

중학생의 측정의 본성에 대한 견해에 따른 일상 및 과학적 맥락에서의 그래프 구성의 차이

이재원 · 류고운 · 이규열 · 노태희*
서울대학교 화학교육과
(접수 2019. 7. 20; 게재확정 2019. 9. 14)

The Differences of Graph Construction of Middle School Students on Daily-life and Scientific Contexts by the Views on the Nature of Scientific Measurement

Jaewon Lee, Gooun Ryu, Kyuyul Lee, and Taehee Noh*

Department of Chemistry Education, Seoul National University, Seoul 08826, Korea. *E-mail: nohth@snu.ac.kr
(Received July 20, 2019; Accepted September 14, 2019)

요 약. 이 연구에서는 측정의 본성에 대한 견해에 따라 중학생이 구성한 일상 및 과학적 맥락의 그래프에서 나타나는 차이를 조사하였다. 중학교 3학년 학생 151명이 연구에 참여하였다. 일상 및 과학적 맥락만 다른 상황에서 비례, 반비례, 비례하게 증가하다 일정해지는 형태의 그래프를 구성할 수 있도록 유사한 측정값을 갖는 자료를 각각 제시한 후, 학생들이 구성한 그래프를 추세선 구성(추세선의 유형, 내·외삽), 축 변수 설정, 축 눈금 표기와 점 찍기 측면에서 분석하였다. 연구 결과, 집합 패러다임의 학생들은 반비례 그래프의 추세선을 곡선형으로, 점 패러다임의 학생들은 꺾은선형으로 구성하는 경향이 있었다. 내·외삽의 경우, 과학적 맥락의 그래프에서 집합 패러다임의 학생들은 점 패러다임의 학생들보다 내·외삽을 더 잘 수행하는 경향이 있었다. 이때 집합 패러다임의 학생들은 일상 및 과학적 맥락과 무관하게 내·외삽을 잘 수행하였으나 점 패러다임의 학생들은 일상적 맥락보다 과학적 맥락에서 내삽만 수행한 비율이 높았다. 축 변수 설정, 축 눈금 표기, 점 찍기 요소는 패러다임 유형에 따른 통계적으로 유의미한 차이가 없었다. 연구 결과를 바탕으로 중학생의 그래프 구성 능력 함양을 위한 교육적 시사점을 논의하였다.

주제어: 그래프 구성, 측정의 본성에 대한 견해, 일상 및 과학적 맥락

ABSTRACT. In this study, we investigated the differences of graph constructed by middle school students in daily-life and scientific contexts according to the views on the nature of scientific measurement. A test consisting of three similar data sets regarding daily-life and scientific contexts was developed, and administered to 151 ninth graders. They were expected to construct proportional, inverse-proportional, and increasing and become constant form of graphs for each data set. Graphs constructed were analyzed in the aspects of constructing a trend line (types of a trend line, interpolation/extrapolation), selecting axes variables, scaling axes, and plotting points. Analyses of the results revealed that the students with set paradigm tended to construct a curved trend line, while those with point paradigm constructed a broken trend line in inverse-proportional graph questions. In the aspects of interpolation/extrapolation, most students with set paradigm performed both interpolation and extrapolation better than those with point paradigm in scientific context. Most students with set paradigm performed both interpolation and extrapolation regardless of contexts, while the proportion of interpolation of those with point paradigm was higher in scientific context than in daily-life context. In selecting axes variables, scaling axes, and plotting dots, there were no statistically significant differences between set and point paradigms. On the bases of the results, educational implications for improving graph construction skills of middle school students are discussed.

Key words: Graph construction, Views on the nature of scientific measurement, Daily-life and scientific contexts

서 론

그래프는 여러 자료 사이의 전체적인 관계와 경향성을 시각적으로 표현하는 체계로서 다양한 학문 분야뿐 아니라 일상에서도 널리 활용되고 있다.^{1,2} 과학 분야에서도 그래프는 탐구를 통해 수집한 원 자료의 특징을 분석하거나,

과학적 개념을 효과적으로 표현하고 이해하기 위한 도구로서 중요한 위치를 차지한다.³ 따라서 양적 자료를 그래프로 구성하고 해석하는 그래프 활용 능력은 과학자의 기본 소양으로 간주되며, 과학 교과에서도 학생들이 반드시 함양해야 하는 능력 중 하나로 강조된다.^{4,5}

그래프 구성 과정은 그래프 구성에 필요한 자료를 수집

하는 활동으로 시작된다. 과학 교과에서는 그래프 구성에 필요한 자료가 학생들에게 바로 제시될 때도 있지만, 육안이나 각종 도구를 활용한 정량적인 측정 활동을 통하여 학생들이 직접 그래프 구성에 필요한 자료를 수집할 때도 있다. 일반적으로 측정은 과학 탐구의 기초 기능 중 하나로 분류되지만,⁶ 단순히 눈금이나 숫자를 읽는 것만 의미하는 것이 아니라 측정 계획을 수립하고 수집된 자료를 평가하는 것까지 포함하는 중요한 탐구 활동이다.⁷ 예를 들어, 학생들은 측정을 하기 전에 적절한 도구와 방법을 선정해야 하며 측정 중에는 측정 간격 및 구간, 반복 측정의 횟수, 얼마나 정확한 측정값을 취할 것인지 등을 결정해야 한다. 측정 후에도 수집된 자료의 검토 결과에 따라 자료 범위 사이 또는 바깥에서 측정하지 않은 자료의 값을 예측하거나 추가 측정을 시행하는 등의 활동이 이어진다.⁸ 이러한 일련의 과정은 측정 도구의 정밀도나 측정 대상의 특성과 무관하게 측정에는 항상 오차와 불확실성이 존재한다는 측정의 본성(nature of scientific measurement)⁹에 대한 견해에 많은 영향을 받는 것으로 보고되고 있다.¹⁰

측정의 본성에 대한 견해는 측정 방법에 관한 구체적이고 절차적인 지식이기보다는 과학 지식의 형성 과정에 관한 개인의 인식론적 신념에 가깝다.¹¹ 이는 일단 형성되면 쉽게 바뀌지 않고 탐구에서 실험 설계 및 자료 해석, 결론 도출에 이르는 전반적인 과정에 영향을 미치기 때문에 측정의 본성에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있다.^{8,12,13} 학생들이 가지는 측정의 본성에 대한 견해는 크게 점 패러다임과 집합 패러다임으로 구분할 수 있는데,^{14,15} 점 패러다임은 각각의 측정 결과가 독립적인 값이며, 정밀한 측정으로 오차가 없는 참값을 구하거나 반복 측정으로 오차를 완전히 없애는 것이 가능하다고 인식하는 유형이다. 반면, 집합 패러다임은 측정값들의 관계나 경향성을 인식하며 반복 측정을 하더라도 어느 정도의 오차나 불확실성은 항상 존재한다고 인식하는 유형이다. 즉, 측정 과정에서 반드시 발생할 수밖에 없는 오차나 불확실성을 적절히 고려하는 집합 패러다임이 더 현대적인 견해라 할 수 있다. 그러나 학생들이 가지는 측정의 본성에 대한 견해를 조사한 선행 연구^{8,9,11,16}에서는 대체로 점 패러다임의 비율이 높았고, 일상적 상황에서는 집합 패러다임의 추론을 하다가도 과학적 상황에서는 점 패러다임의 추론을 하는 경우와 같이 측정 도구나 대상에 따라 측정의 본성에 대한 견해가 달라지는 등 견해의 일관성도 부족한 것으로 나타났다. 예를 들어, 길이를 측정할 때 자와 같은 일상적 도구로는 정확한 측정이 어렵지만 버니어 캘리퍼스나 같은 과학적 도구로는 오차가 없는 정확한 측정이 가능하다고 생각하는 경우가 이에 해당한다.

학생들이 가지는 측정의 본성에 대한 견해는 측정된 자

료를 변환하는 활동인 그래프의 구성에도 영향을 미치는 것으로 여겨진다.^{17,18} 그래프 구성 관련 선행 연구^{8,19}에서는 학생들이 선 그래프의 추세선을 구성할 때 점 사이를 직선으로 연결하기도 하고, 부드럽게 연결하기도 하는 등 다양한 유형의 추세선을 구성하는 것으로 나타났다. 또한, 같은 유형의 추세선을 구성할 때도 자료 범위만 연결하는 내삽으로 구성하거나, 자료 범위 바깥까지 확장하는 내·외삽으로 구성할 수도 있다. 추세선은 측정이 이루어지지 않은 값에 대한 분석과 경향성에 관한 예측을 바탕으로 구성해야 하고, 내·외삽도 학생이 자료로부터 예측하는 경향성의 범위와 관련이 있으므로 측정의 본성에 대한 견해와 특히 관련이 있을 것으로 예상된다.

지금까지 선행 연구에서는 학생들의 그래프 구성에 영향을 미치는 변인으로 수학 및 과학 성취도, 선이나 막대 그래프 등의 그래프 유형, 학교급 등이 주로 조사되었다.^{8,20-22} 그리고 이러한 변인을 대상으로 학생들이 그래프를 구성할 때 겪는 어려움 및 오류 유형 분석^{19,23-26}과 그래프 구성 수준 분석^{22,27-30} 등이 주로 이루어졌다. 측정의 본성과 관련해서는 실험 수업이 측정의 본성에 대한 견해와 그래프 구성에 미치는 영향을 분석함으로써 두 변인 사이의 관계를 간접적으로 분석한 연구¹⁸와 측정의 불확실성 개념이 결핍된 학생들이 그래프 구성 과정을 포함한 탐구 과정에서 겪는 어려움을 분석한 연구⁸ 등이 수행되었다. 하지만 측정의 본성에 대한 견해에 따라 학생들이 구성한 그래프의 특징과 차이를 직접적으로 조사한 연구는 거의 이루어지지 않았다.

이에 이 연구에서는 중학생을 대상으로 측정의 본성에 대한 견해를 조사한 후, 이에 따라 학생들이 구성한 그래프에서 나타나는 특징을 구체적으로 조사하였다. 이때 측정의 본성에 대한 견해에 따른 그래프 구성의 특징과 차이를 보다 심층적으로 분석하고자 유사한 측정값을 갖는 자료를 일상적 맥락과 과학적 맥락의 두 가지로 제시하고 맥락에 따라 그래프의 구성이 달라지는지 비교하였다. 이를 통해 학생들의 과학 그래프 구성 능력의 함양 및 과학 교사를 위한 교육적 시사점을 제공하고자 한다.

연구 방법

연구 대상 및 절차

서울특별시 소재한 중학교 두 곳에서 연구 참여에 자발적으로 동의한 3학년 학생 165명(남학생 70명, 여학생 95명)이 연구에 참여하였다. 이 중 사전 검사에서 과반의 문항에 무응답을 하여 불성실한 응답을 보인 학생 14명을 제외한 151명(남학생 59명, 여학생 92명)의 응답을 분석하였다. 연구에 참여한 모든 학생은 2009 개정 교육과정

에 따라 수학 교과에서는 1학년 ‘함수’ 단원, 2학년 ‘일차 함수’ 단원에서 정비례, 반비례에 관한 개념과 기본적인 그래프 구성 방법을 학습하였으며, 과학 교과에서는 1학년 ‘분자의 운동’ 단원에서 보일 법칙과 샤를 법칙, 2학년 ‘물질의 구성’ 단원에서 앙금 생성반응 관련 개념을 학습하였다. 또한, 모든 학생은 과학 교과 시간에 실험이나 교과서의 탐구 활동 등을 통하여 한 학기(45.3%) 또는 한 달(41.0%)에 최소 한 번 이상의 빈도로 그래프를 구성한 경험이 있었지만, 수학 교과가 아닌 과학 교과에서 별도로 그래프 구성 방법에 관한 학습을 하였다고 응답한 학생은 없었다.

자료 수집은 방과 후 시간을 활용하였으며, 담당교사의 참석 하에 연구자가 직접 연구의 목적과 방법에 관하여 안내하는 방식으로 이루어졌다. 먼저 60분 동안 학생들이 가지는 측정의 본성에 대한 견해를 조사하는 사전 검사를 실시하였다. 며칠 후 연구자가 다시 학교를 방문하여 60분 동안 일상 및 과학적 맥락에 따른 그래프 구성 검사를 실시 하였다. 검사 과정에서 연구자는 학생들에게 궁금한 점이 있으면 질문하도록 하여 학생들이 검사 문항을 충분히 이해할 수 있도록 하였으나, 학생들의 응답에 영향을 미칠 수 있는 구체적인 예시는 제공하지 않았다.

검사 도구

측정의 본성에 대한 견해 검사는 Ibrahim³¹의 Views About Scientific Measurement(VASM)를 Yang *et al.*¹¹이 국내 맥락에 맞게 번역 및 수정 보완한 검사지를 활용하였다. 이 검사지는 과학과 일상생활에서의 측정, 정확한 측정의 의미, 반복 측정, 지구 자기장 측정, 온도 측정, 자료 집합의 비교, 참값의 측정에 관하여 점 패러다임 또는 집합 패러다임에 해당하는 진술문 중 자신의 생각과 가장 가까운 것을 고르거나 가까운 것이 없을 경우 자신의 생각을 쓰고, 그 이유를 자세히 서술하는 7문항으로 구성되어 있다.

다음으로 일상 및 과학적 맥락에서의 그래프 구성 검사를 개발하였다. 측정의 본성에 대한 견해는 자료 사이의 관계가 복잡하고 불확실성을 많이 포함할수록 잘 드러날 수 있지만,¹⁷ 중학생의 수준에서는 일부 자유 탐구 상황을 제외하면 이처럼 복잡한 관계의 자료는 잘 제시되지 않는다. 또한, 학생들의 그래프 구성에서 나타나는 특징을 분석한 선행 연구^{19,20}에서 학생들은 반비례 수준의 비교적 간단한 관계를 가지는 자료가 제시되었을 때도 추세선의 구성 방식, 축과 눈금 설정 등 여러 그래프 구성요소 측면에서 다양한 유형의 응답을 하였다. 이에 이 연구에서는 2009 개정 교육과정의 중학교 수학 및 과학 교과서에서 가장 자주 나타나는³² 비례, 반비례, 비례하게 증가하다 일정해지는 형태의 선 그래프가 구성될 수 있는 자료를 제시하

고, 각각의 그래프를 구성할 수 있는 일상 및 과학적 맥락을 하나씩 개발하여 총 6개의 문항으로 이루어진 그래프 구성 검사를 개발하였다. 문항에 제시한 구체적인 상황은 중학교 수학 및 과학 교과서와 교사용 지도서에서 내·외삽으로 비례, 반비례, 비례하게 증가하다 일정해지는 형태의 그래프가 제시된 사례를 수집하여 분석한 뒤 일상 및 과학적 맥락이 서로 대응되도록 상황을 그대로 또는 일부 변형하여 활용하였다.

모든 변인과 측정값 자료는 양수 범위의 실수가 되도록 선정하여 그래프가 1 사분면 내에서 연속적으로 구성될 수 있도록 하였다. 예를 들어, 사람 수는 자연수만 가능한 변인이므로 제외하고 기체의 부피 또는 물의 양과 같이 양수 범위의 실수 값을 가질 수 있는 변인을 선정하였다. 또한, 숫자의 크기가 그래프 구성에 영향을 미치지 않도록 일상 및 과학적 맥락만 다른 한 쌍의 그래프의 측정값 자료는 같은 범위 내에서 유사한 값을 갖도록 제시하였다.

개발한 상황의 적절성을 점검하고 그래프 구성에 필요한 측정값 자료의 제시 방법을 결정하기 위하여 연구 참여 학교가 아닌 중학교의 3학년 학생 26명을 대상으로 1차 예비연구를 시행하였다. 학생들을 13명씩 두 집단으로 나누어 한 집단은 그래프 구성에 필요한 측정값 자료를 한 문항 당 세 개씩 수치로 제시하였고, 다른 집단은 Gültepe²⁰의 연구 방법을 참고하여 구체적인 수치 없이 두 변인의 관계를 표현하는 상황을 글로만 제시하고 이를 가장 잘 표현할 수 있는 그래프를 그리도록 하였다. 1차 예비연구 결과, 측정값 자료를 수치로 제시한 집단에서는 모든 학생이 맥락을 고려하지 않고 제시된 수치를 그대로 점으로 옮기고 연결하는 활동만 수행하였기 때문에 맥락에 따른 차이가 거의 나타나지 않았다. 상황을 글로만 제시한 집단의 경우에는 대다수 학생이 그래프에 점을 표시하지 않고 추세선만 그렸기 때문에 측정의 본성에 대한 견해에 따른 차이를 분석하는 데 한계가 있었다. 또한, 일상적 맥락의 일부 문항은 적지 않은 학생들이 문항에서 제시한 상황을 이해하는 데 어려움을 겪어 연구자가 의도한 그래프 유형이 잘 나타나지 않는 문제점도 있었다.

이에 1차 예비연구의 분석 결과를 반영하여 또 다른 중학교 3학년 학생 44명을 대상으로 2차 예비연구를 시행하였다. 2차 예비연구에서는 일상적 맥락의 그래프 문항 중 학생들이 상황 이해에 어려움을 겪었던 문항을 다른 상황으로 수정하였다. 학생들을 22명씩 두 집단으로 나누어 한 집단은 구체적인 수치 없이 두 변인의 관계를 표현하는 상황을 글로만 제시하되, 반드시 최소 3개 이상의 가상의 측정값을 포함하여 이를 가장 잘 표현할 수 있는 그래프를 구성하도록 하였다. 다른 집단은 Kim, Choi, & Noh¹⁹의 연구 방법을 참고하여 그래프 구성에 필요한 측정값

자료를 눈금이 포함된 그림으로 제시한 후 학생들이 직접 눈금의 값을 측정하고 수치화하여 그래프를 구성하도록 하였다.

2차 예비연구 결과, 상황을 글로 제시하고 가상의 측정값을 포함하여 그래프를 구성하도록 한 집단의 학생들은 선을 먼저 그린 다음 그 위에 점을 표시한 경우가 많았다. 즉, 그래프 구성에 필요한 점을 표시한 다음 추세선을 그리는 경우가 거의 없었기 때문에 1차 예비연구 결과와 거의 차이가 없었다. 하지만 측정값 자료를 눈금이 포함된 그림으로 제시한 집단에서는 모든 학생이 그림에서 눈금의 값을 측정하여 수치화한 다음 점으로 표시하였을 뿐 아니라, 이를 바탕으로 추세선을 구성하는 방식에서도 차이가 나타났다. 이에 최종적으로 개발한 그래프 구성 검사에서는 두 차례의 예비연구 결과를 종합적으로 검토하여 그래프에서 다루는 상황의 적절성이나 그림의 명료성 등을 수정·보완한 후 눈금이 포함된 그림으로 측정값 자료를 제시하였다. 그래프를 그리는 공간에는 1 사분면을 중심으로 x축과 y축만 제시하여 학생이 축의 변인과 눈금, 점과 추세선 등을 자유롭게 표현할 수 있도록 하였다. 또한, 학생의 그래프 구성 의도를 구체적으로 파악하고자 그래프를 위와 같이 그린 이유를 자세히 적도록 하였다. 이 연구에서 활용한 6개 문항의 구체적인 내용을 Table 1에 요약하였고, 그 중 과학적 맥락의 반비례 그래프 검사 문항을 Appendix 1에 제시하였다.

학생들이 검사 도중 유사한 측정값을 갖는 자료가 맥락만 달리하여 두 가지로 제시되어 있다는 점을 유추하지 못하도록 학생용 검사지에는 6개의 검사 문항을 무작위로 배치하였다. 모든 검사 도구의 개발 과정에서는 과학 교육 전문가 1인, 현직 중등 과학교사 2인, 과학교육전공 대학원생이 참여한 세미나를 수차례 개최하여 검사 문항의 상황과 구성, 난이도, 소요 시간 및 내용 타당도를 점검 받았다.

분석 방법

측정의 본성에 대한 견해 검사의 결과 분석을 위해 무작위로 30부의 검사지를 추출한 후, 관련 선행 연구^{9,11,31}

를 참고하여 각 문항에 대한 학생들의 답안을 점 패러다임 추론 유형과 집합 패러다임 추론 유형으로 분류하는 초기 분석틀을 개발하였다.

다음으로 일상 및 과학적 맥락에서의 그래프 구성 검사 결과를 분석하기 위해 TOGS(test of graphing in science)³³에 제시된 그래프의 다섯 가지 구성요소인 ‘적절한 선 그리기, 축 눈금 표기, 축 변수 설정, 점 찍기, 자료 변환하기’를 이 연구의 맥락에 맞게 수정·보완하였다. 즉, ‘자료 변환하기’는 실험 자료나 결과를 설명하는 문장을 그래프로 나타내는 능력에 관한 요소로 이 연구에서는 해당 사항이 없어 제외하였다. 그래프의 추세선 구성을 의미하는 ‘적절한 선 그리기’는 측정의 본성에 대한 견해의 영향을 가장 많이 받을 것으로 예상되므로 보다 구체적으로 분석하기 위하여 추세선의 점 잇기 방식에 관한 ‘추세선의 유형’과 추세선을 구성하는 범위에 관한 ‘내·외삽’으로 세분하였다. 이를 바탕으로 무작위로 30부의 검사지를 추출한 후, 그래프의 구성요소별 학생들의 응답 유형을 귀납적으로 범주화하여 초기 분석틀을 개발하였다.

각 검사지의 초기 분석틀 개발이 완료된 후, 2인의 연구자가 무작위로 다시 30부의 검사지를 각각 추출하여 각자 분석하고 결과를 비교하였다. 이때 응답 유형의 분류가 모호하거나 분석 의견이 일치하지 않는 경우, 새로운 응답 유형이 나타난 경우에는 연구자 사이의 논의를 통하여 분석틀을 수정 및 보완하였다. 이 과정을 반복하여 분석자간 일치도가 .93에 도달한 후 1인의 연구자가 측정의 본성에 대한 견해 검사를 모두 분석하였고, 다른 1인의 연구자가 일상 및 과학적 맥락의 그래프 구성 검사를 모두 분석하였다. 그래프 구성요소별 응답 유형에 대한 최종 분석틀은 Table 2와 같다.

측정의 본성에 대한 견해 검사는 7개 문항의 분석 결과를 종합하여 과반으로 나타난 패러다임 유형을 해당 학생의 측정의 본성에 대한 견해로 분류하였다. 그 결과 점 패러다임의 학생은 98명(64.9%), 집합 패러다임의 학생은 53명(35.1%)으로 나타났다.

일상 및 과학적 맥락의 그래프 구성 검사 결과, 각 문항의 평균 무응답 비율은 16.3%였다. 이때 일상 및 과학적 맥락에

Table 1. The content of test items

Form of graph	Context	Content
Proportional	Daily-life	Relation of time-height of the tree in constantly growing bean tree
	Scientific	Relation of temperature-volume in constant pressure (Boyle's law)
Inverse-proportional	Daily-life	Relation of horizontal-vertical length in box with constant volume and height
	Scientific	Relation of pressure-volume in constant temperature (Charles's law)
Increasing and become constant	Daily-life	Relation of time-amount of water in bathtub when putting water at a constant rate
	Scientific	Relation of added volume of Na_2CO_3 solution-amount of CaCO_3 in precipitation reaction between CaCl_2 and Na_2CO_3

Table 2. Response types and definitions by graph component

Component		Response type		Definition
Constructing a trend line	Types of a trend line	Line graph	Straight line	Representing a trend line by a single straight line
			Curved line	Representing a trend line by a curved line
			Broken line	Representing a trend line by a combination of two or more straight lines
	Interpolation/Extrapolation	Dot graph, Bar graph	Not representing a trend line	
			Both inter/extrapolation	Representing a trend line between and beyond the range of data set
			Interpolation only	Representing a trend line between the range of data set only
		No inter/extrapolation	Not representing a trend line	
Scaling axes	Appropriate scaling		Scaling axis with constant intervals	
	Inappropriate scaling		Scaling axis with inconstant intervals or not scaling axis	
Plotting dots	Appropriate plotting		Plotting appropriate dots	
	Inappropriate plotting		Plotting inappropriate dots or not plotting dots	
Selecting axes variables	Appropriate variables		Selecting independent variable in x-axis, dependent variable in y-axis	
	Reverse variables		Selecting dependent variable in x-axis, independent variable in y-axis	
	Other variables		Selecting other variables	
	No variables		Not selecting or unclear variables	

따른 평균 무응답 비율(일상 15.0%, 과학 17.7%)이나 측정의 본성에 대한 견해에 따른 평균 무응답 비율(점 패러다임 16.0%, 집합 패러다임 17.0%)에는 거의 차이가 없었다. 이 연구의 목적은 학생들의 측정의 본성에 대한 견해에 따른 그래프 구성의 특징을 조사하고 일상 및 과학적 맥락에 따른 차이를 비교하는 것이므로, 이후 각 문항별 무응답은 제외하고 분석하였다.²⁴

연구 결과에서는 먼저 비례, 반비례, 비례하게 증가하다 일정해지는 형태의 그래프 문항별로 추세선의 유형에 따른 내·외삽 비율 및 축 눈금 표기, 점 찍기, 축 변수 설정이 올바르게 된 비율을 각각 교차 분석한 결과를 바탕으로 구체적인 사례와 함께 추세선의 유형별 특징에 관하여 논의하였다. 이때, 축 눈금 표기와 점 찍기 요소의 분석 결과 및 특징은 매우 유사하였다. 이에 중복 서술을 방지하고자 축 눈금 표기와 점 찍기의 교차 분석 결과는 통합하여 제시하고 논의하였다.

다음으로 측정의 본성에 대한 견해에 따른 비교에서는 그래프의 구성요소별로 점 또는 집합 패러다임 추론 유형에 따른 응답 유형별 빈도와 백분율(%)을 분석하였다. 이

때 비율의 차이를 통계적으로 검증하기 위하여 χ^2 검정을 실시하였고, 기대 빈도가 5 이하인 셀의 비율이 20%를 넘어 χ^2 검정을 위한 기대 빈도에 대한 가정이 충족되지 못한 경우에는 Fisher의 정확 검정(Fisher's exact test)을 실시하였다.³⁴ Fisher의 정확 검정을 실시한 경우는 밑줄로 표시하였다. 검정 결과 유의미한 차이가 나타난 경우에는 비모수 검정의 사후분석 방법으로 널리 활용되는 Bonferroni 교정(Bonferroni correction) 방법으로 어떤 집단 사이에서 차이가 있는지 분석하였다. Bonferroni 사후검정에 의한 유의수준은 3집단인 경우 .0167이고, 4집단인 경우 .0083이다.³⁵ 모든 통계 분석에는 SPSS statistics 25 통계 프로그램을 사용하였다.

결과 및 고찰

추세선의 유형별 특징

각 문항별 그래프 유형에 대한 빈도와 백분율(%)의 분석 결과를 Table 3에 제시하였고, 선 그래프에서 나타난 추세선의 유형별 대표 예시를 Fig. 1에 제시하였다. 모든 문항

Table 3. Student responses to the types of graph by test items

Form of graph	Context	Line graph				Sub-total	Dot graph, Bar graph	Total
		Straight line	Curved line	Broken line				
Proportional	Daily-life	102 (70.3)	12 (8.3)	15 (10.3)	129 (89.0)	16 (11.0)	145 (100.0)	
	Scientific	81 (64.8)	13 (10.4)	15 (12.0)	109 (87.2)	16 (12.8)	125 (100.0)	
Inverse-Proportional	Daily-life	21 (19.3)	63 (57.8)	11 (10.1)	95 (87.2)	14 (12.8)	109 (100.0)	
	Scientific	26 (18.2)	65 (45.5)	31 (21.7)	122 (85.3)	21 (14.7)	143 (100.0)	
Increasing and become constant	Daily-life	67 (51.5)	11 (8.5)	45 (34.6)	123 (94.6)	7 (5.4)	130 (100.0)	
	Scientific	33 (31.7)	5 (4.8)	51 (49.0)	89 (85.6)	15 (14.4)	104 (100.0)	

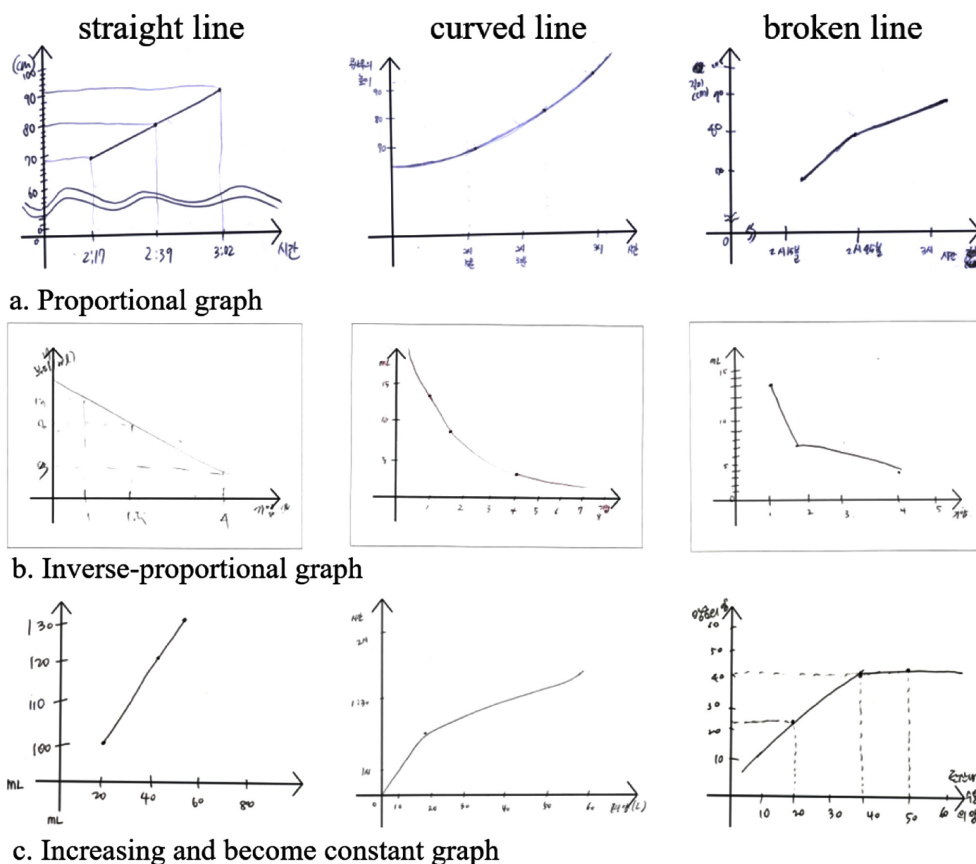


Figure 1. Examples of a trend line by form of the line graph.

에서 평균 88.2%의 학생은 추세선을 포함한 선 그래프를 구성하였다. 추세선을 그리지 않고 점 또는 막대 그래프를 구성한 학생의 비율은 평균 11.8%로 낮았다. 선 그래프의 추세선 유형은 점을 연결하는 방식에 따라 직선형, 곡선형, 꺾은선형으로 나눌 수 있었다. Fig. 1의 왼쪽과 같이 하나의 직선으로 점을 연결한 경우 직선형, 가운데와 같이 하나의 곡선으로 점을 연결한 경우 곡선형, 오른쪽과 같이 두 개 이상의 직선으로 점을 연결한 경우가 꺾은선형에 해당한다. 또한, 측정값 범위의 안쪽만 연결한 경우가 내삽, 자료의 범위 안쪽뿐만 아니라 바깥쪽도 확장하여 선을 표시한 경우가 내·외삽에 해당한다.

분석 결과, 비례 그래프 문항(Fig. 1a)에서는 직선형의 추세선 비율이 가장 높았고(일상 70.3%, 과학 64.8%), 반비례 그래프(Fig. 1b)에서는 곡선형의 추세선 비율이 가장 높았다(일상 57.8%, 과학 45.5%). 비례하게 증가하다 일정해지는 형태의 그래프(Fig. 1c)에서는 학생들이 제시된 자료를 기반으로 경향성을 예측하여 추세선을 구성할 경우 로그 함수의 개형과 유사한 곡선형의 추세선을 구성할 수 있다. 하지만 이와 같이 추세선을 곡선형으로 구성한 학생 비율은 일상 및 과학적 맥락에서 각각 8.5%, 4.8%에 불

과하였고, 대신 꺾은선형의 추세선을 구성한 비율이 각각 34.6%, 49.0%로 더 높았다. 이는 많은 학생들이 이 문항에서 추세선 구성을 위해 측정하지 않은 값을 예상할 때, 제시된 자료 뿐 아니라 옥조에 일정한 속도로 물을 받는 상황이나 양금생성반응과 같이 그래프의 구체적인 배경 상황을 함께 고려하였음을 의미한다.

학생 응답의 대부분(88.2%)을 차지한 선 그래프에서 나타난 특징을 보다 자세히 조사하고자, 각 문항별 선 그래프의 추세선 유형에 따른 내·외삽, 축 눈금 표기와 점 찍기, 축 변수 설정의 응답 유형을 교차 분석한 결과를 Table 4에 제시하였다. 먼저 추세선의 유형에 따른 내·외삽 비율을 살펴보면, 비례 그래프에서 직선형의 추세선을 구성한 학생 중 내·외삽을 모두 수행한 비율은 일상 및 과학적 맥락에서 각각 68.6%, 65.4%였다. 곡선형의 추세선에서는 이 비율이 각각 100.0%, 76.9%로 더 높았다. 그러나 꺾은선형의 경우에는 내·외삽을 수행한 학생의 비율이 일상 및 과학적 맥락에서 각각 33.3%, 0.0%로 낮은 편이었다.

반비례 그래프의 경우, 곡선형의 추세선을 구성한 학생 중 내·외삽을 수행한 비율은 일상 및 과학적 맥락에서 각각 90.5%, 92.3%로 높았다. 직선형의 경우에도 각각 81.0%,

Table 4. Student responses to each graph component by the types of a trend line of the line graph

Component	Form of graph	Context	Straight line			Curved line			Broken line		
			Apt*	Others	Total	Apt	Others	Total	Apt	Others	Total
Interpolation/ Extrapolation	Proportional	Daily-life	70 (68.6)	32 (31.4)	102 (100.0)	12 (100.0)	-	12 (100.0)	5 (33.3)	10 (66.7)	15 (100.0)
		Scientific	53 (65.4)	28 (34.6)	81 (100.0)	10 (76.9)	3 (23.1)	13 (100.0)	-	15 (100.0)	15 (100.0)
	Inverse- Proportional	Daily-life	17 (81.0)	4 (19.0)	21 (100.0)	57 (90.5)	6 (9.5)	63 (100.0)	1 (9.1)	10 (90.9)	11 (100.0)
		Scientific	23 (88.5)	3 (11.5)	26 (100.0)	60 (92.3)	5 (7.7)	65 (100.0)	7 (22.6)	24 (77.4)	31 (100.0)
	Increasing and become constant	Daily-life	57 (85.1)	10 (14.9)	67 (100.0)	11 (100.0)	-	11 (100.0)	30 (66.7)	15 (33.3)	45 (100.0)
		Scientific	29 (87.9)	4 (12.1)	33 (100.0)	5 (100.0)	-	5 (100.0)	33 (64.7)	18 (35.3)	51 (100.0)
Scaling axes, Plotting dots	Proportional	Daily-life	82 (80.4)	20 (19.6)	102 (100.0)	6 (50.0)	6 (50.0)	12 (100.0)	9 (60.0)	6 (40.0)	15 (100.0)
		Scientific	57 (70.4)	24 (29.6)	81 (100.0)	2 (15.4)	11 (84.6)	13 (100.0)	5 (33.3)	10 (66.7)	15 (100.0)
	Inverse- Proportional	Daily-life	7 (33.3)	14 (66.7)	21 (100.0)	40 (63.5)	23 (36.5)	63 (100.0)	9 (81.8)	2 (18.2)	11 (100.0)
		Scientific	8 (30.8)	18 (69.2)	26 (100.0)	51 (78.5)	14 (21.5)	65 (100.0)	27 (87.1)	4 (12.9)	31 (100.0)
	Increasing and become constant	Daily-life	37 (55.2)	30 (44.8)	67 (100.0)	6 (54.5)	5 (45.5)	11 (100.0)	37 (82.2)	8 (17.8)	45 (100.0)
		Scientific	10 (30.3)	23 (69.7)	33 (100.0)	-	5 (100.0)	5 (100.0)	45 (88.2)	6 (11.8)	51 (100.0)
Selecting axes variables	Proportional	Daily-life	73 (71.6)	29 (28.4)	102 (100.0)	7 (58.3)	5 (41.7)	12 (100.0)	9 (60.0)	6 (40.0)	15 (100.0)
		Scientific	56 (69.1)	25 (30.9)	81 (100.0)	5 (38.5)	8 (61.5)	13 (100.0)	7 (46.7)	8 (53.3)	15 (100.0)
	Inverse- Proportional	Daily-life	11 (52.4)	10 (47.6)	21 (100.0)	45 (71.4)	18 (28.6)	63 (100.0)	8 (72.7)	3 (27.3)	11 (100.0)
		Scientific	11 (42.3)	15 (57.7)	26 (100.0)	42 (64.6)	23 (35.4)	65 (100.0)	20 (64.5)	11 (35.5)	31 (100.0)
	Increasing and become constant	Daily-life	43 (64.2)	24 (35.8)	67 (100.0)	4 (36.4)	7 (63.6)	11 (100.0)	38 (84.4)	7 (15.6)	45 (100.0)
		Scientific	14 (42.4)	19 (57.6)	33 (100.0)	1 (20.0)	4 (80.0)	5 (100.0)	38 (74.5)	13 (25.5)	51 (100.0)

*Apt: both interpolation and extrapolation (for Interpolation/Extrapolation), appropriate scaling/plotting (for Scaling axes, Plotting dots), appropriate variables (for Selecting axes variables)

88.5%로 높은 비율의 학생이 내·외삽을 수행하였으나, 꺾은선형의 경우의 내·외삽 비율은 각각 9.1%, 22.6%로 대부분의 학생들은 내삽만 수행한 것으로 나타났다.

증가하다 일정해지는 형태의 그래프에서는 꺾은선형의 추세선을 구성한 학생 중 내·외삽을 수행한 비율이 일상 및 과학적 맥락에서 각각 66.7%, 64.7%로 나타났다. 그런데 직선형의 경우에는 이 비율이 각각 85.1%, 87.9%로 더 높았고, 곡선형의 경우에는 모든 학생이 내·외삽을 수행하였다. 즉, 이 문항에서 꺾은선형의 추세선을 구성한 학생들이 내·외삽을 수행한 비율은 비례 또는 반비례 그래프 문항에 비해 다소 높았으나, 곡선형 또는 직선형의 추

세선과 비교하면 여전히 내·외삽을 수행한 비율이 약 20%p 이상 낮았다.

추세선의 유형과 내·외삽에 관한 이상의 교차 분석 결과를 종합하면, 공통적으로 꺾은선형의 추세선에서 나타난 내·외삽 비율이 직선형 또는 곡선형의 추세선보다 최소 20%p 이상 낮음을 알 수 있다. 이는 직선형 또는 곡선형의 추세선의 경우 하나의 직선 또는 곡선을 같은 경향성이 계속 이어지지만, 꺾은선형의 추세선은 꺾어지는 점을 기준으로 경향성이 바뀌기 때문에 학생들이 상대적으로 추세선의 경향성을 자료 범위 바깥쪽까지 확장하는데 어려움을 느껴 측정값의 범위 내에서만 선을 연결하였기 때문

일 수 있다.

다음으로 추세선의 유형에 따라 축 눈금 표기와 점 찍기를 올바르게 한 학생의 비율을 교차 분석한 결과를 보면, 비례 그래프에서 직선형의 추세선을 구성한 학생들은 일상 및 과학적 맥락에서 각각 80.4%, 70.4%가 축 눈금 표기와 점 찍기를 올바르게 수행하였다. 하지만 추세선을 곡선형으로 구성한 학생 중에서는 각각 50.0%, 15.4%가, 꺾은선형으로 구성한 학생 중에서는 각각 60.0%, 33.3%가 올바른 축 눈금 표기와 점 찍기를 하여 직선형에 비해 20%p 이상 낮았다.

반비례 그래프의 경우, 곡선형의 추세선을 구성한 학생 중 축 눈금 표기와 점 찍기를 모두 올바르게 한 비율은 일상 및 과학적 맥락에서 각각 63.5%, 78.5%였다. 이때 직선형에서 나타난 비율은 33.3%, 30.8%로 곡선형에 비해 30%p 이상 낮았다. 그러나 꺾은선형의 경우에는 올바른 비율이 각각 81.8%, 87.1%로, 곡선형의 추세선을 구성한 학생의 비율보다 오히려 더 높게 나타났다.

비례하게 증가하다 일정해지는 형태의 그래프에서는 꺾은선형의 추세선을 구성한 학생 중 축 눈금 표기나 점 찍기를 올바르게 한 비율이 82.2%, 88.2%였다. 그러나 직선형에서 이 비율은 각각 55.2%, 30.3%였고, 곡선형에서도 54.5%, 0.0%로 모두 꺾은선형의 추세선에 비해 매우 낮았다. 즉, 곡선형의 추세선을 구성한 학생들은 Fig. 1c의 예시에 나타난 것과 같이 축 눈금 표기나 점 찍기가 올바르게 되지 못한 비율이 높았다.

한편, 추세선의 유형과 축 변수 설정의 교차 분석 결과에서는 비례 그래프의 경우 직선형의 추세선을 구성한 학생 중 축 변수 설정을 올바르게 한 학생의 비율이 일상 및 과학적 맥락에서 각각 71.6%, 69.1%였다. 그러나 곡선형인 경우의 비율은 각각 58.3%, 38.5%로 나타났고, 꺾은선형에서도 각각 60.0%, 46.7%로 나타나 모두 직선형의 추세선에 비하여 10%p 이상 낮았다.

반비례 그래프의 경우, 곡선형의 추세선을 구성한 학생들 중 축 변수 설정을 올바르게 한 비율은 일상 및 과학적 맥락에서 각각 71.4%, 64.6%였다. 이때 직선형의 추세선을 구성한 학생들은 이 비율이 각각 52.4%, 42.3%로 약 20%p 낮았다. 그러나 꺾은선형의 추세선에서는 올바른 축 변수 설정을 한 비율이 각각 72.7%, 64.5%로 곡선형의 추세선을 구성한 경우와 거의 같은 것으로 나타났다.

비례하게 증가하다 일정해지는 형태의 그래프에서는 꺾은선형의 추세선을 구성한 학생 중 일상 및 과학적 맥락에서 각각 84.4%, 74.5%가 올바른 축 변수 설정을 하였다. 하지만 직선형에서는 각각 64.2%, 42.4%의 학생이, 곡선형에서는 각각 36.4%, 20.0%의 학생이 올바른 축 설정을 하여 모두 꺾은선형의 추세선을 구성한 경우보다 20%p

이상 낮았다.

축 눈금 표기와 점 찍기, 축 변수 설정에 관한 이상의 교차 분석 결과를 종합하면, 비례 그래프에서 직선형, 반비례 그래프에서 곡선형, 비례하게 증가하다 일정해지는 그래프에서 꺾은선형의 추세선을 구성한 학생들에 비해 다른 유형의 학생들은 축 눈금 표기와 점 찍기, 축 변수 설정을 올바르게 한 비율이 다른 유형의 추세선을 구성한 학생들에 비해 10-20%p 이상 낮았다. 그러나 반비례 그래프 문항에서 꺾은선형의 추세선을 구성한 학생들은 예외적으로 축 눈금 표기와 점 찍기, 축 변수 설정을 올바르게 한 비율이 곡선형의 추세선을 구성한 학생들과 거의 같거나 오히려 더 높았다. 따라서 이 두 집단의 학생들은 그래프 구성 요소의 오류보다는 주로 점을 연결하여 추세선을 구성하는 방식에 의하여 차이가 나타난 것으로 해석할 수 있다.

한편, 축 눈금 표기를 올바르게 하지 못한 학생들은 축을 반전 표기한 경우가 모든 문항에서 평균 56.1%로 나타났으며, 축 변수를 명시하지 않은 경우가 33.6%, 기타 변수를 설정한 경우가 10.3%로 나타났다. 일반적으로 축 변수 설정을 할 때는 x축에 독립 변수를 배치하고 y축에 종속 변수를 배치한다. 하지만 축과 변수 사이의 관계에 대한 이해가 부족한 학생들은 논리적으로 독립 변수와 종속 변수를 구분하기보다는 경험을 바탕으로 직관적으로 축 변수 설정을 하는 경향이 있다.^{19,22,30} 이때 일상적 맥락에서 과학적 맥락보다 올바른 축 변수 설정을 한 비율이 평균 약 10%p 높았던 점을 고려하면, 이러한 학생들에게 과학적 맥락과 유사한 일상적 맥락을 제시하여 먼저 축 설정을 해보도록 하는 것은 유용한 전략이 될 수 있을 것이다.

측정의 본성에 대한 견해에 따른 추세선의 특징

그래프의 구성요소별로 측정의 본성에 대한 견해에 따른 통계 검정을 실시한 결과, 추세선의 유형과 내·외삽 측면에서는 일부 문항에서 측정의 본성에 대한 견해에 따른 통계적으로 유의미한 차이($p < .05$)가 나타났다. 그러나 축 눈금 표기, 점 찍기, 축 변수 설정의 측면에서는 모든 문항에서 점 또는 집합 패러다임 유형에 따른 통계적으로 유의미한 비율의 차이가 나타나지 않았다($p > .05$). 따라서 측정의 본성에 대한 견해는 그래프의 구성요소 중 추세선 관련 요소에만 주로 영향을 미친다고 할 수 있다. 이에 통계 검정 결과에 대한 자세한 논의는 유의미한 차이가 나타났던 추세선의 유형과 내·외삽 요소를 중심으로 하였다.

추세선의 유형

측정의 본성에 대한 견해에 따른 추세선의 유형별 빈도와 백분율(%) 및 통계 검정 결과를 Table 5에 제시하였다.

Table 5. The types of a trend line on test items by the views on the nature of scientific measurement

Form of graph	Context	Paradigm	Line graph			Dot graph, Bar graph	Total	χ^2	p
			Straight line	Curved line	Broken line				
Proportional	Daily-life	Point	63 (65.6)	9 (9.4)	12 (12.5)	12 (12.5)	96 (100.0)	3.143	.370
		Set	39 (79.6)	3 (6.1)	3 (6.1)	4 (8.2)	49 (100.0)		
	Scientific	Point	53 (64.6)	6 (7.3)	12 (14.6)	11 (13.5)	82 (100.0)	3.628	.305
		Set	28 (65.1)	7 (16.3)	3 (7.0)	5 (11.6)	43 (100.0)		
Inverse-Proportional	Daily-life	Point	10 (14.3)	38 (54.3)	11 (15.7)	11 (15.7)	70 (100.0)	10.320	.016*
		Set	11 (28.2)	25 (64.1)	-	3 (7.7)	39 (100.0)		
	Scientific	Point	12 (13.0)	38 (41.3)	27 (29.3)	15 (16.3)	92 (100.0)	12.183	.007**
		Set	14 (27.5)	27 (52.9)	4 (7.8)	6 (11.8)	51 (100.0)		
Increasing and become constant	Daily-life	Point	50 (57.5)	6 (6.9)	25 (28.7)	6 (6.9)	87 (100.0)	5.364	.147
		Set	17 (38.6)	5 (11.4)	20 (45.5)	2 (4.5)	44 (100.0)		
	Scientific	Point	19 (28.4)	4 (6.0)	34 (50.7)	10 (14.9)	67 (100.0)	1.315	.726
		Set	14 (36.8)	1 (2.6)	17 (44.7)	6 (15.8)	38 (100.0)		

*p<.05, **p<.01

측정의 본성에 대한 견해에 따른 추세선의 유형 차이는 일상 및 과학적 맥락의 반비례 그래프 문항에서만 나타났다. Bonferroni 사후검정 결과, 과학적 맥락의 문항에서 곡선형과 꺾은선형의 집단 사이에 유의미한 차이가 있었다 (p=.005). 즉, 과학적 맥락의 반비례 그래프에서 점 패러다임의 학생들은 추세선을 꺾은선형으로 구성하는 비율이 집합 패러다임의 학생들에 비해 상대적으로 높았고, 집합 패러다임의 학생들은 추세선을 곡선형으로 구성하는 비율이 점 패러다임의 학생들에 비해 상대적으로 높았다. 일상적 맥락의 문항에서는 Bonferroni 사후검정 기준 (p=.0083)을 통과한 집단은 없었으나, 곡선형과 꺾은선형의 집단 사이에서 p=.010의 유의확률이 있었고 다른 집단 사이의 조합에서는 모두 p>.05의 유의확률이 나타났다. 따라서 일상적 맥락의 문항에서 나타난 차이도 곡선형과 꺾은선형의 비율 차이에 기인했을 가능성이 있다. 특히 그래프 구성요소별 교차 분석 결과를 고려하면 두 집단 간 차이는 실제로 점을 연결하는 방식에 의해 나타난 것으로 볼 수 있으므로, 이때 측정의 본성에 대한 견해가 큰 영향을 미쳤다고 할 수 있을 것이다.

반비례 그래프에서 추세선을 구성할 때 점 사이를 단순히 직선으로 연결하지 않고 부드러운 곡선형으로 연결하기 위해서는 여러 개의 자료가 나타내는 전체적인 경향성을 인식해야 한다. 이와 관련하여 학생들이 가지는 측정의 본성에 관한 선행 연구^{9,11,14,15}에서는 집합 패러다임의 학생들은 측정 자료로부터 경향을 파악하려 하지만, 점 패러다임의 학생들은 각각의 자료를 독립적인 값으로 인식하여 자료의 경향성을 표현하기 위해서는 단지 더 많은 자료가 필요하다고 생각하는 경향이 있는 것으로 보고하고 있다. 이러한 인식이 반비례 그래프 문항에서 추세

선을 구성할 때 집합 패러다임의 학생들이 주로 곡선형의 추세선을, 점 패러다임의 학생들이 주로 꺾은선형의 추세선을 구성하는 것으로 반영된 것으로 보인다.

한편, 측정의 본성에 대한 견해는 반비례 그래프 뿐만 아니라 비례 그래프 또는 비례하게 증가하다 일정해지는 형태의 그래프를 구성할 때도 영향을 미칠 수 있다. 그러나 이 그래프는 직선으로만 구성되기 때문에 추세선을 구성할 때 점과 점 사이를 단순히 연결한 학생과 경향성을 인식한 학생 사이에 결과적으로 차이가 나타나지 않게 된다. 반비례 그래프를 제외하면 측정의 본성에 따른 유의미한 차이가 나타나지 않은 것은 이 때문으로 보인다.

내·외삽

측정의 본성에 대한 견해에 따른 내·외삽 유형별 빈도와 백분율(%) 및 통계 검정 결과를 Table 6에 제시하였다.

분석 결과, 일상적 맥락의 모든 문항에서는 패러다임 유형에 따른 차이가 나타나지 않았지만, 과학적 맥락의 모든 문항에서는 패러다임 유형에 따른 유의미한 차이가 나타났다. 과학적 맥락의 문항에 대한 Bonferroni 사후검정 결과, 모든 문항에서 내·외삽 집단과 내삽 집단 사이에 통계적으로 유의미한 차이가 나타났다(비례 p=.000; 반비례 p=.004; 비례하게 증가하다 일정 p=.010). 즉, 과학적 맥락의 모든 문항에서 집합 패러다임의 학생들은 점 패러다임의 학생들에 비해 내·외삽을 모두 수행하는 비율이 높았고, 동시에 점 패러다임의 학생들은 집합 패러다임의 학생들에 비해 내삽만 수행 하는 비율이 높았던 경향이 일관성 있게 나타났다.

선 그래프에서 추세선을 나타낸다는 것은 측정된 자료의 경향성을 바탕으로 측정하지 않은 자료의 값을 예측하여

Table 6. The types of inter/extrapolation on test items by the views on the nature of scientific measurement

Form of graph	Context	Paradigm	Inter/extrapolation	Interpolation only	No inter/extrapolation	Total	χ^2	p
Proportional	Daily-life	Point	51 (53.1)	33 (34.4)	12 (12.5)	96 (100.0)	5.661	.059
		Set	36 (73.5)	9 (18.4)	4 (8.2)	49 (100.0)		
	Scientific	Point	32 (39.0)	39 (47.6)	11 (13.4)	82 (100.0)		
		Set	31 (72.1)	7 (16.3)	5 (11.6)	43 (100.0)		
Inverse-Proportional	Daily-life	Point	45 (64.3)	14 (20.0)	11 (15.7)	70 (100.0)	2.127	.345
		Set	30 (76.9)	6 (15.4)	3 (7.7)	39 (100.0)		
	Scientific	Point	50 (54.3)	27 (29.3)	15 (16.3)	92 (100.0)		
		Set	40 (78.4)	5 (9.8)	6 (11.8)	51 (100.0)		
Increasing and become constant	Daily-life	Point	62 (71.3)	19 (21.8)	6 (6.9)	87 (100.0)	2.122	.346
		Set	36 (81.8)	7 (15.9)	1 (2.3)	44 (100.0)		
	Scientific	Point	38 (56.7)	19 (28.4)	10 (14.9)	67 (100.0)		
		Set	30 (78.9)	3 (7.9)	5 (13.2)	38 (100.0)		

*p<.05, **p<.01

표현한다는 의미를 지닌다. 이때 내삽은 측정값 범위 내의 경향성만을 인식하는 것이지만, 외삽은 자료 범위의 바깥쪽까지 경향성을 예측하여 표현하는 것이므로 자료의 경향성을 더욱 확장하여 인식할 필요가 있다. 이때 집합 패러다임의 학생들은 상대적으로 쉽게 자료의 범위 바깥쪽까지 경향성을 예측하여 내·외삽을 수행할 수 있었지만, 점 패러다임의 학생들은 내삽까지만 수행하고 측정 범위 바깥쪽까지는 추세선을 확장하지 않은 것으로 볼 수 있다.

과학적 맥락의 문항에서만 통계적인 차이가 나타난 이유를 보다 구체적으로 분석하기 위하여 각 패러다임별로 내·외삽을 수행한 비율을 살펴보면, 집합 패러다임의 학생들의 경우 일상 및 과학적 맥락에서 내·외삽을 수행한 평균 비율은 각각 77.4%, 76.5%로 맥락에 따른 차이(평균 1.9%p)가 거의 없었다. 그러나 점 패러다임의 학생들의 평균 비율은 각각 62.9%, 50.0%로 집합 패러다임 학생에 비해 10%p 이상 낮을 뿐 아니라 맥락에 따른 차이(평균 12.9%p)도 크게 나타났다. 즉, 집합 패러다임의 학생들은 맥락과 관계없이 내·외삽을 수행한 비율이 모두 높았던 반면, 점 패러다임의 학생들은 과학적 맥락의 그래프에서 내·외삽을 수행한 비율이 집합 패러다임의 학생들보다 10%p 이상 낮아졌기 때문에 과학적 맥락의 문항에서만 패러다임에 따른 통계적으로 유의미한 차이가 나타났다고 할 수 있다.

이상의 결과는 교사가 추세선 구성에 어려움을 겪는 점 패러다임의 학생들을 지도할 때 유용한 시사점을 제공할 수 있다. 즉, 점 패러다임의 학생들은 집합 패러다임의 학생들보다 맥락에 따른 영향을 더 크게 받으므로, 교사는 점 패러다임의 학생들에게 친숙하고 전체적인 경향을 예측하기 쉬운 일상적 맥락에서 추세선을 어떻게 구성할지 생각해보도록 함으로써, 과학적 맥락의 그래프 구성에서도 내·외삽을 수행할 수 있도록 촉진할 수 있을 것이다.

결론 및 제언

이 연구에서는 측정의 본성에 대한 견해에 따라 중학생이 구성한 그래프에서 나타나는 차이를 조사하였다. 비례, 반비례, 비례하게 증가하다 일정해지는 형태의 그래프를 구성할 수 있는 유사한 측정값 자료를 일상 및 과학적 맥락으로 각각 제시하여 그래프를 구성하도록 하였다. 학생들이 구성한 그래프에서 추세선의 유형별 비율을 내·외삽, 축 변수 설정, 축 눈금 표기, 점 찍기의 비율과 교차 분석하여 비교하였고, 측정의 본성에 대한 견해에 따른 특징을 분석하였다.

연구 결과, 내·외삽의 측면에서는 꺾은선형의 추세선을 구성할 때 곡선형 또는 직선형의 추세선을 구성할 때보다 내삽만 수행하는 비율이 높아지는 경향이 있었다. 각 문항에서 상대적으로 낮은 비율로 나타난 유형의 추세선을 구성한 경우는 축 눈금 표기와 점 찍기, 축 변수 설정 등이 올바르게 되지 못한 것에 기인한 경우가 많았지만, 반비례 그래프 문항에서 나타난 꺾은선형의 추세선 유형에서는 예외적으로 축 눈금 표기와 점 찍기, 축 변수 설정이 올바르게 된 비율이 올바른 추세선을 구성한 학생들과 같거나 더 높았다. 이때 집합 패러다임의 학생들은 곡선형의 추세선을, 점 패러다임의 학생들은 꺾은선형의 추세선을 구성하는 경향이 있는 것으로 나타났다. 또한, 집합 패러다임의 학생들은 과학적 맥락의 문항에서 점 패러다임의 학생들보다 내·외삽을 더 잘 수행하였다. 이때, 집합 패러다임의 학생들은 일상 및 과학적 맥락과 관계없이 내·외삽을 모두 수행한 비율이 높았으나 점 패러다임의 학생들은 일상적 맥락보다 과학적 맥락에서 내·외삽을 수행한 비율이 더 낮았다. 축 눈금 표기, 점 찍기, 축 변수 설정은 점 또는 집합 패러다임의 유형에 따른 통계적으로 유의미한 차이가

나타나지 않았다.

지금까지 과학 그래프 구성 관련 선행 연구에서는 학생들이 올바르게 못한 그래프를 구성하는 것이 그래프의 구성 과정에 관한 절차적 지식 또는 그래프의 목표 개념에 관한 개념적 지식이 부족하기 때문으로 분석한 경우가 많았다.²⁰ 하지만 이 연구에서는 점 패러다임의 학생들이 반비례 그래프의 추세선을 꺾은선형으로 구성하거나 과학 그래프의 추세선을 내삽하는 수준에만 머무는 비율이 상대적으로 높았던 것과 같이 측정의 본성에 대한 견해도 그래프의 구성에 영향을 미칠 수 있는 것으로 나타났다. 특히 측정의 본성에 대한 견해가 학생이 구성하는 지식 체계의 바탕이 되는 인식론적 신념에 가깝다는 점을 고려하면,¹¹ 점 패러다임의 추론을 하는 학생이 그래프 구성에 필요한 절차적, 개념적 지식을 충분히 이해하고 있더라도 올바르게 못한 추세선을 구성할 가능성도 배제할 수 없다. 이러한 측정의 본성에 대한 견해의 영향은 학생이 직접 측정 활동을 하고 그래프를 구성하는 과학 탐구 상황에서는 더욱 커질 것이다. 그러므로 이러한 상황에서 과학 교사는 학생이 올바르게 못한 그래프를 구성한 경우, 점 패러다임의 추론을 하고 있는지 확인하고 집합 패러다임의 추론을 하도록 유도할 필요가 있다.

이때, 측정의 본성을 비롯한 과학의 본성은 명시적이고 반성적으로 다루는 전략이 효과적인 것으로 보고되고 있다.³⁶ 따라서 교사는 점 패러다임의 추론을 하는 학생들에게 그들이 구성한 그래프를 반성적으로 검토할 기회를 제공하면서 항상 모든 측정값을 얻는 것은 불가능하다는 점을 강조하고 측정이 이루어지지 않은 부분의 값을 추세선으로 어떻게 표현할 수 있을지, 그래프의 맥락에서 추세선의 의미는 무엇인지 등을 생각해보도록 지도할 수 있다.

또한, 이전의 그래프 구성 경험은 다음의 그래프 구성에도 계속해서 영향을 미친다.³⁷ 그러므로 그래프의 축 설정이나 내·외삽 등의 측면에서 학생들이 일상적 맥락일 때 올바른 그래프를 구성한 비율이 더 높았던 결과를 적극적으로 활용할 필요가 있다. 예를 들어, 과학적 맥락의 그래프를 구성하기 전에 유사한 자료를 갖는 일상적 맥락의 그래프를 구성해보도록 하거나 두 그래프를 비교하도록 하는 것은 학생들의 과학 그래프 구성 능력을 향상하는 유용한 전략이 될 수 있다. 하지만 제시된 상황에 따라 일상적 맥락 그래프와 과학적 맥락 그래프의 연계 정도에 차이가 있을 수 있고 일상적 맥락의 그래프가 잘 못 제시될 경우 학생들이 더욱 혼동할 가능성도 있으므로, 어떤 일상적 맥락의 그래프 구성 상황을 제시하는 것이 적절한지에 대하여 더욱 자세한 후속 연구가 이루어져야 할 것이다.

한편, 그래프의 형태에 따라 그래프의 구성에서 나타나는 특징이 달라졌다는 점에도 주목할 필요가 있다. 학생들은

경향성이 일정한 비례 및 반비례 그래프보다 중간에 자료의 경향성이 달라지는 비례하게 증가하다 일정해지는 형태의 그래프 구성에 더욱 어려움을 겪는 경향이 있었다. 일반적으로 학년과 학교급이 올라갈수록 더 다양하고 복잡한 관계를 가지는 자료와 이에 기반한 그래프가 등장한다. 따라서 학생들이 측정의 본성에 대하여 현대적이고 일관된 견해를 가지면서 계속해서 올바른 그래프를 구성할 수 있도록 측정의 본성에 대한 견해가 형성되기 시작하는 초등학교 시기¹¹뿐만 아니라 중등학교 수준에서도 측정의 본성과 이를 고려한 그래프의 올바른 구성 방법에 대하여 꾸준히 강조할 필요가 있다.

추후 연구에서는 상위 학교급의 학생을 대상으로 2차 함수나 지수 함수의 형태와 같이 더욱 복잡한 그래프를 구성할 때 측정의 본성에 대한 견해에 따라 나타나는 차이를 분석할 수 있다. 또한, 학생이 그래프를 구성할 때는 측정의 본성에 대한 견해와 그래프 구성 과정에 관한 절차적 지식, 그래프의 목표 개념에 관한 지식도 종합적으로 영향을 미친다. 하지만 이 연구에서는 이러한 지식과 신념 사이의 상호작용이나 점 또는 집합 패러다임의 학생들이 그래프 구성 과정에서 거치는 구체적인 사고 과정의 차이 등을 파악하는 데 한계가 있었다. 따라서 추후 연구에서는 소수의 학생들을 대상으로 측정의 본성에 대한 견해 및 그들의 배경 지식을 조사한 후, 그들의 그래프 구성 과정을 심층적으로 분석할 필요가 있다. 그리고 측정의 본성에 대한 견해를 집합 패러다임으로 변화시키는 명시적이고 반성적인 교수학습 전략을 학생들에게 적용하였을 때 그들의 그래프 구성 과정 및 결과가 어떻게 변화하는지도 조사할 필요도 있다. 이러한 후속 연구를 통해 학생이 가지는 측정의 본성에 대한 견해의 특징을 보다 심도 있게 이해하고 학생들의 그래프 구성 능력 함양을 위한 새로운 시사점을 찾을 수 있을 것이다.

Acknowledgments. Publication cost of this paper was supported by the Korean Chemical Society.

Appendix. An example of the test items used in inverse-proportional graph of scientific context is available in Appendix 1.

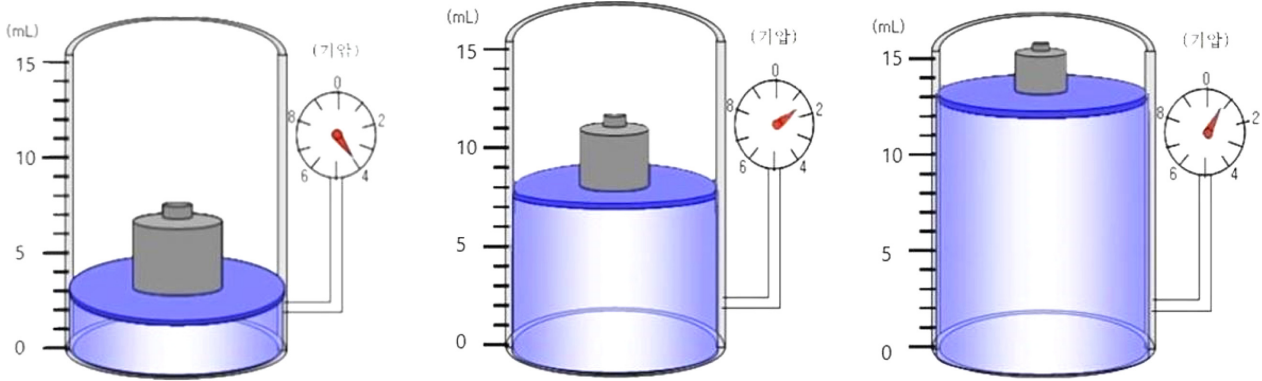
REFERENCES

1. Lee, J.; Lee, K. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2007**, *27*, 285.
2. Åberg-Bengtsson, L.; Ottosson, T. *Journal of Research in Science Teaching* **2006**, *43*, 43.
3. Shah, P.; Hoefner, J. *Educational Psychology Review* **2002**, *14*, 47.

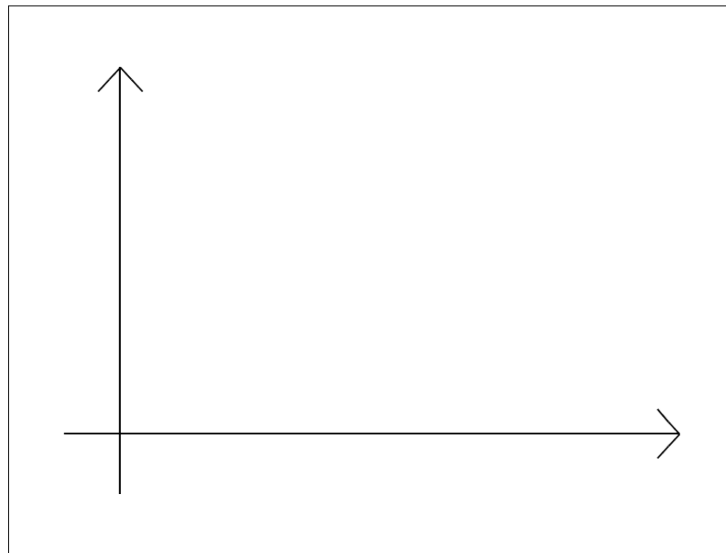
4. Bowen, G. M.; Roth, W. M. *Journal of Research in Science Teaching* **2005**, *42*, 1063.
5. Kim, T. S.; Ko, S.-K.; Kim, B.-K. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2005**, *25*, 624.
6. Lee, B.; Park, B.; Kim, H. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2007**, *27*, 421.
7. Klein, P. D. *The Journal of Experimental Education* **1998**, *66*, 101.
8. Lee, J.; Lee, S. M. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2006**, *26*, 581.
9. Lubben, F.; Campbell, B.; Buffler, A.; Allie, S. *Science Education* **2001**, *85*, 311.
10. Lippmann, R. F. *Students' Understanding of Measurement and Uncertainty in the Physics Laboratory: Social Construction, Underlying Concepts, and Quantitative Analysis*; Doctoral Dissertation, University of Maryland, 2003.
11. Yang, C.; Lee, J.; Kim, Y.; Noh, T. *Journal of Korean Elementary Science Education* **2011**, *30*, 430.
12. Rosenbaum, P. R. *Observation and Experiment*; Harvard University Press: 2017.
13. Mössner, N.; Nordmann, A. *Reasoning in Measurement*; Taylor & Francis: 2017.
14. Buffler, A.; Allie, S.; Lubben, F. *International Journal of Science Education* **2001**, *23*, 1137.
15. Buffler, A.; Lubben, F.; Ibrahim, B. *International Journal of Science Education* **2009**, *31*, 1137.
16. Munier, V.; Merle, H.; Brehelin, D. *International Journal of Science Education* **2013**, *35*, 2752.
17. Lee, E. M.; Kim, B.-K. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2012**, *32*, 293.
18. Rollnick, M.; Lubben, F.; Lotz, S.; Dlamini, B. *Research in Science Education* **2002**, *32*, 1.
19. Kim, Y.; Choi, G.; Noh, T. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2009**, *29*, 978.
20. Gültepe, N. *Educational Sciences: Theory & Practice* **2016**, *16*, 53.
21. Kim, T. S.; Bae, D. J.; Kim, B.-K. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2002**, *22*, 725.
22. Lim, H.-M.; Kim, Y.-H.; Kim, Y.-S. *Biology Education* **2010**, *38*, 342.
23. Beichner, R. J. *American Journal of Physics* **1994**, *62*, 750.
24. Kim, Y.; Moon, S.; Kang, H.; Noh, T. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2009**, *29*, 168.
25. Lapp, D. A.; Cyrus, V. F. *Mathematics Teacher* **2000**, *93*, 504.
26. Roth, W.-M.; Bowen, G. M. *Cognition and Instruction* **2003**, *21*, 429.
27. Berg, C. A.; Smith, P. *Science Education* **1994**, *78*, 527.
28. Kim, T. S. *Journal of the Korean Association for Science Education* **2006**, *26*, 49.
29. Ploetzner, R.; Lippitsch, S.; Galmbacher, M.; Heuer, D.; Scherrer, S. *Computers in Human Behavior* **2009**, *25*, 56.
30. Yang, S. J.; Jang, M. D. *Journal of Korean Elementary Science Education* **2012**, *31*, 321.
31. Ibrahim, B. B. *The Relationship Between Views of the Nature of Science and Views of the Nature of Scientific Measurement*. Master's Thesis, University of Cape Town, 2005.
32. Korea Institute of Curriculum & Evaluation. *Characteristics of Korean Middle School Students as Mathematics Learners*; Korea Institute of Curriculum & Evaluation, 2011.
33. McKenzie, D. L.; Padilla, M. J. *Journal of Research in Science Teaching* **1986**, *23*, 571.
34. Pak, S.-I.; Lee, Y.-W. *Journal of Veterinary Clinics* **2009**, *26*, 401.
35. Abdi, H. *Encyclopedia of Measurement and Statistics* **2007**, *3*, 103.
36. Lederman, N. G.; Adb-El-Khalick, F.; Bell, R. L.; Schwartz, R. S. *Journal of Research in Science Teaching* **2002**, *39*, 497.
37. Delgado, C.; Lucero, M. M. *Journal of Research in Science Teaching* **2015**, *52*, 633.

Appendix 1. An example of the test items used in inverse-proportional graph of scientific context

1. 철수는 일정한 온도에서 일정량의 기체가 들어있는 용기의 피스톤 위에 추를 올려놓는 실험을 하고 있다.



(1) 철수는 위쪽 그림과 같이 압력의 변화에 따라 피스톤 안에 들어있는 기체의 부피를 측정하였다. 철수의 실험 결과를 그래프로 나타내 보자.



(2) 그래프를 위와 같이 그린 이유를 적어보자.
