열전달 및 수치해석을 주제로 한 물리, 수학, 정보의 통합적 영재 프로그램 개발과 적용

남현욱
청주교육대학교 실과교육과

Development and Application of Physics, Mathematics and Information Integrated Program Base on Heat Transfer & Numerical Analysis for Gifted Student

Hyunwook Nam
Department of Practical Arts Education, Cheongju National University of Education

국문요약

본 연구에서는 열전달 및 수치해석을 주제로 통합적 영재 교육프로그램을 개발하고 영재아를 대상으로 한 교육에서 학생들의 반응과 통합적 영재 프로그램의 적용 가능성 및 효과에 대해서 연구하였다. 통합적 영재 프로그램은 크게 컴퓨터 프로그램 언어, 물리적 현상의 수학적 모델링, 수치해석방법의 3단계로 구성되어 있으며 대상은 청주교육대학교 영재센터 수학반 중3학생 4명이다. 수업은 4시간씩 15회 진행되었으며, 수업 종료 후 제출한 학생들의 보고서와 인터뷰를 통하여 프로그램의 적용 가능성 및 효과를 탐색하였다.

본 연구에서 개발한 통합적 영재프로그램의 투입 결과 4명 중 3명이 본 프로그램에서 목표로 하는 문제해결을 수행하였다. 컴퓨터 프로그래밍 언어나 수치해석의 경우 비교적 잘 이해하는 편으로 생각됐으나 고등 수학이 필요한 물리적 현상의 수학적 모델링은 잘 이해하지 못하는 것으로 판단된다. 프로그램에 대한 만족도는 영재아의 특성에 따라 다르게 나타났다. 학생들은 통합적으로 구성된 본 프로그램은 과학교육프로그램의 하나로 생각하는 경향이 있어, 수학에만 흥미 있는 학생들의 만족도는 낮았다. 반대로 다양한 분야에 흥미를 가진 학생은 비교적 만족도가 높았으며 각자에게 자신감과 동기부여가 되는 결과를 얻었다.

Abstract

In this research, Integrated program base on heat transfer & numerical analysis was developed. Also, reaction of gifted student and possibility of application of this program was surveyed. This program consist in three parts. The first part is computer programing language, the second part is numerical modeling of physical phenomena, and the third part is numerical analysis. 4 students are selected who belong to mathematic class of CNUE(Cheoungju National Univ. of Edu.)'s Gifted Student Education Center. The Program consists in 15th lessens, and each lessen need 4hr. Application possibility and student's satisfaction of the program are studied through the interview and report of the student.

Three of four students are accomplish the goal of the progarm. Computer programing and numerical analysis parts were relatively well understood, but numerical modeling part was difficult to students. The satisfaction of the program is dependent on the characteristics of the student. Most of the student thought that this program was one of the science education program. The student who have interested in only mathematics shows that low satisfaction but the one who have interested in science or information technology shows that high satisfaction.

주제어: 통합적 영재프로그램, 열전달, 수치해석, 물리적 현상의 모델링

Keywords: Integrated Program for Gifted Student, Heat Transfer, Numerical Analysis, Modeling of Physical Phenomena

Ⅰ. 서 론

21세기 지식기반사회로 들어오면서 영재 교육의 중요성은 더욱 중요해지고 있다. 지역마다 거점 교육청 또는 대학의 영재센터를 중심으로 다양한 영재교육이 이루어지고 있다. 현재 영재센터의 영재교육은 과학, 수학, 정보 큰 영역으로 구별되어져 있으며 각 영역에서는 영역별 주제에 한정되어서 영재교육이 실시되고 있다. 이러한 영향으로 현재의 영재교육 프로그램은 주로 개별프로그램의 형태로 개발되고 있다(이경화, 2003; 주희영 외, 2006; 남승현 외, 2005). 이러한 개별 프로그램의 장점에도 불구하고 실생활에서 발생하고 해결해야 하는 많은 문제는 과학적, 수학적, 공학적 문제가 혼합되어 있는 경우가 대부분이므로 통합적 영재교육프로그램의 필요성이 부각되고 있다. 이러한 통합적 교육프로그램의 장점 중의 하나는 영재아들의 흥미나 이해도를 증가시킬 수 있다는 것이다. 즉, 어떤 물리적 의미를 이해하고 문제를 바라보고 수학적 접근을 하는 경우와 단순히 수학적 접근을 하는 것과는 다르다는 것이다.

공학적인 문제의 대부분은 통합적 형태를 가지고 나타난다. 즉, 과학적 지식을 바탕으로 한 모델링과정, 모델링된 물리적 현상의 수식화, 수식화 된 지배 방정식의 해결과정의 형태로 나타난다는 것이다. 이러한 주제는 과학적, 수학적 지식이 필요할 뿐만 아니라 해결책을 구하기 위해서는 정보의 프로그램 능력이 필수적이라는 측면에서 통합적 주제로 적합하다 할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 열전달 및 수치해석을 주제로 통합적 영재 교육프로그램을 개발하고 영재아를 대상으로 한 교육에서 학생들의 반응과 통합적 영재 프로그램의 적용 가능성 및 효과에 대해서 연구하였다.

Ⅱ. 열전달을 주제로 한 영재 프로그램

1. 프로그램의 개요

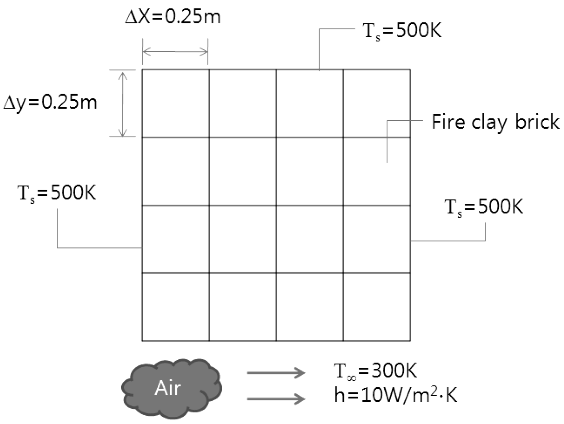
본 연구에서 영재교육프로그램 주제는 “수치해석을 이용한 열전달 해석 프로그램의 개발”이다.

일반적인 경우 이 주제는 공과대학교 2학년 또는 3학년 수준에서 다루는 내용이며 학교의 수준에 따라 한 학기 Term Project의 주제 또는 레포트 정도의 내용으로 적합한 수준이다. 여기에서는 중3 영재아의 수준에 맞도록 내용의 난이도를 일부 조절하였다.

열전달을 이용한 주제를 선정하게 된 이유는 열전달이라는 개념에 대하여 정규 교육과정에서 일부 가르쳐주고 있으며 열전달이라는 물리적 현상의 수식화나 해를 구하는 방법이 비교적 쉽기 때문이다. 또한 열전달이라는 물리적 현상의 모델링은 중3 수준의 일반적인 학생들이 이해하기 어려운 내용으로 개념위주의 설명으로 영재아들의 영재성을 측정해 볼 수 있는 정성적인 지표가 될 수 있는 동시에 최종적으로 해결해야 하는 문제 자체는 다원 일차 방정식의 형태로 나타남으로써 일차방정식을 학습한 중3 수준에서 해결을 시도할 수 있는 정도의 수준이기 때문에 영재아들의 수준을 측정해 볼 수 있는 특징도 가지고 있다.

탐구 문제는 다음과 같다(Frank P Incropera, 2003).

대형 산업용 노(furnace)가 측면이 $1m \times 1m$ *인 내화벽돌(fire clay brick)로 된 긴 기둥에 의해 지지되고 있다. 정상상태 작동중에 기둥의 세 면은* $500K$*로 유지되며, 그 동안에 나머지 면은* $T_\infty = 300K$*이고* $h = 10\,W/m^2 \cdot K$*인 공기유동에 노출되도록 설치되어 있다.* $\Delta x = \Delta y = 0.25m$ *인 격자를 사용하여 기둥 내의 2차원적 온도분포를 구하고, 기둥의 단위 길이당 공기유동으로의 열전달률을 구하라.*



[그림 1] 문제의 개략도

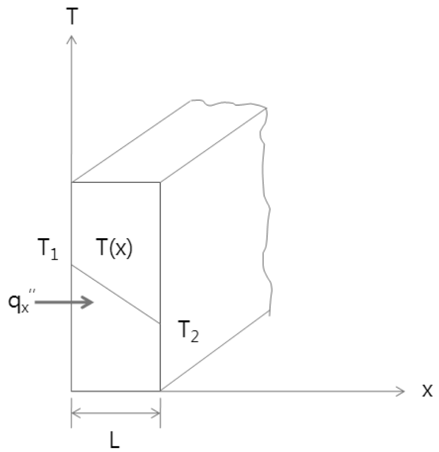
이 문제는 크게 열전달이라는 물리적 현상에 대한 개념화부분과 이 개념을 수학적으로 모델링하는 과정, 모델링한 지배방정식을 수치해석을 이용하여 해를 구하는 세 부분으로 나누어지는데 물리적 현상에 대한 개념화 부분은 과학적 영역으로 열전달에 대한 기본적 개념에 대한 내용으로 전도, 대류, 복사 등의 과학적 개념에 대한 이해가 필요한 부분이며, 지배방정식을 찾아내는 모델링 과정은 수학적 영역으로 방정식과 행렬 외에도 벡터, 미분, 편미분에 대한 개념이 필요하다. 또한 수치해석 영역은 도출된 수식을 해결하기 위한 부분으로 컴퓨터 프로그래밍 언어에 대한 기본적 이해 및 수치해석에 사용되는 기초 알고리즘에 대한 이해가 필요하다.

2. 열전달의 물리적 개념화

열전달의 물리적 개념화에 필요한 내용은 전도, 대류, 복사의 개념이다. 일반적으로 중학교 3학년의 경우 정규교육과정에서 상태변화와 에너지의 관계, 역학적 에너지 보존 법칙 등에 대하여 학습하고 있고 이 외에도 대기의 순환 등에서 열전달의 개념을 부분적으로 학습하게 된다. 그러나 물리적 개념의 정량화에 대한 개념이 확립되어 있지 않으므로 이 부분의 교육에서는 열전도(Heat Conduction)와 대류(Convection)의 정량적 개념화에 초점을 맞추어서 프로그램을 준비하였다.

가. 전도

열전도는 온도를 통한 원자와 분자의 활성(atomic and molecular activity)의 개념으로 생각해야 한다. 더 높은 온도는 더 높은 분자에너지와 연관되며, 인접하는 분자들이 일정하게 충돌할 때 더 활동적인 분자들로부터 덜 활동적인 분자들로 에너지 전달이 일어나게 된다. 열전도의 예는 많은데 뜨거운 물을 컵에 부을 때 컵이 뜨거워지는 것이라던지 여름철 벽을 통해서 온도가 전달되어 오는 것들이 그러한 것이라 할 수 있다. 열전도는 전달률 방정식(rate equation)으로 정량화 하는 것이 가능하다.



[그림 2] 전도에 의한 1차원 열전달

Fig. 2에서와 같이 온도구배가 선형적이라고 하면 단위면적당 열전달율(열유속(qx"))은 길이와 온도차의 함수라는 것을 알 수 있다. 즉, 열유속은 아래와 같이 나타낼 수 있다.

$$q_x{}'' \propto \frac{T_1 - T_2}{L}$$

이러한 물리적 현상은 비례하는 관계이므로 비례상수k를 사용하여 아래와 같은 전달률 방정식으로 나타낼 수 있다.

$$q_x{}'' = k\,\frac{T_1 - T_2}{L} \qquad \text{식(1)}$$

미분의 개념을 사용하여 다시 표현하면 아래와 같은 식으로 다시 쓸 수 있다.

$$q_x{}'' = -k\frac{dT}{dx} \quad \text{식(2)}$$

여기에서 k 앞의 -는 열이 온도가 감소되는 방향으로 전달되기 때문에 사용한 것이다.

나. 대류

전도가 고체를 통해서 열에너지가 전달되는 것이라면 대류는 물, 공기 등 유체를 통해서 열에너지가 전달되는 것을 의미한다. 대류 열전달 형태는 불규칙 분자운동(확산)에 의한 에너지 전달과 유체의 거시적인 운동에 의한 에너지 전달로 볼 수 있다. 대류 열전달 방정식은 아래와 같이 표시된다.

$$q'' = h(T_s - T_\infty) \quad \text{식(3)}$$

여기서 대류 열유속$q''(W/m^2)$은 표면온도 T_s와 유체온도 T_∞사이의 온도차에 비례한다. 온도차와 열유속의 비례정도를 나타내는 비례상수 $h(W/m^2 \cdot K)$는 대류 열전달계수(convection heat transfer coefficient)라고 하며 대류 열전달 연구는 대부분 대류 열전달 계수를 어떻게 결정할 것인가 하는 문제가 된다.

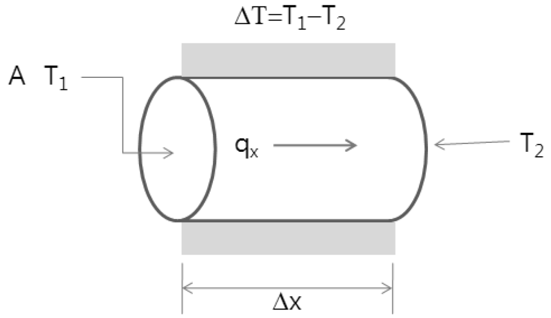
중 3학생의 수준에서 대류 열전달계수를 정량적으로 결정하는 방법을 학습하는 것은 어려운 일이지만 물체의 형상이나 외부 환경(공기의 흐름)에 따라 열전달이 어떻게 정성적으로 바뀔 것인가에 대한 이해는 가능하다고 판단하였다. 또한 제시한 탐구문제에 h값을 제시해줌으로써 대류에 대한 정확한 이해가 없어도 식(3)을 이용하여 문제를 해결할 수 있을 것으로 기대하였다.

3. 물리적 모형의 수식화

물리적 모형의 수식화 부분은 과학과 수학을 연계하는 부분이다. 이 영역을 이해하기 위해서는 물리적 개념을 확실히 하고 있어야 하며 수학에서도 벡터, 미분, 편미분 등에 관한 개념이 있어야 함으로 중3수준에서는 이해하기가 매우 어려운 부분이다. 그럼에도 불구하고 영재성을 알아보기에 좋은 부분이라 생각하고 이에 대한 강의를 진행하였다. 연구 방법에서 다시 언급하겠지만 이번 프로그램에 참여한 학생들은 선행학습으로 미분을 일부 학습한 상태였다. 하지만 각 수학적 요소를 물리적 의미와 연관 지어 생각하지 못하고 단편적인 계산에 익숙해 있는 상태로 파악되었다. 따라서 이 수업을 진행하기 전에 미분, 벡터, 편미분을 물리적 의미와 연관 지어서 설명한 후 수업을 진행하였다.

가. 전도 전달률 방정식

열전달 지배방정식을 얻기 위한 기초식인 전도 방정식은 이론적으로 구했다기보다는 실험적 관찰에서 얻어진 식이다. 즉, ΔT와 Δx를 일정하게 하고 A가 변화된다고 가정하면 q_x는 A에 정비례함을 알 수 있다. 마찬가지로 ΔT와 A를 일정하게 하면 q_x가 Δx에 반비례함을 관찰할 수 있다. 마지막으로 A와 Δx가 일정하게 하면, q_x는 ΔT에 정비례함을 알 수 있다.



[그림 3] 정상상태 열전도 실험

$$q_x \propto A\frac{\Delta T}{\Delta x}$$ 식(5)

이것은 재질이 바뀌어도 비례관계가 유효하다는 것을 예상할 수 있다. 따라서 다음과 같이 쓸수 있다.

$$q_x = kA\frac{\Delta T}{\Delta x}$$ 식(6)

여기서 k는 열전도율이며 물질의 중요한 물성값이다. 위의 식에 $\Delta x \rightarrow 0$의 극한을 위하면,

$$q_x = -kA\frac{dT}{dx}$$ 식(7)

로 나타내어진다. 여기서 음의 부호는 열이 온도를 감소시키는 방향으로 전달되기 때문에 필요한 것이다. 식 (7)에서 단면적을 나누면 단위면적당 열전달값인 열유속(heat flux, $q_x^{''}$)이 얻어지며 이것은 식(2)와 같이 나타난다.

열유속이 벡터량인 것을 인정하면, 전도 전달률 방정식의 더 일반적인 표현은 다음과 같이 쓸 수 있다.

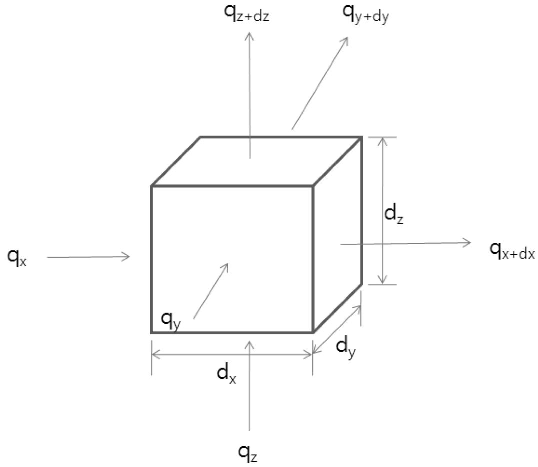
$$q^{''} = -k\nabla T = -k(\vec{i}\frac{\partial T}{\partial x} + \vec{j}\frac{\partial T}{\partial x} + \vec{k}\frac{\partial T}{\partial x})$$ 식(8)

나. 열확산방정식

열확산방정식은 전도 전달률 방정식을 기초로 에너지법칙을 적용하면 구할 수 있다. 아래 그림과 같이 x, y, z축 방향의 길이가 각각 dx, dy, dz인 직육면체의 공간이 있다고 할 때, 이 공간의 x, y, z축 방향으로 들어가는 열전달률을 각각 dx, dy, dz라 하자. 여기서 q_x는 x위치에서의 열전달률을 나타낸다.

또 dx, dy, dz만큼 이동한 후 빠져 나가는 열전달률을 각각 q_{x+dx}, q_{y+dy}, q_{z+dz}라 하고, 공간내부에서 발생하는 열과 저장하는 열이 없다고 가정하면, 에너지 보존의 법칙에 의해 다음과 같은 식을 구할 수 있다.

$$q_x + q_y + q_z = q_{x+dx} + q_{y+xy} + q_{z+dz}$$ 식(9)



[그림 4] 전도 해석을 위한 미소체적

한쪽 표면에서의 열전달률은 다음과 같이 각 방향의 증가율($\frac{\partial q_i}{\partial i}$)에 각 방향의 길이($di$)의 곱으로 나타낼 수 있다.

$$q_{x+dx} = q_x + \frac{\partial q_x}{\partial x}dx$$

$$q_{y+dy} = q_y + \frac{\partial q_y}{\partial y}dy \qquad \text{식(10)}$$

$$q_{z+dz} = q_z + \frac{\partial q_z}{\partial z}dz$$

식(10)을 식(9)에 대입하고 전도 열전달률을 q값 대신 삽입하면 아래와 같은 열확산 방정식(heat diffusion equation)의 일반적인 형태를 얻을 수 있다.

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} = 0 \qquad \text{식(11)}$$

이 식은 3차원에서의 열확산의 방정식이고, 2차원에 대한 방정식은 x, y좌표축만을 고려하면 되므로 2차원의 열확산 방정식은 각각 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} = 0 \qquad \text{식(12)}$$

이번 탐구문제는 결국 2차원 열지배방정식인 식(12)를 풀어내는 것이다.

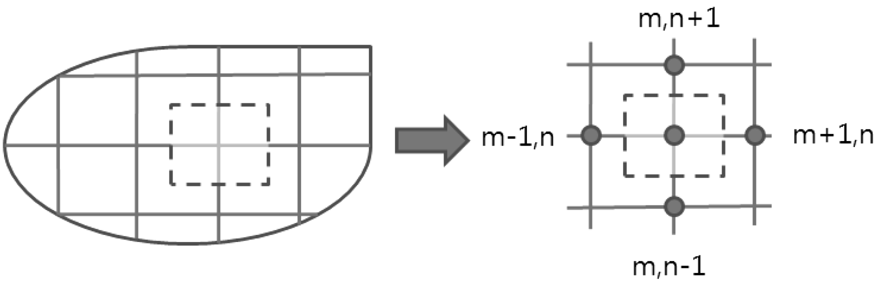
다. 유한차분법

유한차분법을 이용하여 해를 구하는 것은 공학에서 수학을 다루는 특징을 잘 보여준다. 즉, 이론해를 구하는 것이 불가능하더라도 근사적으로 해를 찾아내는 것이 공학에서 다루는 수학의 특징이

다. 식(12)의 경우 경계조건(boundary condition)이 단순한 문제의 경우 이론해를 찾아내는 것이 가능하지만 형상이 조금 복잡해지거나 이번 탐구문제와 같은 비대칭의 경계조건을 가지는 문제의 해를 구하는 것은 거의 불가능하다.

유한차분법에서는 이런 2차 편미분 방정식을 요소를 잘게 나누는 방법을 이용하여 일차식으로 바꾸어 해를 구할 수 있도록 한다(Fig. 5 참조). 유한 차분법의 개념이나 유도방법도 일반적인 중3 수준의 학생이 이해하기는 어렵지만 미분에 대한 물리적 개념을 가지고 있다면 이해가 가능할 것이라 판단하고 수업을 진행하였다. 이 부분에 대한 유도과정을 이해하지 못하더라도 최종적인 문제를 해결하는데 어려움은 없다.

이러한 유한차분법의 경우 절점의 개수를 증가시킬수록 정확한 값을 얻을 수 있다. 절점의 수가 증가할수록 변수가 증가하는 것이다. 유한차분법의 최종형태는 일차방정식으로 중3수준에서 이해 가능한 수준이다. 유한차분법에 대한 내용은 참고문헌(A.F.Mills., 1995)을 참조하기로 하고 여기에서는 생략한다.



[그림 5] 2차원 열전도 및 절망조직

4. 해결책을 얻기 위한 수치해석 프로그래밍 방법

일반적인 중3학생의 경우 2원 일차방정식이나 3원 일차방정식까지 학습한다고 할 때 해를 구하는 기본적인 원리에 대한 이해는 가능하겠지만 4원 이상의 문제에서는 실제로 해를 해석적으로 구하기 위해서는 많은 노력이 필요하며, 변수가 두자리수 이상으로 증가하게 되면 일반적인 방법으로 해를 구하는 것은 거의 불가능하게 된다. 본 교육프로그램에서는 이러한 다원일차방정식을 해결하는 수단으로 수치해석을 이용하였다.

수치해석을 하기 위해서는 컴퓨터프로그래밍언어에 대한 기본적인 이해와 함께 문제를 해결하는 알고리즘을 이해하여야 한다. 일반적으로 정규교유과정상에서 컴퓨터 프로그래밍 언어에 대한 교육을 받지 못하기 때문에 본 연구에서는 C언어에 대한 강의를 진행하였다. 수치해석을 위해 필요한 C언어의 수준은 비교적 간단하기 때문에 이 강의에서는 변수 정의, 입출력 방법, 배열(array)외에 해석에 필요한 기초적인 제어문에 대하여 강의를 진행하였다. C언어에 대한 강의 내용은 주로 김석한 등(2004)이 번역한 책을 참조하였다.

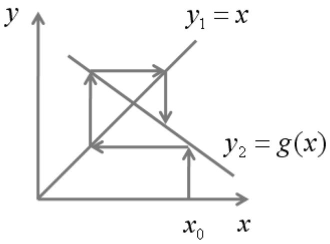
일차연립방정식을 해결하기 위한 수치해석에 대한 알고리즘은 다양하지만(지영준 외, 1995) 여기에서는 가장 간단히 접근할 수 있는 알고리즘을 위주로 강의하였으며 각각에 대하여 간단히 설명하면 다음과 같다.

가. 일점 반복법(One point iteration)

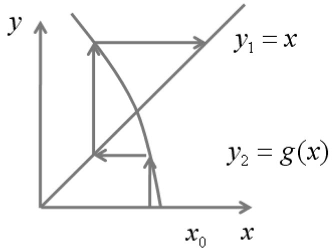
일점 반복법은 해를 구하는 가장 간단한 알고리즘 중의 하나이다. 이 방법은 함수 $f(x)=0$을 x라는 변수를 왼쪽 항으로 옮겨서 아래와 같은 형태로 만드는 것이다.

$$x=g(x)$$

예를 들어 $e^{-x}-x=0$이라는 식이 있다고 하면 이것을 $x=e^{-x}$형태로 바꾸는 것이다. 초기값을 x_0로 가정하면 새로운 값 x_1은 e^{x_0}이 되는 것이고 이것을 반복하면 x값이 수렴하여 해를 구할 수 있게 된다. 물론, 어떤 조건을 만족해야 수렴하며 발산하는 경우도 있다. 수렴과 발산하는 조건을 그래프로 나타내면 아래 그림과 같다.



(a) Convergr



(b) Diverge

[그림 6] 일점반복법의 수렴과 발산

본 연구에 사용된 탐구문제의 경우 경계조건이 모두 결정되어 있기 때문에 수렴하는 조건을 만족하며 따라서 일점반복법을 이용하여 해를 구할 수 있다.

나. 이분법(Bisection method)

연속함수의 경우 실근의 전후에서 함수값은 서로 다른 부호를 갖는다. 이분법에서는 어떤 구간의 양 경계값에서 함수값의 부호의 변화가 있는가를 검사한다. 즉, 두 값의 부호가 같으면 해가 없는 것이고 다르면 그 구간에 해가 있는 것으로 생각할 수 있다(Fig. 7 참조).

이분법의 알고리즘을 정리하면 다음과 같다(지영준 외, 1995) .

x_l : 근이 존재하는 구간의 왼쪽 경계값

x_h : 근이 존재하는 구간의 왼쪽 경계값

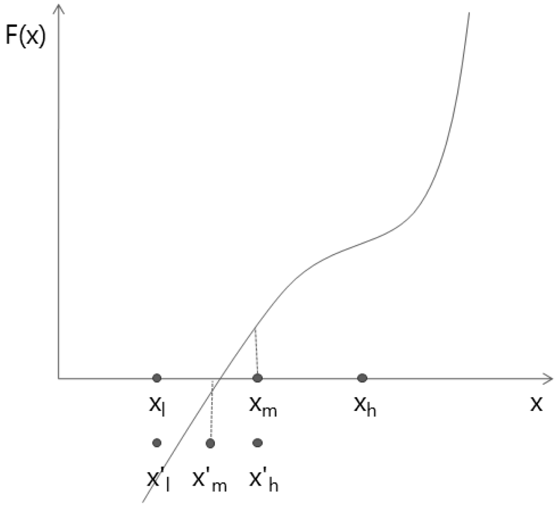
x_m : 근이 존재하는 구간의 왼쪽 경계값

e : 근이 존재하는 구간의 왼쪽 경계값

1) $f(x)$, x_l, x_h, e를 정한다.

2) $x_m=\dfrac{x_l+x_h}{2}$

3) $f(x_m)f(x_h)=0$ 이면 x_m이 근으로 프로그램을 끝낸다.
$f(x_m)f(x_h)<0$ 이면 $x_h \leftarrow x_m$으로 구간을 다시 설정한다.
$f(x_m)f(x_h)>0$ 이면 $x_l \leftarrow x_m$으로 구간을 다시 설정한다.



[그림 7] 이분법

4) $|x_l - x_h| < e$이면 x_m을 근으로 프로그램을 끝낸다.

5) 그렇지 않으면 2) 번으로 가서 반복 수행한다.

다. 가우스 조단법 (Gauss Jordan Method)

가우스 조단법은 연립방정식을 해결하는 대표적인 알고리즘이다. 일반적인 변수소거법을 알고리즘화 한 것이라 할 수 있다. 가우스 조단법은 일점반복법에 비하여 계산 속도가 빠르지만, 알고리즘이 좀 더 복잡하다. 가우스 조던법은 방정식에 일정한 수를 곱하여 다른 방정식과 더하거나 빼는 과정을 거쳐서 만들어진 새로운 방정식도 역시 이전의 방정식과 같은 해를 가지는 성질을 이용하여 연립방정식을 푸는 방법이다. 첫 번째 식의 미지수 하나를 다른 식의 미지수와 같게 하여 둘을 빼서 정리하는 방법으로 계속해서 그 미지수를 지워 나간다. 자세한 알고리즘은 참고문헌(지영준·김화준·허정권, 1995)을 참조하고 여기에서는 생략한다.

Ⅲ. 연구 방법

영재선발방법은 청주교육대학교 부설 영재교육원의 중등심화과정의 학생 중 지도교사의 추천과 영재원의 주말교육과 집중교육 후의 평가에서 우수한 성적을 보이고 수학에 재능이 있다고 판단되는 영재아 4명을 선정하였다. 이들은 모두 중학교 3학년에 재학 중이며 영재센터에서 중등기초와 중등심화과정을 이수한 상태였다. 편의상 선정된 4명을 A, B, C, D학생이라고 언급 한다.

본 연구에서는 선정된 학생의 이전 교육태도나 평가를 기초로 II절에 기술한 통합적 영재교육프로그램을 적용하였으며 교육 후 개별 보고서를 작성하게 하였으며, 최종적으로는 면담을 통하여 본 프로그램에 대하여 평가하게 하였다. 대부분의 학생들은 선행학습을 통해 행렬이나 미분을 접

해 본 상태였다. 학생들이 익숙하지 않은 부분인 수치해석의 몇몇 알고리듬이나, 물리적 현상의 수식화 과정은 자세히 설명하였다. 설명 중간 중간에 나오는 높은 난이도의 수학적 개념은 학생들의 수준에 맞게 설명하면서 스스로 물리적 의미를 파악하면서 이해할 수 있도록 하였다.

마지막으로 수치해석을 이용해서 해결할 수 있는 열전달 문제를 제시하고 앞에서 학습한 수치해석과 물리적 개념, 물리적 개념의 수식화를 바탕으로 학생 스스로 문제를 해결 할 수 있도록 독려하고 어려운 부분은 개별 지도로 해결하였다. 해결된 문제를 바탕으로 개별적으로 연구 논문을 작성하도록 하였으며, 논문 작성 후 개인 면담을 통해 이번 사사 강의에 대한 평가를 수행하였다.

교육프로그램은 한 학기 동안 진행되었으며, 자세한 프로그램 일정과 내용은 <표 1>과 같다. 한 단위 강의당 시간은 4시간 정도이다.

A학생을 제외한 나머지 학생의 경우 2~3회의 결석이 있었으며, <표 1>에서 각 학생이 빠진 수업 내용을 파악할 수 있다.

<표 1> 통합적 영재 교육 프로그램 일정 및 내용

	일시	참석자	진행 일정
1회	06.04.22	A학생, B학생, C학생, D학생	사사교육 안내, 과제 제시
2회	06.05.13	A학생, B학생, C학생, D학생	C++프로그래밍의 기초
3회	06.05.27	A학생, B학생, C학생, D학생	Bisection method를 이용한 수치해석
4회	06.06.17	A학생, C학생, D학생	one point iteration을 이용한 수치해석
5회	06.07.08	A학생, C학생, D학생	Gauss Jordan Method를 이용한 수치해석
6회	06.07.22	A학생, B학생, C학생	고등 수학개념이해 (행렬, 벡터, 미분, 편미분)
7회	06.07.27	A학생, B학생, C학생	열전달 기초 이론
8회	06.08.05	A학생, B학생	열전달 물리 개념의 수식화
9회	06.08.12	A학생, D학생	열전달 문제의 수치 해석적 접근 방법
10회	06.08.21	A학생, B학생, C학생, D학생	탐구 문제 제시
11회	06.08.22	A학생, B학생, C학생, D학생	최종 보고서 작성 방식 안내
12회	06.08.23	A학생, B학생, C학생, D학생	최종 보고서 작성 및 면담
13회	06.08.28	B학생, C학생	최종 보고서 작성 및 면담
14회	06.08.31	B학생	최종 보고서 작성 및 면담
15회	06.09.11	D학생	최종 보고서 작성 및 면담

Ⅳ. 연구 결과

1. 영재아들의 일반적 사항과 수업진행결과

본 교육프로그램에 참여한 학생들의 일반적인 상황은 표2와 같다. 표2에서 보는 바와 같이 A, B, C학생은 수학 심화과정을 이수하였으며 D학생은 정보 심화과정을 이수하였다. 전체적으로 우수한 학생들로 구성되어 있지만, 그 중에서 B학생은 공신력 있는 수학 경시 대회에서 다수의 수상 경력을 가지고 있었다, D학생은 상대적으로 낮은 성적을 가지고 있었다. 또한 A, B학생은 이전 심화과정 지도교수로부터 우수한 학생이라는 평가를 받아 관심을 두고 지켜보았다.

<표 2> 수업대상 학생들의 일반적 상황(청주교육대학교, 2006)

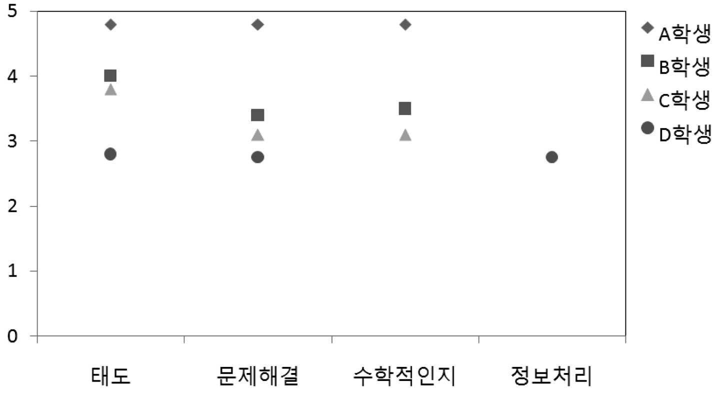
학생 구분	심화과정	학교성적 (학교전체기준)	심화과정별 영재원 성적 (등수/전체)	기타
A학생	수학	1~5등내외	2/14	
B학생	수학	10~20등내외	5/14	한국과학영재올림피아드 수학부분 장려상 외 몇 건의 수상 있음
C학생	수학	5~10등내외	6/14	
D학생	정보	40~50등 내외	12/15	

청주교육대학교 부설 영재교육원에서는 각 지도교사별로 태도, 문제해결, 수학적인지 관찰체크리스트를 작성하게 하고 또한 학생 학습태도를 정의적, 과정적, 인지적, 사회적 특성을 기록하게 하고 있다. A, B, C, D 학생의 관찰체크리스트(2004년 4월 ~ 2005년 1월 기준)를 그래프로 나타내면 Fig. 8과 같다. 5점이 최대점이며 점수가 높을수록 항목별 특성이 좋은 것이다.

표 3에는 지도교사들이 지난 심화과정 수업동안 학생들을 관찰한 결과 중 일부를 요약하여 정리하였다.

<표 3>에서 나타난 바와 같이 A학생은 영재성이 보인다고 평가받을 정도로 우수한 학생으로 판단되었다. 과정적 특성에서 수업시간에 잘 집중하지 않는다고 평가 받았는데, 이번 프로그램에서는 모든 시간을 참석하였고, 집중도도 우수한 것으로 생각되었다. 이것은 이번 영재교육프로그램이 이전의 프로그램에 비하여 난이도가 높기 때문이 아닌가 판단된다. B학생의 경우 수학 쪽에 관심분야가 치우쳐 있는 학생으로 판단되었다. 논리적이고 집중력은 뛰어나지만 관심분야가 아닌 부분은 쉽게 흥미를 읽어 버리는 경향이 있었다. C학생은 모범적이고 친화력이 뛰어난 학생으로 판단된다. 영재라기보다는 우수한 학생으로 체계적인 교육을 통해 좋은 인재가 될 수 있는 학생으로 판단된다. D학생의 경우 활발한 성격의 소유자이면서 A, B, C학생에 비하여 상대적으로 학업성취도가 약간 뒤처지지 상태로 파악되었음 약간 산만한 성격을 가지고 있는 것으로 파악된다.

학생에 따라 차이는 있지만 수학의 경우 대부분 선행학습을 수행하고 있는 것으로 파악되었다. 그러나 단순한 문제를 해결하는 정도에 그치고 있었으며 고등 수학에 해당하는 벡터나 미분에 대한 깊은 이해를 하는 학생은 없는 것으로 판단되었다. 본 프로그램에서는 수치해석을 가르치기



[그림 8] 관찰체크리스트 결과 그래프

<표 3> 수업대상 학생들의 특성

학생 구분	정의적 특성	과정적 특성	인지적 특성	사회적 특성
A학생	● 혼자 스스로 행동하는 것에 있어 주의 산만 ● 활발한 학생은 아님 ● 과학과 수학 분야에 많은 관심을 가짐	● 학습할 때 진지함은 없지만 문제해결은 뛰어남 ● 수업을 열심히 듣는 것은 아니나 가장 빨리 해결 ● 집중력이 좋고, 문제해결력이 뛰어남	● 학습에 대한 이해가 빠름 ● 영재라는 느낌을 받을 때가 있음 ● 공간 지각력과 수학적인 아이디어가 뛰어남	● 사교성이나 활발한 것은 아님 ● 혼자서 놀기 좋아함 ● 자신의 의견을 적극적으로 말하는 편
B학생	● 나이에 비하여 신중하고 침착 ● 침칙하며 신증 ● 수학 분야에서 상당한 흥미와 호기심을 가지지만 과학분야의 관심도는 떨어짐	● 도전적이고 끈기 있음 ● 자신이 재미없는 부분에서는 방관 ● 실험 결과를 정확히 관찰 ● 즉각적으로 문제해결하는 과정이 정확	● 실험설계능력은 부족하지만, 논리적 결과를 도출하는데 뛰어남 ● 흥미를 한번 가지면 열심히 함 ● 머릿속으로 생각하는 것이 실제 사물을 기지고 수업하는 것 보다 우수 ● 지식이 수학적 분야에 치중	● 다수와 친하지는 않으나 몇몇 친한 친구들이 있음 ● 친구들과는 잘 지내는 편이나 사교적이지는 않음 ● 친구들과 잘 어울리고 온화한 성격 소유
C학생	● 사교성이 매우 좋은 학생 ● 장난을 치지만 의외로 침착 ● 문제해결이나 실험에 두려움이 없고 자신감이 있음	● 침착하지만 실험할 때 자주 실수함 ● 침착하면서 성실 ● 실험할 때 세심함을 보임 ● 실험설계능력이 뛰어남	● 영재라는 느낌은 들지 않지만 열심히 하는 학생이라는 생각 ● 이해를 잘 하는 편이며 함께 학습하는 것을 좋아함 ● 빠르게 문제해결하는 편	● 밝은 성격 소유 ● 서글서글한 성격 ● 사교성이 좋다
D학생	● 정보와 수학을 좋아하고 장난기 있음 ● 관심분야에 따라 수업태도 차이남 ● 수학에 관심이 있고, 선행학습을 많이 한 학생 ● 의지가 약함	● 과학보다는 수학에 흥미 있음 ● 관심 있는 분야에서 문제해결력 뛰어남	● 수학적 계산능력과 공간지각능력 뛰어남 ● 과학이나 수학분야에 배경지식 많음 ● 수업에 잘 집중하지 않음	● 활발한 성격소유 ● 자기주장 강하고 양보하는 태도가 부족

위한 전단계로 C언어를 학습시켰다. D학생은 프로그램에 대하여 약간 익숙해 있는 상태였으나 나머지 학생은 비쥬얼 베이직을 오래전에 사용해본 경험이 있는 정도로 파악되었다. 따라서 D학생은 능숙하게 프로그램을 작성하였으나 나머지 학생은 C언어 강의 초기에 힘들어 하는 모습을 나타내기도 하였다. C언어 기초학습이 끝난 후 수치해석의 몇 가지 알고리즘에 대하여 강의하였는데, 학생들은 수치해석을 수학의 일부라고 생각하지 않는 반응이었다. 특히, 수학분야에만 관심이 있다고 평가된 학생들은 이 부분의 수업에 적극적이지 않았다. 방정식의 해를 구할 수 있는 알고리즘 중 일점반복법, 이분법, 가우스 조던법의 세가지 알고리즘에 대하여 논의하였으며, 이 과정 중 선형방정식, 행렬, 최대값, 최소값 등 필요한 수학적 요소를 설명하였다. 대부분의 학생의 경우 각 알고리즘의 내용에 대하여는 이해를 하는 반응이었지만, 그것을 프로그래밍화 하는 것을 어려워하였다. 이것은 학생들이 프로그래밍 언어에 대한 학습이 거의 없던 상태에서 처음 프로그래밍 언어를 접합으로 인한 명령어나 사용법 미숙 때문이 큰 것으로 생각된다. 일점 반복법과 이분법의 경우 일부 학생들이 프로그래밍화 하였으나, 가우스 조던 알고리즘의 경우 대부분의 학생이 프로그래밍화 하

는데 어려움을 겪었다. 따라서, 가우스 조던 알고리즘은 예제 프로그래밍을 학생들에게 제공한 후 프로그램을 이해하고 변형해서 사용할 수 있도록 조처하였다.

수치해석에 대한 내용 후 열전달의 기본 개념에 대하여 강의하였다. 학생들은 기본적인 열에 관련된 물리적 개념을 가지고 있었기 때문에 정성적인 개념을 이해시키는 데는 어려움이 없었으나, 이것을 정량화하기 위해 수학의 미분의 개념을 물리적인 개념과 접목시키는 과정에서 어려움이 있었다. 이것은 학생들이 수학의 문제풀이에는 익숙하지만 물리적 의미와 연관시켜 생각하는 훈련을 받지 못했기 때문에 발생한 문제라 생각된다. 이번 강의에서 가장 난이도가 있는 부분은 지배방정식을 유도하는 부분이다. 유도과정에 대한 이해가 없어도 문제해결에는 지장이 없지만 학생들의 수준을 분별하기에 적합하다는 판단에서 개념 위주로 설명하였다. 지배방정식은 편미분 형태로 유도되므로 벡터와 편미분에 대한 내용도 개념 위주로 설명하였다. 예상한 바와 같이 대부분의 학생은 거의 이해를 못하는 것으로 파악되었으며 A학생의 경우 유도과정에 대한 수식적 이해는 부족하지만 개념적으로 일부 이해하는 것으로 판단되었다.

유도된 지배방정식을 유한차분법(Finite Differential Method)를 이용하여 일차방정식화하는 과정도 자세하게 설명하였다. 이 부분에 대한 이해 역시 미분에 대한 개념적 이해가 있어야 하므로 학생들이 어려워하였는데 이 부분 역시 유도과정에 대한 이해가 없어도 문제해결에는 어려움이 없는 부분이다.

이러한 수학적 유도과정상에서 또 다른 어려움 중의 하나는 기호에 대한 표기였다. 일반적으로 학생들이 사용하는 변수보다 많은 변수가 있으므로 이를 효율적으로 표기하기 위한 인덱스(Index notation)가 필요한데 이에 대한 이해나 설명이 어려운 부분 중의 하나였다.

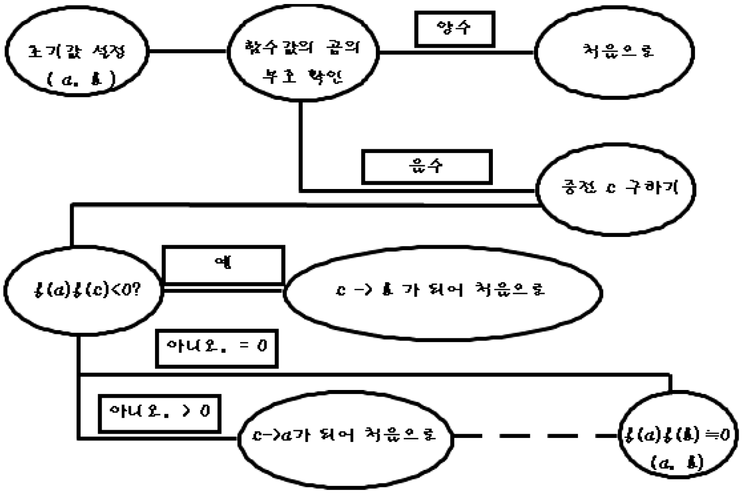
유한차분법에 대한 강의가 끝난 다음 열전달에서 온도를 어떻게 계산할 수 있는지 단순화된 문제에 대하여 해결하는 전 과정을 학생들에게 보여주었으며, 최종적으로 탐구 문제를 제시하고 문제해결을 하도록 지시하였다.

2. 영재아들의 보고서 분석

탐구 문제를 해결한 후 보고서 작성을 지시하였는데, A, C, D학생의 경우 보고서를 제출하였으나 B학생은 포기하였다. B학생은 전국규모의 수학경시대회에서 수상하였을 뿐만 아니라 심화과정의 지도교수로부터 우수한 학생이라는 평가를 받았기에 이런 결과는 의외였다. 이것은 학생의 수준이 떨어 진다기 보다는 앞에서 분석한 이 학생의 특성이 이론적 수학이 외에는 특별한 관심을 가지지 않기 때문인 것으로 생각된다. 반면에 D학생의 경우 상대적으로 낮은 학업 성취도를 가지는 반면에 상대적으로 좋은 보고서를 제출하였다. D학생은 정보 심화과정 출신으로 프로그래밍에 어느 정도 자신이 있었기 때문에 이러한 결과가 나타난 것으로 생각된다. 따라서 영재프로그램을 적용할 때 프로그램 자체의 질도 중요하지만 학생의 적성이나 특성을 잘 분석하는 것이 중요한 점이라 생각된다.

A학생의 경우 수치해석의 알고리즘을 이해하고 자기나름대로 순서도화 하였다. Fig. 9는 A학생이 이분법에 대한 순서도를 모형화 한 것이다.

A학생은 가장 먼저 탐구문제를 해결하였으며 보고서를 작성함과 여러 가지 이론에 대하여 자기생각으로 재구조화하였다. 해석에 사용한 알고리즘도 일점반복법과 가우스 조던 방법의 두 가지 방법을 사용한 것을 알 수 있다. 이것으로 보아 두 가지 알고리즘을 모두 이해하고 있는 것으로 파악



[그림 9] A학생의 이분법에 대한 순서도화

된다. 다만, 제출한 프로그래밍 파일을 보면 예제로 제출한 파일을 단순 변형시킨 것을 볼 수 있다. 이것은 이 학생이 프로그래밍에 아직 익숙하지 못하여 창의적으로 프로그래밍을 변경시키지 못하기 때문으로 파악된다.

C학생의 경우 일점 반복법을 이용하여 문제를 해결하였다. 이 학생의 경우 학습초기에 수치해석에 관한 부분에서 수학이 아닌 정보 사사의 내용을 공부하고 있다고 생각하고 흥미를 잃어버린 것으로 생각된다. 하지만, 열전달과 관련된 수학적 내용을 할 때 다시 흥미를 찾은 것으로 생각된다. 이 학생의 보고서의 가장 큰 특징은 이론관련 내용이 가장 잘 정리한 것으로 보인다. 이것은 앞에서 언급한 이 학생의 인지적 특성 중의 하나가 성실하다는 것인에 이러한 성격이 반영된 것으로 파악된다.

D학생의 경우 학습초기에 문제해결이 좀 어려울 것으로 생각되었던 학생이다. 그러나, 정보 심화과정을 거쳐서인지 이번 프로그램에 대한 만족도가 가장 높았다. 이 학생 역시 일점 반복법을 이용하여 문제를 해결하였다. 이 학생 보고서의 가장 큰 특징은 예제로 제시한 프로그래밍을 창의적으로 변형시켰다는 것이다. 프로그래밍에 능숙한 학생의 특징에 맞게 새로운 명령어를 찾아서 입출력을 편하게 개선시켰다는 점이 부각되는 보고서였다.

3. 수업 후 인터뷰 분석

교육프로그램 평가를 위하여 보고서가 제출된 후 각 학생 별로 인터뷰를 하였다. 인터뷰 내용은 다음과 같다.

사사교육을 된 동기는 주로 자기 만족감이나 주위의 칭찬, 또는 과학고등학교 진학을 위한 것이 대부분 이었다.

질문1. 사사교육을 받게 된 동기는 무엇인가요 ?
A학생 : 영재교육원의 탐구 활동을 하고 싶고, 중등 심화 때 부족한 것이 있는 것 같아서 선택하였음.

B학생 : 어려운 수학 문제를 풀고 만족감을 얻기 위해서 선택

C학생 : 집중교육은 재미있었는데, 평소에는 시간이 아까웠다. 과학고 진학을 위하여 좀 더 수준 높은 공부하고 싶었다.

D학생 : 영재교육을 받게 된 동기는 수학, 계산 능력에 대한 주위의 칭찬을 받아서 임. 사사사과정을 통해 자신의 능력을 확인하고 알리고 싶음.

이번 연구에 교육을 받은 학생들은 대부분 수학과 과학 분야의 전문가가 되기를 원했다. 특히 B 학생은 과학에 대한 거부감을 가지고 있는 것으로 파악되었다.

질문2. 본인의 장래 희망은 무엇인가요.

A학생 : 과학 분야의 전문 연구자 또는 대학교수

B학생 : 수학자가 되고 싶다. 과학은 싫었다.

C학생 : 물리학자

D학생 : 컴퓨터 프로그래머, 게임을 개발하는 사람이 되고 싶음

이번 사사과정에서 학생들은 프로그래밍을 이용하여 수학 문제를 해결할 수 있다는 것을 흥미롭게 생각한 것으로 파악된다. 학생의 성취도에 따라 다양한 반응이 나타났다.

질문3. 한 학기 동안 수고했습니다. 이번 사사를 통해서 어떤 점이 좋았는지 말해보세요.

A 학생 : 프로그래밍 할 때 어렵다고 생각했는데, 비교적 쉽게 할 수 있어서 자신감을 얻었다. 컴퓨터를 이용해서 수학 문제를 푼다는 것이 신기했고 감이 잡혔다. 프로그래밍에 취미를 가지게 될 것 같다.

B 학생 : 좋았던 점은 없었다.

C 학생 : 열전달식을 유도하는 과정이 좋았다.

D 학생 : 새로운 방식의 수업이 좋았다. 이런 수업을 소화 했다는 것이 자부심이 든다.

보완해야 될 점으로 학생들은 난이도가 낮은 프로그램을 원하는 것으로 나타났다. 다음 번 연구에는 물리 개념을 제외한 수치해석에 대한 내용으로 프로그램을 구성하면 수학만을 원하는 학생은 만족도가 높아질 것으로 생각된다.

질문 4. 이번학기 사사 강의 중 불편했거나 부족했던 점 또는 보완해야 할 점이 있다면 무엇이 있을까요.

A 학생 : 건물이 낡아서 불편(화장실), 편미분이 어려웠다,

B 학생 : 어려운 것은 좋은데, 너무 어려웠다. 좀 더 쉬웠으면 좋겠다.

C 학생 : 수학에 흥미가 있었는데, 프로그래밍을 해서 재미가 없고, 의욕이 나지 않았다. 수업시수가 적었다. 수업하고 나서 자습할 수 있는 시간이 있었으면 좋았겠다.

D 학생 : 크게 불편한 점은 없었음.

학생들이 가장 어려워한 부분은 물리적 현상을 수식화 하는 내용을 이야기 하였으며 프로그래밍에 익숙하지 못한 것도 어려운 점이라 이야기 하였다.

질문 5. 이번 사사 강의는 수치해석(프로그래밍), 열전달 이해, 물리적 현상의 수식화로 나눌 수 있는데, 어떤 부분이 가장 어려웠나요. 그리고 그 이유는 무엇인가요.
A학생 : 물리적 현상을 수식으로 유도하는 부분이 어려웠음, 프로그래밍 중에서도 가우스 조단이 어려웠다.
B학생 : 열전달의 개념이 가장 어려웠음...수학이나 프로그램은 관심이 있었지만, 물리에 대한 관심은 없었음....
C학생 : 수치해석, 프로그램 짜는 것이 어려웠음.
D학생 : 물리적 현상의 수식화를 하는 것이 어려웠음

학생들이 가장 쉽게 이해한 부분은 수치해석 중 알고리즘에 대한 부분이었다. 그러나 이것을 프로그래밍 하는데는 대부분의 학생이 어려움을 느낀 것으로 파악된다.

질문 6. 이번 사사 강의는 수치해석, 열전달 이해, 물리적 현상의 수식화로 나눌 수 있는데, 어떤 부분이 가장 이해가 잘 되었나요. 그리고 그 이유는 무엇인가요.
A 학생 : 프로그래밍 중에서 일점 반복법, 이분법의 알고리즘. 물리적 개념에서는 전도. 선형방정식의 유도는 어렵지 않았음.
B 학생 : 수치해석의 알고리즘은 이해했는데, 프로그램으로 구현하는 것은 어려웠다.
C 학생 : 열전달 이해. 스스로 공식을 유도하는 과정이 이해가 잘 됨.
D 학생 : 수치해석(정보심화에 들어오기 전부터 프로그래밍에 익숙해 있었음(6개월정도 사교육기관에서 학습))

D학생을 제외하고는 이번 프로그램을 권하는 것을 주저 했다. 주된 이유는 수학적 내용이 아니라고 판단한는 것으로 생각된다.

질문 7. 다른 영재센터 친구들에게 이 프로그램을 권해 주고 싶나요.
A 학생 : 머리 쓰는 것 좋아하는 사람에게는 권해주고 싶은 마음이 있는데, 어려운 것 싫어하는 사람에게는 권해주고 싶지 않다.
B 학생 : 과학이 싫은 사람들한테는 권해주고 싶지 않고, 과학에 대해 관심이 있는 사람에게는 권해 주고 싶다.
C 학생 : 권해주고 싶지는 않다. 다른 것을 하는 것이 좋을 것 같다. 왜냐 하면 자기 과목에 대하여 자세하게 하는 것이 좋기 때문에..
D 학생 : 권해주고 싶다. 물리적 현상의 수식화 부분을 빼고는 이해가 되어 만족스러웠다.

이번 교육프로그램은 학생들에게 프로그래밍에 대한 새로운 흥미를 부여한 것으로 보이며, 공부에 대하여 자신감이나 자극을 주는 역할도 한 것으로 파악된다.

질문 8. 이번 사사 프로그램이 자신의 가치관이나 진로, 학문에 대한 자세에 대한 자극을 주었나요.
A 학생 : 수학문제를 풀 때 손으로 풀지 않고 프로그램을 이용해서 해결하는 것이 새로웠다.
B 학생 : 프로그래밍에 대한 흥미가 생겼다. 대학 들어가면 프로그램을 하고 싶다.
C 학생 : 미분에 대하여 더 공부해야 되겠다는 생각이 들었다. 열전달이나 열역학에 대한 관심이 조금 증가하였다.
D 학생 : 많이 준 것 같다. 미분에 대하여 공부를 깊이 하고 싶다.

받고 싶은 교육프로그램은 자신의 흥미도에 따라 다르게 나타났는데, 수학에 대한 관심의 형태에 따라 이론적인 수업을 원하는 학생이 있었다.

질문 9. 다른 주제로 사사 과정을 만든다면 어떤 형태나 주제의 사사 과정이 있으면 좋은지 자신의 생각을 말해보세요.
A 학생 : 원격 모형 자동차 만들기, 기계적인 조립 만들기 등
B 학생 : 작년 문제인 주사위 쌓기의 일반화 같은 내용이 마음이 들었다. 물리적인 개념이 들어가지 않고 수학적인 것만의 문제이면 좋겠다.
C 학생 : 이론적인 것만 집중적으로 하는 수업이 좋을 것 같음.
D 학생 : 로봇을 만들면서(하드웨어), 로봇이나 하드웨어를 제어하는 소프트웨어를 프로그래밍 하고 싶다. 인공지능 프로그램이 있으면 작성하는 것을 해볼 수 있다.

Ⅴ. 결론 및 제언

이상의 결과를 볼 때 열전달 및 수치해석을 주제로 하는 이번 통합적 영재 교육프로그램은 프로그램의 난이도를 좀 더 낮추어야 중학생 3학년 수준의 영재아의 교육이 가능할 것으로 판단된다. 차후 이 영재 교육 프로그램을 진행하게 된다면 강의의 순서를 바꾸어서 컴퓨터 프로그래밍 언어에 대한 교육을 후반부로 하는 것이 바람직할 것으로 생각된다.

프로그램에 대한 만족도는 영재아의 특성에 따라 다르게 나타났다. 학생들은 통합적으로 구성된 본 프로그램은 과학교육프로그램의 하나로 생각하는 경향이 있어, 수학에만 흥미 있는 학생들의 만족도는 낮았다. 반대로 다양한 분야에 흥미를 가진 학생은 비교적 만족도가 높았으며 각자에게 자신감과 동기부여가 되는 결과를 얻었다. 따라서 향후 영재프로그램을 진행할 경우 영재아의 특성을 잘 파악해서 분석한 후 프로그램을 투입하는 것이 중요하다 판단된다.

또한, 기존의 영재 교육에서 과학, 수학, 정보로 구분한 것이 학생들에게 일종의 소속 의식을 심어 줌으로써 자기 분야에 대한 사고를 일정부분 고착화시키는 경향도 있는 것으로 보인다.

본 연구에서 다룬 통합적 주제는 일종의 공학적 내용이라고 할 수 있다. 이제까지 공학교육은 주로 대학교육에서 주로 초점이 맞추어져 왔다. 공학교육의 기초학문이 과학교육이라는 인식속에서 초등학교나 중학교에서 관련 교육을 다양하게 받고 있는 것처럼 보이지만, 실제로는 초·중등 과학교육에서 공학이라는 주제는 일회적이며, 흥미 위주라는 특징을 가지고 있다. 따라서, 공학교

육의 발전을 위해서는 본 연구에서 언급한 통합적 주제와 같은 공학적 개념을 직접적을 교육할 수 있는 프로그램이 학생들의 수준에 맞게 개발되고 또한 이를 지속적으로 가르킬 수 있는 방안에 대한 연구가 있어야 할 것이다.

교신저자: 남현욱

[참 고 문 헌]

김석환, 박용규, 최홍순. (2004) The C Programming Language. 대영사

남승현 외 (2005). 멀티미디어 제작을 통한 초등 정보영재교육에 관한 연구. 한국컴퓨터교육학회 논문집 8(2) : 11-22

에듀넷 : http//www.edunet4u.net

이경화(2003). 수학 영재교육 자료의 개발과 적용 사례 연구. 대한수학교육학회지 수학교육학연구 13(3) : 365-381

주희영 외 (2006). 과학 영재의 창의적 문제 해결력 신장을 위한 발생학 수업 프로그램 적용 효과 분석. 한국생물교육학회지 34(2) : 257-268

지영준, 김화준, 허정권. (1995) C로 구현한 수치해석. 높이 깊이

청주교육대학교 부설 영재교육원 내부자료 (2006)

청주교육대학교 부설 영재교육원 중등 수학 사사 보고서 (2006)

Mills, A.F. (1995) Heat and Mass Transfer :Richard D. Irwin, INC

Frank P. Incropera & David P. DeWitt. (2003) Fundamentals of Heat and Mass Transfer : John Wiley & Sons Inc

Steven C. Chapra·Raymond P. Canale. (1990) Numerical Methods for Engineers : McGraw-Hill