

## K-평균 군집분석을 활용한 중학생의 군집화 및 특성 분석

이재봉\*

한국교육과정평가원

### Analysis of Characteristics of Clusters of Middle School Students Using K-Means Cluster Analysis

Jaebong Lee\*

Korea Institute for Curriculum and Evaluation

#### ARTICLE INFO

##### Article history:

Received 12 December 2022

Received in revised form

21 December 2022

Accepted 26 December 2022

##### Keywords:

National Assessment of Educational Achievement (NAEA), cluster analysis, academic achievement, customized feedback

#### ABSTRACT

The purpose of this study is to explore the possibility of applying big data analysis to provide appropriate feedback to students using evaluation data in science education at a time when interest in educational data mining has recently increased in education. In this study, we use the evaluation data of 2,576 students who took 24 questions of the national assessment of educational achievement. And we use K-means cluster analysis as a method of unsupervised machine learning for clustering. As a result of clustering, students were divided into six clusters. The middle-ranking students are divided into various clusters when compared to upper or lower ranks. According to the results of the cluster analysis, the most important factor influencing clusterization is academic achievement, and each cluster shows different characteristics in terms of content domains, subject competencies, and affective characteristics. Learning motivation is important among the affective domains in the lower-ranking achievement cluster, and scientific inquiry and problem-solving competency, as well as scientific communication competency have a major influence in terms of subject competencies. In the content domain, achievement of motion and energy and matter are important factors to distinguish the characteristics of the cluster. As a result, we can provide students with customized feedback for learning based on the characteristics of each cluster. We discuss implications of these results for science education, such as the possibility of using this study results, balanced learning by content domains, enhancement of subject competency, and improvement of scientific attitude.

## 1. 서론

학교 현장에서 실시되는 평가는 다양한 목적에 따라 이루어진다. 국가 수준에서는 국가 교육과정에 근거한 평가를 통해 교육과정의 질을 점검하고 개선 방안을 마련한다. 이러한 역할을 하는 대표적인 평가가 국가수준 학업성취도 평가(이하 학업성취도 평가)이다. 그동안 학업성취도 평가에서는 학생들의 성취도 척도 점수에 근거하여 학생들의 성취 수준을 4개 수준으로 구분하고 학생들에게 결과를 통보하며, 국가 수준에서 비율의 변화를 관리하고 있다(Kim, 2017; Lee et al., 2017). 특히, '기초학력미달(1수준) 비율'은 지금까지 학교 교육의 질과 책무성을 나타내는 평가지표로 사용되어왔다(Kim & Kim, 2019).

학교 현장에서 학생 중에 특별한 지도가 필요한 학생을 선별하여, 학생에 적합한 처치를 하는 것은 매우 중요한 일이다. 현재 우리나라에서는 기초학력 평가나 학업성취도 평가를 통해 교육 현장을 모니터링하고, 새로운 교육 정책을 펼치며 학생 개개인의 맞는 적절한 보정 교육을 시행하고 있다. 교육부는 최근 기초학력 지원 계획에서 향후 이러한 학생 지원을 강화하겠다고 발표하였다(MOE, 2022). 따라서 체계적인 통계분석을 통해 특별한 도움이 필요한 학생을 선별하고, 이에 맞는 피드백을 제공하는 것은 더욱 중요해졌다.

최근 빅데이터 분석이 사회나 산업, 연구 등 여러 분야에서 폭넓게 활용되고 있다. 빅데이터는 많은 정형이나 비정형의 자료 속에서 의미 있는 내용이나 정보를 찾아내는 것이다. 이러한 활동을 보통 데이터 마이닝이라고 하는데, 데이터 마이닝은 빅데이터에서 쉽게 드러나지 않은 정보나 숨겨진 패턴 또는 규칙을 추출하는 것이다. Park & Cho(2005)는 데이터 마이닝은 방대한 양의 데이터 속에서 쉽게 드러나지 않는 유용한 정보를 찾아내는 기법으로써, 각종 데이터를 기반으로 감춰진 지식, 기대하지 못했던 경향 또는 새로운 규칙 등을 찾아내는 것이라고 정의하였다. 데이터 마이닝은 교육 정책에 필요한 객관적인 자료를 제공해 정책의 실효성을 높일 수 있다. 최근 교육 데이터 마이닝이 미래의 학생 성취나 행동을 예측하는 유용한 도구로 인식되고 있다(Ahuja et al., 2019). 교육의 빅데이터 분석인 교육 데이터 마이닝을 활용하는 것은 기존 데이터에서 새로운 정보를 얻어 교육과 학습의 질을 높이는 데 유용하게 쓰일 수 있다. 교육 데이터 마이닝은 교육 시스템의 데이터를 사용하여 학생과 학습 패턴을 보다 포괄적으로 이해하여 학업성취도를 높이는 방법 등 교육 정책에 필요한 내용을 발굴해 내는 과정이라고 할 수 있다. 학업성취도 평가를 비롯하여 교육의 실행 결과를 분석하는 데에 많은 통계적 분석 방법이 활용될 수 있다. 최근 디지털화된 교육 데이터의 증가로 인해 교육 데이터로부터 특정한 패턴이나 시사점을 도출하여 데이터 기반의 교육 정책을

\* 교신저자 : 이재봉 (jblee@kice.re.kr)

<http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2022.42.6.611>

펼치고자 하는 시도가 많이 늘어나고 있다. 교육에 대한 빅데이터의 분석 등을 비롯하여 분석 기술의 발전과 활용은 향후 디지털화된 정보가 점점 더 확대되는 교육 현장에서 다양한 의사결정에 필요한 많은 새로운 정보를 분석할 수 있다는 점에서 매우 중요하다. 예를 들어 분석을 통해 학생의 학습 수행 정보, 학습 행동, 교수학습 활동의 질과 효율성, 학생의 잠재력이나 향후 학업 성취 등을 예측할 수 있다.

그동안 과학에서 학업성취도 평가 자료를 활용한 다양한 연구들이 수행됐다. 다년간의 성취수준별 추이를 분석하는 연구나(Lee & Ku, 2020), 성취기준별 숙달 정도를 분석한 연구(Lee *et al.*, 2020)가 있었다. 학업성취도 평가에서 출제된 몇 년간의 문항에 대한 평가 결과를 종합하여 분석한 역학 개념에 관한 연구(Lee, 2015), 광학 개념에 관한 연구(Lee & Lee, 2015), 물질의 구성 단위의 주요 개념 특성에 대한 연구(Baek, Lee, & Choi, 2022), 운동과 에너지 영역에 관한 연구(Lee, 2020) 등이 있었으며, 이러한 연구는 성취수준별로 각각의 개념에 대해 어떠한 개념적 특성이 있는지를 보여주고 있다. 서답형 문항을 분석한 연구도 많이 진행되었는데, 혈액 순환 개념에 관한 연구(Kim & Lee, 2021), 시각 개념에 관한 연구(Lee, 2019), 화학반응식에 관한 연구(Baek, 2022), 호흡과 관다발의 개념 특성 연구(Lee & Shim, 2021) 등이 수행된 바 있다. 또한, 인지진단모형을 이용하여 과학의 세부 영역별 특성을 분석한 연구(Kim & Jung, 2020)와 이를 이용한 잠재프로파일 분석을 통해 잠재집단별 특징을 분석한 연구(Kim & Jung, 2021)가 있었다.

이러한 연구들에 덧붙여 학업성취도 평가를 활용하여 학생들에게 적절한 피드백을 제공할 방안을 마련할 필요가 있다. 학습의 질을 향상하기 위한 한 가지 방법으로 학생의 학업성취도를 예측하기 위해 평가 결과를 바탕으로 학생들을 주요 유형별로 군집화하고, 이 군집의 특성을 밝혀 군집에 맞는 처방을 제시할 필요가 있다. 최근 이러한 분석에서 빅데이터 분석 기법의 하나인 기계학습을 활용하는 시도가 이루어지고 있다. 기계학습은 보통 분석 방법에 따라 지도 학습(supervised learning), 비지도 학습(unsupervised learning), 강화 학습(reinforcement learning)으로 구분할 수 있다. 지도 학습은 미리 정해진 답 또는 레이블이 있는 데이터를 활용하여 모형화하는 방법이다. 비지도 학습은 답이 없는 데이터, 즉 사전지식이 없는 개체를 비슷한 특징끼리 몇 개의 부분 집단으로 군집화(clustering)하는 것으로, 레이블이 없는 데이터로부터 패턴이나 형태를 찾는 방법이다. 기계학습 중 비지도 학습을 활용하는 대표적인 작업이 군집화이다. 군집분석은 관찰한 자료를 공통된 특성을 가진 몇 개의 대상 군집으로 분류하는 것으로, 군집 간에는 유사성을 공유하여 같은 집단에 속한 관측값 또는 개체들은 서로 유사하며, 다른 군집에 속한 개체들은 차별성을 지니게 된다. 비계층적 군집 방법의 대표적인 방법이 McQueen(1967)과 Hartigan & Wong(1979) 등이 제안한 K-평균 군집분석(K-Means clustering analysis)이다.

K-평균 군집분석은 빅데이터를 군집분석하는 방법으로 고객 분류, 행동 과학, 심리 분석 등에 유용하게 활용된다. K-평균 군집분석을 교육 연구에 활용한 연구 사례도 많이 늘어나고 있다(Asif *et al.*, 2017). Ko(2018)는 한국 아동·청소년 패널조사 자료를 활용해서 빅데이터 군집분석을 이용하여 학업성취도를 종단적으로 예측하는 방법을 제안하였는데, 학습 습관 유형을 기반으로 학생을 K-평균 군집분석을 이용하여 학습 습관이 비슷한 군집으로 분류하고, 군집의 특

징을 추출하였다. Choi & Chung(2021)은 한국교육고용패널Ⅱ 자료에 K-평균 군집분석 및 랜덤 포레스트 기법을 적용하여 대학생의 취업선호도에 영향을 미치는 요인은 무엇인지 탐색하였다. Park & Cho(2005)는 경남사회지표조사 자료에서 도민의 환경의식을 파악하기 위해 K-평균 군집분석을 실시하고 군집별 속성을 분석하기 위해 카이제곱 검정과 scheffe를 실시하였다. Koo & Jung(2021)은 학생들의 학년 초 국어, 수학 진단평가 점수 데이터를 K-평균 알고리즘을 활용하여 클러스터로 시각화하였다. Park & Heo(2021)는 랜덤 포레스트 알고리즘을 적용하여 학습 부진 예측모형을 구축하여 제시한 바 있다.

본 연구에서는 기계학습의 한 유형인 K-평균 군집분석 알고리즘을 이용하여 학업성취도 평가 자료를 분석하여 교육적 시사점을 도출하고자 한다. 이것은 학업성취도 평가 자료의 활용성을 높이고, 학교 현장에 더욱 의미 있는 피드백을 제공해 줄 수 있을 것이다. 교사에 의한 피드백은 학생의 인지적 성취와 정서적 성취에 크게 영향을 미치고(Hyun & Lee, 2015), 2015 개정 교육과정에서 강조되는 있는 과정 중심 평가의 핵심이 바로 평가에 기반한 적절한 피드백 제공이라 할 수 있으므로 이러한 분석은 중요한 의미를 지닌다.

연구에서 설정한 구체적인 연구 문제는 다음과 같다.

- 첫째, 학업성취도 과학 평가 자료로 근거할 때, 중학교 학생들의 과학 과목의 성취 특성은 몇 가지 유형으로 분류될 수 있을까?
- 둘째, 학생을 몇 가지 유형으로 분류한다고 할 때, 유형별로는 어떠한 특징이 있으며, 이들에게는 어떠한 교수학습에 도움을 줄 수 있을까?

## II. 연구 자료 및 방법

### 1. 연구 자료

본 연구에서는 기계학습의 한 가지 방법인 K-평균 군집분석을 이용해 중학교 학생들의 과학 학습 평가에 대한 새로운 분석을 시도하였다. 연구를 위해서 학업성취도 평가의 평가 자료를 활용하였다. 학업성취도 평가에서는 연도 간 동등화 등을 위해서 4가지 검사지 유형을 사용하고 있다. 이중 ‘나’~‘라’ 유형은 동등화를 위한 비공개 문항이 포함되어 있어서 공개하지 않고 있으므로(Dong *et al.*, 2018), 본 분석에서는 ‘가’형 문항을 활용하였다. ‘가’형 검사지는 총 24문항으로 선다형 18문항, 서답형 6문항으로 구성되어 있다. ‘가’형 검사지에 응시한 학생은 총 2,703명이고, 일부 문항에 무응답한 학생을 제외하고, 분석에 활용된 학생은 총 2,576명이다.

학업성취도 평가는 2015 개정 교육과정에 따라 교육과정에서 제시하고 있는 교과 역량을 평가하기 위해 평가틀을 개선하고(Dong *et al.*, 2018), 이에 따라 평가를 시행하고 있다. 학업성취도 평가의 평가틀은 내용 영역, 교과 역량, 맥락으로 구성되어 있으며, 내용 영역은 운동과 에너지, 물질, 생명, 지구와 우주로 이루어져 있고, 역량은 과학적 원리의 이해 및 적용, 과학적 탐구 및 문제 해결력, 과학적 의사소통 능력으로 구성되어 있다. Table 1은 ‘가’형 문항의 평가 영역별 문항을 나타낸다. ‘가’형 문항은 모든 검사지 유형에 포함된 G문항군과 ‘가’형에만 있는 A문항군으로 구성되어 있다.

학업성취도 평가에서는 인지적 영역에 대한 성취뿐만 아니라 교과

Table 1. Subject to study: item number by area and competency

영역	역량	과학적 원리의 이해 및 적용		과학적 탐구 및 문제 해결력				과학적 의사소통 능력			계
		이해	적용	문제인식	탐구설계	자료분석	수학적사고	모형사용	결론도출	표상	
운동과 에너지	G1, A3	G17	-	A4, G서3	-	-	-	-	-	G2	6
물질	A7,	G서1	-	A8	G5	-	G6	-	-	G서4	6
생명	G10,	A11	-	-	-	G서5	G9	-	A12	G18	6
지구와 우주	-	A16	-	A15	-	-	-	G14, G서2	G13	G서6	6
소계	4	4	-	4	1	1	2	2	2	4	24
계		8				10				6	24

에 따른 정의적 영역을 함께 조사한다. 과학의 경우 총 16문항으로 구성된 과학 관련 정의적 영역을 조사하는데, 과학 가치, 과학 자신감, 과학 흥미, 과학 학습의욕으로 세분화되어 있다(Seo *et al.*, 2018). 따라서 학업성취도 평가를 통해 인지적인 성취뿐만 아니라 다양한 정의적 영역에 대한 학생들의 성취를 측정할 수 있다. 본 연구에서는 군집별 특성을 살펴보기 위해 학생들의 학업성취도뿐만 아니라 이 자료도 함께 활용하였다.

## 2. 연구 방법

본 연구에서는 중학교 학생들의 과학에 대한 학습의 특성을 군집화하고, 각 군집별로 어떠한 특징을 지니는지 분석하고자 하였다. 유사한 학업 특성을 가진 학생들을 군집화하기 위해, 본 연구에서는 군집화에서 많이 사용되는 방법 중 K-평균 군집분석을 활용하였다. 군집 분석은 보통 계층적(hierarchical) 분석과 비계층적 분석(non-hierarchical)으로 구분되는데, 비계층적 분석에서 대표적인 것이 K-평균 군집분석이다. 계층적 분석은 분석 과정에서 군집의 개수를 정하게 되지만, K-평균 군집분석에서는 군집의 개수를 분석 전에 미리 정한다. 대표적인 비지도 학습 방법의 하나인 K-평균 군집분석은 학생을 k개의 군집(클러스터) 수로 분류해 주는데, k개의 중심과 개별 데이터 간의 거리를 계산하여 중심에서 가장 가까운 군집으로 묶는 군집화 알고리즘이다(MacQueen, 1967).

K-평균 군집분석은 앞서 기술한 것과 같이 비계층적 군집분석 기법의 하나로, 계산 속도가 빠르고 대용량 자료를 군집화하는 데 효과적인 것으로 알려져 있으며 많은 분야에 활용되는 장점이 있지만, 데이터에 대한 사전적인 지식 즉 몇 개의 군집으로 하는 것이 타당할지를 결정해야 하고, 자료가 이상치가 있는 경우 이에 민감하다는 단점이 있다.

군집분석에서는 보통 변수에 대해 대상들의 거리를 측정하여 유사성을 측정한다. 데이터 사이의 거리를 기반으로 유사성을 판단한다. 이 거리는 유클리드 거리(euclidean distance), 맨해튼 거리(manhattan distance), 민코스키 거리(minkowskii distance) 등이 사용되는데, 보통 유클리드 거리가 사용된다. 유클리드 거리는 두 점  $(x_a, y_a)$ 와  $(x_b, y_b)$  사이의 거리를  $\sqrt{(x_a - x_b)^2 + (y_a - y_b)^2}$  로 정의한다. 이를 일반적으로 표현하면,  $d_{euc}(x, y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2}$  이다.

K-평균 군집분석은 군집을 정의하고, 군집 내에서 변동(거리)을 최소화하도록 군집을 정하는 알고리즘이다. K-평균 군집분석은 원하

는 군집 수만큼(k개) 초기 중심을 지정하여 각각의 자료를 가까운 초기 중심에 할당하여 군집을 형성한 후에 각 군집의 평균을 재계산하여 중심의 위치를 갱신한다. K-평균 군집분석의 절차(알고리즘)는 다음과 같다.

- 단계 1. 자료에서 연구자가 지정한 k개의 군집의 중심(centroid)  $\mu_k(k=1, \dots, k)$ 를 임의로 선택한다.
- 단계 2. 군집내 각 자료  $x_i(i=1, \dots, N)$ 와 중심( $\mu_k$ ) 사이의 유클리드 거리를 기반으로 각 자료를 가장 가까운 군집의 중심에 할당한다. 군집 내 변동은 항목과 해당 중심 사이의 거리 제곱의 합  $W(C_k) = \sum_{x_i \in C_k} (x_i - \mu_k)^2$ 로 계산한다.
- 단계 3. 각 군집내에 할당한 자료들의 평균값  $\mu_k$ 을 재계산하여 군집의 중심을 새롭게 갱신한다.
- 단계 4. 군집 중심의 변화가 거의 없을 때나 지정한 최대 반복 횟수까지 단계2와 단계3을 반복하여, 새로 변경된 중심에 대해 할당하는 과정을 반복하여 k개의 최종 군집을 확정한다. 이것은 총 군집내 변동을 최소가 되도록 하는 과정이다.

K-평균 군집분석에서는 분석에 앞서 분석 자료를 표준화 또는 정규화함으로써 변수가 서로 다른 단위나 범위를 가질 때 어느 하나의 변수에 의한 지나친 영향을 제외하기도 한다. 본 연구에서는 K-평균 군집분석을 위해서 R 프로그램을 활용하였다. R는 최근 빅데이터 처리, 통계분석 등에서 폭넓게 활용되는 프로그램이다. R은 GNU 규약 하에서 공개되는 무료 프로그램으로 다양한 분석을 위한 패키지들이 무료로 개발되어 배포되고 있다(R Core Team, 2022). R 프로그램을 활용하면 쉽게 K-평균 군집분석을 할 수 있다(Kim, 2009). 특히 학업성취도 평가 자료와 같이 자료의 양이 많은 경우에 유용한 방법이다. K-평균 군집화 알고리즘에도 여러 가지가 있는데, R에서 활용하는 kmeans 함수에서는 기본값으로 Hartigan & Wong(1979)이 제안한 방법을 활용하게 된다. 본 연구에서 사용한 R 패키지는 factoextra, stat, cluster 등이다.

## III. 연구 결과

### 1. 학생의 답지 반응에 기인한 군집 수의 결정 및 군집화

중학교 과학 문항에 대한 중학생들의 반응에 근거하여 군집화를

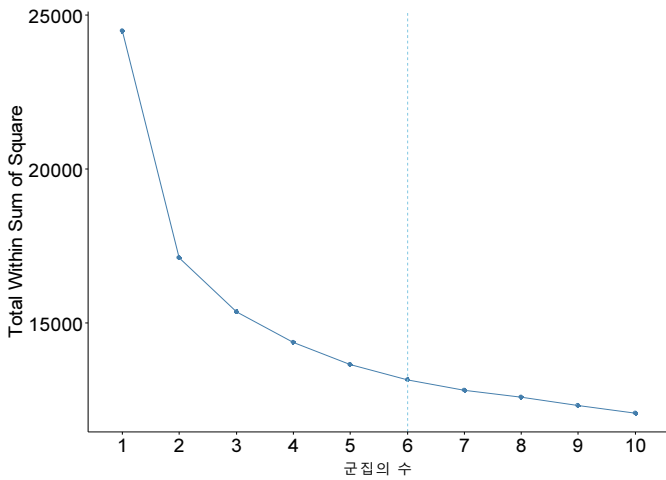


Figure 1. Total within-cluster sum of squares for each cluster(k)

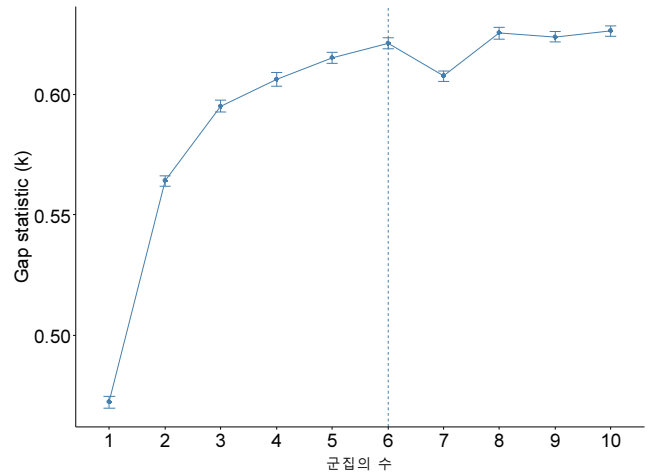


Figure 2. Gap statistic for each cluster(k)

Table 2. Cluster analysis results: Frequency and percentage by cluster types

구분	군집1	군집2	군집3	군집4	군집5	군집6	전체
빈도(명)	674	417	375	301	422	387	2,576
비율(%)	26.2	16.2	14.6	11.7	16.4	15.0	100

실행할 때, 적절한 군집의 수를 설정할 필요가 있다. K-평균 군집분석에서는 앞서 기술한 것과 같이 분석에 앞서 적절한 군집의 수를 타당하게 정하는 것이 무엇보다도 중요하다. K-평균 군집분석에서는 다양한 방법에 근거하여 군집의 수를 결정하는데, 본 연구에서는 가장 흔하게 사용되는 팔꿈치 방법(The Elbow Method)과 Gap 통계량에 근거하여 적절한 군집 수가 얼마인지 살펴보았다.

팔꿈치 방법에서는 군집 수 k에 따라서 ‘군집 내 군집과 개체 간 거리 제곱합의 총합(WSS, Total within-cluster sum of squares)’을 계산하여 그래프를 그린 후 굴곡을 이용해 적절한 군집 수를 계산할 수 있다. 군집 수가 늘어감에 따라 총합이 급격하게 감소하다가 어느 지점에서는 완만하게 감소하여 그래프에서 팔꿈치 모양으로 꺾이는 지점이 생기는데, 이를 이용하여 최적 군집 수 k를 구할 수 있다. Figure 1에서 보면 k가 3 또는 6에서 WSS의 변화가 굴곡이 생기는 것을 볼 수 있다. 군집 수가 너무 작으면 학생을 군집별로 분리하여 각 군집별 특징을 밝히고 적절한 피드백을 제공하는 것에 대한 의미가 작아지므로, 적절한 특징을 가진 군집의 수가 여러 개 이상이 되는 것이 바람직하므로 연구의 목적상 6개가 더 적절하다고 할 수 있다.

군집 수의 결정에서 Gap 통계량을 이용하는 방법도 있는데, Gap 통계량은  $Gap(k) = E_n \log(W_k) - \log(W_k)$ 로 주어진다. 여기서  $W_k$ 는 군집의 개수가 k일 때 군집내의 제곱합을 의미한다(Lee & Lim, 2018). R 패키지의 clusGap 함수를 이용하면, 쉽게 이를 이용한 최적의 군집 수를 정할 수 있는데, Figure 2와 같다. 그림에서 보면, 최적의 군집 수는 6개로 나타났다.

이상 2개의 기준이 모두 6개를 최적의 군집 개수로 판단할 수 있으므로 이를 이용해 k-means 군집분석을 시행한다.

군집분석을 실시한 결과와 각 군집별 비율은 Table 1, Figure 2과 같다. 군집 유형의 순서는 각 군집별로 전체 평균 점수가 높은 순으로 배열하였다. 군집 1이 26.2%, 군집 2가 16.2%, 군집 3이 14.6%, 군집 4가 11.7%, 군집 5가 16.4%, 군집 6이 15.0%이다. 군집 1이 높은

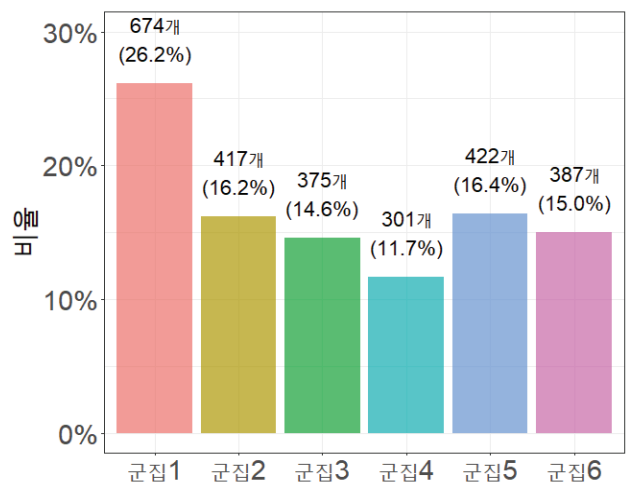


Figure 3. Percentage by clusters

편이지만, 6개의 군집이 비교적 고르게 나누어진 것을 볼 수 있다.

각 군집이 각각 어떻게 군집화하였는지를 살펴보기 위해 주성분을 이용해서 각 군집별 특징을 그려보면 Figure 4와 같다. Figure 4에서 보면 전체 변량 중에서 주성분 1이 41.2%, 주성분 2가 7.5%, 주성분 3이 6.8%를 설명하는 가운데, 6개의 군집이 구분되어 분포하는 것을 볼 수 있다.

## 2. 군집별 특성 분석

군집별로 어떠한 특징을 나타내는지를 살펴보기 위해 먼저 군집별로 과학 척도 점수 분포를 그려보면 Figure 5와 같다. Figure 5에서 점선은 학업성취도 평가에서 성취수준을 구분하는 기준을 표시한 것이다. 학업성취도 평가에서는 척도 점수가 따라 1수준~4수준으로 구분하고 있다. Figure 5에서 보면 군집 1에서 군집 6으로 갈수록

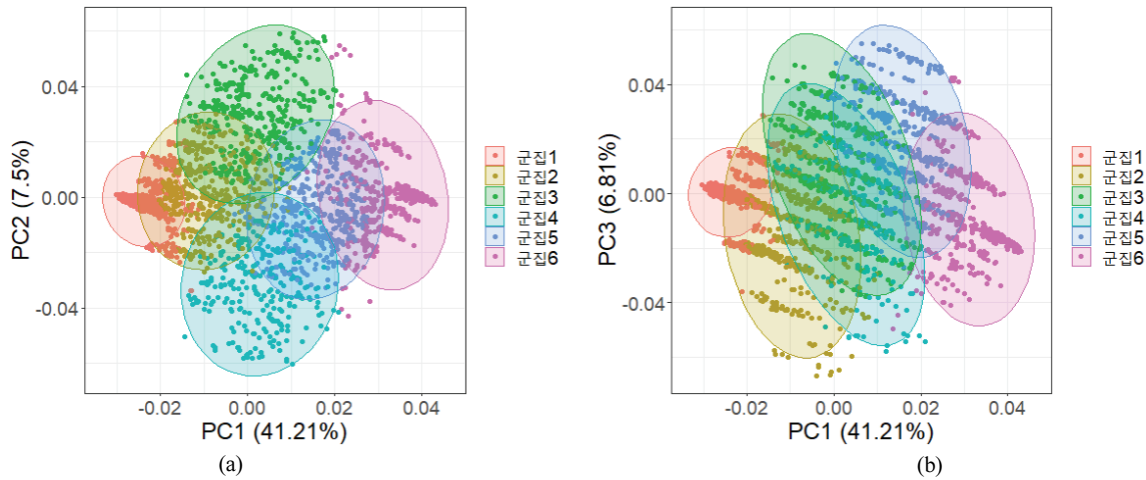


Figure 4. K-Means clustering on principal component analysis(PCA) score

척도 점수 평균이 높아지는 것을 볼 수 있는데, 이것은 앞서 기술한 것과 같이 군집을 그렇게 배치했기 때문이다. 여기서는 각 군집별 척도 점수 분포에 집중할 필요가 있다.

군집분석 결과를 보면 같은 척도 점수를 가진 학생들도 서로 다른 군집을 나타내고 있으며, 특히 상위권에 비해 중위권 학생들이 다양하게 다른 군집으로 구분됨을 알 수 있다. 군집 1은 과학 척도 점수가 가장 낮은 군집이다. 그림에서 보면 군집 1은 성취수준 1수준과 2수준에 해당하는 학생이 분포하는 것을 볼 수 있다. Figure 5에서 보면 성취수준 2수준과 3수준이 매우 세부적으로 구분된 것을 볼 수 있는데, 군집분석을 했을 때 기존 학업성취도에서 구분되는 4수준보다 세부적으로 분류되어 보다 많은 시사점, 즉 학생들에게 많은 피드백을 줄 수 있으며, 이를 활용하여 학생 맞춤형 교수학습자료를 개발하고 보급하는 데에도 활용할 수 있을 것이다.

각 군집별 특징을 보다 자세히 알아보기 위해 군집별로 내용 영역별 점수, 교과 역량별 점수, 정의적 특성을 살펴보았다. Table 2는 각 군집별로 어떻게 차이가 나는지를 보여준다. 여기서는 군집별 특징을 비교하기 위해 각각의 점수를 정규화 방법으로 z 점수(z score)를 이용하였다. 따라서 각 점수는 군집 간의 차이 및 평균(0)에서 얼마나 떨어져 있는지는 보여준다. 이를 보다 시각적으로 나타내기 위해서 이를 그래프로 나타내면, Figure 6과 같다. 그림을 전체적으로 살펴보

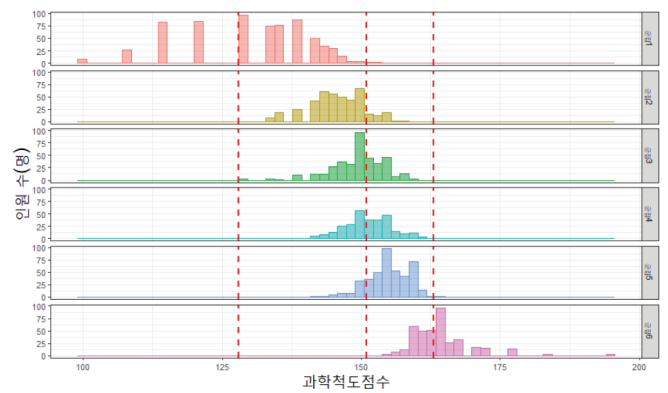


Figure 5. Distribution of science scale scores by clusters

면, 각 군집이 내용 영역별, 교과 역량별, 정의적 특성별로 다른 특징을 보여줘서 각 군집별로 고유한 특징을 나타내는 것을 볼 수 있다. Figure 6의 군집분석 결과를 보면, 시각적으로 군집별 학습 강점과 약점을 쉽게 파악할 수 있음을 알 수 있다. 즉, 이러한 군집분석을 통해 학생들의 문항에 대한 응답에 기반해 중학생을 몇 가지 군집으로 구분할 수 있으며 적절한 피드백을 제공할 수 있음을 알 수 있다. 특히 전체 척도 점수와 정의적 영역은 높은 상관관계를 보여주고 있다. 선행연구들에서도 보면, 과학 성취에서 과학 태도가 유의하게 영

Table 3. Distribution of score differences by clusters

구분	군집1	군집2	군집3	군집4	군집5	군집6	
내용 영역별	운동과 에너지	-1.02	-0.54	0.52	-0.24	0.77	1.27
	물질	-0.86	-0.57	-0.46	0.53	0.71	1.43
	생명	-1.00	-0.02	0.00	0.11	0.35	1.38
	지구와 우주	-1.02	-0.03	0.07	0.18	0.24	1.45
	전체	-1.13	-0.35	0.02	0.18	0.62	1.61
교과 역량별	과학적 원리의 이해 및 적용	-0.87	-0.16	-0.03	0.18	0.32	1.30
	과학적 탐구 및 문제 해결력	-1.07	-0.40	0.28	-0.14	0.62	1.54
	과학적 의사소통 능력	-1.08	-0.33	-0.29	0.55	0.65	1.47
정의적 특성별	과학 가치	-0.43	-0.22	-0.06	0.13	0.28	0.65
	과학 자신감	-0.45	-0.30	-0.06	0.08	0.31	0.77
	과학 학습의욕	-0.60	-0.20	-0.02	0.17	0.42	0.70
	과학 흥미	-0.43	-0.27	-0.02	0.12	0.29	0.68



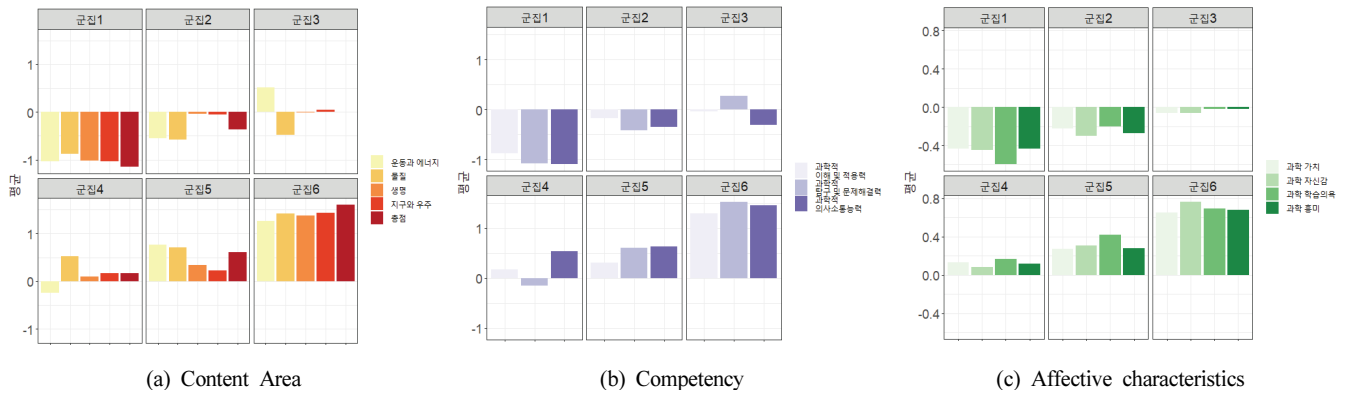


Figure 6. Distribution of score differences by cluster

향을 미치는 것으로 나타났다(Joo, Chung, & Lee, 2011; Kim *et al.*, 2018; Lim & Lee, 2016).

군집 1은 과학의 학업성취도가 매우 낮은 군집으로 기초학력 향상을 위해 초점을 맞추어야 할 군집이다. 학업성취도 평가에서의 성취 수준에 따르면 1수준과 2수준에 해당하는 학생 중 일부에 해당한다. 이 군집은 정의적 영역에서도 매우 낮은 성취를 보이는 특징을 가지고 있다. 과학 가치, 과학 자신감, 과학 학습의욕, 과학 흥미가 전체 군집 중에서도 모두 가장 낮은 특징을 보여준다. 과학의 학습의욕이 특히 낮은 것을 볼 수 있다. 이것은 학업성취도가 낮아서 학습의욕도 낮아져 있는 상태인 것으로 보인다. 내용 영역별로는 4가지 영역이 모두 낮은 성취를 보이고 있으며, 특히 교과 역량별로 보면 과학적 원리의 이해 및 적용 능력보다는 과학적 탐구 및 문제 해결력, 과학적 의사소통 능력이 낮은 특징을 보여주고 있다. 이러한 특징을 보이는 학생들은 과학적 지식의 함양도 중요하지만, 과학에 대한 탐구 능력이나 과학적 의사소통 능력을 키우며, 과학에 대한 학습의욕을 높여 주는 것이 필요하다. 이것은 기초학력이 미달한 학생들에게 기본적인 지식의 함양도 중요하지만, 교과 역량과 정의적 영역, 특히 학습의욕도 높일 수 있는 대책이 함께 제시되어야 함을 의미한다.

군집 2는 학업성취도 척도 점수가 평균보다 약간 낮은 군집인데, 이 군집은 운동과 에너지, 물질 영역이 취약한 학생임을 알 수 있다. 즉 학업성취도 척도 점수가 평균보다 약간 낮은 군집의 학생들은 과학에서 운동과 에너지와 물질 영역에서 성취가 낮은 특징을 가지고 있다. 과학에서 운동과 에너지와 물질 영역이 특별히 학생들의 과학에 대한 성취에 크게 영향을 주고 있음을 알 수 있다. 3가지 교과 역량별로 보면 군집 1과 같이 과학적 탐구 및 문제 해결력, 과학적 의사소통 능력이 낮은 특징을 보여준다. 즉 평균보다 약간 낮은 군집의 학생들에게는 기본적인 교과 역량을 함양하도록 할 필요성이 있음을 알 수 있다. 과학에 정의적 영역도 비슷하게 낮지만, 과학에 대한 자신감과 흥미가 낮은 특징을 가지고 있다.

군집 1과 군집 2는 학업성취도가 낮은 군집의 학생이 속한 군집이다. 최근의 연구 결과인 TIMSS 2019의 결과를 분석한 연구에 의하면 (Sang *et al.*, 2020), 중학교 2학년 과학 영역에서 높은 성취도를 보인 상위 5개국을 비교하였을 때 우리나라의 기초수준 미달 학생 비율이 4% 수준으로 다른 나라가 1~3%인 것과 비교하여 높은 것으로 나타났다. 그리고 PISA에서도 하위 성취수준에 해당하는 2수준 미만의 학생 비율이 PISA 2012에서는 6.6%였으나, PISA 2015에서는 14.4%로 상승한 이후에 PISA 2018에서도 비슷한 수치를 보이고 있으며,

주요 상위국들과 비교하였을 때보다 높은 비율을 나타내고 있다(Cho *et al.*, 2019). 따라서 군집 1과 군집 2를 앞서 분석한 특성에 근거하여 학생들에게 적절한 피드백을 제공할 필요가 있다. 특히, 이러한 군집의 학생들은 전반적으로 학업 성취가 낮은 특성이 있으므로 교사가 수업시간에 제시한 내용이나 교과서에 기술된 내용이 학생의 수준에서는 어려운 내용일 수 있어, 자신감과 학습의욕이 낮아 흥미 또한 낮아질 수 있으므로 학생의 수업 참여와 이해를 높일 방안을 강구할 필요가 있다.

군집 3은 과학 학업성취도가 전체에서 중간에 해당하는 군집이다. 이 군집의 학생들은 운동과 에너지 영역에서는 성취가 높지만, 상대적으로 물질 영역에서는 낮은 특징을 나타내고 있으며, 정의적 영역에서도 평균 정도의 성취를 보인다. 교과 역량에서는 과학적 탐구 능력은 높지만, 과학적 의사소통 능력이 상대적으로 낮은 특징을 나타낸다.

군집 4도 학업성취도가 중간 정도이지만, 물질 영역에 대한 성취가 상대적으로 높은 특성을 나타내고 있다. 과학적 의사소통 능력이 높은 군집이다. Figure 5에서 보면 군집 3과 군집 4가 전체적인 학업성취도 척도 점수 분포는 매우 유사하지만, 내용 영역이나 교과 역량별로는 매우 다른 특성을 나타내고 있다. 이것은 이러한 군집분석이 기존의 척도 점수에 근거한 성취수준 구분에 더해 더 많은 피드백을 제공해 줄 수 있음을 시사한다.

군집 5는 과학적 성취가 평균 이상이나 내용 영역별에서는 운동과 에너지, 물질 영역에서 높은 성취를 보이고 있으며, 군집 2와는 대조적인 특징을 가지고 있다. 이러한 학생들은 학습의욕은 높지만, 교과 역량 면에서 과학적 이해 및 적용 능력이 상대적으로 낮은 특성을 보인다.

군집 6은 과학 성취가 가장 뛰어난 군집이다. 이 군집은 4가지 영역에서 모두 고르게 높은 성취를 보이고 있으며, 교과 역량별로도 높은 성취를 보이지만, 특히 과학적 탐구 및 문제해결 능력도 높은 특징을 나타내고 있다. 정의적 영역에서도 높은 성취를 보이고 특히 과학에 대한 자신감이 높은 특징을 나타내고 있다. 과학에 대한 자신감 또는 자아효능감은 학생의 수준에 맞는 적절한 학습 과제를 제공했을 때 학업 성취에 긍정적으로 영향을 미치게 된다(Joo, Chung, & Lee, 2011). 그러나 최근 과학에서 상위집단에 속한 학생의 비율이 꾸준히 감소하고 있으므로 이에 대한 대책이 요구된다. 예를 들어 PISA에서 상위 성취수준에 해당하는 5수준 이상 학생들의 비율은 PISA 2012에서 11.7%, PISA 2015에서 10.6%이지만, 주요 과학에 대한 성취가

높은 나라인 싱가포르나 일본과 비교해서 낮은 편이다(Cho *et al.*, 2019). 8학년 과학 학업성취도의 경우에 우수수준 이상 학생들의 성취도에 영향을 주는 변인은 도서 보유량, 수업에 대한 학생 인식, 재학생의 경제적 배경으로 확인된 바 있다(Kwak, 2018). 따라서 조절하기 어려운 학생의 사회경제적 지위를 제외하고, 수업에 대한 긍정적인 인식이 가능하도록 이들에게도 적절한 피드백을 제공하고, 학생 중심의 수업을 강화하여 계속해서 이 군집에 속한 학생의 비중을 높일 필요가 있다.

이상에서 학업성취도 평가 과학 24문항의 대한 학생들의 답지 반응 특성에 근거할 때, 6가지 서로 다른 특성을 나타내는 군집을 확인할 수 있었다. 기본적으로 학업성취도가 중요하게 군집을 구분하는 중요한 변인이지만, 군집별로 보면 내용 영역별, 교과 역량별, 정의적 특성에서 성취가 군집별로 다른 특성을 나타내고 있다. 중하위 군집에서는 전체적으로 학업성취도도 낮지만, 과학에 대한 교과 역량이나 과학적 정의적 특성 면에서 낮은 특징을 나타내고 있었다. 특히 정의적 특성 면에서 학습의욕이 중요하게 영향을 미치고 있었다. 선행연구에서도 중학생의 과학에 대한 태도, 학습 동기 및 자기조절학습 전략이 과학 학업성취도에 직접적인 영향을 미치며, 과학에 대한 태도와 학습 동기는 자기조절학습 전략에 직접적인 영향을 미치는 것으로 나타났다(Lee & Chung, 2014). 중상위 군집에서 과학적 의사소통 능력과 과학적 탐구 및 문제해결 능력, 과학에 대한 학습의욕이 중요하게 군집을 결정하는 요인임을 알 수 있었다. 내용 영역별로는 운동과 에너지, 물질 영역이 군집을 구별하는 요인으로 작용하고 있었다. 따라서 이러한 군집별 특성에 맞추어 적절하게 교사가 피드백을 제공해야 한다. 교사의 피드백은 학생의 학습 동기를 향상하는 데 효과적이며(Lee & Sohn, 2017), 이러한 피드백을 통해 과학 수업에 적극적으로 참여할 때 자아효능감이 높아지므로(Kim *et al.*, 2018), 더욱 중요한 의미를 지닌다고 할 수 있다.

#### IV. 결론 및 제언

최근 교육에서 빅데이터 분석 방법을 활용하려는 다양한 시도가 이루어지고 있으며, 일부는 주목할 만한 변화를 끌어내고 있기도 하다. 교육에서 평가를 통해 학생들의 특성에 맞는 피드백을 제공하고 자 하는 요구가 많아지고 있는 시점에서 이러한 시도는 더욱 의미가 높다고 할 수 있다. 학업성취도 자료를 활용하여 본 연구에서는 교육 데이터 마이닝의 한 예로 비지도 기계학습의 한 가지 방법인 K-평균 군집분석을 이용하여 학생들을 군집화하여 보았다.

학업성취도 평가 자료를 통해 군집화를 시행한 결과, 학생들은 6개의 군집으로 나누어 볼 수 있었다. 군집의 결과를 보면, 군집화에서 가장 중요하게 영향을 주는 요인은 학업 성취였으며, 군집별로 교육과정의 내용 영역별, 교과 역량별, 정의적 특성 면에서 서로 다른 특성을 보이고 있었다. 하위 군집에서는 무엇보다도 정의적 영역 중에서 학습의욕이 중요하게 영향을 주고, 교과 역량 면에서는 과학적 탐구 및 문제해결력과 과학적 의사소통 능력이 중요하게 영향을 주고 있었다. 내용 영역에 따라서 운동과 에너지와 물질 영역에 대한 성취가 군집의 특성을 구분하는 중요한 요인으로 작용하고 있었다.

이러한 군집 결과를 통해 본 연구에서 도출할 수 있는 과학 교육적 시사점은 다음과 같다.

첫째, 빅데이터 분석을 활용하면 학생들을 유형화하여 맞춤형 피드백이 가능하다. 평가의 관점이 학생에 대한 평가에서 벗어나 학습을 위한 평가로 전환되면서 평가 결과를 활용해 학생들에게 어떻게 피드백을 할 수 있을지에 관한 관심이 높아지고 있다. 특히, 학업성취도 평가가 국가나 학교 단위 수준에서의 책무성을 점검하는 역할뿐만 아니라 개인적인 수준에서 활용도를 높여야 한다는 요구가 많아지고 있는 시점에서 평가 결과를 다양하게 활용하고자 하는 연구가 필요하다. 선행연구에 의하면, 교사의 관심 및 지원, 학업적 자아효능감은 과학 학업 성취에 직접 영향을 주는 것으로 나타났다(Lee & Chung, 2019). 따라서 교사는 다양한 방식으로 학생들에게 적절한 피드백을 제공해야 한다. 본 연구에서 보면 학생들의 평가 결과를 근거로 할 때, 전체 학업성취도뿐만 아니라 학생을 군집화할 때 군집별로 고유한 특성을 가지므로 맞춤형 피드백의 가능성을 보였다. 이러한 군집 분석은 컴퓨터 기반의 평가에서는 활용성이 더욱 높아질 수 있는데, 평가 결과를 활용해 자동으로 피드백을 하는 것도 가능하기 때문이다. 최근 국제 학업성취도 평가뿐만 아니라 국가수준 학업성취도 평가가 지필평가에서 컴퓨터 기반 평가로 전환되었다. 국제 학업성취도 평가는 평가에 참여하는 학생들에게 개별적인 피드백을 제공하지 않지만, 국가수준 학업성취도 평가는 평가 결과를 활용하여 평가결과표를 제공하고 있다. 특히 컴퓨터 기반 평가로 전환되면서 학생이나 학교가 자율적으로 참여하는 맞춤형 학업성취도 평가로 전환을 목표로 하고 있다. 따라서 다양한 분석 방법을 활용하여 학생들이 학업에 대한 성취수준 진단과 더불어 개인의 학습에 도움이 될 수 있는 자료를 만들어 낼 필요가 있다. 컴퓨터 기반 평가에서는 학생들의 다양한 평가 수행 정보가 함께 수합될 수 있으므로, 새로운 자료 수집과 분석 방법을 적극적으로 발굴해야 할 것이다.

둘째, 중학교의 학습 내용 영역 면에서 균형이 있는 학습이 이루어질 수 있도록 할 필요가 있다. 군집화 과정에서 보면, 과학의 주요 내용 영역에서 운동과 에너지, 물질 영역에 중요하게 영향을 주고 있었다. 특히 하위권 학생들에게 중요하게 영향을 주고 있었다. Ku *et al.*(2019)에 의하면 중학교 과학의 주요 영역에 대해서 교사가 생각하기에 학생이 가장 어려워하는 영역이 어느 영역인지를 살펴보면, 운동과 에너지 영역이 70% 이상이며, 다음으로 물질 영역에 10% 이상이었다. 교사가 인식하기에도 가장 어렵게 인식하는 영역이 운동과 에너지이고, 학생들의 성취 특성에서도 이 영역에서 얼마나 강점을 보이는지가 군집의 특성을 규정하는 중요한 특징이므로 균형 있는 학습을 위한 대책이 필요하다.

셋째, 학생들의 교과 역량을 증진할 방안을 지속해서 마련할 필요가 있다. 특히 군집분석 결과를 보면, 중위권 학생에 있어서 과학적 의사소통 능력이 군집별로 다른 특성을 보이고 있었다. 2015 개정 교육과정에서는 교과 역량을 정의하고, 이를 학습의 중요 목표로 제시하고 있다. 특히 교육과정이나 학업성취도 평가들에서 명시적으로 새롭게 포함된 역량이 과학적 의사소통 능력이다. 과학적 의사소통 능력은 학생 자신의 생각이나 주장을 다양한 형태로 표현하고, 증거와 과학적 추론에 근거하여 주장을 펼치거나 반론을 하는 능력으로서 과학에서 매우 기본적인 역량이라고 할 수 있다. 과학적 의사소통 능력에 대한 향상이 학업 성취에 중요하게 영향을 미치므로 학생들에게 자신의 주장을 과학적으로 표현하는 것이 중요함을 알 수 있다. 따라서 이러한 능력을 키워줄 수 있는 활동을 장려하고, 교수·학습

자료를 개발하여 보급할 필요가 있다.

넷째, 과학에서 과학적 태도가 학생들의 성취에 중요한 요소임을 재확인할 수 있었다. 그동안 많은 연구에서 과학에 대한 흥미가 성취도에 가장 큰 영향을 주는 요인임을 밝혔으며(Joo, Chung, & Lee, 2011; Lim & Lee, 2016), TIMSS의 연구에서 주요 국가별로 학업 성취와 정의적 태도의 상관관계를 살펴본 결과 우리나라가 다른 나라에 비해 상관관계가 높은 것으로 나타났다(Seo *et al.*, 2021). 따라서 학업 성취를 높이기 위해서는 이를 개선하려는 노력이 지속적으로 요구된다. 본 연구에서 보면, 과학에 대한 정의적 특성, 예를 들면 과학의 가치 인식, 과학의 흥미, 과학에 대한 학습의욕, 과학에 대한 자신감은 학업 성취와 매우 밀접하게 연관되어 있으며, 학업성취도 하위 군집에서는 매우 낮은 특성을 보이고 있었다. 특히 과학에 대한 학습의욕이 중요하게 구분하는 특징이다. 하위 집단은 학습의욕을 높일 수 있어야 한다. 우리나라 학생들이 과학에서 정의적 특성은 인지적 성취에 비해 낮다는 것은 그동안 계속해서 지적됐다. 특히 TIMSS 연구 결과에 의하면 과학에 대한 자신감과 흥미가 초등학교 4학년에서 다소 높지만, 중학교 2학년으로 올라가면 급격히 낮아지는 것으로 나타났다(Kwak, 2017). 따라서 중학교 학생들의 과학에 대한 태도를 높일 수 있는 교수·학습 방법을 마련할 필요가 있다. 최근 개정된 2022 개정 교육과정에서 내용 체계표상에 지식·이해뿐만 아니라 가치·태도를 명시적으로 제시한 것은 중요한 의미가 있다. 과학에서 과학에 대한 가치 및 태도의 중요성을 끊임없이 강조해 왔지만, 실제적이고 명시적으로 교육목표뿐만 아니라 내용 체계표상에 제시한다는 점에서 향후 변화를 끌어낼 수 있기를 기대한다. 수업 방식에서도 교사 주도의 수업보다 탐구 기반의 수업이 학생들의 과학에 태도에 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타나고 있으므로(Liou, 2021), 지속적인 개선이 요구된다.

## 국문요약

최근 교육에서 교육 데이터마이닝에 관한 관심이 높아지고 있는 시점에 과학교육에서 평가 결과를 활용하여 학생들에게 적합한 피드백을 제공하기 위해 빅데이터 분석의 적용 가능성을 탐색해 보고자 하였다. 연구에서는 국가수준 학업성취도 평가의 24문항에 응시한 2,576명의 평가 자료를 활용하여 비지도 기계학습의 한 가지 방법인 K-평균 군집분석을 이용하여 학생들을 군집화하였다. 학업성취도 평가 자료를 활용한 군집화 결과, 학생들을 6개의 군집으로 나누어 볼 수 있었다. 상위권이냐 하위권에 비해 중위권 학생들이 다양하게 다른 군집으로 구분됨을 알 수 있다. 군집분석의 결과를 보면, 군집화에서 가장 중요하게 영향을 주는 요인은 학업 성취였으며, 군집별로는 교육과정의 내용 영역별, 교과 역량별, 정의적 특성 면에서 서로 다른 특성을 보이고 있었다. 하위 군집에서는 정의적 영역 중에서 학습의욕이 중요하게 영향을 주고, 교과 역량 면에서는 과학적 탐구 및 문제 해결력과 과학적 의사소통 능력이 중요하게 영향을 주고 있었다. 내용 영역 면에서는 운동과 에너지와 물질 영역에 대한 성취가 군집의 특성을 구분하는 중요한 요인으로 작용하고 있었다. 따라서 평가 자료를 활용해 학생을 군집화한 후, 이러한 군집별 특성을 바탕으로 학생들에게 학습을 위한 맞춤형 피드백을 제공할 수 있을 것으로 판단된다. 본 연구에서는 이러한 연구 결과를 바탕으로 군집분석 연구

결과 활용의 가능성, 내용 영역별 균형 있는 학습, 교과 역량 증진, 과학적 태도의 향상 등 과학교육의 시사점을 제안하였다.

**주제어 :** 국가수준 학업성취도 평가, 군집분석, 학업성취도, 맞춤형 피드백

## References

- Ahuja, R., Jha, A., Maurya, R., & Srivastava, R. (2019). Analysis of educational data mining. In: Yadav, N., Yadav, A., Bansal, J., Deep, K., Kim, J. (eds) *Harmony Search and Nature Inspired Optimization Algorithms. Advances in Intelligent Systems and Computing*, (pp. 897-907). Springer, Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-13-0761-4\\_85](https://doi.org/10.1007/978-981-13-0761-4_85)
- Asif, R., Mercer, A., Ali, S. A., & Haider, N. G. (2017). Analyzing undergraduate students' performance using educational data mining. *Computers & Education*, 113, 177-194.
- Baek, J. (2022). The characteristics of middle school students' understanding about chemical equations and balancing process of chemical equations. *School Science*, 15(5), 468-485.
- Baek, J., Lee, J., & Choi, W. (2022). Analysis on the characteristics of academic achievement of middle school students about 'composition of matter': focusing on the results of the national assessment of educational achievement(NAEA). *Journal of the Korean Chemical Society*, 66(2), 136-149.
- Cho, S., Ku, N., Kim, H., Lee, S., & Lee, I. (2019). OECD programme for international students assessment : an analysis of PISA 2018 results. Korea Institute for Curriculum and Evaluation(KICE) Research Report RRE 2019-11.
- Choi, J. & Chung, H. (2021). K-means clustering and random forest analysis of factors influencing group classification by job preference. *Korean Journal of Educational Research*, 59(8), 113-144.
- Dong, H., Kim, G., Kang, M., Jang, E.-S., Sung, K., Yang, S., Kim, S., Lee, J., Ku, J., Park, S., Kim, S., Choi, W., Kim, Y., Lee, K., & Kim, H. (2018). A Study on the development of national assessment of educational achievement according to the 2015 revised national curriculum. Korea Institute for Curriculum and Evaluation(KICE) Research Report RRE 2018-4.
- Hartigan, J. A., & Wong, M. A. (1979). Algorithm AS 136: A k-means clustering algorithm. *Journal of the royal statistical society. series c (applied statistics)*, 28(1), 100-108.
- Hyun, J. H., & Lee, J. W. (2015). A study on the effects of teachers' feedback on high school students writing performance. *The Journal of Humanities Studies*, 98, 431-455.
- Joo, Y. J., Chung, Y. L., & Lee, Y. K. (2011). The structural relationship and latent means analysis of gender among academic self-efficacy, interest, external motivation and science achievement for high school students. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 31(6), 876-886.
- Kim, H., & Jung, H. (2020). A case study of yielding NAEA assessment results of sub-domains in science applying the cognitive diagnosis model. *The Journal of Research in Education*, 33(4), 89-113.
- Kim, H., & Jung, H. (2021). Characterizing the academic achievement of middle school students in science subject based on latent profile analysis. *The Journal of Curriculum and Evaluation*, 24(2), 177-198.
- Kim, K. (2017). A study on the functions of quality management of curriculum by national assessment of educational achievement. *Journal of Curriculum Evaluation*, 20(4), 145-173.
- Kim, N. O., Park, M. A., Lee, B. N., & Sohn, W. S. (2018). The role of teacher characteristics and feedback in developing elementary students' affective and cognitive achievement. *Journal of Curriculum and Evaluation*, 21(2), 129-151.
- Kim, Y., & Kim, S. (2019). Finding an alternative model of the national assessment of educational achievement based on the new trend of academic ability and the 2015 revised curriculum. *Journal of Education & Culture*, 25(2), 149-173.
- Kim, Y., & Lee, S. (2021). Analysis of middle school students' responses characteristics revealed in solving the problem related to blood circulation in national assessment of educational achievement. *Biology Education*, 49(4), 443-456.
- Kim, S.-S. (2009). Automated K-means clustering and R implementation. *The Korean Journal of Applied Statistics*, 22(4), 723-733.
- Ko, S. (2018). Predicting learning achievement using big data cluster analysis - focusing on longitudinal study. *Journal of Digital Contents Society*,



- 19(9), 1769-1778.
- Koo, D., & Jung, S. (2021). Analysis of academic achievement data using AI cluster algorithms. *Journal of The Korean Association of Information Education*, 25(6), 1005-1013.
- Ku, J., Kim, K. J., Kim, J-S., Park, S. B., Park, J., Sung, K., Lee, K. S., Lee, S., Lee, J., Jang, E-S., Kang, J., Choi, W., Shim, K-C., & Shin, M-K. (2019). The analysis of the characteristics and trends of academic achievement based on the results of the national assessment of educational achievement in the 2009 revised curriculum. Korea Institute for Curriculum and Evaluation(KICE) Research Report RRE 2019-7.
- Kwak, Y. (2017). Exploration of features of Korean eighth grade students' attitudes toward science. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 37(1), 135-142.
- Kwak, Y. (2018). Effects of educational context variables on science achievement and interest in TIMSS 2015. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 38(2), 113-122.
- Lee, B. (2015). Analysis on the characteristics of national assessment of educational achievement(NAEA) items for the science subject: with a focus on classical mechanics. *New Physics: Sae Mulli*, 65(5), 485-495.
- Lee, B., & Lee, I. (2015). Analysis on the characteristics of national assessment of educational achievement(NAEA) items for science subject: with a focus on optics. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 35(3), 465-475.
- Lee, B., & Sohn, W. (2017). The effects of formative feedback on basic psychological needs and classroom engagement: teacher-student relationship as a moderator. *Journal of Educational Evaluation*, 30(1), 123~143.
- Lee, D. N., & Lim, C. (2018). Statistical methods for testing tumor heterogeneity. *The Korean Journal of Applied Statistics*, 32(3), 331-348.
- Lee, J. (2019). Analysis of middle school students' vision concepts by achievement level. *New Physics: Sae Mulli*, 69(7), 727-736.
- Lee, J. (2020). Analysis of middle school Students' characteristics of understanding motion and energy: focused on analysis of national assessment of evaluation achievement. *The Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 20(17), 815-835.
- Lee, J., & Chung, H. (2019). The analysis of relations among PISA 2015 science achievement, teaching and learning on science, academic self-efficacy: using multilevel structural equation modeling. *Journal of Research in Curriculum & Instruction*, 23(2), 93-107.
- Lee, J., & Chung, Y. (2014). An analysis of structural relationship among the attitude toward science, science motivation, self-regulated learning strategy, and science achievement in middle school students. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 34(5), 491-497.
- Lee, J., & Ku, J. (2020). Analysis of the characteristics of middle school students' science academic achievement based on the results of NAEA in the 2009 revised curriculum. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 40(4), 429-436.
- Lee, J., Ku, J. Choi, W, Shim, K. C., & Shin, M. K. (2020). Analysis of achievement characteristics by achievement standard of the middle school curriculum based on the national assessment of educational achievement. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 40(5), 473-483.
- Lee, J., & Shim, K. C. (2021). Analysis of the response characteristics on constructed response items of national assessment of educational achievement (NAEA) - life science domain -. *Biology Education*, 49(3), 431-441.
- Lee, M., Dong, H., Park, I., Kim, W., Seo, M., Jung, H., Kim, K., Kang, M., Jang, E, Sung, K., Rim, H., Kim, S., Pae, J., Kim, S., Lee, J., Park, J., Yang, K., Kang, T., & Shin, Y. (2017). A study on the enhancement of the NAEA system incorporating the aims of the 2015 revised national curriculum. Korea Institute for Curriculum and Evaluation(KICE) Research Report CRE 2017-8.
- Lim, S. A., & Lee, J. (2016). Affective factors as predictors of math achievement: comparison of OECD high performing 10 countries in math. *Journal of Educational Evaluation*, 29(2), 357-382.
- Liou, P. Y. (2021). Students' attitudes toward science and science achievement: An analysis of the differential effects of science instructional practices. *Journal of Research in Science Teaching*, 58(3), 310-334.
- MacQueen, J. (1967). Classification and analysis of multivariate observations. In 5th Berkeley Symp. Math. Statist. Probability (pp. 281-297).
- Ministry of Education (MOE). (2022). 1st comprehensive plan for guaranteeing basic academic ability (2023-2027).
- Park, H., & Cho, K. (2005). K-means clustering of social indicator survey data. *Journal of The Korean Data Analysis Society*, 7(2), 465-476.
- Park, M., & Heo, G. (2021). Development of prediction model for middle school students' underachievement using machine learning classification techniques: a focus on DELS. *Journal of Educational Technology*, 37(3), 627-648.
- R Core Team. (2022). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Sang, G., Kim, K., Park, S., Jeon, S., Park, M., Lee, J., & Min, Y. (2020). The trends in international mathematics and science study (TIMSS): finding from TIMSS 2019 for Korea. Korea Institute for Curriculum and Evaluation(KICE) Research Report RRE 2020-10.
- Seo, M., Kang, M., Kim, G., Kim, M., Kim, S., Kim, S., Kim, H., Dong, H., Park, S., Sung, K., Yang, S., Lee, J., Jang, E-S, Jung, H., & Seo, E. (2018). Developing items for affective domain of national assessment of educational achievement(NAEA) and verifying their quality. Korea Institute for Curriculum and Evaluation(KICE) Research Report ORM 2018-39-2.
- Seo, M., Kim, K., Lee, J., Jeon, S., Kim, S., & Min, Y. (2021). Comprehensive analysis on the results of TIMSS 2019 and its trends. Korea Institute for Curriculum and Evaluation(KICE) Research Report RRE 2021-5.

## 저자정보

이재봉(한국교육과정평가원 연구위원)