大韓數學教育學會誌 數學教育學硏究 第 15 卷 第 4 號
The Journal of Educational Research in Mathematics
Vol. XV, No.4, 445-459. Nov 2005

표본표준편차의 교수학적 분석[1)]

이 경 화* · 신 보 미**

제 7차 교육과정의 '수학 I'과 '확률과 통계'에서는 표본표준편차가 수학적으로 각기 다르게 정의되고 있다. 학교 수학에서 표본표준편차를 정의하는 문제는 표본표준편차가 갖는 통계적 의미의 분석과 더불어 학교 수학 내에서 모평균의 추정과 관련하여 표본표준편차가 갖는 수학적, 교수학적 의미에 대한 논의를 함께 필요로 한다. 이 연구에서는 우선 가르칠 지식으로서 표본표준편차와 관련된 몇 가지 이슈를 모평균의 추정과 관련하여 실제 교수 상황과 교육과정의 전개방식을 통해 확인하였다. 다음으로는 학문적 지식으로서 표본표준편차의 특성을 일반통계학 교재들을 분석함으로서 살펴보았다. 마지막으로 일본과 미국, 영국 교과서에서 택한 표본표준편차의 교수학적 변환 방식을 검토한 후, 이를 토대로 우리 교육과정에의 시사점을 도출하였다.

I. 서 론

Cobb & Moore(1997)는 통계학이 수리과학이기는 하지만 불확실성과 변이성을 갖는 자료를 다루는 실험적이고 발견적인 문제해결 도구로서 연역적 논리와 합리적 정당화 과정을 중요시하는 수학과는 다른 학문적 특성을 지닌다고 하였다. 이들은 그 동안의 통계 교육이 지나치게 이론적인 맥락에 치우치면서 통계적 관점이 아니라 수학적 관점에서 다루어졌던 점을 지적하였다. 우정호(1998) 역시 통계를 불확실한 자료를 다루는 문제해결 도구로 보아야 함에도 불구하고 지나치게 수학적 지식의 일부로 지도되고 있다고 하였다. 김경옥(1992)은 모집단과 표본과의 관계로서 추론하는 통계적 추정을 고등학교 교육과정에서 지나치게 이론적 측면에서만 다룸으로 해서 추정과 관련된 통계적 사고 양식의 지도를 어렵게 만든다는 연구결과를 제시하면서 통계 영역은 귀납적 추론을 통한 통계적 접근 방식을 강조하는 방식으로 지도되어야 함을 주장한 바 있다. 이수정(2000)도 추상적인 수학적 지식 체계로서 통계를 지도하기보다는 실제적인 문제 상황을 해결하는 탐구적인 도구로서 통계적 사고 양식을 구사할 수 있게 해야 한다고 하였다. 이 글에서는 학교 수학에서 통계 영역을 지도할 때 이러한 관점을 얼마나 그리고 어떤 식으로 반영하여야 하는가를 표본표준편차를 중심으로 생각해 보고자 한다.

우정호(2004)는 학교수학이 본질을 감춘 형식적인 닫힌 지식이며, 이것을 그대로 가르치면 형식적인 교육이 되기 쉽다고 지적하고, 교수학적 분석의 필요성을 주장하였다. 교수학적 분석은 수학적, 인식론적, 역사-발생적, 심리학

* 한국교원대학교, khmath@knue.ac.kr
** 광주과학고, bomi0210@hanmail.net
1) 이 논문은 한국교원대학교 2005년도 기성회계 학술연구비 지원을 받아 수행하였음

적, 언어학적, 실용적, 교육학적 분석을 통해 학교수학을 '열어' 교육적으로 의미 있는 지식으로 파악하는 것으로 설명된다. 이 글에서는 표본표준편차를 중심으로 교수학적 분석을 시도하고자 한다. 현재 교육과정에서 표본표준편차는 수학 I 과 확률과 통계에서 모두 도입되고 있으며, 그 정의 방식이 각각 다르다. 이 글에서는 우선 표본표준편차를 정의하는 방식의 차이와 관련된 몇 가지 논의점을 기술하고, 통계학에서의 표본표준편차, 곧 학문적 지식으로서의 표본표준편차의 성격에 대하여 살펴본다. 또한 일본과 미국, 영국 교과서에서 택한 표본표준편차의 교수학적 변환 방식을 검토한 후, 이를 토대로 우리 교육과정에의 시사점을 도출하고자 한다.

II. 본 론

1. 가르칠 지식으로서의 표본표준편차

현 고등학교 교육과정에서 표본표준편차는 수학 I, 확률과 통계의 학습 요소로 다루어지고 있다. 이 절에서는 현재 학교수학에 반영되어 있는 가르칠 지식으로서의 표본표준편차의 성격을 살펴본다.

고등학교 확률과 통계과목에서 표본평균의 분포 단원을 지도할 때, 연구자는 다음과 같은 수업 상황을 경험하였다.

교사 : 모집단에서 임의 추출한 크기 n 인 표본 $X_1, X_2, X_3, \cdots, X_n$ 에 대하여 $s=\sqrt{\frac{1}{n-1}\{(X_1-\overline{X})^2+(X_2-\overline{X})^2+(X_3-\overline{X})^2+\cdots+(X_n-\overline{X})^2\}}$ 을 표본표준편차라 정의합니다(교육부, 2004: 131)..

학생A : 수학 I 에서는 크기가 n 인 표본을 추출하였을 때, $s=\sqrt{\frac{1}{n}\{(X_1-\overline{X})^2+(X_2-\overline{X})^2+(X_3-\overline{X})^2+\cdots+(X_n-\overline{X})^2\}}$ 을 표본표준편차라고 배운 바 있습니다. 정의가 다른 이유가 무엇입니까?

위의 대화에서 학생 A가 이야기한 것처럼, 수학 I 에서는 표본분산을 편차의 제곱의 합을 표본의 크기 n 으로 나눈 것으로 정의한다. 확률과 통계 교과서에서는 동일한 개념을 이와 같이 다르게 정의하는 이유를 "표본오차를 줄일 수 있기 때문(교육부, 2004: 131)"이라고 설명하고 있긴 하다. 그러나 여전히 학생들을 이해시키는 데는 한계가 있어 보인다. '표본오차가 무엇인지', '표본표준편차를 논하는데 왜 갑자기 표본오차가 언급되는지', '수학 I 에서는 표본오차가 중요하지 않은 건지' 등을 설명하기 어렵기 때문이다.

임재훈(2004)은 하나의 개념을 맥락에 따라 상이하게 다루는 학교 수학의 정의 방식을 '맥락의존적 정의'라고 설명하였다. 여기에는 학생들이 기존의 관념을 지속적으로 수정, 개선, 발전시키는 과정에서 지식을 구성해나갈 수 있도록 하려는 교육적 의도가 반영되어 있다. 이는 개념을 논리적인 오류나 오해의 소지 없이 단번에 엄밀하게 정의하는 학문적 지식으로서 수학을 다루는 방식과 구분되는 학교수학의 고유한 특성이라고 볼 수 있다. 가르칠 지식으로서 표본표준편차는 어떤 교수학적 의도에 따라 수학 I 과 확률과 통계에서 각각 다르게 정의될 수도 있다. 그러나 현재로서는 수학 I 에서 배운 표본표준편차라는 개념을 학생들이 확률과 통계에서 어떻게 개선, 발전시키도록 하고자 하는 것인지 그 교육적 맥락을 파악하는 것이 쉽지 않다.

학교수학에서 모평균을 추정하는 신뢰구간은 크기가 n 인 임의표본의 표본평균 $\overline{X}$ 의 분포가

모평균 m, 모분산 σ^2에 대하여 $E(\overline{X})=m$, $V(\overline{X})=\frac{\sigma^2}{n}$을 따른다는 이론적 사실로부터 유도된다. 이렇게 유도된 공식에는 모표준편차 σ가 사용될 수밖에 없으며 교과서에는 모표준편차 σ를 활용하여 모평균을 추정하도록 하는 다음과 같은 유형의 적용 문제가 제시된다.

어떤 회사에서 생산하는 통조림의 무게는 평균이 mg이고, 표준편차가 $10g$인 정규분포를 따른다고 한다. 모평균 m을 알아보기 위하여 25개의 통조림을 임의 추출하여 표본평균을 구하였더니 그 값이 $502g$이 되었다. 모평균 m에 대하여 신뢰도 95%의 신뢰구간을 구하여라(이강섭 외, 2002: 277).

어느 대학교에 현재 등록된 학생들의 나이는 모표준편차가 2년인 정규분포를 따른다고 한다. 이 대학교 학생들 중에서 50명을 임의로 추출하여 나이를 조사하였더니 평균 나이가 23.2년이었다. 이 대학교에 현재 등록된 전체 학생의 평균 나이에 대한 신뢰도 95%의 신뢰구간을 구하여라(교육부, 2004: 143).

모평균의 추정은 모집단에서 임의추출한 표본의 평균을 이용하여 모평균을 추측해 보는 것으로, 모평균을 모르기 때문에 실생활에서는 모표준편차 역시 그 값을 모르는 것이 대부분이다(박정식 외, 2004; 오우무라 히도시, 2004). 이수정(2000)은 통계적 사고는 통계적인 개념과 방법에 대한 적절한 사용과 해석을 수반하는 의미 있는 문제 상황을 통해서 체득될 수 있다고 지적하였는데, 이런 측면에서 볼 때 모평균의 추정에 모표준편차를 활용하도록 고안된 위와 같은 문제들은 통계 교육적 관점[2]에서 가치 있다고 보기 어렵다. 현재 '수학 I'과 '확률과 통계' 교과서에는 이러한 현실적인 부자연스러움을 염두에 두고 이론적인 공식에 사용되는 모표준편차 σ를 표본표준편차 s로 대신할 수 있는 상황에 대한 설명이 보기 문제의 결글로 간단하게 제시되고 있다. 이러한 설명은 다음 세 가지 유형으로 분류할 수 있다.

* 유형 1 : 표본의 크기가 충분히 클 때, 모표준편차 대신 표본표준편차를 사용한 교과서
모표준편차를 모를 때, 표본의 크기가 충분히 크면 모표준편차 대신 표본표준편차를 사용할 수 있다(박규홍 외, 2002: 306).

* 유형 2 : 표본의 크기가 30이상일 때, 모표준편차 대신 표본표준편차를 사용한 교과서
신뢰구간을 구할 때, 실제 문제에서는 모표준편차를 모르는 경우가 많다. 이 때, 표본의 크기가 30이상이면 모표준편차 대신 표본표준편차를 사용할 수 있다는 것이 알려져 있다.(임재훈 외 2002: 319. 교육부, 2004: 143).

* 유형 3 : 아무 설명 없이 모표준편차 대신 표본표준편차를 사용한 교과서 (이강섭 외, 2002: 277).

유형 1은 '충분히 큰' 것이 어느 정도를 말하는지 분명치 않아 같은 자료에 대해 학생마다 각기 다른 답을 구할 수 있다는 제한점이 있다. 유형 1을 따르는 교과서의 문제들은 대부분 표본의 크기가 대략 100이상인 상황을 다루고 있어 '충분히 큰' 표본의 기준을 암묵적으로 100이상 정도로 보고 있다.

유형 2는 유형 1의 '충분히 큰 표본'을 정하는 암묵적인 기준을 표본의 크기가 30인 경우로 정확하게 제시하고 있어 유형 1의 제한점을 보완하였다고 볼 수 있다. 이 기준에 따르

2) 확률과 통계 과목의 목표는 확률과 통계의 기본 개념, 원리, 법칙을 활용하여 실생활의 문제를 해결하는 것이다(교육부, 1997: 124)

면 어떤 자료에 대하여 모든 학생들이 일관된 통계적 수치를 얻을 수 있고 통계적으로 동일한 자료 해석 결과를 내놓을 수 있다. 그러나 통계적 문제 상황은 모든 문제 해결자들이 동일한 수치적 결과를 구하는 것에만 논의의 초점이 있지 않다. 문제 맥락과 추정자의 의도에 따라 구해진 신뢰구간이 각기 다를 수 있으며 사람마다 모평균에 대한 해석 결과에 다소 차이가 있을 수 있다. 때로는 모평균을 보다 엄격하게 추정해야 할 상황이 있고, 때로는 아주 대략적인 존재 범위만을 알아 볼 필요가 있을 수도 있다. 모평균을 엄격히 추정하는 데는 표본표준편차를 모표준편차로 대신 하기 위해 표본의 크기가 300이상정도 되어야 할 수도 있고 대략적인 존재 범위만을 구하기 위해서는 표본의 크기가 20정도만 되어도 모표준편차를 대신하여 표본표준편차를 사용하는데 무리가 없을 수도 있다. '표본의 크기가 30이상'인 문제 상황과 관련된 전후 맥락에 대한 설명 없이 그저 '모표준편차를 표본표준편차로 대신할 수 있다'는 문구만을 제시하는 것은 모평균의 추정에 학생들이 표본표준편차를 통계적으로 의미있게 사용하는데 직접적인 도움이 되지 못한다. 실제 학생들은 유형 2와 같은 설명에 대해 '왜 하필 30인지, 표본의 크기가 29인 경우 표본표준편차를 대신 사용할 수 없는 것인지, 표본의 크기가 31인 경우에는 또 어떠한지'에 대해 몹시 의문스러워 한다.

결국 현 교과서에서 제시되고 있는 유형1, 2는 모표준편차를 대신하여 표본표준편차를 사용할 수 있는 상황에 대해 충분한 설명이 되고 있지 못하며, 이 때문에 모표준편차와 관련하여 표본표준편차가 갖는 학문적 지식으로서의 의미가 드러나지 못하고 있다. 통계적 사고 교육의 측면에서 학생들이 모평균의 추정을 통해 표본표준편차라는 개념 이면에 있는 의미까지를 학습할 수 있도록 하기 위해서는 학문적 지식으로서의 표본표준편차의 특성을 점검하여 이를 학교 수학에 적절하게 반영하는 방안에 대하여 재검토해 볼 필요가 있다.

2. 학문적 지식으로서의 표본표준편차

기대값(expected value)은 확률변수가 취할 수 있는 모든 값들이 평균적으로 같아지는 값이라는 의미로서 평균(average)과 같은 개념이다. 기대값은 미래에 발생할 확률이 가장 높은 사건을 의미하는 것이 아니며 기대값과 꼭 같은 값의 사건이 반드시 존재하는 것도 아니다. 예를 들어 어느 회사의 하루 매출액이 1000만원이 될 확률이 50%, 500만원이 될 확률이 50%라면 이 회사의 하루 매출의 기대값은 750만원이 된다. 기대값이 750만원이라는 것은 실제 매출액이 750만원이 되는 날이 없다 하더라도 앞서 제시된 상황이 계속되면 하루 평균매출액이 750만원정도가 될 것이라는 의미이다(박정식 외, 2004: 122).

모평균이 m, 모분산이 σ^2인 크기가 N인 모집단에서 크기 n인 선택 가능한 ${}_N\Pi_n = N^n$개의 모든 임의표본들에 대하여 각각의 표본평균 $\overline{X}$을 계산하였을 때, 그 표본평균 $\overline{X}$의 기대값 $E(\overline{X})$는 모평균 m과 같다. 이는 표본평균이 항상 모평균과 같다는 것이 아니라, 선택 가능한 모든 임의표본의 표본평균들이 평균적으로 모평균과 같아진다는 의미로서 표본의 산술평균이 모평균의 추정값[3]으로 비교적 적절함을 보여 준다[4].

3) 모집단의 특성을 하나의 값으로 추측하는 것을 점추정이라고 한다.

그렇다면 크기 n인 임의표본 $X_1, X_2, X_3, \cdots, X_n$에 대하여 다음과 같이 정의된 표본분산 s^2은 모분산 σ^2의 추정값으로 적절할까?

$$s^2 = \frac{1}{n}\{(X_1-\overline{X})^2+(X_2-\overline{X})^2+(X_3-\overline{X})^2+\cdots+(X_n-\overline{X})^2\}$$

$$= \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(X_i-\overline{X})^2 \cdots ①$$

크기 n인 임의표본 $X_1, X_2, X_3, \cdots, X_n$의 표본분산 s^2에 대하여 표본평균의 분포에서와 같이 기대값 $E(s^2)$을 구해보자.

$$E(s^2)=E[\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(X_i-\overline{X})^2]=\frac{1}{n}E[\sum_{i=1}^{n}((X_i-m)-(\overline{X}-m))^2]$$

$$=\frac{1}{n}E[\sum_{i=1}^{n}\{(X_i-m)^2-2(X_i-m)(\overline{X}-m)+(\overline{X}-m)^2\}]$$

$$=\frac{1}{n}E[\sum_{i=1}^{n}(X_i-m)^2-2(\overline{X}-m)\sum_{i=1}^{n}(X_i-m)+n(\overline{X}-m)^2]$$

$$=\frac{1}{n}\left\{E[\sum_{i=1}^{n}(X_i-m)^2]-2(\overline{X}-m)E[\sum_{i=1}^{n}(X_i-m)]+nE[(\overline{X}-m)^2]\right\}$$

$$=\frac{1}{n}\left\{\sum_{i=1}^{n}E[(X_i-m)^2]-nE[(\overline{X}-m)^2]\right\}$$

$$(\because \sum_{i=1}^{n}(X_i-m)=n(\overline{X}-m))$$

$$=\frac{1}{n}\left\{\sum_{i=1}^{n}V(X_i)-nV(\overline{X})\right\}=\frac{1}{n}\left\{n\sigma^2-n\frac{\sigma^2}{n}\right\}=\frac{n-1}{n}\sigma^2.$$

위 결과에서 $E(s^2)=\frac{n-1}{n}\sigma^2$은 표본분산이 모집단의 분산보다 작아지는 경향이 있음을 보여주는 것으로, ①과 같은 방법으로 구한 표본분산을 모분산의 추정값으로 사용하는 것은 통계적으로 바람직하지 않음을 의미한다. 일반 통계학내에서는 $E(s^2)=\frac{n-1}{n}\sigma^2$을 감안하여 표본분산 s^2에 보정값 $\frac{n}{n-1}$을 곱하여 $\frac{n}{n-1}s^2 = \frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(X_i-\overline{X})^2$을 모분산의 추정값으로 사용한다. 그 이유는 기대값 $E(\frac{n}{n-1}s^2)$이 σ^2과 같으므로[5] $\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(X_i-\overline{X})^2$이 실제 모분산에 평균적으로 가까워지기 때문이다. 대부분의 통계학 교재에서는 통계의 실용적인 측면에 보다 중점을 두어 표본분산과 표본표준편차를 아예 처음부터 $\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(X_i-\overline{X})^2$과 $\sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(X_i-\overline{X})^2}$으로 정의하는 경향이 있다(고승곤 외, 2003: 81; 고왕경 외, 1992: 25; 김우철 외, 1961: 25; 김재주 외, 2004: 128; 박정식 외, 2004: 80; 박한식 외, 1982: 25). 그러나 표본분산은 모분산의 추정량임과 동시에 '표본'에서의 '분산'이기도 하다. 표본분산의 이런 두 가지 특성 때문에 교재에 따라서는 표본분산의 정의 자체는 ①로 두고 모분산의 추정량으로서는 ①에 $\frac{n}{n-1}$을 곱한 값 $\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(X_i-\overline{X})^2$을 사용하는 경우가 있으며(김병우 외, 1994: 137; 장우식 외, 1962: 73; 정영진 외, 1992: 109), $\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(X_i-\overline{X})^2$과 $\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(X_i-\overline{X})^2$ 모두를 표본분산으로 정의하는 경우도 있다(이필영 외, 1993: 46-47). 물론 표본분산을 $\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(X_i-\overline{X})^2$으로 정의하면 ①과 같이 정의한 표본분산을 모분산의 추정값으로 사용하는 것보다는 확실히 오차가 줄어드는 것은 사실이다(고승곤 외, 2003)[6].

표준편차는 분산의 양의 제곱근으로 정의되고 $\frac{n}{n-1}s^2$이 모분산의 추정값으로 사용되기

---

4) 추정량(estimator)의 기대값이 추정할 모집단의 모수(parameter)의 실제 값과 일치하거나 그 값에 가까이 갈수록 바람직한 추정량이라고 할 수 있다. 이러한 추정량을 불편추정량라고 한다. 적절한 추정량을 선택하는 기준은 불편성(unbiasedness), 효율성(efficiency), 일치성(consistency), 충족성(sufficiency)과 같이 여러 가지가 있지만 네 가지 모두를 충족할 수 없다면 불편성에 가장 큰 비중을 두어 적절한 추정량을 선택해야 한다(박정식 외, 2004: 228)

5) $E(\frac{n}{n-1}s^2)=\frac{n}{n-1}E(s^2)=\frac{n}{n-1}\cdot\frac{n-1}{n}\sigma^2=\sigma^2$

때문에 $\sqrt{\frac{n}{n-1}}s=\sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(X_i-\overline{X})^2}$을 모표준편차를 대신하는 추정값으로 사용하거나 아예 이를 표본표준편차로 정의하는 경우가 있음을 앞서 살펴보았다. 하지만 표본분산이 81인 경우 표본표준편차는 9가 되어 그 값이 $\frac{1}{9}$로 줄어들지만, 표본분산이 1인 경우 표본표준편차는 1로 그 값에 전혀 변화가 없다. 이는 분산과 표준편차사이에는 그 분포의 양상 자체가 완전히 달라질 가능성이 있음을 암시한다. 게다가 $E(\frac{n}{n-1}s^2)=\sigma^2$이라고 하여 $E(\sqrt{\frac{n}{n-1}}s)=\sigma$이 될 것인가 하는 것도 역시 분명치 않다. 분산과 표준편차 사이에 발생할 수 있는 분포 형태의 이러한 차이를 감안하여 일부 통계학 교재에는 모표준편차의 추정값으로 $\sqrt{\frac{n}{n-1}}s$을 사용하지 않고, '표본'에서의 표준편차로서 ①에서 구한 표본분산의 양의 제곱근으로 표본표준편차 s를 정한 후, 이로서 모표준편차를 대신하고자 할 때에 비로소 s에 다음 표의 값을 곱하여 모표준편차의 추정값으로 사용하기도 한다.

예를 들어, 크기가 5인 표본 5, 7, 8, 9, 11에 대하여 표본표준편차 $s=\sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(X_i-\overline{X})}=2$를 구한 후 여기에 <표 Ⅱ-1>에 $n=5$일 때의 추가계수 1.19를 곱하여 $2\times1.19=2.38$을 모표준편차를 대신하는 값으로 사용한다. <표 Ⅱ-1>을 보면, n이 30인 경우 추가계수가 1.03으로 비교적 1에 가까운 편이기 때문에 ①과 같은 방법으로 구한 표본표준편차와 추가계수를 곱한 결과에 큰 차이가 없을 것이므로 표본의 크기 n으로 나누어 구한 표본표준편차 자체만으로 모표준편차를 대신할 수 있다. n이 20일 때의 추가계수 1.04 역시 n이 30일 때의 추가계수 1.03과 크게 다르지 않기 때문에 필요에 따라서는 표본의 크기가 대략 20정도일 때도 표본표준편차로 모표준편차를 대신할 수 있다. <표 Ⅱ-1>은 표본의 크기가 31일 때는 모표준편차를 대신하여 표본표준편차를 사용할 수 있고 29일 때는 그럴 수 없다는 것으로 오해될 가능성이 있는 현 교과서의 서술[8]을 보다 유연하게 해석하여 이를 실제적인 문제 상황에서 보다

<표 Ⅱ-1> 표본표준편차의 추가계수

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16	20	30	40	50
추가계수	1.77	1.38	1.25	1.19	1.15	1.13	1.11	1.10	1.08	1.07	1.06	1.05	1.04	1.03	1.02	1.01 [7]

6) 하지만 표본분산을 n으로 나누어 구하는 방법과 $n-1$ 나누는 방법에 대하여 크기가 1인 표본을 생각해보면 전자의 경우는 $s^2=0$ 이 되어 분산에 대한 개념적 정의와 그 의미가 상통하는 면이 있지만, 후자는 $\frac{0}{0}$ 이 되어 그 의미가 설명되지 않는 경향이 있다.

7) 통계 전문 서적에서는 모표준편차을 추정하는데 s에 붙이는 추가계수로 활용되는 $\sqrt{\frac{n}{n-1}}$ 와 <표 Ⅱ-1>의 숫자들을 각각 $\frac{1}{c_2}^{*}$ 과 $\frac{1}{c_2}$ 으로 나타낸다고 한다(오우무라 히도시, 2004: 127-128)

8) 표본의 크기가 30이상이면 모표준편차 대신 표본표준편차를 사용할 수 있다는 것이 알려져 있다(교육부, 2004: 143).

효율적으로 적용하는데 상당한 도움을 줄 수 있다. 그러나 추가계수 1.04가 아니라 1.03일 때를 택한 이유에 대해서는 여전히 명확한 설명을 제공하는 것이 쉽지 않다.

이제까지 살펴본 내용을 요약하면 다음과 같다. 첫째, 표본의 산술평균인 표본평균은 모평균의 좋은 추정값이다. 둘째, 편차의 제곱의 합을 표본의 크기 n으로 나누어서 구한 표본분산 s^2은 실제 모분산보다 작아지는 경향이 있다. 즉, s^2으로 모분산을 대신하는 것은 통계적으로는 바람직하지 않다. 셋째, 앞의 이유로 통계학내에서는 표본분산 s^2에 추가 보정값 $\frac{n}{n-1}$을 곱하여 $\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(X_i-\overline{X})^2$을 모분산을 대신하는 추정값으로 사용한다. 넷째, 통계학 교재에 따라서는 모분산의 추정값 $\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(X_i-\overline{X})^2$의 양의 제곱근인 $\sqrt{\frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n}(X_i-\overline{X})^2}$로 모표준편차를 대신하거나, 표본분산 s^2의 양의 제곱근에 <표 Ⅱ-1>의 추가계수를 곱한 값으로 모표준편차를 대신하기도 한다. 다섯째, <표 Ⅱ-1>은 모평균을 추정할 때 모표준편차 대신 표본표준편차를 사용할 수 있는 상황에 대해 의미 있고 유연한 정보를 제공한다.

학문적 지식 내에서 이루어낸 합의를 학교수학에서 얼마나 그리고 어떤 방식으로 반영할 것인가의 문제는 결코 간단하지 않다. 학교수학에서 표본표준편차를 다룰 때 위의 다섯 가지 내용 요소를 모두 다룰 필요가 있는지 또는 일부만 다루어야 하는지 또는 전혀 다루지 말아야 하는지, 그 중 일부를 다룬다면 어떤 것을 택해야 하는지, 어떤 방식으로 다루어야 하는지 등 다양한 논점들이 속출하기 때문이다. 이러한 논점 각각에 대한 입장을 어떻게 택하는가에 따라 표본표준편차의 교수학적 변환 방식은 매우 다양할 수 있다.

3. 일본과 미국, 영국 교과서의 교수학적 변환 방식

우리나라 교과서에서 표본표준편차의 교수학적 변환을 어떻게 시도하고 있는지 확인한 바 있다. 또한 학문적 지식 내에서 표본표준편차가 어떻게 다루어지고 있는지 살펴봄으로써 현재 학교수학에서 다루어지고 있는 표본표준편차와 적지 않은 간격이 있음을 확인하였다. 이 절에서는 일본과 미국, 영국의 교과서에서 택하고 있는 교수학적 변환 방식을 검토한다.

가. 일본 교과서의 예

일본의 고등학교 교육과정의 구성은 기초수학, 수학Ⅰ, 수학Ⅱ, 수학Ⅲ, 수학 A, 수학 B, 수학 C의 7분야로 이루어져 있다. 통계는 수학 B와 수학 C에서 다루어지며, 수학 B에서는 자료의 정리와 상관도, 대표값, 분산, 표준편차 등의 통계와 관련된 수치 계산의 기본 개념을 학생들이 파악하도록 한다. 수학 C에서는 확률분포, 정규분포, 모집단과 표본, 통계적 추측의 개념 등을 이해하고 응용력을 기르게 하는데 교육과정의 목표가 있다(이상복, 2003: 3). 수학 B 교과서는 대표값 등 통계의 기본 개념들을 지도하기 위한 내용으로 구성되어 있으며 본 연구의 주요 관심사인 모집단과 표본의 관계 등은 수학 C에서만 다루어지고 있다. 따라서 본 연구에서는 통계적 추측을 중점적으로 언급하고 있는 수학 C 교과서 9종을 참고하였다.

일본 교과서에서 통계적 추측이라는 단원은 모집단과 표본의 관계, 표본평균의 분포, 추정의 방법이라는 세 개의 소단원으로 구성되어 있다. 분석한 9종 교과서 모두에서 표본분산과 표본표준편차는 모분산과 모표준편차가 정의된 후 "이와 같은 방법으로(川中 宣明, 1999: 147)" 각각 "$s^2=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(X_i-\overline{X})^2$"과 "표본분산의 양

의 제곱근"으로 정의된다(竹之內 脩, 1999: 135). 일본 교과서는 '표본분산'을 '표본'+'분산'으로 보고 '분산'중 그 관심의 대상이 '표본'인 경우로 생각하여, '편차의 제곱의 평균'으로 설명되는 분산의 일반적인 정의를 일관되게 표본분산에도 그대로 적용하고 있다고 볼 수 있다. 이러한 정의 방식은 모분산의 추정량으로서 그 실제적 활용에 중점을 두어 표본분산을 통계적 관점에서 편차의 제곱의 합을 $n-1$로 나눈 것으로 정의하고 있는 우리나라의 확률과 통계 교육과정과 대조를 이룬다.

일본 교과서에서 모평균을 추정하는 신뢰구간은 우리나라의 수학 I 에서와 마찬가지로 표본평균 $\overline{X}$의 분포로부터 유도된다. 그러나 모표준편차 σ는 실제 상황에서는 모르는 경우가 대부분이므로 일본 교과서에서는 이에 대한 설명, 즉 "표본의 크기 n이 충분히 크면 표본표준편차로 모표준편차를 대신하여도 좋다(服部晶夫, 1999: 167)"는 설명을 본문에 제시한다. 그런 다음 모평균을 추정하는 신뢰구간에서 표본표준편차 s를 모표준편차 σ 대신 사용하여 본문의 요약 부분에 제시하고 있다. 관련 예제들에서는 표본의 크기가 100이상인 경우가 다루어지며 대부분의 문제들이 모평균의 추정에 표본표준편차가 활용되도록 고안되어 있다.

<모평균의 추정>
모평균 m의 신뢰도 95% 의 신뢰구간은 표본의 크기가 충분히 큰 경우에 표본평균 $\overline{x}$, 표본표준편차 s에 대하여 다음과 같다.

$$\left[\overline{x}-1.96\times\frac{s}{\sqrt{n}},\ \overline{x}+1.96\times\frac{s}{\sqrt{n}}\right]$$

(飛田武幸, 1999: 153)

이는 본문에서 모평균의 신뢰구간을 모표준편차 σ를 사용하여 $\left[\overline{X}-1.96\times\frac{\sigma}{\sqrt{n}},\ \overline{X}+1.96\times\frac{\sigma}{\sqrt{n}}\right]$으로 정돈한 후, 모표준편차를 사용하도록 고안된 관련 예제를 제시하고 있는 우리나라 '수학 I', '확률과 통계' 교육과정과 대조를 이룬다. 우리 교과서에서는 모표준편차 σ 대신 표본표준편차 s를 대신할 수 있는 상황에 대한 설명이 내용 전개 과정의 본문에 포함되지 않고 문제 풀이와 관련하여 간단하게 결글로서 언급되고 있다.

나. 미국 교과서의 예

우리나라, 일본과 달리 미국은 국가 수준의 강한 구속력을 갖는 단일한 교육과정이 존재하지 않기 때문에 교과서에 출판사와 저자의 고유한 관점이 반영될 여지가 많다. 본 연구에서 살펴본 출판사 Key Curriculum Press의 교과서에 대하여 박경미 외(2002: 320, 323)는 수학적 개념을 풍부한 맥락과 더불어 실생활과의 관련 속에서 제시하는데 주안점을 두면서 주제 중심 전개방식을 따르고 있는 교재로 설명하고 있다. 그는 이러한 경향의 교과서가 미국 NCTM 규준집의 아이디어를 구현하고자 한 Core-Plus, UCSMP, IMP, STEM 등 최근 이루어진 대형 프로젝트 결과 출시된 교과서들과 그 맥을 함께 하며 이와 같은 유형의 교과서들이 점차 미국 교과서들의 주류를 이루는 추세라고 하였다.

Key Curriculum Press의 Statistics in Action에서는 표본표준편차를 "$s=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i-\overline{x})^2}{n-1}}$ (Watkins, Scheaffer, Cobb, 2005: 65)"으로 정의하고 편차의 제곱의 합을 표본의 크기 n으로 나누지 않고 $n-1$로 나눈 맥락에 대해 다음과 같이 설명하고 있다.

표본표준편차 공식에는 두 가지 종류가 있다. 표본의 크기 n으로 나누는 경우와 $n-1$로 나누는 경우이다(이를 각각 σ_n, σ_{n-1}로 나타낸

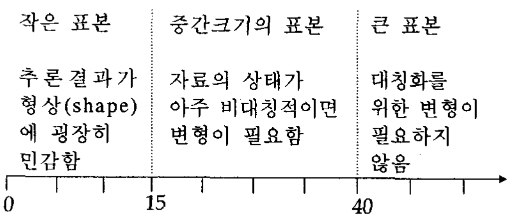
> 계산기도 있다). $n-1$ 로 나누면 n 으로 나눈 표준편차보다 약간 큰 값을 얻게 되며 이는 통계적 추론에 보다 유용하다... 당장은 n 으로 나누는 것이 보다 자연스럽게 보이지만 $n-1$ 을 사용해 보자... (Watkins et al, 2005: 65).

그런 다음 $n-1$ 로 나눈 표본표준편차가 통계적 추론에 보다 유용한 이유를 2, 4, 6으로 구성된 모집단에서 크기가 2인 표본을 추출하여 각각의 경우에 n 으로 나눈 표준편차와 $n-1$ 나눈 표준편차를 구한 후 이들이 실제 모표준편차와 어떤 차이가 있는지를 비교해 보도록 하는 연습문제를 통해 간접적으로 설명한다(Watkins et al, 2005: 283). 이론적 맥락보다는 구체적인 예를 통해 개념에 대한 정의를 도입하는 이러한 방법은 관찰과 실험 결과를 토대로 한 귀납적 사고를 학문적 근간으로 하는 통계적 접근법이라고 볼 수 있다.

Statistics in Action에서도 역시 모평균을 추정하기 위한 신뢰구간은 표본평균의 분포로부터 유도되기 때문에 도입 단계에서는 신뢰구간이 표본의 크기 n 과 모표준편차 σ 에 대하여 $\bar{x} \pm z\frac{\sigma}{\sqrt{n}}$ 으로 제시된다. 이 단계에서는 주어진 조건에 따라 모평균을 추정하기 위한 신뢰구간 자체를 구하는 것보다 신뢰도와 관련하여 구해진 신뢰구간이 갖는 의미를 보다 자세히 설명하는데 치중하고 있다.

> 신뢰구간의 신뢰도는 임의추출한 표본으로부터 얻은 신뢰구간이 실제 모평균을 포함할 비율을 나타낸다... 신뢰도는 추정한 결과가 적어도 얼마나 자주 옳은 결과가 될 것인지를 보여주기 때문에 중요하다...(Watkins et al, 2005: 487, 488).

모평균을 추정하는 두 번째 단계에서 실제 적용 상황에서는 모표준편차를 알 수 없음을 지적하면서 편차의 제곱의 합을 $n-1$ 로 나누어 얻은 표본표준편차 s 로 모표준편차 σ 을 대신할 수밖에 없다고 설명한다. 하지만 s 가 여전히 σ 보다 작아지려는 경향이 있기 때문에 모표준편차 σ 를 대신하여 s 을 사용하게 되면 신뢰구간의 너비가 줄어들게 됨을 지적한다. 이 교과서에서는 s 의 분포가 t 분포를 따름을 감안하여 모표준편차 σ 를 대신하여 s 를 사용하게 될 때는 정규분포와 관련된 계수 z 보다 큰 값을 갖는 t 분포와 관련된 계수 t 를 사용하도록 한다[9]. 표본의 크기와 관련해서는 "표본의 크기가 충분히 크면 s 의 분포가 정규분포에 가까워진다(Watkins et al, 2005: 504, 514)"는 설명을 제시하면서 다음과 같은 그림을 제시한다.



[그림 Ⅱ-1] t 계수 사용을 위한 15/40 규칙 (Watkins et al, 2005: 523)

이상에서 살펴본 바와 같이 Statistics in Action에서는 표본표준편차와 모평균의 추정을 전적으로 통계적 관점에서 다루고 있다. 이 교과서는 통계를 수학 교육과정의 한 영역으로 보다는 통계학 고유의 방식에 따라 통계 교육과정 자체로서 지도하고 있다고 볼 수 있다.

---

9) σ 를 알 때 : $\bar{x} \pm z\frac{\sigma}{\sqrt{n}}$, σ 를 모를 때 : $\bar{x} \pm t\frac{s}{\sqrt{n}}$ (Watkins et al, 2005: 505)

다. 영국 교과서의 예

본 연구에서 살펴본 Statistics 1은 SMP (School Mathematics Project)교과서들 중 하나로 표본추출(sampling)과 추정(estimation)의 기초를 지도하는 교재이다. 이는 16-19세의 학생을 대상으로 한 고급수준의 교재로서 수학적 능력과 함께 그 적용력을 길러주는 데 활용될 수 있다. 이 교재의 각 장은 실제적인 활동을 통해 새로운 아이디어를 개발할 수 있는 과제들로 구성되어 있다(SMP, 2005: iv).

Statistics 1에서는 모평균을 추정하는 신뢰구간을 7차 교육과정에서와 같이 표본평균의 분포로부터 유도한다. 그렇기 때문에 도입 단계에서는 신뢰구간을 구하는 공식에 모표준편차가 활용되며 관련예제 역시 모표준편차가 알려져 있는 경우가 다루어진다. 다음 단계에서는 모분산이 알려져 있지 않은 경우에 표본분산을 적절하게 변형하여 모분산의 추정값으로 활용해야 함을 설명한다.

> 표본분산은 모분산의 불편추정량이 아니다... 표본의 크기가 n인 표본의 표본분산을 s^2이라 할 때, $(\frac{n}{n-1})s^2$이 모분산의 불편추정량이다... s_n^2은 n개 자료값의 표본분산이고, $s_{n-1}^2 = \frac{n}{n-1}s_n^2$은 σ^2의 불편추정량이다(SMP, 2005: 83, 87).

표본분산 s_n^2이 모분산 σ^2의 불편추정량이 되지 못하는 이유는 그 엄밀한 증명이 교재의 수준을 넘어선다고 설명하면서 몇 개의 예시 문제를 통해 s_n^2, s_{n-1}^2, σ^2의 관계를 구체적으로 살펴보도록 한다(SMP, 2005: 83, 85-89). Statistics 1에서는 표본분산을 $s_n^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})^2}{n}$으로 정의하고, 모분산을 대신하여야 하는 상황에서는 그 불편추정량으로서 $s_{n-1}^2 = \frac{\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})^2}{n-1}$을 사용한다.

표본의 크기와 관련하여서는, "s_{n-1}^2이 모분산의 불편추정량이기는 하지만 n이 충분히 크면(예를 들어, $n>25$) s_n^2과 s_{n-1}^2사이의 차이를 무시하여도 될 만큼 작을 것이므로 모분산의 추정값으로 표본분산을 사용할 수 있다(SMP, 2005: 88)"고 설명[10]하고 있기는 하나 실제 문제를 해결할 때에는 표본의 크기가 5일 때부터 891일 때까지 모든 경우에 있어 s_n이 아닌 s_{n-1}을 활용함으로서 모표준편차의 추정값으로서 s_{n-1}의 가치를 중요하게 다룬다.

라. 논의

1) $n-1$로 나눈 식을 표본표준편차로 정의하는 방식에 대하여

2004년도 6월 한국통계학회 주최로 열린 '통계학과 발전방향과 중등교과과정에서 통계교육 문제'라는 주제의 워크샵에서는 통계학에서 모수의 추정량으로 다루어지는 표본분산의 의미를 강조하면서 대학 교양과정에서와의 혼선을 줄인다는 측면에서 편차의 제곱의 합을 $n-1$로 나눈 것을 표본분산으로 정의하는 것이 보다 바람직함이 논의된 바 있다(정경호, 2005: 119). $n-1$로 나눈 식을 표본표준편차로 정의하는 방식은 모표준편차의 추정량이라는 표본표준편차의 통계적 맥락을 보다 강조한 것으로 볼 수 있다. 표본표준편차를 $n-1$로 나누어 정의한 맥락의 이면에는 모표준편차를 모르는 실제 상황에서 그 적절한 추정량으로서 표본표준편차를 사용하고자하는 의도가 포함되어 있

10) 이는 표본표준편차로 모표준편차를 대신할 수 있는 상황에 대한 7차 교육과정의 유형 2의 설명에 해당한다.

다. 따라서 이 정의 방식을 따르고 있는 교재에서는 모평균을 추정하는데 모표준편차보다는 표본표준편차를 사용할 수 있도록 문제를 고안하는 것이 바람직하다.

이 정의를 따르는 경우, 일반적으로 표준편차는 편차의 제곱의 합의 평균에 대한 양의 제곱근으로 정의되기 때문에 '표본'표준편차에 대하여 특별히 $n-1$로 나누는 이유에 대해 적절한 설명이 필요하다. 이와 관련된 설명에는 여러 가지 수준의 차이가 있을 수 있다. 단순히 표본표준편차가 모표준편차보다 작아지는 경향이 있다는 언급만을 제시할 수도 있고, 미국과 영국 교과서에서와 같이 간단한 예를 통해 실제 계산을 거쳐 알아보게 할 수도 있다. 필요에 따라서는 앞 절에서 살펴본 것처럼 표본분산의 기대값과 관련하여 통계학적 증명을 제시할 수도 있다. 통계학적 증명은 현 교육과정에서 표본평균의 분포의 기대값이 모평균과 같음을 보이는 증명 상황과 본질적으로 다르지 않기 때문에 학생들에게 제시하는 것이 불가능하지는 않을 것으로 여겨진다.

2) 모평균의 추정에 표본표준편차를 활용하는 문제에 대하여

모평균을 추정해 보는 것은 모평균을 알 수 없기 때문에 의미가 있는 활동이며 모평균을 모르기 때문에 모표준편차 역시 알 수 없는 것이 논리적으로 타당하며 실생활에서도 이러한 경우가 대부분이다. 그러므로 모평균의 추정에는 모표준편차보다 표본표준편차를 활용할 수 있도록 하는 것이 통계적 도구의 의미있는 활용을 통한 실생활 문제 해결이라는 통계 교육의 목표에 비추어 볼 때 바람직하다. 이를 위해서는 모평균을 추정하기 위해 이론적으로 유도된 신뢰구간을 구하는 공식에서 언제 모표준편차를 표본표준편차로 대신할 수 있는지에 대한 설명이 필요하다. 영국 교과서에서처럼 s_{n-1}이 모표준편차의 불편추정량임을 강조함으로서 모표준편차를 알 수 없는 경우에는 항상 s_{n-1}을 사용하게 할 수도 있다. 또는 일본 교과서에서처럼 표본의 크기 n이 충분히 큰 경우에 표본표준편차로 모표준편차를 대신할 수 있음을 본문에 제시한 후 관련 예제에는 표본의 크기가 100이상인 경우를 다룸으로서 표본표준편차를 사용하여 모평균의 신뢰구간을 정돈할 수도 있다. 이렇게 할 경우, 표본의 크기 n이 충분히 크기 때문에 표본표준편차를 n으로 나누어 구한 것과 $n-1$로 나누어 구한 것 사이에 큰 차이가 없을 것이므로 표본의 크기 n으로 나누어진 식을 사용하여 표본표준편차를 정의하는 것도 무방할 것이다.

3) 표본의 크기가 30이상일 때 표본표준편차로 모표준편차를 대신하는 문제에 대하여

표본의 크기가 30이상일 때 표본표준편차로 모표준편차를 대신하는 것이 타당한 이유는 표본의 크기가 30이상일 때 표본표준편차가 모표준편차와 같기 때문이 아니라 표본표준편차와 모표준편차 간의 차이가 크지 않기 때문이다. 일반적으로 표본의 크기가 29로 작아진다고 하여 표본표준편차와 모표준편차 간의 차이가 확연히 커지지는 않을 것이므로 이때도 역시 표본표준편차로 모표준편차를 대신하는 것에는 무리가 없을 것이다. 따라서 모표준편차를 대신할 수 있는 상황을 '표본의 크기가 30이상인 경우에 가능하다'는 언급만으로 제시하는 것은 표본의 크기가 29일 때와 같이 기준이 되는 값 30보다 약간 작은 경우에 이를 어떻게 다룰 것인지에 대한 충분한 정보를 주지 못한다. 학생들은 이를 '표본의 크기가 31이면 표본표준편차로 모표준편차를 대신할 수 있지만 29일 때

는 그럴 수 없다'는 의미로 이해할 수도 있다. 이런 맥락을 고려하여, 표본표준편차로 모표준편차를 대신할 수 있는 상황을 구체적인 표본의 크기를 기준으로 제시하고자 할 때는 미국 교과서의 경우처럼 표본의 크기와 관련하여 그 추정 결과가 어떻게 변형될 수 있는지를 보여주는 [그림 II-1]과 같은 설명과 함께 제시할 수 있다. 또는 일반 통계학내에서 다루는 것처럼 <표 II-1>과 같은 추정계수표를 본문의 곁글로 삽입하여 문제의 맥락에 따라 학생들이 표본표준편차로 모표준편차를 대신할 수 있는 상황인지를 판단하고 이를 유연하게 활용하도록 할 수 있다.

III. 결 론

제 7차 교육과정의 '수학 I'과 '확률과 통계'에서는 표본표준편차가 수학적으로 각기 다르게 정의된다. 동일한 개념에 대해 이러한 정의의 차이는 여러 논의의 이슈가 되어왔으며, 통계적 관점에서 표본표준편차를 $n-1$로 나누어 정의하는 것으로 통일해야 한다는 의견도 있다. 그러나 현 교육과정에서 통계는 '수학' '교육'과정의 한 영역이기 때문에 표본표준편차의 통계적 성격만을 고려하여 그 정의를 n으로 통일하느냐 $n-1$로 통일하느냐를 결정하는 것만으로 이 문제를 충분히 논의하였다고 보기는 어렵다. 학교 수학에서 표본표준편차를 정의하는 문제는 표본표준편차가 갖는 통계적 의미의 분석과 더불어 학교 수학 내에서 모평균의 추정과 관련하여 표본표준편차가 갖는 수학적, 교수학적 의미에 대한 논의를 함께 필요로 한다. 이에 본 연구에서는 우선 모평균의 추정에 활용되는 표본표준편차와 관련된 몇 가지 이슈를 실제 교수 상황과 교육과정의 전개 방식을 통해 확인하였다. 다음으로는 학문적 지식으로서 표본표준편차의 개념적 특성을 분석하였으며, 일본과 미국, 영국 교과서의 표본표준편차에 대한 교수학적 변환 방식을 살펴보았다.

이 연구를 통하여 얻은 결론은 다음과 같다. 첫째, 현 교육과정에서 가르칠 지식으로서 표본표준편차는 수학 I과 확률과 통계에서 각각 다르게 정의되고 있으나 다른 정의 방식을 택하는 교수학적 의도를 파악하는 것이 쉽지 않다. 수학 I과 확률과 통계 모두에서 모표준편차를 활용하여 모평균을 추정하는 예제들이 다루어지고 있으나 모평균은 알지 못하고 모표준편차는 아는 문제 상황은 현실적으로 부자연스럽다고 볼 수 있다. 모표준편차를 알 수 없을 때는 표본의 크기가 30이상이거나, 충분히 큰 경우 모표준편차를 대신하여 표본표준편차를 사용할 수 있다는 언급이 교과서에 제시되어 있기는 하나, 표본의 크기 30과 관련된 전후 맥락에 대한 설명이 없어 모표준편차를 대신할 수 있는 양으로서 표본표준편차의 특성을 드러내는 데는 한계가 있다. 둘째, 학문적 지식으로서 표본표준편차는 표본의 표준편차임과 동시에 모표준편차의 추정량으로서의 역할을 한다. 표본표준편차의 이런 두 가지 측면 때문에 학문적 지식 내에서도 표본표준편차를 표본의 크기 n으로 나누어 정의한 후 모표준편차를 추정하는 상황에서는 표본표준편차에 적절한 보정계수를 덧붙여 $n-1$로 나눈 식 등을 사용하는 경우가 있다. 또는 모표준편차의 추정량으로서의 표본표준편차의 성격을 보다 강조하여 아예 표본표준편차를 $n-1$로 나누어 정의하는 경우도 있다. 셋째, 이러한 이유로 표본표준편차를 $n-1$로 나누어 정의하는 것은 모표준편차의 추정량으로서 표본표준편차의 특징을 보다 강조하는 정의 방식으로 볼 수 있다. 따

라서 이 정의 방식을 따를 경우에는 모평균을 추정하는데 모표준편차를 사용하기 보다는 모표준편차의 추정량으로서 표본표준편차를 활용할 수 있도록 하는 것이 바람직하다. 넷째, 모표준편차를 표본표준편차로 대신할 수 있는 상황은 표본표준편차의 정의 방식과 관련하여 설명하거나 표본의 크기와 관련된 전후 맥락을 보여주는 그림 또는 표를 통해 제시하는 것이 적절하다. 교과서 분량 등의 제한으로 이러한 그림이나 표를 교과서에 제시하는 것이 쉽지 않을 때는 교사가 이를 수업에서 보완하여 지도할 수도 있다. 이러한 그림이나 표는 학생들이 표본표준편차를 문제의 맥락과 관련하여 보다 유연하고 의미있는 통계적 도구로 사용하는데 도움을 줄 것이다.

참고문헌

고승곤 외(2003). **일반통계학**. 서울: 교우사.

고왕경 외(1992). **통계학개론**. 서울: 경문사

교육부(1997). **7차 수학과 교육과정**. 서울: 대한 교과서 주식회사.

교육인적자원부(2001). **고등학교 교육과정 해설(수학)**. 서울: 대한 교과서 주식회사.

____________(2004). **확률과 통계**. 서울: (주) 천재교육.

김경옥(1992). **고등학교 확률·통계교육의 현황 및 개선에 관한 실증적 연구**. 이화여자대학교 교육대학원 석사학위논문.

김병우 외(1994). **수리통계학**. 서울: 경문사.

김우철 외(1961). **통계학개론**. 서울: 영지문화사.

김재주 외(2004). **현대통계학**. 서울: 영지문화사.

박규홍 외(2002). **고등학교 수학 I**. 서울: (주) 교학사.

박경미 외(2002). 한국, 일본과 미국, 영국의 수학 교과서 비교. **학교수학, 4**(2), 317-331.

박정식 외(2004). **현대통계학**. 서울: 다산출판사.

박한식 외(1982). **수리통계학**. 서울: 교우사.

오우무라 히도시(2004). **통계를 알면 인생이 달라진다**. 서울: 자음과 모음.

우정호(1998). **학교수학의 교육적 기초**. 서울: 서울대학교 출판부.

______(2004). 인간교육을 위한 주요 교과로서의 학교수학. **수학교육학논총 26**, 1-20.

이강섭 외(2002). **고등학교 수학 I**. 서울: (주) 지학사.

이상복(2003). 한국과 일본의 고등학교 수학 교육과정과 확률통계 교육. **한국데이타정보과학회, 춘계학술발표논문집**, 57-64.

이수정(2000). **통계지도에 관한 고찰**. 서울대학교 대학원 석사학위논문.

이필영 외(1993). **통계학의 이해**. 서울: 법문사.

임재훈 외(2004). 다각형, 다면체, 면에 대한 교수학적 분석. **수학교육연구, 14**(1), 19-37.

임재훈 외(2002). **고등학교 수학 I**. 서울: (주) 두산.

장우식 외(1962). **수리통계학**. 서울 : 고려대학교출판부.

정경호(2005). 통계교육의 이해와 지도 방안. **용봉수학교육연구, 5**, 109-122.

정영진(1992). **수리통계학**. 서울: 희중당.

一松 信 外(1999). 高等學校 數學C. 東京: 學校圖書株式會社.

竹之內 脩 外(1999). 高等學校 數學C. 東京: 文英堂.

服部晶夫 外(1999). 高等學校 數學C. 東京: 東京書籍.

飛田武幸 외(1999). 高等學校 數學C. 東京: 啓林館.

戸川美郎 外(1999). 高等學校 數學C. 東京: 啓林館.

寺田 文行 外(1999). 高等學校 數學C. 東京: 桐原書店.

森 正武 外(1999). 高等學校 數學C. 東京: 旺文社.

松本幸夫 外(1999). 高等學校 數學C. 東京: 東京書籍.

石井 專一 外(1999). 高等學校 數學C. 東京: 數研出版.

Cobb, G. & Moore, D. (1997). Mathematics, statistics, and teaching, *The American Mathematical Monthly, Nov*, (pp. 801-823).

SMP (2005). *Statistics 1-foundations of sampling and estimation-*. UK: Cambridge University Press.

Vinner, S. (2003). 수학 교수-학습에서의 정의의 역할. (김인수 외, 역). **고등수학적 사고**, 87-107. 서울: 경문사.

Watkins, A., Scheaffer, R., & Cobb, G. (2005). *Statistics in Action*. USA: Key Curriculum Press.

A Didactic Analysis of Sample Standard Deviation

Lee, Kyung Hwa (Korea National University of Education)
Shin, Bo Mi (Gwangju Science High School)

Statistics education is considered within the mathematics curriculum and, thus, can be integrated into other areas of mathematics. However, statistical concepts and thinking skills have to be considered as very different from those of other areas. It is possible to make statistics more meaningful for the learner by making definitions or explanations of concepts in textbooks more clear and consistent. In 'Math Ⅰ' and 'Probability & Statistics' of the 7th curriculum, the definitions of sample standard deviation are different, which might confuse students.

In this study, firstly, some issues relevant to sample standard deviation concept are discussed through the analysis in terms of didactical situation and curriculum. Secondly, the characteristics of sample standard deviation concept as a scholarly knowledge are examined. Finally, the characteristics of didactic transposition of sample standard deviation concept in Japanese, American, and British textbooks are investigated and some suggestions are elicited.

* **Key words** : statistics education(통계교육), sample standard deviation(표본표준편차), curriculum(교육과정), textbook(교과서), didactic transposition(교수학적 변환)

논문접수 : 2005. 9. 4
심사완료 : 2005. 11. 1