

자석 및 자기장 주제에 대한 과학 학습용 웹기반 시뮬레이션의 현황 및 개선 방안

이수아 · 전영석*

서울교육대학교 과학교육과

요 약

본 연구를 통해 자석 및 자기장과 관련된 웹기반 과학학습 시뮬레이션들의 현황을 살펴보고, 시뮬레이션의 내용과 전략 및 디자인 측면에서 적절성을 평가하였다. 연구를 위해 과학학습 시뮬레이션 평가 기준을 고안하였으며, 초등교사 8명이 참여하여 자석 및 자기장 관련 시뮬레이션 14종을 평가 기준에 맞추어 평가하고 각 시뮬레이션의 특징을 기술하였다. 평가 결과를 바탕으로 시뮬레이션들을 상 그룹과 하 그룹으로 분류하였고, 상 그룹의 시뮬레이션에서 강점과, 하 그룹의 시뮬레이션에서 보완할 점들을 교수학습 내용, 교수학습 전략, 화면구성, 기술의 측면에 따라 분석하고 도출하였다. 연구 결과를 근거로 교수학습에 효과적인 자석 및 자기장 주제의 웹기반 시뮬레이션 개선을 위한 방안을 논의하였다.

키워드 : 시뮬레이션, 자석, 자기장, 상호작용적 교수학습, 초등과학수업

Current State and Ways of Improvement of web-based science simulations about magnets and magnetic field

Sooah Lee · Youngseok Jhun*

Seoul National University of Education, Dept. of Science Education

ABSTRACT

This study is to review current state of web-based simulations for science learning about magnets and magnetic field, and evaluate the appropriateness of simulations in terms of contents, strategies and design. We designed a set of criteria for evaluating science simulations and applied it to 14 simulations about magnets and magnetic field. For the evaluation, eight elementary teachers participated and they described specific characteristics of each simulation according to the criteria. Based on the evaluation, we divided the simulations into two groups, excellent vs. normal groups. We analyzed strengths from the simulations in excellent group and weaknesses from the simulations in normal group according to the contents, learning strategies, screen format, and technical features. Implications for ways of improvement in developing web-based science simulations effective to science teaching and learning about magnets and magnetic field were discussed.

Keywords : simulation, magnets, magnetic field, interactional teaching and learning, elementary school science class

이 논문은 2017년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 정보통신기술진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임
(No.R0115-16-1011,e-Book용 과학 실험 콘텐츠 제작을 위한 물리 기반 솔루션 개발)

교신저자: 전영석(서울교육대학교 과학교육과)

논문투고 : 2017-03-14

논문심사 : 2017-03-23

심사완료 : 2017-04-17

1. 서론

전통적으로 과학 교과에서는 탐구를 강조해 왔으며, 과학 지식을 획득하는 한 가지 방법으로 실험의 중요성이 강조되어왔다. 또한 과학 교과에서 실험의 중요성은 실험을 통해서 학습자들이 자연스럽게 교육 내용에 흥미를 갖게 되고, 과학적인 탐구 과정과 과학자의 태도를 익힐 수 있다는 점에서도 찾을 수 있다[9]. 그러나 전통적 과학 실험은 자료를 수집하고 처리하는데 많은 시간이 들기 때문에, 정작 중요하게 다루어져야 할 자료를 분석하거나 추론을 통해 과학적 설명을 만들어 내기 위한 시간이 부족하며[5], 노후화된 기자재, 불명확한 실험 방법, 실험 중 정보 잡음, 실험 도중 안전사고, 실험을 통한 추상적 개념 이해의 어려움 등 여러 가지 문제점들이 제기되고 있다[15][19][21].

최근 과학기술의 발전으로 컴퓨터가 우리 생활에 중요한 부분을 차지하게 되면서, 전통적 과학 실험의 문제점을 보완해 줄 수 있는 컴퓨터 시뮬레이션의 교육적 효과에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다[13][14][25]. 컴퓨터 시뮬레이션은 현실 세계의 상황을 컴퓨터 시스템을 통해 가상적으로 재현하는 것으로, 컴퓨터 시뮬레이션을 적용한 과학수업은 실제적 도구를 이용해 직접 실험을 수행하는 대신, 주어진 시뮬레이션에서 변수를 조작하여 실험 결과를 수집하고, 이를 바탕으로 결론 도출 및 논의 활동이 가능하게 하는 것을 말한다[4].

전통적인 학습 방식과 비교해서, 컴퓨터 시뮬레이션을 사용하는 학습 환경은 다음과 같은 이점이 있다. 탐구과정을 단순화하여 데이터를 수집하는 과정에서 오는 시간을 단축할 수 있으며, 단축된 시간은 학생들이 능동적으로 지식을 구성할 기회를 충분히 제공하는데 사용될 수 있다[7][12]. 안전성, 비용, 기구의 부족함 등의 이유로 실제로 실험하기 어려운 실험을 가능하게 해 준다. 즉, 실제 환경과 유사한 환경에서 제약 없이 반복적으로 실험을 수행할 수 있고, 학습자가 자유롭게 변인을 조작하여 문제를 해결할 수 있는 기회를 제공해 줌으로써 학습자가 학습과정을 적극적으로 이끌 수 있도록 도와준다[23]. 실험 결과를 해석하기 위해서는 수학적 계산이나 자료 변환 능력이 필요한데, 시뮬레이션에서는 이를 다이어그램이나 그래프와 같은 다양한 표현방식으로

변환하여 줌으로써 실험 목적을 명확히 하고, 수학적 능력이 부족한 학생들도 과학활동에 집중하여 참여할 수 있게 해 준다[24]. 또, 시뮬레이션은 추상적 개념이나 측정값들을 시각화하여 줌으로써 학생들이 현상에 대한 개념적 이해를 더 잘 할 수 있게 도와준다[4].

최근 들어 과학 교육용 시뮬레이션이 과학교육기관들에 의해 개발되어 인터넷에 탑재되어 있을 뿐만 아니라, 과학 교사들이 수업에 필요한 자료들을 개발하여 개인 사이트에 올려놓고 필요에 따라 활용할 수 있도록 하고 있다. 그러나 학생들이 접근할 수 있는 컴퓨터 시뮬레이션 프로그램들이 여전히 충분한 상황은 아니며, 누구에게나 접근 가능한 웹기반 시뮬레이션의 경우 제작자들의 의도에 따라 다양한 모습을 갖추고 있어서 각 시뮬레이션 프로그램들의 학습 효과나 교육적 적절성이 충분히 갖추어졌다고 보기 어렵다.

이와 관련하여 과학 학습용 시뮬레이션의 참고 사례로 볼 수 있는 것이 University of Colorado에서 개발되어 전 세계적으로 널리 알려진 웹기반 과학 시뮬레이션의 하나인 PhET (physics education technology)이다. PhET 연구팀은 과학 학습용 시뮬레이션이 갖추어야 할 기본적인 준거로서 학생들이 시뮬레이션을 활용함으로써 지적인 탐색이 가능하게 하는 것이 가장 중요함을 제시한다[2]. 즉, 학생들이 시뮬레이션을 활용하여 지적인 탐색 활동을 하게 되면 스스로 질문을 찾게 되고 그 질문을 해결하기 위하여 시뮬레이션의 결과를 더 자세히 관찰하게 된다는 것이다. Adams et al.[2]은 시뮬레이션이 학생들의 지적인 탐색 활동에 참여를 가능하게 하는 요인으로서 시뮬레이션의 상호작용 가능성, 학생들에게 도전적인 과제 제시 여부, 적절하고 제한적인 범례와 표시, 그리고 흥미 정도를 고려해야 한다고 주장한다. 이들의 문제 제기는 초등학교에서 과학을 지도할 때 충분한 검토 없이 사용되는 경우가 많은 웹기반 과학 학습 시뮬레이션들의 질적 수준을 평가하고 검토하여 그것의 적절한 활용 방안을 모색하는데 좋은 출발점이 될 수 있다.

한편, 이 연구에서 검토하려는 과학 학습 시뮬레이션의 내용적 소재인 자석과 자기장은 추상적 개념이 많아 이해하기 어려우며, 자기장 자체가 비가시적인 개념이기 때문에 학생들에게 오개념이 많이 형성되어 있는 소재이다[8][11]. 또한, 자석 관련 단원은 실험도구 품질의

문제로 실험에 어려움을 겪는 단원이기도 하다. 최범길과 전영석[10]의 연구에 의하면 자석 보관 등의 문제로 초등학교에서 사용되는 자석의 60% 이상이 극 이상상태의 자석이었으며, 이를 이용하여 실험할 경우 실험 결과가 명확하게 나타나지 않는 것으로 조사되었다. 시뮬레이션은 실제 실험 과정에서 나타나는 문제점을 보완하여 학생들의 개념 이해를 촉진시킬 수 있는 하나의 도구가 될 수 있기 때문에 자석과 자기장 개념과 연관된 시뮬레이션을 연구 소재로 선택하였다.

이와 같은 논의를 바탕으로 이 연구에서는 자석 및 자기장과 관련된 웹기반 과학학습 시뮬레이션들의 현황을 알아보고, 그것들의 적절성을 시뮬레이션의 교수학습 내용과 전략 및 디자인 측면에서 평가(또는 검토)하여 이후 더 유용한 시뮬레이션 개발 및 적용을 위한 방안들을 제안해 보고자 한다.

2. 연구 방법

2.1 과학 학습용 웹기반 시뮬레이션의 평가 기준 개발

효과적인 과학 학습용 웹기반 시뮬레이션을 평가하기 위한 선행 작업으로 국내외 학자들에 의해 제시된 교육용 소프트웨어의 평가 준거들을 살펴보았다. 한국교육개발원[18]은 교육용 소프트웨어 심의를 위한 개념적 모형을 개발하여 심의 기준을 목표, 내용, 전달, 기술의 네 가지 영역으로 구분하였고, Bitter & Wighton[6]은 일반적인 평가 준거를 위한 조사를 실시하여, 내용의 정확성, 상호작용, 신뢰도, 동기 등 22개의 공통적 평가준거를 제시하였다. 한국학술정보원[17]에서는 기존 선행연구들을 분석·종합하여, 교육용 소프트웨어의 평가 기준을 크게 내용, 교수전략, 기술적 특성으로 영역을 나누어 제시하였다. 본 연구에서는 한국학술정보원이 제시한 평가 영역을 따랐다. 그러나 선행연구들에서 제시된 교육용 소프트웨어의 하위 평가 요소들은 CAI 프로그램, 멀티미디어 기반 교수학습(MBI), 웹기반 교수학습(WBI) 등의 광범위한 영역의 자료들에 대한 평가 기준이기 때문에 시뮬레이션에 적합한 하위 평가 요소의 선정이 필요하였다. 이를 위해 시뮬레이션과 관련된 평가

준거를 제시한 선행연구, 효과적 시뮬레이션의 특징을 제시한 연구를 중심으로 하위요소를 추출하였다. 안성훈[3]은 자료의 형태에 따른 평가 준거를 제시하였는데, 시뮬레이션형 콘텐츠의 경우 학습 내용이 시뮬레이션으로 구현되었을 때 더 적합한가에 관련된 학습 내용의 적합성, 지시사항, 학습내용 제시 형태, 내용 전개가 적절한지에 관한 학습내용 제시의 적절성, 학습자 입력과 피드백의 적절성을 평가 준거로 제시하였다. 이를 교수학습 내용 측면의 하위요소에 반영하였다. 김경완[16]은 과학탐구에 적합한 시뮬레이션의 특징을 제시하였는데, 내용적 측면에서 과학지식을 형성할 기회를 제공해야 하며, 탐구 진행 과정에서 학습자가 스스로 변인을 조절할 수 있어야 하며, 학생 수준에 맞는 다양한 과제를 제공해야 함을 강조하였다. 이를 교수학습 전략 측면의 하위 요소에 반영하였다. PhET[22]의 연구에서는 학생이 상호작용하여 탐구에 몰입할 수 있는 시뮬레이션이 필요함을 제시하면서, 시뮬레이션 개발의 중점 요소로 레이아웃, 직관적 조작, 표현방법, 도움, 탐구촉진 등 다섯 가지 요소를 제시하였다. 이를 교수학습 전략, 화면구성, 기술의 하위요소에 반영하였다. 선행 연구에서 제시된 시뮬레이션이 갖추어야 할 요소들을 중심으로 하위 평가 요소들을 추출한 후, 이를 수정 보완하였다. 이를 초등과학교육 전문가 3인의 협의를 거쳐 도출하였으며, 교육용 시뮬레이션 평가 기준을 제시하면 <Table 1>과 같다.

<Table 1> Criteria for evaluating science simulations

평가 영역 및 하위 요소		평가 기준
교수 학습 내용	내용의 신뢰성	제시된 원리, 용어 등에 과학적 오류가 없다. 정확한 이론적 데이터에 근거하여 결과가 제시된다.
	모델의 적합성	시뮬레이션이 실제 현상을 적절하게 표현하고 있다. 시뮬레이션이 실제 현상의 핵심적인 특징을 모형으로 잘 표현하였다.
교수 학습 전략	흥미	시각적 자극을 사용하여 감각적으로 주의를 집중시킨다. 시뮬레이션이 학생들의 흥미를 지속시킬 수 있도록 구성되어 있다.
	상호 작용 가능성	학생 스스로 문제를 인식하고 의문점을 도출할 수 있도록 구성되어 있다.
		학습자가 실험 변인을 조절할 수 있다. 실험 결과 데이터를 학습자가 원하는 다양한 방식으로 표현한다.
	피드백	학습자와 상호작용에 따른 즉각적 피드백을 제공한다.

		개념이해를 위한 도움을 제공한다.
화면 구성	디자인의 적절성	최소한의 텍스트를 사용하였으며, 화면이 깔끔하게 구성되어 있다.
		컨트롤 패널과 실행영역이 분리되어, 학생들이 실험에서 무엇을 해야 하는지 쉽게 파악할 수 있다.
	조작의 편리성	아이콘, 버튼이 직관적으로 디자인 되어 있어 사용방법을 쉽게 파악할 수 있다.
기술	안정성	실험을 다시 세팅하거나, 실험 조작이 용이하다.
		클릭과 드래그 등 학생들이 쉽게 조작할 수 있게 구성되어 있다.
	접근성	버튼을 클릭 했을 때, 반응 속도가 적절하다. 필요에 따라 실험의 중단, 종료, 재개, 앞 단계로의 이동이 가능하다. 프로그램 운영 중 오류가 발생하지 않는다.
		쉽게 접근하여 활용이 가능하다.

2.2 과학 학습용 웹기반 시뮬레이션의 평가

2.2.1 연구 자료: 웹기반 시뮬레이션

평가 기준을 개발한 뒤, ‘magnet, magnetic field, electromagnet, simulation’을 검색어로 하여 자석 및 자기장 관련 시뮬레이션을 수집하였고, 이 중 초등학교가 사용하기에 적합한 시뮬레이션 14종을 선택하여 평가하였다. 시뮬레이션은 총 14종이며, 자석에 의한 자기장, 전자기에 의한 자기장, 자화 주제로 구성되어 있다. 일부는 국내에서 개발된 것도 있지만 대부분 외국에서 개발된 것들이 많았다. 평가한 시뮬레이션의 목록은 다음과 같다.

<Table 2> Simulations evaluated in this study

구분	위치	주제	시뮬레이션 개요
S1	http://yjh-phystory.com/78	막대 자석 주위의 자기장	막대자석 주위의 자기장을 알아보는 가상실험. 자기장의 형태는 철가루 또는 나침반으로 선택하여 확인할 수 있음. 학습자가 막대자석의 위치를 드래그 하여 이동하면 자기장의 모습이 변하는 것을 확인할 수 있음.
S2	https://phet.colorado.edu/ko/simulation/legacy/magnets-and-electromagnets	막대 자석 주위의 자기장	막대자석 주위의 자기장을 알아보는 가상실험. 자바를 기반으로 함. 학습자는 막대자석을 움직여 자기장의 변화를 확인함. 막대자석의 세기를 조절할 수 있으며, 자기장의 변화를 자석 주위의 작은 나침반, 자기장 측정기 등을 통해 확인할 수 있음.
S3	http://javalab.org/lee/2016/magnetization/	자화	못의 자화 과정을 확인할 수 있는 가상 실험. 버튼을 누르면 막대자석이 나타나 못을 자화시키고, 못 내부 분자자석이 배열되는 것을 그래픽으로 표현함.
S4	http://interactive-sites.weebly.com/magnets-and-compass.html	자석에 붙는 물체	자석에 붙는 물체를 알아보는 실험. 물체를 클릭하면 자석에 붙는 여부를 확인할 수 있음. 간단한 설명과 함께 학습할 수 있도록 구성됨.

S5	https://nationalmaglab.org/education/magnet-academy/watch-play/interactive/compasses-in-magnetic-fields	자석 주위의 자기장	지도 위의 말굽자석을 움직이면, 나침반의 바늘이 자석을 따라 움직이는 것을 확인해 볼 수 있는 가상실험. 자석을 숨기면 나침반은 북쪽을 가리키도록 설정되어 있음.
S6	http://www.physicsclassroom.com/Physics-Interactives/Magnetism/Magnetic-Field/Magnetic-Field-Interactive	막대 자석 주위의 자기장	막대자석을 움직여 주변의 작은 나침반의 변화를 관찰하도록 구성된 시뮬레이션. 학습자는 막대자석을 드래그하여 움직일 수 있으며, 막대자석 주변의 자기장의 모습을 파악할 수 있음.
S7	https://nationalmaglab.org/education/magnet-academy/watch-play/interactive/magnetic-domains	자화 (자기 구역)	막대자석을 자성체에 가까이 하면, 자성체 내부의 자기구역의 배열이 변하는 것을 확인할 수 있는 실험.
S8	https://www.echalk.co.uk/Science/physics/magnetism/fieldPlotter/magneticFieldPlotter.html	자기력선 그리기	막대자석 주변에 작은 나침반을 놓아 자기력선을 직접 그려볼 수 있도록 구성된 시뮬레이션.
S9	https://www.echalk.co.uk/Science/physics/magnetism/barMagnet/barMagnet.html	막대 자석 주위의 자기장	막대자석 주변의 자기장을 확인할 수 있는 시뮬레이션. 자기력선, 철가루의 진하기를 조절하여 자기력선의 방향, 철가루의 모습 등을 확인할 수 있음.
S10	http://irobutsu.a-la9.jp/mybook/ykwkrEM/magnets_f.html	막대 자석 주위의 자기장	막대자석의 개수, 방향 등을 학습자가 자유롭게 구성할 수 있으며, 자석의 위치를 정하면 자기력선의 모습이 그려짐.
S11	http://www.physics-chemistry-interactive-flash-animation.com/electricity_electromagnetism_interactive/solenoid_magnetic_field_current_poles_north_south.htm	전자석	같은 코일을 전원에 연결하면, 전압의 세기에 따라 자기장의 세기가 변하는 것을 확인할 수 있도록 구성된 시뮬레이션. 자기장의 세기와 방향을 화살표로 표현함.
S12	https://nationalmaglab.org/education/magnet-academy/watch-play/interactive/magnetic-field-of-a-solenoid	전자석	같은 코일 주변에 철가루가 뿌려져 있음. 전기가 연결된 회로에 스위치를 닫으면 코일 주변에 철가루의 모양이 변하는 것을 확인하는 실험.
S13	http://fun-physics.blogspot.kr/2016/05/magnetic-field-of-solenoidcoil.html	전자석	코일의 감은 수, 전류의 방향을 선택할 수 있도록 하고, 이에 따른 자기장의 모습을 주변의 화살표 모양으로 확인할 수 있도록 구성된 실험.
S14	https://phet.colorado.edu/ko/simulation/legacy/magnets-and-electromagnets	전자석	코일의 감은 수, 전류의 방향, 전압의 세기 등을 조절할 수 있으며, 이에 따른 자기장의 모습을 주변에 놓인 작은 나침반 바늘 및 자기장 측정기를 통해 확인할 수 있도록 구성된 실험.

2.2.2 연구 자료 선정

<Table 2>에 제시한 14개 시뮬레이션에 대하여 초등 교사 8인에게 시뮬레이션의 교수-학습 측면에서의 활용성을 중심으로 평가를 요청하였다. 평가는 평가기준의 항목을 체크리스트 형식으로 ‘매우 그렇다’, ‘그렇다’, ‘보통이다’, ‘그렇지 않다’, ‘매우 그렇지 않다.’의 리커트 척도로 평가하도록 하였고, ‘총평’란을 만들어 시뮬레이션에 대한 종합적 서술 평가를 할 수 있도록 하였다. 연구자간 신뢰도 확보를 위해, 2개의 샘플 시뮬레이션을 먼저 평가하도록 한 후, 평가 결과를 비교해 보고, 평가 기준의 의미와 평가 방향에 대한 논의를 거쳐, 14개의 시뮬레이션을 평가하도록 하였다. 이들의 평가 결과는 <Table 3>과 같다.

초등 교사들의 평가 결과에서 평가 기준의 영역별 평균점수와 표준 편차를 구하였다. 이 자료를 바탕으로 14종 시뮬레이션을 상, 중, 하 세 집단으로 분류하였다. 즉, 평균 점수에서 제1 표준편차 이상 되는 그룹을 ‘상’,

평균 점수에서 +제1 표준편차부터 -제1 표준편차 사이에 해당하는 그룹을 ‘중’, -제1 표준편차 이하의 그룹을 ‘하’로 분류하였다. 세 그룹 중 ‘상’과 ‘하’수준에 해당하는 시뮬레이션들을 이 연구의 최종 연구 자료로 선정하였다. 이 연구의 목적이 유용한 시뮬레이션을 개발하고 학교 수업에 적용하기 위한 시사점을 찾는 것이므로 ‘상’ 그룹의 시뮬레이션에서 우수한 점들을 찾아내고, ‘하’ 그룹의 시뮬레이션에서 보완할 점들을 찾아내는 것이 필요하다고 판단되어 두 그룹에 해당하는 시뮬레이션을 연구 대상으로 선정하였다. 최종 선정된 시뮬레이션들의 목록을 제시하면 <Table 4>와 같다.

2.3. 자료 분석

영역별 상, 하 그룹으로 최종 선정된 시뮬레이션에 대하여 <Table 1>에 제시한 평가 기준의 영역별로 각 시뮬레이션의 특징들을 비교, 분석하였다. 연구의 특성 상 시뮬레이션의 특징을 분석적으로 기술하고, 그 특징

<Table 3> Result of evaluating simulations

평가영역		S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14
교수학습내용	내용의 신뢰성	4.44	4.69	2.88	4.06	2.56	4.25	4.06	4.13	4.13	4.06	4.19	4.06	3.94	4.57
	모델의 적합성	4.22	4.81	3.75	3.97	3.44	4.00	4.38	4.56	4.38	4.19	4.38	3.88	3.38	4.86
교수학습전략	흥미	3.44	4.38	3.56	4.38	3.13	3.19	3.63	4.19	3.94	3.94	4.25	2.81	3.44	4.25
	상호작용 가능성	3.00	4.63	2.91	3.04	2.97	3.38	3.00	3.97	3.63	4.09	4.06	2.75	3.84	4.69
	피드백	3.19	4.52	3.38	3.70	3.13	3.69	3.06	4.02	3.83	3.88	4.13	2.88	3.69	4.19
화면구성	디자인의 적절성	3.50	4.83	3.69	2.63	3.31	3.81	3.38	4.19	4.06	3.44	3.88	3.44	3.94	4.89
	조작의 편리성	4.08	4.89	3.94	3.50	3.94	4.00	3.63	4.38	4.25	3.31	4.25	4.31	4.25	4.38
기술	안정성	4.71	4.71	4.00	3.76	4.41	4.83	4.37	4.83	4.88	3.77	4.50	4.37	4.54	4.73
	접근성	4.73	3.95	4.66	4.73	4.37	4.83	4.41	3.83	3.89	4.73	4.50	4.85	4.54	3.93
총점		30.58	37.46	28.11	29.04	26.89	31.15	29.51	34.27	33.1	30.68	33.64	28.5	31.02	36.56

(■ : 상 그룹, □ 하 그룹)

<Table 4> Excellent and normal groups of simulations in each criterion

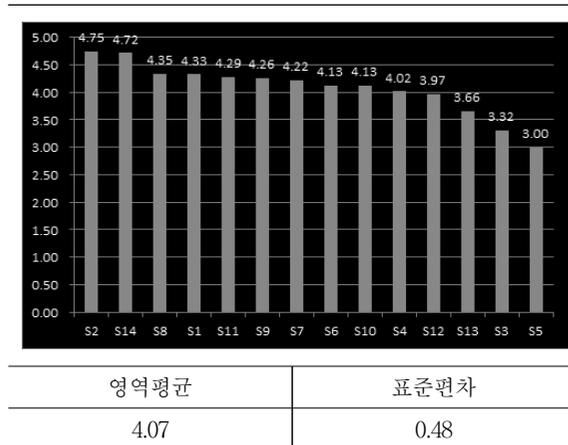
구분	교수-학습 내용	교수-학습 전략	화면구성	기술
상 (평균+제1표준편차)	S2, S14	S2, S8, S14	S2, S14	S1, S6
하 (평균-제1표준편차)	S3, S5	S5, S12	S4, S10	S4, S10

에서 시뮬레이션의 우수한 점과 보완할 점 및 개발의 시사점을 도출하는 형태로 진행하였다. 시뮬레이션의 특징 기술은 이 연구에 참여한 연구자 3인이 각 시뮬레이션의 특징을 함께 분석하고 분석 결과를 공유하며 분석자간 차이점이 발견되면 반복적인 분석을 통해 서로 합의를 도출하였다.

3. 연구 결과

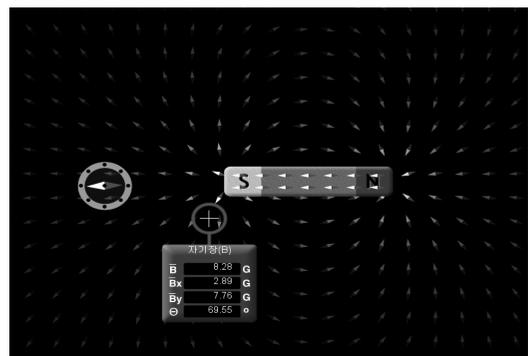
3.1 교수-학습 내용 영역

교수-학습 내용 영역은 크게 내용의 신뢰성과 모델의 적합성 부분으로 나누어 평가하였는데, 평가결과를 종합하면 (Fig. 1)과 같다. ‘S2(막대자석 주위의 자기장)’는 평균 4.75, ‘S14(전자석)’는 평균 4.72로 우수한 시뮬레이션으로 평가 받았으며, ‘S3(자화)’는 평균 3.32, ‘S5(자석 주위의 자기장)’은 평균 3.00으로 ‘하’ 그룹으로 분류되었다. 본 연구의 대상인 시뮬레이션은 자석 또는 전자석 주변의 자기장을 표현하는 주제로 구성되어 있어서 일부를 제외하고는 내용의 신뢰성 부분에서는 시뮬레이션 간에 큰 차이를 보이지는 않았다. 시뮬레이션의 특성상 용어 노출이 많지 않았으며, 버튼이나 아이콘에 용어가 주로 사용되고 있었다. 자기장, 자화 등의 과학적 용어를 올바르게 사용하고 있었으며, 자석이나 전자석 주위 자기장의 모습을 원리에 맞게 표현하고 있었다.



(Fig. 1) Result of evaluating simulations by content

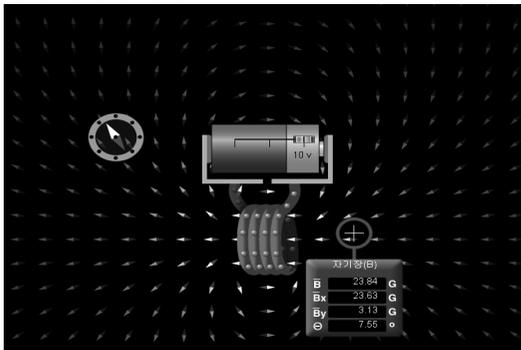
모형의 적합성 부분에서는 시뮬레이션이 실제 현상을 적절하게 표현하고 있는지, 실제 현상의 핵심적인 특징을 모형으로 표현하여 학생들의 이해를 도울 수 있도록 구성되어 있는지 관하여 평가하였는데 시뮬레이션마다 차이가 있었다. ‘S2(막대자석 주위의 자기장)’의 경우 자석 주변에 놓인 작은 나침반 바늘을 통해서 눈에 보이지 않는 자기장의 모습을 표현한 점, 또 단순히 나침반 바늘의 방향뿐만 아니라 진하기를 통해서 자기장의 세기가 자석에서 멀어질수록 약해진다는 것을 표현한 점 등이 모형의 적합성 부분에서 우수한 평가를 받았다. 또, 그래픽뿐만 아니라 자기장의 세기를 수치화하여 관찰할 수 있도록 구현한 것도 학생들이 다양한 방법으로 개념을 이해하는 데 도움을 줄 수 있다고 평가하였다 (Fig. 2). 다른 시뮬레이션과는 다르게 ‘자석 내부 보기’ 버튼이 있어서 자석 내부에서 자기장의 모습까지 관찰할 수 있도록 한 점도 학생들의 심화된 이해를 돕고, 실제 실험도구로는 관찰할 수 없는 것을 시뮬레이션만의 특징으로 표현하였다는 점에서 장점으로 평가 받았다. 그러나 시뮬레이션에서 자기력선을 볼 수 없다는 점은 보완할 점으로 지적되었다. 나침반 바늘을 이용한 시뮬레이션만으로는 이을수[20]의 연구에서 나타난 학생들의 자기장 오개념 모형 중 자기장이 자석 주위에 넓게 분포한다는 균질 분포모형에 대한 오개념을 해결하기에는 다소 미흡하다는 지적이었다.



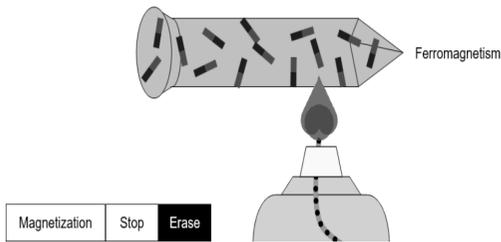
(Fig. 2) The scene of S2 (magnetic field around a bar magnet simulation)

‘S14(전자석)’는 전자석 주변의 자기장을 확인하는 시뮬레이션이다. ‘S2(막대자석 주위의 자기장)’와 포맷은 거의 유사하다. 나침반 바늘의 진하기로 자기장의 세기

를 표현한 점, 자기장의 세기를 수치화하여 나타낸 점은 모델의 적합성 부분에서 우수한 평가를 받았다. 또, 같은 코일에서 전자의 흐름을 애니메이션으로 표현한 점 등도 눈에 보이지 않는 현상을 모형화하여 학생들이 쉽게 이해하도록 하는데 도움이 되는 것으로 평가하였다 (Fig. 3).



(Fig. 3) The scene of S14 (electromagnet simulation)



(Fig. 4) The scene of S3 (magnetization simulation)



(Fig. 5) The scene of S5 (magnetic field around a horseshoe magnet simulation)

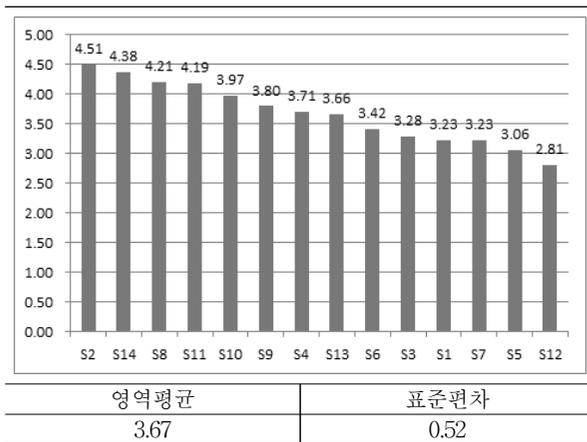
교수-학습 내용 영역에서 ‘하’로 평가된 시뮬레이션은 ‘S3(자화)’, ‘S5(자석 주위의 자기장)’이다. ‘S3(자화)’는 무엇이 어떻게 자화되는지 알아보기 위한 시뮬레이션이다. 막대자석으로 못을 문지를 때, 못 내부의 분자자석의 배열을 시각적으로 표현하여 학생들의 개념 이해를 도왔다는 긍정적인 평가도 있었다. 그러나 탈자 과정을 표현하는데 있어서 오류가 발견되었다. ‘Erase’ 버튼을 클릭할 경우 알코올램프가 나타나며, 가열하자마자 내부 분자자석의 배열이 흐트러지도록 되어 있다. 이는 학생들에게 자화된 못을 조금만 데워도 탈자 된다는 오개념을 심어줄 수 있다는 측면에서 내용의 신뢰성이 낮게 평가되었다. 이 시뮬레이션의 경우 알코올램프로 가열할 경우 온도가 표시되며, 일정 온도 이상일 때 탈자 되는 것을 보여주도록 개선하는 것이 필요하다고 지적하였다. 또, 자석으로 못을 문지를 횟수에 따른 자화 정도의 차이를 정확히 구현하지 못하였다는 지적도 있었다. ‘S5(자석 주위의 자기장)’의 경우 말굽자석을 움직이면 나침반이 따라 움직이는 것을 확인하는 실험인데, 말굽자석의 극에 관계없이 나침반 바늘이 이끌려간다는 점이 오류로 지적되어 낮은 평가를 받았다. 교수-학습 내용 영역에서 ‘상’ 평가를 받은 시뮬레이션과 ‘하’ 평가를 받은 시뮬레이션의 특징을 정리하면 <Table 5>와 같다.

<Table 5> The features in excellent group and normal group simulations in terms of content

구분	특징
‘상’ 시뮬레이션	<ul style="list-style-type: none"> • 제시된 원리, 용어 등에 과학적 오류가 없음. • 시뮬레이션이 자기장, 전류의 흐름, 자석 내부의 자기장 모습 등 실제로 관찰하기 어려운 현상을 이해하기 쉽도록 모형화하여 제시함. • 자기장의 방향, 세기를 작은 나침반 바늘의 배열, 진하기로 시뮬레이션 상에서 구현하여 학생들의 이해를 도움. • 모형을 그래픽, 숫자 등 다양한 모델로 표현하여 학생들의 학습양식에 맞춘 학습이 가능하도록 함.
‘하’ 시뮬레이션	<ul style="list-style-type: none"> • 탈자과정에서 온도가 제시되지 않아 시뮬레이션을 통한 과학적 오개념 형성의 소지가 있음. • 말굽자석의 극을 고려하지 못하는 등 시뮬레이션에 과학적 오류가 발견됨.

3.2 교수-학습 전략 영역

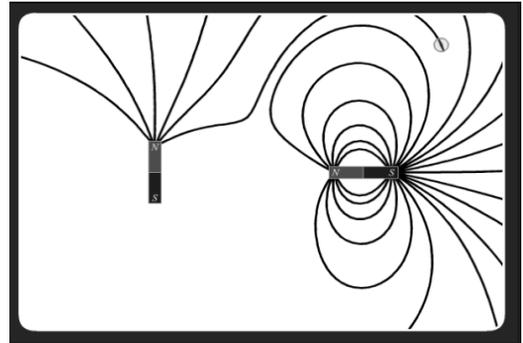
교수-학습 전략 영역에서는 학생들이 얼마나 시뮬레이션에 흥미를 가지고 몰입할 수 있으며, 활발한 상호작용을 통해 탐구를 수행할 수 있는가에 관하여 평가하였다. 교수-학습 전략 영역의 평가 결과를 종합한 것은 (Fig. 6)과 같다. ‘S2(막대자석 주위의 자기장)’는 평균 4.51, ‘S14(전자석)’는 평균 4.38, ‘S8(막대자석 주위의 자기장)’은 평균 4.21로 우수한 시뮬레이션으로 평가 받았다. 반면, ‘S5(자석 주위의 자기장)’는 평균 3.06, ‘S12(전자석)’는 평균 2.81로 미흡한 시뮬레이션으로 평가 받았다.



(Fig. 6) Result of evaluating simulations by teaching strategy

시뮬레이션의 흥미에는 외현적인 것과 내현적인 것이 있다. 시각적으로 게임이나, 만화, 컬러풀한 요소 등으로 재미있어 보여야 하며, 자발적으로 시뮬레이션에 몰두할 수 있도록 하는 게임과 같은 요소들이 필요하다[2]. ‘S8(자기력선 그리기)’은 첫 화면이 자기력선이 그려지는 애니메이션으로 시작하여 학습자들로 하여금 시각적 흥미를 유발하도록 구성되어 있다는 측면에서 우수한 평가를 받았다(Fig. 7).

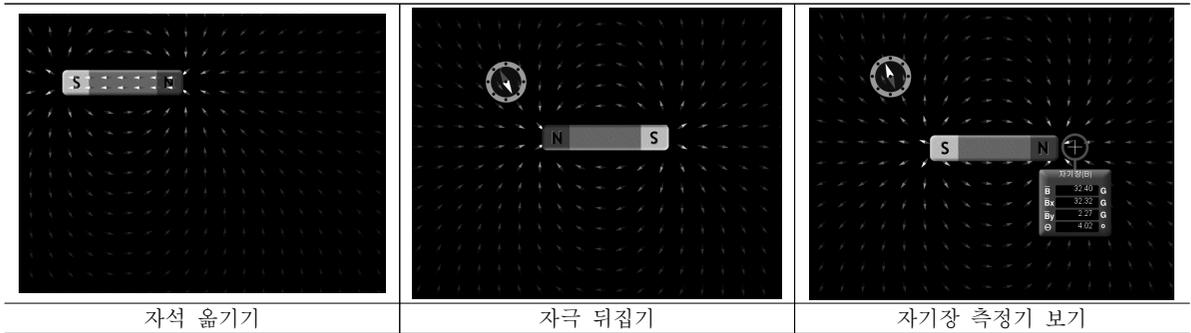
‘S2(막대자석 주위의 자기장)’와 ‘S14(전자석)’는 전체적으로 교수-학습 전략 영역의 평가 점수가 높았지만, 흥미 요소에 있어서는 다소 개선이 필요하다는 의견이다. 특히, 첫 화면에 이미 막대자석과 주위 자기장의 모습이 세팅되어 있어 감각적 주의집중이나 흥미가 떨어진다는 지적이 있었다. 시뮬레이션을 개선한다면, 자석을 플레이 영역 밖에 두고 자석을 가지고 들어올 때 자



(Fig. 7) The intro animation of S8

기장의 모습이 변하는 것을 보여주면 좋겠다는 평가 의견이 있었다. 또, 미션과 같은 게임적 요소를 첨가한다면 학생들이 시뮬레이션에 흥미를 가지고 몰입할 수 있을 것이라는 의견도 제시하였다.

본 평가 영역의 중요한 요소 중 하나는 상호작용 가능성이다. 이는 학습자가 얼마나 시뮬레이션에 몰두하면서 지적인 탐색이 가능하도록 하는가에 관한 것이다. 학생들은 시뮬레이션을 통해 스스로 질문을 찾고, 이를 해결하기 위해 시뮬레이션과 상호작용하여 결과를 관찰하며, 답을 찾기 위해 시뮬레이션과 능동적으로 상호작용할 수 있도록 해야 한다[2]. 상호작용 가능성에서 높은 평가를 받은 ‘S2(막대자석 주위의 자기장)’와 ‘S14(전자석)’를 살펴보면 같은 주제의 다른 시뮬레이션에 비해 조작 가능한 변인이 다양한 것을 확인할 수 있다. 자석의 위치만 옮길 수 있도록 되어 있는 다른 시뮬레이션에 비해 ‘S2(막대자석 주위의 자기장)’는 자석의 위치를 옮기거나, 자석을 뒤집어 주변 자기장의 변화를 확인할 수 있도록 하였으며, 자기장 측정기 보기 버튼이 있어 측정기를 자석 주변에 옮겨가며 자기장의 세기를 수치화하여 측정해볼 수 있도록 하였다. 또, 막대자석의 세기를 변화시킬 수 있어 자석의 세기에 따른 주변 자기장의 변화도 관찰할 수 있도록 구성되어 있다(Fig. 8). 그러나 자석을 360도 회전시키지 못하는 점, 자석의 개수가 하나여서 여러 개의 자석이 만드는 자기장의 모습을 관찰하기 힘든 점은 개선할 점으로 지적하였다. 또한, 자기장의 모습을 자기력선으로 표현하는 옵션이 있었다면 학생들이 자기장의 세기와 방향에 대해 좀 더 다양한 방식으로 학습할 수 있었을 것 같다는 의견도 있었다. 변인이 다양하다는 것은 시뮬레이션으로 한 가



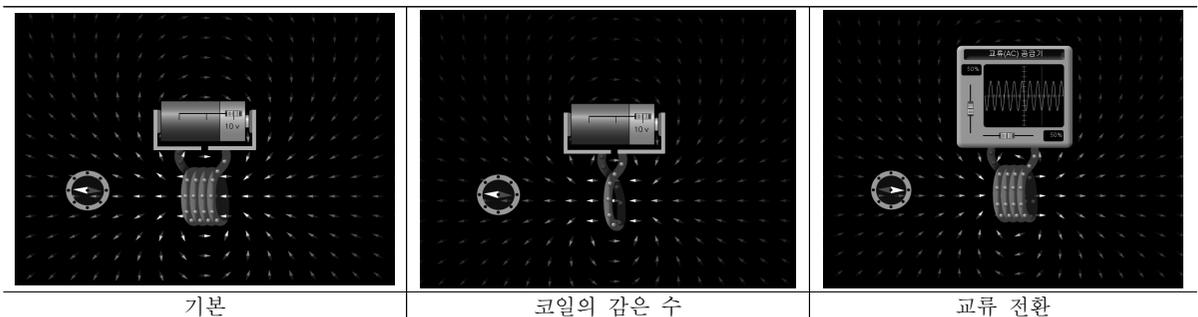
(Fig. 8) Variables Control in S2 (magnetic field around a bar magnet simulation)

지의 시도만 하는 것이 아니라 다양한 의문점을 생성하고, 그에 대한 상호작용 가능성을 더 높일 수 있다는 점에서 중요하다 하겠다.

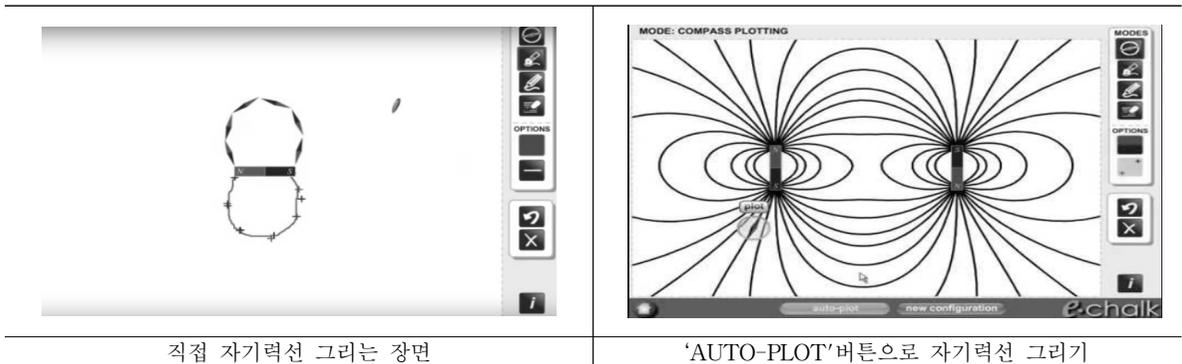
‘S14(전자석)’는 전자석 주위의 자기장을 관찰하는 시뮬레이션으로 다른 시뮬레이션에 비해 학습자가 조절할 수 있는 변인이 다양하여 상호작용 가능성에 높은 평가를 받았다. 전지의 세기, 전류의 방향, 직류/교류, 코일의 감은수를 변인으로 선택할 수 있도록 되어 있다. 시뮬레이션 결과도 작은 나침반을 통한 자기장의 모습, 큰 나침반의 자침이 가리키는 방향, 자기장 측정기로 정량화된 자기장 세기 관찰 등 다양한 방법으로 데이터를 수집하고, 해석할 수 있도록 구현하였다(Fig. 9). 다만 변인이 다양한 시뮬레이션의 경우 학습자가 변인통제와 관련된 탐구 기능이 충분히 학습된 상황이 아니라면, 탐구 문제를 설정하고, 가설을 세우고, 변인을 통제하여 실험 결과를 도출해 낼 때, 세심한 안내가 필요하다는 의견이 있었다. 예를들어, ‘전압을 높이면 무엇이 달라질까?’ 라는 의문점을 해결할 때는 통제할 변인을 제외한 코일의 감은 수 등을 조절하지 않도록 안내하는 것이

필요하다는 것이다.

‘S8(자기력선 그리기)’은 막대자석 주위의 자기력선을 그려보는 시뮬레이션이다. 나침반을 이용하여 막대자석 주위에 직접 자기력선을 그려보도록 구성되어 있다. 단순히 자기장의 모습을 확인하는데서 그치지 않고, 학생들이 직접 나침반의 방향을 따라 자기력선을 그려보도록 하는 시뮬레이션으로, 활동에 대한 몰입과 흥미도가 높게 평가 되었다. 또, 막대자석의 개수와 막대자석이 놓인 모습을 다양하게 선택할 수 있도록 하여 여러 가지 자석에 의한 자기장을 그려볼 수 있도록 한 점도 우수한 점으로 평가하였다(Fig. 10). 시뮬레이션의 상호작용 가능성은 학생들이 얼마나 능동적으로 시뮬레이션과 상호작용하면서 의미를 구성해 갈 수 있는냐에 관한 것인데, ‘S8’은 수동적으로 주어진 자기장의 모습만 확인하는 것이 아니라 직접 자기력선을 그려보는 활동을 통해서 자기장의 방향, 모습, 세기를 이해할 수 있도록 구성하였다는 점에서 높게 평가 되었다. 또, 그리는 과정을 생략하고 쉽게 결과만 확인하고 싶은 경우 ‘AUTO-PLOT’버튼이 있어서 자동으로 자기장을 그려



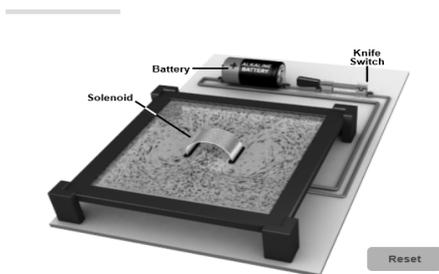
(Fig. 9) Variables Control in S14 (electromagnet simulation)



(Fig. 10) The scene of S8(drawing magnetic field simulation)

자기장의 모습을 확인할 수 있다. 그러나 지구 자기장에 의한 효과 등 실제적 요소를 고려하지 못한 점, 학생들이 원하는 방향으로 막대자석을 놓지 못하는 점은 한계점으로 지적하였다.

‘하’ 그룹으로 분류된 시뮬레이션은 ‘S5(자석 주위의 자기장)’와 ‘S12(전자석)’이다. 두 시뮬레이션 모두 변인이 너무 단순하고, 학습자가 통제할 수 있는 부분이 매우 적다는 공통점을 가지고 있었다. ‘S5(자석 주위의 자기장)’의 경우 지도 위에서 자석을 움직여 나침반 바늘의 변화를 확인하는 실험인데, 큰 나침반 하나만 제시되어 있어 자석 주변의 자기장의 변화를 관찰하기에는 부족하다고 평가하였다(Fig. 5).



(Fig. 11) The scene of S12 (electromagnet simulation)

‘S12(전자석)’는 전자석 주변의 자기장을 확인하는 시뮬레이션으로 학습자가 선택할 수 있는 것은 단지 회로의 ON/OFF 뿐이어서 전류의 흐름에 따른 자기장의 방향, 코일의 감은 수에 따른 자기장의 세기 등 전자석에 관한 특징을 학습하기에는 미흡하다고 평가하였다(Fig. 11).

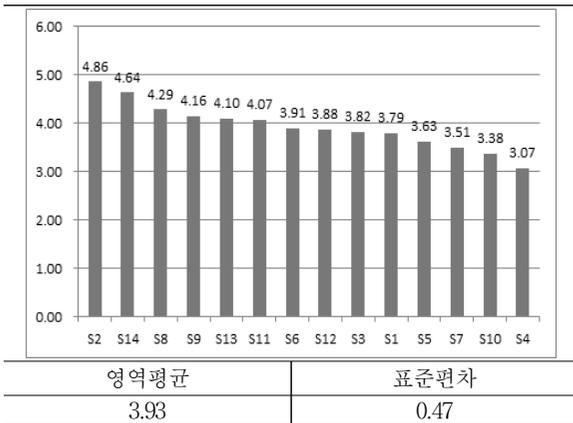
교수-학습 전략에서 ‘상’ 평가를 받은 시뮬레이션과 ‘하’ 평가를 받은 시뮬레이션의 특징을 정리하면 <Table 6>과 같다.

<Table 6> The features in excellent group and normal group simulations in terms of teaching strategy

구분	특징
‘상’ 시뮬레이션	<ul style="list-style-type: none"> 애니메이션 요소 등 감각적으로 학생의 주의를 집중시킴 자석의 극, 자석의 세기, 코일의 감은 수 등 학습자가 조절할 수 있는 변인이 다양함. 자기력선 그리기 등 학습자가 몰입하여 수행할 수 있는 과제를 제시함. 실험 결과를 나침반의 방향, 수치화된 자기장의 세기 등 다양한 표현양식으로 제시하여 학습자의 능동적 의미구성을 도움.
‘하’ 시뮬레이션	<ul style="list-style-type: none"> 시뮬레이션이 단조로움. 학습자가 조절할 수 있는 변인이 부족함. 시뮬레이션 활동만으로는 목표로 하는 개념을 형성하기에는 부족함.

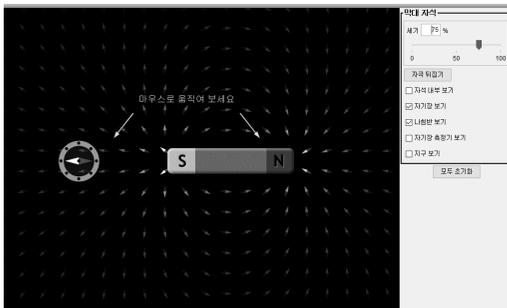
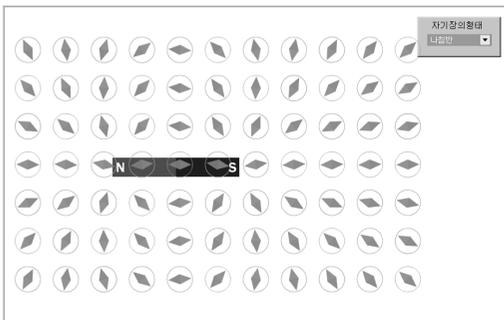
3.3 화면 구성 영역

화면 구성영역은 학생들이 시뮬레이션에서 무엇을 해야 하는지 쉽게 파악할 수 있도록 화면과 버튼이 직관적으로 디자인되어 있는지, 시뮬레이션의 조작이 편리한지 등에 관한 것이다. ‘S2(막대자석 주위의 자기장)’는 평균 4.86, ‘S14(전자석)’는 평균 4.63으로 우수한 시뮬레이션으로 평가되었으며, ‘S4(자석에 붙는 물체)’는 평균 3.06, ‘S10(막대자석 주위의 자기장)’은 평균 3.37로 ‘하’ 시뮬레이션으로 평가 되었다.



(Fig. 12) Result of evaluating simulations by design format

화면 구성에서 우수한 평가를 받은 시뮬레이션은 ‘S2(막대자석 주위의 자기장)’와 ‘S14(전자석)’이다. 다른 시뮬레이션들과 차이점을 중심으로 살펴보면 우선 단순한 검은 배경을 사용하여 나침반, 막대자석에 집중할 수 있도록 구성되어 있다. 또 작은 나침반의 크기와 배열도 자기장의 모습을 알아보기 적절하다는 평가이다. 같은 주제를 다루고 있는 ‘S1(막대자석 주위의 자기장)’시뮬레이션과 비교해 보면 ‘S1(막대자석 주위의 자기장)’의 경우 작



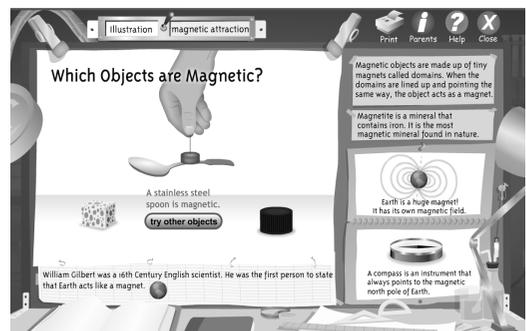
(Fig. 13) Representation of magnetic field around a bar magnet(upper: S1, below: S2)

은 나침반 주위에 원이 그려져 있고, 작은 나침반의 크기가 막대자석에 비해 크기 때문에 자기장의 모습을 알아보는 데 방해요인이 된다고 평가하였다(Fig. 13).

즉, 실물을 얼마나 정확하게 구현하는가보다는 노이즈가 되는 주변 환경을 배제하고, 현상을 쉽게 이해할 수 있도록 표현하는 것을 더 중요하게 판단하였다.

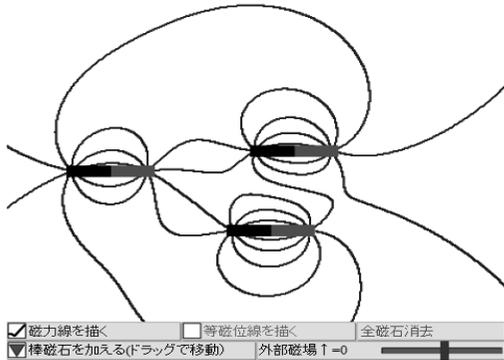
또, ‘S2(막대자석 주위의 자기장)’와 ‘S14(전자석)’ 시뮬레이션의 경우 플레이 영역과 컨트롤 패널 영역이 분리되어 있어서 학생들이 실험에서 무엇을 조절하고 보아야 하는지를 쉽게 파악할 수 있도록 되어 있다는 점도 우수한 점으로 평가되었다. 컨트롤 패널 영역도 ‘S1’과 ‘S2’ 시뮬레이션을 비교하였을 때, 화살표를 클릭해야 선택할 수 있는 항목이 보여지는 ‘S1’보다는 체크박스 버튼으로 구성되어 있어서 선택할 수 있는 변인들이 무엇이 있는지 한눈에 확인할 수 있는 ‘S2’의 디자인이 더 적절하다는 의견이었다. 또, ‘S2’ 첫 화면에는 막대자석 위에 ‘마우스로 움직여 보세요’ 라는 지시어가 떠 있어서, 시뮬레이션을 처음 접한 학생들이 무엇을 먼저 해야 할지 쉽게 파악할 수 있도록 한 점도 우수하다는 평가의견이었다.

‘하’ 시뮬레이션으로 평가 받은 ‘S4(자석에 붙는 물체)’의 경우 게임 형태의 2D 애니메이션으로 학습자들의 흥미를 쉽게 끌 수 있도록 디자인 되어 있으나, 지시하는 문장이 길게 나타나 자칫 학생들이 지루해하거나 거부감을 느낄 수 있으며, 아이콘, 버튼을 어떻게 사용하는지 쉽게 파악이 어려워 디자인의 적절성 영역에 낮은 점수를 받았다(Fig. 14). ‘S10(막대자석 주위의 자기장)’의 경우 간단한 체크박스로 선택 버튼이 구성되어 있으나, 막대자석을 여러 개 만들고, 이동하는 조작이 쉽지 않다는 의견으로 조작의 편리성 부분에서 낮은 평



(Fig. 14) The scene of S4 (Which object are magnetic?)

가를 받았다. 특히 되돌리기 버튼이 없어서 잘못 선택한 경우 처음부터 다시 세팅해야 하는 불편함이 있다고 평가하였다(Fig. 15). 화면 구성 영역에서 ‘상’ 평가를 받은 시물레이션과 ‘하’ 평가를 받은 시물레이션의 특징을 정리하면 <Table 7>과 같다.



(Fig. 15) The scene of S10 (magnetic field around a bar magnet simulation)

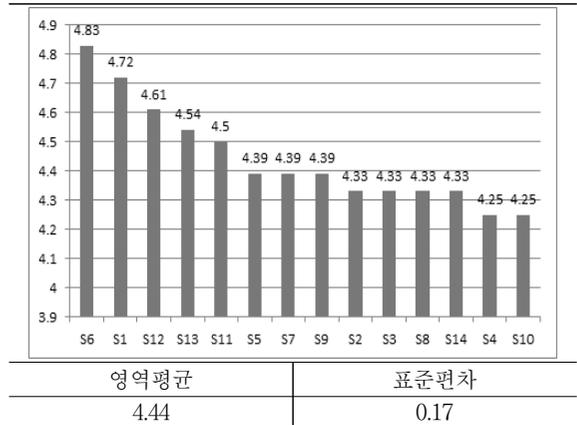
<Table 7> The features in excellent group and normal group simulations in terms of design format

구분	특징
‘상’ 시물레이션	<ul style="list-style-type: none"> • 화면이 깔끔하게 구성되어, 배경이 방해 요소가 되지 않음. • 텍스트는 최소화하여 사용하였음. • 컨트롤 패널이 실행 영역과 분리되어 학생들이 시물레이션에서 무엇을 해야 하는지를 쉽게 파악할 수 있음. • 시물레이션에서 선택할 수 있는 변인을 한 눈에 파악할 수 있음. • 아이콘, 버튼이 직관적으로 디자인되어 있어 사용 방법을 쉽게 파악할 수 있음. • 클릭과 드래그 등 학생들이 쉽게 조작할 수 있음. • 실험을 다시 세팅하거나 이전 단계로 돌아가는 것이 용이함.
‘하’ 시물레이션	<ul style="list-style-type: none"> • 배경이 산만함. • 텍스트가 많음. • 아이콘과 버튼의 사용법을 쉽게 파악하기 어려움. • 마우스로 조작하는 것이 불편함.

3.4 기술 영역

기술 영역은 오류가 없이 시물레이션이 잘 실행되는지, 버튼을 클릭하였을 때 반응 속도가 적절한지, 필요에 따라 전단계로의 이동이 가능한지, 접근성이 좋은지

등을 기준으로 평가하였다. ‘S6(막대자석 주위의 자기장)’은 평균 4.83, ‘S1(막대자석 주위의 자기장)’은 평균 4.72로 높게 평가 되었으며, ‘S4(자석에 붙는 물체)’는 평균 4.25, ‘S10(막대자석 주위의 자기장)’은 평균 4.25로 미흡하다고 평가되었다.



(Fig. 16) Result of evaluating simulations by technology

‘S6(막대자석 주위의 자기장)’과 ‘S1(막대자석 주위의 자기장)’은 로딩 속도나 키보드 마우스의 반응 속도가 적절하며, 웹상에서 바로 구현된다는 점에서 접근성 측면에서 우수하게 평가 받았다. 내용과 전략, 화면 구성 측면에서 모두 우수한 평가를 받았던 ‘S2(막대자석 주위의 자기장)’와 ‘S14(전자석)’은 ‘중’으로 분류되었는데, 이 두 시물레이션의 경우 자바를 기반으로 하기 때문에 설치 문제 등으로 쉽게 프로그램이 열리지 않는 경우가 있어서 접근성 측면에서 낮은 점수를 받았다. ‘S8(자기력선 그리기)’과 ‘S9(막대자석 주위의 자기장)’는 유료 프로그램이기 때문에 접근성 측면에서 비교적 낮게 평가 되었다.

‘하’ 영역으로 분류된 시물레이션인 ‘S4(자석에 붙는 물체)’의 경우는 로딩 속도, 마우스 반응 속도 등이 느리다는 평가를 받았으며, ‘S10(막대자석 주위의 자기장)’은 막대자석의 위치를 변경하면 자기장이 따라 움직이는 것이 아니라 다시 그려지기 때문에 다른 시물레이션에 비해 기술 영역에서 낮은 점수를 받았다. 기술 영역에서 ‘상’ 평가를 받은 시물레이션과 ‘하’ 평가를 받은 시물레이션의 특징을 정리하면 <Table 8>과 같다.

<Table 8> The features in excellent group and normal group simulations in terms of technology

구분	특징
‘상’ 시뮬레이션	<ul style="list-style-type: none"> • 로딩 및 키보드, 마우스의 반응 속도가 적절함. • 이전 단계로 이동이 용이함. • 프로그램 중 오류가 발생하지 않음. • 별도의 프로그램 설치 없이 웹상에서 실행됨.
‘하’ 시뮬레이션	<ul style="list-style-type: none"> • 키보드, 마우스의 반응속도가 느림. • 이전 단계로 이동이 어려움.

4. 결론

본 연구의 목적은 자석 및 자기장과 관련된 웹기반 과학학습 시뮬레이션들의 현황을 알아보고, 그것들의 적절성을 시뮬레이션의 교수학습 내용과 전략 및 디자인 측면에서 평가하여 이후 더 유용한 시뮬레이션 개발 및 적용을 위한 시사점을 제시하는데 있다. 연구의 결론은 다음과 같다.

자석과 자기장의 학습에 유용한 시뮬레이션들은 다음과 같은 특징을 가지고 있었다. ‘교수학습 내용’면에서 제시된 원리나 용어에 과학적 오류가 없으며, 특히 버튼이나 화면에 학습하고자 하는 과학용어를 노출하여 학생들이 과학 용어에 익숙해 지도록 하였다. 또한, 자기장, 전류의 흐름, 그리고 자화 과정 등 비가시적 현상을 시각화하여 제시하여 줌으로써 추상적 개념 이해를 도울 수 있었다. 내용 제시 방식을 단일화 하는 것이 아니라, 실험결과를 그래픽, 모형, 숫자 등 다양한 표현양식으로 나타내어 학생들이 자신의 학습 양식에 맞는 다양한 데이터를 수집하고, 해석할 수 있는 기회를 제공하였다. ‘교수학습 전략’면에서 좋은 시뮬레이션들은 학생들이 흥미를 가지고 시뮬레이션과 상호작용할 수 있도록 애니메이션, 그래픽 등으로 감각적으로 학생들의 주의를 집중시키고자 하였다. 흥미 유발과 지속도 중요하지만, 상호작용 측면에서 가장 중요한 것은 학생들이 조절할 수 있는 변인의 종류였다. 다양한 변인이 포함되어야 학생들이 다양한 탐구 문제를 설정할 수 있으며, 시뮬레이션과 오랫동안 상호작용하면서 능동적 의미구성이 가능해 지는 것이다. 또한 좋은 시뮬레이션들은 학생들이 몰입할 수 있는 학습과제를 제시하였다. 학습자가

단순히 시뮬레이트된 현상만을 관찰하는 것이 아니라, 자기력선 그리기, 자기장의 세기 조절하기 등 다양한 학습 과제를 제시하여 시뮬레이션을 통해 문제를 찾고 관찰하고 해결하는 활동에 몰입할 수 있도록 하였다.

학생들의 능동적 활동을 위해서 ‘화면 구성’이 적절해야 한다. 좋은 시뮬레이션들은 화면이 깔끔하게 구성되어 학습자가 목표로 하는 현상에 집중할 수 있게 하였다. 그래픽 표현 측면에서도 실제 현상과 모양을 그대로 재현하는 것보다 화면에 불필요한 노이즈를 가능한 적게 하고, 그래픽을 단순화하여 제시하는 것이 학습하고자 하는 현상의 이해에 더 효과적이라고 평가하였다. 화면을 구성할 때도 컨트롤 패널과 실행 영역이 분리되어 있고, 실행 영역에서는 시선을 분산시킬 수 있는 글자의 사용이 제한적이었다. 또한 버튼과 아이콘이 무엇을 해야 하는지 직관적으로 파악할 수 있게 구성되었다. 컨트롤 영역에는 체크박스 형태로 변인을 제시하는 것이 시뮬레이션에서 제공하고 있는 변인을 한눈에 파악하기에 효과적이었다.

끝으로 좋은 시뮬레이션들은 ‘기술’적인 측면에서 조작성이 쉽고 간편했으며, 학습자가 마우스나 키보드로 조작할 때 반응속도가 빠르게 작용하였다. 또한 접근성 측면에서 웹 기반 시뮬레이션으로서 별도의 설치 프로그램 사용할 수 있게 구성되었다.

연구 결과를 바탕으로 유용한 시뮬레이션을 개발하는데 필요한 몇 가지 제언을 제시하면 다음과 같다. ‘교수학습의 내용’ 측면에서 유용한 시뮬레이션은 실제 실험에서 관찰할 수 없는 내용들을 모형으로 적절히 제시하되, 시뮬레이션의 구성에서 과학적 오개념의 소지가 발생하지 않도록 유의해야 한다. 또한 실험 결과를 그래픽, 숫자, 애니메이션 등 여러 가지 표현 방식으로 제시하여 학생들이 다양한 형태의 데이터로부터 추론을 통해 과학적 개념을 구성해갈 수 있도록 해야 한다. ‘교수학습 전략’ 측면에서 시뮬레이션이 너무 단조롭게 구성되는 것은 피해야 하며, 학습자가 조절할 수 있는 변인의 개수를 적절하게 확보하는 것이 필요하다. 그리고 시뮬레이션에 몰입하여 지적 탐색이 가능하도록 도전적 과제를 제시할 수 있어야 한다. ‘화면 구성’ 측면에서 실제와 비슷한 환경을 보여주려고 하여 배경이 산만하면 목표로 하는 활동에 집중하기 어렵기 때문에 지양해야 하며, 화면에 텍스트가 너무 많이 포함되는 것이 피해야

한다. 또한 아이콘과 버튼의 사용법을 학습자가 쉽게 파악할 수 있게 화면을 구성해야 한다. 시뮬레이션을 처음 접하는 학생들을 위해 게임에서 ‘튜토리얼’과 같은 기능을 추가하는 것도 고려해볼만 하다. ‘기술’적인 측면에서는 웹 기반 시뮬레이션으로서 접근성이 좋아야 한다. 즉, 별도의 설치 프로그램이나 회원 가입 과정 등이 없는 것이 필요하며, 사용자의 정보 입력 후 시뮬레이터의 반응 속도가 빨라야 하고, 이전 단계로 이동이 수월해야 한다.

참고문헌

- [1] Adams, W.K., Perkins, K.K. & Wieman, C.E. (2006). PhET look and feel. Retrieved November 23, 2006, from University of Colorado, Physics Education Technology Web site [http://phet.colorado.edu/web-pages/publications/PhET Look and Feel.pdf](http://phet.colorado.edu/web-pages/publications/PhET%20Look%20and%20Feel.pdf).
- [2] Adams, Reid, LeMaster, McKagan, Perkins, Dubson, & Wieman (2008). A Study of Educational Simulations Part 1 - Engagement and Learning. *Jl. of Interactive Learning Research*, 19-3, 397-419.
- [3] Ahn Seong Hun (2002). Research of Evaluation Method According to Learning Type for Educational Web Contents, *The Korea Contents Association*, 2(3), 22-30.
- [4] Akpan, J. P. (2001). Issues associated with inserting computer simulations into biology instruction: a review of the literature. *Electronic Journal of Science Education*, 5-3, Retrieved from: <http://ejse.southwestern.edu/article/view-Article/7656/5423>.
- [5] Barton, R. (1996). Computers and practical work in science education. unpublished PhD thesis, University of East Anglia.
- [6] Bitter, G. G., & Wighton, D. (1987). The most important criteria used by the educational software evaluation consortium. *The Computing Teacher*, 14(6), 7-9.
- [7] Blake, C., & Scanlon, E. (2007). Reconsidering simulations in science education at a distance: features of effective use. *Journal of Computer Assisted Learning*, 23(6), 491-502.
- [8] Byon Sunye (2003). First-year high school students' representation patterns of magnetic field with magnetic field lines, Unpublished master's thesis. The Graduate School of Seoul National University.
- [9] Cho Hee Hyung & Park Seung Jae (1994). Theory of science and science education, KyoyookBook.
- [10] Choi Beom Gil & Jhun Young Seok (2016). Analysis of Abnormalities of Magnet Poles in an Elementary Science Classroom, *New Physics*, 66, 893-899.
- [11] Do Kwang Seok (2000). An investigation on the conception of the magnetic field for the elementary students, Unpublished master's thesis. The Graduate School of Busan national University of education.
- [12] Do Man Koo (2005). The effect of applying virtual lab using computer simulation to the unit of 'Force and Motion' in high school physics. Unpublished master's thesis. The Graduate School of Kyonggi University
- [13] Duran, M. J., Gallardo, S., Toral, S. L., Martinez-Torres, R., & Barrero, F. J. (2007). A learning methodology using Matlab/Simulink for undergraduate electrical engineering courses attending to learner satisfaction outcomes. *International Journal of Technology and Design Education*, 17(1), 55-73.
- [14] Gelbart, H., Brill, G., & Yarden, A. (2009). The impact of a web-based research simulation in bioinformatics on students' understanding of genetics. *Research in Science Education*, 39(5), 725-751.
- [15] Jin Sun Hi & Jang Shin Ho (2007). Elementary School Teachers' Teaching Experience of Scientific Inquiry, *Journal of Korean Elementary Science Education*, 26(2), 181-191.
- [16] Kim Gyung Wan(2008). Design and Development of Computer Simulation for Inquiry-Centered

Laboratory Class. Unpublished master's thesis. The Graduate School of Korea National University of Education.

- [17] Korea Education & Research Information Service(KERIS) (2005). Quality certification Index for education contents.
- [18] Korea Multimedia Education Center(KMEC) (1998). Operating quality certification system for education softwares. PR 98-7.
- [19] Lee Soo Ah, Jhun Young Seok, Hong Jun Euy, Shin Young Joon, Choi Junh Hoon & Lee In Ho (2007). Difficulties Experienced by Elementary School Teachers in Science Classes, *Journal of Korean Elementary Science Education*, 26(1), 97-107.
- [20] Lee Ul Su (2007). Types of misconceptions about the magnetic field of the elementary and middle school students. Unpublished master's thesis. The Graduate School of Jinju University.
- [21] Park Jong Wook & Kim Sun Ja (1996). The Survey of Problem Contexts Suffering by the Elementary Teachers in the Elementary Science Laboratory Instruction, *Journal of Korean Elementary Science Education*, 15(2), 263-282.
- [22] The PhET Team (2006). PhET interactive computer simulations.[Computer software]. Boulder, CO: University of Colorado, Physics Education Technology Project. Retrieved May 19, 2008, from <http://phet.colorado.edu>
- [23] van Berkum, J. J. A., & de Jong, T. (1991). *Instructional environments for simulations. Education & Computing*, 6, 305 - 358.
- [24] Windschitl, M., & Andre, T. (1998). Using computer simulations to enhance conceptual change: the roles of constructivist instruction and student epistemological beliefs. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(2), 145-160.
- [25] Zacharia, Z. C. (2007). Comparing and combining real and virtual experimentation: an effort to enhance students' conceptual understanding of elec-

tric circuits. *Journal of Computer Assisted Learning*, 23(2), 120-132.

저자소개

이 수 아



2004 서울교육대학교 과학교육과 (교육학사)
 2007 서울교육대학교 과학교육과 (교육학석사)
 2015~현재 서울교육대학교 과학교육과 박사과정
 현재 서울창동초등학교 교사
 관심분야: 과학교육, 융복합교육, ICT교육
 E-mail: soo-a2@hanmail.net

전 영 석



1988 서울대학교 물리교육과 (이학사)
 1993 서울대학교 과학교육과(과학교육 석사)
 1997 서울대학교 과학교육과(과학교육 박사)
 현재 서울교육대학교 교수
 관심분야: 과학교육, 영재교육, ICT교육
 E-mail: jhunys@snue.ac.kr