

과학관련 선 그래프를 해석하는 고등학생들의 발성사고 과정 분석

김태선 · 김범기¹

(노스캐롤라이나주립대학교) · (한국교원대학교)¹

Analysis of Interpretation Processes Through Readers' Thinking Aloud in Science-Related Line Graphs

Kim, Tae Sun · Kim, Beom-Ki¹

(North Carolina State University) · (Korea National University of Education)¹

ABSTRACT

Graphing abilities are critical to understand and convey information in science. And then, to what extent are secondary students in science courses able to understand line graphs? To find clues about the students' interpretation processes of the information in science-related line graphs, this study has the following research question : Is there a difference between the levels of complexity of good and poor readers as they use the thinking aloud method for studying cognitive processes? The present study was designed to provide evidence for the hypothesis that good line graph readers use a specific graph interpretation process when reading and interpreting line graphs. With the aid of the thinking aloud method we gained deeper insight into the interpretation processes of good and poor graph readers while verifying verbal statements with respect to line graphs. The high performing students tend to read much more information and more trend-related information than the low performing students. We support the assumption of differential line graph schema existing in the high performing students in conjunction with general graph schema. Also, high performing students tend to think aloud much more metacognitively than low performing students. High performing students think aloud a larger quantity of information from line graphs than low performing students, and more trend-related sentences than value-related sentences from line graphs. The differences of interpretation processes revealed between good and poor graph readers while reading and interpreting line graphs have implications for instructional practice as well as for test development and validation. Teaching students to read and interpret graphs flexibly and skillfully is a particular challenge to anyone seriously concerned with good education for students who live in an technological society.

Key words: line graphs, interpretation processes, thinking aloud

I. 서론

정량적인 정보를 전달하고자 그래프를 사용하는 것은

이제 매우 일상적인 일이 되었다(Wavering, 1989). 그래프는 다른 방식으로는 전달하기 어려운 정보들, 특히 경향을 알아보거나 비교할 때 사용된다(Mokros & Tinker,

*2004.7.21(접수) 2005.1.20(1심통과) 2005.2.4(2심통과) 2005.3.2(3심통과) 2005.3.11(최종통과)

Corresponding author: 김태선(scienceeducation@hanmail.net)

**이 논문은 2003년 2월 한국교원대학교 교육학 박사학위 논문의 일부임.

1987; Fisher, 1992). 그러나 그래프를 제작하는 많은 사람들은, 독자들의 그래프 해석 능력을 고려하지 않고서, 그래프의 시각적인 성질이 자동으로 정보를 전달해 줄 것이라고 가정한다(Shavelson *et al.*, 1988). 때때로 그래프를 읽는데 매우 숙달된 사람들조차도 그래프가 담고 있는 정보를 학생들에게 보여주는데 어려움을 겪는다(Fisher, 1992).

선 그래프를 읽는 사고과정은 선 그래프만큼이나 들여다보기 어렵다. Berg와 Smith(1994)가 인정한 것처럼 인지 능력은 직접 판독될 수가 없다. 오히려, 질문지와 맥락에 따라서 학생들의 반응이 다르게 나타난다. 또한 인지 능력의 기작이 그래프를 배우는 문제와 관련돼 있다고 보는 학자들도 많다(Berg & Smith, 1994; Winn, 1980; Mokros & Tinker, 1987). 따라서 본 연구는 학생들이 선 그래프를 보는 사고과정을 살펴보고자 발생사고법을 이용하였다.

본 연구의 연구문제는 다음과 같다 : 일반적인 그래프 도식 이외에 선 그래프 도식을 갖고 있는 학생들을 선 그래프 도식을 갖고 있지 않은 학생들과 비교할 때, 선 그래프 유형에 따라 발생사고하는 과정은 어떠한 차이점이 있

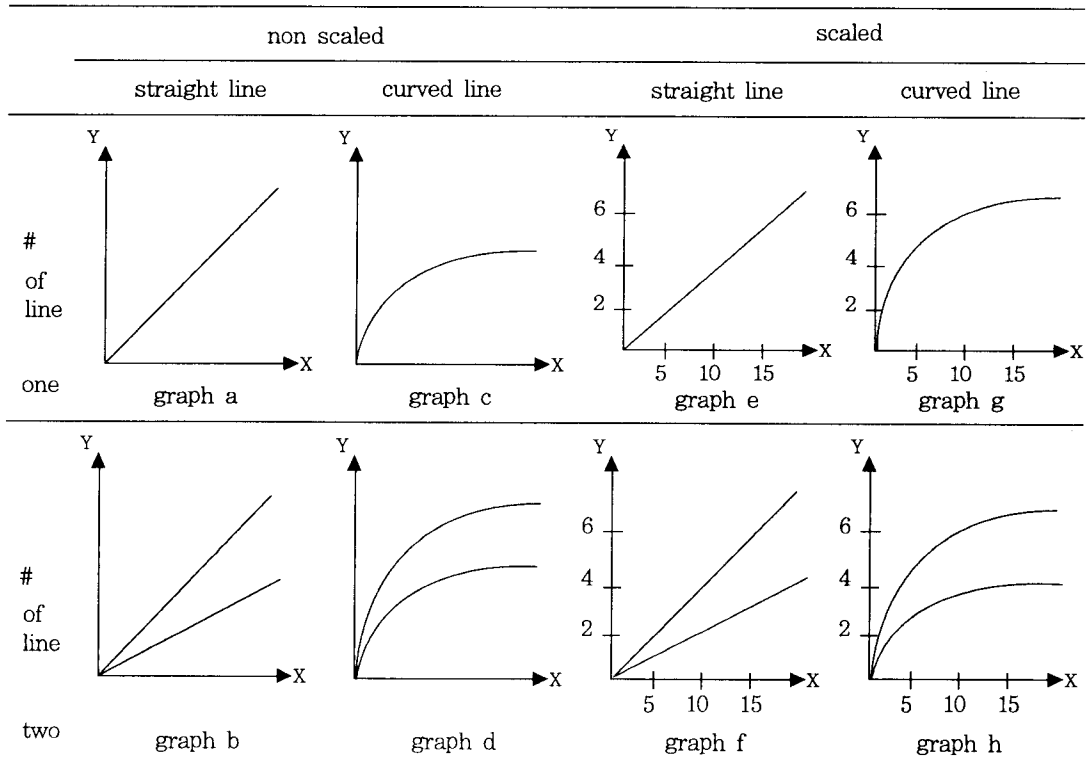
는가?

본 연구로부터 학습자의 이해 수준에 따라 어떻게 선 그래프를 읽는지 파악할 수 있으며, 선 그래프 이해 수준에 따라 사고하는 특성을 파악할 수 있다.

미지의 정보에 대하여 학습자의 머리 속에 담고 있는 기억 표상을 도식이라고 정의할 때, 그래프 도식이란 해당 그래프 영역에 속함을 알 수 있게 해주는 정보와, 이 정보를 다른 정보와 구별지어줄 수 있는 정보가 바로 그래프 도식이라고 볼 수 있다. 따라서 이러한 정의에 준거하여, 선 그래프 도식이란 선 그래프로 주어진 영역에 속하는 속성들과 다른 영역에 속하는 속성을 구별할 수 있는 정보를 담고 있어야 한다(Fisher, 1992; Pinker, 1983). 여기에 그래프 도식과 구별하여 연속선으로 이루어진 더 높은 수준의 지각적인 패턴들이 상징하는 경향을 해석할 수 있어야 한다.

또한 연구에서 기술된 선 그래프 도식을 갖고 있는 학생이란, 그래프 능력을 평가하는 표준화된 검사 도구, TOGS(The Test of Graphing Skills in Science, McKenzie & Padilla, 1983; 김태선 · 김범기, 2002)에서 경향성을 평가하는 하위목표에 모두 바르게 응답한 학생

Table 1. Samples by classification of line graphs by three criteria



으로 정의한다(McKenzie *et al.*, 1986; Schnotz & Kulhary, 1994). 이는 블랙박스과 같은 선 그래프 도식을 자세히 기술하지는 못하더라도, 선 그래프 도식을 지니고 있다면 어떤 응답을 보일 것인지 구체적으로 알 수 있게 해주는 판단의 근거가 된다.

II. 연구방법 및 절차

선 그래프 이해 능력을 갖고 있는 학생들과 그렇지 못한 학생들의 사고과정 차이점을 비교하고자, 선 그래프를 8가지 유형으로 나누어 선 그래프 발생사고지를 개발하였다(Kim & Kim, 2002a).

선 그래프를 다음과 같은 세 가지 대표적인 유목으로 나누어 선 그래프 유형을 분류하였다(Table 1) :

- 선의 유형 즉 직선, 곡선
- 축의 척도 유, 무
- 선의 개수 하나, 둘 이상

또한 8가지 선 그래프 유형은 Table 2와 같은 평가 해석의 기준에 따라 문제가 구성되었다. 예를 들어 '크기가 두 배 증가한다'거나 '더 크게 증가한다'고 학생들이 말할 경우에는 Table 2의 분류 유목 중 두 경향에 대한 횡단적 비교나 두 경향에 대한 종단적 비교에 속하며, '값이 두 배' 또는 '이 값이 더 크다'고 말할 경우에는 두 점 값에 대한 횡단적 비교이거나 종단적 비교에 속한다고 볼 수 있다.

Table 2. Type of verification and sub-items per an item

| Domain | Item |
|-------------------------------|------------------------------|
| Comparison between two values | cross-sectional 2nd sub-item |
| | longitudinal 1st sub-item |
| Comparison between two trends | cross-sectional 4th sub-item |
| | longitudinal 3rd sub-item |

위와 같은 분류 기준과 평가 기준에 따라 개발된 8개의 선 그래프 발생사고지가 학생들에게 주어졌다. Fig. 1은 8개의 선 그래프 문제 중 하나이다. 학생들이 발생사고한 프로토콜 자료를 그대로 기록하는 것에 중점을 두었으므로 말이 매끄럽지 못하거나 틀리게 단어를 사용한 것도 그대로 기록하였으며, 또한 학생들이 중간에 말을 멈추고

2. 아래 그래프는 용수철 A와 용수철 B의 늘어남 길이와 추의 무게 사이의 관계를 표현한 것이다. 물음에 답하시오.

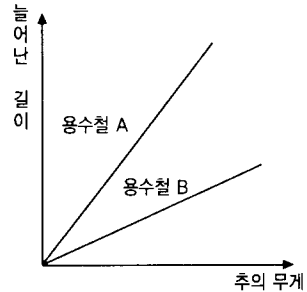


그림 2. 추의 무게와 용수철의 늘어남 길이 사이의 관계를 나타낸 그래프

1) 용수철 A와 용수철 B가 늘어남 길이가 5cm로 똑 같을 경우, 두 용수철에 걸어진 추의 무게를 비교하여 설명하시오.

2) 추의 무게가 일정할 때 용수철 A와 용수철 B의 늘어남 길이를 비교하여 설명하시오.

3) 용수철 A가 2cm 늘어나는데 필요한 추의 무게는 10 N이다. 용수철 A에 추를 매달아 용수철의 늘어남 길이를 2cm에서 4cm로 되도록 하고자 한다. 추의 무게를 어떻게 매달아야 할지 말하시오.

4) 추의 무게를 10 N에서 20 N으로 늘렸을 때 용수철 A의 늘어남 길이와 용수철 B의 늘어남 길이를 비교하여 말하시오.

Fig. 1. A sample of the Thinking Aloud Test of Line Graphs

휴지시간을 갖는 것 등도 ‘...’을 사용하여 기록하였다. 학생들이 발생사고하는 과정은 비디오와 녹음을 통하여 기록하고, 특히 학생들이 문제를 풀다가 주저하거나, 머뭇거리며, 휴지시간 등에 주목하였다.

본 연구에 처음 참여한 학생은 중소도시 고등학교 1·2학년 총 123명으로, 과학관련 그래프 능력을 검사하는 검

Table 3. Criteria and examples for quantitative analysis of protocol statements

| Categorization | Example |
|---|---|
| Localization of a graph component | "This is the systolic blood pressure line." |
| Identification of a point value | "70 year old woman has 80 mmHg." |
| Identification of a trend | "Between the ages of 20 and 40 the blood pressure increases from 70 to 80." |
| Performance of a calculation | "12 is 2 times 6." |
| Rereading/paraphrasing parts of the verbal statements | "the age of 40", "3 hours after the injection" |
| Strategic statements or checks | "Let me do the calculation now" "Where is the man?" |
| Statements concerning the test situation and feelings | "I hate point reading!" |
| Unclear | |

Ⅲ. 결과 및 논의

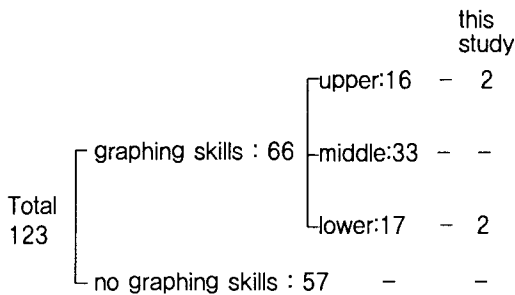


Fig. 2. The flow of subjects

사지 TOGS(McKenzie & Padilla, 1983)의 투입 대상이었다. TOGS 검사문항 26개 중 75% 이상에 바르게 응답한 학생들 66명을 그래프 능력을 지닌 것으로 선정하였다. 이 66명의 학생들 중 TOGS의 경향성을 평가하는 하위목표에 모두 바르게 응답한 학생들을 상위그룹(16명)으로, 그렇지 못한 학생들을 하위그룹(17명)으로 정의하였다. 중위그룹(33명)에 해당하는 학생들은 본 연구에서 제외되었다. 16명의 상위그룹 학생들과 17명의 하위그룹 학생들 중에서 비디오로 발생사고 장면을 촬영하는데 기꺼이 동의하는 학생 4명(각 그룹별 2명)이 선정되었다. 참여 학생의 진행 상황은 Fig. 2와 같다. 주어진 총 8문항의 선 그래프 문제를 발생사고하는 과정을 비디오로 담아 프로토콜을 분석하는 데 참여한 학생들 네 명으로부터 얻어진 발생사고 분석 시간은 총 8시간이었다.

과학 정보를 표현하는 선 그래프를 만났을 때, 학생들이 응답하는 반응 유형은 어떠한지 그리고 상위그룹과 하위그룹의 차이점이 있는지 발생사고를 통하여 알아본 결과는 다음과 같다.

발생사고하는 과정을 기록한 프로토콜은 다음 Table 3을 이용하여 범주화하였다. 진술된 프로토콜에 사용된 도식을 범주화하는 이와 같은 기준은 Maichle이 선 그래프 인지과정에 관하여 조사하는 연구에서 채택한 방식이다 (Schnotz & Kulhary, 1994).

또한 평가 과정은 두 단계의 영역으로 구분하여 이루어졌다. 단계 I은 적응단계로 선 그래프 문항을 읽기 이전에 행해지는 모든 언어적, 비언어적 활동을 포함하며, 단계 II는 확인단계로, 선 그래프 문항을 푸는 과정에서 첫 번째 발생사고가 시작될 때부터 그 이후의 과정을 포함한다. 단계 I과 단계 II가 행해질 때 학생들이 발생사고하는 언어의 양과 언어의 유형이 어떠한지 상대적인 빈도수를 계산하였다.

1. 선 그래프 발생사고 과정-적응단계

상위그룹의 학생들과 하위그룹의 학생들이 적응단계에서 보이는 차이점을 파악하기 위하여, 선 그래프 문항을 읽기 이전에 발생사고한 언어의 양과 유형을 살펴보았다. 먼저 발생사고한 양을 비교한 결과가 Table 4로 주어진다.

다. Table 4는 적응단계에서 학생들이 발생사고한 문장의 수를 보여주고 있다.

Table 4. Number of verbalizations produced while thinking aloud in the "Orientation phase"

| | Upper | Lower | Total |
|---|-------|-------|-------|
| number of total verbalizations | 33.0 | 7.5 | 40.5 |
| verbalizations per line graph per student | 4.13 | 0.94 | |

학생들의 프로토콜을 분석한 결과, 모든 선 그래프 문항에서 전반적으로 상위 그룹의 학생들은 문제를 풀기 전에 선 그래프를 훑어보는데 비하여, 하위 그룹의 학생들은 바로 문제를 푸는 경향이 있었다. 즉 하위그룹의 학생들은 거의 모든 선 그래프 문항을 풀 때, 주어진 문제를 읽기 전에 해당 선 그래프의 세로좌표나 가로좌표를 확인하는 활동도 거의 없었으며, 초기에 선 그래프를 체크하는 활동도 상위 그룹에 비하여 부족한 편이다. 상위 그룹의 학생들은 평균적으로 선 그래프 당 4.13개의 문장을 발생사고 하였는데, 하위 그룹의 학생들이 0.94개의 문장을 만들어 낸 것과 비교하면 커다란 차이를 파악할 수 있다.

또한 학생들이 발생사고한 문장이 어떠한 유형으로 이루어졌는지를 분석한 결과는 Table 5로 주어진다. 이 적응단계에서는 Table 3에 주어진 범주를 사용하지 않고, 학생들이 보여준 반응을 같은 것끼리 분류하여 나타내었다. 그 이유는 주어진 선 그래프 문제를 풀고자 정확하게 학생들이 응답하는 것이 아니라 다분히 감정적이거나 분

류하여 넣기 어려운 경향을 보이고 있기 때문이다. Table 3으로 분류된 범주는 발생사고 과정 중 확인단계에서 사용되었다.

Table 5에 의하면, 상위 그룹의 학생들은 선 그래프 문제를 만났을 때, 문제를 풀기 전에 먼저 선 그래프의 경향 정보를 추출하고자 하였다(12문장). 지문을 반복하여 다시 읽어보기도 하고, 선 그래프의 자료 영역을 언급하기도 하며 가로좌표, 세로좌표의 라벨을 확인하거나 초인지 진술을 하는 등 여러 가지 활동을 하였다. 반면에 하위 그룹에 해당하는 학생들은 적응단계에서 보여주는 문장의 수 뿐만 아니라 문장의 유형도 빈약하였다. 따라서 해당 선 그래프와 관련하여 문제를 풀기 전에 이루어지는 활동에서는 상위 그룹의 학생들이 하위 그룹의 학생들보다 왕성한 활동을 하였음을 볼 수 있다.

2. 선 그래프 발생사고 과정-확인단계

Table 6은 확인단계에서 학생들이 발생사고한 문장의 수를 보여준다. 분류된 8 가지 선 그래프 유형(Table 1) 각각에 주어지는 평가 분류 유목(Table 2) 즉, 두 점 값에 대한 횡단적인 비교, 두 점 값에 대한 종단적인 비교, 두 경향에 대한 횡단적인 비교, 두 경향에 대한 종단적인 비교에 따라 문장의 수를 구별하였다.

먼저 발생사고한 양을 Table 6으로부터 살펴보면, 두 경향에 대한 횡단적인 비교의 경우, 하위 그룹의 학생들 뿐만 아니라 상위 그룹의 학생들도 다른 분류 유목에 비하여 빈약한 언어화를 보여주고 있다. 경향에 관하여 능

Table 5. Analysis of thinking aloud protocols : number of different types of "orientation phase" by subject

| Type of verbalizations | Upper | Lower | Total |
|-----------------------------|-------|-------|-------|
| Looking silently | 2.0 | 2.0 | 4.0 |
| Statement about data region | 3.5 | 1.0 | 4.5 |
| Rereading | 3.0 | - | 3.0 |
| Interjection | 4.0 | 1.5 | 5.5 |
| Muttering | 1.0 | .5 | 1.5 |
| Rereading the title | 2.0 | 1.5 | 3.5 |
| Perception of X(Y) label | 2.5 | 1.0 | 3.5 |
| Metacognitive statement | 2.5 | - | 2.5 |
| Perception of a trend | 12.0 | - | 12.0 |
| Perception of a point value | 0.5 | - | 0.5 |
| Total | 33.0 | 7.5 | 40.5 |

Table 6. Number of verbalizations produced while thinking aloud in the “verification phase”

| Categorization | | Upper | | Lower | |
|-------------------------------|-----------------|----------------------|---|----------------------|---|
| | | Total verbalizations | verbalizations per line graph per subject | Total verbalizations | verbalizations per line graph per subject |
| Comparison between two values | cross-sectional | 107 | 6.7 | 59 | 3.7 |
| | longitudinal | 135 | 8.4 | 77 | 4.8 |
| Comparison between two trends | cross-sectional | 90 | 5.6 | 56 | 3.5 |
| | longitudinal | 208 | 13.0 | 79 | 4.9 |
| Average | | 135 | 8.4 | 68 | 4.3 |

Table 7. Analysis of thinking aloud protocols : number of different types of “verification phase”

| Type of verbalization | Type of verification | | | | | | | |
|-----------------------------------|----------------------------------|-------|--------------|-------|----------------------------|-------|--------------|-------|
| | Comparisons between point values | | | | Comparisons between trends | | | |
| | cross-sectional | | longitudinal | | cross-sectional | | longitudinal | |
| | Upper | Lower | Upper | Lower | Upper | Lower | Upper | Lower |
| Localization of a graph component | 7 | - | 6 | 1 | 4 | 5 | 8 | 1 |
| Identification of a point value | 26 | 17 | 25 | 21 | 8 | 6 | 15 | 11 |
| Identification of a trend | 15 | 18 | 30 | 21 | 30 | 24 | 40 | 29 |
| Calculation | 4 | 5 | 4 | 7 | 7 | 7 | 30 | 9 |
| Rereading/Paraphrasing | 14 | 6 | 25 | 11 | 10 | 7 | 20 | 9 |
| Metacognitive statement | 30 | 8 | 32 | 8 | 17 | 3 | 61 | 9 |
| Test situation or feeling | 9 | 2 | 8 | 7 | 6 | 1 | 27 | 9 |
| Unclear | 2 | 3 | 5 | 1 | 8 | 3 | 7 | 2 |
| Total | 107 | 59 | 135 | 77 | 90 | 56 | 208 | 79 |

숙한 상위 그룹의 학생들은 평균적으로 하나의 선 그래프 당 8.4개의 문장을 발생사고를 하였으며, 하위 그룹의 경우에는 4.3개의 문장을 발생사고하였다. 상위 그룹의 학생들이건 하위 그룹의 학생들이건 간에 횡단적인 비교보다 종단적인 비교에서 더 많이 언어화하였음을 알 수 있다. 따라서 학생들이 종단적인 비교에서 그만큼 더 많은 정신적 노력을 필요로 함을 알 수 있다. 또한 대체적으로 학생들이 언어화한 전체 양을 비교하여보면, 상위 그룹의 학생들이 하위 그룹의 학생들보다 많은 문장을 언어화한다. 따라서 하위 그룹의 학생들은 적응단계에서 언어화하는 양이 적고 바로 확인단계로 들어와 선 그래프에 관련된 문제를 풀면서도 주어진 시간 동안에 그다지 많은 언어화가 이루어지지 못하고 있음을 알 수 있다. 그러나 상위 그룹의 학생들은 적응단계에서도 많은 양의 언어화를 통하여, 주어진 선 그래프의 경향을 파악하는데 중심을 두었

으며, 확인단계로 넘어와서도 하위 그룹의 학생들보다 많은 문장을 언어화한다. 그러나 두 그룹 모두 값의 비교이든 경향의 비교이든 간에 종단적인 비교에서 더 많은 양의 언어화가 이루어짐을 알 수 있다.

또한 값 비교와 경향 비교의 관점에서 살펴볼 때, 하위 그룹의 경우에는 값 비교이든 경향 비교이든 상관없이 횡단적인 비교보다 종단적인 비교에서 더 많은 양의 언어화가 이루어졌지만, 상위 그룹 학생들의 경우에는, 횡단적인 비교에서 값을 비교할 경우보다 경향을 비교할 경우에 훨씬 적은 양의 문장을 발생사고함을 알 수 있다.

확인단계에서 발생사고한 양(Table 6)에 더하여, 확인단계에서 얻어진 총 811개의 문장을 발생사고 유형에 따라 비교한 결과가 Table 7로 주어진다. 이 표에 의하면, 몇 가지 흥미로운 현상을 볼 수 있다. 첫째로, 값 비교의 경우, 횡단적인 비교이든 종단적인 비교이든 간에 상위 그

룹의 학생들이 하위 그룹의 학생에 비하여 월등히 높게 초인지 진술을 하고 있음을 발견할 수 있다. 먼저 학생들이 발생사고한 문장의 수를 비교한 Table 7에 의하면, 상위 그룹에 속하는 학생들이 값을 비교하는 경우에는 선 그래프 점의 값을 확인하는 문장을 많이 발생사고하고, 경향을 비교하는 경우에는 선 그래프의 경향을 확인하는데 많이 발생사고한 것과 달리, 하위 그룹의 경우 값을 비교하는 문제에서도 경향을 찾는 문장이 발생사고되고 있음을 알 수 있다. 즉 값을 비교하는 문제에서도 값을 확인하는 문장만큼이나 경향을 확인하는 불필요한 작업을 많이 하고 있음을 알 수 있다. 또한 두드러진 차이점은 상위

그룹의 학생들이 하위 그룹 학생들보다 초인지 진술 범주의 발생사고가 많다는 점이다.

횡단적 값 비교, 종단적 값 비교, 횡단적 경향 비교 및 종단적 경향 비교 범주에 따라 상위 그룹과 하위 그룹 학생들이 발생사고한 언어화 유형을 분석한 그림이 Fig. 3 ~ Fig. 6로 주어진다. Fig. 3 그래프를 보면, 상위 그룹의 학생들이 하위 그룹의 학생들보다 초인지 진술을 많이 하고 있음을 알 수 있다. 또한 하위 그룹 학생들의 경우에는 상위그룹 학생들에 비하여 경향을 확인하는데 더 많은 문장을 발생사고함을 알 수 있다.

Fig. 4의 경우에도 역시 하위 그룹의 학생들이 경향을

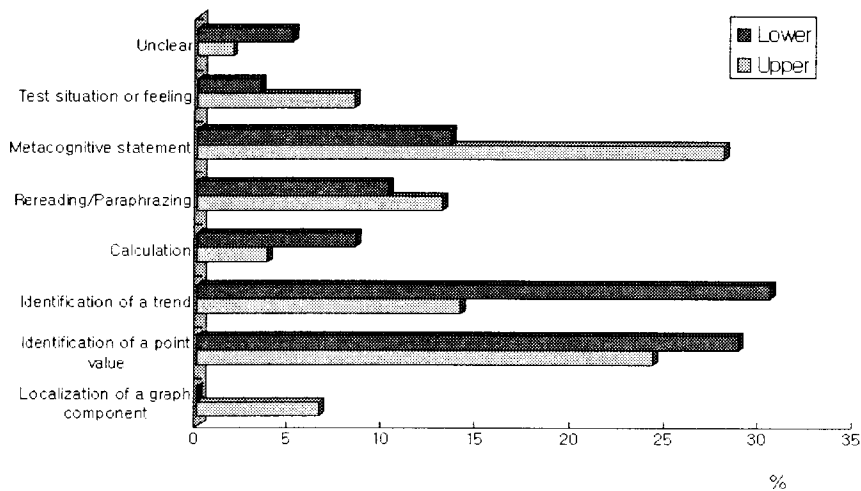


Fig. 3. Comparison of verifications in 'value and cross-sectional' by group

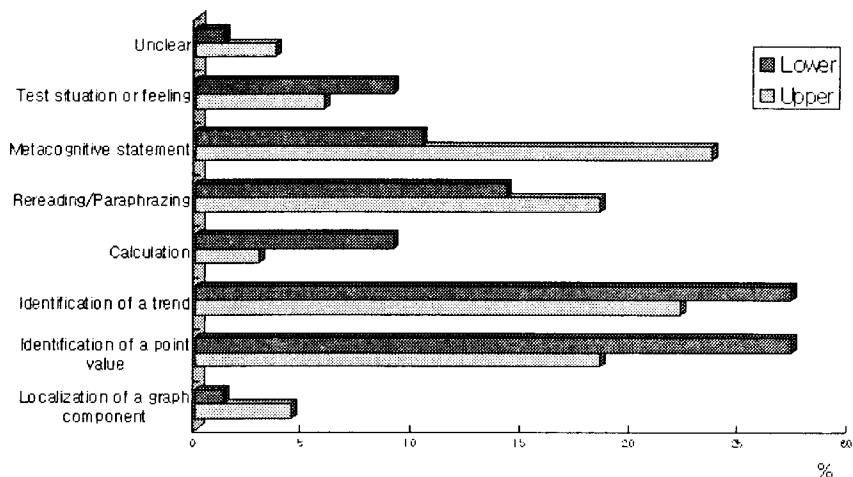


Fig. 4. Comparison of verifications in 'value and longitudinal' by group

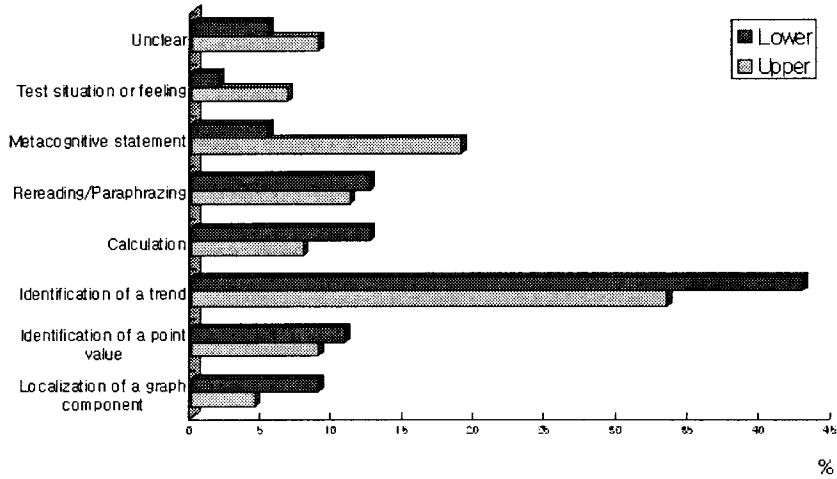


Fig. 5. Comparison of verifications in 'trend and cross-sectional' by group

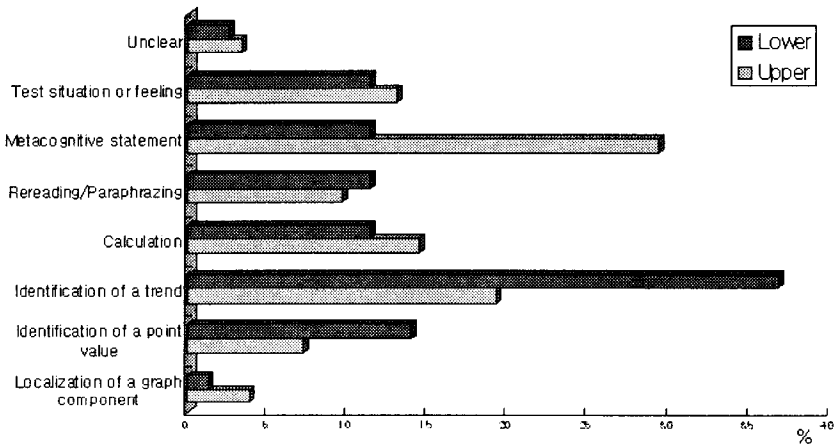


Fig. 6. Comparison of verifications in 'trend and longitudinal' by group

확인할 때는 상위 그룹의 학생들보다 더 많은 문장을 발생사고하여야 함을 알 수 있다. 그리고 횡단적인 값 비교의 경우와 마찬가지로 상위 그룹의 학생들은 초인지 진술에 많은 문장을 사용하고 있으며, 횡단과 달리 종단에서 지시문을 반복하는 경향이 높다.

Fig. 5에 의하면, 경향을 확인하는 경우에도 하위 그룹의 학생들이 상위 그룹보다 더 많은 언어화가 필요함을 알 수 있다. 계산을 수행하면서 발생사고 한 양이나, 지시문을 반복한 비율은 비슷하나 초인지 진술에서 역시 차이를 보인다.

Fig. 6을 보면, 횡단적인 경우와 마찬가지로 상위 그룹

의 학생들이 초인지 진술의 범주에 해당하는 발생사고를 많이 하며, 하위 그룹의 학생들은 경향을 확인하는데 많은 문장을 사용하고 선 그래프 값을 확인하는데도 많은 문장을 사용하고 있음을 알 수 있다.

Fig. 3 ~ Fig. 6에 주어진 그래프를 보면, 대체로 상위 그룹의 학생들이 초인지 진술 범주에 해당하는 발생사고를 많이 하며, 하위 그룹의 학생들은 값 비교에 관한 것이든, 경향 비교에 관한 것이든 간에 경향을 찾는 데 많은 문장을 발생사고하였음을 알 수 있었다. 또한 하위 그룹에 속하는 학생들은 경향에 관한 질문을 담고 있는 문항을 푸는 경우에도 선 그래프로부터 값을 찾는 경향이 상위

그룹의 학생들보다 더 많음을 알 수 있었다. 그리고 값에 관한 질문을 담고 있는 문항에서 하위 그룹의 학생들은 경향에 관한 정보를 발생사고하는 경우가 많았다.

V. 결론 및 제언

선 그래프 도식을 가지고 있는 학생과 가지고 있지 않은 학생들 간에 선 그래프 유형에 따라 발생사고하는 과정의 유형과 내용은 어떻게 다른지 비교하였다.

또한 각 선 그래프 문항들은 선 그래프로부터 읽어내는 정보를 네 단계(값-횡단, 값-종단, 경향-횡단, 경향-종단)로 나누어 문제를 풀도록 구성하였다. 이와 같은 네 가지 단계에서 상위그룹과 하위그룹 학생들의 프로토크를 분석하여 어떠한 반응을 보이는지 비교하였다.

학생들의 사고 과정을 적응단계, 확인단계로 분류하였는데, 적응단계는 선 그래프를 읽기 전에 행해지는 활동 단계이며 확인단계는 선 그래프로 주어진 문항을 읽고 풀기 시작할 때부터 행해지는 모든 활동 단계를 의미한다. 적응단계에서 상위 그룹의 학생들은 하위 그룹의 학생들보다 동일한 시간 동안에 발생사고를 많이 하였으며, 선 그래프 문항을 풀기 전에 선 그래프의 유형, 경향, 라벨 등을 확인하고 체크하는 데 많은 시간을 사용하였다. 또한 이 과정에서 발생사고하는 유형을 살펴보면, 상위 그룹의 학생들은 선 그래프로부터 경향정보를 추출하는 경우가 많으며, 하위 그룹의 학생들은 적응단계 없이 바로 확인단계로 진행되는 경우가 많았다.

확인단계의 경우, 여전히 상위 그룹의 학생들이 하위 그룹의 학생들보다 발생사고한 양이 많았다. 상위 그룹의 학생들이 초인지 진술 범주에 해당하는 발생사고를 많이 하며, 하위 그룹의 학생들은 값을 비교하건 경향을 비교하건 선 그래프로부터 값을 찾는 경향이 많았다. 적응단계에서 이미 선 그래프의 경향을 파악한 상위 그룹의 학생들과 달리, 하위 그룹의 학생들은 확인단계에 이르러서야 비로소 선 그래프의 경향 비교와 값 비교가 이루어졌다.

선 그래프 이해 능력에 따라 과학관련 선 그래프 문제를 푸는 사고 과정의 유형과 양이 다름을 확인하였다. 일반적인 그래프 해석 능력이 있는 학생들일지라도 선 그래프 도식을 지니지 못한 경우, 본 연구에서 살펴본 것처럼, 선 그래프를 이해하는 과정에서 일관된 경향을 찾지 못한다. 따라서 선 그래프와 관련하여 학습자의 사고과정 및

선 그래프 이해 능력을 파악하여 정보를 전달하는 방식을 대상과 수준에 따라 결정해야 한다. 또한 선 그래프를 디자인할 때, 어떠한 정보를 전달하고자 하느냐에 따라 디자인이 달라져야 한다.

선 그래프를 이용하여 과학 지식 및 정보를 학생들에게 제공할 때 바람직한 교육 활용으로 몇 가지 시사점을 제안하면 다음과 같다. 먼저 학습자의 선 그래프 이해 수준을 파악해야 한다. 학습자가 선 그래프에 대하여 높은 이해 수준을 지니고 있다면, 경향에 관한 정보를 교수할 때는 선 그래프를 이용하고, 값에 관한 정보를 교수할 때는 일반적인 그래프가 좋다. 그러나 선 그래프에 대하여 낮은 이해 수준을 갖고 있는 학습자의 경우, 선 그래프에서 경향에 관한 정보만을 얻은 것이 아니라 주어진 문제와 관련이 없을지라도 값에 관한 정보, 심지어는 선 그래프로부터 주어지지 않는 정보까지도 주의를 기울인다. 그러므로 어떤 그래프 유형으로 학습하든지 간에 주어진 정보만을 두드러지게 표현할 수 있도록 그래프를 구성하여 교수하는 것이 효과적일 것이라 판단된다. 따라서 무엇보다도 우선 학습자의 이해 수준이 어느 정도인지를 파악하는 것이 중요하다. 이에 따라 그래프의 유형, 정보의 유형 등 모든 그래프를 이용하는 학습의 방식이 달라져야 하기 때문이다.

국문 요약

선 그래프는 막대그래프와 달리 각 변인들의 변화에 기인한 경향을 보여준다. 따라서 선 그래프로부터 경향을 파악할 수 있는지의 여부는 중요하다. 본 연구의 목적은 선 그래프 도식을 지닌 학생들이 선 그래프를 읽고 해석할 때 선 그래프 도식을 지니지 못한 학생들과 비교하여 어떠한 사고과정을 거치는지 파악하는 것이다. 발생사고를 통하여 고등학생들의 선 그래프 이해 수준과 선 그래프 유형에 따라 선 그래프를 읽는 사고 과정의 특징을 분석한 결과, 동일하게 주어진 시간 동안에 상위 그룹에 해당하는 학생들은 하위 그룹에 속하는 학생들보다 더 많은 문장을 발생사고하였으며, 하위 그룹의 학생들과 달리 적응단계에서 선 그래프의 유형, 경향, 라벨 등을 파악하는데 오랜 시간을 사용하였다. 또한 상위그룹의 학생들은 하위그룹의 학생들보다 초인지적인 문장을 발생사고하는 경우가 더 많았다. 선 그래프 도식을 지닌 학생들과 단순히 일반적인 그래프 도식을 지닌 학생들을 구별

하고 그에 따라 정보를 전달하는 방식을 달리하는 융통성이 필요하다.

참 고 문 헌

- 김언주(1991). 인지심리학. 정음사.
- 김영채 역(1997). 인지심리학-이론과 적용-. 박영사.
- 김태선(1998). 고등학생들의 과학 관련 그래프 해석 능력. 한국교원대학교 석사학위 논문.
- 김태선, 김범기(2002). 중고등학생들의 과학 그래프 작성 및 해석 능력. 한국과학교육학회지, 22(4), 768-778.
- 김태선, 배덕진, 김범기(2002). 중학생의 그래프 능력과 논리적 사고력 및 과학 탐구 능력의 관계. 한국과학교육학회지, 22(4), 725-739
- 문충식, 김범기(1998). 선 그래프 해석과 이해의 지각 · 인지 과정에 관한 모형-힘과 운동 관련 선 그래프를 중심으로-. 물리교육, 16(2), 72-82.
- 성태제(1995). 타당도와 신뢰도. 양서원.
- Beichner, R. J.(1990). The effect of simultaneous motion presentation and graph generation in a kinematics lab, *Journal of Research in Science Teaching*, 27(8), 803-815.
- Berg, C. A., & Phillips, D. G.(1994), An investigation of the relationship between logical thinking structures and the ability to construct and interpret line graphs, *Journal of Research in Science Teaching*, 31(4), 323-344..
- Berg, C. A. & Smith, P.(1994). Assessing students' abilities to construct and interpret line graphs: Disparities between multiple-choice and free - response instruments. *Science Education*, 78(6), 527-554.
- Bertin, J.(1983). *Semiology of graphics: Diagrams networks maps*(W. Berg, Trans.). The University of Wisconsin Press: Madison, WI. (Original work published 1973).
- Brasell, H. M.(1990), Graphs, Graphing, and Graphers. In M. B. Rowe(Ed.), *What Research Says to the Science Teacher*, 6, 69-85. DC: National Science Teachers Association: Washington.
- Brasell, H. M., & Rowe, M. B.(1993), Graphing skills among high school physics students, *School Science and Mathematics*, 93(2), 63-70.
- Breit, F.(1987). Graphing is elementary. *Science and Children*, May, 20-22.
- Clement, J., Mokros, J. R., & Schultz, K.(1986, April). *Adolescents' graphing skills: A descriptive analysis*. Paper presented at the annual meeting of the American Educational Research Association, San Francisco, CA. ED 264127.
- Cohen, D.(1984). Graphing as a problem-solving strategy. *Mathematics and Computer Education*, 18, 21-29.
- Fisher, M. A.(1992). *Categorization, or schema selection in graph comprehension*. A Paper presented at the annual meeting of the American Educational Reaearch Association, San Francisco, CA. ED 347176.
- Jones, R. W., Warner, J. W., & Fankhauser, S. G. (1999). *Investingating Student Understanding of Graphs: A Successful Methodology and Results of a Study*, Paper presented at the Conference of the National Association for Research in Science Teaching, Boston.
- Kim, Tae-Sun & Kim, Beom-Ki.(2002a). *Posing students cognitive processes for the line graph*. An oral presented at the American Association of Physics Teachers(125th).
- Kim, Tae-Sun & Kim, Beom-Ki.(2002b). *Secondary students cognitive processes for the line graph from graph components*. Paper presented at the Physics Education Research of American Association of Physics Teachers(125th).
- Kim, Tae-Sun, Kim, Eun-Mi, & Kim, Beom-Ki. (2002). *Students' reading order and viewing time in the line graph*. Proceedings of selected research papers presented at the International Conference on Physics Education in Cultural Contexts.
- Lohse, G. L.(1993). A cognitive model for understanding graphical perception. *Human-Computer Interaction*, 8, 353-388.

- McDermott, L. C., Rosenquist, M. L., & van Zee, E. H.(1987), Student difficulties in connection graphs and physics: Examples from kinematics, *American Journal of Physics*, 55(6), 503-513.
- McKenzie, D. L., & Padilla, M. J.(1983) *The construction and validation of the Test of Graphing in Science(TOGS)*. Paper presented at the meeting of the National Association for Research in Science Teaching, Dallas.
- McKenzie D., Padilla, M., & Shaw, E. L.(1986). An examination of the line graphing ability of students in grades seven through twelve. *School Science and Mathematics*, 86(1), 20-26.
- Mokros, J. R., & Tinker, R. F.(1987). The impact of microcomputer - based labs on children's ability to interpret graphs. *Journal of Research in Science Teaching*, 24(4), 369-383.
- Nachmias, R., & Linn, M. C.(1987). Evaluations of science laboratory data: The role of computer-presented information. *Journal of Research in Science Teaching*, 24(5), 491-506.
- Pinker, S.(1983). *Pattern Perception and the Comprehension of Graphs*, National Institute of Education Rept. 1-46.
- Pinker, S.(1991). Rules of language. *Science*, 253, 530-535.
- Reynolds, R. E., & Baker, D. R.(1987), The utility of graphing representations in text: Some theoretical and Empirical issues, *Journal of Research in Science Teaching*, 24(2), 161-173.
- Roth, W-M., Bowen, G. M., & McGinn, M. K.(1999). Differences in Graph-Related Practices between High School Biology Textbooks and Scientific Ecology Journals, *Journal of Research in Science Teaching*, 36, 977-1019.
- Schnotz, W., & Kulhary, R. W.(1994) *Comprehension of Graphics*. North-Holland Elsevier Science B. V. The Netherlands.
- Shah, P.(1995). *Cognitive processes in graph comprehension*. Doctoral dissertation, Carnegie - mellon university (UMI Dissertation services NO. 9622441).
- Shavelson, R. J., Webb, N. M., Shemesh, M., & Yang, J.(1988). *Translation among symbolic representations in problem-solving*. Revision of a paper presented at the Annual Meeting of the American Educational Research Association in Washington, D. C. ED 301451.
- Wavering, M. J.(1989). Logical reasoning necessary to make line graphs. *Journal of Research in Science Teaching*, 26(5), 373-379.
- Winn, W.(1980). The effect of block-word diagrams on the structuring of science concepts as a function of general ability. *Journal of Research in Science Teaching*, 17(3), 201-211.