

지식상태분석법을 이용한 학습 진단평가도구로의 활용성 분석

김석천* · 박상태 · 이희복 · 정기주

신탄중앙중학교* · 공주대학교

Analysis for Practical use as a Learning Diagnostic Assessment Instruments through the Knowledge State Analysis Method

Kim, Seok-Cheon* · Park, Sang-Tae · Lee, Heebok · Jeong, KeeJu

Sintanjungang Middle School* · Kongju National University

Abstract: In order to be efficient in teaching, a teacher should understand the current learner's level through diagnostic evaluation. This study has examined the major issues arising from the noble diagnostic assessment tool based on the theory of knowledge space. The knowledge state analysis method is actualizing the theory of knowledge space for practical use. The knowledge state analysis method is very advantageous when a certain group or individual student's knowledge structure is analyzed especially for strong hierarchical subjects such as mathematics, physics, chemistry, etc. Students' knowledge state helps design an efficient teaching plan by referring their hierarchical knowledge structure. The knowledge state analysis method can be enhanced by computer due to fast data processing. In addition, each student's knowledge can be improved effectively through individualistic feedback depending on individualized knowledge structure. In this study, we have developed a diagnostic assessment test for measuring student's learning outcome which is unattainable from the conventional examination. The diagnostic assessment test was administered to middle school students and analyzed by the knowledge state analysis method. The analyzed results show that students' knowledge structure after learning found to be more structured and well-defined than the knowledge structure before the learning.

Key words: hierarchy, diagnostic assessment tool, knowledge space, knowledge state analysis method

I. 서론

과학 학습평가는 학생들의 과학 학습성도를 평가하는 활동으로 과학 수업과정의 한 요소가 되고, 대부분의 과학교사들은 과학교육 평가 중에서 학생의 학업성도를 평가하는 학습평가만을 수행하게 된다. 그런데, 과학 학습을 ‘왜’ 평가해야 하는가는 학습평가의 핵심적 문제임에도 불구하고 대부분의 과학 교사들은 이 문제보다는 ‘무엇을’, ‘어떻게’ 평가 할 것인가 하는 문제에 관해 더 많은 관심을 갖는다. 학습평가의 목적중 상급학교 학생선발을 위한 과학 학력의 측정은 다양한 평가 목적 중의 하나에 불과하기 때문에 바람직한 학습평가가 이루어지기 위해서는 선발기능 이외에도 학습준비도를 점검하여 보충학습을 처방하고, 학습동기를 유발 및 유지 시켜주며, 학업성취도를 측정하여 교수 학습 평가방법을 개선하는 등과 같은 평가 목적들

이 달성될 수 있도록 노력할 필요가 있다. 이 중에서 특히 미진한 부분은 학생의 학습준비도와 진전도를 점검하여 적절한 학습을 처방하는 소위 진단 및 형성평가가 제대로 이루어지지 못하는 점이다(김창식 외, 1993). 학생이 과학수업에서 지도되고 있는 교과 내용을 얼마나 이해하고 있는가를 조사하는 학생의 학습상태 점검은 학습평가의 중요한 목적 중의 하나인데, 한 학생의 과학 학습 상태가 과학 성적 총점 또는 석차로만 제시되면 그 학생의 과학 학습상태를 구체적으로 알 수 없다.

과학교과의 많은 내용은 과학적 개념의 도입 순서에 따라 서로간의 위계가 결정된다(구운모, 김범기, 1992). 한편, 같은 과학적 개념이라도 도입의 방식에 따라 또는 응용의 대상에 따라 학습의 순서가 결정된다(정진우 등, 1996). Gagne는 인간의 학습된 능력은 차원이 낮은 것에서 높은 것으로 축적되어 왔다고 가정하고,

*교신저자: 김석천(watso@edurang.net)

**2007.02.20(접수) 2007.04.03(1심통과) 2007.05.29(2심통과) 2007.06.04(최종통과)

***본 연구는 공주대학교 star project 지원사업에 의한 연구임.

모든 지식은 위계적으로 축적 또는 구성되어 있기 때문에 차원이 낮은 지식이나 기술을 미리 습득해야 한다고 하였다(김동원 외, 1988). 이상과 같은 위계는 교사의 전문성과 경험으로 분석 가능한 경우가 많다. 그러나 실제 교육에서는 의외의 위계관계가 발생할 수 있다. 여기서의 의외성은 학생들의 지식상태가 교사의 판단과 다르기 때문이라 볼 수 있다. 이것은 학생에 대한 이해의 부족으로 야기될 수 있으며, 교수-학습에 있어 학생들의 과학개념 습득에 큰 어려움을 가져올 수도 있다. 그러므로 비록 지식적인 내용이라 할지라도 이들의 위계를 학생들에게 직접 투영한 결과를 이용하는 것이 가장 바람직하다고 볼 수 있다.

학생들로부터 얻은 평가결과를 해석하는 방법은 지식공간론을 활용하면 어느 정도 가능하다. 이 이론은 Jean-Paul Doignon과 Jean-Claude Falmagne(1999)에 의해서 주창된 것으로 지식의 위계성에 바탕을 둔 이론이다. 그러므로 비교적 위계가 강한 과학교과에 적합하다. 또한 이 이론을 이용하여 평가결과를 해석할 때, 학생들의 점수나 성적 등의 숫자 요소를 사용하지 않고 단지 문항을 맞추었느냐 그렇지 않느냐의 사실만을 다룬다(공주대학교 과학교육연구소, 2002). 그러므로 점수를 평균한다든지 하는 등의 정량화 과정에 따른 오류가 없다.

평가는 학생들이 배워야 하는 가장 중요한 것들을 반영해야 한다. 지금까지 학교교육에서의 대부분의 평가는 학력의 측정에 목적을 두고 실시하였으며 설령 진단평가와 형성평가를 실시하였다더라도 그 평가결과를 유용하게 활용하는 경우는 드물었다. 이러한 원인은 평가결과로부터 집단 혹은 개인별 정보를 얻을 수 있는 도구가 없었기 때문이다.

따라서 본 연구에서는 과학 학습 평가에 대한 이러한 현실을 감안하여 우리 나라 중고등학생들에게 적용 가능하며, 학생들의 평가결과를 이용하여 학습준비도 및 학습진전도를 파악할 수 있는 지식상태분석법의 활용성을 분석하고자 한다. 이러한 연구 목적을 달성하기 위하여 첫째, 학생들의 학습전 평가결과를 지식상태분석법을 이용하여 분석하였고, 둘째, 학생들의 학습후 평가결과를 지식상태분석법을 이용하여 분석하고 학습전 결과와 비교하였으며, 셋째, 문항간 위계구조 및 개별 학생의 지식상태를 분석하였다.

II. 연구방법 및 내용

본 연구는 상기한 연구의 필요성에 의해 지식공간론에 관한 국내외 선행 연구를 토대로 진단평가 문항 개

발과 현장 적용을 실시하였다. 구체적인 연구 방법과 절차를 제시하면 다음과 같다.

1. 지식공간론을 이용한 위계도 그리기

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 평가 결과를 이용하여 각 문제에 관련하는 지식의 체계를 분석하는 것이 가능하며, 이러한 이론적 근거가 지식공간론이다(공주대학교 과학교육연구소, 2002).

평가에 있어서 어떤 학생이 맞힌 문항의 집합을 지식상태(knowledge state)라 한다. 이 집합은 그 학생에 대한 지식정보를 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 하나의 형태로 결정된다고 볼 수 있다.

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 오피스2003의 엑셀을 사용하였으며, 자료의 처리 순서는 다음과 같다(박상태 외, 2005).

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 것으

로 가정한다.

다. 위계분석: 임의의 두 문항간의 위계관계를 찾는다. 이 때 사용하는 위계의 판정방법은 앞에서 설명한 위계 분석법에 따른 것이다.

라. 하세 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(여기서 a 는 문제 a 만 맞힌 학생들의 집단이며, ab 는 문제 a 와 b 를 맞힌 학생들의 집단을 의미한다). 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 하세 정보를 평면에 도식화 한다. 이 도식을 하세 다이어그램(Hasse diagram)이라고 부른다.

2. 평가대상

평가는 시 소재의 중학교 2학년 학생 87명을 대상으로 하였다. 연구자가 수업에 참여하는 중학교 2학년 5개 학급 중에서 1학년 학기말 석차를 상중하로 구분하여 각 수준별로 29명씩을 선정하였다. 각 학생들은 5개 학급에 고루 섞여 있으며 각 학생들은 자신이 연구 대상으로 참여하고 있음을 모르도록 모든 평가는 5개 학급 전체 학생들이 참여하였다. 교육과정에서 마찰전

기의 학습 전후에 평가가 이루어졌기 때문에 학습 전후의 마찰전기에 대한 지식상태를 볼 수 있을 것으로 예상하였다.

3. 평가문항 개발

평가 문항은 객관식 10문항으로 초등학교 4학년 전 기관 관련 단원부터 고등학교 물리 교과의 마찰전기에 관련된 내용을 참고하여 개발하였다. 문항개발은 현직 물리 전공 교사가 1차로 83개 문항을 개발하였고, 그 중에서 총 30문항을 선별하여 내용타당도를 물리교육전문가(물리교육 전공 교수 3명, 현직 물리 전공 교사 6명)에게 타당도를 의뢰한 결과, 한 문항에 대해 전체적으로 문제가 지적되어 다른 문항으로 대체하였다. 1차로 선별된 30문항을 학생들에게 2차에 걸쳐 투입하고 그 결과를 협의를 통하여 10문항을 선별하였다. 선별된 10문항에 대해 1차 점검때 의뢰한 전문가에게 다시 타당도를 검증한 결과, 총 90개의 응답(9명의 평정자 × 10문항) 중 91.1%가 평가 목표와 일치하였다. 개발된 문항의 신뢰도 분석 결과 Spearman's rho 는 .759로 나타났다.

과학지식을 과학교육론(권재술 외, 2005), 과학학습 평가(김창식 외, 1993), 국가수준의 과학지식 평가체제 개발(권재술 외, 1994)의 분류 기준을 참고하여 사실, 개념, 법칙/원리 3가지 영역으로 구분하였고, 평가문항을 이에 따라 구분하여 위계도 분석에 활용하였다. 평가 문항별 물리개념 영역 및 내용을 살펴보면 Table 1와 같다.

Table 1
Physics concept area and content as evaluation question

Question #	Concept area	Science knowledge area	Content of question
1	electrostatic phenomenon	fact	rub of cardboard and clothes, a hair
2	electrostatic phenomenon	fact	phenomenon such as static electricity
3	electricity force	fact	balloon rubbed as fur
4	electricity force	concept	rub of plastic bar and fur, acted force
5	electricity force	concept	between charged with electricity two metal plate, transfer direction of particle
6	electricity force, charge distribution	concept	transfer direction of metal ball, charge distribution
7	charge distribution	concept	charge distribution of aluminum foil piece
8	electrification	concept	a definition of (+, -) electricity
9	electricity force, electrification	principle	when rub, moving particle and transfer direction, Kind of electricity
10	charge distribution	principle	charge distribution of aluminum plate

4. 교사의 예상위계도 작성

마찰전기 개념에 대한 학습 전에 물리교육전문가인 교사의 입장에서 문항 간 위계를 예상해본 마찰 전기에 대한 예상위계도는 Fig. 1과 같다. 예상위계도는 학생들의 사전지식, 과학지식의 영역, 난이도, 학습의 순서를 고려하여 작성하였다. 네모 안의 번호는 문항번호를 나타내며, 위에 있는 문항이 난이도가 높고 다른 문항에 비해 더 높은 지식의 위계를 가질 것으로 예상되는 문항을 나타낸다. 과학지식의 영역 중, 사실 영역이면서 난이도가 낮은 1번, 2번, 8번 문항이 아래 쪽에 놓였고, 8번 문항과 위계 관계에 있으면서 난이도가 높은 3번, 4번, 5번 문항이 8번 문항 위에 연결되었다. 가장 상위에는 개념, 원리에 해당하면서 난이도가 높은 문항들이 위치하였다. 1번 문항은 가장 난이도가 낮아 학생들이 많이 맞출 것으로 예상되고, 1번 문항보다는 8번 문항이 상위 개념이고, 8번 문항보다는 3번, 4번, 5번 문항이 상위 개념이며, 3번, 4번, 5번 문항보다는 6번, 7번, 9번, 10번 문항이 상위 개념임을 나타낸다. 예상 위계도는 학습전후 학생들의 지식상태를 분석하는데 사용되었다.

5. 학습전후 평균 및 문항별 정답률 비교

지식공간론을 이용하여 지식상태 분석을 하기 전에 평가문항에 대한 학습전후 평균을 구해보면 Fig. 2와 같고, 각 문항별 정답율은 Fig. 3과 같다. 그림에서 보면 예상한 바와 같이 학습후에 평균점수가 올라감을 알 수 있고, 문항별 정답율 역시 문항간 차이가 있기는 하지만 학습후 향상된 것을 확인할 수 있다. 하지만 이러한 산술적인 평균의 차이와 문항에 대한 정답율 차이 이외에는 다른 어떤 정보도 알 수 없다. 학습전후 이러한 차이가 교수-학습에 대한 어떤 시사점을 주는

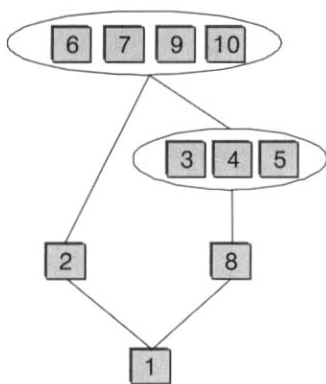


Fig. 1 Expected hierarchy

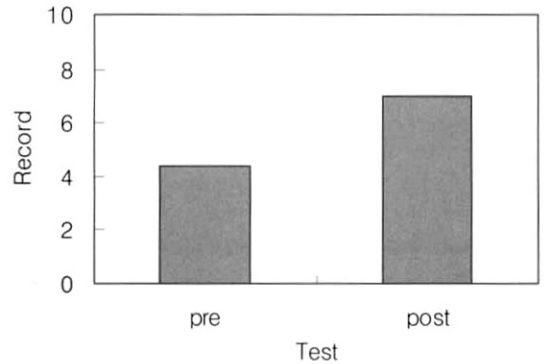


Fig. 2 Average record of before and after learning

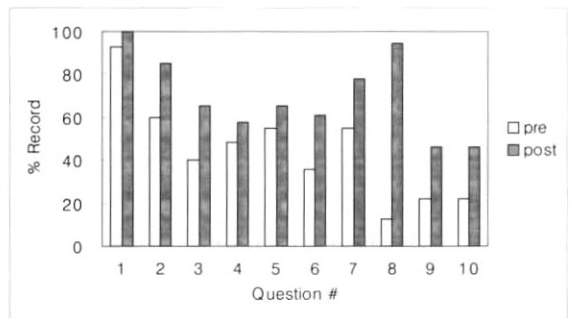


Fig. 3 Right answer rate by question #

지 눈여겨 볼 만하다. 이는 평균 혹은 정답율의 차이가 학생들이 갖고 있는 현재의 지식상태와는 어떻게 연결되어 있는지 규명할 필요가 있기 때문이다.

6. 연구절차 및 방법

선행연구와 교육과정을 토대로 평가 목표를 설정하였으며, 평가 목표에 따른 문항을 개발하여 2차에 걸친 현장 검증을 실시한 후 최종 평가 문항을 개발하였고, 현장 교사 및 전문가에게 그 타당성을 검증받았다. 교육과정에 의한 마찰전기 학습에 들어가기 전 학습자의 지식 정도를 알아보기 위해 개발된 평가문항에 의한 사전검사를 학습 1주일 전에 실시하였고, 학습 1주일 후에 동일한 평가문항을 이용하여 사후검사를 실시하였다. 학생들로부터 얻어진 평가결과를 엑셀 프로그램으로 개발된 지식상태분석법을 이용하여 위계도를 그리고 집단 및 개인에 대한 지식상태를 분석하였다.

III. 연구결과 및 논의

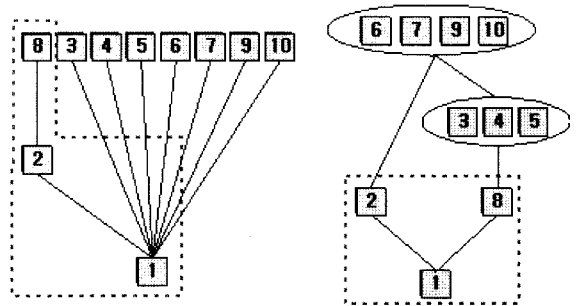
지식공간론을 이용하여 학습전후 지식상태를 분석하였을 때의 결과를 그림으로 나타내었고(변두원 등,

2004), 학습전후 평가결과를 예상위계도와 비교하면서 각 문항들의 위계관계 및 평가도구로의 활용 가능성을 살펴보았다.

1. 학생들의 학습전 지식상태

예상위계도와 학생들의 지식상태를 비교함으로써 교사 입장이 아닌 학생 입장에서 지식의 상태를 분석하였다. 마찰전기 개념에 대한 학습 전의 지식상태는 Fig. 4와 같이 나타났다. 그림에서 (a)의 점선 네모 상자는 위계관계가 밀접한 문항들을 나타낸 것이다. 그림에서 보면 1번 문항이 가장 아래에 있는 것으로 보아 학생들 대부분 1번 문항을 맞힌 것으로 생각된다. 8번 문항(대전된 풍선)은 2번 문항(마찰전기 현상)보다 상위에 있는데, 이는 전자의 이동에 의해 +로 대전되거나 -로 대전되는 내용을 알지 못해 8번 문항이 2번 문항보다 상위 요소에 연결된 것으로 보인다. 나머지 7개 문항들은 1번 문항의 상위에 놓여 1번 문항과의 위계관계만 보이고 있는데, 이는 옆에 위치한 문항간 위계관계가 없음을 의미하고, 초등학교 때 전기를 다루긴 하지만 마찰전기 내용은 없어, 문항간 위계 관계가 형성되지 않은 것으로 해석된다. 이같이 학습전 평가결과는 학생들의 지식상태가 구조화되어 있는지, 위계관계를 보이는 문항이 어느 정도인지를 파악하는 정도에 불과하다. 이 결과로부터 교수설계와 교수-학습에 이용할 수 있는 정보를 얻기 위해 예상위계도가 필요하다. 예상 위계도와 비교해 보면, 8번 문항에 대한 학습이 이뤄지지 않아 2번 문항보다 상위로 연결되어 있고, 2-5번 문항이 6번, 7번, 9번, 10번 문항과 아무런 위계관계도 형성하고 있지 않음을 볼 수 있다. 예상위계도에 비해 학생들의 마찰전기에 대한 지식상태가 구조화되어 있지 않다고 말할 수 있다. (a)의 위계관계를 보인 네모 상자 안의 문항들이 (b)의 예상위계도에서는 네모 상자와 같이 위계상 아래 쪽에 위치해 학습전 지식상태를 통해서 1번과 2번 문항사이의 위계관계를 말할 수 있고, 교수설계를 위한 정보를 얻기에는 어려움이 있다.

학습전 평가결과에 의미있는 가치를 부여하기 위해서는 학습전 평가결과를 비교해 볼 수 있는 예상위계도가 필요한데, 가르치는 과학의 모든 영역에 대해 예상위계도를 만드는 일은 쉽지않다. 또한, 예상위계도는 가르치는 교수자 관점에서의 위계도이므로 학습자 관점에서의 학습전 결과와 비교해 볼 수 있는 위계도가 필요하다.



(a) knowledge state analysis (b) Expected hierarchy before learning

Fig. 4 Result of knowledge state analysis before learning

2. 학생들의 학습후 지식상태

1) 학습전후 지식상태 비교

학습전후 학생들의 지식상태를 비교하여 학습후에 과학지식이 어떻게 구조화되는지를 확인하였다. 마찰전기 개념에 대한 학습 후의 평가 결과는 Fig. 5 (a)와 같이 나타났다. 역시 1번 문항이 가장 아래에 있는 것으로 보아 학습전과 마찬가지로 대부분의 학생들이 1번 문항을 맞힌 것으로 볼 수 있다. Fig. 5 (a)에서 점선 네모 상자가 2개 있는데, 이는 밀접한 위계 관계에 있는 개념의 전개 과정을 두 그룹으로 나눌 수 있기 때문이다. 학습 전보다는 학습 후에 좀 더 세분화되고 구조화된 위계 관계로 지식상태가 변화했음을 알 수 있다. 학습 전에는 2번 문항의 상위 요소로 연결되어 있던 8번 문항이 2번 문항과 분리되면서 1번 문항과 새로운 위계관계를 형성하였고, 8번 문항은 상위 개념들과 위계관계에 밀접하게 관련되어 있음을 볼 수 있다. 그리고, 2번, 7번, 8번 문항이 1번 문항과 위계 관계를 맺으면서 상위 개념들과 위계 구조를 보이고 있고, 8번 문항은 위계 관계에 밀접하게 관계되어 있음을 볼 수 있다. 과학 지식의 영역 중 사실에 해당하는 1, 2번 문항은 아래쪽에 위치하지만 3번 문항은 8번 문항보다 학생들이 더 어려워하고 있음을 알 수 있다. 또한 Fig. 5에서 왼쪽 위계 그룹을 보면 과학 지식의 영역에 따라 아래에서부터 사실-개념-원리의 구조를 보이고 있어, 학생들이 원리에 해당하는 문항을 어렵하다고 말할 수 있다.

2) 학습후 위계도와 예상위계도

학습 후의 지식상태와 예상위계도를 두 개의 위계그룹으로 구분하여 비교해 보면(Fig. 5), 1번-2번-10번 문항의 위계 그룹이 일치하고 7번-9번 문항은 예상위계도에서 모두 상위로 올라가 있음을 볼 수 있다. 오른

쪽 위계그룹은 8번과 3번, 4번, 5번 문항의 위계 그룹이 일치하고, 6번 문항이 역시 예상위계도에서 상위로 올라가 있음을 볼 수 있는데, 완전히 일치하지 않음은 학생들과 교사의 생각이 다를 수 있음을 의미한다. 일부 일치하지 않는 문항이 있지만, 그럼에도 학습 후 지식상태가 예상 위계도의 구조를 벗어나지 않고 잘 따르고 있어 지식상태분석을 이용한 학생들의 평가결과를 신뢰할 수 있다고 말할 수 있다. 즉, 예상위계도를 일일이 작성하지 않더라도, 학습 후 학생들에 의해 얻어진 위계도를 이용하여 학생들의 지식상태를 분석하는 것이 가능하다. 또한 학생들에게 투영된 결과이므로 교사의 생각과 다른 학생들의 지식상태를 더 잘 반영하여 교수-학습을 위한 좋은 정보를 준다고 볼 수 있다. 학습전에 얻어진 학생들의 평가결과를 이용하여 학습전 학습자 집단 혹은 학습자 개인의 지식상태를 분석함에 있어서, 이렇게 학습후 얻어진 학생들의 위계도는 유용하게 활용될 수 있다. 학습전 학생들의 지식상태와 학습후의 지식상태를 비교하여 학생들이 학습한 과학교념의 구조를 가시적으로 파악하는 것이 가능하고, 학습자 개인에 대한 학습전후 진단도 가능할 것으로 생각된다.

3. 개별 학생의 지식상태 분석

Fig. 6은 임의의 표집학생 A의 학습전후 지식상태를 분석한 결과이다. 음영이 있는 네모 상자는 정답을 맞힌 문항이고 음영이 없는 네모 상자는 틀리게 답을 한 문항이다. (a)는 학습전의 지식상태로 1번 문항과 7번 문항은 서로 위계관계를 형성하고 있지만 4번 문항은 연결되지 않고 떨어져 있어 이 학생의 학습전 지식이 구조화 되어 있지 않음을 보여준다. (b)는 학습후의 지식상태로 2번과 8번 문항에 대한 지식이 형성되어 상

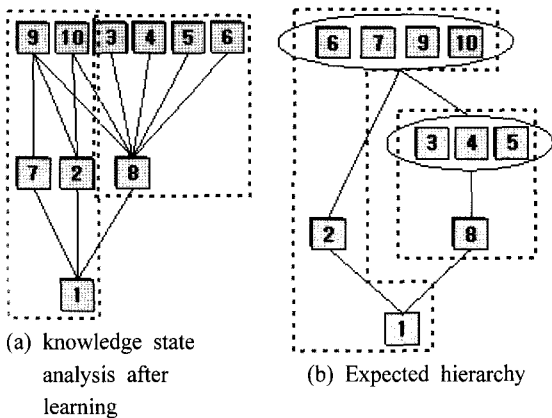


Fig. 5 Result of knowledge state analysis after learning and Expected hierarchy

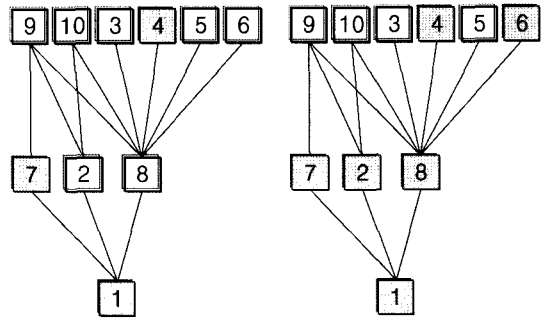


Fig. 6 Result of knowledge state for arbitrary student A

위의 6번 문항까지 맞춰 학습후에 지식이 구조화 되었음을 알 수 있다. 이같이 지식상태분석을 이용하여 학습자 개인의 학습전후 지식 상태를 비교하고 진단하는 것이 가능해지고, 학습된 지식의 구조화 여부를 알 수 있다.

Fig. 7과 Fig. 8은 학습 전과 후 임의의 표집 학생 B, C, D, F의 지식 상태를 분석한 결과이다. 표집학생 B, C의 경우 마찰전기에 대한 학습이 일어나기 전의 지식상태로 문항간 위계구조가 연결되어 있지 않아 두 학생의 지식이 구조화 되어 있지 않음을 보여준다. 표집학생 B의 경우 7번 전하분포에 대한 지식과 8번 전기의 종류에 대한 정의를 집중적으로 학습할 필요가 있고, 표집학생 C의 경우, 중간 위계에 해당하는 7번, 2번, 8번 문항을 모두 틀려 마찰전기 현상, 전기의 종류, 전하분포에 대한 부분까지 학습시 중요하게 다뤄져야 할 것으로 진단할 수 있다.

Fig. 5 (a)의 두 위계 그룹과 비교해 볼 때, 표집학생 D의 지식 상태는 두 위계 그룹 모두 두 번째 단계까지의 개념은 잘 알고 있으나 상위의 개념에 대해서는 매우 부실하다는 것을 알 수 있다. 즉, 기초 개념은 어느 정도 정립되어 있으나 그 상위개념에 대한 학습

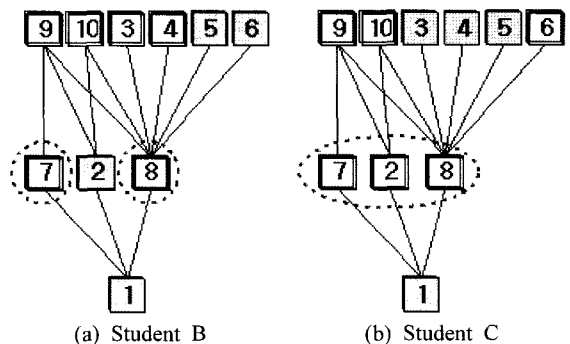


Fig. 7 Result of knowledge state for arbitrary student before learning

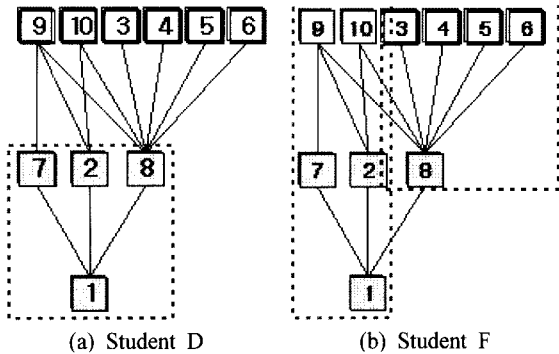


Fig. 8 Result of knowledge state for arbitrary student after learning

이 필요하다는 것을 한 눈에 알 수 있다. 표집학생 F의 경우, 왼쪽 위계 그룹에 속하는 문항의 개념은 매우 잘 정립되어 있으나 반대로 오른쪽 위계 그룹에 속하는 문항의 개념은 부진함을 알 수 있다. 이러한 개개인의 위계도는 그 학생의 지식 상태 뿐만 아니라 학습 지도 자료로도 활용할 수 있다. 즉, 학습후에 얻어진 지식상태 분석을 통해서서는 추후 보충·심화 학습을 위한 교수-학습의 시사점을 얻을 수 있을 것으로 생각된다.

IV. 결론 및 제언

교육평가는 접근하는 시각에 따라서 여러 가지 유형으로 구분할 수 있다. 특히 교수자의 수업 진행과 관련하여 평가가 수행되는 시기에 따른 유형으로써 진단평가, 형성평가 및 총괄평가로 구분할 수 있다. 진단평가는 효과적이고 능률적으로 교수-학습활동을 전개하는데 필요한 교수 전략을 세우기 위하여 수업을 시작하기 전에 학습자가 갖추고 있는 특성, 이전의 학습 수행 정도 등을 진단하는 평가이다(유선경, 이미정, 2003). 그러나 대부분 평가의 경우 대체로 전체 성적에 대한 자료만 있을 뿐 문항에 포함된 여러 학습 개념에 대한 세세한 평가(문항과 문항과의 관계)는 전혀 알 수 없다. 예를 들어 같은 점수를 받은 두 학생 민수와 은수가 있다고 하자. 민수는 물리개념 중에서 전기력과 관련된 문항은 거의 맞았지만 전하분포와 관련된 문항은 거의 틀렸고 은수는 이와 반대의 결과가 나왔다고 할 때 두 학생의 점수가 같다고 해서 이 두 학생의 지도 방법을 일률적으로 해도 될 것인가?

이러한 측면에서 볼 때 본 연구의 결과는 기존의 평가방법으로는 알 수 없는 평가 문항과 문항간의 관계(특히 위계도)를 제시해 주었다는 점에서 많은 시사점을 찾을 수 있을 것으로 생각된다. 본 연구에서는 중학

교 2학년 학생들의 마찰전기 관련 개념의 위계도를 살펴보았다. Fig. 2에서와 같이 기존의 단순 산술 평균성적을 보았을 때 학습후에 평균 점수가 높았다. 이는 어쩌면 당연한 결과이며 여기서 학생들을 지도하기 위한 어떠한 정보도 얻을 수 없다. 그러나 지식공간론을 이용한 지식상태 분석 결과를 보았을 때는 기존의 산술 평균에서 볼 수 없는 여러 가지 의미 있는 결과를 볼 수 있었다.

우선 지식공간론을 이용한 학생들의 지식상태 분석 결과가 신뢰할 수 있는지를 확인하기 위해 교사 관점에서의 예상위계도를 작성하여 이를 학습후 평가결과와 비교한 결과, 학습후 지식상태가 예상위계도의 구조를 벗어나지 않고 잘 따르고 있는 것으로 나타났다. 따라서, 학습 후 학생들에 의해 얻어진 위계도를 이용하여 학생들의 지식상태를 분석하는 것이 가능하다. 즉, 학습전에 얻어진 학생들의 평가결과를 학습후 위계도에 적용하여 학습자 집단 혹은 학습자 개인의 지식상태를 분석할 수 있고, 학습전후 학생들의 지식상태를 비교하여 학생들이 학습한 과학개념의 구조를 가지적으로 파악하는 것이 가능하고, 학습자 개개인에 대한 학습전후 진단도 가능하다. 또한 개개인의 위계도는 그 학생의 지식상태 뿐만 아니라 학습 지도 자료로도 활용할 수 있다. 즉, 학습후에 얻어진 지식상태 분석을 통해서서는 추후 보충·심화 학습을 위한 교수-학습의 시사점을 얻을 수 있을 것이다.

전체적으로 과학지식의 구조에서 하위 속하는 ‘사실’ 영역의 문항들이 공통으로 하위의 위계로 나타났지만 ‘3’번 문항의 경우 학습전후 모두 상위에 있어 학생들이 이 부분에 대한 이해를 못하고 있음을 알 수 있고, 이 문항의 내용으로 처음으로 소개되는 중학교 2학년 과정에서 교수-학습을 철저히 할 필요가 있다고 생각된다. 처음에 예상했던 교사의 예상위계도와 비교하여 영역별로 대체로 일치하게 나타났으며, 일치하지 않게 나타나는 문항의 경우 교사의 지식위계와 학생의 지식위계가 다를 수 의미하므로 교수과정에서 이를 고려할 필요가 있다.

학습후 위계도에 대해 개인의 위계를 확인한 결과 전체위계도가 각 개인의 지식위계를 잘 반영하고 있음을 알 수 있었다. 이상의 분석을 통하여 위계도가 집단별 및 개인별 지식의 상태를 진단할 수 있는 좋은 평가 도구임을 확인하였다.

많은 학생들을 대상으로 학습후 평가 결과를 통해 예상위계도로 간주할 수 있는 대표적인 위계도를 얻어 이를 어느 한 집단에 대한 지식상태를 분석하는 기준

으로 삼을 수 있고, 또한 각 개인별 지식상태에 대한 정보를 얻어 과학 개념 학습에 도움을 줄 것으로 기대된다. 또한 본 연구에서 학생들에게 어느 과학 개념에 대한 지식 상태를 정확하게 보기 위해서는 문항개발에 대한 비중이 크므로 체계적인 절차를 통해 많은 유사 문항을 개발하여 이를 지식상태에 대한 평가도구로 활용할 필요가 있다.

이러한 연구가 충분히 뒷받침되었을 때, 본 연구의 결과는 학생들을 평가하여 앞으로의 진로지도나 학습 지도를 하는데 매우 유용하게 사용될 수 있을 뿐만 아니라 평가 집단에 적합한 교육과정을 수립하는데도 효과적으로 이용될 수 있을 것으로 생각된다.

국문 요약

본 연구에서는 그동안의 평가결과로부터 얻을 수 없었던 집단별, 개인별 정보를 끄집어 낼 수 있는 평가도구를 소개하고 있다. 본 연구의 목적은 우리 나라 중등학생들에게 적용 가능하며, 학생들의 평가결과를 이용하여 학습준비도 및 학습진전도를 파악할 수 있는 지식상태분석법의 활용성을 분석하는 것이다. 이를 위해 마찰전기 평가 문항을 개발하고 개발된 평가문항에 대하여 지식공간론을 적용하여 중학교 2학년 학생들의 평가결과를 분석하였다. 학습전 학생들의 지식상태는 문항간 위계 관계가 형성되지 않았고, 예상위계도에 비해 학생들의 마찰전기에 대한 지식상태가 비구조화 되어 있는 것으로 나타났다. 학습 후에는 학습 전보다는 좀 더 세분화되고 구조화된 위계 관계로 지식상태가 변화했음을 볼 수 있었다. 학습후에 얻어진 학생들의 위계도를 이용하여 학습전 학습자 집단 혹은 학습자 개인의 지식상태를 분석할 수 있었고, 학습전 학생들의 지식상태와 학습후의 지식상태를 비교하여 학생들이 학습한 과학개념의 구조를 가시적으로 파악하는 것이 가능하였으며, 학습자 개개인에 대한 학습전후 진단도 가능한 것으로 나타났다. 따라서 지식상태분석법을 학습 진단평가도구로 활용할 수 있다고 볼 수 있다.

참고 문헌

공주대학교 과학교육연구소 (2002). 지식공간론 입문, 대전: 도서출판 보성.

교육인적자원부 (1998). 제7차 초·중등학교 교육과정의 개요, 교육인적자원부 홈페이지(<http://www.moe.go.kr>)에서 제공.

구윤모, 김범기 (1992). 논리사고 수준과 문제 맥락에 따른 물리 개념의 위계구조, 물리교육, 10(2), 106-113.

권재술, 김범기, 우종욱, 정완호, 정진우, 최병순(2005). 과학교육론.

권재술, 최병순, 김찬중 (1998). 국가 수준의 과학 지식 평가 체제 개발. 한국과학교육학회지 제18권 제4호, pp.601-615.

김동원, 손기준 (1988). 교육의 심리적 이해, 창지사 pp.113-120.

김창식, 이화국, 권재술, 김영수, 김찬중 (1993). 과학학습평가. 교육과학사.

박상태, 변두원, 육근철, 정점순 (2005). 과학영재 선발시험에서 지식상태분석법을 통한 새로운 평가 방법 모색, 영재교육연구, 15(1), 37-48.

변두원, 정인철, 박달원, 노영순, 김승동 (2004). 수학교육에서 평가결과에 기초한 개별화 학습과정의 위계도, 한국수학교육학회지, 43(1), 75-85.

성태제(1996). 타당도와 신뢰도. 서울: 양서원.

유선경, 이미정 (2003). 교수방법의 효율화를 위한 웹기반 진단평가 시스템 설계 및 구현, 한국컴퓨터교육학회지, 6(3), 197-205.

정진우, 조선형, 임청환 (1996). 과학개념의 위계적 분석 및 그 적용을 통한 교수 효과와 과학교육과정 계열성의 타당화 평가 연구, 한국과학교육학회지, 16(1), 1-12.

AAAS(American association for the advancement of science). (1990). Science for all Americans, Project 2061. New York: Oxford University Press.

Doignon. J. & Falmagne. J. (1999). Knowledge Spaces. Berlin, Germany: Springer-Verlag.

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.