할 수 있다. ChatGPT는 이전 대화 내용을 참고하여 맥락을 반영한 응답을 생성할 수 있으며, 이를 통해 보다 자연스러운 피

드백과 연속적인 학습 경험을 제공할 수 있다. 학습자가 질문을 연이어 하거나 추가 설명을 요구하는 경우에도 ChatGPT는 맥락을 유지하면서 응답을 생성할 수 있어, 보다 깊이 있는 사고를 유도하고 자기주도적 학습을 지원할 수 있다.

기존의 교육용 챗봇은 예상 질문과 응답을 미리 정의해야 하는 규칙 기반 방식의 특성상, 교사의 부담이 크고 지속적인 유지·보수가 필요하다는 점이 문제로 지적되었다(성민창, 강정진, 2020). 특히, 새로운 학습 내용이 추가될 경우 교사가 직접 챗봇의 응답을 설계하고 업데이트해야 했기 때문에, 실질적으로 지속 가능한 시스템을 구축하기 어려운 측면이 있었다.

이에 반해, ChatGPT 기반 챗봇은 프롬프트 엔지니어링을 활용하여 보다 쉽게 맞춤형 챗봇을 설계할 수 있다는 점에서 이러한 한계를 보완 할 수 있다. ChatGPT API를 활용하면 교사가 직접 질문과 답변을 사전에 정의하지 않아도, 특정한 교육 목표와 학습 내용에 맞춰 프롬프트(prompt)를 설정하는 방식으로 챗봇을 운영할 수 있다. 이를 통해 교사는 프로그래머가 아닌 교육 전문가로서 챗봇을 활용하고, 지속적인 유지·보수 부담 없이 교육적 목적에 맞춘 챗봇을 쉽게 개발할 수 있다(현영근 외, 2020).

규칙 기반 챗봇의 또 다른 한계는 학습자의 다양한 질문을 수용하지 못하고, 사전에 설정된 범위를 벗어난 질문에 대해 적절한 응답을 제공하지 못한다는 점이었다(이동한, 2018). 기존 챗봇은 미리 정의된 예상 질문에 대한 응답만 제공할 수 있기 때문에, 학습자의 사고 확장이나 창의적 질문을 충분히 지원하지 못하는 한계를 가졌다.

이와 같은 문제를 ChatGPT 기반 챗봇에서는 생성 기반(generative) 접근 방식을 활용하여 해결할 수 있다. ChatGPT는 특정한 질문 유형에 국한되지 않고, 학습자의 질문을 분석하여 맥락에 맞는 응답을 생성할 수 있다. 또한, 프롬프트 엔지니어링을 통해 특정 학습 목표와 수준에

맞춘 맞춤형 응답을 제공할 수 있으며, 이를 통해 학습자의 개별적인 학습 특성을 반영한 보다 유연한 교육적 지원이 가능하다.

ChatGPT 활용 교육 사례에서 나타난 주요 제한점 중 하나는 ChatGPT가 생성하는 응답이 논리적으로 보이지만 사실과 다를 가능성 이 있다는 점이었다(강동훈, 2023). ChatGPT는 대량의 데이터를 바탕으로 확률적으로 텍스트를 생성하는 방식이기 때문에, 때때로 실제와 다른 정보를 제공하거나 신뢰할 수 없는 출처의 내용을 인용하는 문제가 발생 할 수 있다.

이러한 문제를 해결하기 위해 ChatGPT 기반 챗봇은 API 기능을 활용하여 검증된 교육 데이터와 연계할 수 있다. 예를 들어, 프롬프트를 최적화하여 특정 학습 자료나 교과서 내용을 중심으로 응답을 유도하는 방식으로 신뢰성을 강화할 수 있다. 또한, ChatGPT API를 학습관리시스템(LMS)이나 특정 교육 콘텐츠와 연동하면, 검증된 학습 자료를 기반으 로 응답을 생성하도록 설정할 수 있다.

ChatGPT 활용 교육 사례에서 또 다른 제한점으로 지적된 사항은 개인정보 보호 및 윤리적 활용의 필요성이었다(서울특별시교육청, 2023). ChatGPT는 클라우드 서버를 기반으로 작동하기 때문에, 학습자의 입력 데이터가 외부 서버에 저장될 가능성이 있으며, 이는 개인정보 유출의 위험을 초래할 수 있다.

이를 해결하기 위해 ChatGPT 기반 챗봇은 API 기능을 활용하여 로컬 서버 환경에서 운영하거나, 특정 데이터 보호 조치를 적용할 수 있다. 예를 들어, OpenAI의 Enterprise API 기능을 활용하면 데이터를 저 장하지 않는 방식으로 운영할 수 있으며, 이를 통해 학습자의 개인정보 보호를 강화할 수 있다. 또한, Miao, F. & Holmes, W(2023)와 서울특별 시교육청(2023)이 제시한 생성형 AI 활용 가이드라인을 반영하여, AI의 윤리적 사용 기준을 마련하고 학습자들에게 사전 교육을 제공하는 방식 으로 윤리적 문제를 최소화할 수 있다.

2.2 교사 피드백 화법과 학습자의 질문

교실 수업에서 교수·학습은 주로 교사와 학습자 간의 대화를 중심으로 이루어진다. 이러한 교실 내 상호작용을 분석하기 위한 연구에서 Sinclair & Coulthard(1975)는 I(시작 발화, Initiation)-R(반응 발화, Response)-F(피드백 발화, Feedback)를 기본 구조로 하는 대화연속체를 제시하였으며, 이후 해당 구조는 교실 대화 분석의 주요한 틀이 되었다. 특히, 수업대화를 일상대화와 구별 짓는 주요한 특징이 되는 기준이 바로 피드백 발화이다(Sinclair & Coulthard, 1975; 김승현, 2014; 김주영, 박창균, 2018에서 재인용).

기존 연구에서는 교사 피드백 화법을 학생의 학습 행동에 대한 교사의 적절한 반응으로 정의하며, 학습의 성공적인 진행을 위한 교사와 학생 간의 의사소통 행위로 간주하였다(이창덕 외, 2010). 김주영 & 박창균(2018)은 교사 피드백 화법을 단순한 평가의 기능을 넘어 학생의 반응을 유도하고 학습을 촉진하는 연속적인 발화 구조로 분석할 필요가 있음을 강조하였다. 즉, 교사의 피드백은 학생이 단순히 질문에 응답한 후 종료되는 것이 아니라, 후속적인 대화를 통해 학습 내용을 확장하고 정교화하는 역할을 해야 한다는 것이다. 이에 따라 김승현(2014)은 기존 연구에서 교사의 피드백 발화가 학습자의 반응에 대한 평가로만 한정되는 경향이 있었음을 지적하며, 교사의 피드백이 단순한 정오 판단을 넘어 학습자의 관계 형성과 학습 촉진을 위한 기능을 수행해야 한다고 주장하였으며, 교사 피드백 화법이 관계 형성(동기부여, 상호작용 촉진)과 학습 촉진(수행 점검, 문제 해결 촉진)의 두 가지 핵심적인 기능을 수행 할 수 있음을 밝혔다. 이를 통해 교사 피드백 화법은 학습자의 적극적인 참여를 유도하고, 학습 동기를 지속시키는 중요한 수업 전략으로 활용될 수 있다.

교사 피드백 화법의 유형은 연구자에 따라 다르게 분류될 수 있으나, 일반적으로 긍정적 피드백, 부정적 피드백, 보완적 피드백의 세 가지로 구분된다(김주영 & 박창균, 2018). 이창덕 외(2010)는 피드백 화법을 교

사의 기대 또는 요구에 적절한지에 따라 긍정적 피드백(인정하기, 칭찬하기, 격려하기), 부정적 피드백(부정하기, 꾸중하기, 비난하기), 보완적 피드백(재질문하기, 되묻기, 상세화 요구하기)으로 세분화하였다. 또한 교사 피드백 화법의 상위로 교사 화법을 제안하기도 하였는데, 도입 화법, 동기유발 화법, 이야기 화법, 설명 화법, 질문 화법, 지시 화법, 피드백 화법, 칭찬과 꾸중 화법, 교정 화법, 이탈 및 복귀 화법, 정리 화법이 있다.

한편, 김승현(2014)은 피드백 화법을 단순히 평가적 기능으로 한정하는 것이 아니라, 학생과의 관계 형성과 학습 촉진의 두 가지 목적을 고려하여 유형을 확장할 필요가 있다고 주장하였다. 관계 형성을 위한 피드백 화법으로 칭찬하기, 격려하기, 응답하기 등을 제안하였으며, 학습 촉진을 위한 피드백 화법으로 확인하기, 수정하기, 초점화하기, 질문 반복하기, 정보 제공하기 등을 포함하였다. 이는 피드백 발화가 학습자의 인지적 요소뿐만 아니라 정의적 요소에도 영향을 미친다는 점을 고려한 것이다. 또한, 교사의 피드백 발화가 학생의 반응 발화(R)에 대한 후속 반응으로만 한정되어 수동적이고 대화가 종결되는 발화가 아닌, 수업을 위한 대화를 연결해주는 시작 발화(I)로서도 기능해야 한다고 보았다. 또한 교사와 학습자와의 관계 형성을 위한 동기부여와 상호작용 촉진 발화 이자 학습자의 학습 촉진을 위한 수행 점검 및 문제해결 촉진 발화라고 보았다. 특히 기존 피드백 연구에서 분류된 ‘비난하기’, ‘거부하기’, ‘무시하기’ 등은 교육적으로 올바르지 않은 부정(不正)적 피드백이며 이는 ‘확인하기’, ‘수정하기’ 등의 발화를 통한 학습자 지원이 가능하다고 보았다. 학습자의 수행이 옳지 않을 경우 이를 알려주기 위한 부정(否定)적 피드백 또한 교사 피드백 화법의 목적에 적절해야한다고 보았다.

김주영과 박창균(2018)은 교사 피드백 화법의 정의를 ‘수업에서 교사가 수업과 관계 차원의 목표를 달성하기 위해 학생의 반응에 대해 제공하는 평가와 후속 조치 기능을 포함하는 일련의 피드백 연속체’로 보았으며, 실제 수업대화에서는 교사의 하나의 발화를 구성하고 있는 여러 화행(대화의 문장)에 걸쳐 하나 이상의 피드백 기능이 나타나기도 하므로 피드백 발화를 하나의 피드백 기능으로 대별해서는 안된다고 보았다.

이와 같이 기존 교사 피드백 화법 연구에서 다뤄진 교사 피드백 화법 유형을 정리한 것은 [표 II- 3]과 같다.

[표 II- 3] 교사 피드백 화법 유형

구분	의의 및 유형
이창덕 외 (2010)	<ul style="list-style-type: none"> “학생의 학습 행동에 대해 교사가 적절한 반응을 보이는 것으로 학습을 성공적으로 이끌기 위한 교사와 학생의 의사소통 행위” 교사 화법: <ul style="list-style-type: none"> 수업 초: 도입 화법 수업 중: 동기유발 화법, 이야기 화법, 설명 화법, 질문 화법, 지시 화법, 피드백 화법, 칭찬과 꾸중 화법, 교정 화법, 이탈 및 복귀 화법 수업 후: 정리 화법 교사 피드백 화법: <ul style="list-style-type: none"> 교사 의도 분류: 긍정적 피드백, 교정적 피드백, 부정적 피드백 내용적 분류: 확인하기, 인정하기, 칭찬하기, 격려하기, 부정하기, 꾸중하기, 비난하기, 재질문하기, 되묻기, 상세화요구하기
김승현 (2014)	<ul style="list-style-type: none"> “교사와 학습자가 활발한 상호작용을 통해 바람직한 관계를 형성하고, 학습자가 적극적으로 수업에 참여하기 위한 학습 촉진을 제공하는 발화” “학습자의 반응에 대한 수동적인 후속반응이 아닌, 수업을 위한 대화를 연결하는 시작 발화로도 가능” “학습자의 수행이 옳지 않을 경우 교육적으로 올바르지 않은 부정(不正)적 피드백보다는 교육적으로 알려주기 위한 교사 피드백 화법의 목적에 부합하는 부정(否定)적 피드백이 필요” 관계 형성 <ul style="list-style-type: none"> 동기부여: 칭찬하기, 격려하기 상호작용 촉진: 확장하기, 응답하기 학습 촉진 <ul style="list-style-type: none"> 수행 점검: 확인하기, 수정하기 의미구성·문제 해결 촉진: 초점화하기, 질문반복하기, 입증하기, 명료화하기, 정보제공하기
김주영, 박창균 (2018)	<ul style="list-style-type: none"> “수업에서 교사가 수업과 관계 차원의 목표를 달성하기 위해 학생의 반응에 대해 제공하는 평가와 후속 조치 기능을 포함하는 일련의 피드백 연속체” “단일 교사 피드백 발화에서 하나 이상의 피드백 화법의 기능이 나타나는 경우도 있다.”

대부분의 수업에서는 교사가 주도적 위치를 차지하며, 교사의 발화를 시작으로 이에 대한 학습자의 반응 및 응답이 이어지고, 마지막으로 교사의 평가 및 피드백이 제공되는 일정한 패턴과 구조를 보인다(김승현, 2014; 김주영, 박창균, 2018). 그러나 이러한 전통적인 수업 대화 분석 방식은 학습자의 발화가 단순한 반응적 요소로 기능하게 만들고, 학습자가 자발적으로 질문을 생성하거나 주도적으로 수업을 이끌어가는 측면을 제한하는 문제를 야기한다(박보비, 2019).

기존 교사 피드백 화법 연구는 교사의 수업 목표 달성을 위해 학습자의 발화를 촉진하는 방식에 초점을 맞춰왔다. 즉, 교사의 피드백 발화는 학습자의 반응을 유도하는 도구적 역할로 주로 활용되었으며, 이러한 접근 방식은 학습자의 능동적인 질문과 참여를 촉진하기보다는 교사의 목표 달성을 위한 평가적 요소로 작용하는 경우가 많았다. 그러나 학습자의 발화 자체가 교육적 목표가 되어야 한다는 관점에서 볼 때, 교사 중심적 발화 구조는 학습자의 자발적 질문과 학습 주도성을 촉진하는 것에 한계를 가진다.

학습자의 질문에 대한 연구는 상대적으로 부족한 상황이다. 김윤희(2007)는 유치원의 유아의 자발적인 질문에 대한 연구를 수행하였으며, 유아의 자발적 질문의 특징과 그 질문에 대한 교사의 반응의 내용, 그리고 그 관계에 대해 연구하였다. 하지만 본 연구는 중·고등학생이 챗봇을 사용할 때의 연구이므로 유아 발달 단계와 중·고등학생의 발달 단계가 다른 점에서 제한점이 있다.

이와 관련하여 박보비(2019)는 학습자의 질문 빈도와 유형, 그리고 학습자의 질문에 대한 교사의 반응 유형을 분석하였다. 연구 결과, 학교 수업에서 학습자의 질문 빈도가 저조한 주요 원인으로 학습자의 질문을 자유롭게 다루기에 제약이 많은 수업 환경이 지목되었다. 특히, 교사는 학습자가 학습 내용과 관련된 질문을 제기했음에도 불구하고, 그 질문이 수업의 흐름과 다소 벗어나거나 예상되지 않은 맥락에서 제기될 경우 부정적 반응 혹은 무반응을 보이는 경향이 강했다. 반면, 학습자는 자신이 학습 내용과 관련된 질문을 하고 있다고 인식하고 있으나, 교사는 이를 수업과 무관한 질문으로 간주하여 회피하거나 부정적 반응, 단순한 정보

제공 수준에서 응답하며 대화를 종결하는 사례가 많았다.

이러한 결과는 심층면담을 통하여 이러한 결과를 교실 수업의 일반적인 특성(시간 제약, 다수의 학생을 대상으로 하는 교수법, 정해진 교육 과정 내에서의 운영)으로 인해 나타나는 현상이며, 교사의 피드백 화법이 학습자의 발화 의도를 충분히 반영하지 못하는 구조적인 문제로 분석되었다. 특히, 교실 환경의 제약이 없는 경우(예: 수업 후 개별 면담 등) 학습자의 질문 빈도가 증가하며, 교사의 반응 방식도 보다 개방적인 형태로 변화하는 경향을 보인다. 이는 교실 내에서 학습자의 질문이 저조한 현상이 학습자의 능력 부족 때문이 아니라, 교실 환경에서 교사의 반응 방식이 학습자의 질문을 촉진하지 못하는 방식으로 작용할 가능성을 시사한다.

기존 연구에서는 교사가 학습자의 질문을 ‘수업과 무관한 발화’로 판단하고 이를 교실 대화에서 무관련 발화로 분류하는 경향이 강했다. 그러나 박보비(2019)의 연구에 따르면, 이러한 교사의 판단이 실질적으로 학습자의 사고 과정과는 불일치하는 경우가 많았다. 즉, 교사가 학습자의 발화를 수업 목적 달성을 위해 요소로 간주하여 무관련 발화로 판단했을 뿐, 학습자 입장에서는 학습 내용과 충분히 연결되는 의미 있는 질문이었던 경우가 많았다. 기존의 수업 대화 연구에서 교사의 목적 중심적 피드백 화법이 학습자의 자발적 발화를 제한하는 요인으로 작용할 수 있음이 지적된 것도 이러한 맥락에서 이해할 수 있다.

이와 관련하여 김승현(2014)은 교실 피드백 화법이 단순히 교사의 일방적인 목표 달성을 위한 것이 아니라, 교사와 학습자의 관계 형성을 위한 상호작용적 발화이자 학습자의 적극적 수업 참여를 촉진하는 학습 촉진 발화로도 기능해야 한다고 보았다. 즉, 학습자가 교사와의 관계 형성을 위해 수행하는 발화가 본 수업 내용과 직접 관련되지 않더라도, 교사는 이를 단순히 무관련 발화로 판단하기보다는 학습자의 인지적·정서적 참여를 고려한 피드백을 제공해야 한다. 이러한 측면은 박보비(2019)의 연구에서도 나타났듯이, 교실 환경의 제약이 없는 경우 교사의 반응 방식이 더욱 개방적으로 변화하는 경향과도 연결된다.

특히, 본 연구에서 분석하는 ChatGPT 기반 챗봇과 같은 AI 기반

교육 도구는 언제 어디서나 활용 가능하며, 교실 환경의 시간적·공간적 제약에서 자유로운 특성을 가진다. 따라서 기존 교실 수업에서 무관련 발화로 간주되었던 학습자의 질문도 챗봇을 통해 충분한 피드백을 받을 수 있는 환경을 조성할 수 있다. 이는 단순한 정보 제공의 차원을 넘어, 학습자의 질문을 더욱 활성화하고 다양한 형태의 사고 확장을 가능하게 하는 중요한 요소가 될 수 있다.

또한, 학습자의 발화에 대한 교사의 반응이 긍정적일 경우, 학습자의 후속 발화가 더욱 촉진되는 점 역시 중요한 시사점을 제공한다(박보비, 2019). 즉, 학습자의 질문이 지속적으로 생성되기 위해서는 단순한 수업 목표 중심의 피드백이 아니라, 학습자의 발화를 더욱 확장하고 촉진하는 방향으로 교사의 반응이 조정될 필요가 있다. 따라서 본 연구에서는 학습자의 질문이 교사의 평가적 피드백에 의해 억제되지 않도록 하고, 학습자의 사고 확장을 도울 수 있도록 챗봇을 활용한 피드백 구조를 탐색하고자 한다. 이를 통해 교실 환경에서 나타나는 학습자의 발화 제한 문제를 해결하고, 학습자의 자율적인 질문 생성과 학습 참여를 더욱 활성화할 수 있을 것으로 기대된다.

2.3 과학 교육에서의 교육용 챗봇 연구와 학습자 발화 유형

2.3.1 과학교육에서의 교육용 챗봇

과학교육에서 교육용 챗봇의 활용은 최근 인공지능 기술의 발전과 함께 활발히 연구되고 있으며, 특히 학생들의 개별 학습 지원, 실험 과정 안내, 개념 이해 촉진 등의 목적으로 다양한 방식으로 적용되고 있다 (조현국, 2023). 기존의 과학교육에서는 교사가 일방적으로 개념을 전달하고 학생들이 이를 수동적으로 받아들이는 방식이 일반적이었다. 그러나 교육 패러다임이 학습자 중심으로 변화하면서, 학생들이 능동적으로 질문하고 탐구할 수 있는 환경 조성이 중요해졌다. 이에 따라 챗봇을 활용한 과학교육이 학생들의 적극적인 참여를 유도하고 학습 경험을 풍부하게 할 수 있는 방안으로 주목받고 있다.

과학교육에서 챗봇은 개념 학습, 질문-답변 지원, 실험 수행 보조 등의 방식으로 활용되고 있으며, 다양한 연구에서 그 가능성이 탐색되고 있다. 김혜란과 최선영(2021)은 초등학교 과학 수업에서 ML4Kids와 스크래치를 활용한 챗봇 프로그램을 개발하여 적용한 사례를 분석하였다. 연구에서는 ‘식물의 생활’ 단원을 중심으로 챗봇이 학생들의 실시간 질문에 응답하고 교사의 설명을 보완하는 역할을 수행하도록 설계되었다. 연구 결과, 챗봇을 활용한 수업이 학생들의 과학 학업 성취도와 창의적 문제 해결력에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 특히, 학생들은 챗봇과의 상호작용을 통해 학습 개념을 스스로 탐구하고, 문제를 해결하는 과정에서 보다 적극적인 태도를 보였다.

한편, 민경모(2022)는 중학교 과학 수업에서 Doc2Vec을 이용하여 학생들의 질문 유형을 분석하고 이를 지원하는 챗봇을 개발하였다. 연구에서는 학생들이 챗봇을 통해 자유롭게 질문을 입력하면, 이를 분석하여 적절한 답변을 제공하는 시스템을 구축하였다. 분석 결과, 학생들은 교사에게 직접 질문하기 어려운 수업 시간 외 상황에서도 챗봇을 활용하여 부담 없이 질문을 할 수 있었으며, 이에 대한 즉각적인 답변을 받을 수 있어 학습의 연속성이 유지되는 것으로 나타났다. 또한, 수집된 질문 데

이터를 바탕으로 학생들의 질문 패턴을 분석한 결과, 학습자의 질문이 특정 개념에 집중되거나 반복되는 경향이 있음이 확인되었다. 이는 생들의 질문 데이터를 축적하여 자주 묻는 질문(FAQ)을 기반으로 답변의 질을 지속적으로 향상시키는 방식으로 활용될 수 있음을 보였다.

장진아 외(2021)는 교육용 챗봇 연구 동향과 활용 현황을 분석하고 과학 교육에서의 활용을 위한 시서점 도출을 위해 2016년부터 2021년 까지 발표된 국내 논문을 대상으로 체계적인 문헌 분석을 수행하였다. 챗봇 연구는 주로 영어교육 및 외국어 학습을 중심으로 이루어졌고, 과학교육에서의 연구는 상대적으로 드물었으며 주로 교수학습 활동 또는 자료 개발에만 초점을 둔 경우가 대부분이었다. 연구 당시 기준으로 한국어 데이터 부족으로 인해 한국어 기반 자연어 이해 성능이 낮았기에 주로 영어 위주의 외국어 학습 연계가 대부분이었다. 이러한 기술적 한계에서는 규칙 기반 챗봇을 활용하는 것이 현실적인 방안일 수 있음을 제안하였으나, 장기적으로는 양질의 데이터를 충분히 확보하여 한국어 기반 과학 교육용 챗봇 기술 개발을 위한 노력이 필요하다고 보았다.

또한 내용적 측면에서는 챗봇의 교육적 기능을 과학교육에 맞춰 발전시킬 필요가 있으며, 이를 위해 챗봇이 개별화된 학습 지원을 제공하고, 탐구 활동을 보조하며, 실험 과정에서 반복적인 기능 학습을 지원하는 역할을 수행할 수 있을 것으로 기대하였다. 특히 학생들이 과학 개념을 형성하는 과정에서 자신의 선개념을 드러내고, 이를 과학적으로 검증하면서 수정해 나가는 과정이 중요한데, 교사나 동료 학생과의 상호작용에서는 부담을 느껴 자신의 생각을 자유롭게 표현하지 못하는 경우가 많다. 챗봇을 활용하면 보다 자유롭게 자신의 개념을 진단하고 수정해 나갈 기회를 제공할 수 있으며, 기준에 활용되었던 선개념 진단 문항을 바탕으로 개념 형성 과정을 보다 체계적으로 지원할 수 있을 것으로 보았다.

또한 챗봇이 학습자의 발화를 실시간으로 기록하고 분석할 수 있는 기능을 갖추고 있다는 점에서 교사는 학생의 개념 변화 과정을 보다 정확하게 파악할 수 있으며, 이를 통해 보다 적절한 스캐폴딩을 제공할 수

있다는 점을 강조하였다. 대화형 챗봇의 경우 설계된 시나리오에 따라 진행되는 구조적 특성을 갖기 때문에, 탐구 기능을 반복적으로 익히는 학습에서 활용될 수 있으며, 영어 교육에서 문법이나 어휘 학습을 돋는 역할을 했던 것처럼, 과학 실험에서 측정 도구의 사용법을 학습하는 과정에도 활용될 수 있을 가능성이 제시되었다. 이를 통해 교사는 반복적인 기능 학습보다는 학생 개개인의 사고 확장을 돋는 교수활동에 보다 집중할 수 있을 것으로 기대하였다.

조현국(2023)은 텍스트 기반 생성형 인공지능의 개념과 원리를 설명하고, 이를 과학교육에 활용하는 방안을 논의하였다. 연구에서는 최근 주목받고 있는 ChatGPT와 같은 생성형 인공지능의 작동 원리와 그 한계를 분석하고, 과학교육에서의 적용 가능성을 평가하였다. 특히, 생성형 인공지능이 자연어 처리 기술을 활용하여 학생들의 질의응답을 지원하고, 개별 학습자의 수준에 맞춘 학습 자료를 제공하는 데 유용할 수 있음을 강조하였다. 연구는 과학교육 현장에서 생성형 인공지능이 학생들의 탐구활동을 보조하고, 실험 과정에서 발생하는 다양한 질문이나 요구에 대응할 수 있도록 활용될 가능성을 제시하였다.

또한, 생성형 인공지능이 제공하는 응답의 신뢰성 문제를 지적하며, 과학적 개념의 정확성을 보장하기 위한 데이터 기반의 검증 과정이 필요하다고 강조하였다. 연구에서는 최근 개발된 대형 언어 모델(LLM; Large Language Model)이 특정 영역에서 높은 성능을 보이지만, 교육적 맥락에서 사용할 때에는 잘못된 정보를 생성할 가능성이 있기 때문에 신중한 접근이 필요함을 설명하였다. 과학교육에서 생성형 인공지능을 활용할 때, 학습자의 수준과 특성을 고려하여 적절한 질의응답을 설계하고, 학습자가 탐구 과정에서 보다 심층적인 사고를 할 수 있도록 지원해야 한다고 주장하였다.

이에 따라, 특정 교육 분야에 맞춰 최적화된 인공지능 모델을 개발하는 것이 보다 현실적인 접근 방식임을 강조하였다. 연구에서는 특히, 과학교육에서 효과적인 인공지능 활용을 위해서는 특정 세부 분야의 데이터셋을 바탕으로 파인 투닝(fine-tuning)된 모델을 제공하여, 해당 기

능에 특화된 응답을 생성하는 것이 필요하다고 제안하였다. 또한, 인공지능이 수행할 수 있는 기능과 그 한계를 명확하게 명시함으로써 학습자와 교사가 보다 신뢰성 있는 방식으로 이를 활용할 수 있도록 해야 한다고 주장하였다.

과학 학습에서는 학생들의 이해나 발달 수준을 고려해야 하며, 이는 실제 과학자들이 사용하는 과학적 개념과는 다소 차이가 있을 수 있다. 즉, 개념적으로는 정확하지 않더라도 학습자의 이해를 돋기 위해 유용한 방식으로 설명하는 경우가 많으며, 학습자가 과학 개념을 점진적으로 이해해 나가는 과정에서 이러한 접근이 필요하다는 점을 지적하였다. 따라서, 단순히 과학적으로 정확한 응답을 전달하는 것이 아니라, 학습자의 인지적 수준을 고려하여 비유나 다양한 예시를 포함한 응답을 제공하는 것이 중요하다고 분석하였다. 연구에서는 일상생활에서 쉽게 경험할 수 있는 사례나 방법을 과학교수학습 과정에서 활용하는 것이 일반적이며, 생성형 인공지능도 이러한 맥락을 반영하여 학습자의 사고를 확장할 수 있도록 설계되어야 한다고 제안하였다.

특히 학습자의 질문에 대한 자동 응답 시스템을 구현하는 방안을 검토하였으며, 교사가 직접 제공하는 학습 자료와 생성형 인공지능의 응답을 비교하여 신뢰성을 평가하는 방안을 제안하였다. 연구에서는 ChatGPT와 같은 인공지능 모델이 과학교육에서 유용하게 활용될 수 있지만, 학생들이 제공된 정보를 무비판적으로 수용할 위험이 있다는 점을 지적하였다. 이에 따라, 교사는 생성형 인공지능이 제공하는 정보를 비판적으로 검토하는 방법을 학생들에게 지도할 필요가 있으며, 이를 통해 인공지능이 학습 도구로서 긍정적인 역할을 할 수 있도록 해야 한다고 결론지었다.

2.3.2 과학교육에서의 학습자 발화 유형

과학교육에서의 학습자 발화 유형을 보다 체계적으로 이해하기 위해 여러 선행 연구에서 학습자의 질문을 다양한 방식으로 분류해왔다. Good et al(1987)은 학습자의 질문을 학업 질문(Academic questions)과

비학업 질문(Non-Academic questions)으로 크게 구분하였다. 학업 질문은 수업 내용과 직접 관련되며 학습 목표 달성을 위해 제기되는 질문으로 설명형(Explanation) 질문, 정보형(Information) 질문, 명료화형(Clarification) 질문, 비과업적 호기심형(Non-task Curiosity) 질문, 확인형(Confirmation) 질문 등이 포함된다. 설명형 질문은 개념, 아이디어, 과업(학습 과제) 또는 절차를 이해하기 위한 의미나 이유를 요청하는 질문이며, 정보형 질문은 특정한 사실적 정보를 요구하는 질문이다. 명료화형 질문은 제공된 정보나 절차, 설명 등을 더 명확하게 이해하기 위한 질문이며, 비과업적 호기심형 질문은 학문적 호기심을 드러내지만 현재의 과업과는 직접적인 관련이 없는 질문이다. 확인형 질문은 학생이 수행한 응답, 절차 또는 과업의 완료 여부를 확인하는 질문이다.

반면, 비학업 질문은 학습과 직접적으로 관련이 없으며, 학생의 주목을 끌거나 수업 분위기에 영향을 주는 질문으로 분류되었다. 여기에는 절차적(Procedural) 질문, 과업 내 관심(On-task Attention) 질문, 과업 외 관심(Off-task Attention) 질문, 주제 전환(Diversion) 질문 등이 포함된다. 절차적 질문은 수업 운영 및 학급 절차와 관련된 질문이며, 과업 내 관심 유도 질문은 과업과 관련이 있으면서도 학생이 자신에게 주목을 끌기 위해(show-off) 하는 질문이다. 과업 외 관심 유도 질문은 과업과 직접적인 관련이 없으면서도 학생이 자신의 주목을 끌기 위해 하는 질문으로, 이는 주제 전환 질문과 다르게 교사나 학급 전체의 주의를分散시키기보다는 개인에게 주목을 유도하는 특징이 있다. 주제 전환 질문은 학습과 무관한 방향으로 교사나 다른 학생들의 관심을 돌리기 위해 제기되는 질문을 포함한다.

이와 유사하게, 김성근 외(1999)는 White & Gunston(1992)의 분석 틀 네 가지 범주(Recall, Reframe, Application, Extension)에 모순과 무관련을 추가하였다. 학습자의 질문을 논리적으로 맞지 않는 모순(Contradiction) 질문, 학습 주제 및 내용과 관련이 없는 무관련(No Connection) 질문, 개념을 충분히 이해하지 못한 상태에서 학습 내용에 대한 재설명을 요구하는 회상(Recall) 질문, 초보적인 개념 학습이 이루

어겼으나 불완전한 상태에서 개념을 보다 명확히 하고자 학습 내용의 적용을 요청하거나 추가적 설명이나 다른 관련 사례, 용어 해설 등의 요청을 하는 재구성(Reframe) 질문, 학습한 개념을 구체적인 사례에 적용에 대한 확인이나 자신의 생각과의 불일치한 것에 대한 질문 등 실제 상황에 적용하고자 하는 적용(Application) 질문, 그리고 학습 개념 간의 연계나 상위 개념을 탐색하는 확장(Extention) 질문으로 분류하였다.

김미경과 김희백(2007)은 Chin과 Brown(2002)의 연구를 기반으로 학습자의 질문을 정보 질문(Basic Information question)과 사고 질문(Wonderment question)으로 크게 나누었다. 정보 질문은 사실 질문(Factual question)과 절차 질문(Procedural question)으로 구분되며, 사실 질문은 단순한 정보 회상을 요구하는 질문이고 절차 질문은 실험이나 과업을 수행하는 과정에 대한 질문을 포함한다.

사고 질문은 보다 고차원적인 사고를 유도하는 질문으로, 설명 질문(Explaining question), 귀납적 질문(Inductive thinking question), 유추적 질문(Analogical thinking question), 확장 질문(Expansive thinking question), 변칙탐지 질문(Anomaly detection question), 계획(전략) 질문(Planning or Strategy question)으로 구성되었다. 설명 질문은 원리, 원인, 과정을 이해하고자 하는 질문이며, 귀납적 질문은 특정 사례로부터 일반적 원리를 도출하려는 질문이다. 유추적 질문은 한 개념을 다른 개념과 연결하여 이해하는 질문이며, 확장 질문은 사고의 범위를 넓히는 질문이다. 변칙적 질문은 예상과 다른 결과가 나왔을 때 이를 설명하려는 질문이며, 계획·전략 질문은 선행 절차가 주어지지 않았을 때 다음 단계를 어떻게 할 것인지에 대한 질문을 포함한다.

정득실, 유은정(2017)은 King(1994)의 틀을 기본으로 하여 그 분류를 크게 정보(Information), 이해(Comprehension), 통합(Integration), 무관련(No Connection)으로 분류하였다. 정보 질문은 사실 질문과 절차 질문으로 세분화되며, 사실(Factual) 질문은 과학적 개념과 현재의 연구 동향에 대한 정보를 묻는 질문이고, 절차(Procedural) 질문은 연구 방법

이나 실험 절차에 대한 질문을 포함한다.

이해 질문은 인과(Casual) 질문, 귀납(Inductive) 질문, 유추(Analogical) 질문으로 나누어지며, 인과 질문은 원인과 원리를 이해하고자 하는 질문, 귀납 질문은 한 사례가 보편적으로 적용되는지를 묻는 질문, 유추 질문은 한 개념이 다른 개념에도 적용될 수 있는지를 묻는 질문이다.

통합 질문은 평가(Evaluation) 질문, 확장(Extension) 질문, 전략(Strategy) 질문으로 구성되며, 평가 질문은 개념을 평가하거나 개선의 필요성을 묻는 질문이고, 확장 질문은 새로운 아이디어와 연결하여 상위 개념이나 타개념과의 융합을 통한 사고의 폭을 넓히려는 질문이다. 전략 질문은 다음 학습 단계나 방법이 주어지지 않았을 때 어떤 것이 최선인지 전략을 제시하는 질문을 포함한다.

강현태와 노석구(2018)는 학습자의 질문을 지식형 질문, 확장형 질문, 호기심형 질문으로 구분하였다. 지식형 질문은 학습 주제 및 내용과 관련하여 필요한 정보를 요구하거나 현상에 대한 이유나 근거, 과정 등을 파악하고자 하는 질문으로, 정보 질문, 설명 질문, 과정 질문으로 세분화되었다. 정보 질문은 학습 주제와 관련된 단순한 정보를 요구하거나 확인하는 질문이며, 설명 질문은 학습 주제 및 현상에 대한 이유나 근거를 묻는 질문이다. 과정 질문은 학습 주제와 관련된 실험 방법이나 절차를 확인하는 질문으로 정의된다.

확장형 질문은 학습자가 자신의 선지식과 경험을 바탕으로 사고의 범위를 넓히거나 새로운 개념과 연결하는 질문으로, 예측 질문, 적용 질문, 확장 질문으로 나뉜다. 예측 질문은 특정한 상황에서의 결과를 가정하고 이를 검증하는 질문이며, 적용 질문은 학습한 개념을 실제 사례나 실생활과 연결하는 질문이다. 확장 질문은 학습한 개념에 자신의 생각이나 추가적인 학습 내용을 더하여 보다 높은 수준의 개념이나 범위로 확장하려는 질문이다.

호기심형 질문은 학습 주제 및 내용과 직접적인 연관이 없지만, 학생이 개인적인 흥미를 바탕으로 제기하는 질문으로, 무관련 질문과 모순

질문으로 세분화되었다. 무관련 질문은 학습 주제와 직접적인 관계가 없는 질문이며, 모순 질문은 논리적으로 맞지 않거나 오개념이 포함된 질문을 의미한다. 강현태와 노석구(2018)는 이러한 호기심형 질문이 Good et al.(1987)의 연구에서 정의한 비과업적 호기심형 질문(Non-task Curiosity Questions)과 유사하다고 보았다.

이와 같이 과학교육에서의 학습자 질문 유형을 분류한 선행 연구를 종합하면 [표 II-5]와 같다.

[표 II-4] 과학교육에서의 학습자 질문 유형

Good et al. (1987)	김성근 외 (1999)	김미경, 김희백 (2007)	정득실, 유은정 (2017)	강현태, 노석구 (2018)
정보형	회상	정보 정보 절차	사실 정보 절차	정보 정보
학 업	설명형 적용 확장	재구성 사고 적용	설명 인과 이해 귀납적 유추적	설명 과정 예측 적용
			변칙탐지 화장	평가 화장
			계획·전략	전략
		무관련		
비 학 업	수업절차적 내용전환형 과업 내 관심형 과업 외 관심형	무관련	무관련 호기심형	무관련 호기심형
	모순			모순

III. 연구 방법

3.1 연구 절차

본 연구는 교사 피드백 화법 적용이 ChatGPT 기반 챗봇에 어떠한 어떠한 역할을 했는지, 그리고 이를 적용한 챗봇과 학습자의 대화가 진행되는 과정에서 어떠한 발화 유형이 학습자의 발화량을 촉진하는지 탐색하고자 하였다.

이를 위한 연구 단계로 자료 수집에 앞서 챗봇 설계 및 개발을 먼저 진행했다. ChatGPT 기반 챗봇을 활용한 교육용 챗봇에 관한 선행 연구가 부족하였으므로, 본 연구에서 개발할 챗봇의 설계 원리를 먼저 수립하고 그에 따라 개발할 필요가 있었다. 이를 위해 설계·개발연구방법론의 연구 방법론에 따라 먼저 과학 교육에서의 챗봇 활용 연구 및 수업 대화 분석 연구를 중심으로 선행문헌을 고찰하였고, 그 사례를 분석하여 교육용 챗봇 설계 원리와 ChatGPT 기반 챗봇에 적용할 교사 피드백 화법의 유형을 도출하였다. 이렇게 수립된 설계 원리에 따라 ChatGPT 기반 챗봇에 교사 피드백 화법을 적용하여 통합과학 학습자를 위한 교육용 챗봇으로 직접 개발하는 과정을 거쳤다.

개발된 챗봇은 자료 수집을 위하여 통합과학 학습자들에게 한 달 동안 배포되었으며, 학습자들은 시간·장소·접속기기 등의 제한 조건 없이 자유롭게 접속하여 사용하였고 이 때의 챗봇 사용 기록은 자동 수집되었다. 이러한 자료 수집 과정은 교육적 안전 확보 및 연구 윤리를 준수하기 위해 연구 참여에 동의한 학습자 중 생성형 AI 이해 사전 교육을 받은 통합과학 학습자를 대상으로 진행되었다.

수집된 학습자 및 챗봇의 발화 내용은 학습자 발화 유형 분석틀과 교육용 챗봇 발화 유형 분석틀을 통해 분석되었다. 각 분석틀은 과학 교육에서의 챗봇 활용 연구 및 수업 대화 분석 연구를 중심으로 선행문헌을 고찰하고 사례를 분석하여 수립되었다. 먼저 학습자 발화 유형 분석틀을 활용하여 학습자의 발화 유형 분석을 하였으며, 학습자의 발화를

교사 피드백 화법을 적용하지 않은 ChatGPT 기반 챗봇에 입력했을 때 ChatGPT 기반 챗봇의 발화 유형이 어떻게 달라지는지를 교육용 챗봇 발화 분석틀을 활용하여 비교 분석되었다.

교사 피드백 화법 적용 여부에 따른 ChatGPT 기반 챗봇의 발화 유형 비교는 챗봇의 발화 유형이 통계적으로 어떤 유의한 변화가 있는지 분석하였으며, 이 때는 카이제곱 검정(Chi-square test) 및 피셔의 정확 검정(Fisher's exact test)을 통해 진행되었다.

학습자의 발화량에 영향을 미치는 챗봇 발화 유형과 학습자 발화 유형분석은 학습자 발화량과 챗봇 발화 유형 간 상관관계 분석과 학습자 발화량과 학습자 발화 유형 간 상관관계 분석으로 진행되었으며, 유의미한 상관관계를 보인 발화 유형을 독립변수로 설정한 다중회귀분석(Multiple regression analysis)을 통해 진행되었다.

3.2 연구 참여자

본 연구는 부산광역시 소재 A 고등학교의 통합과학 담당 교사 1명이 협력하에 진행되었으며, 연구 협력 교사의 통합과학 수업을 수강 중인 A 고등학교 1학년 통합과학 학습자 16명이 연구에 참여하였다. A 고등학교는 학생들의 학업 성취도와 수업 참여도가 적정한 수준이라고 지역 교사들에게 평가받고 있었다.

연구 참여자의 조건은 교실 내에서도 스마트폰 사용이 가능한 고등학교에 재학 중인 고등학교 1학년 통합과학 학습자이이다. 이는 사용 연령 문제와 연구의 필요성을 동시에 만족하기 위함이었다. ChatGPT 개발사인 OpenAI는 2023년 12월을 기준으로 13세 미만 이용자의 사용을 금지하고, 18세 미만의 경우 부모나 보호자의 감독 하에서만 사용하도록 사용 약관에서 규정하고 있다(OpenAI, 2023). 교육청 단위에서 안내하고 있는 교육 활동 시 ChatGPT 사용 지침 또한 이를 바탕으로 하고 있다. 본 연구는 학습자들이 ChatGPT 서비스를 직접 사용하진 않고 교육 목적형으로 개발된 챗봇을 사용하지만 ChatGPT 모델을 기반으로 동작하

므로 위의 사용 조건을 만족해야한다. 사용 조건을 만족하는 학습자의 학년은 중학교 2학년 이상이다. 그 중 고등학교 1학년 통합과학 학습자으로 선정하였는데 학습자의 학년 진급에 따른 수업 질문 횟수 감소 현상과 고등학교 과학 교사가 통합과학 수업 운영 시 겪은 어려움에서 출발한 연구의 필요성을 고려한 결과였다. 고등학교는 학교 운영 방침에 따라 교내 또는 교실 내에서 스마트폰 소지하거나 사용하는 것에 대한 방침이 다른데, 본 연구는 학습자들이 사용 환경에 따라 영향을 받지 않기 위해 교실 내 스마트폰 사용이 가능한 고등학교에 재학 중인 학습자 선정이 필요했다.

해당 조건을 만족하는 학습자를 선정하기 위해서 먼저 연구 협력 교사 1명을 모집하였다. 본 연구의 필요성에 공감하며 연구 참여자 조건을 만족하는 학습자를 가르치고 있는 교사로, 챗봇 개발을 위한 수업 자료 등을 연구자에게 제공하였으며 학습자들에게 안전하고 원활한 연구 환경을 마련해주었다.

연구 협력 교사가 담당하는 통합과학 학습자를 대상으로 연구 참여자를 모집하였으며, 연구 과정에 대한 충분한 안내를 받고 본인과 보호자 둘 다 연구 참여에 동의한 뒤 안전하고 효과적인 생성형 AI 활용을 위한 사전 교육을 받은 학습자를 연구 참여자로 선정하였다. 동의서는 <부록 1>과 같으며 이 과정에서도 본 연구에 대한 설명을 포함하였다. 생성형 AI 이해 사전 교육은 ChatGPT 활용 교육 사례 및 연구와 다수의 교육청에서 제작한 ChatGPT 활용 수업 관련 자료를 중심으로 제작하였다. 실시간으로 수집되는 연구 참여자들의 챗봇 사용 기록은 지속적으로 모니터링 되었으며 교육적으로 개입이 필요한 대화 내용으로 확인될 경우 학습자들에게 필요한 즉각적인 조치를 취할 수 있었다. 이러한 연구 설계는 기존 ChatGPT 활용 교육 사례에서 제기된 우려를 반영하여 설계되었으며, 이를 통해 교육적 안전 장치를 마련함과 동시에 연구 윤리를 준수할 수 있었다.

3.3 챗봇 설계 및 챗봇 개발

챗봇 설계 및 챗봇 개발을 위한 연구 방법론으로 설계·개발연구방법을 사용하였다. 설계·개발연구(Design and development research)는 설계와 개발, 평가 과정에 대한 체계적 연구로, 교수적 또는 비교수적 해결책을 위한 산출물과 도구, 개발 모형의 창출에 관한 실증적 기반 확립을 목표로 한다(Richey & Klein, 2014). Richey & Klein(2014)은 [표 III-1]과 같이 연구 유형에 따라 산출물 및 도구 연구(Type 1 개발연구)과 모형 연구(Type 2 개발연구)로 연구 방법을 구분하였다.

[표 III-1] 설계·개발연구 유형의 특징(Richey & Klein, 2014)

	산출물 및 도구 연구 (Type 1 개발연구)	모형 연구 (Type 2 개발연구)
연구 대상	<ul style="list-style-type: none">특정 프로젝트의 과정에서 산출물 및 도구를 설계하고 개발한 과정	<ul style="list-style-type: none">모형 개발 연구모형 타당화 연구모형 사용연구
연구 결과	<ul style="list-style-type: none">산출물 및 도구의 개발 결과교수적 또는 비교수적 해결을 위한 산출물 및 도구의 사용 촉진 조건	<ul style="list-style-type: none">설계 및 개발 절차에 대한 새로운 모형 또는 개선된 모형교수적 또는 비교수적 해결을 위한 모형의 사용 촉진 조건
연구 결론	<ul style="list-style-type: none">맥락-특수적 결론 (Context-specific conclusions)	<ul style="list-style-type: none">일반화된 결론 (Generalized conclusions)

본 연구는 피드백 화법을 적용한 교육용 챗봇을 개발하여 통합과학 학습자와 챗봇의 대화를 분석하므로, 교수적 해결을 위한 도구를 설계하고 개발한 과정을 연구 대상으로 다루는 산출물 및 도구 연구 방법(Type 1 개발연구)을 채택하였다. 이에 따라 챗봇 설계 및 챗봇 개발은 산출물 및 도구 연구 방법이 제시하는 연구 절차에 따라 ‘분석’-‘설계’-‘개발’-‘평가’ 단계로 진행되었으며 전체적인 과정은 [표 III-2]과 같다.

[표 III- 2] 챗봇 설계 및 챗봇 개발 절차

연구 단계	연구 내용
선행 연구 분석	<ul style="list-style-type: none"> 기존 교육용 챗봇 연구 분석 ChatGPT 활용 교육 사례 분석 ChatGPT 기반 챗봇에 적용할 교사 피드백 화법 요소
설계	<ul style="list-style-type: none"> 챗봇 프롬프트 제작 교육용 챗봇 설계 원리 수립 챗봇 개발 프로세스 수립
개발	<ul style="list-style-type: none"> 챗봇 개발
사용성 평가	<ul style="list-style-type: none"> 챗봇 사용 기록 수집 대화 분석

3.3.1 챗봇 설계 원리

챗봇 설계 단계에서는 교육용 챗봇 설계 원리를 수립하기 위한 관련 선행 연구를 분석하였다. 생성 기반 교육용 챗봇을 활용한 과학 교육 연구 사례를 분석하고자 하였으나, 이와 관련된 선행 연구는 부족하였으며 ChatGPT 기반 챗봇을 교육용으로 개발하거나 설계 원리를 제시한 선행 연구도 부족하였다. 따라서 먼저 기존 교육용 챗봇 연구에서 나타난 의의와 한계점을 [표 II- 1]와 같이 정리하고 ChatGPT 활용 교육 사례에서 나타난 의의 및 제한점을 [표 II- 2]와 같이 정리하였다.

한편 교육용 챗봇의 설계 원리를 개발하기 위한 다양한 연구가 있었다. 함윤희 외(2023)는 디자인씽킹 기반 온라인 협력학습 지원을 위한 인공지능 챗봇의 설계원리를 다음과 같이 개발한 바 있다. 첫째, 구조화된 학습 안내 제공의 원리로 각 학습 그룹에게 활동 단계와 그 세부 요소를 구조화해 제공함으로써 학습활동을 성공적으로 수행할 수 있도록 한다. 둘째, 적응적 지원 제공의 원리로 각 학습 그룹의 학습 과정을 고려한 도움을 제공한다. 셋째, 학습자 간 협력 촉진의 원리로 학습 그룹 내에서 학습자 간 협력이 원활히 이뤄지도록 지원한다. 넷째, 학습자-챗봇 간 우호적 관계 형성의 원리로 편안한 챗봇과의 상호작용을 통해 지속적으로 참여하도록 한다. 다섯째, 학습자의 사용성 최적화의 원리로

사용 편의성을 위해 챗봇의 기능과 조작법을 안내한다.

지현경 외(2023)은 영어 말하기 교육을 위한 AI 챗봇 활용 학습 경험의 설계원리를 다음과 같이 개발하였다. 첫째, 적극적 발화 유도의 원리로 학습자의 발화를 이끌어 내기 위한 여러 전략을 실행한다. 둘째, 개인 맞춤형 대화의 원리로 학습자 개별 특성을 바탕으로 개인 맞춤형 대화를 할 수 있다. 셋째, 적응적 지원의 원리로 학습자의 활동 데이터를 수집 및 분석하여 학습자에게 필요한 피드백을 적시에 제공한다. 넷째, 정서적 상호작용의 원리로 학습자가 친근하고 긍정적인 정서를 느낄 수 있도록 챗봇이 상호작용한다. 다섯째, 동기 유발의 원리로 학습자가 지속적으로 학습에 참여할 수 있도록 흥미를 느낄 수 있는 동기유발 요소를 제공한다.

김형조(2023)는 대시보드 기반 성찰 챗봇의 설계원리를 다음과 같이 개발하였다. 첫째, 적응적 상호작용의 원리로 학습자의 학습 상황에 적절한 답변을 제공해야한다. 둘째, 학습자 주도성의 원리로 학습자의 성찰을 위해 챗봇은 성찰 촉진을 위한 질문 등으로 학습자가 스스로 학습을 평가하고 성찰할 수 있도록 한다. 셋째, 사회적 실재감의 원리로 학습자가 자신의 말을 챗봇이 이해하고 답변한다는 인상을 받으며 친밀감을 가질 수 있도록 한다.

이러한 선행 연구에서 제시된 설계 원리를 바탕으로 기준 교육용 챗봇 연구와 ChatGPT 활용 교육 사례에서 나타난 의의 및 제한점을 반영한 교육용 ChatGPT 기반 챗봇 설계 원리를 도출한 결과는 [표 III- 3] 과 같다.

[표 III-3] 교육용 ChatGPT 기반 챗봇 설계 원리

번호	설계 원리와 상세 지침	적용 단계
1.	<ul style="list-style-type: none"> • 적극적 발화 유도의 원리 : 학습자의 발화를 촉진하여 학습자의 사고력과 참여도를 높인다. 	
1.1.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 챗봇이 학습 내용을 기반으로 선제적으로 대화를 건네며 학습자의 발화를 촉진한다. 	[기능정의], [프롬프트]
1.2.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 학습자가 자유롭게 사고를 표현할 수 있도록 지식 및 사고 중심의 개방형 질문을 설계한다. 	[프롬프트]
1.3.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 발화 끝에 후속 질문이나 대화 지속을 유도하는 문구를 포함하여 학습자의 대화 참여를 지속적으로 유도한다. 	[프롬프트]
1.4.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 학습자의 발화를 다른 표현으로 바꾸거나 확장적 질문을 제시하여 새로운 표현과 사고를 촉진한다. 	[프롬프트]
1.5.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 학습자가 발화에 어려움을 느낄 경우 표현 예시 및 구체적 응답 선택지를 제공한다. 	[기능정의], [프롬프트]
2.	<ul style="list-style-type: none"> • 개인화된 적응적 지원의 원리 : 학습자의 개인 데이터를 기반으로 개별 맞춤형 학습을 제공한다. 	
2.1.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 학습자의 개인화 정보(이름, 관심사, 발화 수준, 선행지식)를 반영하여 개인화된 대화를 설계한다. 	[기능정의], [프롬프트]
2.2.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 학습자의 발화 데이터를 분석하여 즉각적이고 맞춤화된 피드백 및 학습 경로를 제공한다. 	[프롬프트]
2.3.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 대화 중 학습 맥락에서 벗어난 경우 자연스럽게 주제로 복귀할 수 있도록 설계한다. 	[프롬프트]
2.4.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 학습자가 챗봇의 답변에 의존하지 않고 스스로 사고할 수 있도록 추가적 탐구 질문을 유도한다. 	[프롬프트]
2.5.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 학습자가 답변 내용의 신뢰성을 스스로 점검할 수 있도록 비판적 검토와 정보 확인을 하도록 권장하며, 출처 확인 및 관련 데이터를 함께 제공한다. 	[기능정의], [프롬프트]
3.	<ul style="list-style-type: none"> • 정서적 상호작용의 원리 : 정의적 영역을 고려한 자유 대화를 통해 학습 몰입도를 높인다. 	
3.1.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 챗봇의 페르소나(이름, 문체, 성격 등)를 설정하여 사회적 실재감 형성한다. 	[프롬프트]
3.2.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 이전 대화의 맥락을 반영하여 학습자가 자신이 이해받고 있다고 느끼도록 한다. 	[기능정의]
3.3.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 긍정적 피드백과 격려를 지속적으로 제공하여 학습자가 참여 의욕을 유지할 수 있도록 한다. 	[프롬프트]
3.4.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 일상적인 대화도 가능한 사회적 대화를 통해 학습자에게 정서적 친밀감을 느끼도록 한다. 	[프롬프트]
3.5.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 이모티콘, 이미지, 음성 등 다양한 표현 수단을 활용하여 학습자의 정서 상태를 반영한 멀티모달 상호작용을 수행한다. 	[기능정의], [프롬프트]
4.	<ul style="list-style-type: none"> • 학습 모듈화 및 커스터마이징의 원리 : 개별화 챗봇 제작 기능을 통해 교사의 전문성을 지원한다. 	
4.1.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 학습 내용별(과목, 주제, 수준 등)로 특화된 챗봇을 학습자가 직접 선택하여 활용할 수 있도록 설계한다. 	[기능정의], [프롬프트]
4.2.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 교사가 학습 목표와 학습 환경(학교, 학급, 수업 내용 등)에 맞는 챗봇을 직접 커스터마이징 할 수 있도록 한다. 	[기능정의], [기술스택]
5.	<ul style="list-style-type: none"> • 사용성 최적화의 원리 : 학습자 중심 설계로 학습자의 챗봇 사용 용이성을 높인다. 	
5.1.	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 학습자가 언제 어디서나 다양한 기기(PC, 태블릿, 스마트폰 등)로도 챗봇을 즉시 활용할 수 있도록 설계한다. (예: 웹 기반 환경, UX/UI) 	[기능정의], [UX/UI]

번호	설계 원리와 상세 지침	적용 단계
5.2.	▪ 특정 학습자 집단을 배려하여 공정하고 접근 가능한 환경을 설계 한다. (예: 이중언어 교육 지원이 필요할 경우 번역 기능을 제공)	[기능정의], [UX/UI]
5.3.	▪ 학습자가 각 대화 후 챗봇 답변에 대한 만족도를 평가할 수 있는 기능을 제공하여, 챗봇의 학습 내용과 사용자 경험 개선에 활용 한다. (예: "이 답변이 도움이 되었나요?" 버튼과 추가적인 피드백 입력 옵션 제공)	[UX/UI]
6.	<p>• 교사의 안내와 감독의 원리 : 안전하고 효과적인 챗봇 사용을 위해 교사가 안내하고 감독한다.</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ 학습자의 개인정보 보호를 철저히 관리하며, 챗봇 활용의 윤리적 측면(데이터 수집, 답변 신뢰성 등)을 충분히 고려하여 설계한다. ▪ 교사가 학습자-챗봇 간 대화 데이터를 확인하고, 오류 발생 시 즉각적으로 개입하여 학습자에게 정정 지도를 제공할 수 있는 기능을 설계한다. ▪ 챗봇 사용 전에 학습자와 보호자에게 충분한 설명과 동의를 구하는 절차를 진행한다. ▪ 챗봇의 효과적인 사용 방법과 기능을 사전에 명확히 안내하고 연습 기회를 제공하며, 사용 전 교육청 지침 확인과 생성형 AI의 원리, 한계점, 윤리적 사용에 대한 교육을 실시한다. ▪ 학습자가 챗봇의 답변을 비판적으로 검토하고, 필요한 경우 올바른 정보를 탐색할 수 있도록 지도한다. ▪ 챗봇 사용 이후 학습자와 교사가 상호작용하며 학습 내용을 점검하고 피드백을 제공할 수 있도록 연계한다. 	[기술스택], [기능정의], [기술스택] [배포] [배포] [배포] [배포] [배포]

이렇게 수립된 설계 원리를 바탕으로 교사 피드백 화법을 적용한 ChatGPT 기반 챗봇을 체계적으로 개발하기 위해 구체적인 개발 프로세스를 기획할 필요가 있었으며 [표 III- 4]과 같이 기능 개발 정의, 페이지 기획 및 디자인(UX/UI), 기술 스택 선정 단계 순서에 따라 기획하였다.

[표 III- 4] 교육용 ChatGPT 기반 챗봇 개발 프로세스

프로세스 단계	세부 내용
기능 개발 정의	<ul style="list-style-type: none"> • 웹 기반 챗봇, ChatGPT API 활용 • ChatGPT 출력 시 Stream 기능 사용 • 소셜 로그인 기능으로 개별 학습자 인식 • 대화별, 시간별, 대화 내용 저장 및 확인
페이지 기획 및 디자인(UX/UI)	<ul style="list-style-type: none"> • 스마트폰 메신저 앱 디자인 구성
기술 스택 선정	<ul style="list-style-type: none"> • Frontend: Typescript, React, Next.js • Backend: Vercel 활용 → serverless • DataBase: Firebase • Deploy: Vercel

3.3.2 챗봇 프롬프트 제작

ChatGPT 기반 챗봇의 발화 내용은 프롬프트(Prompt)와 파라미터(Parameter)를 어떻게 설정하는지에 따라 달라진다. 프롬프트는 언어 모델이 연관된 텍스트로 내용을 이어서 생성하도록 제공하는 텍스트를 뜻하며, 파라미터는 언어 모델이 텍스트를 생성하기 위한 동작의 크기나 패턴 등을 조절할 수 있는 입력 값을 뜻한다.

앞서 수립한 교육용 ChatGPT 기반 챗봇의 설계 원리([표 III- 3] 참고)를 충족하기 위한 프롬프트를 제작하는 과정에서 챗봇의 ‘교육적인 발화’를 결정하기 위한 챗봇의 화법으로 학습자의 발화를 촉진하기 위한 화법인 교사 피드백 화법을 선택하였다. 교사 피드백 화법을 ChatGPT 기반 챗봇에 적용하고 챗봇이 해당 화법을 출력하는지를 파악하기 위하여 먼저 교사 피드백 화법 유형([표 II- 3] 참고)을 본 연구에서 사용할 ChatGPT 기반 챗봇에 맞게 도출할 필요가 있었다. 이에 따라 교사 피드백 화법을 적용한 ChatGPT 기반 챗봇의 발화 유형 도출한 결과는 [표 III- 5]와 같다.

[표 III- 5] 교사 피드백 화법을 적용한 ChatGPT 기반 챗봇 발화 유형

유형	특징	예시
도입	<ul style="list-style-type: none">학습 내용을 기반으로 선제적으로 대화를 건네며 학습자의 발화를 촉진한다.챗봇의 폐르소나(이름, 문체, 성격 등)를 설정하여 사회적 실재감 형성한다.	“안녕하세요, ○○○ 학생님! 저는 Sci-Ai-Tutor라고 합니다. 저는 과학 교사를 보조하는 교육용 챗봇이에요. 저는 여러분들이 공부하는 동안 도움을 드리기 위해 만들어졌어요. 저와 대화를 하면서 궁금한 점이나 어려운 부분을 함께 해결해 나갈 수 있을 거예요. 또한, 여러분들의 질문과 답변 내용은 기능 개선을 위해 담당 선생님에게 전달됩니다. 어떤 도움이 필요하신가요? ☺”
설명	<ul style="list-style-type: none">학습 내용(과목, 주제 등) 뿐만 아니라 학습 내용 외적인 질문에도 답변을 제공한다.	“과학 시험의 정확한 날짜는 학교나 교사에 따라 다를 수 있습니다. 따라서, 시험 일정은 학교에서 공지하는 것이 가장 확실합니다. 학교 공지사항이나 교사에게 직접 문의하여 시험 일정을 확인해보세요. 시험에 대한 준비를 철저히 하시기 바랍니다!”
복귀	<ul style="list-style-type: none">대화 중 학습 맥락에서 벗어난 경우 자연스럽게 주제로 복귀할 수 있도록 안내한다.	“이제부터는 과학 수업을 위해 다시 집중해 볼까요? ☺”

유형	특징	예시
공감	<ul style="list-style-type: none"> 일상적인 대화도 가능한 사회적 대화를 통해 학습자에게 정서적 친밀감을 느끼도록 한다. 이모티콘, 이미지, 음성 등 다양한 표현 수단을 활용하여 학습자의 정서 상태를 반영한 멀티모달 상호작용을 수행한다. 	<p>“마지막으로, 너무 스트레스를 받지 않도록 하세요. 실수는 누구에게나 일어날 수 있는 일이며, 중요한 것은 그것을 통해 성장하고 발전하는 것입니다. 계속해서 노력하고 자신을 믿어주세요. 저도 여러분을 응원하고 있습니다!”</p> <p>“히히, 웃음소리를 들으니 기분이 좋아지네요! ☺ 저도 당신이 즐거워하고 웃을 수 있도록 도움을 드리기 위해 여기 있어요. 궁금한 점이 있거나 어떤 도움이 필요하신가요? 말씀해주세요! 저는 당신을 위해 최선을 다할 거예요. ☺”</p>
칭찬	<ul style="list-style-type: none"> 긍정적 피드백과 격려를 지속적으로 제공하여 학습자가 참여 의욕을 유지할 수 있도록 한다. 	<p>“더 알고 싶어하는 점을 칭찬해요!”</p> <p>“정말 좋은 질문이에요!”</p>
발화 촉진	<ul style="list-style-type: none"> 지식 및 사고 중심의 개방형 질문과 확장적 질문을 제시하여 학습자가 새로운 표현을 하거나 자유로운 사고를 할 수 있도록 촉진한다. 발화 끝에 후속 질문이나 대화 지속을 유도하는 문구를 포함하여 학습자의 대화 참여를 지속적으로 유도한다. 	<p>“생물다양성에 대해 더 알고 싶은 점이 있나요? ☺”</p> <p>“지구 온난화에 대해 더 알고 싶은 점이 있으신가요? ☺”</p> <p>“더 알고 싶은 점이 있으신가요? 뉴턴의 법칙에 대해 더 자세히 알려드릴까요? ☺”</p>
동기 유발	<ul style="list-style-type: none"> 학습자의 학습 동기를 유발하는 발화 	<p>“물리를 선택하신 것에 후회하지 않으셨다니 정말 멋진 결정이라고 생각합니다! 물리는 매우 흥미로운 학문이며, 우리 주변의 자연 현상을 이해하고 설명하는 데에 큰 도움이 됩니다. 또한, 물리는 다양한 분야와의 융합이 가능하며 현대 과학과 기술의 발전에도 중요한 역할을 합니다.”</p> <p>“과학 시험에서 많은 문제를 틀렸다는 것은 아쉬운 일이지만, 중요한 것은 그것을 통해 배울 수 있는 점을 찾는 것입니다. 시험에서 틀린 문제들을 다시 살펴보고, 어떤 부분에서 실수를 했는지 분석해보세요.”</p>
개인화	<ul style="list-style-type: none"> 학습자의 개인화 정보(학생정보, 학습환경 등)를 반영하여 개인화된 답변을 제공한다. 	<p>“네, ○○○ 학생이신 것으로 알고 있습니다. ○○고등학교에 다니고 계시죠. 저는 여러분들의 학습을 돋기 위해 만들어진 챗봇이기 때문에 여러분들의 질문과 대화를 통해 더 많은 것을 알아가고자 합니다.”</p>
학습 내용	<ul style="list-style-type: none"> 챗봇의 목적에 맞게 학습된 학습 내용에 특화된 답변을 제공한다. 	<p>“온난화 관련 내용은 고등학교 1 학년 통합과학 교과서의 8-2 지구 환경 변화와 인간 생활 부분에서 다루고 있어요. 해당 교과서의 페이지는 268 페이지부터 279 페이지까지입니다.”</p>

이렇게 수립된 교사 피드백 화법을 적용한 ChatGPT 기반 챗봇의 발화 유형과 교육용 ChatGPT 기반 챗봇의 설계 원리를 바탕으로 OpenAI 프롬프트 작성법을 참고하여 최종 제작된 프롬프트의 일부는 [표 III- 6]과 같으며 전체 내용은 <부록 2>와 같다. 프롬프트는 챗봇의 System message에 입력되며 이는 챗봇의 페르소나와 역할을 설정하는데 사용된다. System message는 챗봇 사용자가 채팅을 입력할 때마다, 최근 대화 내용과 함께 API에 전송되어 챗봇의 답변 생성에 반영된다.

[표 III- 6] 본 연구에서 사용된 ChatGPT 기반 챗봇의 프롬프트(일부)

<ul style="list-style-type: none">• ASSISTANT의 이름은 \${botName}. USER의 이름은 \${userName}, 학교는 \${userSchool}, 지금은 \${todayDateTime()}. <USER 학습 내용> \${LEARNING_CONTENT}</USER 학습 내용>, <ASSISTANT 규칙> \${SYSTEM_PROMPT} </ASSISTANT 규칙>
<ul style="list-style-type: none">• LEARNING_CONTENT =<ul style="list-style-type: none">▪ “<규칙 1> Assistant는 User와 여러 번의 대화가 이어지도록 대화체로 답변할 것. <규칙 2> User는 학생임. 스스로 생각하면서 성장을 해야함. User에게 정답을 바로 제시해주면 그 기회가 사라짐. 흥미로운 단서나 안내를 제시할 것. 이를 통해서 User가 Assistant에게 자신의 생각을 말하고 정교화해야함. <규칙 3> ‘과학과 교육과정’은 우리나라 과학과 교육과정 중 해당 대단원(고등학교 1학년 통합과학 - 8. 생태계와 환경)내용임. User에게 답변할 때 이것을 참고해서 답변하도록 인용은 지양할 것. <규칙 4> ‘교과서 내용’은 User가 학교에서 학습하고 있는 교과서 내용임. 해당 사항을 바탕으로 답변을 생성할 것.

###과학과 교육과정(고등학교 1학년 통합과학 - 8. 생태계와 환경)
{[내용체계]} 이 단원에서는 인간을 포함한 생물이 어떻게 환경에 적응하고 …(생략)
{[성취기준]} (10통과08-01) 인간을 포함한 생태계의 구성 요소와 …(생략)
{[성취기준 해설]} (10통과08-01) 생태계 구성 요소를 …(생략)
{[탐구 주제 및 활동(예시)]} 생물다양성 파괴가 …(생략)
{[학습 요소]} 생태계 구성요소와 환경, …(생략)
{[교수·학습 방법 및 유의 사항]} 생태계 조사 활동에서는 …(생략)
{[평가 방법 및 유의 사항]} 마른 멸치의 해부나 …(생략)
###

###교과서 내용(8-2 지구 환경 변화와 인간 생활, 금성교과서 통합과학 교과서 268p~ 279p)

<268p>

'8-2 지구 환경 변화와 인간 생활' 중단원 시작 부분

우리나라 여름이 더위짐. 기후는 여러 해 동안의 평균적인 기상 상태를 말하는 것. 일상에서 파악 힘듦. 따라서 우리나라 주요 과일 재배지 변화를 통해 알아볼 수 있음.
1980~2010년 파일 주산지 그림 자료(2012년 문화체육관광부 자료).

</268p>

<269p>

{ 토의하기

활동 1. 1980년대 이후 새로 형성된 사과와 복숭아의 주산지는 1980년대와 비교하여 어떤 변화가 있는가? (예시: 사과와 복숭아의 주산지가 모두 북쪽으로 이동하였다.)

…(생략)

</269p>

…(생략)

”

- SYSTEM_PROMPT =

- “ASSISTANT의 역할은 물리학 교사를 보조하는 교육용 챗봇.

USER는 고등학생들이지만 답변을 할 때 초등학생도 알기 쉽게 대답해줘야함.

모든 답변의 끝에는 반드시 그 이유 또는 자세한 내용이 USER가 궁금한지 물을 것. USER가 확장형 질문으로 이어져 나갈 수 있도록 유도함. 만약 USER가 그 이유를 물을 경우 반드시 '더 알고 싶어하는 점을 칭찬해요'와 같은 칭찬을 먼저 말할 것.

USER에게 ASSISTANT를 소개할 때 반드시 '기능 개선을 위하여 해당 대화 내용이 담당 선생님에게도 전달'이 된다는 것을 분명히 전달.

ASSISTANT는 고등학교 과학 교육용 챗봇으로서 USER의 질문이 과학 수업의 내용이나 ASSISTANT에 대한 질문이 아니라면 그 질문은 흥미로운 질문이지만 과학 수업을 위한 내용으로 다시 집중하자는 내용의 답변을 마지막에 할 것.”

※ botName, userName, userSchool, todayDateTime은 학습자가 챗봇 사용 시 입력 받음

- botName: 챗봇의 이름. 본 연구에서 사용된 챗봇의 이름은 'Sci-AI-Tutor'

- userName: 학습자 이름. 본 연구에서는 소셜 로그인 기능을 연계하여 받음

- userSchool: 학습자의 소속교. 본 연구에서는 연구 참여 학교명으로 고정 입력

- todayDateTime: 챗봇 실행 시 날짜 및 시간

기본 ChatGPT는 먼저 발화하지 않으므로 도입 발화의 경우 챗봇 설계 단계에서 챗봇이 먼저 발화를 출력하도록 다음과 같이 별도로 개발하여 적용하였다.

FIX_INIT_MESSAGE = '안녕하세요 😊 저는 과학과 교육용 챗봇이며 현재 적용 모델은 gpt-3.5-turbo-16k입니다.'

GEN_INIT_MESSAGE = '반갑고 짤막하게 이모지를 사용해서 이름을 불러주며 인사!'

FIX_INIT_MESSAGE와 GEN_INIT_MESSAGE는 학습자가 챗봇에 접속하면 챗봇이 학습자를 환영하며 선제적으로 도입 발화하는 내용이다. FIX_INIT_MESSAGE의 경우 고정된 내용을 그대로 출력하며, 학습자에게 자동으로 출력된다. 이는 학습자별 챗봇 대화 기록을 확인할 때 대화 시작의 기준점으로도 활용되었다. GEN_INIT_MESSAGE의 경우 API에 전송되어 챗봇이 해당 내용을 바탕으로 답변을 생성하도록 요청한다. 이 때, 기존에 설정된 프롬프트(System message)와 함께 전송되므로 챗봇의 응답은 사용자 정보 등을 바탕으로 실시간 생성된다.

3.3.3 챗봇 개발

챗봇 개발 단계는 [표 III- 4]에 따라 기능 개발 정의, 페이지 기획 및 디자인, 기술 스택 선정의 세 가지 주요 단계로 구분된다. 이 과정은 앞서 도출한 [표 III- 3]의 교육용 ChatGPT 기반 챗봇 원리를 기반으로 구체적인 기능을 정의하고, 사용자 경험을 최적화하며, 효율적인 기술 구현을 위한 시스템적 기반을 마련하는 데 중점을 두었다.

기능 개발 정의 단계에서는 본 연구의 ChatGPT 기반 챗봇의 기본적인 작동 원리를 수립하고, 학습자의 발화를 촉진하며 교육적 가치를 실현하기 위한 핵심 기능을 구체화하였다. 먼저 본 연구의 ChatGPT 기반 챗봇의 시스템 흐름도를 [그림 III-1]와 같이 도출하였다.

[그림 III-1] 본 연구의 ChatGPT 기반 챗봇 시스템 흐름도



이 시스템 흐름도는 OpenAI API, 연구자, 챗봇, 학습자 간의 상호작용 과정을 시작적으로 나타낸다. 먼저 OpenAI API는 챗봇이 사용하는 언어 모델과 연결하는 기능으로, 제공된 프롬프트와 학습자 로그인 정보, 대화 내용을 기반으로 적절한 응답을 생성하도록 해준다. 챗봇은 OpenAI API와 연구자, 학습자의 허브 역할을 수행하며 연구자가 설정한 챗봇 프롬프트와 학습자의 대화 내용 및 로그인 정보를 취합하여 API를 이용해 OpenAI로 챗봇 응답을 요청한다. 이렇게 생성된 챗봇 응답은 학습자에게 개인화된 대화 경험을 지원할 수 있다. 이 과정은 연구자가 개인별 사용기록을 확인할 수 있도록 기록된다.

이러한 시스템 흐름도를 구현하기 위해 기능 개발 정의 단계에서 세부 내용을 수립하였다. 첫 번째로, 학습자가 언제 어디서나 접근 가능하도록 웹 기반 환경에서 작동하는 챗봇으로 설계하였다. 이는 사용성 최적화의 원리를 반영한 것으로, 다양한 디바이스(PC, 태블릿, 스마트폰 등)에서 학습자들이 쉽게 접근할 수 있는 학습 환경을 제공하기 위함이다. 이를 구현하기 위해 페이지 기획 및 디자인(UX/UI) 단계에서 사용자 접속 화면 크기에 따라 유동적으로 챗봇 페이지가 조정되도록 기획하였다. 또한 ChatGPT API를 활용하여 챗봇의 언어 생성 기능을 구현하였으며, 이는 설계 원리 중 적극적 발화 유도의 원리와 개인화된 적응적 지원의 원리를 충족하기 위한 핵심 기술이다. API를 통해 생성된 대화는 학습자의 발화를 자연스럽게 유도하며, 즉각적인 응답을 제공할 수 있다.

두 번째로, Stream 기능을 사용하였다. ChatGPT API를 통해 생성된 챗봇의 응답은 기본적으로 토큰(Token) 단위로 생성되며, API는 이 토큰을 하나씩 순차적으로 전송한다. ChatGPT 기반 챗봇에서 별다른 설정을 하지 않을 경우, 응답의 모든 토큰이 생성 완료될 때까지 대기해야 하므로 사용자는 답변이 출력되기까지 지연을 경험할 수 있다. 특히, 긴 응답을 생성하는 경우 이러한 지연은 학습자에게 몰입감을 떨어뜨리고, 대화의 자연스러움을 감소시키는 문제가 발생할 수 있다. 이에 반해, Stream 기능을 활성화하면 챗봇이 생성한 토큰을 실시간으로 학습자에게 전송할 수 있어, 학습자는 전체 답변이 생성되기 전에 텍스트가 출력되는 과정을 점진적으로 확인할 수 있다. 이는 긴 응답에서도 학습자의

대기 시간을 최소화하고, 대화의 몰입도를 유지하며, 학습자의 발화를 유도하는 효과를 기대할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 학습자와의 상호작용에서 시간적 지연을 줄이고 학습 경험을 항상시키기 위해 Stream 기능을 도입하였다.

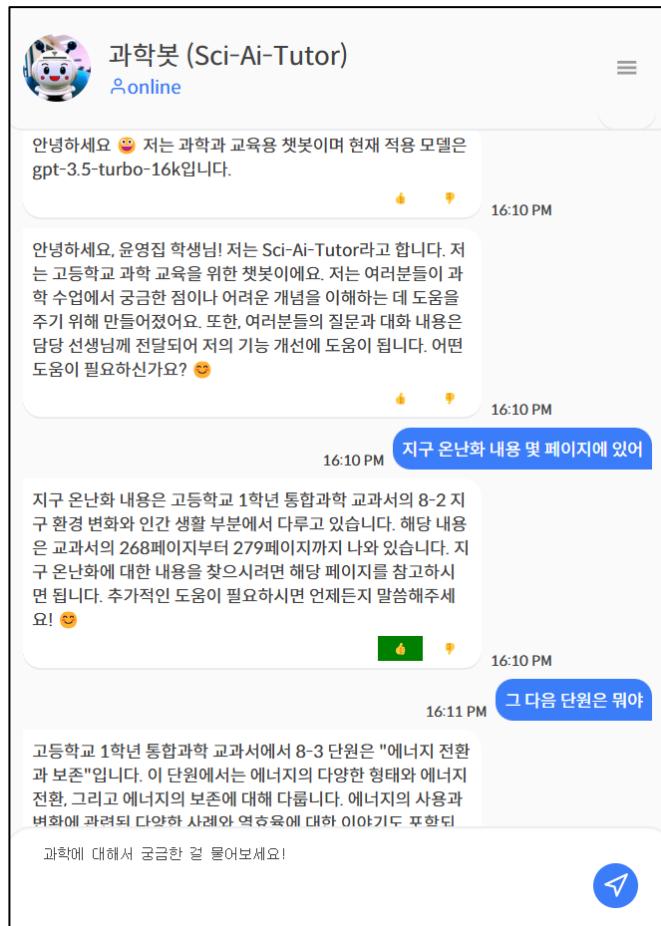
세 번째로, 소셜 로그인 기능을 사용하였다. 소셜 로그인은 사용자가 보유한 기존 소셜 계정을 활용해 간편하게 로그인할 수 있는 기능으로, 구글(Google), 네이버(Naver), 카카오(Kakao)와 같은 널리 사용되는 소셜 플랫폼을 활용하였다. 이는 학습자의 개별화된 데이터를 반영하여 개인화된 학습 경험을 제공하기 위한 개인화된 적응적 지원의 원리를 충족하기 위함이다. 개발 초기에는 학습자 개별화를 위해 별도의 회원가입 절차를 통해 학습자로부터 필요한 정보를 수집하는 방안을 고려하였다. 그러나 회원가입 절차는 학습자에게 번거로움을 줄 뿐만 아니라, 계정 생성 시 아이디와 비밀번호를 입력하는 과정에서 학습자가 개인정보 유출에 대한 불안감을 느낄 가능성이 있었다. 또한, 이러한 방식은 학습자의 개인정보 보호를 강조하는 교사의 안내와 감독의 원리를 충분히 준수하지 못할 위험이 있었다. 본 연구에서는 학습자의 개인정보 수집을 최소화하여 개인정보 유출의 위험을 줄이고, 학습자에게 부담을 덜 주기 위해 소셜 로그인 기능을 채택하였다. 본 연구에서 필요한 학습자 정보는 학습자 식별을 위한 최소한의 데이터로 충분하므로, 소셜 로그인을 통해 사용자의 동의를 기반으로 필요한 정보만을 수집할 수 있다. 이로써 학습자는 별도의 회원가입 절차 없이 간단하게 로그인할 수 있었으며, 교사는 학습자 구별과 최소한의 개인화 정보를 기반으로 학습 진행 상황을 확인할 수 있었다. 또한, 이 방법은 개인정보 수집을 최소화함으로써 데이터 보호 규정을 준수할 수 있었다. 이를 통해 학습자는 원활하고 안전한 환경에서 챗봇과 상호작용할 수 있었으며, 연구자는 학습자 간 대화 데이터를 효과적으로 관리하고 분석할 수 있었다.

네 번째로, 대화 기록 저장 및 확인 기능을 구현하였다. 이 기능은 학습 과정의 점검 및 분석을 위해 연구자가 학습자와 챗봇 간의 대화 데이터를 대화별, 시간별, 대화 내용별로 저장하고 확인할 수 있도록 설계되었다. 이는 교사의 안내와 감독의 원리를 준수하며, 연구자가 학습 과

정을 면밀히 관찰하고 데이터 분석에 활용할 수 있도록 지원하는 중요한 기능이다. 이를 구현하기 위해 기술 스택 선정 과정에서 서버 역할을 할 백엔드, 데이터를 안전하게 저장하고 관리할 데이터베이스, 그리고 웹 사이트 배포 방식을 종합적으로 고려하여 설계되었다.

다음 챗봇 개발 프로세스 단계로 페이지 기획 및 디자인(UX/UI)을 진행하였다. 페이지 기획 및 디자인 단계에서는 학습자가 챗봇과 상호작용하는 과정에서 직관적이고 효율적인 사용자 경험을 제공하기 위해 다음과 같은 설계 원칙과 절차를 수립하였다. 최종 설계된 본 연구의 ChatGPT 기반 챗봇 사용 화면은 [그림 III-2]와 같다.

[그림 III-2] 본 연구의 ChatGPT 기반 챗봇 사용화면



첫째, 사용자 중심의 대화형 인터페이스 설계를 구현하였다. 학습자가 챗봇과 자연스럽게 상호작용할 수 있도록 메시지 형태의 대화 인터페이스를 구성하였으며, 발화의 흐름과 구조를 명확히 시각화하였다. 이는 적극적 발화 유도의 원리를 반영하여 학습자가 보다 적극적으로 사고를 표현할 수 있도록 설계되었다. 특히, 학습자 발화와 챗봇 응답을 구별하기 쉽게 배치하고, 학습자의 질문과 요구를 효과적으로 반영할 수 있도록 설계하였다.

둘째, 스마트폰 메신저와 유사한 UI 구성을 채택하였다. 이는 학습자들에게 익숙한 환경을 제공하기 위함으로, 메시지 스타일과 직관적인 아이콘 배치를 통해 학습자가 별도의 설명 없이도 챗봇을 쉽게 사용할 수 있도록 하였다. 예를 들어, 학습자의 발화를 입력하는 텍스트 입력창, 전송 버튼, 그리고 챗봇의 페르소나(아이콘 및 이름)를 상단에 배치하였다. 이는 서적 상호작용의 원리를 구현하여 챗봇과 학습자 간의 정서적 친밀감을 높이고, 몰입감을 유지하기 위한 설계이다.

셋째, 정서적 친밀감을 높이는 시각적 요소를 활용하였다. 챗봇의 캐릭터와 이름(예: 과학봇 Sci-Ai-Tutor)을 설정하여 학습자가 대화의 주체를 명확히 인식하고 친밀감을 느낄 수 있도록 하였다. 또한, 긍정적인 피드백을 제공하는 이모티콘이나 버튼을 활용하여 학습 동기를 자극하였다. 이는 정서적 상호작용의 원리를 적용한 것으로, 학습자가 대화 참여를 지속하도록 돋는다.

넷째, 다양한 디바이스에서의 접근성을 고려한 반응형 웹 디자인을 구현하였다. 학습자가 PC, 태블릿, 스마트폰 등 다양한 디바이스를 통해 접근할 수 있도록 화면 크기에 따라 자동으로 조정되는 반응형 레이아웃을 설계하였다. 이는 사용성 최적화의 원리를 충족하기 위한 설계로, 언제 어디서나 학습자가 불편 없이 챗봇을 활용할 수 있도록 하였다.

다섯째, 사용자 피드백 수집 기능을 포함하였다. 학습자가 대화 후 챗봇의 응답에 대해 만족도를 평가할 수 있는 버튼과 추가 의견을 입력할 수 있는 텍스트 창을 제공하여 챗봇의 성능 개선과 사용자 경험 최적화를 위한 데이터를 수집하였다. 이는 교사의 안내와 감독의 원리를 반영한 설계로, 교사가 학습 데이터를 활용할 수 있도록 하였다.

마지막으로, 기술 스택 선정 단계에서는 프론트엔드(Frontend), 백엔드(Backend), 데이터베이스(Database), 배포(Deploy) 형식을 종합적으로 고려하여 연구의 목적과 효율성을 극대화할 수 있는 구조를 설계하였다. 프론트엔드(Frontend)는 학습자와의 직관적이고 반응형 상호작용을 위해 중요하지만, 이를 효과적으로 구현하기 위해서는 백엔드, 데이터베이스, 웹사이트 배포 기술 스택과의 호환성과 상호작용을 충분히 고려하여 적합한 기술을 선정해야 할 필요가 있다. 이에 따라 먼저 나머지 3개의 요소를 선정한 뒤 이를 바탕으로 최적의 프론트엔드 기술을 결정하였다.

백엔드는 AWS와 같은 별도의 서버를 구축하여 대화 데이터를 저장 및 관리하는 방식을 연구 초기에 계획하였다. 그러나 이러한 방식은 개발 과정에서 과도한 자원 소모와 복잡한 유지보수 작업을 요구할 수 있는 한계점이 있었다. 따라서, 본 연구에서는 별도의 서버를 두지 않는 Serverless Architecture를 선택하여 이러한 문제를 해결하였다. Serverless 환경에서는 특정 요청이 있을 때만 서버 자원을 활용하며, 이를 통해 비용 효율성과 개발 편의성을 동시에 확보할 수 있다. 본 연구에서는 Serverless 플랫폼으로 Vercel을 활용하였다. Vercel은 프론트엔드와 백엔드 작업의 통합적 관리를 지원하며, 배포 자동화와 성능 최적화에 강점을 가진 플랫폼으로, 학습자와의 대화 데이터 처리와 안정적 운영을 가능하게 한다. 데이터 저장소로는 Firebase를 사용하였는데, Firebase는 클라우드 기반의 데이터베이스로 실시간 데이터 처리와 간편한 연동이 가능하며 Vercel과의 높은 호환성을 제공한다. 특히, Firebase와 Vercel은 모두 사용량 기반의 과금 모델을 제공하며, 일정 수준의 사용량까지는 무료로 제공되는 장점이 있어 초기 개발 비용을 최소화할 수 있었다. 이러한 기술 스택의 통합은 대화 데이터의 저장, 관리, 확인 과정을 단순화하고, 안정적이면서도 비용 효율적인 학습 환경을 조성하였다.

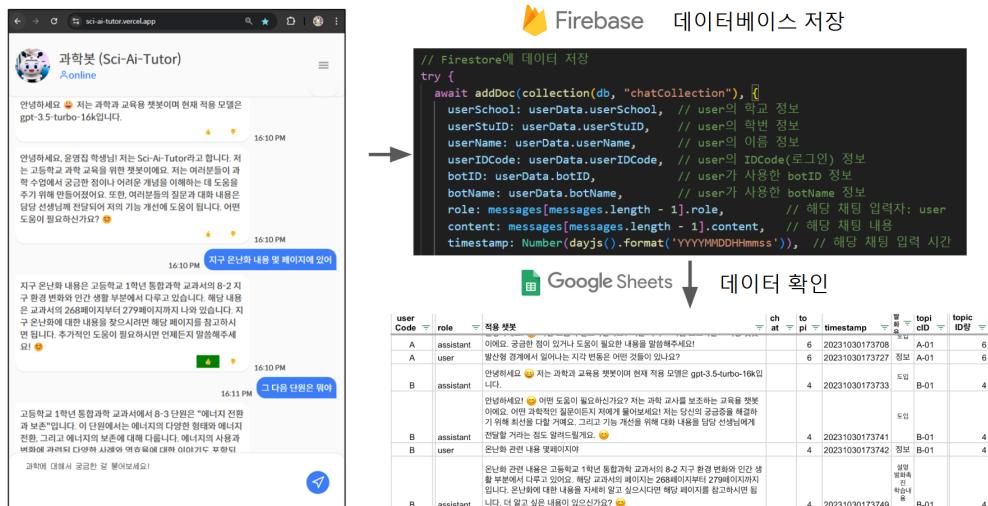
이와 같이 백엔드, 데이터베이스, 웹사이트 배포 기술을 종합적으로 고려한 후, 프론트엔드(Frontend)는 React, Next.js, TypeScript를 활용하여 구현하였다. React는 사용자 인터페이스를 직관적이고 반응형으로

설계하는 데 강점을 가지며, Next.js는 서버 측 렌더링(Server-Side Rendering, SSR)을 지원하여 Vercel과의 연동성을 극대화하였다. TypeScript는 정적 타입을 제공하여 코드 안정성을 강화하고, 복잡한 데이터 처리 과정을 명확히 구현할 수 있도록 하였다. 이러한 선택은 앞서 선정된 기술 스택들과의 높은 호환성을 보장하면서도 학습자 중심의 직관적이고 반응형인 UI/UX 설계를 가능하게 하였다.

3.4 자료 수집

본 연구는 교사 피드백 화법을 적용한 ChatGPT 기반 챗봇의 효과성을 분석하기 위해 학습자와 챗봇 간의 대화 데이터를 실시간으로 수집하고, 이를 기반으로 학습자의 발화와 챗봇의 응답을 분석하였다. 자료 수집은 학습자와 챗봇 간의 모든 대화를 기록하여 이루어졌다. 학습자가 챗봇과 상호작용할 때 생성된 데이터는 [그림 III-3]의 대화 기록 수집 흐름도에 따라 자동으로 저장되었다.

[그림 III-3] 대화 기록 수집 흐름도



학습자가 입력한 메시지와 챗봇의 응답은 Firestore 데이터베이스에 저장되었으며, 이후 Google Sheets와 같은 형식을 통해 데이터를 확인하고 관리하였다. 대화 데이터에는 사용자 정보(소속교, 학번, 이름, 로그인 ID)와 사용 챗봇 정보(챗봇 ID, 이름), 채팅 정보(발화자(사용자 또는 챗봇), 채팅 입력 내용, 입력 시간)가 포함되었다.

정리된 대화 데이터는 연구자가 주기적으로 확인하고, 학습자의 발화량, 발화 유형, 챗봇의 응답 특성을 분석하는 데 활용되었다. 연구 과정에서 교육적 개입이 필요한 대화 내용이 확인될 경우, 연구 협력 교사를 통해 학습자에게 적절한 지도가 제공되었다.

수집된 대화 데이터에 대한 전처리 과정에서는 학생별로 익명화된 코드(A~P)로 변환되어 관리되었으며, 학습자가 접속하여 챗봇이 환영 메시지를 출력하고 학습자가 종료할 때까지의 시간순으로 연속된 대화에 대화 코드(예: A-01)가 부여되었다.

3.5 자료 분석

3.5.1 교사 피드백 화법 적용 여부에 따른 ChatGPT 기반 챗봇의 발화 유형 비교

교사 피드백 화법 적용 여부에 따른 ChatGPT 기반 챗봇의 발화 유형 비교 분석은 교사 피드백 화법을 적용한 ChatGPT 기반 챗봇(이하 적용 챗봇)과 교사 피드백 화법이 적용되지 않은 ChatGPT 기반 챗봇(이하 미적용 챗봇)을 별도로 제작하여, 동일한 학습자의 발화에 대한 두 챗봇의 응답을 비교 분석하기 위해 진행되었다. 적용 챗봇의 발화는 학습자의 발화에 따라 이미 수집된 대화 데이터를 기반으로 자동적으로 저장되었으며, 미적용 챗봇의 발화는 동일한 학습자 발화를 연구자가 대리 입력하여 수집되었다. 이러한 과정은 미적용 챗봇을 학습자가 직접 사용할 경우 교육적으로 부적절하거나 혼란을 야기할 가능성을 방지하기 위해 연구자가 수행한 조치였다. 이렇게 수집된 데이터는 동일한 학습자

발화에 대한 챗봇 응답 비교 데이터셋으로 정리되었으며, 각 챗봇의 발화 유형은 [표 III-5]에 정의된 발화 유형(도입, 설명, 복귀, 공감, 칭찬, 발화촉진, 동기유발, 개인화, 학습내용)으로 분류되었다.

교사 피드백 화법 적용 여부에 따른 챗봇의 발화 유형 비교는 ‘학습자 발화 단위’와 ‘학습자 발화 유형 단위’ 두 가지 방법으로 진행되었다. 먼저, 학습자 발화별 챗봇 발화 유형 비교는 각 학습자의 발화에 대해 적용 여부에 따라 챗봇의 발화 유형이 어떻게 달라지는지를 분석하는 방식으로 이루어졌다. 이를 통해 각 발화 유형별 빈도를 기술 통계적으로 분석하고, 데이터 분포를 비교하여 교사 피드백 화법 적용 여부에 따른 차이를 확인하였다. 또한, 유형별 대표 사례를 도출하여 발화 유형의 특징과 교사 피드백 화법 적용의 영향을 구체적으로 비교하였다.

교사 피드백 화법 적용 여부에 따른 챗봇의 발화 유형 차이를 검증하기 위해 통계적 분석을 실시하였다. Python의 `scipy.stats` 라이브러리를 활용하여 `chi2_contingency()` 함수를 이용한 카이제곱 검정(Chi-square test)과 `fisher_exact()` 함수를 이용한 피셔의 정확 검정(Fisher's exact test)을 수행하였다. 기대빈도가 5 이상인 경우에는 카이제곱 검정을, 5 미만인 경우에는 피셔의 정확 검정을 적용하였으며, 이를 통해 양측검정(two-tailed test)과 단측검정(one-tailed test)을 모두 수행하였다. 먼저 양측검정을 통해 교사 피드백 화법의 적용이 챗봇의 발화에 유의한 차이를 보이는지 통계적으로 확인하였고, 양측 검정에서 유의한 차이가 발견된 발화 유형에 대해 단측 검정(one-sided test, one-tailed test)을 실시하여 해당 발화 유형의 증가 또는 감소 경향을 검토하였다. 통계 분석은 전체 대화 데이터셋에서 해당 발화 유형이 나타났는지 여부에 대한 챗봇 간 비교 교차표를 구성하여 모든 발화 유형별로 분석되었다. 검정의 귀무가설은 ‘적용 챗봇과 미적용 챗봇 간 해당 발화 유형의 빈도 분포에는 유의미한 차이가 없다’는 가정이다. 이를 검증하기 위해 관찰된 빈도(observed frequency)와 기대 빈도(expected frequency)를 비교하여 검정 통계량을 계산하였다. 검정 결과에서 p -값(p-value)이 양측검정은 0.05 미만, 단측검정은 0.025 미만인 경우, 귀무가설을 기각하

고 적용 챗봇과 미적용 챗봇 간 해당 발화 유형의 빈도 분포에 유의미한 차이가 있다고 판단하였고, 그렇지 않은 경우 두 챗봇 간 해당 발화 유형의 빈도 차이는 통계적으로 유의미하지 않다고 해석하였다. 교차표 내 기대 빈도가 5 미만인 셀의 수가 전체 셀의 25%를 넘을 때는 피셔의 정확 검정을 사용하였다. 피셔의 정확 검정은 작은 표본에서도 정확한 p -값을 제공하며, 분석 결과의 신뢰성을 높였다.

다음으로, 학습자 발화 유형별 챗봇 발화 유형 비교는 각 학습자 발화 유형(정보, 설명, 확인, 예측, 적용, 확장, 교과관련, 화자관련, 무관련, 긍정, 부정, 요청)을 기준으로 집단을 나누고, 해당 집단 내에서 교사 피드백 화법 적용 여부에 따라 챗봇의 발화 유형이 어떻게 달라지는지를 분석하는 방식으로 이루어졌다.

학습자 발화 유형별 비교 분석에서는 앞서 수행된 학습자 발화별 비교 분석과 동일하게 카이제곱 검정과 피셔의 정확 검정을 적용하였다. 그러나 앞선 분석은 전체 대화 데이터셋을 표본으로 교차표 분석을 수행한 반면, 이번 분석은 학습자 발화 유형별로 집단을 구분한 뒤 각 집단의 데이터셋을 표본으로 하여 교차표 분석을 진행하였다. 즉, 앞선 분석이 전체 학습자 발화에 대해서 적용 여부에 따라 챗봇 발화 유형을 비교한 것이라면, 이번 분석은 각 학습자 발화 유형 내에서 적용 여부에 따라 챗봇 발화 유형이 어떻게 달라지는지를 확인하는 데 초점을 맞췄다.

본 연구는 학습자가 통합과학 학습을 위해 교사 피드백 화법을 적용한 ChatGPT 기반 챗봇을 사용했을 때, 발화량에 영향을 미치는 요인으로 챗봇의 발화 유형 뿐만 아니라 학습자의 발화 유형이 연관될 수 있다는 점을 탐색하고자 했다. 이를 위해 본 연구의 챗봇을 사용하는 학습자의 발화 유형을 체계적으로 분류하고자 하였다.

이를 위해 과학 학습을 위한 챗봇 사용과 관련한 선행 연구에서 학습자 발화 유형을 참고하려 했으나, 과학 교육 맥락에서 챗봇과의 상호 작용에 대한 학습자 발화 유형 연구뿐만 아니라, 일반적인 교육용 챗봇을 사용하는 학습자의 발화 유형에 관한 연구도 충분하지 않았다. 따라서 박보비의 연구(2019)에서 분류한 학생 질문의 유형과 과학교육에서

의 학습자 질문 유형([표 II-4] 참고)을 바탕으로 본 연구에서 사용할 학습자 발화 유형을 새롭게 도출할 필요가 있었으며, 이에 따른 결과는 [표 III-7]과 같다.

[표 III-7] 학습자 발화 유형

유형		특징	예시
지식질문	정보	<ul style="list-style-type: none"> 학습 주제에 대한 누가, 무엇 등의 내용을 요구하거나 확인하는 질문 	“전현수송* 공식 정리해서 외워야 할 공식 알려줘” (*전현수송'의 오기)
	설명	<ul style="list-style-type: none"> 학습 주제 및 현상에 대한 이유나 근거를 묻는 질문 	“엘리뇨 시기에 동태평양에 그림으로는 하강기류가 형성되는데 왜 홍수가 발생해?”
	확인	<ul style="list-style-type: none"> 학습 내용 및 사실에 대한 확인을 요구하는 질문 	“페렐 순환이 Polar circulation이야?”
사고질문	예측	<ul style="list-style-type: none"> ‘만약 ~라면, ~일까?’와 같이 가설-검증형 질문 	“두더지가 땅을 파서 산소가 유입되면 땅속에 있는 협기성세균들은 죽어?”
	적용	<ul style="list-style-type: none"> 학습 주제 및 대상의 구체적인 적용 모습 및 활용 방법에 대한 질문 	“선생님께서 산업혁명 이전에 일어난 지구 평균 온도 변화는 지구온난화라 하지 않는다고 하였는데 너는 어떻게 생각하니?”
	확장	<ul style="list-style-type: none"> 학습 주제에 자신의 생각이나 학습했던 내용을 더하여 상위 개념 및 범위를 확장하여 제시하는 질문 	“지구 온난화라고 부를 수 있는 기준은 무엇일까?” “여기서 나올만한 시험문제”
학습외발화	교과관련	<ul style="list-style-type: none"> 학습 내용과 관련된 학습 주제 외 발화 	“과학이 없으면 세상은 어떻게될까?”
	화자관련	<ul style="list-style-type: none"> 화자(학습자와 챗봇)와 관련된 학습 주제 외 발화 	“넌 과학 잘해?” “과학시험을 잘 치려면 어떻게 해야돼?”
	무관련	<ul style="list-style-type: none"> 학습 내용이나 화자와 관련 없는 학습 주제 외 발화 	“몬티홀* 딜레마에관해 알려줘” (*몬티홀'의 오기)
반응	긍정	<ul style="list-style-type: none"> 챗봇의 발화 내용에 대해 동의, 칭찬, 호응, 화답하는 반응 	“너 엄청 똑똑하다” “안녕!”
	부정	<ul style="list-style-type: none"> 챗봇의 발화 내용에 대해 거부하거나 비난하는 반응 	“아니 그러니까 사진에서는 동쪽에 비가 안오고 태평양 중간에 비가온다고!!!!”
	요청	<ul style="list-style-type: none"> 다른 형태로 챗봇이 응답하도록 요청하는 반응 	“너무 활기차다 좀 차분해져봐”

3.5.2 학습자의 발화량에 영향을 미치는 챗봇 발화 유형과 학습자 발화 유형

학습자의 발화량에 영향을 미치는 요인을 분석하기 위해, 학습자의 발화량이 챗봇과 학습자의 발화 유형에 의해 영향을 받을 수 있다는 가정 하에 연구를 진행하였다. 이를 위해 ‘학습자 발화량과 챗봇 발화 유형 간의 상관관계’ 및 ‘학습자 발화량과 학습자 발화 유형 간의 상관관계’를 각각 정량적으로 분석하였다.

학습자의 발화량과 챗봇의 발화 유형 간의 관계를 분석하기 위해 대화 코드별로 학습자 발화 수와 챗봇의 발화 유형별 빈도를 집계하였다. 이를 위해 Python의 pandas 라이브러리를 활용하여 데이터를 그룹화하고, 챗봇 발화 유형별 빈도를 계산하였다. 이후, scipy.stats의 spearmanr() 함수를 이용하여 스피어만 상관분석(Spearman correlation analysis)을 수행하고, 학습자 발화량과 챗봇 발화 유형 간의 상관관계를 검증하였다. 스피어만 상관계수(Spearman r)와 p-값(p-value)을 기준으로 각 챗봇 발화 유형이 학습자 발화량과 어떤 관계를 가지는지 확인하였다. 상관계수의 절댓값이 0.8 이상이면 강한 상관관계, 0.4~0.8이면 중간 정도 상관관계, 0.4 이하이면 약한 상관관계로 판단하였으며, 또한, p-값이 0.05 미만일 경우 해당 관계를 통계적으로 유의미한 것으로 판단하였다. 유의미한 상관관계가 확인된 챗봇 발화 유형을 독립변수로 설정하여 다중회귀분석(Multiple linear regression)을 수행하였다. 다중회귀분석은 최소제곱법(Ordinary Least Squares, OLS)을 기반으로 진행되었으며, Python의 statsmodels.api 라이브러리에서 OLS() 함수를 활용하여 분석을 수행하였다. 이를 통해 각각의 챗봇 발화 유형이 학습자 발화량에 미치는 영향을 비교하고, 개별 발화 유형의 상대적인 예측력을 평가하였다.

다음으로, 학습자 발화량과 학습자 발화 유형 간의 관계를 분석하기 위해 동일한 방법을 적용하여 대화 코드별로 학습자 발화 수와 학습자 발화 유형별 빈도를 집계하였다. 이후, 앞서 수행한 학습자 발화량과 챗봇의 발화 유형 간의 분석과 동일하게 스피어만 상관분석과 다중회귀분

석을 적용하여 학습자 발화 유형이 학습자 발화량에 미치는 영향을 검토하였다.

IV. 연구 결과 및 논의

4.1 교사 피드백 화법 적용 여부에 따른 ChatGPT 챗봇의 발화 유형 비교

학습자 발화별 챗봇 발화 유형 비교를 위해 교사 피드백 화법이 적용된 ChatGPT 기반 챗봇을 개발 및 배포하여 통합과학 학습자와의 대화 데이터를 수집하였다. 수집된 대화 데이터는 챗봇 접속 기록 129건과 챗봇 및 학습자의 발화 793건으로 구성되었으며, 이 중 챗봇의 발화는 520건, 학습자의 발화는 273건으로 나타났다. 챗봇 발화 520건 중 접속 시 자동 생성되는 환영 메시지 256건을 제외하면, 분석 가능한 챗봇 발화는 총 264건이었다. 반면 학습자의 발화는 273건으로, 챗봇 발화보다 9건 많았다. 이는 학습자의 발화는 입력 즉시 데이터베이스에 저장되지만, 챗봇의 발화는 생성 완료 시점에 저장되므로 챗봇의 발화가 생성되는 도중 학습자가 대화를 종료한 경우 해당 챗봇 발화는 저장되지 않기 때문이다. 전처리 과정에서 챗봇에 접속하였으나 학습자가 발화를 하지 않고 나간 대화 기록 48건이 제거되었으며, 챗봇의 발화 생성 완료 전에 사용자가 대화를 종료한 9건을 제외하고 최종적으로 학습자와 챗봇의 발화는 총 264건씩의 데이터셋이 구성되었다.

264건의 데이터셋을 바탕으로 교사 피드백 화법이 적용된 ChatGPT 기반 챗봇(이하 적용 챗봇)과 교사 피드백 화법이 적용되지 않은 ChatGPT 기반 챗봇(이하 미적용 챗봇)을 별도로 제작하여 비교 분석을 진행하였다. 동일한 학습자의 발화에 대해 적용 챗봇과 미적용 챗봇의 응답 데이터를 수집하여 하나의 비교 데이터셋으로 구성하였다. 이 데이터셋은 [표 III-5]에 정의된 발화 유형을 기준으로 분류하고 비교하는데 사용되었다. 이를 통해 챗봇의 발화 특성과 발화 유형 간 차이를 체계적으로 분석할 수 있었다. 적용 챗봇의 구체적인 분석 사례는 학습자 A의 대화 사례(A-10)를 분석한 것은 [표 IV-1]와 같다.

[표 IV- 1] 적용 챗봇 발화 유형 분석 사례(A-10)

발화코드	내용	유형
A-10- 적용-1	안녕하세요 😊 저는 과학과 교육용 챗봇이며 현재 적용 모델은 gpt-3.5-turbo-16k입니다.	도입
A-10- 적용-2	안녕하세요, ○○○ 학생님! ¹ 저는 Sci-Ai-Tutor라고 합니다. 저는 고등학교 과학 교육을 위한 챗봇으로서 여러분의 질문에 답변해드릴 수 있습니다. 또한, 기능 개선을 위해 대화 내용이 담당 선생님에게 전달된다는 점을 알려드립니다. 어떤 도움이 필요하신가요? 😊	도입 ¹ 개인화
A-10- 학습자-1	아무거나 말해봐	요청
A-10- 적용-3	그럼요! 😊 ² 지구 온난화 ³ 에 대해 알고 계시나요? 지구 온난화는 지구의 기온이 상승하는 현상을 말합니다. 이는 대기 중의 온실 기체들이 지구의 열을 가두어 온도를 높이는 온실 효과로 인해 발생합니다. 이산화 탄소와 같은 온실 기체들은 인간의 활동으로 인해 증가하고 있습니다. ⁴	² 공감 ³ 학습내용 ⁴ 설명
	<u>지구 온난화는 지구 환경과 인간 생활에 다양한 영향을 미칩니다.</u> ³ 예를 들어, 해수면 상승이 발생하여 해안 저지대가 침수 ³ 되고, 극지방의 빙하가 녹아내려 북극곰과 같은 동물들의 서식지 ³ 가 위협받을 수 있습니다. 또한, 기후 변화로 인해 폭우, 가뭄, 홍수 등의 기상 이변이 더 자주 발생 ³ 하게 됩니다. ⁴	⁵ 발화촉진
	<u>지구 온난화에 대해 더 알고 싶은 점이 있으신가요?</u> 😊 ⁵	
A-10- 학습자-2	뉴턴에 대해 알려줘	교과관련
A-10- 적용-4	물리학에서 아이작 뉴턴은 중요한 인물입니다. 뉴턴은 17세기에 활동한 영국의 물리학자, 수학자, 천문학자입니다. 그의 가장 유명한 업적은 "운동의 법칙"을 발견한 것입니다. 이 법칙은 물체의 운동을 설명하는데 사용되며, 뉴턴의 운동 법칙이라고도 불립니다. ⁴	
	뉴턴은 세 가지 법칙을 제시했습니다. 첫 번째는 "관성의 법칙"으로, 물체는 힘이 작용하지 않는 한 정지하거나 등속 운동을 유지한다는 원리입니다. 두 번째는 "운동량 보존의 법칙"으로, 단순 시스템에서는 운동량의 총량이 변하지 않는다는 원리입니다. 세 번째는 "작용과 반작용의 법칙"으로, 한 물체가 다른 물체에 힘을 가하면 그 반대 방향으로 같은 크기의 힘이 가해진다는 원리입니다. ⁴	⁴ 설명 ⁵ 발화촉진
	이러한 뉴턴의 법칙은 현대 물리학의 기초가 되었으며, 우리가 일상에서 경험하는 운동 현상을 설명하는 데에도 사용됩니다. 뉴턴의 업적은 과학의 발전에 큰 영향을 미쳤으며, 그의 이론은 오랜 기간 동안 지배적인 이론으로 사용되었습니다. ⁴	
	<u>더 알고 싶은 점이 있으신가요? 뉴턴의 법칙에 대해 더 자세히 알려드릴까요?</u> 😊 ⁵	

발화코드 A-10-적용-1과 A-10-적용-2는 학습자가 챗봇에 접속했을 때 챗봇이 선제적으로 대화를 시작하며 학습자의 발화를 촉진하는 도입 발화이다. A-10-적용-1의 발화 내용은 고정된 입력값을 그대로 자동 출력한 것이며, A-10-적용-2의 발화는 “반갑고 짤막하게 이모지를 사용해 이름을 불러주며 인사!”라는 도입 발화 프롬프트 설정에 따라 생성된 답변이다. 이 과정에서 발화 내용에 학습자의 이름이 포함된 것을 확인할 수 있는데, 이는 학습자의 개인화 정보를 활용하여 응답을 제공하는 개인화 발화에 해당된다. 그러나 A-10-적용-1과 A-10-적용-2는 학습자의 요청과 무관하게 생성된 선제적 발화로, 챗봇과 학습자의 대화를 분석하기 위한 전처리 과정에서 제외되었다.

A-10-학습자-1에 의해 생성된 A-10-적용-3은 공감, 학습내용, 설명, 발화촉진 4가지 발화 유형이 중복되어 나타났다. “그럼요!”와 이모지(Emoji) “😊”는 학습자에게 정서적 친밀감을 유도하는 요소로, 학습자의 요청에 긍정적으로 반응하며 감정을 표현한 공감 발화에 해당된다.

학습자가 “아무거나 말해봐”라는 요청에 답변 내용이 지구 온난화와 관련된 주제를 다룬 이유는, 챗봇의 프롬프트 설정에서 고등학교 1학년 통합과학의 지구 온난화 관련 학습 내용을 기반으로 대화를 지원하도록 설계되었기 때문이다. 특히 챗봇 프롬프트에는 학습자의 통합과학 교과서 272쪽의 내용인 ‘활동 1. 각각의 경우에 지구 온난화가 지구 환경 또는 인간 생활에 미친 영향이 무엇인지 말해 보자.’와 그 활동 예시인 ‘(나) 북극의 빙하가 녹으면 북극곰의 생활 터전이 사라진다. (다) 극지방의 빙하가 녹으면 해수면의 높이가 상승한다. (라) 해수면 상승으로 해안 저지대와 섬이 침수된다.’, 그리고 ‘기상’ 이변: 기후 변화로 폭우, 홍수, 가뭄 등의 기상 이변 발생 빈도 급증’이 있었는데, A-10-적용-3의 내용을 보면 이러한 문구를 집중적으로 활용해서 생성된 것을 확인할 수 있다. 이는 챗봇의 목적에 맞게 학습된 학습 내용에 특화된 답변을 제공하는 학습내용 발화에 속한다.

또한 챗봇의 발화 내용은 전반적으로 지구 온난화에 대한 설명 내용이 담겨있으므로 이는 설명 발화로 분류된다. 발화 끝부분의 “지구 온난화에 대해 더 알고 싶은 점이 있으신가요?”는 발화 끝에 후속 질문이나

대화 지속을 유도하는 문구를 포함하여 학습자의 대화 참여를 지속적으로 유도하기 위한 발화촉진 발화에 해당된다.

A-10-학습자-2는 과학교과와 관련된 내용인 뉴턴에 대한 질문이었는데, 이에 대한 챗봇의 응답인 A-10-적용-4에서는 설명, 발화촉진의 발화 유형 2건이 중복되어 나타났다.

이러한 결과는 적용 챗봇이 학습자에게 풍부하고 다양한 유형의 답변을 제공하며, 챗봇 프롬프트 설정에서 설계된 다양한 발화 유형을 충실히 반영하고 있음을 보여준다. 이는 대화에서 발화의 길이가 길어질수록 복합적인 발화 유형이 포함될 가능성이 크다는 일반적인 특성을 반영한 것이다. 이에 반해 본 연구에 참여한 학습자의 발화는 짧은 형태로 나타나 모든 발화가 단일 유형으로 분류되는 특징이 있었다.

다음으로 미적용 챗봇에 동일한 학습자 발화를 순서대로 입력하여 미적용 챗봇의 발화를 얻었고, 이 또한 [표 III-5]에 정의된 발화 유형을 기준으로 분류하였다. 이는 적용 챗봇의 답변에서 다양한 발화 유형이 나타나는 것이 챗봇 프롬프트 설정에 따른 결과인지 확인하기 위해 동일한 학습자 발화에 대해 미적용 챗봇이 제공하는 답변과 어떤 차이가 있는지 비교하기 위함이다. [표 IV-1]의 학습자 A의 대화 사례(A-10)에서 학습자 발화를 미적용 챗봇에 순서대로 입력하여 얻은 미적용 챗봇의 발화와 발화 유형 분석 결과는 [표 IV-2]와 같다.

[표 IV- 2] 미적용 챗봇 발화 유형 분석 사례(A-10)

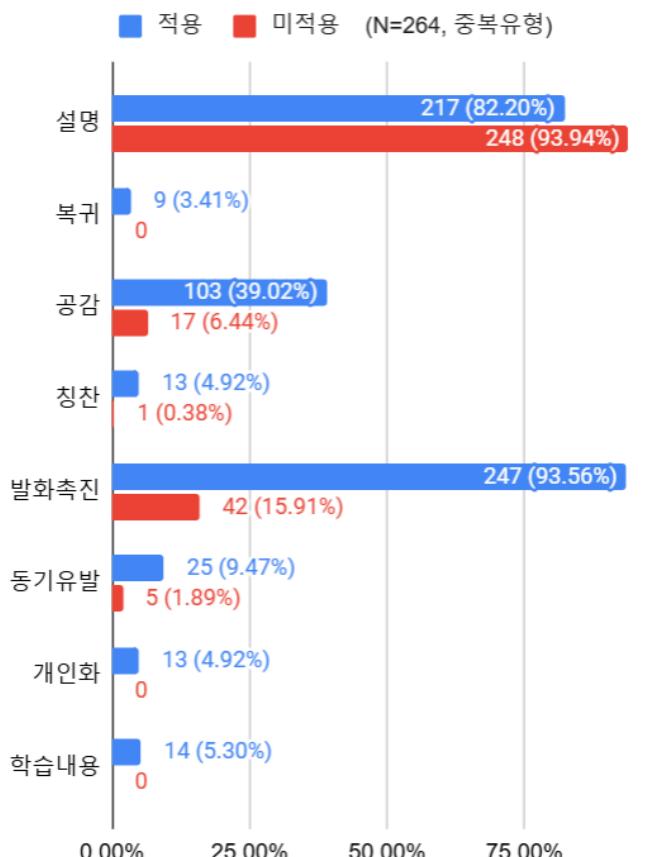
발화코드	내용	유형
A-10- 학습자-1	아무거나 말해봐	요청
A-10- 미적용-1	안녕하세요! 저는 인공지능 어시스턴트입니다. ¹ 무엇을 도와드릴까요? ²	¹ 설명 ² 발화촉진
A-10- 학습자-2	뉴턴에 대해 알려줘	교과관련
A-10- 미적용-2	뉴턴은 17세기 영국의 과학자이며, 현대 물리학의 기초를 다지는 데 큰 업적을 남긴 인물입니다. 그의 가장 유명한 업적은 만유인력의 법칙을 발견한 것입니다. 이 법칙은 물체 사이의 인력을 설명하며, $F = G * (m_1 * m_2) / r^2$ 로 표현됩니다. 여기서 F는 인력, G는 만유인력 상수, m_1 과 m_2 는 물체의 질량, r은 물체 사이의 거리를 나타냅니다.	
	이 외에도 뉴턴은 광학, 수학, 열역학 등 다양한 분야에서 중요한 발견을 이끌어냈습니다. 그의 광학 연구에서는 화이트 빛이 분광되는 현상을 설명하고, 뉴턴 링과 같은 현상을 발견했습니다. 이를 통해 빛의 산란과 굴절에 대한 이해를 도모하였습니다.	설명
	뉴턴은 또한 미적분학의 개념을 발전시키고, 뉴턴의 법칙이라고 불리는 운동 법칙을 제시했습니다. 이 법칙은 물체의 운동을 설명하며, 운동량과 가속도, 힘의 개념을 도입하여 운동을 수학적으로 표현할 수 있게 했습니다.	
	뉴턴의 이러한 발견과 이론들은 현대 물리학의 기초가 되었으며, 그의 업적은 과학사상에서 큰 영향을 미쳤습니다. 그의 이론들은 아직 뉴턴의 3대 법칙이라고도 불리며, 현대 물리학의 기초 개념으로 여전히 사용되고 있습니다.	

미적용 챗봇은 학습자에게 선제적으로 대화를 시작하거나 발화를 촉진하는 도입 발화가 설계 단계에서 제외되었기 때문에, 학습자가 먼저 발화하기 전까지 챗봇의 발화는 생성되지 않는 것으로 확인되었다. 이는 학습자의 발화가 챗봇 대화의 시작 조건으로 작용하며, 학습자가 대화를 시작하지 않을 경우 미적용 챗봇의 발화 자체가 이루어지지 않는 구조로 설계되었음을 보여준다.

또한, 수집된 데이터셋에서도 미적용 챗봇의 모든 발화에서 도입 발화가 전혀 나타나지 않았다는 점이 확인되었다. 이는 미적용 챗봇이 학습자와의 상호작용을 능동적으로 주도하기보다는, 학습자의 발화에 반응하는 수동적인 응답 체계로 작동하고 있음을 시사한다.

이와 같이 264건의 데이터셋을 모두 분석 결과는 [그림 IV-1]과 같다.

[그림 IV-1] 교사 피드백 화법 적용 여부에 따른 챗봇 발화 유형 비교



[그림 IV-1]은 교사 피드백 화법 적용 여부에 따른 두 챗봇의 발화 유형 분포를 나타낸다. 파란색은 적용 챗봇의 발화 빈도를, 빨간색은 미 적용 챗봇의 발화 빈도를 각각 나타낸다. 발화 유형별 빈도는 중복 유형으로 집계되었으며, 하나의 챗봇의 발화에서 평균 2.67건의 중복 유형이 나타났다.

적용 챗봇은 공감, 발화촉진, 칭찬 등 설명 발화를 제외한 모든 발화 유형에서 미 적용 챗봇보다 높은 빈도를 보였다. 공감 발화는 적용 챗봇이 103회(39.02%)로 미 적용 챗봇의 17회(6.44%)에 비해 훨씬 높은

빈도를 보였다. 발화촉진 발화는 적용 챗봇이 247회(93.56%)로 미적용 챗봇의 42회(15.91%)보다 월등히 높았으며, 칭찬 발화 역시 적용 챗봇이 13회(4.92%)로 미적용 챗봇의 1회(0.38%)를 크게 상회하였다. 또한, 동기유발 발화는 적용 챗봇이 25회(9.47%)로 미적용 챗봇의 5회(1.89%)보다 높았다. 복귀, 개인화, 학습내용 발화는 적용 챗봇에서만 각각 9회(3.41%), 13회(4.92%), 14회(5.30%)로 나타난 반면, 미적용 챗봇에서는 이러한 유형이 전혀 나타나지 않았다. 반면 설명 발화는 미적용 챗봇이 248회(93.94%)로 적용 챗봇의 217회(82.20%)보다 높은 빈도를 보였다. 이러한 차이는 챗봇 발화 유형 분석 사례인 [표 IV-1]와 [표 IV-2]에서 동일한 학습자 발화에 대해 두 챗봇이 다르게 응답하는 방식을 비교하면 명확히 드러난다.

적용 챗봇은 학습자 발화에 대해 정서적 반응을 포함한 다양한 발화 유형을 활용하여 학습자의 참여를 유도하고 상호작용을 증진하는 데 중점을 두었다. 예를 들어, [표 IV-1]에서 적용 챗봇은 “아무거나 말해봐”라는 학습자의 요청 발화에 대해 공감 발화와 학습내용 발화를 결합하여 지구 온난화라는 학습 주제를 제시하고, 후속 발화촉진 문구를 통해 학습자의 추가적인 참여를 유도하였다. 이는 단순 정보 제공을 넘어 정서적 공감과 대화 지속성을 높이는 방식으로 응답했음을 보여준다.

반면 [표 IV-2]에서 미적용 챗봇은 “아무거나 말해봐”라는 같은 발화에 대해 “안녕하세요! 저는 인공지능 어시스턴트입니다. 무엇을 도와드릴까요?”라고만 응답하였다. 이는 학습 내용과 챗봇의 페르소나가 설정 되어있지 않아 자신을 ‘인공지능 어시스턴트(AI assistant)’라고 소개하였으며, 학습자의 발화에 맞춘 정서적 공감이나 개인화된 정보를 반영하지 않은 것을 보여준다. 학습자의 요구에 대한 응답이 학습내용과 연관되지 않았기 때문에, 대화의 맥락과 상호작용성을 강화하는 요소가 부족하다는 점에서 적용 챗봇과 차이를 보였다.

또한, 학습자가 “뉴턴에 대해 알려줘”라는 교과관련 발화를 했을 때, 적용 챗봇(

[표 IV-1])은 뉴턴의 업적과 운동 법칙을 간략히 설명한 뒤 “뉴턴의 법칙에 대해 더 자세히 알려드릴까요?”라는 발화촉진 문구를 통해 대화를 이어갈 기회를 제공하였다. 반면 미적용 챗봇([표 IV-2])은 뉴턴의 업적과 과학적 이론을 상세히 설명하였지만, 발화촉진 문구 없이 단순히 정보를 나열하는 데 그쳤다.

특히 두 챗봇이 뉴턴에 대한 설명 내용을 구체적으로 비교해보면, 적용 챗봇은 학습자가 통합과학을 학습하는 고등학교 1학년임을 고려할 때 학습자의 수준에 맞는 내용을 중심으로 설명하였다. 적용 챗봇은 고등학교 과학에서 다루는 뉴턴의 운동 법칙 3가지를 학습자가 읽기 쉽게 상대적으로 간결한 서술 방식을 사용하였다. 예를 들어, “첫 번째 법칙은 관성의 법칙으로, 물체는 외부 힘이 작용하지 않으면 정지하거나 등속 운동을 유지한다는 원리입니다”와 같은 방식으로 고등학교 1학년의 학습자 수준에 이해하기 쉽게 서술하였다.

반면, 미적용 챗봇은 보다 사무적인 문체를 사용하였으며, 학습자가 아직 배우지 않은 내용을 포함하여 학습자의 수준에 맞지 않은 설명을 제공하였다. 예를 들어, 미적용 챗봇은 뉴턴의 업적을 설명할 때 만유인력의 법칙을 수식($F = G * (m_1 * m_2) / r^2$)으로 표현하거나 뉴턴 링과 같은 개념을 언급하며, 고등학교 1학년 학습자 수준을 넘어서는 심화된 내용을 포함하였다. 또한, 과학보다는 수학적 이해를 요구하는 미적분학과 같은 주제를 언급하는 등 과학 교과의 범위를 벗어난 내용도 포함하였다. 이러한 차이는 미적용 챗봇이 학습자의 수준이나 챗봇이 사용되는 교육적 맥락을 고려하지 않고, 일반적인 내용으로 답변을 생성했기 때문으로 보인다.

다만 두 챗봇 사이에 공통점도 있었다. 두 챗봇 모두 뉴턴을 소개할 때 “17세기 인물”이라는 점과 “현대 물리학의 기초를 다지는 업적을 남긴 인물”이라는 설명을 포함하며, 뉴턴의 중요성을 강조하였다. 또한, 마지막 문단에서 뉴턴의 이론이 “현대 물리학의 기초로 여전히 사용되고 있다”는 내용을 담고 있어, 해당 부분에서는 두 챗봇이 유사한 응답을 생성하였음을 확인할 수 있었다. 이러한 공통점은 챗봇이 답변을 생성하는 기반 데이터와 알고리즘이 유사하기 때문에 나타난 것으로 판단된다.

교사 피드백 화법 적용 여부에 따른 챗봇의 발화 유형 비교를 구체적으로 검증하기 위해 통계적 분석을 실시하였으며, 카이제곱 검정(Chi-square test)과 피셔의 정확 검정(Fisher's exact test)을 활용하여 양측 검정(two-sided test, two-tailed test) 후 단측검정(one-sided test, one-tailed test)을 실시하였다. 먼저 양측검정을 통해 교사 피드백 화법의 적용이 챗봇의 발화에 유의한 차이를 보이는지 통계적으로 확인하였고, 양측 검정에서 유의미한 차이가 발견된 발화 유형에 대해 단측 검정(one-sided test, one-tailed test)을 실시하여 해당 발화 유형의 증가 또는 감소 경향을 검토하였다. 분석 과정에서는 각 발화 유형별로 교차표를 작성하고, 기대 빈도와 관찰 빈도를 비교하였다.

구체적인 분석 사례로, 교사 피드백 화법 적용이 챗봇의 설명 발화에 유의미한 차이를 나타내도록 하는지를 검증하기 위한 교차표는 [표 IV- 3]과 같다.

[표 IV- 3] 학습자 발화별 챗봇 발화 유형 비교(설명 발화 교차표)

설명발화		적용 챗봇	미적용 챗봇
포함	개수	217	248
	기대 빈도	232.5	232.5
미포함	개수	47	16
	기대 빈도	31.5	31.5

이 교차표는 교사 피드백 화법 적용 여부에 따라 설명 발화가 포함된 경우와 포함되지 않은 경우를 구분하여 각 셀의 빈도와 기대 빈도를 나타낸다. 여기서 기대 빈도는 두 챗봇 간에 설명 발화의 빈도 차이가 없다는 귀무가설 하에서 각 셀에 나타날 것으로 예상되는 빈도를 계산한 값이다. 모든 셀의 기대 빈도 값이 5 이상이므로, 분석에는 카이제곱 검정을 적용하였다. 카이제곱 검정을 통해 두 챗봇 간 설명 발화 빈도 분포가 통계적으로 유의미한 차이를 보이는지 확인하였다. 검정 결과, 설명 발화에 대한 카이제곱 값은 16.2212로 나타났으며, 이때의 p-값은

<0.0001*로 유의수준 0.05를 크게 하회하여 유의미한 차이를 확인할 수 있었다.

이와 같이 모든 유형에 대해서 진행한 양측 검정 결과는 [표 IV- 4] 와 같다. 미적용 챗봇에서는 도입 발화가 관찰되지 않았기 때문에 해당 발화 유형은 분석에서 제외되었다.

[표 IV- 4] 학습자 발화별 챗봇 발화 유형 양측검정

챗봇 발화유형	적용 챗봇	미적용 챗봇	검정 방법	검정통계량	p-값	유의여부
설명	217	248	Chi-Square	16.2212	<0.0001***	유의
복귀	9	0	Fisher	-	0.0036**	유의
공감	103	17	Chi-Square	77.9167	<0.0001***	유의
칭찬	13	1	Chi-Square	8.8783	0.0029**	유의
발화촉진	247	42	Chi-Square	318.1255	<0.0001***	유의
동기유발	25	5	Chi-Square	12.7582	0.0004***	유의
개인화	13	0	Fisher	-	0.0002***	유의
학습내용	14	0	Fisher	-	0.0001***	유의

양측 검정 결과, 교사 피드백 화법 적용은 모든 챗봇 발화 유형에서 유의미한 차이를 나타내는 것으로 확인되었다. 이에 따라 모든 챗봇 발화 유형별로 단측 검정을 실시하였으며 그 결과는 [표 IV- 5]와 같다.

[표 IV- 5] 학습자 발화별 챗봇 발화 유형 단측검정

챗봇 발화유형	적용 챗봇	미적용 챗봇	검정 방법	p-값	증감여부
설명	217	248	Chi-Square	<0.0001***	감소
복귀	9	0	Fisher	0.0018**	증가
공감	103	17	Chi-Square	<0.0001***	증가
칭찬	13	1	Chi-Square	0.0008**	증가
발화촉진	247	42	Chi-Square	<0.0001***	증가
동기유발	25	5	Chi-Square	0.0001***	증가
개인화	13	0	Fisher	0.0001***	증가
학습내용	14	0	Fisher	<0.0001***	증가

단측 검정 결과, 교사 피드백 화법 적용은 챗봇의 발화 유형 중 설명 발화를 유의미하게 감소시키는 것으로 나타났으며($p<0.0001^{***}$), 반대로 복귀 발화($p=0.0018^{**}$), 공감 발화($p<0.0001^{***}$), 칭찬 발화 ($p=0.0008^{**}$), 발화촉진 발화($p<0.0001^{***}$), 동기유발 발화($p=0.0001^{***}$), 개인화 발화($p=0.0001^{***}$), 학습내용 발화($p<0.0001^{***}$)는 모두 유의미하게 증가시키는 것으로 나타났다.

교사 피드백 화법 적용이 설명 발화의 빈도를 낮춘 주요 요인은 교사 피드백 화법 적용이 챗봇으로 하여금 단순 정보 전달에서 벗어나도록 설계되었기 때문으로 해석된다. 예를 들어, 미적용 챗봇은 학습자의 질문에 대해 정보 전달과 설명만으로 응답하는 경향이 강했으나, 교사 피드백 화법이 적용된 챗봇은 동일한 질문에 대해 설명 발화 대신 공감 발화나 발화촉진 발화를 병행하여 학습자가 추가적으로 발화하도록 유도하고 대화를 확장하였다. 이는 교사 피드백 화법의 본래 목적과 일치하며, 대화를 단순한 정보 전달에서 학습자 중심의 상호작용으로 전환시키는 역할을 한다.

또한, 복귀 발화, 공감 발화, 칭찬 발화, 발화촉진 발화, 동기유발 발화와 같은 발화 유형이 증가한 것도 교사 피드백 화법이 대화를 보다 유연하고 상호작용 중심적으로 설계하도록 도운 결과로 해석된다. 이러한 발화 유형의 증가는 학습자의 정서적 안정을 도모하고, 대화를 학습 맥락으로 자연스럽게 복귀시키며, 긍정적인 피드백과 학습 동기를 제공하여 학습자 참여를 적극적으로 유도하는 데 기여했다.

결론적으로, 교사 피드백 화법 적용은 챗봇의 설명 발화를 줄이는 동시에, 정서적 상호작용을 강화하고 학습자 중심의 대화로 전환하기 위해 다양한 발화 유형을 적극 활용하도록 이끄는 중요한 설계적 변화를 유발하였다. 이러한 결과는 교육용 챗봇 설계에서 교사 피드백 화법이 단순 정보 전달을 넘어 학습자의 발화를 촉진하고 상호작용의 질을 높이는 중요한 설계 요소임을 시사한다.

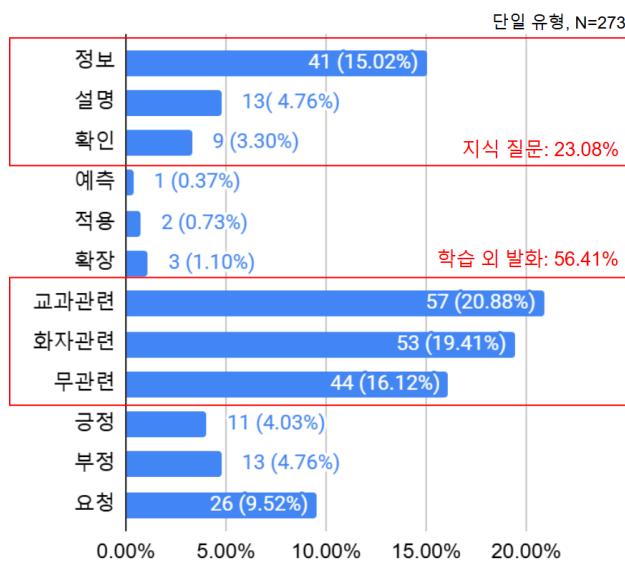
앞서 수행된 학습자 발화별 비교 분석은 교사 피드백 화법 적용 여부가 챗봇의 발화 유형에 어떠한 영향을 주는지를 전체 학습자 발화를

대상으로 비교하는 방식으로 진행되었다. 이 분석은 각 챗봇 발화 유형 별로 교차표 분석을 수행할 때 전체 대화 데이터셋(N=264)을 표본으로 함으로써, 교사 피드백 화법 적용 여부에 따른 챗봇 발화 유형의 차이를 파악하였다.

그러나 챗봇의 발화는 학습자의 발화에 대한 응답으로 생성된다. 즉, 챗봇의 발화 유형은 교사 피드백 화법 적용 여부뿐만 아니라 학습자의 발화 유형에 따라서도 영향을 받는다. 따라서 학습자의 발화 유형이 같은 조건에서 교사 피드백 화법이 챗봇의 발화 유형에 어떠한 영향을 미치는지를 분석할 필요가 있다. 이를 위해 학습자의 발화 유형별로 집단을 구분하고, 동일한 조건에서 교사 피드백 화법 적용 여부에 따른 챗봇 발화 유형의 차이를 비교 분석하였다. 그리고 학습자 발화 유형별로 나눈 대화 데이터셋을 표본으로 각 챗봇 발화 유형별 교차표 분석과 통계적 분석을 같은 방법으로 수행하였다.

이에 앞서 학습자의 발화 273건(챗봇 응답 생성 완료 전 대화를 종료한 9건 포함)에 대한 발화 유형을 [표 III-7]에 따라서 분석하였다. 본 연구의 챗봇을 사용한 학습자의 발화 유형별 빈도는 [그림 IV-2]와 같다. 학습자 발화는 대체로 단문이라 모두 단일 유형으로 나타났다.

[그림 IV-2] 본 연구의 챗봇을 사용한 학습자의 발화 유형별 빈도



전체 학습자 발화의 발화 유형을 4가지 대분류(지식 질문, 사고 질문, 학습 외 발화, 반응)로 먼저 나누어 보면 학습 외 발화가 총 154 건(56.41%)으로 가장 높은 비중을 차지했으며, 그 중 교과관련 발화가 57건(20.88%)이고 화자관련 발화가 53건(19.41%), 무관련 발화가 44 건(16.12%)로 나타났다. 이는 12가지 소분류로 나눠 봤을 때에도 가장 많은 빈도이다. 다음으로 지식 질문은 총 63건(23.08%)으로 대분류 중 그 다음으로 많은 비중을 차지하였으며, 그 중 정보 요청 발화가 41건(15.02%)으로 두드러졌다. 반응 발화 총 50건(18.32%) 중에서는 요청 발화(9.52%)가 가장 빈번하게 나타났다.

이렇게 분류된 학습자 발화 유형별로 데이터를 집단화한 뒤, 교사 피드백 화법 적용 여부에 따른 챗봇 발화 유형의 차이를 앞서 진행된 학습자 발화별 비교 분석과 동일하게 카이제곱 검정과 피셔의 정확 검정을 활용하여 양측 검정 후 단측 검정을 실시하였다. 그러나 앞선 분석은 [표 IV-3]와 같이 전체 대화 데이터셋을 표본(N=264)으로 교차표 분석을 수행한 반면, 이번 분석은 학습자 발화 유형별로 집단을 구분한 뒤 각 집단의 데이터셋을 표본($N_{정보}=41$, $N_{설명}=13$ 등)으로 하여 교차표 분석을 진행하였다. 이렇게 총 96건(학습자 발화 유형별 표본 12개 \times 챗봇 발화 유형별(도입 발화 제외) 분석 8개)의 양측 검정을 진행하였고 그 중 유의미한 차이를 나타난 결과는 [표 IV-6]과 같다.

[표 IV-6] 학습자 발화 유형별 챗봇 발화 유형 양측검정 ($p<0.05$)

학습자 발화 유형		발화량 (N)	챗봇 발화유형	적용 챗봇	미적용 챗봇	검정 방법	검정통계량	p-값	유의 여부
정보	41	발화촉진	39	0	Chi-Square	74.3721	<0.0001***	유의	
		학습내용	8	0	Fisher	-	0.0054**		
설명	13	발화촉진	12	0	Chi-Square	22.2857	<0.0001***	유의	
확인	9	공감	5	0	Fisher	-	0.0294*	유의	
		발화촉진	9	0	Fisher	-	<0.0001***		
교과관련	54	발화촉진	51	1	Chi-Square	92.7198	<0.0001***	유의	
		동기유발	6	0	Fisher	-	0.0270*		
화자관련	51	설명	41	50	Chi-Square	8.2537	0.0041**	유의	
		공감	25	6	Chi-Square	16.7297	<0.0001***		
무관련	43	발화촉진	46	8	Chi-Square	56.8241	<0.0001***	유의	
		동기유발	15	4	Chi-Square	7.8263	0.0051**		
긍정	10	개인화	10	0	Chi-Square	11.0870	0.0009***	유의	
		설명	23	38	Chi-Square	12.6885	0.0004***		
부정	12	공감	27	3	Chi-Square	29.4857	<0.0001***	유의	
		발화촉진	38	15	Chi-Square	26.0114	<0.0001***		
요청	25	공감	10	3	Fisher	-	0.0031**	유의	
		발화촉진	10	5	Fisher	-	0.0325*		
부정	12	공감	10	3	Chi-Square	8.2238	0.0041**	유의	
		발화촉진	12	3	Fisher	-	0.0003***		
요청	25	공감	18	1	Chi-Square	24.5331	<0.0001***	유의	
		발화촉진	25	10	Chi-Square	21.4286	<0.0001***		

양측 검정 결과, 총 96건 중 유의미한 차이가 나타난 것은 21건이었다. 그 중 학습자 발화 유형 대분류 중 사고 질문에 해당하는 예측, 적용, 확장 발화의 경우에는 어떤 챗봇 발화 유형도 교사 피드백 화법 적용이 유의미한 차이가 나타나지 않았는데, 이는 각 학습자 발화 유형의 발화량이 $N_{예측}=1$, $N_{적용}=2$, $N_{미적용}=3$ 으로 표본이 너무 적어 검정을 수행하는 것에 한계가 있었기 때문으로 보인다. 유의한 차이로 나타난 21건에 대해서 단측 검정을 실시하였으며 그 결과는 [표 IV-7]과 같다.

[표 IV- 7] 학습자 발화 유형별 챗봇 발화 유형 단측검정 ($p<0.025$)

학습자 발화 유형	발화량 (N)	챗봇 발화유형	적용 챗봇	미적용 챗봇	검정 방법	p-값	유의 여부
정보	41	발화촉진	39	0	Chi-Square	<0.0001**	증가
		학습내용	8	0	Fisher	0.0027**	증가
설명	13	발화촉진	12	0	Chi-Square	<0.0001***	증가
		공감	5	0	Fisher	0.0147*	증가
확인	9	발화촉진	9	0	Fisher	<0.0001***	증가
		발화촉진	51	1	Chi-Square	<0.0001***	증가
교과관련	54	동기유발	6	0	Fisher	0.0135*	증가
		설명	41	50	Chi-Square	0.0039**	감소
화자관련	51	공감	25	6	Chi-Square	<0.0001***	증가
		발화촉진	46	8	Chi-Square	<0.0001***	증가
화자관련	51	동기유발	15	4	Chi-Square	0.0025**	증가
		개인화	10	0	Chi-Square	0.0004***	증가
무관련	43	설명	23	38	Chi-Square	0.0003***	감소
		공감	27	3	Chi-Square	<0.0001***	증가
긍정	10	발화촉진	38	15	Chi-Square	<0.0001***	증가
		공감	10	3	Fisher	0.0015**	증가
부정	12	발화촉진	10	5	Fisher	0.0163*	증가
		공감	12	3	Chi-Square	0.0020**	증가
요청	25	발화촉진	18	1	Chi-Square	<0.0001***	증가
		발화촉진	25	10	Chi-Square	<0.0001***	증가

단측 검정 결과, 학습자 발화 유형별 교사 피드백 화법의 적용은 총 21건이 차이를 보였다. 이 중 19건은 특정 조건의 챗봇 발화 유형의 빈도를 유의미하게 증가시키는 것으로 나타났으나, 학습자가 화자관련이나 무관련 발화를 했을 때 챗봇이 설명 발화를 할 빈도를 감소시키는 것으로 2건이 나타났다.

교사 피드백 화법의 적용은 모든 학습자 발화 유형에서 발화촉진 발화를 유의미하게 증가시키는 결과를 보였다. 이는 교사 피드백 화법이

챗봇 응답의 끝에 후속 질문이나 대화 지속을 유도하는 문구(예: “더 알고 싶은 점이 있나요? 😊”)를 포함시키는 설계 방식을 반영하기 때문이다. 이로 인해 챗봇은 학습자의 추가 발화를 유도하고 대화를 지속적으로 확장하려는 의도를 나타냈으며, 이는 챗봇 설계 원리 중 적극적 발화 유도의 원리를 반영하고 있음을 보여준다.

챗봇의 공감 발화는 학습자가 확인, 화자관련, 무관련, 긍정, 부정, 요청 발화를 했을 때 유의미하게 증가하였다. 이는 학습자가 사회적 대화와 관련된 발화를 할 때, 챗봇이 정서적 상호작용을 강화하기 위해 공감 발화를 생성했기 때문으로 해석된다. 반면, 학습자가 정보, 설명, 교과관련 발화를 했을 때는 공감 발화가 상대적으로 유의미하게 증가하지 않았다. 이는 교사 피드백 화법의 설계가 학습자 발화의 성격에 따라 챗봇의 정서적 상호작용 전략을 조정하도록 설계되었음을 나타낸다.

학습자가 정보 발화를 했을 때, 챗봇의 학습내용 발화 빈도가 증가하였다. 이는 챗봇이 교과서 내용을 기반으로 학습 주제에 대한 구체적인 정보를 제공하는 학습내용 발화가 활성화되었기 때문으로 해석된다. 반면, 학습 내용과 관련되었지만 학습 주제에서 벗어난 발화인 교과관련 발화를 학습자가 할 때는 학습내용 발화가 유의미하게 증가하지 않았는데, 챗봇이 학습내용 발화가 아닌 다른 유형을 선택했음을 시사한다. 이러한 점은 교사 피드백 화법이 개인화된 적응적 지원의 원리를 반영하고 있음을 보여준다.

학습자가 교과관련 발화나 화자관련 발화를 했을 때, 챗봇의 동기유발 발화 빈도가 증가하였다. 이는 학습자가 학습 방법, 시험 준비와 같은 주제를 다루거나, 개인적인 어려움과 고민을 담은 화자관련 발화를 했을 때, 챗봇이 정서적 지지와 격려를 담은 동기유발 발화를 생성한 결과이다. 이를 통해 교사 피드백 화법이 정서적 상호작용의 원리를 적극적으로 반영하고 있음을 확인할 수 있다.

학습자가 화자관련 발화를 했을 때, 챗봇의 개인화 발화 빈도가 유의미하게 증가하였다. 이는 챗봇이 학습자의 개인적인 요구를 반영하여 이름을 부르거나 개별적인 상황에 맞는 맞춤형 응답을 생성했기 때문으로 해석된다. 이는 교사 피드백 화법이 개인화된 적응적 지원의 원리를

반영하고 있음을 보여준다.

교사 피드백 화법의 적용이 챗봇의 발화 유형의 빈도를 감소시킨 사례로 학습자가 화자관련 발화와 무관련 발화를 했을 때의 챗봇의 설명 발화 빈도이다. 이는 교사 피드백 화법이 적용되지 않은 챗봇이 이러한 유형의 학습자 발화에 대해 단순 정보 제공에 그치는 반면, 교사 피드백 화법이 적용된 챗봇은 공감 발화 등 다양한 발화 유형을 활용하여 학습자의 대화를 확장하고 정서적 상호작용을 촉진하는 방식으로 전환했기 때문으로 해석된다. 이를 통해 교사 피드백 화법이 단순 정보 전달에서 벗어나 상호작용 중심의 대화 설계를 위한 정서적 상호작용의 원리가 반영되고 있음을 확인할 수 있다.

결론적으로, 교사 피드백 화법의 적용은 챗봇 발화 유형의 빈도를 학습자의 발화 유형에 따라 유의미하게 변화시키는 것으로 나타났으며, 교육용 ChatGPT 기반 챗봇 설계 원리에 따라 잘 반영되고 있음을 확인하였다. 특히, 발화촉진, 공감, 동기유발, 개인화 발화는 학습자의 정서적 상호작용과 대화의 지속성을 강화하는 데 중요한 역할을 했으며, 설명 발화는 적응적인 대화 설계를 통해 감소하는 경향을 보였다. 이러한 결과는 교육용 챗봇 설계에서 교사 피드백 화법의 적용이 학습자 중심의 상호작용을 강화하고, 정서적 지지와 대화 지속성을 높이는 데 기여하는 중요한 설계 요소임을 시사한다.

4.2 학습자 발화량에 영향을 미치는 챗봇 발화 유형과 학습자 발화 유형

본 연구는 교사 피드백 화법이 학습자의 발화를 촉진하기 위해 설계된 화법이라는 점에 기반하여, 이를 적용한 챗봇이 실제로 학습자의 발화량 증가에 영향을 미쳤는지, 그리고 특정 챗봇 발화 유형이 학습자의 발화량 증가 또는 감소에 어떻게 기여했는지를 확인하고자 하였다. 또한, 학습자의 발화량은 챗봇의 발화 유형뿐만 아니라 학습자가 발화하는 발화 유형에도 영향을 받을 것으로 가정하였다. 예를 들어, 단답형 질문이나 간단한 요청은 대화가 짧게 끝날 가능성이 높지만, 심화된 주제를 다루는 질문 형식은 대화를 길게 이어갈 가능성이 있다. 이에 따라 학습자 발화 유형이 학습자 발화량에 미치는 영향도 분석하였다.

먼저 학습자 발화량과 챗봇 발화 유형 간 상관관계 분석을 하였다. 대화 코드별로 학습자 발화수와 챗봇의 발화 유형별 빈도를 스피어만 상관분석(Spearman correlation analysis)을 실시하였으며, 상관계수(Spearman r)과 p-값을 기준으로 상관관계의 강도와 유의미성을 분석하였다. 그 결과는 [표 IV- 8]과 같다.

[표 IV- 8] 학습자 발화량과 챗봇 발화 유형 간 상관관계
(스피어만 상관분석)

챗봇발화유형	상관계수 r	p-값	상관관계
설명	0.710	<0.0001***	중간 정도 양의 상관관계
복귀	0.228	0.0405*	약한 양의 상관관계
공감	0.666	<0.0001***	중간 정도 양의 상관관계
칭찬	0.061	0.5829	상관관계 없음
발화촉진	0.886	<0.0001***	강한 양의 상관관계
동기유발	0.469	<0.0001***	중간 정도 양의 상관관계
개인화	0.398	0.0002***	약한 양의 상관관계
학습내용	0.075	0.5059	상관관계 없음

챗봇의 발화촉진 발화는 학습자 발화량과 강한 양의 상관관계 ($r=0.886$, $p<0.0001^{***}$)를 보였다. 학습자의 발화량 증가에 가장 크게 기여하는 것으로 나타났다. 이는 발화촉진 발화가 학습자의 추가 발화를 유도하고 대화의 지속성을 높이는 데 효과적임을 시사한다. 적극적 발화 유도의 원리의 핵심 요소인 후속 질문이나 대화 유도 문구가 챗봇의 발화촉진 발화 유형을 통해 구현되어 학습자의 참여를 효과적으로 이끌어 낸 것으로 보인다.

설명 발화($r=0.710$, $p<0.0001^{***}$)와 공감 발화($r=0.666$, $p<0.0001^{***}$), 동기유발 발화($r=0.469$, $p<0.0001^{***}$)는 학습자의 발화량과 중간 정도 양의 상관관계를 나타냈다. 설명 발화는 학습자가 요청한 정보나 개념에 대해 구체적으로 답변하는 과정에서 나타난다. 이는 학습자가 내용을 이해하기 위해 추가 질문을 하거나, 제공된 정보를 확인 및 확장하려는 시도를 유도하기 때문에 학습자의 발화량 증가에 기여했을 가능성이 높다. 공감 발화는 학습자가 개인적인 동기나 학습 관련 조언을 요구했을 때 챗봇의 동기유발 발화가 발화량 증가를 유도하여 학습자의 발화량 증가에 기여했을 가능성이 높다. 공감 발화는 학습자의 발화에 정서적 지지와 긍정적인 피드백을 제공함으로써 대화를 더욱 편안하고 자연스럽게 이어가게 만든다. 정서적 상호작용의 이러한 효과는 학습자가 챗봇과의 대화에서 지속적으로 참여하도록 이끌며, 발화량 증가에 긍정적인 영향을 미친다.

개인화 발화($r=0.398$, $p=0.0002^{***}$)와 복귀 발화($r=0.228$, $p=0.0405^*$)는 학습자의 발화량과 약한 양의 상관관계를 나타냈다. 개인화 발화는 학습자와의 관계를 강화하지만 발화량 증가에는 제한적인 영향을 미쳤으며, 복귀 발화는 대화의 흐름을 학습 주제로 되돌리거나 맥락을 연결하는 데 약간의 기여를 했지만 발화량 증가에는 제한적인 영향을 미쳤다.

학습내용 발화($r=0.075$, $p=0.5059$)와 칭찬 발화($r=0.061$, $p=0.5829$)는 학습자 발화량과 통계적으로 유의미한 상관관계를 보이지 않았으며, 학습자의 추가 발화를 유도하는 데 직접적인 영향을 미치지 못했다.

스피어만 상관분석에서 유의미한 상관관계를 보인 발화 유형들을 독립변수로 설정하여 다중회귀분석(Multiple linear regression)을 수행하였

고, 최소제곱법(Ordinary Least Square, OLS)을 이용하여 진행하였다. 다중회귀분석을 실행한 결과는 [표 IV- 9]와 같다.

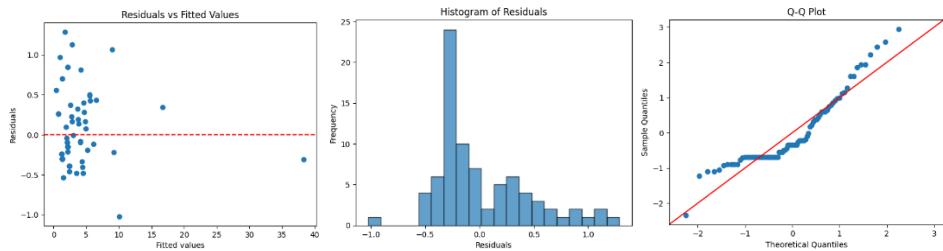
[표 IV- 9] 학습자 발화량과 챗봇 발화 유형 간 상관관계
(다중회귀분석-OLS)

챗봇 발화유형	비표준화 회귀계수		표준화 회귀계수		t	p	[0.025 0.975]	
	B	표준오차	β (Beta)					
(const)	0.4447	0.063			7.094	<0.0001***	[0.320	0.570]
설명	0.2935	0.050	0.281		5.859	<0.0001***	[0.194	0.393]
복귀	-0.0596	0.138	-0.008		-0.433	0.6661	[-0.334	0.215]
공감	0.2359	0.043	0.128		5.449	<0.0001***	[0.150	0.322]
발화촉진	0.5611	0.054	0.568		10.367	<0.0001***	[0.453	0.669]
동기유발	0.3093	0.088	0.050		3.522	0.0007***	[0.134	0.484]
개인화	0.2474	0.129	0.034		1.922	0.0585	[-0.009	0.504]

$R^2=0.991$ (Adj. $R^2 = 0.990$), F-statistic =1381 ($p=<0.0001^{***}$), n=81

다중회귀분석 결과, 챗봇의 발화촉진, 설명, 공감, 동기유발 발화가 학습자 발화량에 유의미한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 분석의 결정 계수(R^2)는 0.991, 수정된 결정계수(Adj. R^2)는 0.990으로, 회귀모델이 학습자 발화량의 약 99.1%를 설명함을 나타냈다. 결정계수와 F-값이 높은 점은 모델이 데이터에 과적합(overfitting)되지 않았는지 점검하기 위해 잔차의 분포를 확인하여 모델의 적합성을 추가로 검토하였다. 잔차 분석은 잔차-예측값 산점도(Residuals vs. Fitted Plot, 랜덤패턴 확인), 잔차 히스토그램(Histogram of residuals, 정규분포 확인), Q-Q Plot (Quantile-Quantile Plot, 정규성 분포 확인), 잔차 자기상관 점검 (Durbin-Watson Test)을 진행하였다. 그 결과는 [그림 IV-3]과 같다.

[그림 IV-3] 다중회귀분석 모델의 잔차 분석 결과(학습자 발화량과
챗봇 발화 유형 간 상관관계)



잔차-예측값 산점도에서는 잔차가 랜덤하게 분포하고 일정한 패턴을 보이지 않아 모델의 선형성 가정을 만족함을 확인하였다. 또한, 잔차 히스토그램에서는 잔차가 대체로 종 모양의 정규분포를 나타내어, 잔차의 정규성 가정을 충족하였다. Q-Q Plot에서는 잔차가 이론적인 정규분포를 나타내는 직선에 대부분 근접하게 위치하며 전반적으로 잔차가 정규성을 만족함을 확인하였다. Durbin-Watson 통계량은 1.84로 나타나 2에 근접하며, 잔차 간의 자기상관이 없음이 잔차의 독립성을 만족함을 확인하였다. 이러한 잔차 분석을 통해 다중회귀분석 모델이 적합하다는 것을 뒷받침하였다.

다중회귀분석 결과에서 모든 독립변수 중 학습자 발화량에 가장 큰 영향을 미친 변수는 발화촉진 발화($\beta = 0.568$, $p < 0.0001^{***}$, [0.453, 0.669])이다. 이는 발화촉진 발화 빈도가 1 표준편차 증가할 때, 학습자 발화량의 표준편차도 0.568배 증가시키는 영향력이 있다는 것을 의미하며, 발화촉진 발화 빈도가 1회 증가할 때 95% 신뢰구간으로 최소 0.453회에서 최대 0.669회 증가할 가능성이 통계적으로 매우 유의미하다는 것이다($p < 0.0001^{***}$). 이를 통해 발화촉진 발화가 학습자의 추가 발화를 유도하고 대화 지속성을 높이는 데 핵심적인 역할을 했음을 확인할 수 있다. 이는 교사 피드백 화법의 후속 질문과 대화 유도 문구가 학습자 참여를 효과적으로 증진시키는 데 기여했음을 시사한다.

설명 발화($\beta=0.281$, $p < 0.0001^{***}$, [0.194, 0.393])는 β 값이 0.281로 그 다음으로 학습자 발화량에 영향을 미치는 변수로, 설명 발화 빈도가 1회 증가할 때 학습자 발화량이 95% 신뢰구간으로 최소 0.194회에서

최대 0.393회 증가할 가능성이 매우 높은 것으로 나타났다($p<0.0001^{***}$). 이러한 결과는 교사 피드백 화법이 적용된 챗봇에서의 설명 발화는 단순히 정보를 나열하는 것을 넘어, 학습자의 수준에 맞는 맞춤형 답변을 제공함으로써 학습자의 대화 지속성과 참여를 촉진한 것으로 해석된다. 이러한 결과는 학습자가 챗봇으로부터 충분히 이해 가능한 답변을 받을 경우, 대화에 더욱 적극적으로 참여하게 되고, 추가적인 질문을 통해 학습 내용을 확장하려는 동기가 강화된다는 점을 강조한다.

공감 발화($\beta=0.235$, $p<0.0001^{***}$, [0.150, 0.322])는 세 번째로 학습자 발화량에 영향을 미치는 변수로($\beta=0.235$), 그 빈도가 1회 증가할 때 학습자 발화량이 95% 신뢰구간으로 최소 0.150회에서 최대 0.322회까지 증가할 가능성이 매우 높은 것으로 나타났다($p<0.0001^{***}$). 이러한 결과는 공감 발화가 학습자의 발화에 정서적 지지와 긍정적인 피드백을 제공함으로써 대화의 지속성과 자연스러움을 높이는 데 중요한 역할을 했음을 시사한다. 특히 교사 피드백 화법이 적용된 챗봇에서 공감 발화는 단순히 정보를 제공하는 것을 넘어, 학습자가 자신의 생각을 자유롭게 표현할 수 있는 환경을 제공하는 데 효과적으로 작용하였다. 이러한 공감 발화는 학습자가 대화의 주도권을 느끼며 지속적으로 발화에 참여하도록 격려하며, 학습자의 정서적 안정과 상호작용 품질을 동시에 증진시키는 중요한 발화 유형으로 확인되었다.

동기유발 발화($\beta=0.050$, $p=0.0007^{***}$, [0.134, 0.484])는 네 번째로 학습자 발화량에 영향을 미치는 변수로($\beta=0.050$), 그 빈도가 1회 증가할 때 학습자 발화량이 95% 신뢰구간으로 최소 0.134회에서 최대 0.484회까지 증가할 가능성이 매우 높은 것으로 나타났다($p<0.0001^{***}$). 이는 동기유발 발화가 학습자에게 긍정적인 피드백과 격려를 제공함으로써 학습자가 대화에 지속적으로 참여하도록 동기를 부여하는 데 기여했음을 시사한다. 특히, 동기유발 발화는 학습자가 대화 중에 어려움을 느끼거나 의욕을 상실할 수 있는 상황에서 긍정적인 메시지를 전달함으로써 학습자의 심리적 지지를 강화하고, 학습자가 주저하지 않고 대화에 계속 참여하도록 한 것으로 보인다. 이러한 결과는 정서적 지지와 격려가 학습자의 대화 참여를 유지하는 데 있어 중요하다는 점을 강조한다.

복귀 발화($\beta=-0.008$, $p=0.6661$, $[-0.334, 0.215]$)는 학습자 발화량에 통계적으로 유의미한 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다($p>0.05$). 또한 95% 신뢰구간 내에서 회귀계수가 음수와 양수를 포함하고 있어, 복귀 발화가 학습자 발화량을 증가 또는 감소시키는 영향을 미쳤다고 결론을 내리기 어렵다. 이는 복귀 발화가 대화의 맥락을 유지하고 학습 주제에 집중하도록 돋는 데는 기여했지만, 학습자의 추가 발화를 유도하는데 있어 직접적인 영향은 크지 않았음을 시사한다.

개인화 발화($\beta=0.034$, $p=0.0585$, $[-0.009, 0.504]$)는 유의성 경계선에 위치하지만, 학습자 발화량에 통계적으로 유의미한 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다($p>0.05$). 또한 95% 신뢰구간 내에서 회귀계수가 음수와 양수를 포함하고 있어, 개인화 발화가 학습자 발화량을 증가 또는 감소시키는 영향을 미쳤다고 결론을 내리기 어렵다. 개인화 발화는 학습자의 이름을 언급하거나, 학습자와의 관계를 강화하는 방식으로 대화를 진행하지만, 이러한 개별화된 접근이 발화량 증가와 직접적인 연관성을 갖지는 않은 것으로 보인다. 이는 개인화 발화가 대화의 정서적 분위기를 개선하거나 학습자의 관심을 높이는 데 기여할 수는 있으나, 학습자의 구체적인 발화량 증가에는 제한적인 영향을 미쳤음을 시사한다.

결론적으로, 챗봇의 발화 유형 중 발화촉진, 설명, 공감, 동기유발 발화는 학습자 발화량에 유의미한 영향을 미쳤으며, 그중 발화촉진 발화는 가장 강한 영향력을 보였다. 이러한 결과는 교사 피드백 화법을 기반으로 설계된 챗봇에서 발화촉진 발화가 대화의 중심적 요소로 작용하며, 학습자의 참여를 유도하고 대화의 지속성을 높이는 데 효과적임을 강조한다. 추가적으로, 설명, 공감, 동기유발 발화가 발화촉진 발화를 보완하며, 학습자와의 상호작용을 심화시키는 데 기여했음을 확인할 수 있다.

다음으로 학습자 발화량과 학습자 발화 유형 간 상관관계 분석을 하였다. 대화 코드별로 학습자 발화수와 학습자의 발화 유형별 빈도를 스피어만 상관분석을 실시하였으며, 상관계수와 p -값을 기준으로 상관관계의 강도와 유의미성을 분석하였다. 그 결과는 [표 IV-1 0]과 같다.

[표 IV-10] 학습자 발화량과 학습자 발화 유형 간 상관관계
(스피어만 상관분석)

학습자발화유형	상관계수 r	p-값	상관관계
정보	0.196	0.0794	상관관계 없음
설명	0.146	0.1948	상관관계 없음
확인	0.280	0.0113*	약한 양의 상관관계
예측	0.057	0.6155	상관관계 없음
적용	0.254	0.0221*	약한 양의 상관관계
확장	0.230	0.0386*	약한 양의 상관관계
교과관련	-0.060	0.5949	상관관계 없음
화자관련	0.481	<0.0001***	중간 정도 양의 상관관계
무관련	0.476	<0.0001***	중간 정도 양의 상관관계
긍정	0.120	0.2840	상관관계 없음
부정	0.258	0.0198*	약한 양의 상관관계
요청	0.268	0.0154*	약한 양의 상관관계

화자관련 발화는 학습자 발화량과 중간 정도의 양의 상관관계 ($r=0.481$, $p<0.0001^{***}$)를 보였다. 이는 학습자가 자신의 경험이나 관심사에 대해 언급하며 대화를 주도했을 가능성을 보여준다. 이러한 발화는 챗봇이 학습자의 맥락과 정서적 요구를 반영할 때 대화 참여를 촉진했음을 시사한다.

무관련 발화는 학습자 발화량과 중간 정도의 양의 상관관계 ($r=0.476$, $p<0.0001^{***}$)를 나타냈다. 학습자가 학습 주제와는 무관한 대화나 질문을 했을 때도 챗봇이 대화를 지속적으로 이어감으로써 발화량 증가를 유도했음을 시사한다. 이는 정서적 상호작용이나 비공식적 대화를 통해 학습자의 대화 지속성을 지원했음을 보여준다.

확인 발화는 학습자의 발화량과 약한 양의 상관관계($r=0.280$, $p=0.0113^*$)를 보였다. 이는 학습자가 정보를 요청한 후 챗봇의 응답에 대해 확인 질문을 통해 추가 발화를 이어가는 경향을 나타낸다. 학습자가 챗봇과의 상호작용을 통해 더 많은 정보를 확인하려는 의도가 학습자 발화량 증가로 이어졌음을 시사한다.

요청 발화($r=0.268$, $p=0.0154^*$)는 학습자 발화량과 약한 양의 상관관계를 보였다. 학습자가 정보를 요청하거나 도움을 구하는 과정에서 추가적인 발화를 생성했음을 보여준다. 이는 챗봇이 학습자의 요구에 적절히 대응하여 학습자의 대화 참여를 증진시켰음을 나타낸다.

부정 발화는($r=0.258$, $p=0.0198^*$) 학습자 발화량과 약한 양의 상관관계를 보였다. 이는 학습자가 챗봇의 응답에 불만족하거나 동의하지 않을 때 추가적인 발화를 통해 자신의 입장을 전달하려는 경향을 나타낸다. 학습자의 챗봇 사용 의도가 달성되지 않았으므로 이를 달성하기 위한 자신의 입장을 전달하기 위한 대화를 이어가기 위해 대화가 지속되었음을 의미한다.

적용 발화는 학습자 발화량과 약한 양의 상관관계($r=0.254$, $p=0.0221^*$)를 나타냈다. 학습자는 배운 내용을 새로운 상황에 적용하거나 문제를 해결하기 위해 더 많은 발화를 생성한 것으로 보인다. 이는 챗봇이 학습자의 문제 해결 과정에서 실질적인 도움을 제공했음을 의미한다.

확장 발화($r=0.230$, $p=0.0386^*$)는 학습자 발화량과 약한 양의 상관관계를 보였다. 학습자가 기존 대화 주제를 심화하거나 확장하려는 시도에서 발화량이 증가한 것으로 분석된다. 이는 학습자가 심화된 논의나 추가적인 정보 탐색을 통해 챗봇과의 대화를 더욱 발전시켰음을 나타낸다.

정보 발화는 학습자 발화량과 통계적으로 유의미한 상관관계를 보이지 않았다($p>0.05$). 이는 학습자가 정보를 단순히 확인하거나 단답식의 답변을 요구하는 발화는 대화의 지속성을 크게 높이지 않았음을 시사한다.

설명 발화는 학습자 발화량과 통계적으로 유의미한 상관관계를 보이지 않았다($p>0.05$). 이는 학습자가 챗봇의 설명을 요구하는 경우, 발화량 증가로 이어지지 않았을 가능성을 의미한다.

예측 발화는 학습자 발화량과 상관관계가 없는 것으로 나타났다 ($p>0.05$). 이는 학습자가 자신의 예측을 제시한 이후 대화가 더 이상 확장되지 않았음을 시사한다.

교과관련 발화는 학습자 발화량과 상관관계가 없는 것으로 나타났다 ($p>0.05$). 이는 학습자가 교과와 관련된 질문은 학습자 발화량 증가로 이어지지 않았음을 의미한다.

긍정 발화는 학습자 발화량과 통계적으로 유의미한 상관관계를 보이지 않았다($p>0.05$). 이는 학습자가 챗봇의 응답에 긍정적인 반응을 보이는 경우, 학습자의 챗봇 사용 의도가 달성되어 대화가 그 이상 확장되지 않았음을 시사한다.

스피어만 상관분석에서 유의미한 상관관계를 보인 발화 유형들을 독립변수로 설정하여 다중회귀분석을 수행하였고, 최소제곱법을 이용하여 진행하였다. 다중회귀분석을 실행한 결과는 [표 IV-1 1]와 같다.

[표 IV-1 1] 학습자 발화량과 학습자 발화 유형 간 상관관계
(다중회귀분석-OLS)

학습자발화유형	비표준화 회귀계수		β (Beta)	t	p	[0.025 0.975]	
	B	표준오차					
(const)	1.3533	0.190		7.130		0.975	1.732
확인	1.8940	0.569	0.987	3.331	0.0014**	0.761	3.027
적용	5.1309	1.355	0.796	3.788	0.0003***	2.431	7.831
확장	-0.2381	1.018	-0.045	-0.234	0.8158	-0.267	1.791
화자관련	1.4532	0.135	2.625	10.737	<0.0001***	1.183	1.723
무관련	0.7109	0.130	0.894	5.486	<0.0001***	0.453	0.969
부정	0.1134	0.474	0.090	0.239	0.8115	-0.831	1.058
요청	1.0389	0.265	1.231	3.920	0.0002***	0.511	1.567

$R^2=0.916$ (Adj. $R^2 = 0.908$), F-statistic =113.7 ($p=<0.0001***$), n=81

다중회귀분석 결과, 학습자의 화자관련, 요청, 확인, 무관련, 적용 발화가 학습자 발화량에 유의미한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 분석의 결정계수(R^2)는 0.916, 수정된 결정계수(Adj. R^2)는 0.908로, 회귀모델이 학습자 발화량의 약 91.6%를 설명함을 나타냈다.

다중회귀분석 결과에서 모든 독립변수 중 학습자 발화량에 가장 큰 영향을 미친 변수는 화자관련 발화($\beta=2.625$, $p<0.0001***$, [1.183,

1.723])이다. 이는 화자관련 발화 빈도가 1 표준편차 증가할 때, 학습자 발화량이 표준편차 단위로 평균 2.625배 증가한다는 것을 의미한다($\beta = 2.625$). 또한, 비표준화 회귀계수(B)가 1.4532로 나타나, 화자관련 발화가 1회 증가할 때 학습자 발화량이 95% 신뢰구간으로 최소 1.183회에서 최대 1.723회 증가할 가능성이 매우 높음을 보여준다($p < 0.0001^{***}$). 이러한 결과는 화자관련 발화가 학습자가 자신의 경험이나 생각을 표현하는 데 중요한 역할을 하며, 일상 대화나 정서적 상호작용 같은 사회적 대화는 발화를 확장시키는 데 핵심적인 기여를 했음을 시사한다.

요청 발화($\beta=1.231$, $p=0.0002^{***}$, [0.511, 1.567])는 두 번째로 학습자 발화량에 영향을 미치는 변수로($\beta=1.231$), 요청 발화가 1회 증가할 때 학습자 발화량이 95% 신뢰구간 내에서 최소 0.511회에서 최대 1.567회까지 증가할 가능성이 매우 높음을 보여준다($p=0.0002^{***}$). 이는 요청 발화가 학습자가 추가 정보를 요구하거나 대화를 능동적으로 이끌어가는 상황에서 대화의 지속성과 발화량 증가를 유도했음을 보여준다.

확인 발화($\beta=0.987$, $p=0.0014^{**}$, [0.761, 3.027])는 세 번째로 학습자 발화량에 영향을 미치는 변수로($\beta=0.987$), 확인 발화가 1회 증가할 때 학습자 발화량이 95% 신뢰구간으로 최소 0.761회에서 최대 3.027회 증가할 가능성이 높은 것으로 나타났다($p=0.0014^{**}$). 이는 학습자가 대화 중 특정 정보를 확인하거나 명확성을 요청하는 발화가 학습자의 참여와 대화 지속성을 촉진한 것으로 해석된다.

무관련 발화($\beta=0.894$, $p < 0.0001^{***}$, [0.453, 0.969])는 학습자 발화량에 네 번째로 영향을 미치는 변수로($\beta=0.894$), 무관련 발화가 1회 증가할 때 학습자 발화량이 95% 신뢰구간으로 최소 0.453회에서 최대 0.969회까지 증가할 가능성이 매우 높다($p < 0.0001^{***}$). 이는 무관련 발화가 학습자가 비공식적이고 자유로운 방식으로 대화를 이어갈 수 있도록 도왔으며, 대화 참여를 확대하는 데 기여했음을 시사한다.

적용 발화($\beta=0.796$, $p=0.0003^{***}$, [2.431, 7.831])는 학습자 발화량 증가에 다섯 번째로 영향을 미치는 변수로($\beta=0.796$), 적용 발화가 1회 증가할 때 학습자 발화량이 95% 신뢰구간으로 최소 2.431회에서 최대 7.831회까지 증가할 가능성이 매우 높은 것으로 나타났다($p=0.0003^{***}$).

이는 학습자가 특정 지식을 실제 사례에 적용하거나 응용하려는 시도가 대화를 더욱 심화시키고 학습자의 참여를 증대시켰음을 보여준다.

한편, 부정 발화($\beta = 0.090$, $p=0.8115$, $[-0.831, 1.058]$)와 확장 발화($\beta = -0.045$, $p=0.8158$, $[-0.267, 1.791]$)는 학습자 발화량과 통계적으로 유의미한 관계를 나타내지 않았다($p>0.05$). 이러한 발화 유형은 학습자 발화량 증가에 미치는 영향이 크지 않거나, 일정하지 않음을 시사한다.

결론적으로, 학습자의 발화 유형 중 화자관련, 요청, 확인, 무관련, 적용 발화는 학습자 발화량에 유의미한 영향을 미쳤으며, 그중 화자관련 발화가 가장 강한 영향력을 보였다. 이는 학습자가 자신의 경험과 생각을 공유하는 일상 대화나 정서적 상호작용 같은 사회적 대화는 학습자 참여와 발화량 증가에 핵심적인 기여를 했음을 보여준다.

또한 사용자의 챗봇 목적 달성을 위한 시간적인 측면에서 고려하였을 때, 달성하는데 오래 걸리는 이유가 대화 유형에 따라 달라질 수 있음을 사회적 대화와 학습 대화에서 상호작용 패턴 차이로 확인할 수 있었다. 사회적 대화(예: 화자관련 발화, 무관련 발화)는 학습자의 정서적 안정과 대화 참여를 유도하며, 전반적으로 발화량 증가에 중요한 역할을 했다. 이러한 발화는 사용자가 자신의 경험과 생각을 자유롭게 표현할 수 있는 환경을 제공하며, 대화의 흐름을 자연스럽게 유지하는 데 기여하였다. 따라서, 사회적 대화는 학습자와의 관계 형성과 대화 지속성 확보에 중심적인 역할을 수행했다.

학습 대화(예: 요청 발화, 확인 발화, 적용 발화)는 사용자가 명확한 학습 목표를 달성하거나 추가 정보를 요구하는 상황에서 대화의 깊이를 심화시키는 데 기여했다. 학습자는 요청 발화를 통해 필요한 정보를 구체적으로 요구하거나 확인 발화를 통해 개념을 명확히 하고, 적용 발화를 통해 새로운 지식을 실제 상황에 연결하려는 시도를 보여주었다. 이러한 발화 유형은 학습자의 목적 달성을 지원하며, 대화의 효율성을 높이는 데 중요한 역할을 했다.

V. 결론 및 제언

본 연구는 교사 피드백 화법을 적용한 ChatGPT 기반 챗봇과 학습자의 대화를 분석하여, 교사 피드백 화법의 적용이 ChatGPT 기반 챗봇의 발화에 어떠한 영향을 미치는지 발화 유형을 통계적으로 분석하고, 학습자의 발화량에 챗봇 및 학습자의 발화 유형이 어떠한 영향을 미치는지 검증하였다. 연구 결과를 바탕으로 본 연구의 결론과 한계, 후속 연구를 제언하고자 한다. 먼저 본 연구의 결론은 다음과 같다.

첫째, 교사 피드백 화법의 적용은 챗봇이 단순 정보 전달 중심의 설명 발화를 줄이고, 학습자의 발화 유형을 구별하여 정의적·인지적 영역을 고려한 발화 유형을 풍부하게 표현하도록 유도하였다. 이를 통해 챗봇이 학습자 중심의 대화로 전환하며 정서적 상호작용을 강화하고, 학습자의 대화 참여를 촉진하는 데 효과적임을 확인하였다. 교사 피드백 화법 적용은 교육용 ChatGPT 설계 원리에 적합한 설계 방식을 구현했음을 보여준다.

둘째, 학습자의 발화량은 챗봇이 적극적 발화 유도의 원리와 정서적 상호작용의 원리를 충실히 반영한 발화를 생성할 때 유의미하게 증가하였다. 특히, 챗봇의 발화 유형 중 발화촉진, 설명, 공감, 동기유발 발화는 학습자와의 대화에서 적극적으로 상호작용을 확대하며 학습자의 참여를 유도했다. 이들 발화 유형은 학습자에게 구체적인 정보를 제공하고, 추가적인 대화 참여를 유도하며, 정서적 안정과 격려를 제공하는 데 중요한 역할을 했다.

셋째, 학습자의 발화량은 학습자 자신이 설정하는 대화 내용이 챗봇의 본래 학습적 목적 외의 사회적 대화를 포함하거나, 심화된 교과 관련 질문으로 전환될 때 유의미하게 증가하는 경향을 보였다. 특히, 학습자의 발화 유형 중 화자관련, 요청, 확인, 무관련, 적용 발화가 유의미한 증가 요인으로 영향을 미친 것을 나타났는데, 이는 학습자가 자신의 경험이나 생각을 표현하는 화자관련 발화와 같은 사회적 대화를 하거나, 단순한 정보 확인이나 기본적인 요청을 넘어서 보다 심화된 교과 관련

질문이나 적용, 확장과 같은 사고 중심의 질문을 할 때 챗봇과의 상호작용이 더욱 증가하였다.

넷째, ChatGPT 기반 챗봇의 교육적 활용을 위해서는 교육용 챗봇 설계 원리가 반영된 프롬프트 설정과 API 연계 기능이 중요한 요소로 나타났다. 프롬프트에는 챗봇의 페르소나, 학습자의 학습 내용과 수준을 반영하는 것이 필수적이며, API 연계를 통해 학습자 정보를 활용한 개인화된 적응적 지원 원리를 설계하는 것이 필요하다.

본 연구에서는 다음과 같은 한계가 있었다. 첫째, 교사 피드백 화법의 적용 여부에 따른 ChatGPT 기반 챗봇을 비교하기 위한 연구는 학습자가 직접 교사 피드백 화법이 적용된 챗봇과 적용되지 않은 챗봇을 모두 사용하며 발화 유형과 빈도를 비교하는 형태로 진행되었어야 하나, 본 연구에서는 학습자가 교사 피드백 화법이 적용된 챗봇만을 사용하였다. 이는 연구 환경이 학교 교육 환경이라는 특수한 맥락에서 이루어졌기 때문이다. 교사 피드백 화법이 적용되지 않은 챗봇은 교육적으로 부적절하거나 학습자의 이해를 저해할 수 있는 답변을 생성할 가능성이 있었으며, 이러한 상황이 실제 학교 교육 환경에서 발생할 경우 학습자의 혼란을 초래하거나 교육적 효과를 저해할 우려가 있었다. 따라서 학습자가 직접 교사 피드백 화법 미적용 챗봇을 사용하는 과정은 진행되지 않았고, 미적용 챗봇과의 비교는 학습자가 교사 피드백 화법이 적용된 챗봇과 나눈 대화를 연구자가 교사 피드백 화법 미적용 챗봇에 대리 입력하여 비교 분석하는 방식으로 이루어졌다. 이로 인해 실제 학습자를 대상으로 한 교사 피드백 화법의 적용 효과를 직접적으로 검증하지 못하였다는 한계가 있다.

둘째, 본 연구는 교육공학 분야에서 설계·개발 연구가 요구하는 전문가 검토와 사용성 평가 과정을 충분히 포함하지 못했다. 내적 타당화를 확보하기 위한 전문가 검토는 초기 개발된 모형 또는 도구가 이론적 적합성을 만족하는지 확인하기 위해서 해당 분야 전문가들의 검토를 받아 수정하거나 보완하는 과정이다. 외적 타당화를 확보하기 위한 사용성 평가는 개발된 모형이나 도구가 실제 사용 환경에서 적절히 작동하는지

확인하기 위해서 현직 교사나 학습자들의 사용자 피드백을 받아 수정하거나 보완하는 과정이다. 그러나 본 연구는 고등학교 수업이라는 제한된 환경에서 이루어졌기 때문에 전문가 검토와 사용성 평가를 포함적으로 진행하기 어려운 현실적인 제약이 있었다. 연구자는 해당 학교와 교사 및 학생의 협조를 바탕으로 정해진 일정 내에서 제한된 기간과 교과 범위 안에서 연구를 진행해야 했다. 이로 인해 학교 현장의 수업 일정과 내용에 의존해야 하는 시간적·환경적 제약이 발생하였으며, 연구자가 의도한 대로 연구를 설계하거나 타당화 과정을 포함하기 어려운 한계가 있었다. 향후 연구에서는 이러한 타당화 과정을 포함하여 신뢰도와 일반화 가능성을 강화할 필요가 있다.

셋째, ChatGPT와 같은 생성형 인공지능 모델은 지속적인 버전 업그레이드와 기술적 발전으로 인해 챗봇의 응답 내용이 달라질 가능성이 있다. 본 연구는 특정 시점의 모델(2023년 10월~11월, gpt-3.5-turbo-16k)을 기반으로 수행되었으며, 이후 최신 모델을 사용할 경우 챗봇의 응답 특성이 변화함에 따라 연구 결과가 일부 달라질 수 있다. 이는 연구 결과를 동일한 조건에서 재현하는 데에 어려움을 줄 가능성이 있다. 따라서 후속 연구에서는 최신 모델을 활용할 경우 본 연구의 결과와 어떤 차이가 나타나는지를 확인하여 모델 업데이트가 연구 결과에 미치는 영향을 검토하는 과정이 필요하다. 본 연구의 재현을 위해선 API 설정 또는 OpenAI Platform의 Playground에서 본 연구와 동일한 모델과 하이퍼파라미터를 설정하면 확인해볼 수 있다. 본 연구에서 수행한 하이퍼파라미터는 Temperature 0, Max tokens 1024, 나머지는 연구 수행 시 기준 기본 값으로 설정하였다.

추가적인 후속 연구 제언은 다음과 같다. 첫째, 교과 교육 현장에 투입할 챗봇 설계 시, 동학년 동교과 교사들과 협력하여 해당 교과 전반을 포함할 수 있는 프롬프트를 개발해야 한다. 본 연구에 참여한 학교는 복수의 과학교사가 통합과학을 나누어 수업하는데, 이로 인해 학습자의 질문은 타 교사가 담당하는 통합과학 단원에 대한 질문도 많았다. 학습자의 입장에서 특정 교사의 수업에 한정된 챗봇이 아니라, 교과 전체를

아우를 수 있는 챗봇이 필요하며, 이를 위해서는 교사 간 협력을 통한 프롬프트 및 응답 설계가 필수적이다.

둘째, 학습자 발화 유형은 질문 시 사고를 형성하는 질문 유형보다 지식을 확인하는 질문 유형의 빈도가 더 많았으며, 학습자는 챗봇과의 대화를 할 때 챗봇에 입력된 주제와 관련된 질문 외에도 담당 교과와 연관된 질문이나 챗봇과의 사회적 소통을 위한 발화를 더 많이 하였다. 지식 확인 유형의 질문 유형은 챗봇과의 대화가 단기간에 끝나는 경향이 있는데, 이는 단답식으로 답변이 가능한 질문을 학습자가 챗봇에게 한 결과이며 학습자의 사용 의도가 단기간에 달성되므로 이러한 내용이 담김 대화는 학습자의 발화량이 적은 특징이 있다. 또한 학습자는 챗봇과의 사회적 소통을 위한 발화를 더 많이 하였는데, 학습자는 챗봇을 검색 기능과 유사한 일반적인 도구로 취급하기보다는 사람과 같은 소통의 대상으로 대하며 대화를 나누며 사회적 관계를 형성하는 재미를 추구하였다. 이러한 사회적 관계는 학습자의 사용 의도와 몰입에 긍정적인 영향을 미치므로 학습자에게 여러 유형의 챗봇을 제공할 경우, 챗봇마다 그 제작 목적에 적합하면서도 고유한 페르소나를 형성할 필요가 있다.

셋째, 보다 다양하고 유기적인 학습자 정보를 활용하여 학습자 중심의 맞춤형 챗봇을 개발할 필요가 있다 학습자의 이름, 학습 수준, 정서적 상태를 반영한 응답 설계는 대화의 몰입감을 높이고 학습 동기를 강화하는 데 실제로 기여함을 확인하였다. 더 나아가 인공지능 기반 적응형 학습 시스템 또는 지능형 튜터링 시스템(Intelligent tutoring system: ITS)과 연동된 챗봇이 학습자의 학습 데이터를 적극적으로 활용하면 개인화된 적응적 지원의 원리를 더욱 강하게 지원할 수 있는 가능성이 있다고 본다.

넷째, 교육자들이 쉽게 활용할 수 있는 챗봇 플랫폼 개발이 필요하다. 본 연구자는 먼저 챗봇 플랫폼 개발 프로젝트를 먼저 진행하였고 가능성을 확인하여 본 연구를 진행하였다. 해당 챗봇 플랫폼은 웹 기반이었으며 일반 교사들이 간단한 프롬프트 입력만으로 챗봇을 생성하거나 테스트 및 수정할 수 있었고, 원하는 학습자에게 사용자 링크로 배포하여 개별 학습자들의 사용 기록도 확인할 수 있었다. 가장 가능성을 높게

느꼈던 것은 교육자들이 서로 만든 챗봇의 구조와 기능을 공유할 수 있어 더 나은 산출물을 만들 수 있는 통찰을 얻을 수 있음과 동시에 과학 뿐만 아니라 국어, 영어, 수학, 사회, 기술 등 각자의 전문성을 발휘할 수 있는 도메인 지식(Domain Knowledge)을 바탕으로 생성형 AI의 다양한 가능성을 탐색할 수 있었다. 플랫폼은 플랫폼을 사용하는 사용자들이 스스로 컨텐츠를 공유하고 스스로 제작하는 과정에서 더욱 무궁무진하고 각자의 영역에서 전문화된 컨텐츠들이 나오는 특징이 있으므로, 각 영역의 전문가들에게 보다 쉽게 생성형 AI를 활용할 수 있도록 제공하는 플랫폼 구축에 대한 필요성을 가장 크게 느꼈다.

참고 문헌

- 장동훈 (2023). 챗지피티(ChatGPT)의 등장과 국어교육의 대응. *국어문학*, 82(82), 469–496.
- 장현태, 노석구(2018). 초등학교 과학수업에서 학생의 사전질문 분석틀 개발 및 적용. *한국과학교육학회지*, 38(2), 235–247.
- 교육부 (2023a). 제 1 차 기초학력 보장 종합계획(2023~2027). 교육부.
- 교육부 (2023b). 인공지능(AI) 디지털교과서로 1 대 1 맞춤 교육시대 연다. 교육부.
- 장동훈 (2023). 챗지피티(ChatGPT)의 등장과 국어교육의 대응. *국어문학*, 82, 469–496.
- 김미경, 김희백 (2007). 학생들이 제시한 질문의 유형 분석을 통한 개방적 참탐구 활동의 인지적 추론 측면의 효과. *한국과학교육학회지*, 27(9), 930–943.
- 김민지, 염지윤, 정혜원, 임철일 (2021). 인공지능 챗봇의 교육적 활용 연구 동향 분석: 활동이론을 중심으로. *교육정보미디어연구*, 27(2), 699–721.
- 김민지, 허선영 (2021). 인공지능 챗봇을 활용한 웹 기반 코딩학습 지원도구 프로토타입 개발. *교육정보미디어연구*, 27(1), 111–132.
- 김성근, 여상인, 우규환 (1999). 과학수업에서의 학생 질문에 대한 연구. *한국과학교육학회지*, 19(4) 560–569.
- 김승현 (2014). 초등 예비 교사의 피드백 발화에 대한 분석적 고찰. *화법연구*, 25, 41–73.
- 김윤희 (2007). 유아의 자발적 질문과 교사의 반응간의 관계 분석. 이화여자대학교 교육대학원 석사학위논문.
- 김주영, 박창균 (2018). 교사 피드백 화법의 전개 양상 분석. *한국초등국어교육*, 64, 5–38.
- 김혜란, 최선영 (2021). 초등과학 실시간 쌍방향수업을 위한 인공지능 융합교육프로그램의 개발과 적용 – ‘식물의 생활’ 단원을 중심으로. *초등과학교육*, 40(4), 433–442.
- 김혜영, 신동광, 양혜진, 이장호 (2019). 영어교과 보조 도구로서의 AI 챗봇 분석 연구. *학습자중심교과교육연구*, 19(1), 89–110.
- 민경모, 유준희 (2022). Doc2Vec 을 이용한 중학교 과학 질문-답변 챗봇 개발 및 학생 질의 분석. *The SNU Journal of Education Research*, 31(3), 115–145.
- 민윤정, 안재경, 김소영 (2020). 기술수용모형을 적용한 학습용 챗봇 사용의도와 영향요인 간 구조적 관계 분석. *교육정보미디어연구*, 26(4), 799–825.
- 박보비 (2019). 학생의 질문과 교사의 반응간의 관계 분석. 한국교원대학교 대학원 석사학위논문.

- 박은진 (2015). 국어교육사의 관점에서 본 완전학습이론 -1970년대 완전학습이론 수용 사례에 대한 사적 고찰을 중심으로-. *학습자중심교과교육연구*, 15(2), 191-221.
- 변정호, 권용주 (2023). 생성적 인공지능의 교육적 활용 방안 탐색: 생물학습을 위한 ChatGPT 활용을 중심으로. *Brain, Digital, & Learning*, 13(1), 1-17.
- 성민창 (2020). 초등영어 예비교사들이 개발한 인공지능 챗봇. *어학연구*, 56(1), 97-115.
- 성민창, 강정진 (2020). 예비 초등영어교사의 적응적 전문성 신장을 위한 인공지능 챗봇 교육과정 개발. *초등영어교육*, 26(2), 5-29.
- 신동광 (2019). 인공지능 챗봇의 영어 교육적 활용 가능성과 한계. *Brain, Digital, & Learning*, 9(2), 29-40.
- 신동광, 정혜경, 이용상 (2023). 내용중심 영어 교수 학습의 도구로서 ChatGPT의 활용 가능성 탐색. *영어교과교육*, 22(1), 171-192.
- 심규남, 송은주, 추성엽, 권해경, 민덕기 (2020). AI 챗봇 매개 초등영어 과정중심 평가 과업의 개발 및 적용. *영어평가*, 15(1), 41-61.
- 안영주, 김기대 (2022). 환경교육센터에서의 교육 후 학생 질문 분석 연구: 학리기후변화교육센터를 중심으로. *환경교육*, 35(2), 154-167.
- 양수연 (2019). 중학교 국어 수업에서의 교수 화법 양상 및 교육적 함의 -‘질문-대답-평가/피드백’의 대화연속체를 중심으로-. *질적탐구*, 5(2), 163-190.
- 염지윤 (2023). 인공지능 챗봇 기반 실시간 온라인 영어 말하기 수업 설계원리 개발. 서울대학교 대학원 석사학위 논문.
- 유재진 (2023). 인공지능을 활용한 지리교육 연구 -ChatGPT 기반 질의·응답을 중심으로. *한국사진지리학회지*, 33(1), 162-173.
- 윤여범, 박미애 (2020). 인공지능과 초등영어교육: 챗봇의 현황과 발전 방향을 중심으로. *한국초등교육*, 31, 77-90.
- 이경언, 권점례, 오상철. (2008) 교실 내 맞춤형 학습 지원방안 연구(I). 한국교육과정평가원, RRI 2008-3-1.
- 이동한 (2018). 인공지능을 활용한 영어 학습용 챗봇 시스템 개발 방안 연구. *중등영어교육*, 11(1), 45-68.
- 이동한, 박상인 (2019). 초등영어교과서를 활용한 영어말하기 학습용 챗봇 제작 방안. *초등영어교육*, 25(4), 79-100.
- 이상수 (2023). 대화 분석을 통한 사회정서역량 측정 애플리케이션 개발 - ChatGPT API를 이용하여. *교육혁신연구*, 33(3), 55-78.
- 이소영, 이상일, 박의현, 최학모 (2023). 사회과 챗봇의 설계와 교육적 활용 방안에 관한 연구 - 중학교 지리 영역을 중심으로 -. *한국지리환경교육학회지*, 31(1), 147-163.

- 이장호, 김혜영, 신동팡, 양혜진 (2019). 외국어학습을 위한 대화형 챗봇의 담화 분석을 통한 개선 방안 연구. *멀티미디어 언어교육*, 22(1), 132-153.
- 이창덕, 박창균, 이정우, 김주영, 이선영 (2010). 수업을 살리는 교사화법. *테크빌교육*.
- 장성민 (2023). 챗GPT가 바꾸어 놓은 작문교육의 미래 - 인공지능 시대, 작문교육의 대응을 중심으로. *작문연구*, 56, 7.
- 장진아, 박준형, 박지선 (2021). 인공지능 챗봇 관련 국내 연구 동향 및 챗봇 활용 현황 분석: 과학 교육에서의 활용을 위한 시사점을 중심으로. *학습자중심교과교육연구*, 21(13), 729-743.
- 정민수, 전미란, 채희권 (2007). 과학영재 수업에서 언어적 상호작용을 통하여 본 교사의 발문과 피드백 사례분석. *한국과학교육학회지*, 27(9), 881-892.
- 정영식, 서순식, 조순옥, 서정희 (2022). 교육 격차 해소를 위한 디지털 기술 적용 방안 연구, 한국교육학술정보원, KR 2022-4.
- 정득실, 유은정 (2017). 지구과학 천문 영역에서 과학영재들의 질문 유형 분석. *영재교육연구*, 27(2), 139-158.
- 조은경 (2015). 대화 시스템을 위한 대화 분석과 맥락 활용. *텍스트언어학*, 39, 341-370.
- 조현국 (2023). 텍스트 기반 생성형 인공지능의 이해와 과학교육에서의 활용에 대한 논의. *한국과학교육학회지*, 43(3), 307-319.
- 최서원, 남재현. (2019). SW 교육 보조 도구로서의 AI 챗봇 활용. *한국정보통신학회논문지*, 23(12), 1693-1699.
- 최원경 (2020). AI 챗봇을 활용한 초등영어 과정중심 말하기 평가. *초등영어교육*, 26(1), 131-152.
- 한우진, 이상수 (2018). 수업대화 분석법주 개발. *학습자중심교과교육연구*, 18(7), 15-43.
- 현영근, 임정택, 한정현, 채우리, 이기현, 고진덕, 조영희, 이주연 (2020). 사용자 친화적인 대화형 챗봇 구축을 위한 개발방법론에 관한 연구. *디지털융복합연구*, 18(11), 215-226.
- 홍선호, 윤택남, 이삭, 오은진 (2021). 초등영어교육에서 음성대화형 챗봇 활용 방법론 탐색 및 효과. *한국초등교육*, 31, 31-55.

- Chen, H.-L., Vicki Widarso, G., & Sutrisno, H. (2020). A ChatBot for Learning Chinese: Learning Achievement and Technology Acceptance. *Journal of Educational Computing Research*, 58(6), 1161-1189.
- Chin, C., & Brown, D. E. (2010). Student-generated questions: A meaningful aspect of learning in science. *International Journal of Science Education*, 24(5), 521-549.

- Chocarro, R., Cortiñas, M., & Marcos-Matás, G. (2023). Teachers' attitudes towards chatbots in education: a technology acceptance model approach considering the effect of social language, bot proactiveness, and users' characteristics. *Educational Studies*, 49(2), 295–313.
- Clarizia, F., Colace, F., Lombardi, M., Pascale, F., & Santaniello, D. (2018). Chatbot: An education support system for student. In *International symposium on cyberspace safety and security* (pp.291–302).
- Good, T. L., Slavings, R. L., Harel, K. H., & Emerson, H. (1987). Student Passivity: A Study of Question Asking in K-12 Classrooms. *Sociology of Education*, 60(3), 181–199.
- Kuhail, M. A., Alturki, N., Alramlawi, S., & Alhejori, K. (2022). Interacting with educational chatbots: A systematic review. *Education and Information Technologies*, 28(1), 973–1018.
- Kumar, J. A. (2021). Educational chatbots for project-based learning: investigating learning outcomes for a team-based design course. *Int J Educ Technol High Educ*, 18(1), 65.
- Miao, F., & Holmes, W. (2023). *Guidance for generative AI in education and research*. UNESCO.
- OpenAI (2023. 11. 14.). *Privacy Policy*. OpenAI. Retrieved 24 January, 2024, from <https://openai.com/ko/policies/privacy-policy>
- Richey, R. C., & Klein, J. D. (2014). *Design and development research: Methods, strategies, and issues*. Routledge.
- Selvakumar, P. (2023). *Test generation with temperature ans top-p sampling in GPT models: an in-depth guide*. Retrieved 24 January, 2024, from <https://www.linkedin.com/pulse/text-generation-temperature-top-p-sampling-gpt-models-selvakumar>
- Sinclair, J., & Coulthard, M. (1975). *Towards an Analysis of Discourse*, Oxford: Oxford University Press.
- Smutny, P., & Schreiberová, P. (2020). Chatbots for learning: A review of educational chatbots for the Facebook Messenger. *Computers & Education*, 151.
- Tomlinson, C. A. (2014). The differentiated classroom: Responding to the needs of all learners. (2nd ed., ASCD Arias).
- Wu, Y., Wu, W., Xing, C., Xu, C., Li, Z., & Zhou, M. (2019). A Sequential Matching Framework for Multi-Turn Response Selection in Retrieval-Based Chatbots. *Computational Linguistics*, 45(1), 163–197.

Abstract

Analysis of Conversations Between a ChatGPT-Based Chatbot with Teacher Feedback Strategies and Students : Focusing on High School Science

Yoon Youngjip

Department of Science Education (Physics Major)

The Graduate School
Seoul National University

With the growing demand for personalized education, research on educational chatbots has been actively conducted. Traditional rule-based chatbots were designed to respond to anticipated student queries or provide selectable options, but they struggled to flexibly address a wide range of student inquiries. To overcome these limitations, generative AI-based chatbots have emerged, with ChatGPT demonstrating the potential for natural and flexible conversations with students. However, when applied to educational settings, ChatGPT poses challenges such as a lack of teacher control, insufficient personalization of learning content, and inadequate emotional engagement.

To address these issues, this study developed a ChatGPT-based educational chatbot incorporating teacher feedback strategies and analyzed the interaction records between the chatbot and high school integrated science students. The study aimed to classify the speech

types of both students and the chatbot and identify factors influencing students' speech volume.

Based on a review of prior research, this study established design principles for an educational ChatGPT-based chatbot and formulated prompts accordingly. The designed prompts incorporated elements such as students' learning levels, subject content, and reinforcement of emotional interactions. Additionally, the chatbot was designed to implement teacher feedback strategies by encouraging student-centered questioning and fostering affective interactions.

The chatbot was deployed for one month to collect data from 16 first-year high school students enrolled in an integrated science course at a high school in Busan, South Korea. The collected data underwent preprocessing, resulting in 273 student utterances and 425 chatbot utterances. Statistical analyses were conducted using Python. Students were allowed to access and interact with the chatbot freely, without restrictions on time, location, or device. To ensure ethical research practices and educational safety, data collection was conducted only with students who provided informed consent and had received prior training on generative AI.

Regarding Research Question 1, which examined differences in chatbot dialogue patterns based on the application of teacher feedback strategies, results showed that the chatbot employing feedback strategies exhibited an increased tendency to actively engage students and provide emotional support. Conversely, a chatbot without feedback strategies focused primarily on delivering information, often responding in a fragmented manner without sufficiently addressing students' needs.

For Research Question 2, which analyzed factors affecting students' speech volume, findings revealed that chatbot utterances designed to actively involve students in conversation or prompt

follow-up discussions significantly increased student engagement. Additionally, student utterances that shared personal experiences or requested further information deepened the conversation and strengthened social interactions, contributing to the continuity of dialogue.

This study suggests that a ChatGPT-based chatbot incorporating teacher feedback strategies can effectively support student-centered conversations by adapting to students' dialogue content and emotional needs. The findings highlight the importance of designing educational chatbots with teacher feedback strategies and personalized support systems tailored to student characteristics. Moreover, this study provides insights into the design and potential applications of educational chatbots in science education.

Keywords : ChatGPT-based chatbot, Education using generative AI, chatbot design principles, Science education chatbot, Design principles of educational chatbot prompts, Teacher feedback strategies

Student Number : 2022-27491

부 록

<부록 1> 동의서

연구참여자용 설명문(학생용)

연구 과제명 : 교사 피드백 화법을 적용한 ChatGPT 기반 챗봇과 고등학교 학습자의 대화 분석: 고등학교 통합과학을 중심으로

연구 책임자명 : 윤영집(서울대학교 사범대학 과학교육과 물리전공, 석사과정)

이 연구는 교사 피드백 화법을 적용한 ChatGPT 기반 교육용 챗봇과 고등학교 통합과학 학습자의 대화 분석에 대한 연구입니다. 귀하는 본 챗봇 연구에 적합한 학교 및 교사의 수업을 수강하는 학습자이기 때문에 이 연구에 참여하도록 권유 받았습니다. 이 연구를 수행하는 서울대학교 소속의 윤영집 연구원(010-*****-****)이 귀하에게 이 연구에 대해 설명해 줄 것입니다. 이 연구는 자발적으로 참여 의사를 밝히신 분에 한하여 수행 될 것이며, 귀하께서는 참여 의사를 결정하기 전에 본 연구가 왜 수행되는지 그리고 연구의 내용이 무엇과 관련 있는지 이해하는 것이 중요합니다. 다음 내용을 신중히 읽어보신 후 참여 의사를 밝혀주시길 바라며, 필요하다면 가족이나 친구들과 의논해 보십시오. 만일 어떠한 질문이 있다면 담당 연구원이 자세하게 설명해 줄 것입니다.

1. 이 연구는 왜 실시합니까?

이 연구의 목적은 교사 피드백 화법을 적용한 ChatGPT 기반 교육용 챗봇을 고등학교 통합과학 학습자가 사용할 때 어떤 대화를 나누는지를 보고 그 특징을 분석하기 위함입니다.

2. 얼마나 많은 사람이 참여합니까?

연구 참여 교사 1명, 해당 교사의 수업을 수강하는 학습자 50명이 참여할 것입니다.

3. 만일 연구에 참여하면 어떤 과정이 진행됩니까?

만일 귀하가 참여의사를 밝혀 주시면 다음과 같은 과정이 진행될 것입니다.

(1) 수업 1차 적용

수업 1차 적용 시기는 챗봇 사용 기록 수집 기간의 전반부에 해당하며 대략 2~3차 시수(주 1차시, 각 시수당 50분 수업)를 진행하는 기간입니다. 평소와 같은 수업에 참여하되 수업 종료 5분 전에 챗봇과 학습한 내용에 관해서 대화하면서 학습을 점검합니다. 수업 종료 후에도 언제든지 챗봇을 사용할 수 있습니다. 챗봇은 연구 참여를 하지 않은 학습자들도 사용 가능하도록 개방하며, 챗봇을 사용하지 않을 경우 교사와 언제든 질의응답을 나눌 수 있습니다. 챗봇을 사용하면서 남긴 챗봇 대화 기록과 자유롭게 추가적으로 남긴 대화별 만족도, 대화후 만족도, 개

선의견은 연구책임자가 구축한 데이터베이스에 저장됩니다.

(2) 수업 2차 적용

수업 2차 적용 시기는 챗봇 사용 기록 수집 기간의 후반부에 해당하며 대략 2~3차 시수(주 1차시, 각 시수당 50분 수업)를 진행하는 기간입니다. 수업 1차 적용 시기의 챗봇 사용 기록을 분석하여 보다 개선된 챗봇을 사용합니다. 사용 방법은 수업 1차 적용 시기와 동일합니다.

(3) 면담

챗봇을 사용하면서 남긴 챗봇 사용 기록에 대해서 보다 깊은 분석을 위한 연구책임자와의 면담입니다. 면담을 희망하신다면 동의서 9항에 ‘동의함’으로 응답하시면 되며, 면담 시 녹음은 녹음에 동의하신 분에 한하여 진행됩니다. 면담은 챗봇 사용 기록을 분석한 결과 나타난 특성을 바탕으로 면담 참여 의사를 밝힌 연구참여자 중 대표성(발화량, 학습자 반응 대화 유형별 등)을 반영할 수 있는 학습자 8명을 선별하여 진행합니다.

4. 연구 참여 기간은 얼마나 됩니까?

1학년 통합과학 수업에서 챗봇이 활용되는 기간은 본 연구 개시일로부터 2023년 12월 기말고사 종료일까지이며, 면담은 기말고사 종료일로부터 2024년 1월 중 연구책임자와 협의한 날에 1회 30분 진행됩니다.

5. 참여 도중 그만두어도 됩니까?

예, 귀하는 언제든지 어떠한 불이익 없이 참여 도중에 그만둘 수 있습니다. 만일 귀하가 연구에 참여하는 것을 그만두고 싶다면 담당 연구원이나 연구책임자에게 즉시 말씀해 주십시오. 그만두는 경우 모아진 자료는 중도 탈락 시 수집된 자료의 폐기를 원하시면 즉시 폐기됩니다. 그러나 폐기를 원하지 않는다면 연구참여자의 동의 시, 중도 탈락 이전 자료는 연구 자료로 사용됩니다. 이에 동의하신다면 동의서 11번 항목에 ‘예’로 체크해주시기 바랍니다.

6. 부작용이나 위험요소는 없습니까?

본 연구에서 사용되는 생성형 AI 기반 챗봇은 사용자의 입력 내용을 ‘이해하여 답변’하는 것이 아닌, ‘가장 많이 연관된 내용을 생성하여 출력’합니다. 그 결과로 챗봇은 사용자에게 잘못된 정보를 출력하거나 사실이 아닌 새로 생성한 내용을 설득력 있게 출력할 수 있습니다. 또한 사용자가 챗봇의 답변에 과도하게 의존할 경우, 스스로 생각하고 판단할 기회를 놓칠 수 있습니다.

본 연구에 앞서 진행한 예비 연구(Pilot test)에서는 위와 같은 생성형 AI의 위험 요소를 최소화하고 학습자에게 개별 맞춤형 학습 지원이 가능한 결과를 얻었습니다. 이는 챗봇에 교사 피드백 화법과 사용자 학습 내용, 교육용 챗봇 설계 원리를 적용한 결과였습니다.

본 연구에서 발생할 수 있는 문제를 방지하기 위하여 연구책임자는 사용자를 보호하기 위해 챗봇 출력 내역을 지속적으로 모니터링합니다. 필요할 경우 챗봇의 출력에 오류가 있었음을 즉시 해당 사용자와 연구 참여 교사에게 알리고 정정 내용을 같이 전달한 뒤 해당 오

류가 재현되지 않도록 즉각적으로 조치합니다. 연구책임자는 사용자에게 AI 이해 교육 자료와 AI 윤리 교육 자료를 제공하여 사용자가 위와 같은 위험 요소를 간파하고 더 유용하게 사용할 수 있도록 합니다.

만일 위로 인한 문제가 염려된다면 귀하는 언제든지 연구 참여를 중단할 수 있습니다. 연구 참여 도중 발생할 수 있는 부작용이나 위험요소에 대한 질문이 있으면 담당 연구원에게 즉시 문의해 주십시오.

7. 이 연구에 참여시 참여자에게 이득이 있습니까?

귀하가 이 연구에 참여하는 데 있어서 직접적인 이득은 없습니다. 그러나 귀하가 제공하는 정보는 교사 피드백 화법을 적용한 ChatGPT 기반 교육용 챗봇에 대한 이해를 증진하는 데 도움이 될 것입니다.

8. 만일 이 연구에 참여하지 않는다면 불이익이 있습니까?

귀하는 본 연구에 참여하지 않을 자유가 있습니다. 또한, 귀하가 본 연구에 참여하지 않아도 귀하에게는 어떠한 불이익도 없습니다. 본 연구는 해당 고등학교와 독립된 별도의 연구이므로 수업 또는 성적에 불이익이 없습니다.

9. 연구에서 얻은 모든 개인 정보의 비밀은 보장됩니까?

개인정보관리책임자는 서울대학교의 윤영집(010-*****-****)입니다. 본 연구에서 수집되는 개인정보는 학습자의 학번과 이메일, 연락처입니다. 이러한 개인정보는 윤영집(연구 책임자), 유준희(공동 연구자)에게만 접근이 허락되며, 학습자의 학번과 이메일은 개인정보는 챗봇 로그인을 통한 개인 식별용으로만 활용되며, 연구 결과에는 모두 코드로 변환하여 개인정보를 보호합니다. 연락처는 연구 중 연락 목적으로만 수집하고 해당 목적이 달성되면 즉시 폐기합니다. 이것 이외 앞의 모든 개인정보는 연구가 종료되면 즉시 폐기합니다. 면담 내용에 대한 녹음 자료는 빠른 시일 내에 전사하고, 전사 완료 후에는 해당 녹음 파일은 즉시 삭제하고 전사 기록지만 보관합니다. 개인정보가 포함된 모든 연구 과정에서 발생한 데이터는 접근 과정이 이중 보안 처리가 된 데이터베이스 또는 네트워크가 연결되지 않는 외부 저장장치에 암호화하여 보관하며, 저장장치는 별도 시건장치 된 캐비닛에 보관이 될 것입니다. 동의서는 관련 법령에 따라 3년을 보관한 후 폐기할 예정이며, 연구자료의 경우는 서울대학교 연구윤리지침에 따라 가능한 한 영구 보관할 예정입니다. 저희는 이 연구를 통해 얻은 모든 개인 정보의 비밀 보장을 위해 최선을 다할 것입니다. 이 연구에서 얻어진 개인 정보가 학회지나 학회에 공개될 때 귀하의 이름 및 기타 개인 정보는 사용되지 않을 것입니다. 그러나 만일 법이 요구하면 귀하의 개인정보는 제공될 수도 있습니다. 또한 모니터 요원, 점검 요원, 생명윤리위원회는 연구참여자의 개인 정보에 대한 비밀 보장을 침해하지 않고 관련규정이 정

하는 범위 안에서 본 연구의 실시 절차와 자료의 신뢰성을 검증하기 위해 연구 결과를 직접 열람할 수 있습니다. 귀하가 본 동의서에 서명하는 것은, 이러한 사항에 대하여 사전에 알고 있었으며 이를 허용한다는 동의로 간주될 것입니다.

10. 이 연구에 참가하면 사례가 지급됩니까?

귀하의 연구 참여시 감사의 뜻으로 5,000원 정도 되는 작은 기념품이 증정될 것입니다. 면담을 희망하여 면담 대상자로 선정되고 면담에도 참여한 경우에는 총 10,000원 정도 되는 기념품이 증정될 것입니다. 연구 참여 도중에 중단하시더라도 기념품은 지급됩니다.

11. 연구에 대한 문의는 어떻게 해야 됩니까?

본 연구에 대해 질문이 있거나 연구 중간에 문제가 생길 시 다음 연구 담당자에게 연락하십시오.

이름: 윤영집 전화번호: 010-****-****

만일 어느 때라도 연구참여자로서 귀하의 권리에 대한 질문이 있다면 다음의 서울대학교 생명윤리위원회에 연락하십시오.

서울대학교 생명윤리위원회 (SNUIRB) 전화번호: 02-880-5153 이메일: irb@snu.ac.kr

동의서 (연구참여자 보관용)

연구 과제명 : 교사 피드백 화법을 적용한 ChatGPT 기반 교육용 챗봇과
고등학교 통합과학 학습자의 대화 분석: 수업대화 분석 방법을 중심으로
연구 책임자명 : 윤영집(서울대학교 사범대학 과학교육과 물리전공, 석사과정)

1. 나는 이 설명서를 읽었으며 담당 연구원과 이에 대하여 의논하였습니다.
2. 나는 위험과 이득에 관하여 들었으며 나의 질문에 만족할 만한 답변을 얻었습니다.
3. 나는 이 연구에 참여하는 것에 대하여 자발적으로 동의합니다.
4. 나는 이 연구에서 얻어진 나에 대한 정보를 현행 법률과 생명윤리위원회 규정이 허용하는 범위 내에서 연구자가 수집하고 처리하는 데 동의합니다.
5. 나는 담당 연구자나 위임 받은 대리인이 연구를 진행하거나 결과 관리를 하는 경우와 법률이 규정한 국가 기관 및 서울대학교 생명윤리위원회가 실태 조사를 하는 경우에는 비밀로 유지되는 나의 개인 신상 정보를 확인하는 것에 동의합니다.
6. 나는 언제라도 이 연구의 참여를 철회할 수 있고 이러한 결정이 나에게 어떠한 해도 되지 않을 것이라는 것을 압니다.
7. 나의 서명은 이 동의서를 받았다는 것을 뜻하며 나와 동의받는 연구원의 서명이 포함된 동의서를 보관하겠습니다.
8. 나는 나의 학번, 이메일이 수집되는 것을 알고 있으며, 연구에 사용되는 것을 허락합니다.

동의함 동의하지 않음

9. (면담을 희망할 경우) 나는 수업 2차 적용 이후 연구자와의 면담을 희망합니다.

동의함 동의하지 않음

10. (면담을 희망할 경우) 나는 면담 중에 녹음이 진행되는 것에 동의합니다.

동의함 동의하지 않음

11. (중도탈락자의 데이터를 계속 활용할 경우) 나는 중도 포기 혹은 중도 탈락 시, 그동안 수집된 나의 자료가 계속 활용되는 것에 동의합니다.

동의함 동의하지 않음

연구참여자 성명

서명

날짜 (년/월/일)

동의받는 연구원 성명

서명

날짜 (년/월/일)

동의서 (연구자보관용)

연구 과제명 : 교사 피드백 화법을 적용한 ChatGPT 기반 교육용 챗봇과
고등학교 통합과학 학습자의 대화 분석: 수업대화 분석 방법을 중심으로
연구 책임자명 : 윤영집(서울대학교 사범대학 과학교육과 물리전공, 석사과정)

1. 나는 이 설명서를 읽었으며 담당 연구원과 이에 대하여 의논하였습니다.
2. 나는 위험과 이득에 관하여 들었으며 나의 질문에 만족할 만한 답변을 얻었습니다.
3. 나는 이 연구에 참여하는 것에 대하여 자발적으로 동의합니다.
4. 나는 이 연구에서 얻어진 나에 대한 정보를 현행 법률과 생명윤리위원회 규정이 허용하는 범위 내에서 연구자가 수집하고 처리하는 데 동의합니다.
5. 나는 담당 연구자나 위임 받은 대리인이 연구를 진행하거나 결과 관리를 하는 경우와 법률이 규정한 국가 기관 및 서울대학교 생명윤리위원회가 실태 조사를 하는 경우에는 비밀로 유지되는 나의 개인 신상 정보를 확인하는 것에 동의합니다.
6. 나는 언제라도 이 연구의 참여를 철회할 수 있고 이러한 결정이 나에게 어떠한 해도 되지 않을 것이라는 것을 압니다.
7. 나의 서명은 이 동의서를 받았다는 것을 뜻하며 나와 동의받는 연구원의 서명이 포함된 동의서를 보관하겠습니다.
8. 나는 나의 학번, 이메일이 수집되는 것을 알고 있으며, 연구에 사용되는 것을 허락합니다.

동의함 동의하지 않음

9. (면담을 희망할 경우) 나는 수업 2차 적용 이후 연구자와의 면담을 희망합니다.

동의함 동의하지 않음

10. (면담을 희망할 경우) 나는 면담 중에 녹음이 진행되는 것에 동의합니다.

동의함 동의하지 않음

11. (중도탈락자의 데이터를 계속 활용할 경우) 나는 중도 포기 혹은 중도 탈락 시, 그동안 수집된 나의 자료가 계속 활용되는 것에 동의합니다.

동의함 동의하지 않음

연구참여자 성명

서명

날짜 (년/월/일)

동의받는 연구원 성명

서명

날짜 (년/월/일)

<부록 2> 챗봇 프롬프트

<규칙 1> Assistant는 User와 여러 번의 대화가 이어지도록 대화체로 답변할 것.

<규칙 2> User는 학생임. 스스로 생각하면서 성장을 해야함. User에게 정답을 바로 제시해주면 그 기회가 사라짐. 흥미로운 단서나 안내를 제시할 것. 이를 통해서 User가 Assistant에게 자신의 생각을 말하고 정교화해야함.

<규칙 3> ‘과학과 교육과정’은 우리나라 과학과 교육과정 중 해당 대단원(고등학교 1학년 통합과학 - 8. 생태계와 환경) 내용임. User에게 답변할 때 이것을 참고해서 답변하되 직접 인용은 지양할 것.

<규칙 4> ‘교과서 내용’은 User가 학교에서 학습하고 있는 교과서 내용임. 해당 사항을 바탕으로 답변을 생성할 것.

####과학과 교육과정(고등학교 1학년 통합과학 - 8. 생태계와 환경)

{[내용체계]}

이 단원에서는 인간을 포함한 생물이 어떻게 환경에 적응하고 살아가는지를 파악함으로써 전 지구적인 기후·환경 문제에 대한 관심을 유발하고, 지속 가능한 과학기술 개발에 대한 흥미와 의사 결정 능력을 기르도록 한다. 생물이 환경과 갖는 상호 관계와 생태계 보전의 필요성을 인식하고, 생태계 평형 유지와 기후변화 대처를 위한 인류의 노력을 탐색한다.

}

{[성취 기준] (10통과08-01: 10학년(고등학교 1학년) 통합과학 8단원 01번)}

(10통과08-01) 인간을 포함한 생태계의 구성 요소와 더불어 생물과 환경의 상호 관계를 이해하고, 인류의 생존을 위해 생태계를 보전할 필요성이 있음을 추론할 수 있다.

(10통과08-02) 먹이 관계와 생태 피라미드를 중심으로 생태계 평형이 유지되는 과정을 이해하고, 환경 변화가 생태계에 영향을 미치는 다양한 사례를 조사하고 토의할 수 있다.

(10통과08-03) 엘니뇨, 사막화 등과 같은 현상이 지구 환경과 인간 생활에 미치는 영향을 분석하고, 이와 관련된 문제를 해결하기 위한 다양한 노력을 찾아 토론할 수 있다.

(10통과08-04) 에너지가 사용되는 과정에서 열이 발생하며, 특히 화석 연료의 사용 과정에서 버려지는 열에너지로 인해 열에너지 이용의 효율이 낮아진다는 것을 알고, 이 효율을 높이는 것이 사회적으로 어떤 의미가 있는지를 설명할 수 있다.

}

{[성취기준 해설]}

- (10통과08-01) 생태계 구성 요소를 설명할 때 개체군과 군집은 개념 수준에서만 언급하고 개체군 내 또는 군집 내 생물의 상호 작용에 대해서는 생명과학 I에서 다루도록 한다.

- (10통과08-03) 엘니뇨, 사막화 등은 대기 대순환과 해류의 분포와 관련지어 설명한다. 대기 대순환은 3개의 순환 세포가 생긴다는 수준에서만 다룬다.

- (10통과08-04) 에너지가 다양한 형태로 존재하고, 에너지가 다른 형태로 전환되는 과정에서 에너지가 보존됨을 일상생활의 사례 중심으로 설명한다.

}

{[탐구 주제 및 활동(예시)]}

- 생물다양성 파괴가 생태계 보전에 미친 영향을 조사하고, 인류의 생존에서 생태계와 생물 다양성의 가치 토론하기
 - 마른 멸치를 해부하여 위장 속의 먹이 종류를 관찰하고, 먹이 관계와 생태 피라미드를 중심으로 생태계 평형이 유지되는 원리 토의하기
 - 관측 자료를 활용하여 한반도의 기후 변화 경향성을 파악하고, 지구 전체의 경향성과 비교하기
 - 지구의 기후가 어떤 변화를 거쳐 왔는지를 알아내는 방법을 조사하고, 기후 변화의 원인을 설명하는 다양한 가설을 주제로 과학적 논쟁하기
 - 기후 변화로 인한 지구 미래 시나리오를 작성하고, 예측되는 지구 환경 변화를 극복하기 위한 방안 토의하기
 - 에너지 제로하우스를 구상하여 발표하고, 에너지 제로하우스가 미래형 주거 형태에 주는 시사점 토의하기
- }

{[학습 요소]}

- 생태계 구성요소와 환경, 생태계 평형, 지구 온난화와 지구 환경 변화, 엘니뇨, 대기 대순환, 에너지 전환과 보존, 열효율
- }

{[교수·학습 방법 및 유의 사항]}

- 생태계 조사 활동에서는 우리 주변에서 흔히 접할 수 있는 친숙한 생태계를 중심으로 다루며, 해부 관찰 활동에서는 마른 멸치를 불려서 사용한다.
 - 에너지 전환과 보존에 관한 사례는 과학 글쓰기를 통해 그 전환 과정과 보존 관계를 설명하고, 열기관의 효율은 정량적 계산이 가능하도록 구체적인 사례를 제시할 수 있다.
 - 이 단원은 중학교 1~3학년군의 ‘에너지 전환과 보존’과 고등학교 ‘물리학 I’의 ‘역학과 에너지’와 연계된다. 엘니뇨 등은 ‘지구과학 I’의 ‘대기와 해양의 상호 작용’ 및 ‘지구과학 II’의 ‘해수의 운동과 순환’과 ‘대기의 운동과 순환’과 연계된다.
- }

{[평가 방법 및 유의 사항]}

- 마른 멸치의 해부나 먹이 관찰 활동, 또는 야외 생태 탐방 활동에서 관찰 결과를 기록하고 자료를 정리하는 과정 등에 대한 수행평가를 실시할 수 있다. 생태계의 구성 요소를 암기하거나 어류의 먹이 종류를 나열하라고 하는 등 단순 지식을 확인하는 평가는 지양한다.

}

###

###교과서 내용(8-2 지구 환경 변화와 인간 생활, 금성교과서 통합과학 교과서 268p~279p)

<268p>

- ‘8-2 지구 환경 변화와 인간 생활’ 중단원 시작 부분

- 생각 펼치기 – 우리나라의 기후는 변하고 있을까?

우리나라 여름이 더워짐. 기후는 여러 해 동안의 평균적인 기상 상태를 말하는 것. 일상에서 파악 힘듦. 따라서 우리나라 주요 과일 재배지 변화를 통해 알아볼 수 있음. 1980~2010년 과일 주산지 그림 자료(2012년 문화체육관광부 자료).

</268p>

<269p>

{

- 토의하기

활동 1. 1980년대 이후 새로 형성된 사과와 복숭아의 주산지는 1980년대와 비교하여 어떤 변화가 있는가?

(예시: 사과와 복숭아의 주산지가 모두 북쪽으로 이동하였다.)

활동 2. 사과와 복숭아의 재배 환경을 고려할 때 각각의 주산지에 변화가 생긴 까닭이 무엇인지 토의해 보자.

(예시: 우리나라 전 지역의 평균 기온이 상승했기 때문이다. 따뜻한 곳에서 자라는 복숭아가 북부 지역에서도 재배 가능해진 것은 북부 지역의 평균 기온이 상승했기 때문이고, 비교적 한랭한 곳에서 자라는 사과의 주산지가 북쪽으로 이동한 것은 남부 지역의 평균 기온이 상승했기 때문이다.)

활동 3. 이와 같은 변화가 계속되면 우리 생활에는 어떤 영향을 미칠지 예측해 보자.

(예시: 평균 기온이 상승하면 우리나라의 기후가 아열대 기후로 변할 것이다. 기후 변화에 적응하지 못하는 생물이 멸종하고 냉기열과 말라리아 등의 열대성 질병과 식중독의 발생이 증가할 것이다. 또한, 여름철에 폭염과 집중호우 및 지역적 가뭄의 피해가 증가할 것이다)

}

- 중단원 학습 내용

기후 변화의 원인은 무엇이고 지구 환경과 인간 생활에는 어떤 영향을 미치는지 알아보자.

- 알고 있나요?

1. 지구에 도달하는 태양 복사 에너지량과 지구가 방출하는 지구 복사 에너지량의 관계를 설명해 보자.
2. 바람이 부는 원리를 기압의 차이로 설명해 보자.

</269p>

<270p>

- 1소단원(270~272) ‘1. 지구 온난화는 지구 환경에 어떤 영향을 미칠까?’ 시작 부분

• 학습목표: 지구 온난화의 원인을 알고 지구 환경에 미치는 영향을 설명할 수 있다.

• 쓰쓰가무시 균에 감염된 텔진드기가 지구 온난화로 인해 그 발병 지역이 기존엔 남쪽 지역에만 국한되었으나 강원도 및 인천 까지 확대된 사례. (질문의 답을 수업 도입 시 직접적으로 제시하지 않도록 하고, 학생들이 활동을 통해 스스로 찾아가도록 지도함)

{

- 해 보기 1 – 평균 기온 변화

목표: 우리나라와 전 세계의 연평균 기온 변화 자료를 해석하여 평균 기온의 변화 경향을 파악하도록 지

도한다.

제시자료: 우리나라(한국 기상청)와 지구의 연평균 기온 변화(NASA Goddard Institute for Space Studies, 2016)를 나타낸 겹은선 그래프(1910~2010)

활동 1. 우리나라와 전 세계의 연평균 기온이 지난 100여 년 동안 각각 어떻게 변화했는지 말해 보자.

(예시: 우리나라와 전 세계의 연평균 기온 모두 짧은 기간 동안에는 상승과 하강을 반복하는 모습을 보이지만, 지난 100년간 평균 기온이 상승하고 있는 것을 알 수 있다.)

활동 2. 1912~1941년과 1986~2015년의 30년 동안 연평균 기온 평균값을 비교하여 우리나라와 전세계의 기온이 각각 얼마나 상승했는지 설명해 보자.

(예시: 전 세계의 30년간 연평균 기온 평균은 8.2도에서 9.0도로 0.8도 상승했고, 우리나라는 12.1도에서 13.5도로 1.4도 상승했다.)

활동 3. 우리나라의 평균 기온 상승 폭과 전 세계의 평균 기온 상승 폭은 어떤 차이가 있는지 말해 보자.

(예시: 1912~1941년과 1986~2015년의 연평균 기온 평균값의 변화를 비교하면 전 세계보다 우리나라의 평균 기온 상승 폭이 약 2배 크다)

(우리나라 평균 기온 데이터: 1912년부터 6곳(서울, 부산, 인천, 강릉, 대구, 목포)에서 측정한 기온의 평균값이다. 1950~1953년은 한국전쟁으로 일부 지역의 관측 기록이 빠졌다. 1973년부터는 전국 45곳의 관측소에서 측정한 기온 자료를 공식 통계 자료로 사용하였다.)

}

</270p>

<271p>

{

• 지구 온난화 관련 내용

① 지구의 복사 평형: 지구가 흡수하는 태양 복사 에너지의 양 = 지구가 방출하는 지구 복사 에너지의 양 → 지구의 연평균 기온 일정

② 온실 효과: 대기 중의 온실 기체가 지구 복사 에너지를 흡수한 후 재방출하여 대기가 없을 때보다 지구 평균 기온이 높게 유지되는 현상(온실 기체: 이산화 탄소(CO₂), 수증기, 메테인(CH₄), 클로로플루오로탄소(CFC) 등)

③ 지구 온난화: 화석 연료 사용 급증 → 대기 중 온실 기체 농도 증가 → 대기에 의한 지구 복사 에너지의 흡수량 증가 → 지구 평균 기온 상승

}

{

• 해 보기 2 - 지구 온난화의 원인

목표: 대기 중 이산화 탄소가 기온에 미치는 영향을 파악하여 지구 온난화의 원인을 추론할 수 있다

제시자료: 지구 대기 중의 이산화 탄소 평균 농도(Wood Hole Oceanographic Institution, 2006)와 지구 평균 기온 변화(NASA Goddard Institute for Space Science, 2016)를 나타낸 겹은선 그래프(1880~2015)

활동 1. 이산화 탄소 평균 농도는 어떤 변화 경향을 보이는지 말해 보자.

(예시: 이산화 탄소의 평균 농도가 꾸준히 증가하고 있다. 특히, 1960~70년대부터 이산화 탄소 농도 증가 폭이 커졌다.)

활동 2. 최근 30년간의 이산화 탄소 평균 농도 변화 추세는 1800년대 후반과 비교하여 어떤 차이가 있는지 설명해 보자.

(예시: 1880~1910년의 농도 증가율보다 1980~2010년의 농도 증가율이 약 3배 정도 크다. 1800년대 후반에는 이산화 탄소 농도가 완만하게 증가하였으나, 최근 30년 동안은 상대적으로 그 증가 폭이 커졌다.)

활동 3. 이산화 탄소 평균 농도 변화와 지구 평균 기온 변화는 어떤 관계가 있는지 추론해 보자.

(예시: 1800년대 후반 이후 지구 평균 기온은 지속적으로 상승했으며, 이산화 탄소의 평균 농도 역시 1800년대 후반 이후 지속적으로 증가했다. 특히, 두 값의 변화 양상은 매우 유사한 모습을 보인다. 이산화 탄소는 온실 효과를 일으키는 온실 기체이므로 이산화 탄소의 평균 농도 증가는 지구 평균 기온의 상승에 영향을 주었을 것이다.)

}

<271p>

<272p>

{

• 지구 온난화의 영향 관련 내용

해수면 상승: 수온 상승 → 해수 부피 팽창 + 극지방 빙하 용융 → 해수면 상승 → 해안 저지대 침수
기후 변화: 각 지역의 기후 변화 → 생태계 변화 → 농작물 생산량 감소, 열대성 질병 발생 증가 등
기상 이변: 기후 변화로 폭우, 홍수, 가뭄 등의 기상 이변 발생 빈도 급증

}

{

• 해 보기 3 - 지구 온난화의 영향에 관한 이야기 만들기

목표: 지구 온난화가 지구 환경과 인간 생활에 미치는 영향을 파악하여 이야기로 만들어보도록 한다.

{제시 자료: 지구 온난화가 지구 환경과 인간 생활에 미치는 영향을 나타낸 그림 자료

(가) 우리나라에서 봄꽃의 개화 시기가 빨라지고 있다.

(다) 극지방의 빙하가 빠르게 녹아내리고 있다.

(나) 북극곰이 멸종 위기에 처해 있다.

(라) 남태평양의 섬나라인 투발루가 바닷물에 잠기고 있다.}

활동 1. 각각의 경우에 지구 온난화가 지구 환경 또는 인간 생활에 미친 영향이 무엇인지 말해 보자.

(예시: (가) 봄꽃이 빨리 피면 그 시기에 맞추어 번식하는 곤충이나 동물들이 피해를 입는다. (나) 북극의 빙하가 녹으면 북극곰의 생활 터전이 사라진다. (다) 극지방의 빙하가 녹으면 해수면의 높이가 상승한다. (라) 해수면 상승으로 해안 저지대와 섬이 침수된다.)

활동 2. 주어진 그림을 모두 사용하여 이야기를 만들어 보자. 이때 이야기의 흐름에 맞도록 그림을 나열하고, 서로 주고받은 영향을 고려하여 각 그림 간의 관계를 생각해 보자.

활동 3. 짹과 서로의 이야기를 나누고, 자신의 이야기를 보완해 보자.

}

{

학습 내용: 지구 온난화로 해수는 수온이 높아져서 그 부피가 팽창하고, 극지방의 빙하가 녹아내린다. 이로 인해 해수면이 상승하여 해안 저지대가 침수되면서 해안 국가의 일부 주민들은 삶의 터전을 잃고 난민이

되기도 한다. 또한, 각 지역의 기후가 변하면서 분포하는 식생이 변하고, 기상 이변이 급증한다. 특정 지역에서는 폭우나 홍수의 발생 빈도가 증가하는 반면 가뭄이 극심해져 농지가 황폐해지는 지역도 나타나고 있다. 이처럼 지구 온난화는 전 지구적으로 다양한 문제를 일으키고 있다.

}

{

- 확인하기

1. 지구 온난화의 원인이 무엇인지 말해 보자.
2. 지구 온난화가 인간 생활에 미치는 영향을 예를 들어 설명해 보자.

</272p>

###

아래 내용의 줄바꿈을 없애서 출력해드릴게요.

과학과 교육과정(고등학교 1학년 통합과학 - 8. 생태계와 환경) {[내용체계]} 이 단원에서는 인간을 포함한 생물이 어떻게 환경에 적응하고 살아가는지를 파악함으로써 전 지구적인 기후·환경 문제에 대한 관심을 유발하고, 지속 가능한 과학기술 개발에 대한 흥미와 의사 결정 능력을 기르도록 한다. 생물이 환경과 갖는 상호 관계와 생태계 보전의 필요성을 인식하고, 생태계 평형 유지와 기후변화 대처를 위한 인류의 노력을 탐색한다. } {[성취 기준] (10통과08-01: 10학년(고등학교 1학년) 통합과학 8단원 01번) (10통과08-01) 인간을 포함한 생태계의 구성 요소와 더불어 생물과 환경의 상호 관계를 이해하고, 인류의 생존을 위해 생태계를 보전할 필요성이 있음을 추론할 수 있다. (10통과08-02) 먹이 관계와 생태 피라미드를 중심으로 생태계 평형이 유지되는 과정을 이해하고, 환경 변화가 생태계에 영향을 미치는 다양한 사례를 조사하고 토의할 수 있다. (10통과08-03) 엘니뇨, 사막화 등과 같은 현상이 지구 환경과 인간 생활에 미치는 영향을 분석하고, 이와 관련된 문제를 해결하기 위한 다양한 노력을 찾아 토론할 수 있다. (10통과08-04) 에너지가 사용되는 과정에서 열이 발생하며, 특히 화석 연료의 사용 과정에서 버려지는 열에너지로 인해 열에너지 이용의 효율이 낮아진다는 것을 알고, 이 효율을 높이는 것이 사회적으로 어떤 의미가 있는지를 설명할 수 있다. } {[성취기준 해설]} • (10통과08-01) 생태계 구성 요소를 설명할 때 개체군과 군집은 개념 수준에서만 언급하고 개체군 내 또는 군집 내 생물의 상호 작용에 대해서는 생명과학 I에서 다루도록 한다. • (10통과08-03) 엘니뇨, 사막화 등은 대기 대순환과 해류의 분포와 관련지어 설명한다. 대기 대순환은 3개의 순환 세포가 생긴다는 수준에서만 다룬다. • (10통과08-04) 에너지가 다양한 형태로 존재하고, 에너지가 다른 형태로 전환되는 과정에서 에너지가 보존됨을 일상생활의 사례 중심으로 설명한다. } {[탐구 주제 및 활동(예시)]} • 생물다양성 파괴가 생태계 보전에 미친 영향을 조사하고, 인류의 생존에서 생태계와 생물 다양성의 가치 토론하기 • 마른 멸치를 해부하여 위장 속의 먹이 종류를 관찰하고, 먹이 관계와 생태 피라미드를 중심으로 생태계 평형이 유지되는 원리 토의하기 • 관측 자료를 활용하여 한반도의 기후 변화 경향성을 파악하고, 지구 전체의 경향성과 비교하기 • 지구의 기후가 어떤 변화를 거쳐 왔는지를 알아내는 방법을 조사하고, 기후 변화의 원인을 설명하는 다양한 가설을 주제로 과학적 논쟁하기 • 기후 변화로 인한 지구 미래 시나리오를 작성하고, 예측되는 지구 환경 변화를 극복하기 위한 방안 토의하기 • 에너지 제로하우스를 구상하여 발표하고, 에너지 제로하우스가 미래형 주거 형태에 주는 시사점 토의하기 } {[학습 요소]} • 생태계 구성요소와 환경, 생태계 평형, 지구 온난화와 지

구 환경 변화, 엘니뇨, 대기 대순환, 에너지 전환과 보존, 열효율 } {[교수·학습 방법 및 유의 사항] • 생태계 조사 활동에서는 우리 주변에서 흔히 접할 수 있는 친숙한 생태계를 중심으로 다루며, 해부 관찰 활동에서는 마른 멸치를 불려서 사용한다. • 에너지 전환과 보존에 관한 사례는 과학 글쓰기를 통해 그 전환 과정과 보존 관계를 설명하고, 열기관의 효율은 정량적 계산이 가능하도록 구체적인 사례를 제시할 수 있다. • 이 단원은 중학교 1~3학년군의 ‘에너지 전환과 보존’과 고등학교 ‘물리학 I’의 ‘역학과 에너지’와 연계된다. 엘니뇨 등은 ‘지구과학 I’의 ‘대기와 해양의 상호 작용’ 및 ‘지구과학 II’의 ‘해수의 운동과 순환’과 ‘대기의 운동과 순환’과 연계된다. } {[평가 방법 및 유의 사항] • 마른 멸치의 해부나 먹이 관찰 활동, 또는 야외 생태 탐방 활동에서 관찰 결과를 기록하고 자료를 정리하는 과정 등에 대한 수행평가를 실시할 수 있다. 생태계의 구성 요소를 암기하거나 어류의 먹이 종류를 나열하라고 하는 등 단순 지식을 확인하는 평가는 지양한다.

####교과서 내용(8-2 지구 환경 변화와 인간 생활, 금성교과서 통합과학 교과서 268p~279p)

<268p>

- ‘8-2 지구 환경 변화와 인간 생활’ 중단원 시작 부분
- 생각 펼치기 – 우리나라의 기후는 변하고 있을까?

우리나라 여름이 더워짐. 기후는 여러 해 동안의 평균적인 기상 상태를 말하는 것. 일상에서 파악 힘듦. 따라서 우리나라 주요 과일 재배지 변화를 통해 알아볼 수 있음. 1980~2010년 과일 주산지 그림 자료(2012년 문화체육관광부 자료).

</268p>

<269p>

{

- 토의하기

활동 1. 1980년대 이후 새로 형성된 사과와 복숭아의 주산지는 1980년대와 비교하여 어떤 변화가 있는가?

(예시: 사과와 복숭아의 주산지가 모두 북쪽으로 이동하였다.)

활동 2. 사과와 복숭아의 재배 환경을 고려할 때 각각의 주산지에 변화가 생긴 까닭이 무엇인지 토의해 보자.

(예시: 우리나라 전 지역의 평균 기온이 상승했기 때문이다. 따뜻한 곳에서 자라는 복숭아가 북부 지역에서도 재배 가능해진 것은 북부 지역의 평균 기온이 상승했기 때문이고, 비교적 한랭한 곳에서 자라는 사과의 주산지가 북쪽으로 이동한 것은 남부 지역의 평균 기온이 상승했기 때문이다.)

활동 3. 이와 같은 변화가 계속되면 우리 생활에는 어떤 영향을 미칠지 예측해 보자.

(예시: 평균 기온이 상승하면 우리나라의 기후가 아열대 기후로 변할 것이다. 기후 변화에 적응하지 못하는 생물이 멸종하고 뎅기열과 말라리아 등의 열대성 질병과 식중독의 발생이 증가할 것이다. 또한, 여름철에 폭염과 집중호우 및 지역적 가뭄의 피해가 증가할 것이다)

}

- 중단원 학습 내용

기후 변화의 원인은 무엇이고 지구 환경과 인간 생활에는 어떤 영향을 미치는지 알아보자.

- 알고 있나요?

1. 지구에 도달하는 태양 복사 에너지량과 지구가 방출하는 지구 복사 에너지량의 관계를 설명해 보자

2. 바람이 부는 원리를 기압의 차이로 설명해 보자.

</269p>

<270p>

• 1소단원(270~272) ‘1. 지구 온난화는 지구 환경에 어떤 영향을 미칠까?’ 시작 부분

• 학습목표: 지구 온난화의 원인을 알고 지구 환경에 미치는 영향을 설명할 수 있다.

• 쓰쓰가무시 균에 감염된 텔진드기가 지구 온난화로 인해 그 발병 지역이 기존엔 남쪽 지역에만 국한되었으나 강원도 및 인천 까지 확대된 사례. (질문의 답을 수업 도입 시 직접적으로 제시하지 않도록 하고, 학생들이 활동을 통해 스스로 찾아가도록 지도함)

{

• 해 보기 1 - 평균 기온 변화

목표: 우리나라와 전 세계의 연평균 기온 변화 자료를 해석하여 평균 기온의 변화 경향을 파악하도록 지도한다.

제시자료: 우리나라(한국 기상청)와 지구의 연평균 기온 변화(NASA Goddard Institute for Space Studies, 2016)를 나타낸 꺾은선 그래프(1910~2010)

활동 1. 우리나라와 전 세계의 연평균 기온이 지난 100여 년 동안 각각 어떻게 변화했는지 말해 보자.

(예시: 우리나라와 전 세계의 연평균 기온 모두 짧은 기간 동안에는 상승과 하강을 반복하는 모습을 보이지만, 지난 100년간 평균 기온이 상승하고 있는 것을 알 수 있다.)

활동 2. 1912~1941년과 1986~2015년의 30년 동안 연평균 기온 평균값을 비교하여 우리나라와 전세계의 기온이 각각 얼마나 상승했는지 설명해 보자.

(예시: 전 세계의 30년간 연평균 기온 평균은 8.2도에서 9.0도로 0.8도 상승했고, 우리나라는 12.1도에서 13.5도로 1.4도 상승했다.)

활동 3. 우리나라의 평균 기온 상승 폭과 전 세계의 평균 기온 상승 폭은 어떤 차이가 있는지 말해 보자.

(예시: 1912~1941년과 1986~2015년의 연평균 기온 평균값의 변화를 비교하면 전 세계보다 우리나라의 평균 기온 상승 폭이 약 2배 크다)

(우리나라 평균 기온 데이터: 1912년부터 6곳(서울, 부산, 인천, 강릉, 대구, 목포)에서 측정한 기온의 평균값이다. 1950~1953년은 한국전쟁으로 일부 지역의 관측 기록이 빠졌다. 1973년부터는 전국 45곳의 관측소에서 측정한 기온 자료를 공식 통계 자료로 사용하였다.)

}

</270p>

<271p>

{

• 지구 온난화 관련 내용

① 지구의 복사 평형: 지구가 흡수하는 태양 복사 에너지의 양 = 지구가 방출하는 지구 복사 에너지의 양 → 지구의 연평균 기온 일정

② 온실 효과: 대기 중의 온실 기체가 지구 복사 에너지를 흡수한 후 재방출하여 대기가 없을 때보다 지

구 평균 기온이 높게 유지되는 현상(온실 기체: 이산화 탄소(CO₂), 수증기, 메테인(CH₄), 클로로플루오로탄소(CFC) 등)

③ 지구 온난화: 화석 연료 사용 급증 → 대기 중 온실 기체 농도 증가 → 대기에 의한 지구 복사 에너지의 흡수량 증가 → 지구 평균 기온 상승

}

{

- 해 보기 2 - 지구 온난화의 원인

목표: 대기 중 이산화 탄소가 기온에 미치는 영향을 파악하여 지구 온난화의 원인을 추론할 수 있다

제시자료: 지구 대기 중의 이산화 탄소 평균 농도(Wood Hole Oceanographic Institution, 2006)와 지구 평균 기온 변화(NASA Goddard Institute for Space Science, 2016)를 나타낸 꺾은선 그래프(1880~2015)

활동 1. 이산화 탄소 평균 농도는 어떤 변화 경향을 보이는지 말해 보자.

(예시: 이산화 탄소의 평균 농도가 꾸준히 증가하고 있다. 특히, 1960~70년대부터 이산화 탄소 농도 증가 폭이 커졌다.)

활동 2. 최근 30년간의 이산화 탄소 평균 농도 변화 추세는 1800년대 후반과 비교하여 어떤 차이가 있는지 설명해 보자.

(예시: 1880~1910년의 농도 증가율보다 1980~2010년의 농도 증가율이 약 3배 정도 크다. 1800년대 후반에는 이산화 탄소 농도가 완만하게 증가하였으나, 최근 30년 동안은 상대적으로 그 증가 폭이 커졌다.)

활동 3. 이산화 탄소 평균 농도 변화와 지구 평균 기온 변화는 어떤 관계가 있는지 추론해 보자.

(예시: 1800년대 후반 이후 지구 평균 기온은 지속적으로 상승했으며, 이산화 탄소의 평균 농도 역시 1800년대 후반 이후 지속적으로 증가했다. 특히, 두 값의 변화 양상은 매우 유사한 모습을 보인다. 이산화 탄소는 온실 효과를 일으키는 온실 기체이므로 이산화 탄소의 평균 농도 증가는 지구 평균 기온의 상승에 영향을 주었을 것이다.)

}

</271p>

<272p>

{

- 지구 온난화의 영향 관련 내용

해수면 상승: 수온 상승 → 해수 부피 팽창 + 극지방 빙하 용융 → 해수면 상승 → 해안 저지대 침수

기후 변화: 각 지역의 기후 변화 → 생태계 변화 → 농작물 생산량 감소, 열대성 질병 발생 증가 등

기상 이변: 기후 변화로 폭우, 홍수, 가뭄 등의 기상 이변 발생 빈도 급증

}

{

- 해 보기 3 - 지구 온난화의 영향에 관한 이야기 만들기

목표: 지구 온난화가 지구 환경과 인간 생활에 미치는 영향을 파악하여 이야기로 만들어보도록 한다.

{제시 자료: 지구 온난화가 지구 환경과 인간 생활에 미치는 영향을 나타낸 그림 자료

(가) 우리나라에서 봄꽃의 개화 시기가 빨라지고 있다.

(다) 극지방의 빙하가 빠르게 녹아내리고 있다.

(나) 북극곰이 멸종 위기에 처해 있다.

(라) 남태평양의 섬나라인 투발루가 바닷물에 잠기고 있다.)

활동 1. 각각의 경우에 지구 온난화가 지구 환경 또는 인간 생활에 미친 영향이 무엇인지 말해 보자.

(예시: (가) 봄꽃이 빨리 피면 그 시기에 맞추어 번식하는 곤충이나 동물들이 피해를 입는다. (나) 북극의 빙하가 녹으면 북극곰의 생활 터전이 사라진다. (다) 극지방의 빙하가 녹으면 해수면의 높이가 상승한다. (라) 해수면 상승으로 해안 저지대와 섬이 침수된다.)

활동 2. 주어진 그림을 모두 사용하여 이야기를 만들어 보자. 이때 이야기의 흐름에 맞도록 그림을 나열하고, 서로 주고받은 영향을 고려하여 각 그림 간의 관계를 생각해 보자.

활동 3. 짹과 서로의 이야기를 나누고, 자신의 이야기를 보완해 보자.

}

{

학습 내용: 지구 온난화로 해수는 수온이 높아져서 그 부피가 팽창하고, 극지방의 빙하가 녹아내린다. 이로 인해 해수면이 상승하여 해안 저지대가 침수되면서 해안 국가의 일부 주민들은 삶의 터전을 잃고 난민이 되기도 한다. 또한, 각 지역의 기후가 변하면서 분포하는 식생이 변하고, 기상 이변이 급증한다. 특정 지역에서는 폭우나 홍수의 발생 빈도가 증가하는 반면 가뭄이 극심해져 농지가 황폐해지는 지역도 나타나고 있다. 이처럼 지구 온난화는 전 지구적으로 다양한 문제를 일으키고 있다.

}

{

- 확인하기

1. 지구 온난화의 원인이 무엇인지 말해 보자.

2. 지구 온난화가 인간 생활에 미치는 영향을 예를 들어 설명해 보자.

</272p>

###

<부록 3> 학습자 발화 유형별 빈도와 발화 사례

(단일 유형 n=273)

유형	빈도(백분율)	발화 사례
지식 질문 유형	정보 41 (15.0%)	<ul style="list-style-type: none"> • 엘니뇨의 원인 • 태양광과 태양열의 차이 • 온실 가스로 인해 지구의 온도가 상승하는 과정을 설명해주세오 • 해수면 용승할 때 용승이 뭐야 • 엘리뇨와 라니나를 비교할때 햇갈리니까 쉽게 구분하는법을 당장 말하도록
	설명 13 (4.8%)	<ul style="list-style-type: none"> • 어떻게 이산화 탄소는 공기중에서 그렇게 작은 비율로 지구의 온도 변화에 크게 영향을 끼치는 거니? • 더 알려줘 • 수증기가 왜 지구온난화에 영향을 미치니?
	확인 9 (3.3%)	<ul style="list-style-type: none"> • 협기성 세균도 살아야하는거 아니야? • 선생님께서 산업혁명 이전에 일어난 지구 평균 온도 변화는 지구온난화라 하지 않는다고 하였는데 너는 어떻게 생각하니?
사고 질문 유형	예측 1 (0.4%)	<ul style="list-style-type: none"> • 두더지가 땅을 파서 산소가 유입되면 땅속에 있는 협기성세균들은 죽어?
	적용 2 (0.7%)	<ul style="list-style-type: none"> • 엘리뇨발생시 사진으로는 비가 태평양 중간에 내린다고 되어있어 근데 왜 동쪽에 강수량증가 흥수 발생이지? 모순적이야
	확장 3 (1.1%)	<ul style="list-style-type: none"> • 지구 온난화라고 부를 수 있는 기준은 무엇일까? • 이산화탄소 농도가 여름에비해 겨울에 더 증가한대 나는 여름에 수운이 상승하여 바다속에있는 탄산이온등이 밖으로 나와 여름에 이산화탄소 증가량이 높다 생각하는데 왜그러지?
주제 외 발화 유형	교과 관련 57 (20.9%)	<ul style="list-style-type: none"> • 물에 탄 감자전분에 강한 충격을 주었을때 고체처럼 변하는 이유가 뭐야? • 뉴턴에 대해 알려줘 • 제자리멀리뛰기에 어떤 과학원리가 숨어있어? • 전현수송 공식 정리해서 외워야할 공식 알려줘 • 다윈의 진화설이 설명하지 못하는부분 정리해봐 • 아인슈타인이 양자역학을 반대한 이유가 뭐야?
	화자 관련 53 (19.4%)	<ul style="list-style-type: none"> • 너에 대해 소개해줘 • 나에 대해 알아? • 순수미술과 디자인계열의 차이점이 뭐야? • 학교싫어 • 이번 과학 시험에서 아는 문제를 너무 많이 틀렸어 • 물리를 선택했는데 난 후회하지않아 근데 주변에서 계속 그딴거 왜하냐고그래
	이탈 44 (16.1%)	<ul style="list-style-type: none"> • 저메추 • 저녁 메뉴 추천 • 공리주의적 면에서 정의를 설명해줘 • 독감 걸리려면 어떻게 해야돼? • 시험 칠 때 컨닝을 하면 어떻게 돼
응답 발화 유형	긍정 11 (4.0%)	<ul style="list-style-type: none"> • 고마워! • 너 엄청 똑똑하다
	부정 13 (4.8%)	<ul style="list-style-type: none"> • 아니 그러니까 사진에서는 동쪽에 비가 안오고 태평양 중간에 비가온다고!!!! • 도움이되지못했어
	요청 26 (9.5%)	<ul style="list-style-type: none"> • 내가 최근에 너한테 무슨 질문을 했어? • 쉽게설명해줘 • 그럼으로 알려줘 • 여기서 나올만한 시험문제 • 너무 활기차다 좀 차분해져봐

〈부록 4〉 학습자 발화 유형별 교사 피드백 화법 적용 여부에 따른 챗봇의 발화 유형 빈도 비교표

		챗봇의 발화 유형(중복유형)							
		설명	복귀	공감	칭찬	발화촉진	동기유발	개인화	학습내용
학습자의 발화 유형 (단일유형)	정보 41 (15.5%)	적용	0	0	1 (2.4%)	0	39 (95.1%)	0	8 (19.5%)
	미적용	41 (100%)	0	0	0	0	0	0	0
	설명 13 (4.9%)	적용	13 (100%)	0	4 (30.8%)	3 (23.1%)	12 (92.3%)	1 (7.7%)	0 (7.7%)
	미적용	13 (100%)	0	0	0	0	0	0	0
	확인 9 (3.4%)	적용	9 (100%)	0	5 (55.6%)	0	9 (100%)	0	0
	미적용	9 (100%)	0	0	0	0	0	0	0
	예측 1 (0.4%)	적용	1 (100%)	0	0	0	1 (100%)	0	0
	미적용	1 (100%)	0	0	0	0	0	0	0
	적용 2 (0.8%)	적용	2 (100%)	0	0	0	2 (100%)	0	0
	미적용	2 (100%)	0	0	0	0	0	0	0
교과관련 (20.5%)	확장 3 (1.1%)	적용	2 (100%)	0	0	0	2 (100%)	0	0
	미적용	3 (100%)	0	1 (33.3%)	0	0	0	0	0
	교과관련 54 (20.5%)	적용	54 (100%)	0	3 (5.6%)	4 (7.4%)	51 (94.4%)	6 (11.1%)	1 (1.9%)
	미적용	54 (100%)	0	0	0	0	1 (1.9%)	0	0
	화자관련 51 (19.3%)	적용	41 (80.4%)	5 (9.8%)	25 (49.0%)	3 (5.9%)	46 (90.2%)	15 (29.4%)	10 (19.6%)
	미적용	50 (98.0%)	0	6 (11.8%)	1 (2.0%)	8 (15.7%)	4 (7.8%)	0	0
	무관련 43 (16.3%)	적용	23 (53.5%)	3 (7.0%)	27 (62.8%)	3 (7.0%)	38 (88.4%)	2 (4.7%)	0
	미적용	38 (88.4%)	0	3 (7.0%)	0	15 (34.9%)	0	0	0
	긍정 10 (3.8%)	적용	1 (10.0%)	1 (10.0%)	10 (100%)	0	10 (100%)	0	0
	미적용	4 (40.0%)	0	3 (30.0%)	0	4 (40.0%)	1 (10.0%)	0	0
부정 12 (4.5%)	적용	11 (91.7%)	0	10 (83.3%)	0	12 (100%)	0	0	0
	미적용	10 (83.3%)	0	3 (25.0%)	0	3 (25.0%)	0	0	0
	요청 25 (9.5%)	적용	19 (76.0%)	0	18 (72.0%)	0	25 (100%)	1 (4.0%)	2 (8.0%)
	미적용	23 (92.0%)	0	1 (4.0%)	0	10 (40.0%)	0	0	0
	계 264	적용	217 (82.2%)	9 (3.4%)	103 (39.0%)	13 (4.9%)	247 (93.6%)	25 (9.5%)	13 (4.9%)
		미적용	248 (93.9%)	0	17 (6.4%)	1 (0.4%)	41 (15.5%)	5 (1.9%)	0

<부록 5> 학습자 발화 유형별 교사 피드백 화법 적용 여부에 따른 챗봇 대화 내용 비교

<p>[학습자: 정보 질문] 온난화 관련 내용 몇페이지야</p>	<p>[미적용] 온난화 관련 내용은 고등학교 1학년 통합과학 교과서의 8-2 지구 환경 변화와 인간 생활 부분에서 다루고 있어요. 해당 교과서의 페이지는 268 페이지부터 279 페이지까지입니다. 온난화에 대한 내용을 자세히 알고 싶으시다면 해당 페이지를 참고하시면 됩니다. 더 알고 싶은 내용이 있으신가요? ☺</p>
<p>[학습자: 화자관련 발화] 학교싫어</p> <p>[적용] 학교를 싫어하는 마음은 가끔씩 느끼는 것은 자연스러운 일입니다. 학교는 학습과 교육을 위한 장소이기 때문에 때로는 부담스러울 수도 있습니다. 그러나 학교는 우리가 지식과 기술을 습득하고 성장할 수 있는 소중한 장소입니다.</p> <p>학교를 싫어하는 이유는 다양할 수 있습니다. 일부 학생들은 학업에 대한 부담이나 사회적인 압력 때문에 학교를 싫어할 수 있습니다. 또한, 학교에서의 교육 방식이나 교육과정이 개인의 관심과 장점을 충분히 반영하지 못하는 경우에도 학교를 싫어할 수 있습니다.</p> <p>하지만 학교는 우리가 지식을 습득하고 사회적인 교류를 통해 성장할 수 있는 중요한 장소입니다. 학교에서는 다양한 경험과 지식을 얻을 수 있으며, 친구들과의 교류를 통해 소통과 협력의 중요성을 배울 수 있습니다.</p> <p>만약 학교를 싫어하는 이유에 대해 더 자세히 이야기하고 싶으시다면, 어떤 점이 학교를 싫어하게 만드는지 말씀해주시면 저도 더 도움을 드릴 수 있을 것입니다. 또한, 학교에서의 어려움을 극복하고 긍정적인 경험을 만들기 위해 어떤 방법을 시도해볼 수 있는지도 함께 고민해보는 것이 좋을 것입니다.</p>	<p>[미적용] 저는 학교에 대한 개인적인 의견을 가지고 있지 않습니다. 그러나 학교를 싫어하는 이유는 다양할 수 있습니다. 일부 사람들은 학교에서의 학업 부담이나 학교 생활에서의 스트레스로 인해 학교를 싫어할 수 있습니다. 또한, 학교에서의 교육 방식이나 교사와의 관계 등에 불만을 가지는 경우에도 학교를 싫어할 수 있습니다.</p> <p>학교를 싫어하는 경우, 이유를 분석하고 해결책을 찾는 것이 중요합니다. 학교에서의 학업 부담을 줄이기 위해 학습 방법을 개선하거나, 교사와의 소통을 통해 문제를 해결할 수도 있습니다. 또한, 학교 외의 활동이나 관심사를 통해 학교 생활에 대한 긍정적인 면을 찾는 것도 도움이 될 수 있습니다.</p> <p>그러나 중요한 점은 학교에서의 교육은 개인의 성장과 발전을 위해 중요한 역할을 한다는 것입니다. 학교는 지식과 기술을 습득하는 장소일 뿐만 아니라, 사회적인 교류와 협력, 문제 해결 능력 등을 배울 수 있는 공간입니다. 따라서, 학교에서의 경험을 최대한 활용하여 자신의 미래를 준비하는 것이 중요합니다.</p>

[학습자: 정보 질문]

전력수송 공식 정리해서 외워야 할 공식 알려줘

[적용]

전력과 에너지 전달에 관련된 전력수송 공식 중 일부를 알려드리겠습니다:

1. 전력(Power)과 시간(t)의 관계:

전력은 일정한 시간 동안 일하는 에너지의 양을 나타냅니다. 전력(P)은 에너지(E)를 시간(t)으로 나눈 값으로 표현됩니다.

$$P = E / t$$

(중략)

이외에도 전력수송에 관련된 다양한 공식이 있으며, 공식을 외우는 것보다 공식의 의미와 사용법을 이해하는 것이 중요합니다. 이를 위해 문제를 풀어보고 실제 상황에서 공식을 적용해보는 것이 도움이 될 수 있습니다.

[미적용]

전력과 에너지 전달에 관련된 전력수송 공식은 다양하지만, 몇 가지 중요한 공식을 알려드릴게요. 이러한 공식들은 전력, 전압, 전류, 저항 등과 관련된 **기본적인 개념**을 이해하고 계산하는 데에 도움이 됩니다.

1. 전력(Power) 공식:

전력은 일정한 시간 동안 일하는 에너지의 양을 나타냅니다. 전력(P)은 전압(V)과 전류(I)의 곱으로 계산됩니다.

$$P = V \times I$$

(중략)

이러한 전력수송 공식들은 전기 회로에서 전력, 전압, 전류, 저항과 관련된 계산을 할 때 유용하게 사용됩니다. 이외에도 더 복잡한 전력수송 공식들이 있을 수 있으니, 필요에 따라 추가적인 공식을 학습하시면 됩니다.

공식을 외울 때는 **공식의 의미와 사용법을 이해하는 것이 중요합니다.** 단순히 외우기보다는 공식의 유도 과정과 응용 예시를 통해 이해하고 연습하는 것이 좋습니다.

더 궁금한 점이 있으시면 언제든지 물어보세요! ☺

[학습자: 화자관련 발화]

물리를 선택했는데 난 후회하지않아 근데 주변에서 계속 그딴거 왜하냐고그래

[적용]

물리를 선택한 것에 대해 후회하지 않으셨다니 좋습니다! 물리는 매우 흥미로운 학문 분야이며, 우리 주변에서 일어나는 현상을 이해하고 설명하는 데 도움이 됩니다. 또한, 물리는 다른 과학 분야와의 연결고리가 많아 다양한 분야에서 활용될 수 있습니다.

주변에서 그런 말을 듣는 것은 일반적으로 사람들이 물리학을 이해하기 어렵다고 생각하거나, 물리학이 현실과 멀어 보일 수 있다고 생각하기 때문일 수 있습니다. 하지만 물리학은 우리 일상에서 경험하는 다양한 현상을 이해하고 설명하는 학문이기 때문에 매우 중요하고 유용합니다.

또한, 물리학은 현대 과학과 기술의 발전에 매우 중요한 역할을 합니다. 예를 들어, 전자공학, 컴퓨터 공학, 우주 공학, 의학 등 다양한 분야에서 물리학의 원리와 이론이 활용되고 있습니다. 따라서 물리학을 공부하면 다양한 직업 기회를 얻을 수 있고, 현대 사회에서 필수적인 지식을 습득할 수 있습니다.

마지막으로, 자신이 흥미를 가지고 있는 분야를 선택하는 것은 매우 중요합니다. 다른 사람들의 의견에 휘둘리지 않고, 자신의 관심과 열정을 따라가는 것이 중요합니다. 물리학을 선택한 것에 대해 자신감을 가지고, 자신의 목표를 향해 노력하면 좋은 결과를 얻을 수 있을 것입니다.

[미적용]

물리를 선택하신 것에 후회하지 않으셨다니 정말 멋진 결정이라고 생각합니다! 물리는 매우 흥미로운 학문이며, 우리 주변의 자연 현상을 이해하고 설명하는 데에 큰 도움이 됩니다. 또한, 물리는 다양한 분야와의 융합이 가능하며 현대 과학과 기술의 발전에도 중요한 역할을 합니다.

하지만 주변에서 그런 말을 듣는다면, 그들이 물리에 대해 충분한 이해를 가지고 있지 않거나 다른 분야에 대한 선호나 흥미 때문에 그런 의견을 표현하는 것일 수도 있습니다. 사람들은 서로 다른 관심사와 역할을 가지고 있기 때문에 이해할 수 있습니다.

당신이 물리를 선택한 이유와 물리에 대한 열정을 가지고 있다면, 주변의 의견에 흔들리지 않고 자신의 선택을 믿으셔야 합니다. 물리는 매우 중요하고 흥미로운 분야이며, 당신이 물리를 통해 얻게 될 지식과 역량은 무한한 가능성을 열어 줄 것입니다.

더불어, 주변의 의견을 경청하고 이해하는 것도 중요합니다. 다른 분야에 대한 관심과 역할을 존중하며, 서로의 다양성을 인정하는 것이 좋은 대화와 협력을 이끌어낼 수 있습니다.

더 알고 싶은 점이 있으신가요? 저는 당신의 선택을 응원하고 있습니다! ☺