

Development of a Dynamic Geometry Environment to Collect Learning History Data¹⁾

Kill Sung Mun²⁾, Beom Soo Han³⁾,
Kyung Soo Han⁴⁾, Jeong Yong Ahn⁵⁾

Abstract

As teachings that use the ICT are more popular, many studies on the dynamic geometry environment(DGE) are under way. An important factor emphasized in the studies is to practical use learning activities of learners. In this study, we first define the learning history data in DGE. Second, we develop a prototype of the DGE that is able to collect and analyze the learning history data automatically. The environment enables not only to grasp leaning history but also to create and manage new learning objects.

Keywords : Dynamic Geometry Environment, Feedback, Learning History Data, Real-Time Interaction

1. 서론

컴퓨터와 정보통신 기술의 급속한 발전과 함께 다양한 매체를 이용하여 교수·학습 활동의 효율성을 높이고자 하는 연구들이 국내·외에서 많이 진행되고 있다(김민경 등, 2003; 안정용, 2004; 최현석 등, 2005). 특히 수학의 한 부분인 기하 영역의 교육에서는 그래픽 기능과 논리연산 등을 지원하는 GSP(Geometer's Sketchpad), Cabri, 신데렐라와 같은 동적 기하 소프트웨어(dynamic geometry software)들이 많이 이용되고 있다.

-
- 1) 이 논문은 2005년도 전북대학교 연구기반조성 연구비 지원으로 연구되었음.
 - 2) First Author : Graduate Student, Division of Mathematics and Statistical Informatics, Chonbuk National University, Chonbuk, 561-756, Korea
 - 3) Lecturer, Division of Mathematics and Statistical Informatics, Chonbuk National University, Chonbuk, 561-756, Korea
 - 4) Professor, Division of Mathematics and Statistical Informatics(Institute of Applied Statistics), Chonbuk National University, Chonbuk, 561-756, Korea
 - 5) Corresponding Author : Associate Professor, Division of Mathematics and Statistical Informatics(Institute of Applied Statistics), Chonbuk National University, Chonbuk, 561-756, Korea
E-mail : jyahn@chonbuk.ac.kr

이러한 이유는 기하 영역이 다른 영역(예를 들어, 대수 또는 함수 등)에 비해 학습내용의 이해가 쉽지 않기 때문이다(김영국 등, 2000).

기하 영역의 교육과 관련된 연구들은 교육공학적 요소, 교수·학습자료 개발, 동적 기하 환경의 활용효과에 관한 내용들로 압축할 수 있다. Holzl(1996)은 동적 기하 환경에서 끌기(dragging) 기능이 학습에 미치는 영향을 연구하였고, Laborde(2000)는 복잡한 증명 활동을 돕기 위한 학습 자료로써 동적 기하 환경의 활용 가능성을 연구하였다. 국내에서도 GSP를 이용한 교수·학습자료 개발 및 방법과 적용 사례를 통한 활용 효과에 대한 연구들이 많이 진행되고 있다(강순자 등, 1999; 류희찬 등, 2000; 황우형 등, 2002). 그러나 동적 기하 환경에 대한 대부분의 연구들은 ‘출시된 소프트웨어를 어떻게 활용할 것인가’에만 초점이 맞춰져 있을 뿐 교육적 목적을 위해서 어떠한 기능이 필요하고 어떤 인터페이스가 적합한지에 대한 논의는 거의 없는 실정이다.

동적 기하 소프트웨어와 관련된 연구들에서 공통적으로 강조되고 있는 점은 실제 체험을 통한 학습자 주도의 학습과 동적 기하 환경과의 상호작용을 통한 학습자의 탐구활동이다. 그러나 많은 연구들에서 이러한 탐구활동에 대한 원론적인 수준의 중요성만을 언급할 뿐 탐구활동을 평가할 수 있는 방법에 대한 논의는 없다. 이는 동적 기하 환경에서 학습자 활동을 데이터화하고 이러한 데이터를 분석할 수 있는 도구가 없기 때문이다. 동적 기하 환경에서 교수·학습활동의 효율성을 높이기 위해서는

- 학습객체를 쉽게 생성하고 관리할 수 있는 환경
- 학습자 주도의 탐구활동
- 학습이력 데이터(learning history data)의 활용

등과 같은 기능의 지원이 필요하다.

본 연구에서는 이러한 기능을 지원할 수 있는 웹 기반의 동적 기하 환경을 제안하고자 한다. 이를 위하여 학습이력 데이터를 수집하기 위한 데이터 구조를 정의하고, 수집된 데이터를 이용하여 학습상황을 모니터링 할 수 있는 환경을 개발한다.

2. 학습이력 데이터

교수자가 학습자의 학습상황을 파악하는 주된 방법으로는 교수자의 수업 경험을 이용하거나 보다 객관적인 방법인 평가를 이용하는 것이 있다. 그러나 지금까지 학교교육에서의 대부분의 평가는 학력의 측정에 목적을 두고 실시하였으며, 간혹 진단 평가와 형성평가를 실시하였더라도 그 평가 결과를 유용하게 활용하는 경우가 드물었다고 볼 수 있다. 이러한 원인은 평가결과로부터 개인별 정보를 얻을 수 있는 도구의 부재와 평가 대상인 학생 수가 너무 많기 때문이다. 이는 교수자에게 큰 부담이 되고, 그 결과 어떤 과정에서 학습 결손이 발생하였는지 점검할 수 없으며 적절한 피드백 제공을 어렵게 하는 중요한 요인이 된다. 따라서 교수자가 학습자의 학습상황을 파악하는데 드는 부담을 줄이면서 적시성 있는 피드백 제공을 위해서는 자동으로 학습상황을 모니터링하고 분석할 수 있는 시스템의 지원이 필요하며, 학습자의 학습상황이나 행위를 모니터링하기 위해서는 학습행동을 데이터화하여 적절히 활용하는 것이 필수적으로 요구된다(안정용 등, 2003).

2.1 학습데이터의 정의

최근 웹 기반 학습 환경에서 학습자의 학습활동을 나타내는 학습데이터의 활용에 대한 관심이 증가하고 있다. 몇몇 연구에서 학습데이터는 다음과 같이 정의된다.

- e-러닝 환경에서 학습과정 평가를 위해 시험에 의한 학습 성취도 데이터와 학습도구의 사용에 대한 로그(log) 데이터(Matsui와 Okamoto, 2003)
- 학습자가 학습 동기를 강화할 수 있도록 피드백을 제공하는 지능형 에이전트(agent)를 갖는 학습관리시스템에서 학습콘텐츠 식별 등을 목적으로 하는 콘텐츠 관련 데이터, 학습자 프로파일(profile) 데이터, 학습관리시스템 사용에 의한 로그 데이터, 학습자가 완료한 주제의 수, 평가 결과 등(Ueno, 2005)
- 학습상황에 맞는 교수적(pedagogical) 데이터를 고려한 학습자 상호작용 데이터(Muehlenbrock, 2005)

이러한 정의에 기반하여 학습데이터는 일반적으로 로그 데이터, 사용자(학습자, 교사) 프로파일 데이터, 학습콘텐츠 데이터, 학습행동(learning behavior) 데이터 등으로 나눌 수 있다. 학습데이터는 보통 e-러닝 환경에서 학습관리시스템에 의해 수집되어 통계적 기법이나 기계학습 기법에 의해 분석되며, <표 1>과 같은 속성들로 구성된다.

<표 1> 학습데이터의 속성

구분	속성(attribute)	수집 방법	속성 설명
사용자 프로파일	사용자 이름	수동	학습자와 교수자의 이름
	사용자 ID	수동	학습자와 교수자의 아이디
	사용자 PW	수동	학습자와 교수자의 비밀번호
	성별	수동	학습자와 교수자의 성별
로그	로그인 시간	자동	학습관리시스템 로그인 시간
	로그인 장소	자동	학습관리시스템 접속 장소
	로그아웃 시간	자동	학습관리시스템 로그아웃 시간
	방문한 학습객체	자동	학습자가 방문한 학습객체
학습 콘텐츠	학습객체 ID	자동	교수자가 생성한 학습객체의 아이디
	학습주제	수동	교수자가 생성한 학습객체의 주제
	학습객체 생성 시간	수동	교수자가 학습객체를 생성한 시간
학습 행동	시험 결과	자동	학습자의 시험 결과
	연습문제 시도 수	자동	학습자가 시도한 연습문제의 수
	연습문제 종료 수	자동	학습자가 끝마친 연습문제의 수
	성공한 연습문제 수	자동	학습자가 해결에 성공한 연습문제의 수
	읽기 행동 수	자동	학습자가 읽은 학습 객체의 수
풀이 행동 수	자동	학습자가 풀이에 응한 학습 객체의 수	

<표 1>의 데이터 속성에서 학습현황 파악을 위해 가장 핵심적인 역할을 하는 부분은 학습행동 데이터이다. 그러나 수집된 데이터는 시험 결과나 연습문제 시도 수와

같이 일정 시간이 지난 후에나 활용이 가능한 형태이기 때문에 학습과정의 어떤 부분에서 학습 결손이 발생하더라도 적시성 있는 피드백을 제공하기가 어렵고, 학습자가 문제 해결을 위해 어떤 행동을 취했는지 파악할 수 있는 방법이 없다. 따라서 학습현황을 실시간으로 모니터링하고 피드백하기 위해서는 학습행동 데이터를 행동 단위로 수집 가능한 구체적인 형태의 데이터로 표현할 필요가 있으며, 본 연구에서는 이러한 형태의 데이터를 학습이력 데이터로 정의한다.

2.2 동적 기하 환경에서의 학습이력 데이터 활용

2.2.1 학습이력 데이터의 구조

동적 기하 환경에서 학습자는 점, 선, 원과 같은 기본객체의 생성, 삭제, 복사, 이동 등과 같은 다양한 학습행동을 한다. 그러나 발생 가능한 모든 행동들이 교수적 목적에 부합한 행동은 아니기 때문에 본 연구에서는 기본객체 생성과 관련된 행동만을 학습이력 데이터로 이용한다. 학습이력 데이터의 구성에 있어 학습행동의 순서 또한 중요한 정보이기 때문에 학습행동의 시간적 순서의 고려도 필요하다.

학습객체의 유형은 기하를 구성하는 점, 선(선분, 직선, 반직선), 원과 같은 기본객체와 이들을 기술하는데 필요한 문자(열)로 구성된다. 교수자는 학습자들에게 실습이 필요한 학습객체를 부여하고 학습자들은 이러한 학습객체들을 작성한다. 이 때 발생할 수 있는 데이터는 점을 찍거나 선을 긋거나 원을 그리는 등의 행위들이다. 이것을 시간적 순서와 각 기본객체의 위치를 나타내는 좌표와 연결하면 데이터 구조는 <표 2>와 같이 정의될 수 있다.

<표 2> 학습이력 데이터 구조

사용자	시간	콘텐츠ID	객체 유형	시작점의 좌표	끝점의 좌표	텍스트
교수자 학습자	객체 생성 시간	학습한 콘텐츠	점, 선, 원, 문자	s_x, s_y	e_x, e_y	문자열의 내용

<표 2>에서 객체 생성 시간은 학습과정의 순서를 표현하기 위해 사용되며, s_x 는 시작점의 x 좌표, s_y 는 시작점의 y 좌표를 나타낸다. e_x 와 e_y 는 각각 끝점의 x 좌표와 y좌표를 나타낸다.

2.2.2 학습이력 데이터의 형태

<표 2>에서 정의한 구조를 따르는 데이터의 형태를 파악하기 위해 실제 중학교 8-나 과정에서 다루어지는 ‘선분의 수직이등분선 작도’에 대한 내용을 살펴보도록 하겠다. <그림 1>은 선분AB가 주어졌을 때 수직이등분선을 작도하는 과정을 나타낸 것이다. 수직이등분선은 선분의 양 끝점을 원의 중심으로 하여 반지름의 길이가 같은 두 개의 원을 생성한 다음 이들 두 원의 교점을 통과하는 직선을 생성함으로써 작도할 수 있다.

학습자가 올바르게 작도를 했다면 <표 3>과 같은 데이터를 얻을 수 있다. 수집된 데이터는 기본객체의 생성 순서에 따라 구성되며, 생성 순서는 경우에 따라 의미 있는 정보가 될 수도 있고 그렇지 않을 수도 있다. 예를 들어, 생성 순서 ①, (②, ③), ④의 순서는 의미가 있지만 ②와 ③의 순서는 의미가 없게 되며, 이러한 과정(②와 ③)을 통하여 원을 그렸다 하더라도 두 원의 크기를 다르게 그렸다면 선분의 수직선을 작도할 수는 있으나 이등분선을 작도할 수는 없게 된다. 따라서 기본객체들의 생성 및 생성순서 등의 정보들이 통합되어 수직이등분, 각의 이등분, 두 직선의 평행과 같은 기하학적 학습정보를 만들게 된다.

<p>선분의 수직이등분선 작도 절차</p> <p>① 점, 선을 이용하여 선분AB를 긋는다.</p> <p>② 점 A를 중심으로 선분AB 길이의 $\frac{1}{2}$ 보다 큰 원을 그린다.</p> <p>③ 점 B를 중심으로 하고 ②에서 그린 원과 크기가 같은 원을 그린다.</p> <p>④ ②와 ③에서 그린 두 원이 만나는 두 교점을 통과하는 직선을 긋는다.</p>	<p>선분 AB의 수직 이등분선을 작도하여라.</p>
--	-------------------------------

<그림 1> 선분의 수직이등분선 작도 과정

<표 3> 선분의 수직이등분선 작도과정에서 발생한 데이터

생성 순서	객체	s_x	s_y	e_x	e_y
1	선분	195	289.95	315	242
2	원	195	289.95	267.9	260.85
3	원	315	242.05	387.9	213
4	직선	238.45	224.6	271.5	307.35

2.2.3 학습이력 데이터 활용 방안

학습자가 선분의 수직이등분선을 옳게 작도했는지의 결과를 파악하는 것은 비교적 간단한 문제이다. 그러나 그 결과만을 살펴보는 것으로는, 학습자가 선분의 수직이등분선을 옳게 작성하지 못한 경우에 어느 단계에서 문제가 발생하였는지 파악할 수 있는 방법이 없다. 따라서 단계별로 체크할 수 있는 방법이 필요하다. 본 연구에서는 단계별로 체크할 목록을 만들어 어느 단계에서 문제가 발생하여 수직이등분선을 작도할 수 없었는지 파악하는 방법을 이용한다. 수직이등분선 작도과정을 체크하기 위한 목록은 다음과 같다.

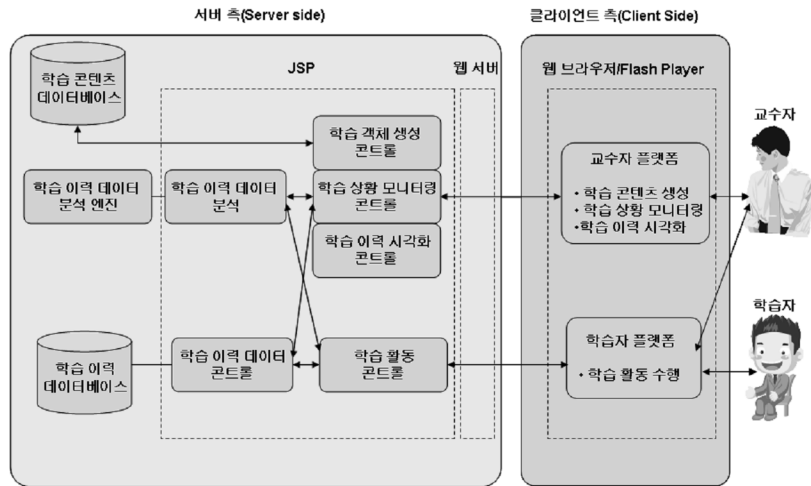
- (1) 선분의 끝점은 원의 중심이다(순서 ①, ②)
- (2) 선분의 끝점은 원의 중심이다(순서 ①, ③)
- (3) 두 원의 크기가 같다(순서 ②, ③)
- (4) 두 원의 교점은 2개이다(순서 ②, ③)
- (5) 직선은 두 원의 교점을 통과한다(순서 ②, ③, ④)

3. 프로토타입 설계 및 구현

수학 교과과정의 기하 부분을 교육하기 위해 Cabri, GSP와 같은 탐구형 기하 소프트웨어는 물론 플래시 또는 자바 등의 언어를 이용하여 개발된 콘텐츠가 많이 이용되고 있다. 그러나 이러한 소프트웨어와 콘텐츠의 대부분은 교수자와 학습자의 상호작용이 이루어지지 못하고 교수자가 학습자의 학습활동을 파악할 수 없다는 단점을 가지고 있다.

<표 4> 프로토타입과 GSP 환경의 비교

	GSP 환경	프로토타입 환경
사용자 식별	불가능	가능
교수자가 콘텐츠 생성	가능	가능
네트워크 환경 고려	고려 안함	고려함
학습상황 모니터링	불가능	가능
과제물 제시 및 검사	불가능	가능



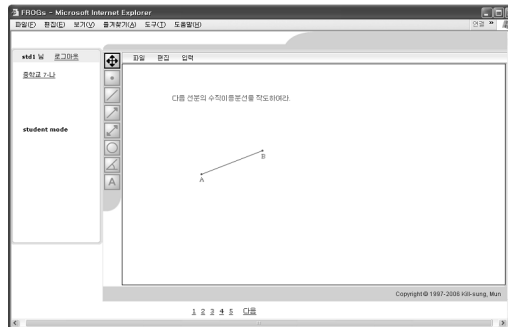
<그림 2> 프로토타입 framework

학습자의 학습활동을 파악하기 위해서는 기본적으로 누가, 언제, 무엇을, 어떻게, 왜

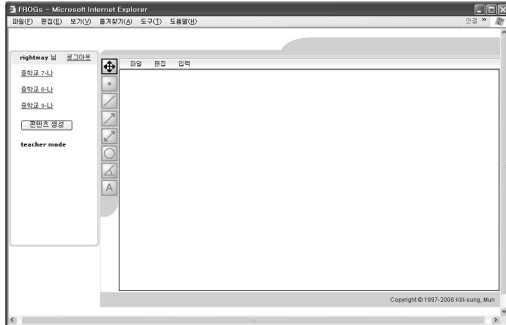
했는지에 대한 기록이 있어야 하고 기록된 학습이력 데이터를 분석할 수 있는 방법이 있어야 한다. 본 연구에서는 교수·학습의 효율성을 높일 수 있도록 교수자가 기하 콘텐츠를 쉽게 제작하고, 학습이력 데이터를 자동 수집·분석하여 학습상황의 모니터링 및 피드백을 제공할 수 있는 동적 기하 환경의 프로토타입을 설계하였으며, 그 기능적인 특징은 다음과 같다. 첫째, 학습자와 교수자, 그리고 학습자 개개인에 대한 식별이 가능하다. 둘째, 교수자가 학습에 필요한 콘텐츠를 제작하고 관리할 수 있는 콘텐츠 생성 및 관리 기능을 제공한다. 셋째, 사용자 개개인의 학습이력 데이터의 수집이 가능하다. 넷째, 학습자의 학습이력을 시각적으로 파악할 수 있는 데이터 시각화 기능을 제공한다. 마지막으로 많은 학생의 학습상황을 빠른 시간에 요약하여 교수자가 학습자의 학습 상태를 쉽게 파악할 수 있는 학습상황 분석 기능을 제공한다. <표 4>는 본 연구에서 설계한 프로토타입의 특징과 GSP 환경을 비교한 것이며, <그림 2>는 프레임워크(architecture)를 나타낸 것이다.

본 연구에서 개발된 프로토타입은 학습 플랫폼, 콘텐츠 생성, 학습상황 모니터링 등 3개의 부분으로 구성되어 있다. 학습 플랫폼은 기하 수업에 참여하는 학생들을 위한 학습 도구를 제공한다. 이 플랫폼을 통하여 학습자는 주어진 콘텐츠를 학습하게 되며, 교수는 학습현황 모니터링 및 평가를 할 수 있다.

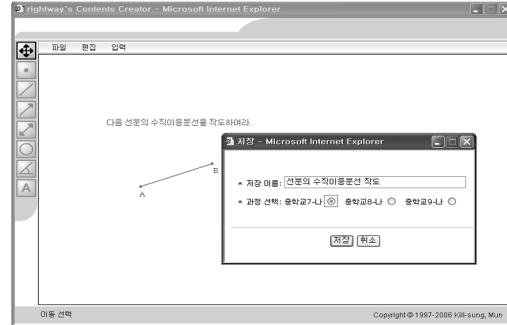
학습자를 위한 기능은 콘텐츠 내비게이션 기능과 학습한 콘텐츠를 저장하는 기능으로 구성되어 있다. <그림 3>은 학습자가 플랫폼에 접속했을 때의 화면이다. 학습하고자 하는 콘텐츠를 선택한 다음 기본객체를 생성하는 도구들을 이용하여 해당 콘텐츠에 맞는 학습을 진행한 후 파일 메뉴에서 저장하여 학습을 마치는 형태이다.



<그림 3> 학습자 플랫폼

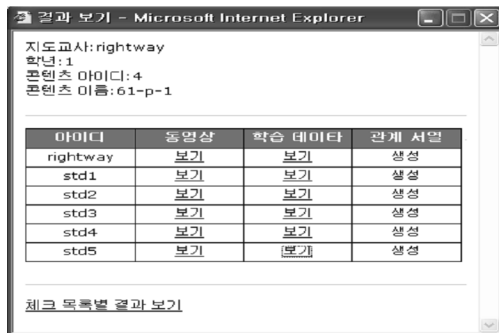


<그림 4> 교수자 플랫폼

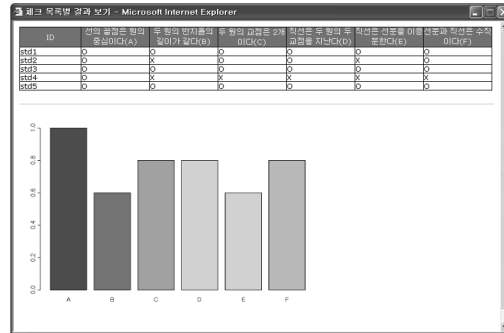


<그림 5> 콘텐츠 생성 창

교수자를 위한 기능은 콘텐츠 내비게이션, 콘텐츠 생성, 학습상황 모니터링 기능으로 구성되어 있다. <그림 4>는 교수자 플랫폼의 화면이다. 학습자 플랫폼과는 달리 콘텐츠 생성 기능이 제공되고, 콘텐츠를 내비게이션 할 때 학습상황을 모니터링 할 수 있다. <그림 5>는 교수자가 콘텐츠를 생성하는 화면이다. 콘텐츠를 작성한 후 파일 메뉴에서 저장 버튼을 이용하여 데이터베이스에 저장한다. <그림 6>은 학습자들의 학습상황을 모니터링하기 위한 화면이다. 동영상 보기를 통해 학습과정을 시각적으로 살펴볼 수 있으며 학습데이터 형태도 제공된다. <그림 7>은 체크 목록별로 학습자의 학습데이터를 분석하여 요약한 결과이다. 요약된 결과는 학습자들이 잘 이해하고 있는 부분과 그렇지 않은 부분을 실시간적으로 파악할 수 있도록 하고 교수자가 학습자에게 적절한 피드백을 주는 것을 가능하게 한다.



<그림 6> 학습 상황 모니터링



<그림 7> 체크 목록별 학습 결과

4. 결론

본 연구에서는 중학교 수학 교과과정에서 기하영역의 학습에 필요한 학습객체를 제작·관리하고 학습이력 데이터를 수집할 수 있는 동적 기하 환경의 프로토타입을 설계하였다. 특히 학습이력 데이터의 구조를 정의함으로써 데이터를 활용할 수 있는 기반을 제공하고 있으며 이러한 데이터는 학습자들의 학습상황에 대한 모니터링과 적시성 있는 피드백 지원에 이용되어 학습효과를 향상시킬 수 있을 것으로 기대한다. 그러나

본 연구의 결과는 학습이력 데이터 수집에 주요 초점이 맞추어져 있기 때문에 데이터를 매우 기본적인 수준에서 활용하는데 머물고 있다. 따라서 향후 학습데이터를 효과적으로 분석할 수 있는 방안과 이러한 데이터 활용에 대한 객관적인 효과의 검증 등의 연구가 필요할 것으로 생각한다.

참고 문헌

1. 강순자, 고상숙 (1999), 공간 능력을 신장하기 위한 기하 학습자료 개발, 한국수학교육학회지 시리즈 A <수학교육>, 38(2), 179-187.
2. 김민경, 김유진 (2003), 정보통신 활용교육의 수학교과 적용 방안 탐색, 한국수학교육학회지 시리즈 A <수학교육>, 42(1), 41-56.
3. 김영국, 박기양, 박규홍, 박혜숙, 박윤범 (2000), 학교수학의 각 영역에 대한 선호도 연구, 한국수학교육학회지 시리즈 A <수학교육>, 39(2), 127-144.
4. 류희찬, 유공주, 조민식 (2000), 탐구형 소프트웨어를 활용한 기하학습내용의 구성방안 탐색, 대한수학교육학회지 수학교육학연구, 10(1), 139-159.
5. 안정용 (2004), Design of the Database Learning System based on Learner Management Techniques, 한국데이터정보과학회지, 15(4), 707-716.
6. 안정용, 한경수, 한범수 (2003), A Design for Successful Learning on the Web, 한국데이터정보과학회지, 14(4), 1083-1090.
7. 최현석, 김태운 (2005), Computer Simulation Program for Central Limit Theorem-Dynamic MS Excel Program-, 한국데이터정보과학회지, 16(2), 359-369.
8. 황우형, 차순규 (2002), 탐구형 소프트웨어를 활용한 고등학교 해석 기하 교육에 관한 사례 연구, 한국수학교육학회지 시리즈 A <수학교육>, 41(3), 341-360.
9. Holzl, R. (1996), How does 'dragging' affect the learning of geometry, *International Journal of Computers for Mathematical Learning*, 1, 169-187.
10. Laborde, C. (2000), Dynamic geometry environments as a source of rich learning contexts for the complex activity of proving, *Educational Studies in Mathematics*, 44, 151-161.
11. Matsui, T. & Okamoto, T. (2003), Knowledge Discovery from Learning History Data and its Effective Use for Learning Process Assessment under the e-learning Environment, *Proceedings of the International Conference on Information Technology and Teacher Education*, 3141-3144.
12. Muehlenbrock, M. (2005), Automatic Action Analysis in an Interactive Learning Environment, *Proceedings of the workshop on Usage Analysis in Learning Systems*, 73-80.

13. Ueno, M. (2005), Animated Pedagogical Agent based on Decision Tree for e-Learning, *Proceedings of the Fifth IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies*, 188-192.

[2007년 3월 접수, 2007년 5월 채택]