

미국의 통계소양교육 분석을 통한 우리나라 교사교육 방향의 탐색

김정란¹⁾ · 김응환²⁾

본 연구에서는 미국의 통계소양교육에 관한 내용과 우리나라 2015교육과정 수학교과에서 반영한 통계소양 성취를 위한 교육환경을 분석하였다. 이 분석 연구를 통해 미국과 우리나라는 사회적 교육적 환경의 차이점이 있음을 발견할 수 있었다. 이를 바탕으로 우리나라 수학교사들에게 통계교사교육 방향의 전환이 시급함을 발견 할 수 있었다. 첫째, 통계교육은 우선 교사가 수학과 통계학의 차이를 분명히 인식하는 것이 필요하다. 그리고 통계교육의 방법과 평가영역에서도 특별한 변화가 필요하다. 질차적 계산을 질문하는 것과 함께 개념과 과정을 이해했는지도 물어야 한다. 또한 통계적 사고를 할 수 있는지 그리고 통계적 문제해결방법인 ‘문제구성-데이터수집-분석-결과해석’ 과정으로 프로젝트를 수행할 수 있도록 하는 교사교육이 필요하다.

둘째, 현재는 예비수학교사들이 임용교사라는 확률론 중심의 이론적 시험에 합격해야하는 필요에 의해 이론 공부에 치중하고 있다. 그러나 학교수학에서는 확률론 영역의 이론 강조도 중요하지만 자료 분석을 기초로 한 문제해결과정인 통계적 사고력 신장에 초점이 맞추어져야 하는 것이 더 중요하다고 생각한다. 특히 학교수업을 통해 학생들에게 미래에 필요한 통계소양을 지식으로 습득할 수 있도록 지도할 수 있는 수학교사들의 전문성향상을 위한 통계교육담당 수학교사로서의 직업교육의 준비가 되어 있어야 함을 탐색하고 제안하였다.

주요 용어: 통계소양교육, 교사교육, 통계교육과정

I. 서론

데이터 기반 의사결정이 강조되는 빅 데이터 시대에서 통계소양(statistical literacy)은 시민에게 필요한 교양이다. 사회에서 접하는 숫자들 예를 들어, 시청률, 사망률, 암 발생률, 경제성장률, 대선후보 지지율, 내일 비가 올 확률 등의 숫자들은 대부분 통계이다. 일상 속에서 다양한 분야에서 수없이 쏟아내는 통계는 우리에게 주어진 문제해결에 도움이 되기도 하지만 독이 되기도 한다. 이것을 극복하기 위한 통계소양이라 함은 한 시민으로써 일상생활 속 숫자들로 나타나는 통계들을 이해하고 해석할 수 있어야 한다. 또한 비판적 평가와 함께 타인과 소통할 수 있는 능력을 의미 한다.(Gal, 2000; Watson, 2006).

* MSC2010분류 : 97C10

1) 통계청 (jrkim67@naver.com)

2) 공주대학교 (yhkim@kongju.ac.kr), 교신저자

Franklin은 GAISE(Guidelines for Assessment and Instruction in Statistics Education)에서 통계소양을 문제해결 과정으로 「문제인식-데이터수집-데이터분석-데이터해석」의 통계적 사고방식 모형/framework)으로 정의하였고(Christine A. Franklin, et al, 2007), 시민이 통계소양을 갖추기 위해서는 삶을 준비하는 단계인 학교교육에서부터 시작되어야 하고 교사가 매우 중요하다(Christine A. Franklin, et al., 2015)고 강조하였다.

김응환(2004)은 학교수학에서의 통계교육 개선방향의 초점을 학생들의 통계문맹을 어떻게 해결할 것인가에 대한 주제로 개선 방향을 논의 제시하고 있다. 방정숙(2008)은 통계교육을 위한 초등학교 제 7차 수학과 교과서를 분석을 통하여 그래프의 이해와 익힘책의 내용을 분석하고 있다. 특히 이종학(2011)은 예비교사들의 통계추론에 대한 능력으로 귀납적 추론과 직관적 사고에 대한 논의를 하고 있다. 고호경과 손복은(2012)은 PISA와 TIMSS의 국제 성취도 평가에 기초한 중학교 확률과 통계 문항내용에 관한 연구 분석을 통하여 우리나라의 확률통계 영역의 효율적인 교수학습방법에 대하여 논의하고 있다.

특히 최근에 우리나라는 2015개정 수학과 교육과정(교육부, 2015)에서 처음으로 통계영역 성취 기준으로 통계소양을 제시하고 있다. 이 목적을 달성하는 데에 가장 중요한 요인은 통계학적 소양을 갖춘 교사가 미리 준비되어야 하고 이들을 통해 학교교실에서 학생들에게 통계적 사고방식이 전달되어야 한다. 곧바로 학교현장에서 이 통계소양을 지도할 교사교육을 어떻게 실천해야 하는가에 대한 가이드라인 준비가 필요할 때이다.

미국은 통계소양 교육 가이드라인을 수학자, 통계학자, 수학교육자, 통계교육자와 함께 통계학회(ASA, The American Statistical Association)에서 2007년 GAISE와 2015년 SET(Statistical Education of Teachers)을 개발하였다. 이는 교실에서 통계학을 가르칠 초-중-고 교사를 준비시킬 목적이 있다. 특히 수학교과에서 통계교육을 다루기 때문에 수학교사는 통계학과 수학 간의 차이점을 분명하게 인식하도록 '통계적인 시각에서 수학적 실천'을 다루고 통계적사고의 평가요소를 다루고 있다.

미국은 학교교육에 통계소양 교육을 도입하는 데 100년의 기간 동안 노력해 왔다. 이러한 미국 사례의 탐색은 우리나라 2015교육과정의 실행과 예비교사와 현직교사의 교사 직업교육 준비를 위해 통계교사교육의 방향 탐구의 연구는 그 의의가 크다고 생각한다.

II. 연구 절차

본 연구의 절차로는 미국의 학교 수학교육과정의 통계소양교육 도입의 역사와 특징을 살펴보고, 한국의 학교수학(school mathematics)에서 통계소양을 준비하기 위한 교사교육의 현황과 문제점을 논의하고, 새로운 방향을 도출하고자하는 연구주제로서 그 내용은 다음과 같다.

1. 미국 학교 수학교육과정의 통계소양교육

미국은 통계소양교육과 통계적인 사고력신장 교육을 도입하는 데 100년의 노력을 기울여 왔다. Scheaffer and Jacobbe(2014 ; SET, 2015)에 의하면 미국은 1920년대부터 오늘에 이르기까지 통계적 사고력 신장에 관한 사회현장의 요구가 있어왔다. 그리고 그 요구를 학교교육에서 제도적인 측면과 함께 어떻게 반영할 수 있는가 하는 노력들이 국가, 관련학회, 학자 및 교사들에 의하여 지속적으로 이루어져 왔다.

2. 한국의 통계소양을 준비하기 위한 교사교육

우리나라에서는 전통적으로 수학과 교육과정에서 통계소양을 지도해 왔다. 2015년 수학과 교육과정을 중심으로 수학교과교육에서는 새롭게 통계소양교육에 대한 여러 가지를 탐색 조사하고 그 실행에 대하여 주문하고 있다.

3. 연구목적과 연구주제

본 연구에서는 미국의 통계소양 교육 분석을 통한 한국의 통계 교사교육 방향의 탐색의 연구를 통해 우리나라의 통계영역의 교사교육에 적용할 수 있는 시사점을 탐색하고 방안을 도출해 보고자 한다.

Ⅲ. 문헌연구

1. 미국 학교교육에서 통계교육의 역사

미국 학교 수학 교육과정에 통계소양 및 통계적인 사고를 도입하기 위하여 국가, 관련학회, 학자 및 교사들의 100년의 노력을 기울여 온 통계교육 역사를 살펴보았다(Scheaffer and Jacobbe, 2014; SET, 2015).

가. 1920-1950년대 : 초창기

1920년대 농경사회에서 산업사회로 변화되었고 산업 현장 특히, 제조업에서 제품의 품질 관리가 도입되면서 기초적인 통계학 지식을 요구하였다. 학교 수학 교육과정에서 좀 더 생활에 유용하도록 구조와 내용을 변화시켜야 한다는 의견이 지속적으로 제시되었다.

1923년 수학회(MAA, Mathematical Association of America; National Committee on Mathematical Requirements 1923)는 「중등교육에서 수학의 재구조화-The Reorganization of Mathematics in Secondary Education」 보고서에서 7-9학년에 통계학이 포함되어야 하고 대수(algebra) 중심 보다 기초적인 통계학을 고등학교 교육과정에 포함해야 한다고 제안하였다. 수학교육이 변화해야 한다고 주장한 이들은 수학자와 수학교육자였고, 통계학에 대한 그들의 제안은 대부분 수리적인 것과 확률이었다. 하지만 이 그룹 가운데 학교 교육과정 개정 토론회에 참가한 첫 통계학자 Walker³⁾는 사회발전에 도움이 되는 학문으로써 통계학 즉, 양적 연구방법론을 인식하고 있었고, 통계학은 고등 교육과정에 필수적으로 포함해야 한다고 강조했다(Walker, 1931).

2차 세계대전과 그 여파는 연구와 교육에서 통계학에 영향을 미쳤다. 국립연구의회(NRC, National Research Council)의 응용수리통계위원회(Committee on Applied Mathematical Statistics)는 고등학교와 대학에서 통계학 수업이 더디게 발전하는 이유로 준비된 교사가

3) Helen M. Walker(1891~1983) 콜롬비아 대학교 사범대학 교수(1925-1957), 교육과 교육연구에 통계학 분야 공헌, 통계학회 첫 여성회장(1944), 교육연구회장(1949-1950)

부족하기 때문이라고 평가했다(NRC, 1947, p.17). 학교 교육과정에 통계학을 추가하고자 하는 노력들이 있었을지라도 한계가 있었다. 하지만 지속된 노력의 효과는 1950년대에 나타나기 시작했다. 1955년에 대학입학시험이사회 (CEEB, College Entrance Examination Board)는 수학위원회에 “중등교육에서 대입 수학 프로그램을 개선하라”(p.1)고 지시했다. 위원회는 다음 내용을 보고했다.

통계적 사고는 일상의 일부분이다. 그리고 고등학교에서 통계적 사고를 소개하는 것은 연역적 사고를 확장할 것이다. 숫자, 도수분포표, 평균, 중앙값, 범위, 사분위 들은 9학년에서 다루어져야 한다. 확률 개념에 대한 평가는 나중에(12학년)에 도입해야 한다 (CEEB, 1959, p.5).

통계학을 가르치는 것에 적극적인 관심이 있었던 위원회 멤버 Mosteller(대학 통계학 교수), Rourke(고등학교 수학교사) 그리고 Thomas(대학 수학교수)는 고등학교 통계학 교육 교재로 “Introductory Probability with Statistical Applications: An Experimental Course(1957)⁴⁾” 을 개발했다.

나. 1960년대 : 데이터 혁명

1960년대는 경쟁과 컴퓨터의 도래로 통계학의 실천에서 데이터 혁명이라는 흥미로운 변화로 나타났다. 1968년 미국 통계학회 회장 Mosteller 는 “통계학과 확률” 교육과정을 위해 NCTM(National Council of Teachers of Mathematics)과 연합위원회를 설립 했다. 이 위원회는 고등학교 통계학 내용을 확률에서 데이터로 변화시킬 교재 Statistics: A Guide to the Unknown 를 개발했다. 이 책은 시민과 학생, 교사를 위해 에세이 형식으로 저술되었고 실생활에서 통계와 확률 적용이 중요함을 다루었고, 실제 데이터를 이용해 학생들이 모형을 설정하고 데이터 탐색과 도구(technology)를 통해 분석하는 실용 예제를 제공했다. 이 기간 동안 John Tukey(프린스턴 대학교 통계학 교수)는 통계학을 수학기론에서 벗어나 데이터 분석으로 더욱 발전시켜 현대에도 사용하고 있는 데이터분석 절차들을 만들었다. ASA-NCTM 연합위원회는 Mosteller 의 영향 하에 데이터분석에 대한 Tukey의 접근을 받아들이고 그러한 접근을 학교에서 사용하기에 적합한 교재 개발을 진행하였다. Mosteller 와 Tukey의 노력과 상용화된 컴퓨터는 향후 40년 동안 학교 교육에서 통계학의 성공으로 이끌었다.

4) Introductory Probability with Statistical Applications

- I. The nature of probability and statistics
- II. Organization and presentation of data - the frequency distribution
- III. Summarizing a set of measurements - the mean and standard deviation
- IV. Intuitive approach to probability
- V. Formal approach to probability
- VI. The law of chance for repeated trials - the binomial distribution
- VII. Applications of binomial distribution
- VIII. Using samples for estimation - sampling from a finite population
- IX. (Supplementary) The laws of uncertainty - probability distributions
- X. (Supplementary) Relations between two variables - fitting a straight line

다. 1970-1990년대 : 완벽하진 않지만, 발전기

40년 동안의 활동들이 성공적이었다 할지라도 “모든 이들을 위한 통계적 사고” 수준에는 도달하지 못했다. 1970년대 CBMS(Conference Board of the Mathematical Sciences)는 현 상태를 살펴보기 위해 NACOME(National Advisory Committee on Mathematics Education)을 조직하였고, 위원회는 통계교육을 “확률 수업은 어느 정도 발전이 되어왔지만 통계학 수업은 땅에서 이룩한 수준이다”로 평가했다(NACOME, 1975, p.45). 통계학은 시민들의 삶에서 중요하기 때문에 더 관심을 가져야 한다고 보고서는 강조하였다.

숫자로 된 정보가 어느 곳에서나-신문, 잡지, 라디오, 텔레비전- 설명될지라도 많은 사람들은 그러한 정보를 비판적으로 받아들이고 효과적으로 사용하기 위한 훈련을 가져야 한다(NACOME, 1975 p.45).

통계학을 가르칠 때 “학문간 주제로써 통계학을 강조하고 수학에서 흥미 있는 예시에 통계를 사용해라, 그리고 다양한 조건을 결합하기 위해 통계학을 다루는 독립된 과목을 개발하라” 라고 제안했다(NACOME, 1975, p.47).

1980년대 NCTM은 수학교육과정 기준 및 실천에서 통계학 용어를 사용하지 않고 활용할 수 있는 통계적인 주제를 포함하도록 하였다. 예를 들어, 문제해결 단원에서 정보를 수집하고, 조직화하고, 해석하는 방법에 대해; 데이터로부터 추론을 도출하고 검증하고; 결과를 공유하는 것을 강조했다. 기술(descriptive) 단원은 계량적인 정보들을 처리하는 활동들, 데이터를 수집하고, 데이터를 구조화하고 기술하고, 데이터를 해석하고, 데이터로부터 추론을 도출하고 예측하는 활동들이 증가되어야 한다고 강조했다. 통계학에 관한 관심 증가와 성과는 국립과학재단(NSF, National Science Foundation)으로부터 ASA-NCTM 연합 프로젝트(QLP, Quantitative Literacy Project)예산을 지원받았다. 프로젝트 결과, 4권의 책을 개발⁵⁾하였고, 국가 주도의 워크숍을 많이 개최하였다(Scheaffer, 1989 and 1991). 개발된 책은 변혁을 시도한 것은 아니지만, 교재로 채택이 되었고 워크숍은 교사와 수학교육자에게 긍정적으로 영향을 주었다. 또한 이듬해 초중 대상 수학교재 개발⁶⁾을 위해 추가로 예산을 받게 되었다. 1989년 NCTM에 의해 '통계와 확률(Data Analysis and Probability)' 영역이 수학의 다섯 영역 중의 하나로 기준이 만들어졌다(Curriculums and Evaluation Standards for School Mathematics). 이 기준은 2000년 Principles and Standards for School Mathematics로 개정되었고, 많은 주(state)에서 수학교과 개혁에 활용되어 통계학을 채택하거나 관심을 갖게 되었다.

1990년대까지 NRC의 수리과학교육이사회 (MSEB, Mathematical Sciences Education Board)는 학교 수학 교육과정에 통계학이 더 많이 포함될 수 있도록 강력하게 조정하였다.

학생들이 일상생활뿐만 아니라 직업을 위해 수학적으로 더 잘 준비되려면, 초등 수학에서 계산보다 실질적인 주제의 문제를 포함하여야 한다.

5) Exploring Data, Exploring Probability, The Art and Technique of Simulation, Exploring Surveys and Information from Samples

6) Connected Mathematics Project; Investigations in Number, Data, and Space

...데이터분석...데이터 수집, 조직화, 표현, 해석을 포함해야 하고, 통계표와 그래프를 구성하고, 분석과 예측을 목적으로 데이터를 사용하는 것을 포함한다.

... 확률... 단순한 실험과 데이터 수집을 소개한다..(MSEB, 1990, p.42)

중등교육 수학에서는 수리과학의 전체적인 흐름을 소개해야 한다... 데이터분석, 확률과 표본분포, 추론적 사고...(MSEB, 1990, p.46)

1990년대는 데이터 분석에 관하여 주(state)의 표준화된 교육과정 발달이 빠르게 이루어진 기간이었다. NSF는 AP Statistics 및 통계학에 관한 교사 증진과 교재개발 프로젝트를 지원하였다. 이후 AP Calculus committee 는 수리과학 고등과목으로 AP Statistics를 개발하였다(Roberts, 1999). AP Statistics 과목 승인이 지연되었는데 그 이유 중의 하나는 고등학교에서 이 과목을 가르칠 교사가 없었다. 다행히 QLP에서 리더 이었던 교사들이 AP Statistics 교사가 되는데 지원하였고 교사준비를 위해 워크숍을 개최하였다. 그러나 이 과목이 지속적으로 대중화되기 위해서는 효과적으로 가르칠 더 많은 양질의 교사가 필요했다.

라. 2000년대 : GAISE, SET 개발

1980년대 QLP를 통한 통계교육의 강조는 1990년대에 AP Statistics 로 정착되었다. CBMS(Conference Board of the Mathematical Sciences, 2001)는 학교 교육 PreK-12 통계교육 재검토를 통해 수학교사가 알아야 하는 것과 어떻게 그것을 알아야 하는 지를 안내하는 MET(The Mathematical Education of Teachers)를 만들어 어느 정도 체계가 정비되었다. ASA는 2007년 GAISE를 개발하게 되었고, 통계학자와 수학교육자의 실행이 있었다. 대부분의 주(state)에서는 통계학 교육과정을 수정하는 데 GAISE를 사용하였다. GAISE의 주요 목적은 학교교육에서 통계소양이 어떻게 성취될 수 있는가에 대한 지침이다. 주요한 성취목적 중 하나는 수학과 통계학의 차이를 분명하게 구별할 수 있는 것이고 다른 하나는 통계학습을 통해 이차원 구조를 작성할 수 있는 것이다. NCTM 이나 각 주(state)의 학년별로 나타난 규준과 다르게 GAISE의 특징은 학생들 발달은 오로지 학생들의 경험에 기초한다는 것이다. 또한 GAISE의 구성은 학생들이 완성해야 하는 주제 나열로 정의되어 있지 않고 학생들의 지식수준에 따라 발전되도록 네 가지 주요 요소-문제 구성, 데이터 수집, 데이터 분석, 결과 해석-로 통계적인 사고가 구현될 수 있도록 하였다. Franklin은 GAISE 개발로 교사들에게 데이터분석 실천 방법을 제시했다(Franklin et al., 2007, p.5).

2010년 대부분의 주(state)는 CCSSM(Common Core State Standards for Mathematics)을 채택하였다. GAISE는 CCSSM 통계학 규준에 기초가 되었다. 2012년 CBMS는 CCSSM 실행을 위해 MET II 를 제작하였으며, 최근 10여 년간 변화된 교육 방향이 반영되었다. 2015년 미국 통계학회는 교사를 위해 MET II를 구체화 한 SET를 제작하였다. 여기에서 Franklin은 학생들이 통계적 사고방식을 갖도록 가르쳐야 하는 교사의 중요성을 더욱 강조하였고, 교사가 알아야 할 통계학과 수학의 차이점, 초-중-고 통계교육 내용, 절차적 계산보다 통계적 사고를 평가할 수 있는 문제를 예시로 설명하였다.

마. 에필로그

미국에서 거의 100년 이상을 학교교육에서 통계학을 교육과정으로 포함시키려는 시도에 대해 혹자는 “왜 수학에서?” “왜 학교교육에서?”라고 질문할 수 있다. 이러한 질문에 대해, 많은 이들이 제안해 온 것으로 통계학은 사회과학 혹은 과학의 일부가 될 수 있다는 것인데 이들 학문에서 통계학은 가장 유용하게 사용된다는 것이었다. 수년 동안 그러한 시도가 있어왔지만 몇 개의 통계기법만 사용되었고 일반적인 통계적 사고는 아니었다. 최근 많은 수학자와 수학 교육자는 수리과학(mathematical science)의 매우 중요한 부분으로 통계학을 받아들이기 시작했다. 이유는 실생활 문제에 적용하기 위해 응용수학과 귀납적 추리과정이 강조되고 있기 때문이다. 정보화 시대를 넘어 빅 데이터 시대에 통계적인 사고는 그들이 대학을 가는 것과 상관없이 모든 사람들의 학습에서 일부분이어야 한다. 개인습관처럼 통계학적 사고도 핵심이 되기 위해서는 학교 교육에서 학습이 지속되는 동안 실천적 경험이 유지되어야 한다.

통계학은 방법론 학문이다. 통계학은 독자적으로 존재할 수 없으며 데이터를 다루는 학문에 밀접하게 연결되어 아이디어와 도구를 제공한다. 그러한 학문의 요구는 어디에나 존재하는 변동 혹은 변동성(variability)에서 발생한다.(Moore and Cobb, 1997)

통계적인 방법들은 수(numbers) 뿐만이 아니라 논리(logic)에 관한 것이다. 이러한 이유 때문에 현대 삶에서 광범위하게 영향을 미칠 수 있다. 통계학은 모든 학습자 속에 녹아 들어가야 한다. 이를 성취하는 것은 앞으로 다가올 10년을 위한 통계학의 가치이다 (Porter, 2001, p.64).

2. 통계학과 수학의 차이점 인식

SET와 GAISE에서는 교사와 학생들이 통계학과 수학의 차이를 인식해야 한다고 강조한다. 수학교과에서 통계학을 교수-학습하기 때문에 통계소양을 가진 통계적사고방식이 기계적인 계산으로 흐르는 것을 경계한다. 수학이 통계교육에서 중요하지 않다거나 통계교육이 수학교육의 일부분이 아니라고 논쟁하려는 것이 아니다. 다만, 통계적인 문제를 구성하고 데이터수집 설계 및 데이터탐색 그리고 결과해석이 통계소양 기반 하에서 학생들에게 내재화되고 삶에서 실천되도록 통계교육에서 강조되기를 기대하는 것이다.

통계학과 수학의 차이를 인식해야만 그 때 비로소 교육방법의 패러다임을 변화시키고자하는 동력을 얻을 수가 있게 된다. 여기서는 구체적으로 변동(variability), 맥락(context) 그리고 확률(probability)이라는 통계용어에 대한 측면에서 통계학과 수학의 차이를 살펴보았다.

1) 변동(variability)

데이터에서 발생하는 변동은 측정(measurement)에서 혹은 자연적(natural)으로 혹은 귀납적 추론(induced)이나 표본(sampling)에서 나타난다(Utts, 1999).

측정 변동 - 동일 대상을 반복적으로 측정한다고 할 때 변동이 발생할 수 있다. 측정도구에 의해 혹은 측정체계가 바뀐다거나 하는 다양한 이유가 있을 수 있다. 실생활에서 우리는 혈압을 반복적으로 측정해 보지만 값이 다르게 나오는 상황을 종종 경험한다.

자연적인 변동 - 변동은 어디에나 존재한다. 개개인은 다르다. 키, 태도, 능력, 의견, 감정 등도 다르다. 동일한 씨를 뿌려서 수확하지만 콩의 크기와 모양 등은 동일한 환경일지라도 다르게 나타난다.

귀납적 변동 - 콩을 재배한다고 가정하면, 기후가 서로 다른 지역에 씨를 뿌렸다고 했을 때 재배된 콩은 다를 수 있다. 그 원인은 본질적으로 가지고 있는 변동일 수도 있고 기후가 다른 원인일 수도 있다. 혹은 재배자의 영향일 수도 있다. 그래서 효과가 나타나게 하는 요인이 무엇인지 알기 위해서는 매우 주의 깊은 실험설계가 필요하다. 통계학의 핵심아이디어는 본질적으로 나타나는 변동 대비 요인에 의해 나타나는 변동을 비교하는 것이다.

표본의 변동 - 여론조사에서 임의의 후보자에 대한 전체 지지율을 알고 싶을 때 일부를 조사한 지지율을 통해 설명하려고 한 것은 매우 합리적으로 보인다. 하지만 동일한 표본크기로 두 번째 조사를 해서 나온 지지율은 첫 번째 조사한 지지율과 같지 않다. 이 지지율은 표본에 따라서 달라지는데 이를 표본 때문에 발생하는 표본변동(sampling variability)이라고 정의한다. 여론조사의 결과는 신뢰할 만한 방법과 적절한 표본크기가 타당해야만 유용한 가치가 있다.

2) 맥락(Context)

“통계학에서는 데이터가 숫자(numbers)가 아니고, 맥락을 갖는 숫자이다” 라는 사고의 차이가 수학과 구별된다고 설명한다. 수학에서 맥락은 구조가 모호하지만 데이터분석에서 맥락은 의미(meaning)를 갖는다(Moore and Cobb, 1997).

많은 수학문제들이 맥락을 적용하는 것에서 시작하지만 그 맥락은 수학적 패턴으로 나타날 때 사라지게 된다. 수학자와 마찬가지로 통계학자도 패턴을 살펴보지만 패턴의 의미가 맥락에 종속된다.

예를 들어, 우리는 신문이나 기타 매체에서 경제부문에서 주로 다루는 10년간의 주가지수 변동에 대한 그래프를 보게 된다. 투자자는 시간에 따라 주가지수 변동이 올랐는지 내렸는지 또한 짧은 기간 동안에 급락 혹은 급등하였는지에 관심이 있다. 맥락적으로 그래프는 많은 질문을 만들어낸다. 투자자는 언제 어떻게 왜 급락 급등이 나타나고 시장상황에 어떻게 영향을 미치는 지 관심이 있다. 이 그래프에 대해 시간은 X로 주가지수는 Y로 나타내보자. 그러면 시간과 주가지수가 사라진 수학적 그래프로 되고 내용이 사라져 흥미가 떨어지게 된다.

3) 확률(Probability)

확률은 통계분석에서 중요한 역할을 하지만 통계적 사고에서는 비난을 받는 역할이다. 수학에서 확률 사용과 통계학에서 확률은 서로 다른 접근일 뿐만 아니라 의미도 다르다. 통계교육에서 확률은 공리적 계산중심이 아닌 데이터분석에 필요한 도구로써 개념적 이해가 가능한 정도로 이용해야 한다. 예를 들어 살펴보자.

<예제1> 동전은 “공정(fair)” 하다고 가정한다.

Q: 동전을 5회 던진다면, 얼마나 많은 앞면이 나타날 것인가

<예제2> 당신은 동전을 집어들었다.

Q: 동전은 공정한가

<예제1>은 수학적 확률 문제이고 <예제2>는 통계적 확률이다. <예제2>의 답을 찾기 위한 도구로 <예제1>의 수학적 확률 모형을 사용할 수 있다. <예제1>의 답은 동전이 공정하다는 가정 하에서 출발한다. 동전을 랜덤하게 던져 나타날 수 있는 앞면의 개수는 논리적 연역(deduce)에 의해 0, 1, 2, 3, 4, 5 이다. <예제2>는 동전이 공정한지 공정하지 않은지를 모른다. 시작은 공정하지 않은 것을 전제로 한다. 답을 찾기 위해 동전을 던져 무엇이 나타나는 지 관찰하는 실험을 한다. 5회씩 동전을 던져 앞면의 숫자를 기록한다. 반복적으로 이 과정을 100번 실시한다. 누적된 100번의 앞면 개수의 빈도를 <예제1>의 수학적 모형 값과 비교한다. 만약 실험에 의한 경험적 빈도가 공정한 동전에서 기대되어지는 수학적 모형 값과 차이가 많이 나타난다면 이는 동전 던지는 임의의 변동으로 인한 원인이 아닌 것이다. 따라서 동전은 공정하지 않다고 결론 내린다. 이 경우를 우리는 실험결과로부터 도출된 일반적인 결과로 귀납적(induce)추론 이라고 한다. 확률이론은 동전을 한번 던지는 것을 의미하지 않는다. 50번, 100번, 1000번 등 동전을 던지는 실험횟수가 증가하면 할수록 <예제1>의 수학적 모형 값으로 수렴한다. 확률은 동전을 무한히 던졌을 때 기대되어지는 결과이다.

3. 통계교육 내용

통계적 사고방식을 개발하기 위해 학교교육에서 다루어야 할 통계교육 내용을 살펴보았다. 이들 통계교육 목적을 성취하는 데는 ‘문제구성-자료수집-분석-해석’의 통계적 문제해결 과정을 적용할 수 있는 실생활 주제를 다루도록 권고 한다. 초-중-고 통계교육을 통해 학생들은 일변량에서 이변량으로 통계적 사고를 확장할 수 있도록 하고, 범주형 데이터 및 수치형 데이터로부터 탐색 및 요약할 수 있도록 구성한다. 추론은 교실수준에서 출발하여 교실수준을 넘어 추론을 확대해 가며, 변수들 간의 관계를 모델화(modeling)할 수 있기를 기대한다. 본 절에서 소개하는 통계교육 내용은 교사 또한 어느 수준의 통계 지식과 소양을 갖추어야 하는가를 알 수 있게 한다. 교사는 학생들이 상위 학교 급에서 무엇을 배우는지 알고 있어야 하며, 그러한 개념을 소개할 수 있어야 한다고 권고한다(SET, 2015).

ASA의 GAISE 프레임, NCTM의 ‘Principles and Standards for School Mathematics’, CCSSM의 기준을 살펴보면 학교교육에서 다루어야 할 내용은 다음과 같다.

초등교육에서는 기초적인 데이터 탐색을 다루도록 한다. 다음은 이를 위한 성취목적이다.

- . 통계적인 문제를 구성하는 것이 무엇인지 이해한다.
- . 학생들이 관심가진 주제로 교사가 제시한 통계적인 문제를 어떻게 탐색할 지 안다.
- . 두 처치를 비교하기 위해 단순한 실험설계를 하고 데이터를 수집하기 위해 교실에서 조사를 실행한다.
- . 범주형 자료와 수치형 자료를 구분한다.
- . 데이터를 정리, 분류, 조직한다.
- . 데이터의 변동을 이해한다.
- . 데이터의 분포 개념과 그 분포의 핵심 특징을 어떻게 기술하는 지 이해한다.
- . 표, 그림, 그래프, 수치요약으로 분포를 어떻게 표현해야 하는 지 이해한다.
- . 두 분포를 어떻게 비교하는 지 이해한다.
- . 두 변수 사이의 관계를 알기 위해 데이터를 이용한다.
- . 교실 수준에서 만들어진 데이터로부터 교실 수준을 넘어 추론을 하고자 할 때 추론의 범위와 한계 그리고 어떻게 분석/추론해야 하는 지 이해한다.

중학교에서는 이변량 데이터의 탐색을 다루고, 단순한 확률화 과정과 비형식적인 추론을 다룬다. 통계교육의 목적은 다음과 같다.

- . 통계적인 문제 해결에서 변동성의 역할을 이해한다.
- . 수량적인 요약과 그래프를 이용해 일변량 데이터 탐색과 요약한다.
 - 범주형 데이터의 도수, 상대도수, 최빈수
 - 양적인 데이터의 중심값과 변동성 측정
 - 범주형 데이터의 막대그래프
 - 양적인 데이터의 점도표, 히스토그램, 상자그림(boxplots)
- . 이변량 데이터의 관계를 탐색, 요약한다.
 - 범주형 이변량 데이터의 교차표
 - 양적인 이변량 데이터의 산점도
- . 확률화 과정 탐색과 확률 이해
 - 시뮬레이션을 통해 결과치의 무한 상대도수가 확률임을 이해
- . 모집단에 관한 추론, 확률추출, 확률 간의 관계를 이해한다.
- . 두 데이터 분포를 비교하고 두 모집단 차이를 비형식적으로 추론한다.

고등학교에서는 정규모형(normal model)과 단순선형모형을 다루고, 확률화 설계 및 통계적 유의수준(statistical significance), 오차 등을 다룬다. 통계교육의 목적은 다음과 같다.

- . 정규분포를 포함해서 범주형과 수치형 일변량 데이터를 탐색하고, 요약하고, 해석한다.

- . 도수와 상대도수가 있는 이차원 표를 기초로 범주형 이변량 데이터를 탐색하고, 요약하고, 해석한다.
- . 산점도(scatter plot)를 이용해 이변량 데이터의 관계를 탐색한다.
- . 수치형 이변량 데이터를 이용해 단순선형모형을 구성하고 해석한다.
- . 통계적인 추론을 위해 확률화 설계 규칙을 이해한다.
- . 불확실성을 어떻게 해석해야 하는지를 알기 위해 조건부 확률을 포함한 확률원리를 이해한다.
- . 변수들 간의 관계를 모형화 한다.

4. 평가

많은 교육은 직접적이든 간접적이든 평가에 의존하는 경향이 있다(박경미, 김동원, 2011). 평가를 통해 교사가 학생들에게 가르치고자 하는 내용을 잘 이해시켰는지 효과적이었는지 확인할 수 있다. 만약 시험에서 개념이해보다 계산 중심의 문항이 출제된다면, 자연스럽게 교사도 개념이해보다는 기능적인 계산을 강조한다. 따라서 평가는 통계적인 문제해결 절차를 강조하고, 통계적인 사고로 비판 및 소통해야 하며 변동과 맥락을 강조해야 한다(SET chapter 7, 2015, 이정무 외 3인, 2016). 연령에 상관없이, 통계학을 경험한 학습자들은 동일한 개념을 배운다. 따라서 통계학에서 평가는 교사와 학생이 특별히 다르지 않다. 통계학 문제로 분류된 많은 문항들이 현재 기계적인 계산에 치중되어 있고 통계적인 사고를 평가하는 데는 실패하고 있다(Gal and Garfield, 1997). 통계교육에서 개념을 아무리 강조해도 여전히 절차적 능력을 평가하는 것이 대부분이다(ASA, 2005; Cobb 1992). 교사의 통계지식 개발을 자극하고 수업이 효과적이었는가를 평가하는 것은 중요하다. SET의 평가 예시를 소개한다.

1) 절차적 평가(Assessing Procedural Competency)

예를 들어, 7학년 수학 표준시험에서 통계학 문제를 <문항1>로 출제하였다.

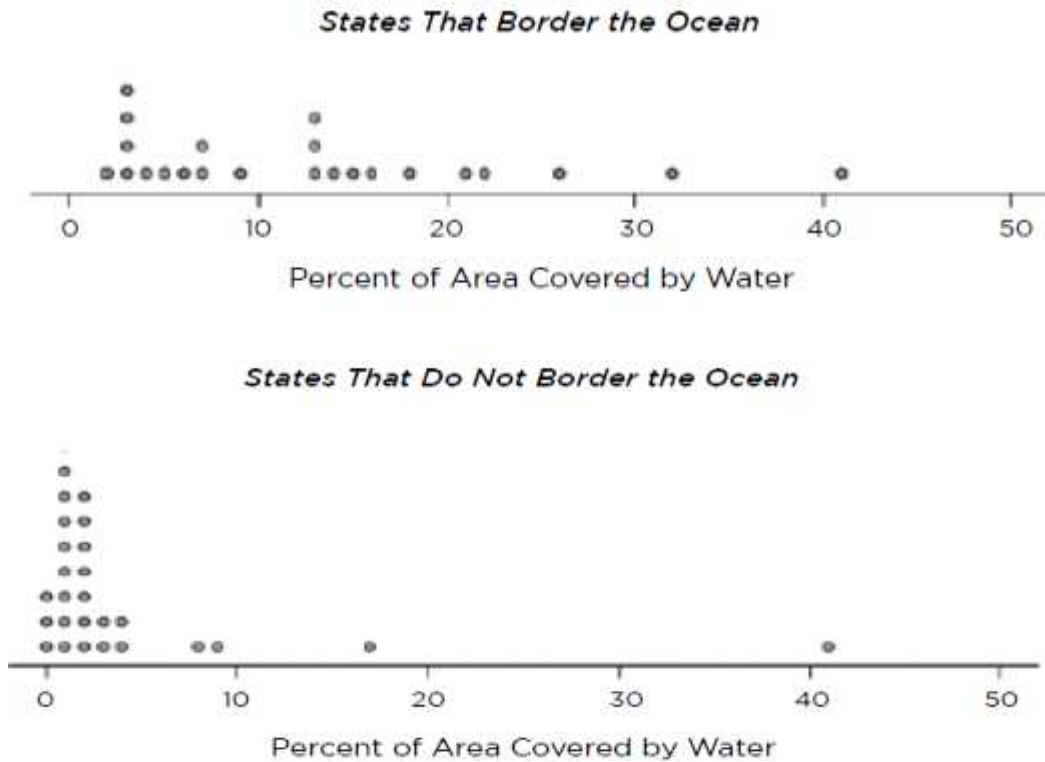
<문항1> 제럴드는 최근 7번의 농구경기를 통해 8, 21, 7, 15, 9, 15, 2 점수를 기록하였다. 이 7번의 경기에서 중앙값(median)은 얼마인가?
(A) 9 (B) 11 (C) 15 (D) 19

7학년의 데이터분석과 확률을 다루고 있는 통계학 문제로 학생들에게 중앙값(median)을 찾으라는 문항이었다. 이 문항은 중앙값의 통계학적 개념 이해를 요구하는 것이 아니고 통계적인 문제해결 과정에서 중앙값의 역할을 묻는 문항도 아니다. 기계적인 계산 부분만을 강조한다. <문항1>은 중심을 의미하는 대푯값으로서 중앙값이 왜 선택되어야 하는 지 어떠한 이해도 요구하지 않으며, 농구선수의 성취도를 분석하는 데 중앙값이 어떻게 유용한지도 다루지 않는다.

2) 개념적 이해 평가(Assessing Conceptual Understanding)

자료요약 통계의 이해를 평가하는 <문항2>의 예시를 살펴보자. 수험자들은 어떠한 계산도 필요하지 않다.

<문항2> 칼톤은 미국 50개주를 대상으로 물로 덮여있는 지역의 비율 데이터를 찾아보았다. 그는 각 주(state)에 대해 바다와 접해있는 주와 그렇지 않은 주를 구분하여 분포를 비교해 보기 위해 아래와 같이 점도표(dot plot)를 작성하였다.



두 분포의 중심(center)과 퍼짐(spread)을 비교하기 위해, 평균(mean)과 표준편차(standard deviation) 보다 중앙값(median)과 사분위범위(IQR, interquartile range)를 사용한 통계적인 이유로 다음 중에서 가장 잘 나타난 것은?

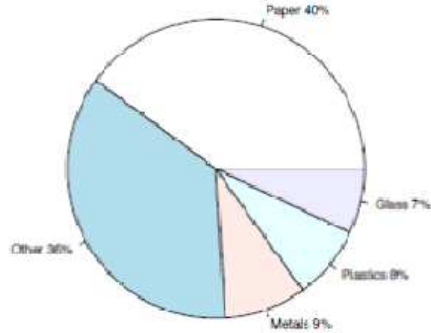
- (A) 평균과 표준편차는 중앙값과 사분위범위 보다 이상치에 더 강한 영향을 받는다.
- (B) 중앙값과 사분위범위는 평균과 표준편차보다 계산이 더 쉽다.
- (C) 두 그룹은 주(state)의 개수가 서로 달라서 표준편차는 적절하지 않다.
- (D) 두 분포는 동일한 형태(shape)이다.

<문항2>는 데이터에 기초하여 비교하고자 하는 분포의 특성을 수치요약으로 적절히 정의할 수 있는가 하는 능력을 평가한다. 분포의 형태를 나타낸 것을 고려한다는 것은 수험자가 평균과 표준편차는 이상치(outlier)에 의해 강한 영향을 받는다는 것을 알고 있어야 하며, 중앙값과 사분위범위가 이러한 데이터에 더 적절한 수치요약임을 깨닫고 있어야 한다. 데이터에 기초하여 분포의 특성을 양적으로 가장 적합한 요약치를 정의한다는 것은 기계적인 계산보다도 더 깊이 있는 통계적 개념을 이해하는 것이 요구된다.

3) 통계적 사고 평가(Assessing Statistical Thinking)

수학적인 사고와 통계적인 사고는 차이가 있다는 점을 강조했다. 하지만 데이터를 포함하는 많은 문제들은 수학적인 사고를 평가한다. <문항3>의 원그래프 예시를 살펴보자.

<문항3> 오른쪽 그래프는 한 도시의 쓰레기에 포함된 종류별로 중량(weight)분포이다. 쓰레기에서 종이 가 대략 60톤이라면, 플라스틱은 얼마의 양이겠는가?



- (A) 24 (B) 20
- (C) 15 (D) 12

<문항3>은 원그래프에 데이터가 표기되어 있지만 수학적인 사고를 묻는 것이다. 단순하게 비율 혹은 퍼센트를 이용해 답을 계산할 수 있다. 정답은 (D)로 쓰레기의 종류인 플라스틱과 종이 가 8% : 40% 는 $x : 60$ 톤으로 x 는 12톤이 된다. 통계적인 사고를 요구한다면 이러한 데이터에 왜 관심을 가졌으며 데이터를 어떻게 수집하였고 혹은 전체 모집단 비율에 비해 표본(sample)의 비율이 어떻게 되는 지 등을 고려해야 한다.

<문항4>의 예시를 살펴보자.

<문항4> 모집단으로부터 무작위로 선택된 성인 1,328명을 대상으로 한 13년 연구는 참여자의 건강상태와 개인적인 습관을 모니터하였다. 개인적 습관으로 흡연량과 커피소비량을, 건강상태로는 뇌졸중 발병이었다. 이 모집단에 관한 다음 질문 중 이 연구 데이터를 이용해 해결할 수 없는 것은 무엇인가?

- (A) 커피를 마시지 않는 성인보다 커피를 마시는 사람이 흡연을 더 선호할까?
- (B) 커피소비량은 뇌졸중 발병을 줄이는 원인이 될까?
- (C) 커피를 마시는 사람이 마시지 않는 사람보다 뇌졸중이 더 많을까?
- (D) 모집단에서 커피마시는 사람의 비율은 얼마일까?

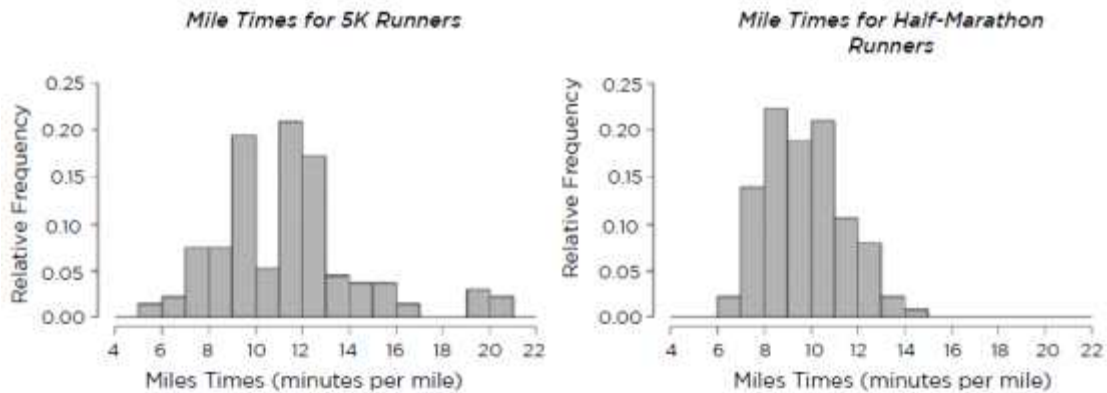
<문항4>는 통계적인 사고를 요구한다. 수험자는 통계적인 문제와 어떻게 데이터를 수집하고 결과를 어떻게 해석할 것인가를 연결할 수 있어야 한다. 특히, 이 문항은 수험자가 통계적인 문제 정의에 따라 무작위로 선택된 참가자를 대상으로 표본조사를 실시, 데이터를 수집 및 분석해 대답할 수 있는 지를 요구한다. 이 데이터는 (B)를 제외한 모든 항목의 질문에 적절한 답을 할 수 있다. (B)질문인 원인-효과 결론은 커피소비와 관련하여 다른 요인은 통제된 확률화(randomness) 설계 실험으로부터 도출된 데이터에 의해서만 해석될 수 있다. Watson(1997)은 통계적 사고의 중요한 태도로 대중매체 등에서 나타나는 숫자들에 대해 비판적으로 질문을 해야 한다고 기술하고 있다.

4) 통계적 문제해결 과정평가(Assessing the Statistical Problem-Solving Process)

문제해결 과정 평가는 개방형 문제 형식을 통해 통계적인 사고 평가가 가능할 수 있다.

<문항5> 예시를 살펴보자.

<문항5> 게인스빌(Gainsville) 도시는 작년 1월1일 두 경기를 개최하였다. 각 개인은 5K(3.1 마일) 혹은 하프-마라톤(13.1 마일) 선택한다. 134명이 5K에서 달렸고, 224명이 하프-마라톤을 경주했다. 시간은 마일 당 평균시간으로 완주한 선수들로부터 계산한 값이다. 아래의 히스토그램은 두 경기에서 경주한 선수들의 마일 당 시간(분) 분포를 보여준다.



- (A) 제론은 5K에 참가한 선수들의 마일 당 시간이 하프-마라톤에 참가한 선수들 마일 당 시간보다 더 균질할 것이라고 예측했다. 데이터는 Jaron 의 주장을 지지하는가? 동의하는 혹은 동의하지 않는 이유를 설명하시오.
- (B) 시에라는 평균적으로, 하프-마라톤에 참가한 선수들의 마일당 시간이 5K에 참가한 선수들의 마일 당 시간보다 더 길다고 예측했다. 데이터는 Sierra 의 주장을 지지하는가? 동의 혹은 동의하지 않는 이유를 설명하시오.
- (C) 한 개인은 두 경기 중에 하나만을 선택한다는 것을 상기하십시오. 이 데이터에 기초해 임의의 한 사람이 5K에서 달릴 때보다 하프-마라톤에서 뭘 때 마일 당 시간이 더 짧게 걸릴 것이라라는 결론이 합리적입니까? 동의 혹은 동의하지 않는 이유를 설명하시오.

(A)와 (B)는 수험자에게 두 경기인 5K 와 하프-마라톤에 참가한 선수들의 완주 시간으로부터 마일 당 걸린 시간을 분포로 보여주므로 평균시간과 변동을 비교 분석할 수 있게 한다. 수험자는 두 히스토그램으로부터 제론과 시에라의 추론을 지지하지 않음을 설명해야 한

다. 수험자는 특히 5K에 참가한 선수들의 시간이 하프-마라톤에 참가한 선수들 보다 변동이 더 크며, 평균시간은 하프-마라톤에 참가한 선수들이 5K에 참가한 선수들보다 더 빠르다는 것을 설명한다. 더 완벽한 답변은 두 히스토그램의 그래프를 추가하여 설명하는 것이다. (C)항목은 결과의 해석에 관한 질문이다. 통계적인 문제가 무엇이고 데이터를 어떻게 수집하였고 데이터에 근거해 답을 해야 하는지 요구한다. 수험자는 사람들이 두 경기 중 하나에 각각 “할당” 된(assigned) 의미를 깨달아야 한다. 이들은 달리기 위해 한 경기를 선택하였기 때문에 한 개인이 5K 일 때보다 하프-마라톤일 때 더 빠르게 뛸 것이라는 결론은 잘못된 것이다.

잘 기술된 개방형 응답 문항조차도 통계적 문제해결 과정을 평가하기는 제한적이다. 왜냐하면 연구주제와 분석 구조를 제공하기 때문이다. 그 대안으로 통계적 문제해결 과정 평가는 처음부터 끝까지 과정을 실행하는 프로젝트를 통해서이다. 연구주제를 선택한 후에 교사는 변동성이 예측되는 통계적인 문제를 구성하고 질문에 적절한 데이터를 수집하고 그래픽과 통계적인 방법을 사용해 데이터를 분석하고 수집된 데이터에 근거해 결과를 해석한다. 프로젝트는 교사 평가 수단으로 특히 적절해야 하는 데 학생들의 프로젝트 수행 또한 지도되어야 하기 때문이다.

IV. 우리나라의 수학과 교육과정의 확률과 통계영역

1. 우리나라 학교교육에서 통계교육의 역사

우리나라의 통계교육의 과정은 수학교육과정 속에서 지도되어왔다. 이를 검토해 보면 다음과 같다. 1945년 8월 15일 대한민국 건국을 선포한 후에 학무국에서는 “교수요목 제정위원회”를 조직하고 1946년 3월에 교육과정 성격의 문서를 제정하여 그해 9월 1일부터 시행하였다. 이때 초등학교 교과명칭은 산수에서 셈본으로 바뀌었다. 이 과정에서는 포괄적인 주제만을 열거하고 체계와 계통이 완벽하게 확립되지 못하고 있었다. 그 이후 1955년 제 1차 교육과정이 제정되어 미국의 듀이(Dewey)의 실용주의 사상을 기반으로 실생활과 실용성이 강조되었고 셈본이 다시 산수로 환원되었다. 1963년 제2차 교육과정이 학문중심으로 수학 본연의 계통성을 중시하는 방향으로 선회하면서 초등학교 내용에 양과 측정, 수량관계와 응용의 영역에서 표와 그래프를 지도하게 되었다. 중학교에서는 측량, 통계의 영역이 도입되고, 고등학교에서는 수학1과 수학2 과목의 내용에 확률과 통계의 내용이 포함되게 되었다.

1973년 제3차 교육과정 개정에서는 수학교육현대화의 교재인 SMSG(School Mathematics Study Group)가 국내에 소개되고 “새수학 운동”의 영향 하에 용어와 기호를 보다 엄밀하게 사용하게 되었다. 중학교에서는 통계의 영역이 도입되고, 고등학교에서는 수학1 과목에서만 통계의 내용이 포함되게 되었다. 1981년의 “기본으로 돌아가자”라는 운동의 영향을 받은 제 4차 교육과정이 만들어지고 문제해결을 강조하기 시작하였다. 1987년 5차의 교육과정 개정에서는 문제해결력 신장이라는 강조사항에 맞추어서 초등학교에서는 표와 그래프, 자료의 정리, 막대그래프 등이 도입되었다. 중학교에서는 통계의 영역이 도입되고, 고등학교에서는 수학1 과목에서만 확률과 통계 영역의 내용이 포함 구분하게 되었다. 1992년 제6차 교육과

정 개정에서는 정보화 사회에 적응하도록 하여 실용수학을 신설하고 컴퓨터의 사용을 강조하였다.

1997년 제 7차 교육과정에서는 자기주도적 활동과 창의적 문제해결을 강조하고 선택중심 교육과정이 도입되었다. 통계영역에서는 “확률과 통계”라는 독립된 교과서가 개발되었다. 여기에서는 정보화 시대에 필요한 확률과 통계의 기본 개념과 원리를 학습하기 위하여 다양한 통계자료와 정보를 처리하고 “이산수학”과 함께 우연 현상을 이해할 수 있도록 하기위함 이었다. 초등학교 5학년에는 줄기와 잎 그림(stem and leaf plot), 그림그래프와 6학년에는 띠 그래프, 원그래프, 경우의 수와 평균 등이 도입되었다. 중학교 3학년에서 상관도와 상관표는 어려운 개념으로 생각되어 삭제하였다. 분산과 표준편차는 고등학교 1학년에서 중학교 3학년으로 내려가고 대푯값으로는 중앙값과 최빈값이 추가되었다. 경우의 수와 순열조합은 고등학교 2학년에서 고등학교 1학년으로 자리이동을 하였다.

2015년 교육과정 개정(교육부, 2015)에서는 고등학교의 일반선택교과과목으로 “확률과 통계”가 있다. 이 과목의 핵심내용으로 경우의 수, 확률, 통계 영역을 구성하고 있다. 지금까지의 여러 번 교육과정의 개정이 있었으나 그 심층적 내용과 교육방법에는 큰 변화는 없었다. 그러나 이번 교육과정에서는 통계소양교육을 강조하고 있다. 자연과학, 공학, 의학뿐만 아니라 경제, 경영을 포함한 사회 인문 예술 체육 분야에 이르기 까지 모든 기초가 되는 것이 통계 지식이다. 단지 추구하는 인간상에서 이 지식을 이해하고 여러 기능을 습득하여 문제 해결, 추론, 창의 융합, 의사소통, 정보처리, 태도 및 실천력의 6가지 수학교과역량을 함양한 학생을 육성하는데 주안점을 두고 있다.

구체적인 교육내용으로는 다음 <표 1>와 같다. 여기서 통계소양 성취를 목표로 하고 있지만 학교 급에서 다루어야 하는 교육내용은 개정 이전의 2007년 교육과정 내용과 별반 차이가 없다. 다만, 초등학교에서 확률과 통계 영역이 자료와 가능성으로 이름만 바뀐 것뿐이다.

<표 1> 학교급 별 확률과 통계 영역 내용

학교 (영역)	학년	내용 요소	핵심 개념(지식)	기능
초등학교 (자료와 가능성)	1-2	분류하기, 표, O,X,/ 를 이용한 그 래프	자료처리 (통계; 자료의 수집, 분류, 정리, 해석)	분류하기 (개수)세기 표 만들기 그래프 그리기
	3-4	간단한 그림그래프 막대그래프 꺾은선그래프		표현하기 수집하기 정리하기 해석하기
	5-6	평균, 그림그래프 띠그래프, 원그래프		가능성 (확률의 기초)
		가능성		
중학교 (확률과 통계)	1	자료의 정리와 해석	통계	표현하기 수집하기 정리하기 그래프 그리기 표 만들기 해석하기
	2	확률과 그 기본 성질	확률	설명하기 계산하기 판단하기
	3	대푯값과 산포도 상관관계	통계	
고등학교 (확률과 통계)	수학	경우의 수 순열과 조합	경우의 수	경우의 수 세기 계산하기 문제 해결하기
	확률과 통계	순열과 조합 이항정리	경우의 수	세기, 분류하기 수량화, 형식화하기 비교, 계산, 이해하기
		확률의 뜻과 활용 조건부확률	확률	설명하기 공학적 도구 활용하기
		확률분포 통계적 추정	통계	수집, 조사, 정리하기 분석, 해석, 추론하기 판단하기
실용수학	자료의 정리 자료의 해석	자료(통계)		

출처 : 2015 수학과 교육과정, 교육부(2015).

2. 2015 수학과 교육과정의 “확률과 통계” 영역을 “통계와 자료분석”으로 변화하자

이제 우리나라의 통계교육을 검토해 보면서 몇 가지 제언을 하고자 한다.

첫째, 본 연구자의 관점으로 생각하기에는 그 동안 사용하였던 확률과 통계 영역의 대단 원명을 통계와 자료분석으로 하고 그 소단원에 확률을 포함시키면 크게 통계교육의 인식이 변화될 것으로 생각된다. 특히 최근의 사회가 빅 데이터 분석 확대에 따라 데이터과학의 필요성이 절대적으로 강조되고 있기 때문이다.

둘째, 학교의 종류와 급별로 통계소양 교육 내용 구성을 어떻게 할 것인가 고민해 보자. 일반적으로 교육목표를 일상생활에서 접하는 숫자의 이해와 비판을 통한 타인과의 소통 그리고 문제해결력이다. 예를 들어 여론조사결과나 실업률 등의 통계정보를 이해하기 위해서는 표본변동과 확률을 알아야하며, 과자중량이 $10 \pm 3g$ 은 측정변동을, 수치요약을 위한 분포 이해 그리고 신문에서 나타나는 그래프 특징 등이다. 따라서 초등과 중학교에서는 자료요약을 범주형과 수치형의 다차원까지 확장할 수 있도록 자유롭게 다루고, 이 경험을 바탕으로 고등학교에서는 분포에 대한 수학적 함수와 귀납적 시뮬레이션 비교, 확률의 기초적인 개념과 추정으로 지식을 강화할 수 있으면 한다.

셋째, 초-중-고의 통계교육이 학생의 발달단계에 따라 나선형 교육과정으로 구성할 필요는 있으나, 각 학교 급별 학년을 구분하여 교수-학습할 의미는 없다고 생각한다. 학교 급별로 정리하면, 초등학교에서는 자료의 요약 수단으로 표와 그래프가 활용되어야 함은 필수 내용이다. 하지만 수학교과에서 ‘자료와 가능성’이란 영역으로 별도로 표와 그래프 작성을 교수-학습할 이유가 없다. CCSSM에서도 ‘측정’영역에서 자료요약을 다룬다. 수학교과에서 배우기 이전에 다른 교과인 사회와 과학교과에서 이미 표와 그래프를 경험하고 작성하고 있으며, 수학에서 다루는 그래프보다 더 다양한 이변량 막대그래프와 혼합형인 막대그래프와 꺾은선 그래프 등 사회 현상 등을 통계로 나타낸 그래프를 교사와 학생들은 경험하고 있다.

따라서 교사와 학생은 사회와 과학 영역의 주제인 맥락 안에서 측정된 데이터를 분석하기 위해 표로 정리하여 간단하게 요약할 수 있고, 그래프로 표현되므로 시각적 전달과 소통이 수월하다는 점을 경험하면 된다. 다만, 표 작성과 그래프 작성에서 유의해야 할 부분은 팁(Tip)으로 정리한다. 예를 들어, 제목, 범주, 축의 설명, 자료출처, 단위표기, 축의 간격 등이다. 예비초등교사는 교육/교원대학 교육과정에서 Tukey의 데이터탐색 과목을 개설하면 될 것으로 생각된다. 이를 통해 수학교과를 초월하여 융합교과로서 사회와 과학 교과 등의 자료 요약을 어떻게 구성할 수 있을 지 탐색할 수 있다.

V. 미국과 한국의 통계소양교육의 비교 분석 결과

지난 100여 년 동안 통계교육을 학교 교육과정에 반영하기 위해 학자와 학회 그리고 국가의 노력이 있었다. 사회로부터 통계학의 필요가 있었고 이를 인식한 학자들로부터 통계교육 필요성은 학교교육에서부터 시작되어야 한다고 주장되었고 학회와 국가의 관심으로 발전되었다. 지금까지 본 논문에서는 수학교과에서 반영한 통계소양 성취를 위한 우리나라 2015년

수학교육과정과 미국ASA에서 발간한 SET과 GAISE 문헌 등을 살펴보았다. 이를 통해 몇 가지 패러다임의 변화와 방향을 생각해보자.

1. 교사의 수학과 통계학의 학문적 그리고 교수학적 차이의 인식의 필요

수학교과에서 다루어지는 통계교육은 교사가 수학과 통계학의 학문적 그리고 교수학적 차이를 분명히 인식해야 한다.

통계학은 변동성과 맥락 그리고 시뮬레이션에 기초한 귀납적 확률의 이해를 교사는 지식적으로 깊이 있게 알고 교수-학습에 실천할 수 있도록 준비시켜야 한다. 그렇기 때문에 교수-학습에 영향을 미치는 평가는 절차적 계산을 질문하는 것도 중요하지만, 개념을 이해했는지 통계적 사고를 할 수 있는 지 그리고 통계적 문제해결방법인 ‘문제구성-데이터수집-분석-결과해석’ 과정으로 프로젝트를 수행할 수 있는지를 확인하는 것은 더욱 중요하다는 것이다. 이를 위해 학교교육에서는 확률내용의 강조보다 자료에 기초한 문제해결과정인 통계적 사고력에 초점이 맞추어지고 학생들에게 그러한 통계소양이 전달될 수 있도록 교사가 준비되어야 한다고 생각한다.

중학교에서는 통계학 영역을 수학교과에서 유지한다. CCSSM에서는 ‘통계학과 확률(Statistics and Probability)’로 다룬다. 자료요약의 완성으로 범주형 자료와 양적 자료의 요약 학습한다. 통계적 사고방식과 소양은 자유학기제 교과 융합 프로젝트 과제 수행을 통해 학습할 수 있다. 초등학교에서 경험한 사회와 과학 교과 등에서 수동적으로 주어진 문제의 표와 그래프 작성을 고민해 보았다면 중학교에서는 학생 스스로 문제를 구성할 수 있고 자료수집과 분석, 해석이 가능하다. 범주형과 수치형 데이터가 수집됨에 따라 자연스럽게 막대그래프와 히스토그램의 쓰임이 다름을 경험한다. 양적자료의 요약그래프로는 분포를 확인할 수 있는 줄기-잎 그림과 히스토그램, 수치요약인 통계는 대푯값인 평균, 중앙값, 최빈수 그리고 산포도인 범위, 사분위범위, 표준편차와 상관분석을 왜 다루는지를 자연스럽게 학습한다. 상관분석은 산점도 그래프를 이용해 두 변수 간에 관계를 판단한다. 이들 내용은 학년을 구분하여 교수-학습을 하기에는 통합적 사고에 방해가 될 뿐이다. 왜냐하면, 분포의 이해는 맥락과 자료의 변동성을 이해할 수 있는 히스토그램/점도표-대푯값-산포도를 확인해야 하며 동시에 다룰 시간이 필요하다. 공학 도구를 이용해 결과를 도출한다.

고등학교에서는 공학도구 활용을 통해 귀납적 확률과 확률분포의 이해를 돕는다. 또한 모집단과 표본의 변동 내용을 다루므로 불확실성의 추론에는 오차를 고려하여 해석해야 함을 인식해야 한다. 대표적인 사례로 여론조사 결과 해석이 있다. 경우의 수, 순열, 조합을 통한 절차적 확률계산은 이제 지양하여야 한다. 개념적으로만 공리적인 확률이 어떻게 계산되는지를 알고 귀납적 확률 결과와 비교하는 것으로 마무리 한다. 중학교에서 다룬 이변량 상관관계는 고등학교에서 모형화로 지식확장 되어야 한다. 선형함수 모형을 추론해 볼 수 있다.

중고등학교 예비교사는 사범대학 혹은 일반대학의 수학교과자이다. 대학교육과정에서 확률이론에 집중된 수업보다는 데이터분석 혹은 통계학개론 과목을 통해 통계적 사고방식을 향상시킬 수 있도록 통계학 관련학과 혹은 교수로부터 이수할 것을 제안한다.

2. 교육부와 통계청의 협업체계 구축과 통계소양 교재 개발 협조

우리나라는 미국과 달리 교육과정 개정이 정부 주도에 의해 변화된다. 개정과 함께 가장

중요하게 생각해야 할 부분은 교재개발과 교사준비이다. 관련 학계 학자 및 교사를 중심으로 교사 및 학생에게 필요한 교수-학습의 교재, 지도서 및 활동지 개발을 위한 연구를 시작해야 한다. 이를 위한 예산지원을 교육부와 통계청은 적극 협조해야 한다.

3. 교사양성 대학교육 프로그램 및 평가문항의 재구조화

교사양성은 교육(교원)대학교 혹은 교육대학원 그리고 사범대학에서 담당하거나 수학과를 통해서 통계교육 관련 지식을 습득하며 국가임용고시를 통해 교사 자격을 취득한다. 그 임용시험 문제의 한 예를 보면 다음과 같다.

[임용고시 중등1차 수학과공A- 확률과 통계 단원 문항의 예]

<2016학년도>

7. 앞면이 나올 확률이 $p(0 < p < 1)$ 인 동전을 학생 A가 n 번 던지고, 학생 B가 $2n$ 번 던진다. 학생 A가 던져서 앞면이 나온 횟수와 학생 B가 던져서 앞면이 나온 횟수의 합이 2일 때, 학생 A가 던져서 앞면이 나온 횟수가 1일 확률이 $\frac{6}{13}$ 이다. n 의 값을 구하시오. [2점]

8. 두 연속확률변수 X, Y 가 서로 독립이고, 확률밀도함수(probability density function)가 각각

$$f_X(x) = \frac{1}{2}e^{-\frac{x}{2}} \quad (x > 0),$$

$$f_Y(y) = e^{-y} \quad (y > 0)$$

이다. 확률변수 $Z = X + 2Y$ 의 확률밀도함수 $g(z)$ 를 구하시오.

[2점]

<2015학년도>

5. 모집단 A는 어떤 지역의 20세 남자들로 이루어져 있다. 모집단 A에 속하는 남자의 키는 평균 175cm, 표준편차 5cm인 정규분포를 따른다고 한다. 모집단 A에서 임의로 뽑은 남자의 키(cm)와 몸무게(kg)를 각각 확률변수 X, Y 라 할 때, $Y = \frac{2}{5}X + \alpha$ 가 성립한다고 하자. 여기서, α 는 평균 0, 표준편차 $2\sqrt{3}$ 인 정규분포를 따르는 확률변수이고, X 와 α 는 독립이다. 확률 $P(Y > 72) = P(Z > k)$ 일 때, k 의 값을 구하시오. (단, Z 는 표준정규분포를 따르는 확률변수이다.)

[2점]

6. 두 연속확률변수 X 와 Y 는 독립이고, X 와 Y 의 확률밀도함수 (probability density function)를 각각 $f_X(x)=2x$ ($0 < x < 1$), $f_Y(y)=1$ ($0 < y < 1$)이라고 하자. $M = \left\lfloor \frac{X}{Y} \right\rfloor$ 라 할 때 확률 $P(M=2)$ 를 구하시오. (단, $[a]$ 는 a 보다 크지 않은 최대정수이다.) [2점]

앞에서 예시한 것과 같이 천편일률적으로 공리적 확률지식의 풀이요구 문제들이다. 이것이 의미하는 바는 현실적으로 우리나라에서는 교사교육 현장에서 통계적 사고를 훈련하기 위한 교육목표가 아니고 이론적 확률과 절차적 계산에 치중한 편향됨이 구조적으로 체계화 되어있음을 짐작할 수 있다. 이러한 사실은 교육현장에 데이터에 기초한 통계적 사고를 확장할 수 있는 평가문항과 교육방법의 변화의 시도와 도입이 시급함을 알려주고 있는 것이다.

4. 재직교사 대상 통계소양 교육 제공

재직하고 있는 수많은 교사들은 통계소양을 학습할 기회를 갖지 못했기 때문에 이들을 위한 통계소양 교육을 제공해 줄 필요가 있다. 현재 통계교육원에서는 재직교사를 위한 통계소양 교육프로그램을 운영하고 있다. 초등교사와 중등교사 각각을 구분하여 연수를 실시하고 있고, 내용으로는 공학 도구인 통그라미 사용법 및 데이터 분석 따라 하기, 통계적사고가 무엇인지, 학생들에게 통계적사고 과정인 프로젝트 기획 및 실행 등을 다룬다. 이러한 과정을 더욱 확대할 필요성이 대두되고 있다.

VI. 결론 및 제언

본 논문에서는 미국의 ASA에서 발간한 SET과 GAISE 문헌 등을 바탕으로 미국의 통계소양교육에 관한 것과 우리나라 2015교육과정 수학교과에서 반영한 통계소양 성취를 위한 계획 등을 살펴보았다. 이 연구를 통해 미국과 우리나라는 국가별로 학자와 학회 그리고 국가의 노력 등이 있었음을 알게 되었고 두 나라의 사회적 교육적 환경차이로 인한 차이점을 발견할 수 있었다. 이 결론으로서 수학교과 수업 담당하는 우리나라 수학교사들의 교사교육의 패러다임과 방향이 시급히 달라져야함을 발견 할 수가 있었다.

첫째, 통계교사교육은 우선 교사가 수학과 통계학의 차이를 분명히 인식하여야 한다. 그 이유로는 교사들이 시험문제 풀이를 위한 연역적 수학공부 방향에 몰입해 있는 것이 현실이다. 그러나 통계학 영역은 변동성과 맥락 그리고 시뮬레이션을 기초로 한 귀납적인 사고의 확률적 이해를 깊게 이해하고 교수-학습에 실천할 수 있도록 준비시켜야 할 필요가 있다.

둘째, 교수-학습에 영향을 미치는 평가 영역에서 특별한 변화가 필요하다. 그 이유로는 무엇을 평가하고 시험을 보느냐에 따라 교수방법이 종속적으로 영향을 받기 때문이다. 즉 절차적 계산을 질문하는 것이 아니라 개념을 이해했는지 물어야 한다. 또한 통계적 사고를 할 수 있는 지 그리고 통계적 문제해결방법인 ‘문제구성-데이터수집-분석-결과해석’ 과정으로 프로젝트를 수행할 수 있는 지를 확인해야 한다.

셋째, 이를 위해 학교교육에서는 확률영역의 강조도 중요하지만, 자료분석을 기초로 한 문제해결과정을 통하여 통계적 사고력 신장에 더욱 초점이 맞추어져야한다. 현실적으로는 임용고사라는 경쟁시험에 합격해야하는 어려움이 있다. 그럼에도 불구하고 큰 방향을 통계와 자료분석으로 전환하는 것이 필요하다. 학교수업을 통해 학생들이 미래에 필요한 통계소양을 지식으로 습득할 수 있도록 지도하는 통계담당수학교사의 직업교육 준비가 되어야 한다고 생각된다. 추후의 연구과제로는 구체적으로 자료분석 지도를 할 수 있는 교사재교육 프로그램의 개발의 연구가 필요하다고 생각한다.

참고 문헌

- 고호경(2012). 국제성취도 평가에 기초한 중학교 확률과 통계 내용 관련 탐구 - PISA와 TIMSS 문항 분석을 중심으로-, **한국학교수학회논문집**, 15(1), 109-135.
- 교육부(2015). **2015 수학과 교육과정**. 교육부 고시 제 2015-74호[별책8].
- 김응환(2004). 학교수학에서 통계교육의 개선방향, **한국학교수학회논문집**, 7(2), 51-65.
- 박경미, 김동원(2011). 우리나라 수학교육의 문제점 진단을 위한 조사 연구. **수학교육**, 50(1), 89-102.
- 방정숙(2008). 통계학습과 관련된 제 7차 초등학교 수학과 교과용 도서 분석, **한국학교수학회논문집**, 11(4), 655-676.
- 장혜원(2012) 미국의 수학교육과정 기준 CCSSM의 수학적 실천에 대한 고찰, **대한수학교육학회지 수학교육학연구**, 22(4), 557-580.
- 이중학(2011). 예비교사의 통계적 추론능력에 관한 연구, **한국학교수학회논문집**, 14(3), 299-327.
- 이정무, 유진수, 이정아, 이경화(2016), 대학수학능력시험에서 통계적 소양 평가의 가능성 모색-SAT 통계 문항과의 비교를 중심으로-, **대한수학교육학회지 수학교육학연구** 26(3), 527-542.
- Cobb, G., and Moore, D.(1997). Mathematics, statistics, and teaching. *The American Mathematical Monthly*, 104(9):801-823.
- Conference Board of the Mathematical Sciences.(2012). *The Mathematical Education of Teachers*. Providence, RI: American Mathematical Society.
- College Entrance Examination Board (CEEB). (1959). *Program for college preparatory mathematics*. Iowa City, IA: Commission on Mathematics, Author.
- Christine A. Franklin, Anna E. Bargagliotti, Catherine A. Case, Gary D. Kader, Richard L. Scheaffer and Denise A. Spangler(2015) *Statistical Education of Teachers(SET) Report*, American Statistical Association.

- Gal, L.(2000) Statistical literacy: Conceptual and instructional issues. In D. Cobenetal (ed.) *Perspectives on adults learning mathematics: Research and practice* (pp.135-150). Netherlands: Kluwer Academic Publisher.
- Franklin, C., and Mewborn D.(2006). The Statistical Education of pre K-12 teachers: A shared responsibility. In *NCTM 2006 Yearbook: Thinking and Reasoning with Data and Chance*(pp.335-344).
- Franklin C., Kader, G., Mewborn, D., Moreno, J., Peck, R., Perry, M., and Scheaffer, R. (2007). *Guidelines and Assessment for Instruction in Statistics Education(GAISE) Report: A PreK-12 Curriculum Framework*. Alexandria, VA: American Statistical Association, Retrived from www.amstat.org/education/gaise
- Franklin C., Kader, G., Bargagliotti A., Scheaffer, R., Case C., and Spangler D.(2015). *Statistical Education of Teachers(SET) Report*, American Statistical Association.
- National Research Council (NRC). (1947). *Report by the Committee on Applied Mathematical Statistics*, Reprint and Circular Series, 128.
- NACOME.(1975). *Overview and analysis of school mathematics grades K-12*. Reston, VA: NCTM, 1980, p.4
- National Council of Teachers of Mathematics(NCTM).(1989). *Curriculum and Evaluation Standards for School Mathematics*. Reston, VA: NCTM.
- National Council of Teachers of Mathematics(NCTM).(2000). *Principles and Standards for School Mathematics*. Reston, VA: NCTM
- Porter, T. (2001) Statistical futures, *Amstat News*, 291:61-64.
- Roberts, R., Scheaffer, R., and Watkins, A.(1999). Advanced Placement Statistics-Past, Present and Future. *The American Statistician*, 53(4).
- Statistical Education of Teachers(2015), ASA
- Scheaffer, R. I., and Jacobbe, T.(2014). Statistics education in the K-12 schools of the United States: A brief of history. *Journal of Statistics Education*, 22(2).
- Tukey, J. (1962). The future of data analysis. *Annals of Mathematical Statistics*, 33:1-67.
- Utts J.(1999), Seeing Through Statistics.
- Utts J.(2003). What educated citizens should know about statistics and probability, *The American Statistician*, 57(2):74-79.
- Walker, H. (1931). Mathematics and Statistics. In *Sixth Yearbook, Mathematics in Modern Life* (pp.111-135), Reston, VA:NCTM.
- Watson, J.M.(2006). *Statistical literacy at school: Growth and goals*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.

A study of the policy change of teacher' education in Korea with an analysis of America statistical literacy education

Jeongran Kim⁷⁾ · Yunghwan Kim⁸⁾

Abstract

The purpose of this paper is to propose the policy change of teachers education in Korea with an analysis of America statistical literacy education. we found the difference of statistical literacy education between Korea and America with each nation's social and educational environment. We can get the need of new change for statistic teacher's education in Korea.

We think of Mathematics teachers should know about the difference between statistics and mathematics at school mathematics. And they should know the new change thinking about teaching method and process assesment methods. Second, Teachers should focused on teaching of problem solving and statistical thinking ability based on data analysis than the teaching of probability and mathematical theory.

key words: statistical literacy education, teacher education, statistical education curriculum.

Received May 11, 2017

Revised June 20, 2017

Accepted June 26, 2017

* 2010 Mathematics Subject Clasification : 97C10

7) Statistics Korea (jrkim67@naver.com)

8) Kongju National University(yhkim@kongju.ac.kr), Corresponding Author