

지식상태 분석을 통한 과학영재들의 힘에 관한 오개념

박 상 태

공주대학교 물리교육과

물리교과의 내용은 다른 과학교과에 비해 비교적 위계관계가 강하다. 즉, 이미 배운 것과 지금 배우고 있는 것 그리고 앞으로 배울 것이 서로 밀접하게 연결되어 있다. 이런 학습의 위계에 대한 평가는 기존 연구자들이 많은 연구를 해 왔지만, 본 연구에서는 ‘지식공간론’이라는 새로운 방식을 통해 분석하고자 하였다. 본 연구에서 사용한 방법은 기존의 통계처리와는 전혀 다르기 때문에 통계처리 과정에서의 오류가 없으며, 수학의 집합론을 바탕으로 하고 있기 때문에 학생들이 갖고 있는 지식의 위계를 정확하게 분석할 수 있다. 특히, 처리 과정을 컴퓨터시스템을 이용하여 정확하고 빠르게 처리할 수 있음은 물론 객관적 타당도를 높이고 많은 양의 자료를 효율적으로 처리할 수 있다. 더 나아가서 분석결과를 가시화하여 보여줄 수 있기 때문에 개개인에 대해 실질적인 도움을 줄 수 있다. 또한 자신의 부족한 부분을 가시화하여 피드백 해주기 때문에 학생들이 자신의 문제점을 객관적으로 이해할 수 있고 평가자로부터 제시되는 처치 프로그램 또한 긍정적으로 수용할 수 있을 것으로 본다. 본 연구 결과는 수학 또는 과학관련 과목의 성적이 떨어지지만 딱히 그 이유를 분명히 알 수 없는 경우나, 과학 중에서도 어떤 분야에 특별히 더 관심을 갖고 있는지를 알아보려고 하는 경우에도 효율적인 도구로 활용할 수 있을 것이다.

주제어: 과학영재, 위계도, 성취도 평가, 지식 공간, 지식 상태

I. 서 론

Wood(1975)는 지식의 위계는 문항들이나 학습과제들 사이에서, 더 높은 단계의 문항이나 학습 과제를 성공적으로 수행하기 위하여 체계적으로 순서 있게 정돈된, 그들 사이의 배열상태라고 정의했고, Olsen(1968)은 교육과정에서의 학습과제나, 혹은 특별한 개념에 관련된 어떤 학습과제의 전체적인 순서나 부분적인 순서를 위계로 정의하였다. 과학교과에 대해서 제7차 교육과정이 중점을 두는 것 중 하나는 단계형 수준별 교육과

교신저자: 박상태(stpark@kongju.ac.kr)

정의 운영이다(교육인적자원부, 1998). 과학교과의 많은 내용은 과학적 개념의 도입 순서에 따라 서로간의 위계가 결정된다. 한편, 같은 과학적 개념이라도 도입의 방식에 따라 또는 응용의 대상에 따라 학습의 순서가 결정된다. 이상과 같은 위계는 교사의 전문성과 경험으로 분석 가능한 경우가 많다. 그러나 실제 교육에서는 의외의 위계관계가 발생할 수 있다. 여기서의 의외성은 학생들의 지식상태에 대한 교사의 판단이 잘못되었기 때문이라 볼 수 있다. 이것은 학생에 대한 이해의 부족으로 야기될 수 있으며, 특히 요즈음과 같이 과학문명이 급속히 발전하면서 기성세대의 접근이 어려운 그들만의 영역의 존재에 기인한다(AAAS, 1990). 그러므로 비록 지식적인 내용이라 할지라도 이들의 위계를 학생들에게 직접 투영한 결과를 이용하는 것이 가장 바람직하다고 볼 수 있다.

학생들로부터 얻은 평가결과로부터 학생들의 위계를 해석하는 방법에는 여러 가지가 있을 수 있지만, 본 연구에서는 지식공간론을 활용하였다. 지식공간론은 Jean-Paul Doignon과 Jean-Claude Falmagne(1999)에 의해서 주창된 것으로 지식의 위계를 수학적으로 해석하는 이론이다. 이 이론은 물리학에서 배우는 군론(group theory)과 매우 유사하다. 그러므로 지식공간론을 활용한 위계분석은 비교적 위계가 강한 수학이나 과학교과 내용에 적합하다. 또한 이 이론을 이용하여 평가결과를 해석할 때, 보통의 통계처리 방식처럼 양적인 요소를 사용하지 않는다(공주대학교 과학교육연구소, 2002). 그러므로 정량화 과정에 따른 통계적인 오류가 없다.

본 연구에서는 대학에서 운영하는 과학영재교육원 교육생 중 물리반 학생들의 힘과 운동 영역에 대한 '지식상태를 지식공간론을 활용하여 분석'(이하 '지식상태 분석'이라 한다)하고, 이것으로부터 얻은 위계를 도식화함으로써 힘과 운동 개념, 특히 오개념에 대한 교수·학습 방법을 개선하기 위해 필요한 기초자료로 활용하고자 하였다. 또한 각 개인의 도식화된 위계자료로부터 개별학습 진단을 위한 기초자료로 활용하고자 하는데 그 목적이 있다.

II. 이론적 배경

대부분의 교과교육 평가에서 학생들의 정답 문항은 몇 가지 유형으로 분류된다. 이것은 각 문제를 해결하기 위한 배경 지식이 어떤 관계를 갖고 있기 때문이다. 예를 들어, 두 문항에 대한 각각의 배경 지식이 상하의 위계관계를 갖고 있다면 많은 학생의 답안에서도 그 관련성이 나타날 것이다. 역으로 우리는 학생들의 평가결과를 이용하여 각 문제에 관련하는 지식의 체계를 분석하는 것이 가능하며, 이러한 이론적 근거가 지식공간론이다. 본 절에서 위계도의 도식화 알고리즘의 이해에 필요한 지식공간론의 일부를 소개한다.

평가 결과를 분석할 때, 분석 결과의 신뢰성은 학생들이 얼마나 성실한 태도로 평가에 임하였는지에 좌우된다. 평가에 어떤 학생이 성의 없이 임했다면 평가 결과로부터 얻은 정보는 그 학생에 관한 참된 정보라 할 수 없다. 그러므로 합리적인 수학적 모형을 구성하기 위해서 평가에 임하는 모든 학생에 대하여 다음과 같은 두 가지 조건을 가정하기로 한다: (1) 모르는 문제를 우연히 맞히는 경우는 없다; (2) 맞힐 수 있는 문제를 실수로 틀리는 경우는 없다.

모든 학생들에게 위의 두 전제가 보장되는 평가라면 가장 이상적인 평가라 할 수 있지만 실제 상황에서는 이러한 경우를 기대할 수 없다. 그러므로 이 문제에 대한 보완책으로 위의 전제를 만족하는 답안만을 골라 평가에 활용하는 방법을 택할 수 있다.

본 논문에서 취급하는 평가문항은 모두 이분문항¹⁾이다. 평가에 있어서 어떤 학생이 맞힌 문항의 집합을 지식상태(knowledge state)라 한다. 이 집합은 그 학생에 대한 지식 정보를 갖고 있으며, 충분히 많은 학생이 같은 평가문항으로 평가를 받았다면 다른 학생의 지식상태와 비교하여 그 학생의 현재의 지식수준을 알 수 있을 것이다. 여기서 충분히 많은 학생에 대한 정보를 기준으로 삼는 이유는 정보를 최대한 객관화하기 위함이다. 이것은 아무리 많은 학생이 평가에 참여하더라도 학생 각자의 답안은 몇 가지의 유형으로 분류 될 것이고, 따라서 평가에 참여하는 학생의 수가 어느 정도 이상이라면 지식상태의 종류와 개수는 일정할 것으로 예상하기 때문이다. 그러므로 어떤 평가에 대해서 지식상태의 모임 전체는 대체로 일의적으로 결정된다고 볼 수 있다.

지식상태들의 모임에 대하여 수학적 해석의 편의를 위해 다음과 같은 정의를 도입하자.

정의 2.1 Q 를 평가문항의 집합이라고 하고 K 를 지식상태의 어떤 집합이라 하자. 이 때, 집합 K 가 공집합 ϕ 와 전체집합 Q 를 포함하면, 순서쌍 (Q, K) 를 지식구조(knowledge structure)라 한다.

(Q, K) 가 지식구조이면 K 의 원소의 합집합은 Q 가 된다. 즉, $\bigcup_{K \in K} K = Q$ 가 성립한다. 그러므로 특별히 혼란이 없을 경우, 지식구조 (Q, K) 를 K 로도 표기한다.

지식구조란 평가결과로부터 얻어지는 하나의 집합이다. 이 집합에 ϕ 또는 Q 가 없는 경우 이들을 첨가하여 지식구조를 구성할 수 있다. 공집합 ϕ 는 모든 문항을 틀린 학생이 있다는 것을 의미하고, 전체집합 Q 는 모두 맞힌 학생의 존재를 나타낸다. 그러므로 지식구조 K 의 각 원소를 지식상태로 생각하자. 이러한 방법은 실제 상황을 고려하

1) “맞음”과 “틀림” 두 가지로 판명할 수 있는 문항

면 타당한 정의이다.

앞으로의 대부분의 논의는 지식구조로부터 시작하며, 지식구조의 원소 하나 하나를 지식상태로 본다.

III. 연구 방법

1. 평가 대상

지식상태 분석법을 통한 평가는 지방 소재 국립대학에서 운영하고 있는 과학영재교육원 물리 기초반 15명을 대상으로 하였다. 기초반의 경우 현재 중학교 1학년에 재학 중인 자 또는 초등과학영재 심화반 수업을 이수한 자이기 때문에 본 연구에서 제시된 문제가 다소 어려울 수 있으나, 영재교육원의 일정한 선발 기준을 거쳐 선발되었음을 감안할 때, 무리한 정도는 아니라고 볼 수 있다.

2. 평가 문항

평가 문항은 중학교 1학년 교과서 중 ‘힘’ 단원과 관련이 있는 오개념 편람(권재술 외, 1993)에서 객관식 15문항을 선별하였다. 평가 문항별 관련 개념을 살펴보면 <표 1> 과 같다.

<표 1> 평가 문항별 관련 개념

문항번호	관련 개념
1	매달려 있는 물체에 작용하는 힘
2	수직으로 낙하하고 있는 물체에 작용하는 힘
3	수직 상방으로 던져 올라가고 있는 물체에 작용하는 힘
4	수직 상방으로 던져 내려오고 있는 물체에 작용하는 힘
5	수직 상방으로 던져 최고점에 있는 물체에 작용하는 힘
6	옆 사람에게 공을 던져 포물선 운동을 하면서 올라갈 때 작용하는 힘
7	옆 사람에게 공을 던져 포물선 운동의 최고점에 있을 때 작용하는 힘
8	옆 사람에게 공을 던져 포물선 운동을 하면서 내려올 때 작용하는 힘
9	낙하산을 타고 수직방향으로 일정한 속력으로 내려오고 있을 때 작용하는 힘
10	두 사람이 줄다리기를 하는 동안 작용하는 힘
11	진자의 운동에서 진자가 최고점에 있을 때 진자에 작용하는 힘
12	진자의 운동에서 진자가 최저점에 있을 때 진자에 작용하는 힘
13	우주선이 일정한 속력으로 운동할 때 우주선에 작용하는 힘
14	우주 공간에서 혜성이 등속 직선 운동을 할 때 혜성에 작용하는 힘
15	우주 공간에서 혜성이 포물선 운동을 할 때 혜성에 작용하는 힘

3. 위계도 그리기

지식공간론을 바탕으로 하여 위계를 분석하기 위해서는 컴퓨터 프로그래밍이 필요한데, 이에 대한 설명은 매우 반복적이고 지식적인 것이어서 본 연구에서 별도로 설명한다는 것은 무의미하다. 따라서 본 연구에서는 선행연구자의 연구 내용을 사전에 허락을 받고, 일부 인용하는 것으로 대체하고자 한다. 이 부분에 대해 구체적으로 알고자 한다면, 선행연구자의 연구논문을 참조하길 바란다(변두원 외, 2004).

본 논문에서 목표로 하는 위계의 분석과정은 평가문항의 구체적 내용과 직접적인 관련이 없으며, 단지 이들 내용이 학생들을 통해서 나타나는 간접적 반응을 분석한다는 것에 관심을 가져야 한다. 사용한 소프트웨어는 마이크로소프트사의 엑셀 프로그램을 사용하였다. 자료의 처리 순서는 다음과 같다.

- 가. 평가결과의 입력: 평가결과를 엑셀에 기록한다. 맞으면 '1'로, 틀리면 '0'으로 입력한다.
- 나. 지식상태의 선별: 지식공간론의 적용에서 가장 중요한 것이 지식상태의 선별이다. 만일 불성실하게 평가에 임한 학생의 결과는 타 학생의 결과 분석에 큰 영향을 미친다. 그러므로 앞에서 언급한 두 개의 전제조건을 만족하도록 하는 답안지만으로 자료를 처리 하여야 한다. 본 예제에서는 모든 학생이 성실하게 평가에 임하여 모든 답안이 우리의 요구조건을 만족하는 것으로 가정한다.
- 다. 위계분석: 임의의 두 문항간의 위계관계를 찾는다. 이 때 사용하는 위계의 판정 방법은 앞에서 설명한 위계 분석법에 따른 것이다.
- 라. 탐색 정보: 임의의 두 문항 간에 위계관계를 모두 알고 있더라도 위계도를 작성하는 데에는 아직 불편한 요소가 많다. 예를 들어, 문항 a, b, c 에 대해서 ab, bc, ac 가 성립한다고 하자. 이 때, 이러한 순서를 나타내기 위해서는 관계 ab, bc 만으로 충분하며, 오히려 관계 ac 는 위계관계를 도식화 하는 데에 방해가 된다. 그러므로 모든 문항의 순서관계에서 추이적 관계로 생성되는 관계를 제외하여 컴퓨터의 자료처리를 단순화 시킨다.
- 마. 위계도 작성: 앞 단계에서 얻은 탐색 정보를 평면에 도식화 한다. 이 도식을 탐색 다이어그램(Hasse diagram)이라고 부른다.

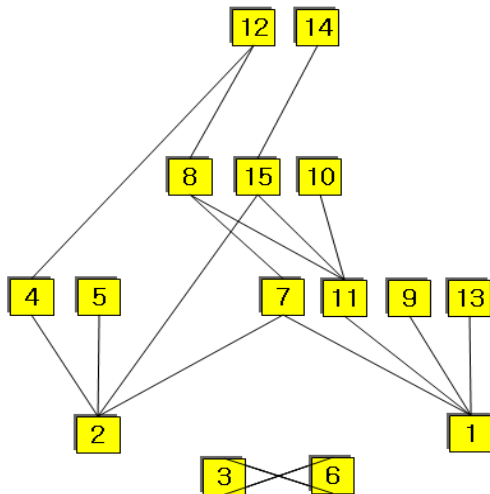
III. 연구 결과 및 논의

다음으로 지식공간론을 이용하여 과학영재아들의 지식상태를 분석하였을 때의 결과를 그림으로 나타내었다. 또한 특이한 결과를 보이는 두 학생의 결과를 전체결과와 비

교하면서 각 문항들의 위계관계는 물론 시사점을 찾아 제시하였다.

1. 전체 평가결과

전체 평가결과는 [그림 1]과 같이 나타났다. 그림에서 보면 12번, 14번 문항이 가장 상위 요소에 있는데 크게 보면 (2번)-(4번)-(12번) 줄기와 (1번)-(7번, 11번)-(8번)-(12번) 줄기의 두 줄기로 나뉘어 있음을 볼 수 있다. 12번 문항은 진자의 주기운동에서 진자의 위치가 최저점에 있을 때, 진자에 작용하는 힘에 관한 문항이다. 최저점에 있다는 말은 그 이전에 최고점에서 내려오는 상황이라고 유추해 볼 수 있다. 12번 문항을 맞히기 위해서는 2번, 4번, 8번 문항을 알고 있어야 하는데, 이들 문항들은 모두 물체가 지표면 쪽으로 운동할 때(물체가 내려올 때)의 상황이다. (1번)-(7번, 11번)-(8번)-(12번) 줄기의 경우도 (1번)-(7번, 11번)은 최고점에 정지한 상태에 대한 문항이며 이것이 다시 지표면을 향해 내려오는 상황에 대한 문항 (8번)-(12번)으로 이어져 있다. 즉, 본 연구에 참여한 학생들의 지식상태가 어느 정도 구조화 되어 있음을 말해준다. 또한 이러한 전체결과 내에서 각 학생의 지식상태를 분석하기 위해서는 이들 두 줄기가 어떻게 달라지는지를 살펴보면 된다. 그림에서 3번 문항은 6번 문항의 상위에 있으면서 하위에 놓여 있기도 하는데, 이것은 3번 문항을 맞힌 학생은 6번 문항을 반드시 맞힌 경우이다. 즉, 모든 학생들이 3번 문항과 6번 문항을 맞혔음을 나타낸다. 3번과 6번 문항은 물체가 올라갈 때 작용하는 힘에 관한 문항으로서 서로 연관성이 강해 이와 같은 결과는 당연한 것일 수도 있다.



[그림 1] 학생들의 힘에 관한 오개념 문항에 대한 전체 위계도

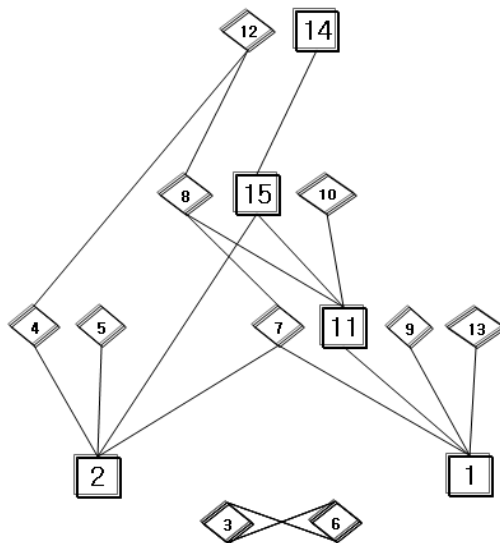
2. 표집 학생의 지식상태 분석

본 연구에서는 앞에서 분석한 과학영재아 전체의 지식상태를 바탕으로, 평가에 참여한 15명 각 개인의 지식상태가 어떻게 분포되어 있는지를 살펴보았다. 다음은 그 중에서 대표적인 사례를 표집학생 2명의 자료를 바탕으로 분석한 결과를 나타낸다.

지식상태 분석법에 의한 위계도를 분석할 경우, 평가 집단 전체의 위계를 알 수 있음은 물론 그 집단에 속해 있는 각 개인의 위계와 지식상태도 알 수 있다. [그림 2]는 표집 학생 A의 지식상태를 분석한 결과이다. 그림에서 네모 모양의 문항은 정답을 맞힌 문항이며 마름모꼴 문항은 틀리게 답을 한 문항이다.

[그림 2]에서 1-11-15-14번 문항에 대한 위계만 나타나 있음을 볼 수 있는데, 이들 문항간의 관계는 교육과정 상의 위계와도 차이가 있으며 문항의 내용 면에서도 연관성이 크게 떨어진다. 즉 학생 A의 지식상태는 구조화되어 있지 못하며 따라서 많은 오개념을 갖고 있는 것으로 판단할 수 있다. 예를 들어 A 학생의 경우, 2-4-12번 또는 2-7-8-12번 계열의 문제를 모두 틀렸는데, 이들 문제는 물체가 위에서 아래로 운동하는 경우에 대한 문항으로서, 이 학생은 연직하방 또는 포물선운동에서 지표면을 향할 때 물체에 작용하는 힘에 대한 오개념이 매우 심각하다. 따라서 이 학생의 오개념을 치료하기 위해서는 연직하방 또는 지표면을 향하는 물체의 운동에 대해 먼저 학습해야 할 필요가 있음을 알 있다.

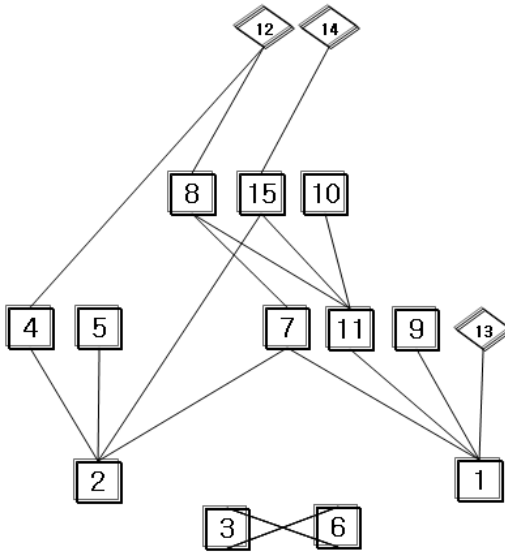
오개념을 치료하기 위한 프로그램은 개인마다 다르고 또 가르치는 내용에 따라서도



[그림 2] 표집 학생 A의 개념 위계도

다를 수 있지만, 오개념 처치 이전에 어떤 학생들이 어떤 오개념을 갖고 있는지 진단하는 것이 먼저 선행되어야 할 것이다. 이러한 측면에서 볼 때, 본 연구에서 분석한 개인의 지식상태는 그 학생의 지식 상태뿐만 아니라 향후 오개념 처치를 위한 학습지도의 방향을 제시한다는 측면에서도 매우 의미 있는 결과라고 볼 수 있다.

[그림 3]은 또 다른 표집 학생 B의 위계도로서, 이 학생은 본 연구에서 제시된 문항에 대한 개념 정립이 매우 잘 되어 있음을 알 수 있다. 최상위 문항 12번과 14번 문항은 틀렸지만, 개념의 연관성이 있는 2-4번, 11-8번 또는 2-7-8번 계열의 문제는 모두 맞추었다. 이들 문제는 물체가 위에서 아래로 운동하는 경우에 대한 문항으로서, 이 학생은 연직하방 또는 포물선운동에서 지표면을 향할 때 물체에 작용하는 힘에 대해 잘 이해하고 있으며, 지식상태가 구조화되어 있음을 알 수 있다.



[그림 3] 표집 학생 B의 개념 위계도

위에서는 2명의 학생에 대해서만 분석결과를 제시하였지만, 실제로는 본 평가에 참여한 과학영재아 15명에 대한 개별진단을 하였다. 앞의 표집학생의 예시에서 살펴보았듯이 학생 개인별로 진단결과가 다르게 나타났으며 특히 주목할 만한 것은 총점이 같은 학생이 서로 다른 진단결과가 나왔다는 것이다. 이것은 기존의 진단평가에서는 전혀 볼 수 없었던 내용이다. 또한 약간의 차이는 있었지만 대부분 지식상태가 구조화된 그룹과 구조화되지 않은 그룹의 2 그룹으로 나누어짐을 알 수 있었다.

만약 지금까지 해오던 방식대로 총점에 따라 학습자를 진단하고 비교했다면, 학생들

의 개별적 차이는 무시된 채 동등한 과학지식 수준을 가지고 있는 것으로 결론을 내렸을 것이며, 오개념을 가진 학생들은 제대로 된 처치를 받지 못한 상태에서 악순환이 계속되었을 지도 모를 것이다. 이러한 관점에서 본 연구에서 제시한 개개인의 지식상태 분석 결과는, 어떤 학생들이 어떤 부분에서 오개념을 갖고 있는지를 구체적으로 보여주고 있기 때문에, 향후 교수-학습의 방향을 어떻게 잡아야 하는지를 알려주는 바로메타 역할을 한다고 할 수 있다.

IV. 결론 및 제언

학교현장에서 학생을 지도하기 위한 자료로는 여러 가지가 있지만 그 중에서도 진단평가 자료가 학생의 진로지도나 학습의 정도를 평가하는데 가장 많이 사용되고 있다. 그러나 진단평가의 경우 전체 성적에 대한 자료만 있을 뿐 문항에 포함된 여러 학습개념에 대한 세세한 평가(문항과 문항과의 관계)는 전혀 알 수 없다. 기존의 진단평가의 경우 대체로 전체 성적에 대한 자료만 활용할 뿐 문항에 포함된 여러 학습 지식에 대한 세세한 평가가 이루어지지 못했다. 다시 말해서 같은 점수를 받은 두 학생의 진단 결과가 서로 다르게 나올 수도 있음을 주목해야 한다.

이러한 측면에서 볼 때 본 연구는, 지식공간론을 바탕으로 한 평가도구인 진단평가 문항을 개발하고 과학영재아들에게 투입하여 그 결과로부터 얻은 위계를 도식화함으로써 집단의 위계와 개인별 지식상태를 분석하였으며, 그 결과 개인별로 서로 다른 지식구조를 갖고 있고 이에 따른 학습진단도 서로 다르게 평가해야 함을 알 수 있었다. 즉, 지식공간론을 이용한 위계분석 결과를 보았을 때는 기존의 산술 평균에서 볼 수 없는 여러 가지 의미 있는 결과를 볼 수 있었다.

본 연구는 평가문항 수가 적고 평가시험에 응시했던 학생 수가 적었다는 한계점을 갖고 있지만 기존의 통계적 자료에서는 볼 수 없는 학생들에 대한 여러 가지 의미 있는 정보 즉, 평가 대상 집단 전체의 지식 상태 중에서 본인의 위계는 어떻게 구성되어 있으며, 어떤 개념이 취약한지 등에 대한 정보를 얻을 수 있었다.

평가대상 집단의 크기는 어떤 평가 도구를 사용하더라도 평가결과에 신뢰성을 높이기 위해서 항상 고민해야 할 부분이다. 특히 본 연구와 같이 지식공간론을 이용한 평가 도구처럼 잘 알려지지 않은 평가도구의 신뢰성을 높이기 위해서는 문항 수에 따른 집단의 최소 크기가 얼마인지에 대한 연구가 반드시 이루어져야 한다. 이러한 정보는 학생들을 평가하여 앞으로의 진로지도나 학습지도를 하는데 유용하게 사용될 수 있을 뿐만 아니라, 오개념을 처치하는데도 효과적으로 이용될 수 있을 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

- 공주대학교 과학교육연구소 (2002). **지식공간론 입문**. 대전: 도서출판 보성.
- 권재술, 김범기 (1993). **과학 오개념 편람**(역학 편). 청주: 한국교원대학교물리교육연구실.
- 교육인적자원부 (1998). **제7차 초·중등학교 교육과정의 개요**. 교육인적자원부 홈페이지 (<http://www.moe.go.kr>)에서 제공.
- 변두원 외 (2004). 수학교육에서 평가결과에 기초한 개별화 학습과정의 위계도, **한국수학교육학회지 시리즈A <수학교육>**, 43(1), 75-85.
- AAAS(American association for the advancement of science). (1990). *Science for all Americans*, Project 2061, Oxford University Press, New York.
- Hiebert, J., & Lefevre, P. (1986). Conceptual and procedural knowledge in mathematics: An introductory analysis. In J. Hiebert (Ed.), *Conceptual and procedural knowledge: The case of mathematics* (pp. 1-27). Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Jean-Paul, D. J., & Falmagne, J. (1999). *Knowledge Spaces*. Berlin: Heidelberg. Gernay: Springer-Verlag.
- Olsen, G. W. (1968). The development and analysis of a hierarchy of learning tasks involved in the concept of slope. Doctoral dissertation, Univ. of Cornell. Univ. Microfilm 69-8858.
- Wood, W. A. (1975). A significant test for ordering theory, Doctoral dissertation, Univ. of Boston college, Univ. Microfilm 75-1-786.

= Abstract =

Misconception of the Force in Scientifical Gifted Through the Knowledge State Analysis

Sang-Tae Park

Department of Physics Education, Kongju National University

Comparing to the other subject, the relationship among physics contents is strong from the perspective of knowledge order as grades go up. That is, The things already that students learned, are learning and will learn are closed related from grade to grade. We expect students to be proactive and creative in studying physics, which is the goal of 21th century, analyzing their knowledge structure based on the knowledge order through assessment. Especially, using computer system, we provide students with substantial feedback for the assessment as well as objective validity is increased along with speedy and exact process in a bid to help students' mathematical understanding grow. This paper seeks to analyze the data from assessment applying knowledge spaces of the scientifical gifted in the force and the motion concept to applicate on teaching method.

Key Words: Scientifical gifted, Hierarchy, Teaching method, Knowledge space, Knowledge state

1차 원고접수: 2010년 10월 4일

수정원고접수: 2010년 12월 10일

최종게재결정: 2010년 12월 24일