



생태학 NetLogo 실습 프로그램에서 예비교사들의 데이터 해석, 설명 구성 및 스케폴딩 전략에서의 특징

양 윤 영, 김 재 군

서울대학교 사범대학 과학교육과 생물전공

서론 및 연구 문제

- 모델기반 탐구(model-based inquiry, MBI) 동안에 학생들이 다른 사람들과 개념 모델을 표현하고 논의하며, 모델 및 관련 현상을 동적인 관점에서 이해하고, 개념 모델을 검증 및 수정하는 데 종종 다양한 어려움을 겪는다고 보고하고 있다(Bouwma-Gearhart *et al.*, 2009). 이러한 문제를 해결하기 위해 컴퓨터 모델링 도구가 MBI 과정의 지원을 목적으로 도입되었다(van Joolingen *et al.*, 2007).
- NetLogo는 간단한 텍스트 기반 프로그래밍 언어를 사용하여 행위자 기반 모델(agent-based model, ABM)을 만들 수 있는 컴퓨터 모델링 도구로(Wilensky, 1999) 전 세계에서 복잡한 시스템을 연구하고 가르치는 데 다양하게 사용되어 왔다(Xiang & Diamond, 2022).
- NetLogo를 지도하는 교사 및 예비교사의 전문성 함양을 위한 커리큘럼에 대한 연구는 부족한 실정이다. 따라서 본 연구는 다음과 같은 연구 문제를 탐색하고자 한다. (1) 예비 교사들은 NetLogo를 활용한 탐구 활동을 수행할 때 데이터를 해석하고 설명을 구성하는 활동에서 어떤 어려움을 겪는가? (2) 선행논문을 바탕으로 NetLogo를 활용한 탐구 활동을 지원하는 효과적인 스케폴딩 전략에 대한 수업을 받기 전과 후에 예비 교사들이 제안하는 스케폴딩 전략의 변화에는 어떤 특징이 있는가?

연구 방법

교육자료의 구성

실습 프로그램의 커리큘럼 및 자료 수집

커리큘럼 및 자료 수집

- 사전 설문지 작성
- NetLogo 수업 및 사용법 안내
- "Hardy Weinberg Equilibrium" 과 "Natural Selection - Camouflage" 넷로그 탐색 및 워크시트 작성
- "Hardy Weinberg Equilibrium" 과 "Natural Selection - Camouflage" 학습 토론 및 피드백
- "r/K selection" 넷로그 탐색 및 워크시트 작성
- "Rabbits Grass Weeds" 넷로그 탐색, 코딩 및 워크시트 작성
- "r/K selection" 학습 토론 및 피드백
- "Rabbits Grass Weeds" 학습 토론 및 피드백
- NetLogo 수업 사례 소개
- NetLogo 활용 수업에서의 스케폴딩 전략 소개 및 스케폴딩 계획에 대한 사전-사후 검사
- 사후 설문지 작성
- 면담

시기

6주 수업
3시간

9주 수업
3시간

10주 수업
3시간

학기 중
수시로

모델 및 워크시트 개발

- NetLogo 실습 모델
(실습 1) "Hardy Weinberg Equilibrium" 과 "Natural Selection - Camouflage" 은 NetLogo 샘플 모델에서 잘못된 부분과 교육 목적에 맞게 수정함
(실습 2) "r/K selection" 은 설문조사를 통해 예비교사들이 어려워하는 주제 중 NetLogo 시뮬레이션을 사용하여 개념의 깊은 이해가 가능하다고 판단되어 개발함
(실습 3) "Rabbits Grass Weeds" 는 NetLogo 샘플 모델에서 잘못된 부분과 교육 목적에 맞게 수정함
- 워크시트
"문제", "답안", "시뮬레이션 실행 결과 스크린샷", "교재 관련 이론"의 내용을 포함하여 제작함
- 2021년과 2022년에 실습 프로그램을 진행하면서(Yang & Kim, 2024) 예비 교사들이 겪은 어려움과 이를 위한 개선점을 바탕으로 모델과 워크시트를 수정함
- NetLogo 실습 모델 예시
"r/K selection"
- 워크시트 예시
"Hardy Weinberg Equilibrium"



데이터 분석

데이터 분석 방법

- 예비교사들의 워크시트 답안에서 데이터 해석 및 설명 구성에 겪은 어려움의 특징을 분석함 -> 선행 연구들에서 학생들이 겪은 어려움의 종류와 비교함
- 스케폴딩 전략에 대한 수업을 받기 전과 후에 사전-사후 검사를 통해 예비교사들이 제안한 스케폴딩 전략의 특징을 분석함 -> 선행 연구들에서 효과적인 전략으로 제시한 스케폴딩의 종류와 비교함

- 선행 연구들에서 학생들이 겪은 어려움과 효과적인 스케폴딩의 종류

항목	내용	교육 패러다임
NetLogo 활용한 수업의 어려움	① NetLogo를 활용한 탐구 수업의 도입 ② 학생들의 이해에 있어서의 어려움 ③ 학생들의 학습 과정에서의 어려움 ④ 학생들의 학습 결과에서의 어려움 ⑤ 학생들의 학습 과정에서의 어려움 ⑥ 학생들의 학습 결과에서의 어려움	교육 패러다임
NetLogo 모델링의 어려움	① NetLogo 모델링의 어려움 ② NetLogo 모델링의 어려움 ③ NetLogo 모델링의 어려움 ④ NetLogo 모델링의 어려움 ⑤ NetLogo 모델링의 어려움 ⑥ NetLogo 모델링의 어려움	교육 패러다임
NetLogo 코딩을 위한 어려움	① NetLogo 코딩을 위한 어려움 ② NetLogo 코딩을 위한 어려움 ③ NetLogo 코딩을 위한 어려움 ④ NetLogo 코딩을 위한 어려움 ⑤ NetLogo 코딩을 위한 어려움 ⑥ NetLogo 코딩을 위한 어려움	교육 패러다임

- 스케폴딩의 유형과 교육 패러다임

스케폴딩 유형	설명	교육 패러다임
해석적 지원	학생들이 가진 지식의 정확성과 관련된 지식에 대한 적절한 기술 제공 및	교육 패러다임
실험적 지원	학생들이 실험을 할 때 필요한 자료와 실험 절차를 안내하고 실험 결과를 해석하는 데 도움을 준다.	교육 패러다임
반성적 지원	학생들이 실험을 할 때 필요한 자료와 실험 절차를 안내하고 실험 결과를 해석하는 데 도움을 준다.	교육 패러다임
정서적 지원	학생들이 실험을 할 때 필요한 자료와 실험 절차를 안내하고 실험 결과를 해석하는 데 도움을 준다.	교육 패러다임

연구 결과 및 논의

연구 결과

데이터 해석 및 설명 구성에서 예비교사들이 겪은 어려움 (연구 문제 1)

- 많은 예비교사들이 데이터를 해석하여 패턴을 파악하는 데 어려움을 겪었으며(실습 1에서 10명, 59%). 그래프에서 상대적인 경향성을 발견하지 못하고 데이터 값의 작은 차이를 변화함으로 해석하는 특징을 보였다.
- 많은 예비교사들이 결론을 도출할 때 모델의 실행 결과를 증거로 하지 않고 이미 배운 이론에 기반하여 현상이 발생하는 이유는 이론이 이러한 이유 때문이라는 역행적인 설명 방식을 보이거나(실습 2에서 13명, 76%) 생물학적 현상의 원인으로 목적 지향적이고 의도적이며 시스템 내부적인 필요에 기반한 것으로 인식하는 목적론적인 설명을 근거로 제시하였다(실습 2에서 12명, 71%).
- 일부 예비교사들은 코딩에 대한 학습 후 코드를 작성하는데 어려움을 겪었으며(실습 3에서 3명, 19%) 코딩을 바르게 작성한 예비교사들 중 일부는 변수값을 체계적으로 조정하는데 어려움을 겪었다(실습 3에서 4명, 31%).

항목	어려움의 종류	어려움을 겪은 예비교사의 수 (명)		
		실습 1	실습 2	실습 3
NetLogo 모델의 탐구	① 변수값을 체계적으로 조정하지 못함	10	-	-
	② 데이터를 해석하여 패턴을 파악하지 못함	-	-	-
	③ 결론을 도출할 때 모멸의 실행 결 과를 증거로 하지 않음	3	8	5
	④ 이유에 대한 설명 없음	-	-	-
NetLogo 코딩	⑤ 이론기반 설명	1	13	-
	⑥ 목적론적 설명	3	3	3
	⑦ 목적론적 설명	-	12	-
	⑧ 비합리적 설명	4	4	1

- 실습 1, 2는 총 17명, 실습 3은 총 10명의 워크시트를 분석함
- 실습 1은 5분방, 실습 2는 4분방, 실습 3은 2분방으로 구성됨
- 한 가지 항목 이상에서 어려움을 겪은 예비교사들은 중복 체크함

예비교사들의 스케폴딩 전략에서의 특징 변화 (연구 문제 2)

- 사전 검사에서 예비교사들이 계획한 스케폴딩은 교사중심 수업에서의 해석적 지원(4명, 36%)과 실험적 지원(2명, 18%)이 비교적 많았고 구체적이지 않은 스케폴딩을 기술하기도 하였다(1명, 9%).
- 사전 검사에서는 반성적 지원과 정서적 지원의 스케폴딩을 제안한 예비교사가 없었다.
- 사후 검사에서는 교사중심 수업에서의 스케폴딩을 제안한 예비교사의 수가 감소하였고 인지적 구성주의 수업에서 해석적 지원(7명, 64%)과 실험적 지원(7명, 64%)의 스케폴딩을 제안한 예비교사의 수가 증가하였다.
- 사후 검사에서는 반성적 지원(1명, 9%)과 정서적 지원(4명, 36%)의 스케폴딩을 제안한 예비교사들이 생겨났다.

패러다임	스케폴딩의 유형	예비교사의 수 (명)	
		사전 검사	사후 검사
교사중심	해석적 지원	4	0
	실험적 지원	2	1
인지적 구성주의	해석적 지원	4	7
	실험적 지원	3	7
사회적 구성주의	반성적 지원	0	1
	정서적 지원	0	4
	구체적이지 않은 스케폴딩	1	0

- * 총 11명의 사전-사후 검사지를 분석함
- * 한 가지 유형 이상의 스케폴딩을 제안한 예비교사들이 있음

논의 및 시사점

- 많은 예비교사들이 데이터를 해석하여 패턴을 파악하는데 어려움을 겪었다.
- 많은 예비교사들이 모델의 실행 결과인 데이터 분석을 기반으로 설명을 구성하는데 어려움을 겪었다.
- 이것은 선행연구에서 발견한 학생들이 겪은 어려움의 종류와 비슷하며, 다른 특이점은 이미 배운 이론을 근거로 드는 역행적인 설명 방식을 취한 사례가 많다는 것이다. 예비교사들이 교육 개혁 문서에서 제안한 방식으로(NSSS Lead States, 2013) 데이터 해석 및 설명 구성을 가르치기에 준비되어 있지 않은 것으로 보이며 개발된 탐구 스타일의 활동에 여러 번 참여하여 과학적 실험을 경험하고 반성할 수 있는 경험을 제공할 필요가 있음
- 효과적인 스케폴딩에 대한 수업 후 사후 검사에서 선행논문에 제시한 효과적인 스케폴딩 전략과 유사하게 교사중심 수업에서의 스케폴딩을 제안한 예비교사의 수는 감소하고 인지적 구성주의 수업에서의 해석적 지원, 실험적 지원, 반성적 지원 그리고 사회적 구성주의 정서적 지원을 제안한 예비교사의 수가 증가하였다.
- 학생들이 성공적으로 학습 목표를 달성하기 위해서는 다양한 유형의 스케폴딩이 필요하므로(Puntambekar & Kolodner, 2005) 선행연구에서 제시한 효과적인 스케폴딩에 대한 학습을 예비교사들에게 제공할 필요가 있으며 본 연구에서 관련 전문성의 향상을 보임

선행연구 이론

NetLogo 활용 시 겪는 어려움과 스케폴딩 전략

- NetLogo를 활용한 안내된 탐구 수업의 전략: 학생들이 시뮬레이션에서 생물의 행동을 관찰 가능하였지만, 결과를 이끄는 메커니즘을 해석하기 어려웠다. 학생들에게 시스템이 어떻게 작동하는지의 메커니즘을 인지할 수 있도록 하기 위해 안내된 탐구의 수업전략으로 지도하는 것이 좋다. 학생들이게 예측을 하거나 질문에 대한 가설을 설정하도록 한 후, 모델을 실행하여 관찰하고, 데이터를 기록하여 패턴을 분석하고, 증거 기반 설명을 만들도록 한다.
- 학생들의 부족한 선지식에 대한 지원: 학생들은 생태계의 특정 지식에서 제한적이거나 더 자세한 정보를 읽을 필요가 있다. -> 교사는 학생들이 생태계의 특징에 대한 자질, 즉 읽기 자료나 뉴스 기사를 제공하고 학생들이 설명 모델을 구성할 때 텍스트에서 배운 지식을 기반으로 추론하도록 한다.
- 어려움을 겪는 학생을 위한 지원: 학생들이 컴퓨터 모델링 도구를 사용할 때 일부 학생들은 어려움 겪으므로 기술적, 개념적 지원이 필요하다. -> 교사는 모델 탐색을 위한 기술적 지원을 제공하기 위해 교실을 돌아다니며 질문을 통해 학생들의 학습을 촉진하고 추가 조사를 유도한다.
- 학생들의 협동과 토론 장려: 학생들 사이에서 토론이 활발히 일어나도록 격려하는 것은 학생들의 창의성과 추론 능력을 향상시킬 기회를 제공한다. -> 그룹 구성은 수학, 컴퓨터 과학, 생물학과 다양한 수준으로 노출된 학생이 혼합된 그룹에서 협력하여 아이디어를 브레인스토밍하는 것은 유리하다.
- 탐구를 돕는 두드러진 수업 전략: 다양한 요소로 지식구축 활동에 참여하는 것은 보편적인 형태의 정보를 나타내야 관련된 현상에 대한 학생들의 이해를 향상시켰고, 학생들이 원동적으로 의미를 구성하는 것에 기여했다. NetLogo 모델과 함께 사용된 수업 자료로는 그림모형 그리기, 실험실 실험, 엑셀을 사용한 수동 모델링, SageModeler를 사용한 시스템 모델링, Causal Model Editor를 사용한 인과관계 모델링 등이 있다.
- 시뮬레이션 관찰에 대한 안내: 학생들은 시뮬레이션 속도가 너무 빨라서 어떤 변화가 일어나고 있는지 인지하지 못하거나 시뮬레이션 속도를 충분히 느리게 관찰하지 않아서 종종 사이의 상호작용의 영향을 관찰하지 못했다. -> 교사는 학생이 시뮬레이션의 속도를 늦추어 자세히 관찰하도록 하고, 개별 에이전트들을 추적해 보도록 안내한다.
- 변수의 체계적 설정에 대한 안내: 학생들이 처음에 변수의 값을 설정할 때 종종 "임의" 시도하고 관찰하자"는 추측적인 성격을 보인다. -> 교사는 학생들에게 변수를 한 번에 여러 개 변경하는 대신 하나씩 체계적으로 변경하도록 안내하고, 특히 먼저 가설을 세우는 대신 선택한 가설을 변경하는 변수 값을 설정하도록 지도하는 것이 좋다.
- 그래프 해석 방법에 대한 안내: 학생들이 개별 에이전트 수준의 행동과 그것들의 전체적인 개체군 그래프를 연관시킬 수 없었다. -> 교사는 학생들의 탐구 활동 전에 그래프를 해석하는 방법에 대한 지도를 할 필요가 있다.
- 모델 실행 방법에 대한 안내: 학생들이 임의의 초기 값으로 한 번의 시뮬레이션 실행 후에 결론을 도출한다. -> 교사는 학생들이 시뮬레이션 실행의 결과를 해석할 때 경향을 확인하기 위해 다른 값으로 실험을 반복하도록 안내한다.
- 탐구 과정 중 메모에 대한 안내: 학생들이 탐구의 진행 과정을 추적하지 않아 설명 모델을 구성할 때 어려움을 겪었다. -> 교사는 학생들에게 메모를 하도록 하고, 메모를 사용하여 진행 과정을 모니터링하고 모델을 구성하도록 안내한다.
- 모델 실행 결과를 증거로 한 자신의 설명으로 결론을 내리도록 안내: 학생들은 잘못된 결론을 내리거나 설명 없이 올바른 답을 진술하고, 합리주의적인 추론 방식에 더하여 종종 감정적이고 직관적인 사고 방식을 사용한다. -> 교사는 학생들이 모델 실행의 결과를 증거로 설명하도록 하기 위해 시뮬레이션 보기를 사용하여 관찰되는 미시적 수준의 개체들의 행동과 그래프를 통해 포시되는 거시적 수준의 시간에 따른 방향적 변화와 연결하도록 교수적 지원을 하여 현상에 내재된 메커니즘을 설명할 수 있도록 한다.
- 잘못된 결론을 내린 학생을 위한 지원: 학생들이 잘못된 결론을 내리는 경우가 있다. -> 교사는 학생들이 직접적으로 실험할 수 있게끔 기회를 제공한다. 다른 변수들로 시뮬레이션을 다시 실행하도록 한 다음 이전의 잘못된 결과를 상기시켜 인지 갈등을 일으켜 올바른 결론에 도달하도록 돕는다.
- 모델 실행을 통해 예측에 대한 지원: 학생들이 잘못된 결론을 내리면 그들의 결론을 가지고 추론하여 생태계에서 다양한 시나리오의 결과를 예측하지만 그들의 예측이 맞는지 아닌지를 확신하지 못하는 모습을 보인다. -> 교사는 학생들에게 적절한 NetLogo 시뮬레이션을 실행하여 질문에 대해 그들이 추론한 답을 확인하도록 안내한다.