

미국 시카고대학 학교수학 프로젝트(UCSMP)에 대하여

류 회 찬(한국교원대학교)
최 정 화(광주중학교)

I. 서 론

최근 10년 사이 정보의 폭발적 증가, 기술공학의 눈부신 발전과 더불어 수학의 적용범위는 놀랄 만큼 광범위해졌다. 또한, 수학적 아이디어들은 전문분야들에서 뿐만 아니라 일반인의 일상생활에도 크게 영향을 미치고 있다(Usiskin, 1989).

이와 같이 현대사회에서의 수학에 대한 요구는 날로 늘어가고 있으나 우리나라의 수학교육과정은 날로 확대되어가고 있는 수학의 응용성을 반영하지 못하고 있다.

1990년대에 국민학교 1학년에 다니는 학생들은 다음 세기의 초반기 이후에나 사회의 주요 구성원으로서 생활해 나가게 된다. 교육의 사회적 역할 중의 하나가 미래사회를 대비하는 것이라면 오늘날을 살아가는데 필요한 내용 뿐만 아니라 첨단과학의 미래사회를 준비하는데 필요한 내용들이 교육과정에 반영되어야 한다. 그러나 입시과목으로서의 수학에 대한 지대한 관심에도 불구하고, 우리나라 학생들은 미래사회에 적용하기에 충분한 기본적인 수학지식을 습득하고 있는지 의문이다.

우리나라의 수학교육과정을 개선하기 위해서는 전세계적으로 일고 있는 수학교육의 개혁동향에 대해 주목할 필요가 있다. 그 중에서도 수학교육 개혁을 가장 활발하게 선도하고 있는 것은 미국 수학교육계이다. 미국에서는 문제해결력이나 사고력을 강조하는 1980년대의 움직임의 연장선 상에서 1990년대에는 컴퓨터와 계산기 등의 교육공학이 대폭적으로 도입되는 방향으로 진행되어 가고 있다. 현재 미국 수학교육계에서는 전반적인 자기반성을 통하여 학생들로 하여금 미래사회에 대비할 수 있도록 하기 위해 가장 중요하고 필요한 수학의 부분들이 반영될 수 있는 수학교육과정을 만들고자 하는 시도가 일고 있다.

그 한 예로, 미국 시카고 대학에서는 미국 내의 이러한 요구들을 학교 현장으로 흡수하여 미국 보통수준 학생들의 수학교육의 질을 높이고자 하는 목표 하에 대규모 프로젝트를 수행하고 있다. 시카고대학 학교수학 프로젝트(The University of Chicago School Mathematics Project ; UCSMP)라 불리는 이 프로젝트는 미국 내 여러 재단의 대폭적인 지원 하에서 1983년부터 이루어지고 있는데, 이미 수학교육의 새로운 방향을 정립한

프로젝트로 평가받고 있다. 특히, 기술공학과 응용의 측면을 강조하고 있다는 점에서 우리나라 수학교육계에도 시사하는 바가 크다.

본고는 UCSMP의 전반적인 성격과 활동상을 소개하고, 이 프로젝트가 우리나라의 수학교육에 어떤 시사점을 줄 수 있는지를 정리해 봄으로써 앞으로 있게 될 교육과정개발을 위한 기초자료를 제공하는 데 그 목적이 있다. 특히, 본고는 수학교육과정에서 기술공학의 역할 측면에서 UCSMP는 어떤 활동을 수행하고 있는지에 주목하고자 한다.

II. UCSMP의 개관

1. UCSMP의 기본 신념

- (1) 수학은 모든 사람에게 가치로운 것이다.
- (2) 실제로 모든 학생들은 많은 양의 수학을 학습할 수 있는 능력이 있다.
- (3) 현재 대다수의 고등학생들은 미래에 그들이 직면하게 될 문제를 해결하는 데 필요한 만큼 충분히 수학적으로 갖추지 못한 상태에서 고등학교를 졸업한다.
- (4) 다른 여러 나라들로부터 배울 수 있다.
- (5) 수학 교육의 문제들의 주요 원인은 교육과정 상에 있다.
- (6) 현행 수학교육과정은 낭비요소가 많다. 학생들이 가지고 있는 선형지식을 너무 과소평가하며, 이미 학습한 내용을 불필요하게 복습 시키는 경우가 많다.
- (7) 계산기와 컴퓨터가 수학교육에 도입되면 현행 교육과정상의 어떤 내용은 불필요하게 되나 어떤 내용은 그 중요성이 더욱 부각될 수 있다. 또한, 교수학습 방법에서 보다 바람직한 변화가 가능하다.
- (8) 모든 학교 단계에서 다루어지는 수학의 지도 내용은 확대되어야 한다.
- (9) 교실에서의 수업은 실생활과 분리되어서는 안된다.
- (10) 초등학교에서 중요한 변화를 이루어내기 위해서는 전문화된 초등 교사들이 필요하다.
- (11) 학교 현장에서의 뜻있는 변화를 추구하기 위해서는 학교 경영자들과 교사들이 함께 노력해야 한다.
- (12) 어떠한 실재도 그 실재에 대한 우리의 인상과 항상 일치하는 것만은 아니다. 따라서 실재에 대한 공정한 평가가 항상 필요하다.
- (13) 교육을 개선하기 위해서는 모든 교육계로부터의 도움이 필요하다.

2. UCSMP의 조직

(1)집행위원회(Director's Office) : 분과들의 활동을 통합하고 UCSMP를 대표한다.

(2)초등 교재 분과(Primary Materials Component) : 저학년용의 교육 과정들과 교재를 개발한다.

(3)초등교사교육분과(Elementary Teacher Development Component) : K-3학년 교사들을 위한 일반 연수모형과 4-6학년의 수학 전문교사 연수모형과 교재를 개발한다.

(4)중등 분과(Secondary Component) : 7-12학년을 대상으로 한 완전한 수학교육과정의 개발과 교사 연수를 위한 교재와 활동들을 지원한다.

(5)자료 개발 분과(Resource Development Component) : 외국 문헌과 교재를 선정, 분석하고, 번역하며 국제 수학교육 자료 센터(International Mathematics Education Resource Center)를 운영한다.

(6)평가 분과(Evaluation Component) : UCSMP의 연구에 피이드 백을 제공하기 위해 실험 학급을 운영하고 참여 교사들을 통제한다. 또한, UCSMP가 행한 연구의 효과를 측정하기 위한 연구들을 설계하고 실행한다.

3. 각 분과의 활동

(1) 초등 교재 분과 (Primary Materials Component)

초등 교재 분과는 1985년 여름부터 취학전 아동들을 위한 교육기관의 교사 5명과 함께 취학전 아동들과 국민학교 저학년 아동들을 위한 교육과정 개발 연구에 착수하였다.

< 새 교육과정의 구성 원리 >

UCSMP의 초등 교재 분과와 그에 참여한 5명의 교사들은 유치원과 국민학교 저학년 아동들을 위한 Everyday Mathematics라는 프로그램을 다음과 같은 원리에 바탕을 두고 개발하였다.

- 아동들은 그들 자신의 경험으로부터 지식, 개념, 기능을 구조화한다. 교사나 아동 주변의 모든 사람들이 이런 경험에 중요한 영향을 미친다.

- 대부분의 아동들은 상당한 지식과 그것을 구축할 수 있는 직관력을 가지고 학교에 입학한다.

- K-3학년 교육과정의 주요한 임무는 직관과 구체적 조작활동을 통해 기호로 표현되는 추상적 개념과 기능으로의 점진적인 전이가 일어날 수 있도록 아동들을 돕는 것이다.

- 학습자료는 풍부한 내용을 제공하고 특별한 기능과 학습 스타일을 조화시킬 때 그 가치가 있다.

< Everyday Mathematics의 특색 >

Everyday Mathematics는 교사와 학생 그리고 학생들 상호간의 수학에 대한 대화 형식으로 구성되어 있다. 이 프로그램에서는 어렵셈과 문제해결을 위한 다양한 전략이 권

장되어지고 있으며, 수학적 사고가 언어적 사고와 마찬가지로 자연스럽게 이루어지고 있다. 또한, 이 프로그램은 개념 발달과 응용의 처음 단계에서부터 계산기를 사용하고 있다.

< 유치원용 Everyday Mathematics >

유치원용 Everyday Mathematics는 약 100시간 분량의 수학 학습활동으로 구성되어 있다. 이 프로그램에서는 능동적인 활동, 언어를 이용한 상호작용과 조작활동을 강조하는데, 수 세기, 계산, 연산개념, 측도, 기하, 시계와 달력의 사용, 그래프 그리기, 패턴 및 속성 찾기, 그리고 함수에 관한 아이디어들을 포함한 다양한 학습요소들을 다룬다. 실생활에 대한 응용이 각 학습에서 강조되고 있으며, 많은 보상을 주는 경험을 통해 개념을 통합하고 견고히 할 수 있도록 구성되어 있다. 유치원용 Everyday Mathematics는 다음과 같은 세 부분으로 나뉘어져 있다.

- Lesson Guide는 여러가지의 간단한 활동들을 제시하는데 유치원용 Everyday Mathematics의 중심부분이다. 여기에는 수직선, 달력, 서어비스료, 온도와 날씨의 기록, 작업 카드, 일일 스케줄, 그리고 교실에서의 자료를 이용한 실습이 포함되어 있다.

- Minute Math는 짝투리 시간에 이용할 수 있는 '단편적 활동'이 제시된 것으로 이 활동들은 Lesson Guide의 활동을 강화시켜 주는 역할을 한다. 또한, 문제해결력 향상을 위한 간단한 문장제들을 제시하고 있다.

- Student Activity Aids는 각 단원들을 지원해 줄 수 있는 게임들이나 재미있는 문제 해결법 등을 제시하고 있다.

< 1학년용 Everyday Mathematics >

1학년용 Everyday Mathematics는 유치원용 프로그램의 개념들을 부호를 사용하는 연산들로 전환시키는 데 초점을 맞추고 있다. 이 프로그램은 약 200시간 분량으로 이루어져 있다. 이 프로그램은 다음과 같이 네 부분으로 나뉘어져 있다.

- Lesson Guide는 매일의 수업을 위한 부분으로 수에 대한 기능들과 암산과 자료의 수집과 정리 등이 다루어지는 부분과 과학, 언어 그리고 사회 문화와 관련된 자료 부분, 참고 부분, 요점정리 부분으로 되어있다.

- Minute Math는 유치원용 프로그램에서와 같은 목적의 소책자이다.

- 'Student Journal' 3권과 'A Number About Me', 'Activity Sheets'는 학생들이 낱장으로 분리하여 사용할 수 있도록 만들어진 교재이다.

- 'Home Links'는 가정학습을 통해 이 프로그램의 활동을 뒷받침하기 쉽하기 위한 소책자이다.

< Everyday Mathematics의 사용에 대한 고무적인 결과들 >

Everyday Mathematics의 개발에 동참했던 교사들은 다음과 같은 고무적인 결과들을

보고했다.

- 파트너나 소집단 활동들을 통해 학생들의 공동체의식을 함양시킬 수 있었다.
- 패턴에 대한 강조와 수학적 개념의 확장은 학생들로 하여금 새로운 가능성을 깨닫도록 해 주었다.
- 학생들이 수학을 배워야 한다는 생각을 갖게 되었으며, 학생들의 수학에 대한 관심도가 높아졌다.
- 부모들은 학생들의 수학적 성취도의 변화에 지지를 보였다.
- 교사들이 수업시간에 학생들과 아이디어, 자료, 수학적 일화와 역사를 공유할 수 있게 되었다.

(2) 초등교사교육분과(Elementary Teacher Development Component)

미국 학교 교육의 재건을 요청하는 최근의 연구들의 결과들을 바탕으로 초등 학교교육을 재정립하기 위해서 이 분과에서는 저학년 교사를 대상으로 한 일반교사(generalist teacher) 연수모형과 4학년 이상의 교사를 대상으로 한 전문교사(specialist teacher) 교육모형을 창안했다.

< MathTools for Teachers : K-3학년 교사 훈련 패키지 >

MathTools for Teacher는 시카고 지역의 세 곳의 공립학교 K-3학년 교사들과 함께 행한 UCSMP의 1983년-1985년도의 실험 결과를 통합한 것으로 이 실험연구에서 가장 효과적이었던 부분은 교사들이 수학교육과정에 대한 교수법적 기초를 학습하고, UCSMP의 학습자료들에 대한 직접적인 경험을 얻으며 실행을 위한 전략들을 생각해 보기 위해 1년간 매월 개최된 워크샵이었다. MathTools for Teachers는 다음과 같은 점에서 교사들에게 도움을 주었다.

- 수학 교수시간을 늘리게 되었다.
- 덧셈, 뺄셈, 자리값 등이 아닌 '수학'을 가르치게 되었다.
- 구체적이고 직접적인 학습자료를 사용하여 추상적 개념을 소개하게 되었다.
- 개념과 문제해결에 대해 가르칠 때 계산기를 사용하게 되었다.

MathTools for Teachers는 교구 패키지가 한 세트에 포장되어 운반가능하도록 설계되어 교육청 소속의 훈련진이 이 프로그램을 자체적으로 운영할 수 있다. 이 패키지에는 워크샵 활동을 위한 계산기, 워크북, 학생들의 수학 학습교구 세트(math kit) 등이 포함되어 있다. 워크샵의 주제들은 기하, 측도, 자료 수집과 그래프 그리기, 개념 획득을 위한 계산기의 사용, 세기(counting), 계산과 연산 개념, 문제해결, 어림셈(estimation)과 암산(mental computation) 등이었다. 또한, 워크샵 이후에도 계속적으로 전문적인 관심사에 대한 논의와 공통된 목표들에 대한 인식을 갖을 수 있도록 하기 위해 학교에 근거를 둔 교사 네트워크를 위한 지침을 제공하고 있다.

시카고와 그 근교, 피츠버그에 근무하는 600명 이상의 교사들이 성공적으로 K-3학년 MathTools for Teachers 프로그램을 마쳤고, 약 300명 정도의 교사들이 1989년-1990년에 추가로 이 프로그램에 참가했다.

< 4-6학년 수학 전문교사 프로그램 >

4-6학년 수학 전문교사 프로그램은 교사들에게 오늘날 주류를 이루는 수학교육에 관한 사고의 토대를 마련해 주고, 교사들을 수학교육계의 진정한 멤버로 참여시키며 교육과정들에서 변화를 소화해 낼 수 있도록 그들을 준비시키기 위한 것이다. 이 프로그램에 참여하는 학교의 교장들이 리더로서의 자격이 있고 다른 교사들과도 원만한 관계를 유지하는 교사들 중에서 현재 가르치고 있는 학년과 무관하게 지원 교사를 선발한다. 1년 동안의 장기간의 과정에서 교사들은 초등 교육과정과 관련된 영역에서 깊이 있는 수학적 기초를 학습하고, 고학년들을 가르치기 위한 기법들에 대한 전문지식을 습득하며 저학년 교사들에 대한 의논상대로서의 역할을 수행하기 위해 훈련을 받는다.

4-6학년 수학 전문교사 프로그램은 250시간에 걸친 세미나로 이루어졌다. 첫번째 단계로 3주간의 여름 강습과 학기 중 매월 2회씩의 모임을 가지며 수학적 기초를 확립하고 수학 교수와 관련된 문제들을 논의한다. 수학 전문교사가 되기 위한 바로 전 단계로서 교사들은 교육과정과 교실 조직에 초점을 맞춘 두번째 여름 강습에 참여한다. 참가자들은 또한 K-3학년 교사들에게 조언해 줄 수 있도록 K-3학년 훈련 프로그램의 개략적인 내용을 학습하며, 더불어 영국 Nottingham 대학의 Shell 연구소와 UCSMP에 의해 공동으로 개발된 컴퓨터를 사용한 교수법을 학습한다.

4-6학년 수학 전문교사 프로그램의 첫 시범적인 실행에 참여한 시카고의 6개 학교 각각은 그들 학교의 특수상황에 맞도록 실행모델을 개발하였다. 훈련에 참여한 12명의 교사들은 수학 전문교사로서의 역할을 원활히 수행해 냈고, 그들 자신의 직업의식이 고양되었으며 학생들이 그들에 대해 새로운 존경심을 나타내었다고 보고하였다. 이러한 긍정적인 결과를 바탕으로 교사들은 Mathematics Specialist Asssocation을 조직하여 정기적인 회합을 갖고 있다.

< The UCSMP Institute Mathematics Specialization >

시카고 지역 학교들에서의 수학 전문교사 프로그램의 성공적인 실행 결과를 바탕으로 The UCSMP Institute Mathematics Specialization가 설립되었다. 이 연구소에서는 수학 전문교사 프로그램을 전국적으로 보급을 하기 위하여 Ford Motor Company의 후원하에 초등학교들로부터 교사 전문화를 위임받은 각 교육청들과 시카고 대학과의 협력을 도모하는 역할을 수행한다.

(3) 중등 분과 (Secondary Component)

UCSMP 중등분과의 기본 목표는 7-12학년 학생들의 6년에 걸친 복잡한 수학교육과

정에 도구가 될 수 있고 효과적인 교재들을 설계하고 개발하는 것이다. 이러한 목표 하에 UCSMP는 중등 수학교육을 6년 과정으로 다음과 같이 조직하여 각각에 대한 교과서를 개발하였다.

- Transition Mathematics
- Algebra
- Geometry
- Advanced Algebra
- Functions, Statistics and Trigonometry with Computers
- Precalculus and Discrete Mathematics

이러한 6개 과정의 교과서들에서 다루어지는 주요 내용들을 살펴보면 다음과 같다.

① Transition Mathematics : 이 과정은 수학과 실생활에서의 산술적인 연산에 초점을 맞추어 응용 연산, 기초 대수, 기초 기하 세 주제를 중심으로 구성되어 있다. 변수를 세가지 형태 즉, 패턴의 일반형, 공식에서의 생략형, 그리고 문제들에서의 미지수로 도입하고, 수직선과 좌표평면 상에서의 다양한 표현방법들을 통해 대수를 도입하고 있다. 또한, 기본적인 대수적 기능들과 연산, 측도, 대수와 연결된 구체적인 기하 개념들을 다루고 있다.

② Algebra : 이 과정에서는 기존의 대수 교과서들보다 더 광범위한 영역을 다루며 응용을 강조하고 있다. 일차, 이차방정식과 그래프, 거듭제곱, 다항식, 이원이차연립방정식 등을 학습한다. 일차방정식과 부등식을 학습하는 과정에서 확률과 기하를 이용하고, 분수의 개념을 사용하여 확률 개념을 도입하고 있다. 연립방정식, 다항식, 그리고 제곱근과 거듭제곱에 관한 단원들에서 동기유발을 촉진시키기 위해 응용이 강조하고 있다.

③ Geometry : 이 과정에서는 측도를 포함한 종합적인 접근방식과 변환과 좌표를 포함한 대수적 접근방식을 동시에 사용하고 있는데, 대부분의 기존 교과서들과 학습내용의 배열에서 차이를 보인다. 좌표, 변환, 측도 공식들과 비교해 볼 때, 입체도형을 전반부에 제시하고 증명은 중반 이후로 미루어 놓아 지필 증명과 수학적 논리들을 단계적으로 이해하기 위한 사전 지식을 견고히 하고자 시도했다.

④ Advanced Algebra : 이 과정에서는 여러 개의 미지수를 갖는 일차 방정식들과 이원이차연립방정식들을 학습한다. 또한, 실생활의 모델링을 위한 도구로써 다항식, 지수함수, 로그함수, 그리고 그 밖의 특별한 함수들을 학습한다. 이 교과서에서는 변환이나 측도 공식들과 관련되는 기하학적 아이디어들이 전반적으로 강조되어 있다.

⑤ Functions, Statistics and Trigonometry with Computers : 이 과정에서 학생들은 기술통계와 추측통계, 조합과 확률, 그리고 지수함수, 로그함수, 삼각함수와 주기함수에

대해 학습한다. 대수적 사고와 통계적 사고가 교과서 전반에 걸쳐 통합되어 있고, 실제 현상들에 대한 모델링을 강조하고 있다. 또한, 이 과정은 컴퓨터가 실험예시나 연구과제들을 위해 필요할 때는 언제나 쉽게 사용되어질 수 있다는 것을 전제로 하고 있다. 학생들은 함수들의 그래프를 그리고 방정식과 그들의 그래프 사이의 관계를 탐색하고 시뮬레이션, 자료의 생성과 분석, 극한 개념을 전개하는 과정에서 function grapher, 통계 팩키지, BASIC 프로그램들을 사용한다.

⑥ Precalculus, and Discrete Mathematics : 이 과정은 기초적인 함수들에 대한 복습, 삼각함수, 다항식, 유리함수들에 관련된 함수들의 성질, 극좌표, 복소수, 미분과 적분 등으로 이루어져 있다. 그리고 이산수학에서는 점화식, 귀납법, 벡터, 그래프, 조합론, 회로(circuit) 등과 기존의 교과서들에서는 중요시하지 않았던 조작 기능들도 다루고 있다. 형식을 갖춘 논리와 증명 그리고 구조 비교에 대한 특별한 관심과 더불어 이 과정의 주제들을 통합시켜 나가는 데 있어 수학적 사고를 강조하고 있다.

UCSMP의 중등 교과서들은 대부분의 기존 교과서들과 비교해 볼 때 다음 몇가지 점에서 차이가 있다. 첫째, 보다 광범위한 수학의 분야를 다루고 있다. 둘째, 모든 과정에서 수학의 응용이 강조되고 있다. 셋째, 읽을거리(reading)와 문제해결이 일관되게 강조되어 있다. 넷째, SPUR 접근(Skills, Properties, Uses, Representations)을 통하여 다양한 방법으로 학생들의 이해를 돕고 있다. 다섯째, 각 단원별로 교수법적인 체계가 확립하여 교사들이 효율적인 수업을 할 수 있게 하였다. 여섯째, 계산기와 컴퓨터를 교수학습과정에 통합하여 다루고 있다.

UCSMP는 각 과정을 학생들이 선택하는 기준으로 연령이 아닌 수학적 지식의 수준에 따라 것을 권한다. 또한, 각 과정들은 독립적으로 학습될 수 있으나 응용의 측면이나 기술공학과 관련된 학습을 포함하여 이전에 학습했던 것과의 일관성 있는 체계를 세우기 위해서는 차례 차례 각 과정들을 학습하는 것이 유리하도록 되어있다. UCSMP의 목표는 모든 고등학교 졸업생들이 'Advanced Algebra' 까지의 과정을 학습하고, 대학교에 진학할 학생들은 'Functions, Statistics and Trigonometry with Computers' 까지를, 특히 대학에서 이공분야를 전공할 학생들은 UCSMP의 6개의 과정을 모두 학습하도록 하는 것이다.

(4) 자료 개발 분과 (Resource Development Component)

자료 개발 분과는 현재 수행되고 있는 미국 수학교육에 관한 연구들과 교육과정개발 프로젝트들에서 공통적으로 강조되는 시각을 추출하고, 전 세계의 탁월한 수학교육 관련 출판물들을 번역함으로써 다른 나라에서 사용되고 있는 교수학습 방법론들을 직접적으로 고찰할 수 있게 해주는 역할을 수행한다. 또한, 외국 출판물들의 번역뿐만 아니라 수학교육에 관련된 최근의 국제적인 문헌들을 모니터하고 관련된 분야들과의 국제적인 협

력을 전개해 나간다.

① 국제 수학교육 자료 센터(International Mathematics Education Resource Center) : 1988년에 자료 개발 분과는 NSF Surveys와 UCSMP의 전문지식을 체계적으로 정리하고 수집된 자료들을 전시하기 위해 국제 수학교육 자료 센터를 개장했다. 이 센터는 자료를 영구적으로 전시하고 정보를 교환하며, 학교수학과 관련된 분야의 원본과 번역본 교재들을 전시하고 있으며, 희귀한 외국 자료들에 대한 정보를 제공함으로써 수학교육자와 교사들의 연구과정을 돕고 있다. 이 센터의 전시 자료들과 소장 도서들에는 다음과 같은 것들이 있다.

- 수학, 수학교육, 과학, 과학교육, 그리고 교육심리에 관한 러시아의 출판물들
- 벨지움, 불가리아, 체코슬라바키아, 동서독, 프랑스, 영국, 헝가리, 일본, 폴란드 그리고 스웨덴의 최근의 학교 수학 교과서들 500여권
- 소련, 불가리아, 헝가리, 그리고 일본의 최근의 수학 교과서들, 자습서들, 교사용 지도서들에 대한 번역서들 40여권

②외국 수학교육 교재들의 번역 : 자료 개발 분과는 러시아 학교 수학의 전체 교육과정을 포함하여 40여개국에 걸친 외국의 수학 교과서들을 완역했는데 번역된 소련의 교육과정들에는 각 학년의 기본 교과서들과 교사와 학생들을 위한 많은 보충교재들이 포함되어 있다. 또한, 헝가리와 불가리아의 초등 교과서들과 자습서들, 일본의 대다수의 중등 교과서들을 번역하였다. 최근 개발된 러시아의 필수 교육과정과 9학년과 10학년의 필수 컴퓨터 과목에 대한 15편의 논문들을 영어로 번역했고, 러시아의 수학과 물리학에 관한 중등학교 학생용 월간지인 Quantum(Kvant) 200번째 호를 번역했다. 또한, 불가리아, 체코슬로바키아, 동독, 헝가리의 초등 수학 교과서들을 번역하였다.

UCSMP는 이러한 번역본들을 많은 사람들이 쉽게 이용할 수 있도록 하기 위하여 NCTM에 의한 소련의 교육과정에 관한 다음과 같은 여섯편의 번역서들을 비롯하여 많은 번역서들을 출판하였다.

- The Development of Elementary Mathematical Concepts in Preschool Children
- The Development of Spatial Thinking Schoolchildren
- Mathematical in Preschool : An Aid for Preschool Educator
- Psychological Abilities of Primary School Children in Learning Mathematics
- Sets of Mathematics Teaching Aids
- Types of Generalization in Instruction

③ 외국 수학교육 문헌의 조사 : 자료 개발 분과는 전 세계에 걸쳐 수학교육의 발전에 중요한 역할을 하는 외국 잡지들과 연구 논문들을 모니터한다. 수학 학습심리와 교수법에 관한 우수한 러시아의 논문과 25년에 걸쳐 수집된 동유럽의 수학에 관한 National

Science Foundation Survey의 장서들은 UCSMP의 초기 단계에서부터 자료로 많이 이용되었다. 자료의 수집은 러시아를 포함하여 벨지움, 프랑스, 서독, 영국, 이스라엘, 일본 그리고 스웨덴으로 확대되었다.

④ 수학 교육에 관한 국제 회의 개최 : 1985년 3월에 시카고 대학에서 제1회 UCSMP의 수학교육에 관한 국제회의가 개최되어 기존의 수학교육과정들과 응용 그리고 혁신적인 교수법에 대한 논의가 이루어졌다. 제2회 UCSMP의 국제회의는 1988년 4월에 NCTM과 공동으로 유럽과 일본의 학교 수학교육과정 개정에 대한 다양한 논문들에 초점을 두고 개최되었고, 제3회 국제회의는 1991년에 만인을 위한 수학, 선진 교육국들의 교육과정 개정의 절차와 그에 대한 평가, 교육과정 개정의 내용, 교육과정의 국제 비교를 주제로 하여 개최되었다. 3차에 걸친 국제회의의 프로시딩은 'Developments in School Mathematics Education Around the World Vol.1, Vol.2, Vol.3'라는 제목으로 NCTM에 의해 출판되었다.

(5) 평가 분과 (Evaluation Component)

평가 분과는 프로젝트의 시작 단계에서부터 UCSMP의 활동들을 통합하고, 피이드 백을 제공하기 위한 활동을 독립적으로 수행했다. UCSMP의 평가자들은 질적인 평가 방법과 양적인 평가 방법 모두를 사용하여 매일 매일의 실제적인 실행과정을 평가하였다. 이 분과에서는 각 학교와 교실이 가지고 있는 고유의 특성들을 고려하여 프로젝트 내의 각 프로그램의 효과를 평가하고 이를 광범위하게 일반화하는데 주력했다.

< UCSMP 중등교육과정에 대한 평가 >

UCSMP 중등교육과정의 처음 세 교과서들은 3단계의 절차를 거쳐 평가가 이루어졌다. 먼저 교과서가 집필된 후, 중등 분과 자체 평가가 이루어졌다. 두번째, 교사들과 직접 만나 인터뷰하고 학생들에게 테스트를 실시했으며, 학교 관리자들과 교육과정 실행에 대해 논의했다. 마지막으로 평가 분과는 대규모 연구를 통해 UCSMP 교과서들의 효과를 평가하였다.

Transition Mathematics는 이 평가 절차들을 모두 거친 첫번째 교과서였다. 평가 분과는 세번째 단계에서 7학년, 8학년, 9학년 교실에서 기존의 교과서들과 Transition Mathematics의 효과를 비교하는 연구를 수행하였다. Transition Mathematics 학생들은 기하와 대수에 대한 준비도에서 비교집단 학생들보다 훨씬 우수했고, 계산 기능의 저하 없이 효율적으로 계산기를 사용할 수 있게 되었다.

1986년-1987년에 시카고와 그 근교 학교들에서 UCSMP Algebra 교과서에 대한 평가가 이루어졌다. 이 연구 결과를 바탕으로 하여 학습 내용들의 재배열과 지필을 이용한 조작 기능들을 향상시키기 위한 더 많은 문제의 삽입이 이루어졌다. 1987년-1988년의 전국에 걸친 연구에서는 9개 주에서 도시, 도시 근교, 시골 지역을 선택하여 약 2000명의

학생들과 38개의 학교에서 61명의 교사들이 동원되었다. UCSMP와 그 비교집단 학생들은 학년 말에 실시된 표준화된 대수 테스트에서 동일한 실행 결과를 보였으나 UCSMP 학생들은 전통적인 개념들과 기능들 뿐만 아니라 UCSMP의 특별한 두가지 테스트에서 비교집단의 학생들보다 우수한 결과를 나타내었다. Algebra 교사들은 특히 수학의 응용을 강조하는 UCSMP 교과서를 높이 평가하였고, 이 교과서에 필요한 기능들이 망라되어 있다고 믿었다. 또한, 학생들은 실생활의 예들을 높이 평가하고 계산기를 자주 편리하게 사용한다고 보고했다.

또한, UCSMP Geometry 교과서는 1986년-1987년에 평가가 이루어졌다. 이 평가를 바탕으로 Geometry의 학습내용들의 재배열이 이루어졌고, 대수적 기능들을 더 많이 복습시키는 활동이 추가되었다. 1987년-1988년에 평가 분과는 UCSMP Geometry를 접해 보지 못한 학생들을 대상으로 하여 기존의 기하 교과서들과 비교하여 UCSMP Geometry의 효과를 평가했다. 이 연구는 약 1800명의 학생들과 6개 주의 도시, 도시 근교, 시골 지역을 대상으로 하여 실시되었다. UCSMP Geometry 학생들은 추론, 변환, 시각화, 좌표, 응용, 그리고 기초 기하의 내용에 대한 테스트에서 기존의 교과서를 사용한 비교집단 학생들보다 의의있게 높은 성취 수준을 나타내었다. 이 연구는 1988년-1989년에 실시한 앞의 두 과정 중 어느 한 과정이나 두 과정 모두를 마친 학생들을 대상으로 실시되었다.

중등 교육과정의 후속 세 교과서들은 2단계에 걸쳐 평가되었다. UCSMP Advanced Algebra 교과서는 2년의 사전 테스트를 거쳐 1987년-1988년에 평가가 이루어졌는데 UCSMP Advanced Algebra 학생들은 비교집단 학생들에 비해 여러 가지의 공통된 대수 문제들에 대해 20% 이상 더 우수한 성취 결과를 나타내었다. 이 연구에서 reading, application, technology에 대해 UCSMP 학생들은 의미있게 높은 호의를 보였다.

Functions, Statistics and Trigonometry with Computers는 2년의 사전 테스트를 거쳐 1988년-1989년에 평가가 이루어졌는데 UCSMP 학생들은 삼각법, 확률과 통계에서 기존의 기초 해석학 교과서를 사용하는 학생들보다 더 우수한 수행 결과를 나타내었고, 기존의 기초 해석학 교과서를 사용하는 학생들은 다항식과 유리함수에서 UCSMP 학생들을 능가했다. 이런 현상은 UCSMP에서는 다항식과 유리함수에 대해서 Functions, Statistics and Trigonometry with Computers보다는 Precalculus and Discrete Mathematics에서 더 깊이 있게 다루어지므로 UCSMP가 다항식과 유리함수에 대해 성공하지 못했다는 것을 뜻하는 것은 아니다. UCSMP 교육과정에서는 학생들이 고등학교를 졸업하기 이전에 기초 해석학을 숙달할 수 있고, 특히 통계와 확률 같은 전통적인 내용들과 문제를 풀기 위해 컴퓨터를 이용하는 새로운 기능들을 획득하게 된다.

Precalculus, and Discrete Mathematics도 2년 간의 사전 테스트를 거쳐 1989년-1990

년에 9개 학교에서 평가가 행해졌는데, 이 결과를 토대로 교과서를 개정하여 Scott, Foresman and Company에 의해 출판되었다.

< UCSMP 초등 교재들에 대한 평가 >

UCSMP 집필진들은 사전 테스트를 거쳐 1986년의 개정 작업을 거쳐 유치원용 Everyday Mathematics를 집필하였다. 1986년-1987년에 실시된 평가는 학생들이 유치원용 Everyday Mathematics의 활동들을 통해 세기, 계산, 조작능력 등의 다양한 수학적 기능들을 기존의 프로그램에 비해 보다 더 잘 익힐 수 있었음을 보여 주었다. 이러한 결과를 토대로 개발자들은 1987년 여름에 교수법적 접근을 명확히 하여 학생들의 성취 수준을 높일 수 있도록 또다시 개정을 하였다.

1학년용 Everyday Mathematics에 대해 평가 분과는 1987년-1988년에 다소 덜 형식화된 사전 테스트를 통해 자료를 수집하고 분석함으로써 문제점들을 추출하였다. 또, 1988년-1989년에 실시된 평가 결과를 바탕으로 이 교재의 개정이 이루어졌다.

UCSMP 초등 교사교육 분과의 프로그램은 1985년-1986년에 체계적이고 포괄적인 평가가 이루어졌다. 이 프로그램의 한 부분인 워크샵에 대해서는 교사들이 긍정적인 반응을 보였으나 교사 네트워크는 행정적 후원의 결여와 같은 현장 학교들의 여건으로 인해 완전한 성공을 거두진 못했다. 다음 해 UCSMP는 K-3학년 교사들의 워크샵에 참석한 이후의 계산기 사용에 대한 평가를 실시했는데 학생들과 교사들은 계산기의 사용을 선호했고, 50% 이상의 교사들이 계산기를 자주 사용한다고 보고했다. 또한, 교사들은 학생들의 동기유발, 수학에 대한 자신감, 태도, 정확성이 향상되었다고 보고하였다.

1987년-1988년에 평가 분과는 초등 교사교육 분과와 협력하여 4-6학년 수학 전문교사 프로그램의 실행을 설명하고 분석하기 위해 실험 교실들을 직접 관찰하였고, 4-6학년 수학 전문교사의 구조적, 조직적, 사회적 역할의 측면에 초점을 맞추어 평가를 실시하였다. 1988년-1989년에 평가 분과는 수학 전문교사 프로그램의 참여자들의 새로운 전문가로서의 역할 수행을 조정하기 위한 조사를 비공식적으로 실시하였다.

4. UCSMP에 대한 후원

UCSMP는 1983년 Amoco Foundation으로부터 프로젝트의 모든 분야에 대한 6년간에 걸친 지속적인 지원을 받아 시작되었다. UCSMP의 5개 분과 각각은 또한 그 취지에 찬성하는 여러 재단으로부터의 추가적인 후원을 받았다.

Amoco Foundation : UCSMP 집행위원회와 UCSMP의 모든 분과 후원

Ford Motor Company : 초등 교사 교육 분과와 중등 분과 후원

Carnegie Corporation of New York : 중등 분과와 평가 분과 후원

National Science Foundation : 초등 교사교육 분과와 자료 개발 분과

후원

General Electric Foundation : 중등 분과 후원

GTE Corporation : 초등 교재 분과 후원

Citicorp / Citibank : 초등 교사 교육 분과 후원

III. UCSMP 중등교육과정에서 기술공학의 역할

1. UCSMP 중등교육과정에서의 계산기

(1) 계산기의 역할

UCSMP 중등교육과정 전반에 걸쳐 수학을 학습하는 도구로써 학술용 계산기 (scientific calculator)가 사용된다. 새로운 키(key)의 사용이 필요할 때마다 UCSMP의 교과서는 그 키에 대해 상세히 소개하고 있는데, 계산기 키의 사용방법은 다른 계산기 키의 사용 방법 및 학생들이 이미 알고 있는 암산이나 지필산과도 관계가 있다. 특히 Transition Mathematics에서 유리수의 개념과 계산 절차를 복습하는 과정에서 메모리 키와 x^2 , \sqrt{x} , y^x , EE , $\frac{1}{x}$, Π , $+/-$ 와 같은 키들을 배운다. Algebra에서 학생들

은 세기, 확률 그리고 수열에 대한 개념들을 학습하는 과정에서 계승(factorial)과 상수에 관한 키를 배우고, Geometry에서 부피를 학습하는 과정에서 세제곱근을 구하는데 사용 되는 특별한 키를 학습하게 된다. Advanced Algebra에서 대수들 학습할 때, 학생들은 Log, Sin, Cos, Tan 를 포함하여 학술용 계산기에 있는 나머지 키들의 의미와 사용법을 배우게 된다.

학술용 계산기들은 대부분의 키들이 입력과 출력을 하는 데 있어 충분히 규격화 되어 있다. 따라서 UCSMP 교육과정을 위해 특정한 모델의 계산기가 필요하진 않다.

종종 계산기 사용 여부에 대해 학생들에게 특별한 교육을 해야 할 필요가 있을 수도 있으나 UCSMP는 $\sqrt{100}$ 이나 2^4 과 같은 식은 암산으로 값을 구하고, $\sqrt{479}$, $(3.2)^{16}$ 과 같은 식은 계산기를 이용하여 식의 값을 어렵하도록 권장하고 있다.

학술용 계산기를 실제적 상황에 사용하도록함으로써 중등학교에서는 보다 더 일찍 많은 중요한 수학적 아이디어들을 학생들이 접할 수 있게 하였다. 예를 들어 powering 키의 사용으로 학생들은 Algebra를 배우는 첫해에 지수, 거듭제곱, 지수 방정식들을 학습하게 된다.

또한, 학술용 계산기들을 사용함으로써 양의 정수가 아닌 다른 지수들의 의미를 보통 보다 훨씬 일찍 탐구하게 되었다. 예를 들어, Algebra에서 8학년 학생들은 자연스럽게

$100(1.06)^0$ 이나 $100(1.06)^{35}$ 과 같은 식의 의미를 이해할 수 있게 되었다. 그런 식의 값을 구할 수 있는 학술용 계산기의 역량과 이미 알고 있는 지수에 대한 지식들을 이용하여 구한 값들의 적절성을 검증할 수 있는 학생들의 능력을 길러줌으로써 Advanced Algebra에서는 모든 유리수 범위의 지수들에 대한 공식들을 다룰 수 있게 되었다.

학생들은 Algebra에서 일차방정식을 풀기 위한 알고리즘들을 배우고 Advanced Algebra에서 지수 방정식을 풀기 위한 알고리즘을 배운다. 학술용 계산기를 도입함으로써 이런 알고리즘을 배우기 훨씬 이전에 추측-검산과 같은 어렵셈의 전략들에 대한 논의를 가능하게 한다. 또, 알고리즘들을 학습했을 때, 학생들은 식의 값을 검산하는 과정에서 계산기를 사용한다.

(2) 실행

계산기는 대개 중등 교과서 가격 정도이거나 그 이하의 가격으로 구입될 수 있다. UCSMP 교재들을 사용하는 대부분의 학교들은 학생들이 계산기를 구입하는 것이 불가능하거나 수업에 가져오는 것을 잊어버린 학생들을 위해 몇대의 계산기가 마련되어 있고, 가난한 아이들을 위한 특수학교에서는 모든 학생들에게 교과서처럼 계산기가 무상으로 공급된다.

교사들은 학교 소유 계산기들의 수량, 분배, 수거에 대한 효과적인 방법들을 고안해 내고, 학생들이 구입하여 수업에 가져 온 다양한 모델의 계산기들의 키를 빠르게 배운다. 대부분의 교사들은 계산기들을 소유하고 있고, UCSMP 교과서들과 최근의 교육과정들에는 정규 수업시간에 계산기의 사용을 통합하는 방법을 한두시간 내외의 시간에 익힐 수 있는 지침이 마련되어 있다.

많은 학생들이 처음에는 계산기를 남용한다. 그러나 한두달 사이에 학생들은 많은 분별력을 가지고 계산기 없이 하기에 어렵거나 불가능한 문제나 계산기를 사용하여 더 쉽게 풀어지는 문제에 대해서만 계산기를 사용하게 되는 것 같았다.

(3) 성과

Transition Mathematics, Algebra 그리고 Geometry 과정에 대해 계산기를 사용하는 학급과 그렇지 않은 비교학급을 짝지은 대규모의 전국적인 표본조사가 이루어졌다.

UCSMP의 연구들에서는 학생들에게 계산기의 사용을 일관되게 금지한 상태에서 테스트를 실시했을 때 규준이 되는 내용들에 대한 성과에는 손실이 없었다는 것을 알 수 있었다. 또한, UCSMP 과정들에서의 계산기의 사용과 내용의 변화는 의의있는 결과를 나타내었다. 예를 들어, 테스트에서 계산기의 사용을 허용했을 때, Transition Mathematics 학생들은 비교집단 학생들보다 더 높은 점수를 획득했다. 또한 Transition Mathematics 학생들은 7학년이나 8학년의 기존 과정 학생들보다 Algebra와 Geometry를 더 실속있게 학습했다.

2. UCSMP 중등교육과정들에서의 컴퓨터

(1) 컴퓨터의 역할

컴퓨터는 초기에 UCSMP 중등교육과정에 다음 세가지 측면에서 영향을 미쳤다. 첫째, 문제해결의 도구로써 프로그래밍 활동은 중등학교 학생들의 수학 학습을 위한 도구로 사용될 수 있다는 점에서 UCSMP 교육과정에 도입되었다. 둘째, 학문 분야로써 컴퓨터 과학의 출현으로 인해 수열, 셈하는 기법, 점화식(recursion), 귀납법 그리고 논리와 같은 이산수학 분야의 주제들이 새로운 중요성과 새로운 응용 분야로 부각됨에 따라 UCSMP 교육과정에서 새로운 내용으로 도입, 강조되고 있다. 셋째, 1983년과 같은 초기에 함수들의 그래프를 쉽게 그릴 수 있고, 통계 처리가 가능한 값싼 소프트웨어를 사용함으로써 대수에서 미적분에 이르기까지 가르치는 내용과 방법에서의 재개념화가 이루어졌다.

현재 UCSMP의 각 과정은 BASIC과 그 밖의 여러 수학 학습용 소프트웨어를 사용한다. 표2는 각 과정에서 사용되는 소프트웨어의 종류를 기술한 것이다.

Functions, Statistics and Trigonometry with Computers는 컴퓨터 소프트웨어를 사용하여 학습이 이루어질 수 있도록 구성되었으며, Precalculus and Discrete Mathematics에서는 graphing tool이 사용된다. Advanced Algebra에서는 컴퓨터 소프트웨어를 꼭 필요로 하지는 않지만 권장되고 있다. Macintosh 그리고 IBM-PC, -PS/2, Apple IIGS는 UCSMP 과정들에서 추천되는 소프트웨어들을 조작할 수 있다.

<표2> UCMP의 과정들에서 사용되는 소프트웨어의 종류

	BASIC	Graphing tool	Drawing tool	Statistics package	other
Transition Mathematics	0				0
Algebra	0	0			
Geometry	0		0		
Advanced Algebra	0	0			
Functions, Statistics and Trigonometry with Computers	0	0		0	
Precalculus and Discrete Mathematics	0	0			

① BASIC : BASIC은 이상적인 언어여서가 아니라 컴퓨터에 가장 광범위하게 이용할 수 있는 언어이고 이미 많은 교사들과 학생들이 잘 알고 있으며 원하는 목적을 가장 간단한 방식으로 달성할 수 있기 때문에 컴퓨터 언어로 선택되어졌다. UCSMP의 과정들은 전문적으로 프로그래밍하는 것을 가르치려고 하진 않는다. 대신 수학에서 기초적인 개념들과 절차들을 개발시키기 위한 도구로써 BASIC이 사용되어진다.

예를 들어, Transition Mathematics에서 식의 값을 계산하기 위해, 그리고 연산의 순서를 학습하기 위해 직접 또는 간접적인 방식으로 사용된다. Algebra에서 변수 개념의 전개를 돕는 간단한 프로그램을 조작하고 변형하고 작성하고, Geometry에서는 IF-THEN 명제의 논리를 학습하는 데 사용된다. Advanced Calculus에서는 수열을 생성시키는 프로그램들을 통해 점화식을 이용한 수열과 비교하고 대조하며, 다항함수의 근을 구하는 프로그램이 사용된다.

Functions, Statistics and Trigonometry with Computers에서 학생들은 함수 f 와 g 가 연속일 때 $f(x)=g(x)$ 형태의 임의의 방정식을 풀기 위해 표 만들기 프로그램들을 변형시키고, 시뮬레이션을 위한 자료를 산출하는 BASIC 프로그램들을 사용한다. 그리고 Precalculus and Discrete Mathematics에서는 극한의 개념들을 발전시키고 확장하기 위한, 그리고 정적분의 개념을 탐구하기 위한 프로그램들이 사용된다.

② Graphing tool : Transition Mathematics에서는 좌표평면 위에 그래프를 그리기 위해 처음에는 종이와 연필을 사용하지만 나중에는 function grapher가 자주 사용된다. 나머지 UCSMP 과정들에서는 지필 기능들과 컴퓨터 그래픽 기능들이 나란히 사용된다. 한 방정식에서 매개변수에 의한 변화들이 곡선들의 수학적 성질에 얼마만큼이나 영향을 미치는가를 화면을 통해 학습하는 과정은 특히 흥미로우며, 이차방정식의 응용문제를 풀 때, 학생들은 그런 문제를 풀기 위한 알고리즘을 전혀 갖고 있지 않아도 function grapher를 사용하여 특정한 값에 대한 그래프를 그려 용이하게 문제를 풀도록 해준다.

Advanced Algebra에서 학생들은 연립방정식들을 풀거나 다항식들의 해들을 어렵하기 위해 그래픽 소프트웨어들을 사용하며, Functions, Statistics and Trigonometry with Computers에서는 다항함수, 삼각함수, 약간의 유리함수들의 근들과 관련된 극한을 찾기 위한 기법들을 학습하는데 그래픽 소프트웨어를 사용된다.

Precalculus and Discrete Mathematics에서 학생들은 극한, 점근선, 그리고 미분 가능성에 대해 탐구하기 위해 function grapher를 사용한다. 종종 BASIC 프로그램들과 function grapher들을 동시에 사용하기도 한다.

③ 통계 패키지 : 통계와 확률의 중요한 아이디어들은 UCSMP 과정들 전반에 걸쳐 나타난다. 예를 들어, Transition Mathematics의 맨처음에 도수분포표를 만들고 두 변수들 사이의 관계가 선형으로 나타나는의 여부에 대해 학습한다. Algebra에서는 자료들을

기술하는 선을 찾기 위해 어림셈과 지필 알고리즘을 사용한다. 통계 팩키지들은 Functions, Statistics and Trigonometry with Computers에서 처음으로 사용된다.

학생들은 자료를 체계화하고 배열하며 도식화하고, 추론상의 통계를 계산하며 시뮬레이션을 행한다. 선형모형이 적당하다고 생각되면 학생들은 가장 적합한 선을 찾고 그들 모형을 토대로 예측을 하기 위해 통계 팩키지를 사용한다. 자료가 선형은 아니나 지수모형으로 전망되면, 학생들은 한개 또는 그 이상의 변수들에 대한 로그를 계산하기 위해 통계 팩키지를 사용하고, 선형의 적합성을 검토한다. 또한, 선형이든 아니든 간에 자료에 대해 임의의 모형을 발견한 후에, 회귀직선으로부터의 일탈을 살펴봄으로써 기하학적으로 관찰된 값과 예언된 값들 사이의 차를 계산하여 해석학적으로 적합함을 검토한다. 실제의 자료들을 가지고 학습하는 것은 학생들이 보간법의 위험성들을 학습하는데 도움이 된다.

(2) 실행

계산기들을 사용한 상황과 비교하여 컴퓨터에 대한 접근은 어려움이 많다. 하드웨어와 소프트웨어는 질적, 양적 측면 모두에서 엄청나게 성장했음에도 불구하고 많은 교사들은 교수학습 도구로써 컴퓨터를 사용하여 학생들을 가르칠 수 있는 충분한 교재들을 갖고 있지 못하다.

Functions, Statistics and Trigonometry with Computers에 대한 연구에 참여한 대부분의 학교들은 충분한 하드웨어를 갖추었다. 그러나 충분한 하드웨어가 있을 때조차도 수업시간 이외의 접근에는 어려움이 있다. 접근을 곤란하게 하는 요인들은 컴퓨터실에 대한 높은 수요, 여러 과목들에 분배되어야 하는 데서 기인하는 "경마전"과 같은 상황, 그리고 버스 시간과 과외활동 등이었다.

더구나 UCSMP 교재 사용자들은 때때로 충분한 소프트웨어의 공급이라는 문제에 직면하게 된다. 초심의 컴퓨터 사용 교사들은 소프트웨어와 관계된 협정들은 사용자에게 무한정한 복사본들을 만들 수 있는 권리를 주지 않는다는 것을 인식하지 못한다. 대부분의 학교들은 특허들, 네트워크들, 또는 적당한 디스크의 공급 장소를 마련할 수 있는 자금이 없다.

또한, 교사들은 계산기보다 컴퓨터에 있어 훨씬 더 많은 취급상의 문제를 경험한다. 교사들은 CPU, 모니터, 키보드, 프린터, OHP 장치 그리고 소프트웨어와 같은 많은 부분들을 통제해야만 한다.

일부 학교에서는 대형 모니터들이나 영사장치들이 부족하나 수준 높은 장치가 설치되어 있을지라도 교실 외부의 장소에 설치되어 있거나 수업과 수업 사이의 몇분 동안 설치하거나 조종하기에 불편하다.

또한 계산기를 사용한 상황과 대조적으로 훨씬 많은 교사 교육이 필요하다. 신참자들

에게는 학생들에게 가르치기에 충분히 컴퓨터 조작 기능과 function grapher 등과 같은 소프트웨어의 사용법을 배우기 위한 노력이 학술용 계산기의 숙달에 필요한 노력의 몇배나 소요된다. UCSMP는 교사들이 컴퓨터를 효과적으로 사용하도록 돕기 위한 방법에 관해서는 연구하지 않았으나 Functions, Statistics and Trigonometry with Computers의 교사들은 우선 도구들을 학습할 기회가 필요하고, 그리고 나서 교육과정과 그들을 연계시켜야 한다고 생각한다.

(3) 성과

현재 Functions, Statistics and Trigonometry with Computers에 관한 1988-1989년도의 연구들에서의 결과는 완전히 분석되지 않았다. 그러나 초기 결과는 이 과정의 학생들은 제 2차 국제 수학 경시대회(Second International Mathematics Study)에서 제시된 함수, 통계 그리고 삼각법에 관한 문제들에 대하여 기존의 Precalculus 학생들과 동일한 성취 수준을 나타내었다.

더구나 UCSMP 중등교육과정들에서 학생들은 다른 학생들이 경험할 기회를 갖지 못한 새로운 내용과 문제해결에 대한 새로운 기법들을 학습한다. 예를 들어, 그 해 동안에 그들이 사용했던 소프트웨어가 구비된 컴퓨터를 이용하여 문제들을 풀도록 했을때, Functions, Statistics and Trigonometry with Computers의 대다수 학생들은 유리수 범위에서 인수분해되지 않는 다항함수의 해들을 어렵하기 위해 BASIC 프로그래밍이나 function grapher를 정확하게 이용했고, 자료들에 대한 선형모형을 찾아 내기 위해 통계 패키지를 올바르게 사용했다.

3. UCSMP 중등교육과정들에서 Graphing Calculator

지난 몇년 동안에 그래픽 기능들까지 갖춘 학술용 계산기들이 개발되었다. 이들 계산기는 모두 사용자가 화면의 크기를 조절하고, 커서를 움직여 점들의 좌표를 읽을 수 있으며 입력, 실행, 그리고 저장되어지는 간단한 프로그램들과 행렬 연산과 실행을 위한 부호조작을 할 수 있다.

이런 그래픽 계산기가 미래의 수학 교실에 얼마나 영향을 미칠 것인가는 분명하지는 않으나 단지 BASIC과 function grapher만이 요구되는 UCSMP 중등교육과정들에서는 개인용 컴퓨터를 사용하는 것이 보다 더 합리적일 것이다.

기억 용량의 한계와 스크린의 크기로 인해 신속하지 못하고, 교사들이 교실을 순회하며 학생들이 하고 있는 것을 훑어 보기가 어렵다는 단점에도 불구하고, 그래픽 계산기들은 상당히 가격이 저렴하고, 들고 다닐 수 있어 수업시간 이외에도 학생들이 쉽게 사용할 수 있다. 이에 비해 컴퓨터는 융통성으로 인해 다른 학과의 교사들에 대한 수요도 많아 수학 교사들이 접근하기는 더욱 힘들다.

지금까지 UCSMP는 그래픽 계산기들을 사용한 수업에 대한 연구들은 전혀 하지 않았으나 다소 덜 복잡한 과제를 해결하는 데에는 그래픽 계산기의 사용이 더 보편적일 것이라고 추측한다.

이와 같이 UCSMP 중등 교육과정에서는 계산기와 컴퓨터가 수학을 학습하는 도구로써 절대 필요한 것으로 인식하고 있다. Becker(1987)는 더 많은 교사들에게 컴퓨터가 이용되기 위해서는 다음과 같은 더 충분한 4가지의 조건들이 충족되어야 한다고 제안했다.

- 더 다양한 교육용 소프트웨어의 창안
- 이러한 목적의 수업들에 접근하기 쉽도록 하기 위해 더 많은 컴퓨터 공급
- 교육과정의 목표와 통합되는 소프트웨어를 위한 교재들의 개발
- 이러한 적용을 위해 컴퓨터 사용의 이점에 대한 분명한 예시

UCSMP는 이런 4가지 조건 중 뒤의 두가지에 초점을 두고 있다. UCSMP는 7-12 학년을 위한 포괄적인 교육과정에 계산기와 컴퓨터를 통합하기 위한 미국내의 최초의 프로젝트이고, 특정한 계산기나 컴퓨터 소프트웨어보다 일반적으로 널리 사용될 수 있도록 하였다.

IV. 결 론

UCSMP는 정상적인 학교 상황에서 수학교육과정에 계산기와 컴퓨터, 그래픽 계산기를 수학교수학습 도구로써 도입하는 것이 가능하고, 그것은 또한 효과적임을 입증해 주고 있다. 또한, UCSMP는 수학교육과정의 내용의 폭을 넓히고 응용면을 강조함으로써 수학이 일상생활을 영위하는데 필요하다는 인식을 학생들에게 심어 주는데 성공했다.

여기서 우리는 UCSMP의 성공적인 결과만을 보고 그 최종산출만을 받아 들이는 누를 범하지는 말아야 한다. 이는 과거 미국의 새수학 운동을 아무런 검증도 없이 받아들임으로써 생긴 부작용을 되돌이키는 결과를 초래하게 될 것이다. 이런 점에서 UCSMP는 우리나라 교육과정개발 연구에 과거 새수학이 3차 교육과정 개정에 미친 영향보다는 더 생산적이면서도 결정적인 시사점을 줄 수 있으리라고 본다.

마지막으로, UCSMP가 우리나라의 수학교육에 주는 시사점을 정리하면서 다음과 같은 몇가지 제언을 하고자 한다.

첫째, 교육과정을 개정하는 틀이 개선되어야 한다. 교육과정을 개선하는 것은 수학교육계만의 과제가 아니다. 목표나 내용선정 및 지도방법을 논의하는 데 있어 수학자, 수

학교육자, 기업체, 학부모, 교사, 학생들의 전체 의사가 반영되어야 하며 부단한 평가를 통해 수정하는 장치가 마련되어야 한다. 또한, 수학교육과정의 개정은 지속적인 연구를 바탕으로 이루어져야 한다. 따라서, 새로운 내용의 도입이나 기존 내용의 삭제, 학년간의 이동 등은 몇몇 전문가의 통찰이 아닌 과학적인 검증 결과를 바탕으로 이루어져야 하므로 수학교육학회의 활성화가 전제되어야 한다.

둘째, 컴퓨터를 비롯한 교육과정이 수학교육과정에서 차지하는 위상에 대한 구체적이고 체계적인 연구가 조속히 진행되어야 하며, 수학 수업이나 평가시 계산기의 사용에 대한 수학교육계의 입장이 빠른 시일 내에 정해져야 할 것이다(류희찬, 1990). 오늘날의 학생들은 뒤섞인 매세지들의 세계 속에서 살아간다. 한편 그들은 모든 직업에서 실질적으로 컴퓨터와 계산기를 사용하거나 이러한 기술공학에 의해 중대하게 영향받는 세계로 곧 나아가게 될 것이다. 따라서, 제6차 교육과정의 토대 위에 21세기 정보화 사회에 대비하기 위한 교육내용과 기술공학의 발달에 발맞추어 그 이점을 활용한 효과적인 교수법이 조화를 이루는 이상적인 수학교육과정을 마련하기 위한 지속적인 연구와 그에 대한 각계 각층의 관심과 후원이 필요하다고 생각된다.

세째, 학생들이 미래에 필요한 도구들과 내용들을 학습하는 것을 돕기에 충분할 만큼 대담하고, 오늘날을 살아가기 위해 여전히 필요한 옛 방식의 도구들과 내용을 잊어 버리지 않도록 하기에 충분할 만큼 조심스럽게 수학 교육을 개선할 수 있는 시각이 필요하다.

네째는 교수학적 교구에 대한 관심이다. 수학적 개념은 그 성격상 추상적일 수 밖에 없으므로 학생들이 개념적 실체를 파악하도록 하기 위해서는 구체물을 이용한 교구가 효과적일 것이다. 적절한 교구가 뒷받침되지 못하고 지필환경만으로 사고가 형식화, 추상화 되지 못한 학생들을 이해시키려 하는 것은 무리이다. 특히, 고학년에서의 추상적이고 기호화된 개념을 이해시키기 위해서는 저학년에서 충분한 물리적 활동 경험이 필요하므로 수학 실험실 운동의 전개가 필요하다. 실험 실습 기구가 잘 갖추어진 과학 실험실과 마찬가지로 수학교육에도 실험실이 필요하다. 물론 여기에 따르는 경비의 부담도 문제지만 우선 어떤 내용을 보다 잘 지도할 수 있기 위해서는 어떤 교구가 필요한 지에 대한 기초연구가 시급히 이루어져야 한다.

다섯째, 교사 교육에 대한 관심이다. 교육과정과 교수법에 정통한 교사 없이는 어떤 종류의 교육개혁도 성공할 수 없다. 따라서 사범대학의 직전교육이나 교사 재교육은 새로운 교육내용이나 새로운 교수법을 소개하며 토의하며 실습하는 장으로 활용되어야 한다.

참 고 문 헌

- 류희찬 (1990). 우리나라 수학교육의 문제점과 개선책, 교육개발, 1990년 2월호.
- Becker H. J. (1987). Instructional uses of school computers (no.4), Baltimore, MD : Johns Hopkins University, Center for Social Organization of Schools.
- NCTM (1989). Curriculum and evaluation standard for schoolmathematics, Reston, Virginia : NCTM.
- NCTM (1990). Developments in school mathematics educationaround the world vol.2, Chicago : UCSMP.
- Izaaak Wirszup (1987, 1989). Resource conent, UCSMPNewsletter, Chicago:UCSMP.
- Larry Hedges and Susan Stodolsky (1987,1989). Evaluationcomponent, UCSMP Newsletter, Chicago : UCSMP.
- Max Bell (1989). Primary materials component, UCSMP Newsletter, Chicago : UCSMP.
- Sheila Sconiers (1987, 1989). Elementary activities, UCSMPNewsletter, Chicago : UCSMP.
- Zalman Usiskin (1987, 1989). The university of Chicago school mathematics project, UCSMP Newsletter, Chicago : UCSMP.
- Zalman Usiskin (1990). If Everybody Counts, Why Do So FewSurvive?, UCSMP Newsletter, Chicago : UCSMP.