

컴퓨터 수학교육론의 인식론적, 심리학적 기초

류 희 찬* · 조 원 영**

1. 서론

최근 컴퓨터의 발달과 더불어 여러 가지 소프트웨어의 개발로 컴퓨터 수학교육에 대한 관심이 커지고 있다. 마이크로월드에서 수학을 탐구한다는 기본철학을 토대로 하는 프로그래밍 언어 LOGO, 기호조작 능력이 뛰어난 Mathematica, Matheview, 학생들이 도형을 조작 변형하고 탐구활동을 할 수 있는 탐구형 소프트웨어 Cabri II, GSP 등의 출현은 컴퓨터가 수학교수학습 과정에 미칠 수 있는 영향에 대한 인식을 극적으로 변화시키고 있다(Hodgson, 1995). 더욱이 다양한 표상(수적 표상, 그래픽 표상, 기호표상 등) 능력, 표상 사이의 번역 능력을 갖춘 컴퓨터 소프트웨어의 개발로, 지금까지의 컴퓨터 이용(CAI 등)과는 다른 각도에서 컴퓨터를 활용할 수 있게 되었다(Kaput, 1992). 수학교육의 동기유발에서부터 추상적이고 형식적인 수학적 대상을 구체적으로 탐구할 수 있는 환경을 제공하는 데까지 컴퓨터의 역할이 다양해졌다. 컴퓨터를 이용하여 학생들의 흥미를 유발하여 학생들이 수학 활동에 참여를 유도하고 학교수학과 실제수학 사이를 연결해 줄 수 있으며, 여러 가지 수학적 활동과 반영적 추상화, 사회적 상호작용 결과로서의 수학교육을 촉진하는 데 필요한 지적 자원, 학습환

경, 학습도구를 창조하고 지원할 수 있다.

그럼에도 불구하고 실제로 컴퓨터가 수학교육에 활용되는 것은 기대에 미치지 못하고 있다. Becker(1991)는 “컴퓨터가 학교교육에 가져다 준 변화에도 불구하고 컴퓨터를 이용하고 있는 교사와 학생은 소수에 불과하다.”고 주장한다. 학교현장에서 이용할 수 있는 컴퓨터 하드웨어, 소프트웨어의 부족, 구체적인 방법론의 부재, 무엇보다도 컴퓨터 또는 수학교육에 대한 교사들의 전통적인 신념, 태도 등은 수학교육에 컴퓨터 도입의 장애가 될 수 있다. 또한 컴퓨터나 계산기에 대한 지나친 강조로 전통적인 학교교육으로서의 학문적 수학을 손실하지 않을까 염려를 하는 교사들과 수학자들이 있으며, 수학교육에 컴퓨터의 도입의 필요성을 인정하면서도 왜, 어떻게 도입되어야 하는가에 대한 깊이 있는 인식의 부족으로 컴퓨터 도입을 불안하게 생각하고 거부하는 경우도 있다. Burghes 등(1996)은 영국에서 계산기의 도입으로 학생들의 계산능력과 수감각이 기대와는 달리 현저하게 떨어졌다고 보고하고 있다. 그들은 마찬가지로 컴퓨터의 이용 예컨대, Derive나 CAS(computer algebra system)를 이용하여 미분과 적분을 쉽게 할 수 있다해서 학생들이 미분과 적분 개념을 더 잘 이해하는 것은 아니라고 주장한다. 탐구형 소프트웨어인 Cabri II와 GSP를 이용해서 기하를 가르친 경험이

* 한국교원대학교

** 청주농고

있는 어느 수학교사는 '그러한 소프트웨어를 이용하는 순간 기하교육은 끝이다'라고 주장하기도 한다.

컴퓨터의 도입에 따른 이러한 긴장과 갈등은 어떤 수학을 가르쳐야 하며, 왜 가르치는가, 학생들은 수학을 어떻게 학습하는가 등 보다 본질적인 문제에서 비롯된다. 즉, 컴퓨터를 이용해서 우리가 가르치고자 하는 학교수학이 무엇이고 학생들은 어떻게 학습하는가를 먼저 논의한 후, 컴퓨터의 교수학적 활용 가능성을 고려할 필요가 있다. Burghes 등(1996)은 영국에서 LOGO를 처음 도입할 때 그것이 모든 것을 다 해결할 수 있는 것처럼 생각했지만, 실제로는 수학수업에 효과가 별로 없었다고 주장하면서, 그 이유를 수학교육의 본질을 고려하지 못하고 최신의 컴퓨터를 이용하는 데만 집중한 때문이라고 보고 있다. 중요한 것은 컴퓨터가 무엇을 할 수 있는가가 아니라 수학교육의 목적이 무엇이고 그러한 목적을 달성하기 위해 컴퓨터가 어떻게 이용될 수 있는가에 있다.

또한 학생들이 수학 학습을 어떻게 보느냐에 따라 컴퓨터의 이용이 달라질 수 있다. 예를 들어, 인지심리학을 배경으로 하는 컴퓨터의 이용이 CAI 또는 I-CAI(intelligent computer-assisted instruction)로 CAI에서는 컴퓨터가 학생들이 사고하고 있는 것에 대한 모델을 만들어 내고 이런 모델을 근거로 수업단계(예, 힌트, 새로운 문제제시, 새로운 정보 제공, 질문 등)를 선택한다(Resnic & Johnson, 1988). CAI는 교사로서의 컴퓨터 이용의 전형적인 예로 학습효과가 있다는 연구결과와 더불어 개별수업이 가능하다는 점 등 상당한 매력을 끌기도 하지만, 각 학생들이 무엇을 하는지 또는 학생들이 왜 그렇게 반응하는지에 관한 깊이 있는 모델을 제공하지 못한다. 또한 CAI는 학생들을 교사나 컴퓨터가 제공하는 수학을 받아들이는 수동적

인 존재로 보는 전통적인 패러다임을 배경으로 하고 있으며, 전통적인 교수학습 모델을 컴퓨터 상에서 재생산한 것에 불과하다. 교사의 설명을 듣고 제시된 수학 내용을 보는 것만으로는 기대했던 학습이 일어나기 어렵다. 구성주의에 따르면 학생들은 수학 학습 환경과의 상호작용을 통해 능동적으로 수학적 지식을 구성한다. 이러한 구성주의 입장에서의 컴퓨터의 활용은 전통적인 CAI 이상의 것이어야 한다.

본 글은 컴퓨터 수학교육론의 이론 개발과 교실 사례 연구의 일환으로, 구성주의와 사회·문화적 관점을 토대로 컴퓨터를 활용한 수학교육의 인식론적, 심리학적 기초를 공고히 하는 데 그 목적이 있다. 먼저 컴퓨터 활용에 따른 학교수학의 성격을 재조명하고 학생들의 수학학습의 본질을 사회적 차원과 개인적 차원의 상호관계 차원에서 논의하며, 마지막으로 그 결과를 바탕으로 수학 교수학습 과정에서 컴퓨터의 활용 방향을 논의하고자 한다.

2. 학교수학의 재조명

기술공학의 발달로 컴퓨터가 일상생활이나 직장생활의 일부분으로 자리를 잡아가고 있다. 또한 컴퓨터는 수학이 만들어지는 방법과 수학이 이용되는 방법을 급속도로 변화시키고 있으며, 컴퓨터의 활용이 수학교육의 개선에 도움이 될 것이라는 기대가 커지고 있다. 그러나 컴퓨터의 도입으로 수학의 본질이 훼손되지 않을까 하는 염려, 새로운 도구에 대한 불안감도 존재한다.

중요한 것은 컴퓨터가 무엇을 할 수 있는가가 아니라 수학교육의 목적은 무엇이고 그러한 목적을 달성하기 위해 컴퓨터를 어떻게 활용해야 하는가에 있다. 컴퓨터가 수학교육에

활용되어야 하는 이유는 실생활에서 사람들이 이용하기 때문이 아니라 학생들이 수학적 아이디어를 탐구하는 데 능동적으로 참여할 수 있도록 해주기 때문이다. Bishop(1991)은 컴퓨터의 사용이 보편화된 사회에서 수학교육의 목표가 무엇인지를 분명히 해야 한다고 주장하면서 수학교육은 일상생활과 직업생활에서 접하게 될 구체적인 문제상황에서 학생들이 수학을 적절히 그리고 옹게 적용할 수 있는 능력과 기능을 갖추도록 준비시켜야 함을 강조하고 있다.

과학 또는 공학을 하는 사람들은 수학을 잘해야 한다고 말한다. 뿐만 아니라 수학은 생물학이나 경제학을 공부하는 데도 필요하고 사회학, 심리학, 의학, 언어학 등에서도 필요하다고 한다. 많은 대학들이 학생들을 선발하는 기준으로 수학을 중요시하고 있다. 수학적 재능이 다른 일반적인 지적 능력을 판단하는 척도로 인식하는 것이다. 대부분의 학생들은 이러한 수학의 중요성을 깨닫고 12년 이상 동안 정말 열심히 수학을 공부한다. 그러나 결과는 어떤가? 학생들이 수학 자체의 아름다움과 가치를 믿고 수학적 사고활동을 체험하면서 즐기는 가운데 수학적 안목을 기르고, 수학적으로 사고하고 있으며, 과학적으로 문제를 해결하는데 응용할 수 있고 실제로 유용하다고 생각하고 있는가? 아마도 이에 전적으로 동의하는 수학교사는 없을 것이다(우정호, 1998).

이러한 딜레마의 이유는 무엇인가? 수학자 또는 수학교육자들이 그렇게 강조하는 수학의 중요성과 가치를 학생들이 인식하지 못하는 까닭은 무엇인가? 전통적으로 학교수학이 가설-연역적이고 절대적인 학문적 수학을 중시해 왔으며, 수학의 구조를 가르치자는 1960년대의 새수학 운동에 이어 오늘날에도 그 영향권에서 크게 벗어나지 못하고 있음을 주목할 필요가 있다. 탐구하고 반성하고 구성하는 과정으로서

의 수학보다는 이미 완성된 수학적 대상을 '가르치는' 형태로 학교수학이 제시되어 온 데서 그 원인을 찾을 수 있다.

컴퓨터의 수학 교수학적 가능성은 이런 문제 상황에서 하나의 대안이 될 수 있다. 컴퓨터의 발달이 수학자체에 영향을 끼친다는 점에서 지금까지 수학에 이용되는 다른 매체, 예를 들어 분필이나 비디오 등과 질적으로 다르다. 컴퓨터의 도입으로 수치적 방법과 모델링, 알고리즘의 연구를 촉진함으로써 수학이 만들어지는 방법을 변화시키고 있으며, 사회에서 수학이 이용되는 방법도 컴퓨터의 도입과 더불어 달라지고 있다. 연필과 종이로 발명된 이래 개인적인 수학활동이나 사회에서의 수학의 역할에서 컴퓨터만큼 많은 영향을 끼친 것도 없을 것이다.

학교수학이 수학자들이 만든 수학과 사회 각 분야에서 이용되는 수학을 반영한 것이라고 볼 때, 컴퓨터는 학교수학의 성격과 교수학습 방법 모두를 변화시킬 잠재력을 갖고 있다. 그렇지만 지금까지의 교육과정의 개혁은 컴퓨터의 잠재력을 충분히 반영하고 있지 못하다(Kilpatrick과 Davis, 1993). 대부분의 국가 교육과정에서 ① 기술공학 상황에 대한 언급이 별로 없고, ② 일반적인 담화과정에 대한 관심이 부족하며, ③ 수학적 아이디어의 다양한 사회적 역할에 대한 비판적 이해도 포함하지 못하고 있다(Bishop, 1993).

달라진 수학자들의 활동 방법과 사회에서 이용되는 수학의 변화가 학교수학에 반영되어야 한다. 학교수학의 성격을 세 가지 측면에서 논의할 수 있다.

첫째, 학교수학의 인식론적 문제다. 전통적으로 수학은 형식적 체계로서의 수학과 문화에 내재되어 있고 이용되는 상황에서의 수학으로 구분된다. 전자는 플라톤과 Euclid의 원론을 중

심으로 하는 ‘학문적인 수학’ 또는 ‘이론 수학’과 연결되어 있고, 후자는 이집트의 수학적 실제에서 시작된 Heron을 중심으로 하는 ‘실제수학’에 그 뿌리를 두고 있다(김용태 외, 1984). 플라톤은 “수학은 대중을 위한 것이 아니라 선택된 소수를 위한 것”이며, ‘국가를 통치할 사람들이 계산에 관한 연구를 해야 하는 바, 이것은 상인이 되고자 하는 것처럼, 사고 팔기 위한 목적이 아니다.’라고 주장하여(D’Ambrosio, 1991), 가르칠 사회적 계층에 따라 수학을 학문적인 수학과 실제수학으로 구분하였다. 또한 일반인의 수학이 실제세계의 구체적 사물을 그 대상으로 하고 또 실제적인 실용성을 지향하고 있는 데 비해, 철학자의 수학은 일상 생활의 실용성이 아닌 추상적인 수 자체와 수 사이의 필연적인 관계를 대상으로 한다(임재훈, 1998)라는 플라톤의 입장은 학문적인 수학을 더욱 중시한 것으로 보인다. 논리적인 추론 방법과 추상화를 바탕으로 한 그리스의 학문적 수학은 19세기 이후의 수학의 발전, 1960년대의 새수학으로 이어지고 오늘날의 학교수학에 상당한 영향을 끼치고 있다. 그러나 연역적 추론과 추상성을 강조하는 학교수학의 성격은 많은 학생들로 하여금 수학에 흥미를 잃게 하는 원인이 되었으며, 수학의 중요성을 강조하는 사회적 경향이나 수학자들의 주장과는 달리 학생들은 수학은 대학을 가기 위해 배우는 것이고 일단 대학에 합격을 하면 하등 쓸모 없는 존재로 인식하고 학교에서 배운 거의 모든 수학을 잊어버리고 만다.

이론수학과 실제수학은 동전의 양면과 같은 것으로 교수학적 관점에서 보면, 무엇을 강조하느냐에 따라 학교수학의 성격이 달라질 수 있다. 가르쳐야 할 대상으로서의 학교수학은 학문적 수학과 실제수학의 상대적 중요성과 그 둘 사이의 관계에 따라 시대에 따라 변화되어

왔다. 추상화되고 탈인간화된 학문적인 수학으로서의 학교수학의 문제점을 해결하고자하는 노력은 수학의 실용적 측면을 강조한 영국의 Perry로부터 시작되었다. Cockcroft(1982)의 보고서도 수학교사들에게 ① 일상생활과 직업생활에 필요한 기능과 이해, ② 다른 교과에 필요한 수학, ③ 수학의 가치와 수학을 하는 즐거움 및 과학, 기술, 문화의 발달에서의 수학의 역할, ④ 의사소통 수단으로서의 수학 등을 학생들에게 강조할 것을 요구하고 있다. NCTM(1989)에서도 수학 내에서의 연결은 물론 일상생활, 타교과와 연결된 수학을 강조하고 있다.

학교수학에서의 문제는 반드시 응용 상황에 국한시킬 필요가 없는 학문적 수학과 학문적 수학을 실제적 상황에 적용함으로써 실제 수학을 의미 있게 만들어야 하는 딜레마를 해결하는 데 있다. 전통적으로 수학 지식은 상황과 분리된 대상들을 구성하여 마음속에 간직하는 것이고, 이러한 객관적 지식은 어떤 상황에서도 이용될 수 있으며(전이), 학교수학에서는 이러한 전이를 응용문제로 다루어 왔다(Julien, 1997). 이러한 입장에서는 학교교육의 목표는 가능한 많은 추상적인 수학 지식을 제공하는 것이고, 따라서 수업은 말하는 것이고 학습은 듣고 기억하는 것이다(Kirshner, 1997). 그러나 객관적인 지식이 실제로 전이되지 못하는 경우가 많다. 상황인지론자들에 따르면 실제로 지식과 기능은 실제생활에 유용하게 사용되는 맥락에서 학습되며, 인지는 개인에 한정된 것이 아니라, 그것이 개발되는 환경과 밀접한 관련을 갖는다(Brown et al, 1989). 학교교육은 실제적 상황에서 적용 가능하다는 믿음을 갖고 이론적 지식을 주로 가르치지만 학교에서 획득된 지식이 실제적 상황에서 제대로 적용되지 못하고 있다(Lave, 1988)고 주장한다. 그러나 이론적 지

식의 사회·역사적인 발달에 의해 인류가 만들어 낸 문화적 산물이며, 이론적 지식이 없다면 실제적인 지식은 제한적일 수밖에 없을 것이다. 따라서 문제는 이론적 지식과 실제적 지식 사이의 상호관계에 있다. 컴퓨터 특히, LOGO를 이용하면 문화적 실재에 내재되어 있는 아이디어와 언어를 손상시키지 않고도 학문적 수학을 획득할 수 있다(Hoyles & Noss, 1996).

둘째, 사회의 요구를 반영한 학교 수학이다. 학교수학은 여전히 학문적, 사회적 여과기의 역할을 하고 있으며, 학교수학에 대한 사회의 기대는 주로 실제적 수학에 관한 것이다. NCTM(1989)은 학교수학에 대한 사회의 요구를 ① 정보를 잘 갖춘 유권자, ② 수학적인 소양을 갖춘 노동자, ③ 모든 학생을 위한 수학교육, ④ 평생학습을 위한 문제해결 능력 등으로 구분하고 있다. 수학교육에 대한 사회적 요구는 학생들이 수학적 소양, 컴퓨터 소양, 수학적 문제해결 능력 등을 요구하는 직업을 위해 교육을 받아야 한다는 기대가 반영되어 있으며, 평생학습에 관련해서 직업 변경에 따른 준비도 반영되어 있다. Dörfler & McLone(1988)은 사회에서의 수학활동 영역을 일상생활에 필요한 수학, 전문가들에 의해 이루어진 학문적 수학, 수학이 응용되는 전문분야에서의 해석된 수학(응용수학)으로 구분하고 있다.

전통적인 학교수학에서는 추상적 수학으로서의 학문적 수학을 가르치면 어떤 상황에서도 응용이 가능하다는 신념이 있었다. 그러나 앞에서 논의했듯이 이러한 가정은 잘못된 것임이 밝혀지고 있다. 화학과 학생들에게 필요한 미적분은 화학적인 상황에서 학습되어야 의미가 있다. 이 때 화학적 내용은 수학적 아이디어의 원천임과 동시에 수학이 응용되는 상황이기도 하다. 학교수학이 세계를 이해하고 실제적인 문제를 해결하는 도구로 본다면 수학적 아이디어

가 내재되어 있는 실제 상황과 유리되어서는 의미 있는 수학학습이 일어나기 어렵다.

컴퓨터의 발달은 일상생활이나 전문분야는 물론 수학자들의 연구 활동을 변화시켰다. 컴퓨터는 복잡한 계산, 절차 수행, 알고리즘은 물론 다소 논란이 있긴 하지만 증명까지도 가능하다. 계산기와 컴퓨터가 복잡한 계산 과정을 대신함으로써 계산에 대한 부담에서 벗어나 문제의 핵심 탐구에 집중할 수 있고 계산기 없이는 불가능할 수도 있는 문제에 접근이 가능하며, 수학적 패턴과 개념을 탐구하는 데 계산기가 유용하다(Shuard, et al., 1994; Becker, 1998에서 재인용). 이런 측면에서 두 자리 수의 사칙연산을 능숙하게 할 수 있는 학생들에게 더 큰 수들에 대한 사칙연산을 계속 연습시킬 필요가 있는가 하는 의문이 남는다. 컴퓨터 소프트웨어를 적절히 사용한다면 지필 계산이나 의미 없는 절차 연습 등은 줄어들고 수학적, 비교적 복잡한 상황의 모델링과 시뮬레이션, 컴퓨터 상에서의 표현의 명료화, 다양한 수학적 표상 사이의 번역, 역동적인 도형들의 변화 탐구 등의 기회가 많아지고 학생들의 능동적인 수학적 의미 구성에 도움이 될 것이다. 소프트웨어의 지속적인 발달로 수학자체는 물론 수학을 응용할 수 있는 분야도 더욱 넓어질 것이며, 학교수학은 이러한 변화를 고려해야 할 것이다(Dörfler & McLone, 1986).

셋째, 개인적인 측면이다. 전통적인 패러다임에서 교육과정에 나오는 수학내용을 숙달해서 각종 시험에 좋은 성적을 내는 것이 학생들의 중요한 목표였다. 그러나, 이제는 많은 수학적 지식을 암기하고 모방하는 것보다는 수학을 행함으로써 수학적 사고, 창의성, 상상력, 합리성, 비판적 능력을 개발하는 것이 더 중요하다. 또한 학생들은 수학자들이나 수학교사들이 만들어낸 수학적 의미를 단순히 받아들이는 것

이 아니라 적극적으로 자신들의 수학적 의미를 구성할 필요가 있다.

학교수학의 목표가 수학자나 수학교사가 생각하는 목표가 아니라 진정으로 학생들이 인식할 수 있는 목표로 거듭 나기 위해서는 학교수학이 먼저 학생들의 수학이 되어야 한다. 학생들이 수학의 유용성을 느끼고 자신이 수학을 만들고 있다고 생각할 수 있도록 학교수학의 내용과 방법이 변해야 한다. 암기와 숙달, 모방이 아닌 탐구와 반성 그리고 학생들에 의한 구성에 의한 학교수학이어야 한다. 수학 자체의 아름다움과 가치를 믿고 수학적인 사고활동을 체험하면서 즐기는 가운데 수학적 안목을 기르고, 수학적으로 사고하고, 과학적으로 문제를 해결하는 데 응용할 수 있고 실제로 유용하다고 생각하는 것은 수학교사나 수학자가 아니고 학생이어야 한다. 학생들은 실제 해보는 활동을 통하여 수학에 대한 자신감을 기르고, 자신의 수학적 아이디어를 표현할 수 있어야 한다.

컴퓨터의 발달은 학생들이 수학을 행하는 방법을 변화시키고 있다. 교사의 설명을 듣고 보는 것에서 컴퓨터를 통하여 직접 체험하고 탐구하며, 반성하고 구성하는 경험을 할 수 있게 되었다. 교사가 전달하는 학교수학을 받아들이는 것보다는 교실 수학 문화에 동참해서 동료들과 수학적 아이디어를 탐구할 수 있는 내용으로 학교수학의 내용과 방법이 변해야 한다.

3. 개인적인 학습 대 협동학습

수학교육에서 컴퓨터의 활용은 사용자의 인식론적, 심리학적, 교수학적 신념과 당시의 사회·문화적 관점에 따라 달라질 수 있기 때문에, 학생들의 수학학습의 본질을 어떻게 보

느냐 하는 문제는 수학교육에 컴퓨터를 도입하는 문제에서 고려해야 할 중요 문제 중의 하나다. 전통적인 수학교육에서는 각 개인의 수학적 이해와 개인과 수학적 지식 사이의 상호작용에만 주로 초점을 맞추어 왔으며, 협동으로 수학적 지식을 구성하는 문제에 대해서는 소홀히 해 왔다. 인간의 인지를 개인적인 차원에서만 연구해 오던 전통적인 입장과는 달리 최근 문화와 사회적 상황이 강조되고 있다. 다소 논란은 있지만 구성주의와 사회·문화적 관점 모두 학생들의 능동적인 지식구성과 사회적 상호작용을 강조한다.

본 절에서는 구성주의와 사회문화적 관점을 배경으로 인간의 학습은 개인적인 요인과 사회·문화적인 요인 사이의 변증법적 관계에 의해 이루어진다는 입장에서 컴퓨터의 수학교육적 활용 가능성에 대해 논의한다.

(1) 구성주의와 사회·문화적 관점

어떤 한쪽도 잃지 않으면서 사회적인 것과 개인적인 것을 포함하도록 하는 것이 중요하다. 개인은 사회의 한 구성원이며, 각 개인이 없다면 사회는 무의미하다. 개인의 권리가 존중되고 사회의 권리가 개인의 의무로부터 보존되도록 개인과 사회의 관계를 유지하는 것은 개인과 사회의 공존을 위해 중요하다(Steffe, 1996).

개인의 인지발달에 관한 연구는 개인의 활동과 환경과의 관계를 어떻게 보느냐에 따라 달라진다. 대부분 개인적인 요인과 사회·문화적 요인 모두가 필요하다고 인정하지만 발달의 과정을 개념화하려는 대부분의 시도들은 어느 한가지 측면에 집중하면서 다른 측면은 단순히 가정을 한다. 예를 들어, Piaget의 구성주의와 Vygotsky의 사회·문화적 관점 사이의 논쟁이 대표적인 경우이다. Ernest(1994)는 Piaget의 구

성주의는 개인적인 차원의 학습을 중시하면서 사회적 차원을 단순히 개인적인 것의 일부로 보거나 개인적인 문제로 환원될 수 있는 것을 보고 있다고 주장한다. 그는 이런 개인적인 차원과 사회적 차원 사이의 갈등을 수학학습에 관한 사회적 구성주의 이론으로 해결을 시도한다. 사회적 구성주의에서는 수학 학습에서 사회적 과정과 개인의 능동적인 의미 형성 모두가 중요하고 본질적인 요소로 보고 있다.

Piaget의 인지발달 관점이 사회적 영향을 고려하지 않고 개인적인 차원만을 강조했다라는 비난은 Vygotsky의 영향을 받은 상황인지론자들에게 의해서도 제기된다. 개인의 사회·문화적 활동도 정신적 과정의 인지 발달과 관계가 있으며, 개인이 사회적으로 어떻게 활동하느냐 하는 것은 인지 발달에 있어서 중요한 작용을 한다. 상황인지론자들의 주장은 개인의 인지발달을 분석하기 위해서 개인의 내적인 정신구조의 분석만이 아니라 사회적 영향이 고려되어야 한다는 것이다(박성선, 1998). 상황인지론자들에게 따르면 학습은 본질적으로 상황화된 것이며 인지과정이 사고의 영역이나 과제 상황의 특징에 따라 다를 수 있다(Rogoff, 1990).

Leont'ev(1981)은 사회문화에 의해 제공된 사고 도구와 개인의 사고과정의 발달 사이의 관계를 다음과 같이 요약하고 있다.

Vygotsky는 심리학에 필수적인 두 가지 중요한 상호 연결된 인간 생산 활동의 특징 즉 도구적 구조와 타인과의 상호관계 속에서의 관련성을 구분하였다. 이러한 특징들이 인간의 심리적 과정의 성격을 규정한다. 그 도구가 활동을 중재하며 인간과 대상들의 세계는 물론 인간과 다른 사람을 연결해 준다. 이것 때문에, 인간의 활동은 인류의 경험을 동화한다. 이것은 인간의 정신과정(고등 정신기능)은 사회, 문화적으로 형성되고 협동과 사회적 상호작용 과정에서 다른 사람들에 의해 전달될 수단과

방법들과 필연적으로 결부되어 있는 구조를 획득함을 의미한다. 그러나 과정을 실행하는데 필요한 수단과 방법이 외부형식(활동 또는 외부의 언어 형식)과는 다른 어떤 방법으로 전달 될 수 없다. 다시 말해서 인간에게만 유일하게 존재하는 고등 정신 과정은 다른 사람과의 상호작용을 통해서만 즉, 심리간(interpsychological)과정을 통해서만 획득될 수 있으며, 그 후에 각 개인에 의해 독립적으로 실행될 수 있다(PP.55-56).

이러한 Vygotsky이론의 핵심은 더 능력이 뛰어난 파트너의 안내 하에 아동이 문화적 활동에 참여함으로써 아동들은 사회적 상황에서 발생하는 문제해결 방법과 사고 도구를 내면화할 수 있다는 데 있다. 그러나 Vygotsky의 사회·문화적 관점은 다른 사람들과의 상호작용 결과로서의 개인의 내면화 과정을 상세히 설명하지 못하고 있으며, 따라서 현실적으로 엄연히 존재하는 학생들의 개인차를 설명하기 어렵다. 또한 Piaget가 인지발달의 요인으로 사회적 환경의 중요성 특히 동료간의 상호작용이 중요성을 주장하고 있지만, 아동들이 조사하고 탐구하는 실제 사회적 구조가 어떻게 이루어지는지에 대한 설명이 부족하며(Rogoff, 1990), 타인과의 상호작용을 갈등의 요인으로만 분석하고 있다. 즉, Piaget가 개인의 인지 구조 발달의 메카니즘에 관심이 있다면, Vygotsky는 인지발달의 사회·문화적 차원에 집중하고 있는 것이다.

Wood et al(1995)은 학생들의 수학학습을 규명할 때 인지적 과정과 사회적 과정 중 어느 쪽을 중시하고 다른 요인을 2차적인 것으로 보는 것은 문제가 있다고 주장한다. 그들은 수학학습에 대한 두 입장 중 어느 하나를 택하는 것이 아니라 두 가지 해석이 갖는 잠재적 연관성과 가치를 중시하면서 상호 보완적인 입장에서 받아들이고 있다. 즉, 수학학습은 사회, 문

화적 과정에 의해 제어되는 인지적 활동 그리고 활발한 인지적 활동을 하는 개인들이 모인 공동사회가 만들어 내는 사회 문화적 현상이라는 것이다.

학생들의 수학학습이 개인적인 문제로부터, 사회·문화적인 문제, 정치적인 문제에 이르기까지 광범위하게 얽혀 있는 복잡한 과정임을 고려해 볼 때 어느 한가지 이론으로 학생들의 수학학습을 완벽하게 설명할 수 있다는 것은 환상일지도 모른다. 실제로 Piaget의 구성주의와 Vygotsky의 사회·문화적 관점을 통합하는 것도 기본 가정이 다르기 때문에 쉬운 문제는 아니다. Ernest(1994)도 수학교육에서 사회적 구성주의를 포괄적으로 정의하면서, ① 사회적으로 구성된 수학적 지식을 어떻게 설명할 것인가, ② 개인의 수학적 지식과 구성을 어떻게 설명할 것인가를 사회적 구성주의의 주요문제로 보고, Piaget이론을 바탕으로 하는 사회적 구성주의와 Vygotsky 이론을 중심으로 하는 사회적 구성주의로 구분하고 있다. 개인의 수학적 의미구성과 개인들의 상호작용에 따른 수학교실 문화의 형성은 수학교육에서 중요한 두 가지 요소이다.

(2) 협동학습과 상호작용

어느 초등학교의 소집단 활동에서 학생들은 주목할만한 상호작용이 이루어지지 않았으며, 제시된 활동지의 문제를 각자 풀고 있었다. 소집단 활동이 이루어지는 동안 교사는 학생들의 상호작용을 권장하기보다는 순회하면서 과제를 잘 수행하지 못하는 학생을 '가르치는' 역할을 하였다.¹⁾

수학 수업에서 소집단활동의 중요성이 강

조되고 있지만 소집단 활동시 학생들이 능동적인 학습자가 되고, 아이디어의 표현, 비판적 사고, 협동에 적극 참여한다고 보장하지는 못한다. 학생들의 성취도 차이를 조절하거나 단순히 수업 관리 방법으로 소집단을 이용하는 경우도 있다. 소집단 활동이 이루어지는 과정에 대한 조사연구가 필요한 이유다.

소집단활동이 강조되는 이유는 학생들이 주장하고 자신의 주장을 정당화 또는 설명하는데 적극적으로 참여하고, 사회적 상호작용을 통하여 능동적으로 지식을 구성한다는 전제가 되어 있기 때문이다. 즉 소집단 활동은 수학적 담화에 학생들의 참여를 유도하여 교사와 학생, 학생과 학생 사이의 토론 기회를 제공할 때 의미가 있다. 중요한 점은 상호작용이며, 사회적 상호작용과 인지발달의 관계에 있다.

Piaget의 구성주의와 Vygotsky의 사회·문화적 관점 사이에 사회적 상호작용과 인지발달의 관계를 보는 시각 차이가 있다. Piaget가 개인적이고 자율적인 학습자를 강조하는 개인주의자인 반면, Vygotsky는 사회적, 문화적 과정을 중시하는 집단주의자이다. 따라서, Piaget는 학습을 능동적인 개인의 구성과정으로 사회적 상호작용을 자율적인 인지발달을 촉진하는 인지적 갈등을 일으키는 원천으로 보고 있으며, Vygotsky는 학습을 교실문화에 참여해서 수학적 의미를 상호 구성하는 것으로 상호작용을 공유된 이해를 구성하기 위한 합의 또는 협동의 과정으로 보고 있다(Cobb & Bauersfeld, 1995).

피아제는 대상에 대한 활동으로 발생하는 갈등을 해결하는 과정에서 학습이 일어난다고 본다. 어떤 아이디어가 기존의 인지구조와 모순이 생기면 인지적 갈등상태가 생기고 동화

1) 1997년 교원대 대학원 과정에서 초등학교 2학년 수업을 비디오를 이용하여 관찰·분석하는 프로젝트를 수행하였으며, 그 결과는 아직 공식적으로 보고되지 않았다.

또는 조절을 통해 인지구조의 평형이 이루어지고 그 결과 학습이 일어난다는 것이다. 그러나 Bryant(1982)가 지적했듯이 이러한 갈등이 필연적으로 학습을 유발하는 것이 아니다. 무엇인가 새로운 방법으로 해석할 필요가 있는 경우라도 학습이 일어나지 않을 수가 있다. 어떤 상황으로부터 자극을 받아 생긴 인지적 갈등을 동화하거나 조절하지 않고 무시하는 경우가 있으며 이 때는 발달이 이루어지지 않는다. 피아제 이론 체제 내에서 협동학습을 이해하려면 이러한 갈등 개념을 사회 인지적 갈등 개념으로 확장할 필요가 있다(Hoyles & Noss, 1996). 함께 활동하는 학생들은 서로 모순되는 관점을 극복하는 데 전념하고 그 과정에서 공유된 해결 전략을 개발하기 위해 자신들의 인식을 재평가하고 재조직한다.

반면, 사회·문화적 관점에서는 함께 활동하는 학생들이 갈등이 일어나지 않는 상황에서도 타협과 주장에 의해 상호작용을 통해 학습을 할 수 있다고 주장한다. 갈등보다는 조절을, 불일치보다는 합의를 강조한다. 인지적 측면과 사회적 측면은 변증법적 관계에 있으며, 인지적 발달의 메카니즘은 사회적 상황에서 학생들 사이의 조절에 있다. 과제를 통해 학생들 사이 또는 학생과 성인 사이의 타협과 서로의 안내에 의해 문제 상황에 대한 공유된 이해를 개발할 수 있다는 입장이다(Hoyles & Noss, 1996).

사회-인지적 갈등과 타협을 상반된 것이 아니라 동전의 양면으로 볼 수 있다. 교실 사회 문화에 대한 사회적 분석과 학생들의 구성적 활동에 대한 인지적 분석을 통해 두 입장 사이의 구분을 조절할 수 있다.

아동의 일상활동에서 나타나는 수학적 환경을 보면 두 가지 분석적 입장을 조절할 필요가 있음을 알 수 있다. 첫 번째는 아동의 수학에 대한 구성주의적 해석이다: 아동의 수학

적 환경은 아동 자신의 인지적 활동과 분리해서 이해될 수 없다. ……두 번째 입장은 인지에 대한 사회문화적 해석이다: ……수학적 목표에 대한 아동의 구성은 아동들이 참여하는 사회적으로 조직된 활동과 혼합되어 있다.(Saxe & Bermudez, 1992)

두 입장의 이론적인 가정이 다르기 때문에 두 입장을 하나의 이론으로 통합하는 데는 무리가 있다. 그러나 인지적인 측면과 사회적인 측면 중 어느 것이 중요한가의 논쟁을 하지 않는다면 즉, 공존하면서 상호관계가 있는 것으로 해석할 수도 있을 것이다. 교실 현상에서 학생들의 수학 학습에 대한 사례 연구가 요구된다.

4. 컴퓨터의 수학교육적 활용

수학교육에서 컴퓨터를 어떻게 활용할 것인가에 관한 논의가 광범위하게 이루어져 왔다. 이러한 연구들은 컴퓨터에 대한 시각, 수학교육에 대한 철학적 배경에 따라 구분할 수 있으며 이것은 컴퓨터를 활용한 수학교육이 어느 정도로 가능하고 어떤 방향으로 진행되어야 하는지를 이론화하는 데 도움이 된다. 수학 교수학습 과정에서 어떤 종류의 컴퓨터 활동을 선택하고 만들어 갈 것인지, 컴퓨터를 이용한 수학교육이 갖는 의미가 무엇인지를 알아보는 데도 도움이 된다. 예컨대, 교사로서의 컴퓨터 이용은 행동주의 심리학을 배경으로 하고 있으며, 이미 만들어져 있는 수학을 학생들에게 잘 전달하고 연습시키는 역할에 초점을 맞춘 것이다. 프로그래밍 언어 LOGO는 수학학습을 위해 개발된 컴퓨터 언어로, 수학적 개념을 구체적인 활동을 통하여 이해시킬 수 있을 뿐만 아니라 그 활동의 결과는 나중의 추상적인 수학적

습을 위한 모태가 된다는 아이디어에 따라 개발되었다. LOGO는 구성주의와 사회·문화적 관점(Papert의 Constructionism)을 배경으로 하고 있으며 학생으로서의 컴퓨터의 전형이다. 본 장에서는 1절에서 전통적인 패러다임에서의 컴퓨터의 활용을 CIA를 중심으로 논의하고, 2절에서는 구성주의 패러다임에서의 컴퓨터 활용에 관하여 논의한다.

(1) 전통적 패러다임에서의 컴퓨터의 활용

컴퓨터의 역할은 누가 누구를 가르치느냐에 따라 교사로서의 컴퓨터, 학생으로서의 컴퓨터, 도구로서의 컴퓨터로 나눌 수 있으며 (Tylor, 1980). 이러한 컴퓨터의 활용은 사용자의 인식론적, 심리적, 교수학적 신념과 당시의 사회·문화적 관점에 따라 달라질 수 있다.

교사로서의 컴퓨터 이용의 대표적인 경우가 CAI다. CAI에서는 전통적인 수업패러다임에서 나타나는 교사의 질문-학생의 반응-교사의 평가로 이어지는 상호작용 모델에서 교사의 역할을 컴퓨터가 대신한다. 당시의 유력한 심리학적 이론인 행동주의 심리학을 이론적인 배경으로 삼고 있는 CAI는 많은 사람들의 비난을 받는 가운데도 일반화가 상당히 이루어졌다 (Crook, 1994). CAI는 ① 문제의 개별화와 특정 학습자의 요구에 맞추어 질문을 하고, ② 구조적인 피드백을 제공해 준다는 장점을 갖고 있다. CAI에서 지능의 핵심은 학생들이 풀고 있는 문제와 똑같은 문제를 실행하는 전문가의 시스템이다. 학생들의 반응이 전문가의 생각과 같지 않으면, 그 시스템이 개입해서 학생들이 전문가의 풀이 방법을 알 수 있도록 지도를 한다. 학생들이 저지를 수 있는 오류 유형을 미리 만들어 놓고 학생들의 오류에 따라 설명을

제공할 수도 있다(Resnick & Johnson, 1988).

1970년대 수학교육에 관한 연구의 대부분은 교육과정에 나오는 수학적 대상들(예, 대칭, 음수 등)과 수학적 언어(예...이면, ...이다)에 대한 학생들의 이해에 관한 연구로, 지필에 의한 학생들의 오류 즉, 오개념이 실험의 대상이고 오개념의 처치에 주력하였다(Hoyles & Noss, 1996). 이러한 연구 패러다임에서의 문제점은 학생들의 과제경험과 상황요인을 고려하지 못하였으며, 결과적으로 학생들의 수학적 대상에 대한 인식이 수학자들의 인식과 다르다는 사실을 밝혀냈다. CAI에서도 1970년대의 오개념 연구 패러다임에서의 오류를 똑같이 범하고 있다. 학생들의 오류를 진단하고 모델링하는 과정에서 국소적이고 한계가 있으며 인간 교사보다 효과적이지 못할 수도 있다. CAI가 학생들이 자신들의 의도를 표현할 수 있고 시스템이 학생들의 의도대로 작동될 수 있도록 설계되었다면 상호작용과 학생들의 능동적인 표현이 어느 정도는 강화될 수 있을 것이다.

(2) 구성주의 패러다임에서의 컴퓨터 활용

구성주의 입장에서의 컴퓨터의 수학교육적 활용에서는 기존의 교육과정을 전달하기 위해 설계된 소프트웨어보다는 학생들의 탐구활동과 사회적 상호작용을 어떻게 촉진할 것인가에 관심이 집중된다. 기존의 교육과정을 효과적으로 전달하기 위해 설계된 소프트웨어가 어떤 면에서는 유용할 수도 있다. 이차방정식의 풀이를 가르치기 위해 식의 변화를 동영상으로 보여주는 것이다. 그러나 이러한 소프트웨어는 교수학적 관점에서 보면 문제가 있다. 보는 것만으로는 학습이 일어난다고 보장할 수 없으며, 학생들의 직접적인 통제와 활동, 학생들의 아이

디어를 표현하는 수단을 제공하지 못하면 교사가 가르치는 것보다 효과가 없을 수도 있다. 초기의 컴퓨터 활용은 수학 내용을 가르치기 위해 만들어진 것들이 대부분으로 전통적인 전달 패러다임의 교사의 질문-학생의 반응-교사의 평가라는 제한된 상호작용 모델을 적용한 CAI가 대표적이다. 그러나 이러한 프로그램들은 교과서 이상의 것을 보여주지 못했으며 이로 인해 컴퓨터를 거부하는 교사들이 늘어났다 (Hoyles & Noss, 1996).

개인의 능동적인 수학적 의미구성과 개인들의 상호작용에 따른 수학 교실 문화의 형성이 수학교육에서 중요하다면 소프트웨어도 이런 점을 반영해야 한다. 그런 소프트웨어의 대표적인 유형이 직접조작 인터페이스와 상호작용 프로그래밍 환경으로, 직접 조작패러다임(메뉴, palletes, 아이콘 기반 상호작용 기법 등)은 학습가능성, 탐구가능성, 심미적 호소력이 있고, 상호작용 프로그래밍 패러다임은 사용자가 자신이 학습하고자 하는 지적 영역의 절차들을 개발할 수 있는 언어 매체를 제공함으로써 확장능력과 표현능력이 뛰어나다(Eisenberg, 1995). 컴퓨터가 없는 상황에서는 학습자 스스로 정신적 모델을 만들어야 했었지만, 직접적인 마우스 조작으로 스크린 상에서 구체적이고 시각적인 모델을 만들 수 있고, 사용자에게 풍부한 표현력을 제공하는 것이 이들 프로그램들의 목적이다. cabri2나 GSP, Mathview, CAS 등이 직접조작 인터페이스에 해당되고 상호작용 프로그래밍의 대표적인 경우가 LOGO이다.

소프트웨어 설계에 가장 중요한 이러한 두 가지 특징을 통합하려는 시도가 이루어지고 있다. 예를 들어, Sendov와 Sendova(1993)은 유클리드 기하를 대상으로 하는 마이크로월드인 Geomland를 만들었다. 이것은 LOGO로 작성한 것이기는 하지만 직접적인 마우스 조작이 가능

하고 역동적인 기하시스템과 똑같은 기능을 갖는다. 프로그래밍의 장점과 직접 조작을 종합한 것으로 모두의 강점을 그대로 간직한 새로운 소프트웨어이다. cabri2나 GSP의 매크로 기능이나 스크립의 기능은 프로그래밍처럼 편집 가능성을 예견해 주고 있으며 이러한 Eisenberg의 아이디어는 컴퓨터의 수학교육적 활용에서 컴퓨터에 대한 시각을 정립하는 데 유용하다 (Hoyles & Noss, 1996).

구성주의 패러다임에서 요구하는 소프트웨어는 학생들이 무엇인가 자유롭게 탐구하고 그 과정을 수학적 언어로 표현하며, 그것을 동료나 교사와 의사소통하는 과정에서 자신의 구성과정을 반성할 수 있는 환경을 제공할 수 있어야 한다(류희찬, 1998). 또한 재미있고 학생들의 능동적인 참여를 유도할 수 있으며, 충분히 구체적이고 연결이 자유롭고 풍부한 환경을 제공할 필요가 있다.

5. 결론 및 제언

컴퓨터와 소프트웨어의 발달이 점점 빨라지고 있고, 사용자가 이용하기 쉽게 만들어지고 있으며 일상생활, 전문적인 실재에서 컴퓨터는 필수적인 도구가 되어 하나의 문화를 형성하게 되었다. 컴퓨터의 수학교육적 활용가능성도 그 만큼 커지고 있다. 그러나 컴퓨터 도입에 따른 불안과 컴퓨터 만능주의도 존재하며 교사들이 갖고 있는 이론적 관점에 따라 컴퓨터의 이용도 다양하게 나타난다.

최근 학생들의 경험, 흥미, 관련성을 증시 하면서 학생들에게 의미 있는 수학을 도입하는 움직임이 구성주의와 사회·문화적 관점을 지지하는 수학교육자, 수학교사들에 의해 일고 있다. 이러한 개혁 운동은 컴퓨터의 수학교육

적 가능성과 관련되어 여러 가지 이슈를 제기하고 있다. 그러나 이에 대한 실천적인 연구는 아직 초보적인 단계로 컴퓨터 수학교육론에 관한 이론적, 실천적 연구가 절실히 요구된다.

수학교육에서의 성공적인 컴퓨터 활용을 위해 다음과 같은 연구가 이루어져야 할 것이다.

첫째, 컴퓨터가 존재하는 수학교실에서의 협동학습, 컴퓨터를 이용한 상호작용, 컴퓨터를 이용하는 학생들의 수학적 의미구성 과정과 수학교실 문화의 변화 등에 대한 사례연구가 요구된다. 상호작용의 특징, 상호작용과 수학적 사고방법 사이의 관계, 개인의 인지발달과 교실 사회·문화와의 관계 등 여러 가지 관점에서 실제적인 연구 분석이 이루어질 필요가 있다.

둘째, 컴퓨터 활용의 일반화와 통합에 대한 연구가 이루어져야 한다. 수학교육에 컴퓨터를 성공적으로 도입하는 데 중요한 요인 중의 하나가 바로 일반화의 문제이며 일반화의 문제는 소프트웨어의 통합을 통해 가능하다. 논란의 여지가 있지만, 미래 사회의 주요 매체이자 일상적인 도구인 컴퓨터가 기존의 다른 도구들과는 다른 측면에서 수학교육의 일부가 되어야 할 것이다. 교육과정의 문제, 인식론적 문제, 교육환경의 문제, 교사재교육 등 관련된 연구들이 이루어져야 한다.

셋째, 컴퓨터를 이용한 수학교육에서의 평가 방법에 대한 연구가 요구된다. 수학교육 개혁운동의 성패에 영향을 끼치는 주요 변수가 평가의 문제이며, 컴퓨터를 활용하는 수학교육에 맞는 평가방법의 개발이 요구된다.

넷째, 학교수학의 목적을 실현시키기에 적합한 통합 소프트웨어에 대한 연구개발이 이루어져야 한다. 이를 위해 먼저 학교수학이 무엇인가에 대한 면밀한 분석이 선행되어야 하며,

고립되고 응용이 가능한 교과로서보다는 학문적인 수학과 실제적 수학이 통합된 교육과정을 모색할 필요가 있다. 또한 교육공학, 심리학 등 관련분야의 전문가들과의 공동연구를 통해 학교수학의 목표와 방법에 적합한 소프트웨어를 개발하는 것이 중요하다.

참고 문헌

- 우정호 (1998). 학교수학의 교육적 기초. 서울대학교 출판부.
- 임재훈 (1998). 플라톤의 수학교육 철학 연구. 서울대학교 대학원 박사학위 논문.
- 류희찬 (1998). 탐구형 소프트웨어를 활용한 '열린' 수학교육. 열린교육의 이론과 실제. 167-181.
- Becker, H. J. (1991). How computers are used in United States schools: Basic data from the 1989 IEA computers in education survey. *Journal of Educational Computing Research*, 7, 385-406.
- Burghes, D. et al. (1996). Mathematics curriculum for the 21st century. *Mathematics for the new millennium: What needs to be changed and why?* Mathematical Sciences Group Institute of Education.
- Bryant, P. (1982). The role of conflict and agreement between intellectual strategies in children's ideas about measurement. *British Journal of Psychology*, 73, 243-252.
- Cockcroft, W. M. (1982). *Mathematics counts*. London : HMSO.
- D'Ambrosio, U. (1991). Ethnomathematics and its place in the history and pedagogy of mathematics. In M. Harris(Ed.), *Schools*,

- mathematics and work* (pp. 15-25). London: Falmer Press.
- Darfler, W., & Mclone, R. R. (1986). Mathematics as a school subject. In B. Christiansen, A. G. Howson, & M. Otte (Eds.), *Perspectives on Mathematics Education* (pp.49-97). Dordrecht: Reidel.
- Eisenberg, M. (1995). Creating software applications for children : Some thoughts about design. In A. diSessa, C. Hoyles, & R. Noss(Eds.), *Computers and exploratory learning* (pp.175-196). Berlin: NATO.
- Ernest, P.(1994). Social constructivism and the psychology of mathematics education. In P. Ernest(Ed.), *Constructing mathematical knowledge: epistemology and neductio* (pp. 62-72). London: The Falmer Press.
- Hodgson, B. R.(1995). The roles and needs of mathematics teachers using IT. In D. Watson & D. Tinstey(Eds.), *Integrating information technology into education* (pp.27-38). London: Chapman & Hall.
- Noss, R., & Hoyles, C . (1996). *Windows on mathematical meanings: Learning cultures and computers*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers
- Julien, J. St.(1997). Explaining learning: The research trajectory of situated cognition and the implications of connectionism. In D. Kirshner & J. A. Whitson(Eds.), *Situated cognition : social, semiotic, and psychological perspectives*. London : LEAP.
- Kaput, J. J.(1992). Technology and mathematics education. In D. A. Grouws(Ed.), *Handbook of research on mathematics teaching and learning*(pp. 515-556). New York: Macmilan P.C.
- Kilpatrick, J., & Davis, R. B.(1993). Computers and curriculum change in mathematics. In C. Keitel & K. Ruthven(Eds.), *Learning from computers: Mathematics education and technology*. Berlin: Springer-Verlag.
- Kirshner, D.(1997). Editors' introduction to situated cognition : Soial, semiotic, and psychological perspectives. In D. Kirshner & J. A. Whitson(Eds), *Situated cognition : Soial, semiotic, and psychological perspectives*. London : LEAP.
- Leont'ev, A, N.(1981). The problem of activity in psychology. In J. V. Wertch(Ed.), *The concept of activity in Soviet psychology*. Armonk. NY: Sharpe.
- Paper, S. (1980). *Mindstorms: Children, Computer, and Powerful ideas*. NY: Basic Book.
- Resnic, L. B. & Johnson, A. (1988). Intelligent machines for intelligent people: Cognitive theory and the future of computer assisted learning. In R. S. Nickerson & P. P. Zodhiaes(Eds.), *Technology in education: Looking towards 2000*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erbaum Associates.
- Rogoff, B.(1990). *Apprenticeship in thinking: Cognitive development in social context*. Oxford: Oxford university press.
- Sendov, B., & Sendova, E. (1993). East or West- GEONLAND is best, or dies the answer depend on the angle? In A. disessa, C. Hoyles, & R. Noss(Eds.), *Computers and Exploratory Learning* (pp. 59-78). Berlin : Springer-Verlag.

Epistemological and psychological foundation for computer mathematics education

Lew, Hee Chan · Cho, Wan Young

Enthusiasm about the introduction of computers into mathematics education is widespread. But, the perspectives about the relationship between mathematics education and computer are diverse.

The purpose of this study is to examine theoretical background for using computers in mathematics education. In spite of the pedagogical possibilities of computers, only a small minority of mathematics teachers are using computers in mathematics classroom. It is natural to seek this obstacles within theoretical background of the teachers who manage computers. In this study, We discuss the problems in the two sides.

First, due to increased computer activity, relationship of mathematics in school with mathematics in society is changing. It is tension between academic mathematics and practical mathematics. School mathematics have to be changed toward stressing practical mathematics. Second problem is the dialectical relationship between the individual and the collective. While maintaining a respect for the individuality of student contributions, We take into account the social dimension of mathematical meaning-making. We discussed theoretical clarification of work collaborative learning. We propose the case study for the roles of computer in collaborative mathematics learning.