

위계적 선형모형의 이해와 활용

Understanding and Application of Hierarchical Linear Model

유정진(Jeong Jin Yu)¹⁾

ABSTRACT

A hierarchical linear model(HLM) provides advantages over existing traditional statistical methods (e.g., ordinary least squares regression, repeated measures analysis of variance, etc.) for analyzing multilevel/longitudinal data or diary methods. HLM can gauge a more precise estimation of lower-level effects within higher-level units, as well as describe each individual's growth trajectory across time with improved estimation. This article 1) provides scholars who study children and families with an overview of HLM(i.e., statistical assumptions, advantages/disadvantages, etc.), 2) provides an empirical study to illustrate the application of HLM, and (3) discusses the application of HLM to the study of children and families. In addition, this article provided useful information on available articles and websites to enhance the reader's understanding of HLM.

Key Words : 위계적 선형모형(hierarchical linear model), 성장모형(linear growth model), 2수준 모형(two-level model), 3수준 모형(three-level model), 일지법(diary methods).

I. 서론 : 위계적 선형모형의 필요성

위계적 선형모형(hierarchical linear model)은 미국의 시카고 대학 사회학과와 스탠포드 대학의 교육학과로 근래 자리를 옮긴 Stephen Raudenbush와 Anthony Bryk 두 교육학 교수에 의하여 1990년대부터 점차 널리 보급·확산되기 시작하였다. 처음에는 교육학 분야에서 주로

사용되었으나, 통계적인 타당성과 우수성으로 인하여 사회과학을 중심으로 다른 학문 분야에까지 점차 널리 파급되고 있는 실정이다. 그러나 아직 미국 내에서조차 이 위계적 선형모형이 모든 사회과학자들에게 매우 익숙한 통계 모형이라고 하기는 힘들다. 하지만 확실한 것은 사회과학 분야의 많은 대학원생들과 교수들, 관련 연구자들이 지대한 관심을 보이며 이 모형을 학습하기를

¹⁾ University of Arizona 대학원 박사과정

Corresponding Author : Jeong Jin Yu, Family Studies and Human Development, University of Arizona, P.O. Box 210033, Tucson, AZ 85721-0033, US.
E-mail : jjyu@email.arizona.edu

갈구하고 있다는 점이다. 필자가 SSCI(social science citation index)급 학술지의 출판 동향을 살펴본 결과 1990년대에는 205편의 논문이 이 모형을 기반으로 하여 출간되었으나 2000년 이후로는 이미 745편을 넘어서고 있는 실정을 감안할 때, 위계적 선형모형에 대한 이해와 활용이 사회과학자들에게 얼마나 급속히 확대되고 있는지를 쉽게 알 수 있다. 그렇다면 왜 기존의 분산 분석이나 회귀분석 말고 위계적 선형모형이 필요한가? 그 이유는 사실 간명하다. 개개인은 저마다 개인 고유의 특성을 가지고 있지만 또한 어떠한 조직에 속해 있기 마련이다. 예를 들어 유치원, 교실, 학교, 지역사회, 학군 등이 그 예일 것이다. 개개인이 속해 있는 이러한 상위조직은 그 조직마다 각기 특성이 존재한다. 예를 들어 모든 유치원은 초등학교와 비교하여 유치원만의 독특한 특성이 존재하면서도 각 유치원은 또한 다른 유치원과는 구분되는 독특한 분위기와 특성이 존재하게 된다. 유치원 원장의 교육이념, 유치원 교사의 학습지도 방법, 인성, 아동발달의 이해정도, 유치원이 처해있는 지리적 위치 등에 따라 유치원은 각기 특성을 지니게 되며 특정 유치원은 그 조직에 속해 있는 유치원생들에게 영향을 주기 마련이다. 만일 한 도시 내에서 몇 개의 유치원을 임의로 선정하여 각 유치원의 원생들을 대상으로 연구를 할 경우 각 유치원이 갖는 고유의 특성으로 인해 한 유치원의 원생들은 다른 유치원의 원생들과는 구별되는 특성을 가질 수 있는 것이다. 하지만 지금까지 널리 이용되어 온 분산분석이나 회귀분석은 그룹간의 단순한 비교 또는 자료의 위계적 구조를 고려치 않은 상태에서 변인간의 인과관계에 초점을 두기 때문에 조직 특성의 영향을 받는 변인들이 상관관계가 존재한다는 사실을 고려하지 않을 뿐더러 개인이 서로 독립적으로 분포하는 것을 가정하고

있지 않다. 따라서 이러한 전통적인 통계모형들은 개개인의 특성, 조직과 개인간의 상호작용, 그리고 조직의 특성을 동시에 고려하여 종속변인을 예측하는 데에는 적절한 방법이 아닌 것이다. 한국 내에서도 미국과 마찬가지로 교육학자들이 점차 이 모형에 지대한 관심을 나타내고 있다. 그러나 현재까지도 국내에서 위계적 선형모형을 소개하거나 이용하여 출간된 단행본은 없는 실정이며 관련 논문의 수도 제한되어 있다. 그나마 이러한 노력은 오직 소수의 선도적인 교육학자에 의해서만 주도되고 있는 실정이다. 그러나 아동 가족학 분야를 포함한 사회과학에서 제반 현상의 심도있는 진단과 이해, 처방을 위해 위계적 선형모형의 적용은 요원하며 연구의 질적 향상에 지대한 공헌을 할 것임을 예상할 때 위계적 선형모형의 기본적인 이해와 관심을 추구하는 일이 더 이상 늦춰져서는 안 될 것이다.

사회과학에서 통계는 사회과학자들의 가설을 검증하기 위하여 발전되었으나 반대로 통계 방법의 습득 후에 가설을 수립, 검증할 수도 있다. 예를 들어서 구조방정식모형(structural equation modeling)이 개념화되어 널리 상용화됨으로써 비로소 사회과학자들이 이 모형에 기반한 가설을 수립하여 용이하게 검증해 볼 수 있게 된 것과 마찬가지로 위계적 선형모형에 대한 이해를 도모함으로써 사회과학자들이 지금과는 또 다른 새로운 측면에서 문제를 제기하고 분석해 낼 수도 있는 것이다. 따라서 위계적 선형모형에 대한 이해는 사회과학분야에서 이를 이용하여 연구를 하는 다른 학자들의 연구에 대한 심도있는 이해에 도움을 주고 더 나아가 이 모형을 기반으로 학자들이 더욱 정교하고 과학적으로 문제를 풀어나가는 데 도움을 주게 된다. 이 논문은 바로 이러한 목적에 도움이 되고자 함이다. 또한 위계적 선형모형의 아동가족학 분야에 대한 적용과,

가능한 연구문제의 실례를 제시함으로써 연구자들의 이해와 관심을 증진시키고자 한다.

II. 위계적 선형모형의 장점과 단점

위계적 선형모형은 다층모형(multilevel model)이라고도 흔히 불린다. 위계적 선형모형을 다루는 통계 프로그램은 여러 가지가 있다. 나열하여 보면, Mln, MLwiN, SAS PROC MIXED 등이 있으나 그 중에서도 Raudenbush, Bryk, Congdon이 기존 프로그램을 2005년에 최신화한 HLM 6.02가 가장 널리 사용되는 프로그램이라 하겠다. 위계적 선형모형은 간단하게 두 가지로 그 용도를 생각해 볼 수 있다. 개인수준의 변량을 더 높은 차원의 수준에 회귀하는 경우가 첫번째이다. 또한, 시간의 흐름에 따른 개인 변화의 추이를 살펴보는 데에도 유용하게 쓰일 수 있다.

그렇다면 위계적 선형모형의 장점은 무엇인가? 여러 학자들이 위계적 선형모형을 씀으로써 더욱 정확하고 향상된 분석을 할 수 있음을 역설하였다(Hofmann, 1997; Luke, 2004; Pollack, 1998). 그들의 요점을 요약해 보겠다. 회귀 분석에서는 통상 개인의 예측변인(predictor)을 가지고 어떠한 종속변인(dependent variable)을 예측하기 마련이다. 위계적 선형모형은 개인의 예측변인뿐만 아니라 개인보다 상위에 있는 그룹(교실, 학군, 지역, 평준화 여부, 지역 내 결손가정 아동의 분포비율 등)의 변인을 가지고 종속변인을 예측함으로써 더욱 향상된 모형을 제시한다. 예를 들어 10개 중소도시의 초등학교 1학년 아동의 정서 발달을 예측한다고 할 때, 개인의 예측변인(1수준)을 아동의 지능, 우애관계, 교우관계, 부모와의 관계라고 가정하자. 상위 그룹의 예측변인(2수준)은 주거지역의 소음의 정도, 주거지역 높

이터의 분포정도, 주거지역 내 아동 정서발달에 관한 프로그램 여부, 주거지역의 주민의 소득 정도라고 가정하자. 이러한 변인들을 가지고 아동의 정서발달을 예측함에 있어서 10개 중소도시의 예측변인들의 각각의 평균값을 해당 도시에 거주하는 아동 개개인의 예측변인들과 함께 아동의 정서발달을 예측하는 회귀방정식을 생각해 볼 수 있다. 한편으로 아동들의 개인 예측 변인을 각 도시 내에서 평균낸 후 10개 중소도시의 예측변인을 가지고 회귀방정식을 고려해 볼 수도 있다. 하지만 이 두 가지 모두 최선의 방식이라고 하기는 곤란하다. 즉 이 두 가지 방법은 서로 각기 다른 수준에서 측정된 자료를 하나의 일원적인 단층구조로 변환시킴으로써 자료 고유의 특성을 왜곡하는 오류를 범하게 된다. 따라서 아동의 예측변인의 효과나 10개 중소도시의 각 예측변인의 효과를 동시에 적절하게 예측하기에는 그 한계가 있다. 한편 위계적 선형모형은 각 아동수준의 예측변인들과 10개 중소도시 수준의 예측변인들, 그리고 아동수준의 예측변인들과 중소도시 수준의 예측변인들의 상호작용을 동시에 다수준적으로 고려하여 각 아동의 정서발달을 설명한다. 그러므로 위계적 선형모형에서는 종속변인의 보다 많은 변량(variance)을 설명할 수 있고, 각각의 회귀계수(regression coefficient)들도 실제에 더 근접한 값을 제시해 줄 뿐만 아니라 각각의 상위 조직 내에서의 개인과 종속변인의 관계를 보는데에도 용이하다. 또한 성장모형(linear growth model)의 측면에서 볼 때 전통적으로 사용되어 온 반복측정 분산분석(repeated measured ANOVA)에서는 개인의 변화량은 살펴볼 수 없으나 위계적 선형모형에서는 시간의 변화에 따른 각 개개인의 변동 추이를 직선 혹은 2차방정식을 통한 급격한 상승/감소 곡선까지도 살펴볼 수 있다. 하지만 모든 통계모형이 각기

단점을 갖고 있듯이 위계적 선형모형도 그 예외는 아니다. Pollack(1998)은 세 가지로 이를 요약하였다. 첫째는 쉽게 예측할 수 있듯이 위계적 선형모형은 적은 표본 수를 대상으로 하는 연구에는 적절치 않다. 적절한 파워(power)를 얻기 위해 얼마나 많은 표본 수를 필요로 하는가에 대해서 명확한 지침은 없는 상태다. 그러나 제 2수준의 효과에 관심이 있다면 더 많은 그룹 수를 확보하도록 해야 할 것이며 제 1수준, 즉 개인변인이 종속변인에 어떻게 영향을 끼치는지에 초점을 둔다면 총 표본 수를 되도록이면 많이 확보해야 하는 것이 일반적인 법칙이다. 한편 Kreft(1996)의 30/30 법칙은 위계적 선형모형을 연구하는 학자들이 상당 부분 동의하는 내용이다. 그녀의 논지에 따르면, 위계적 선형 모형에서 .90의 파워를 얻기 위해서는 어렵잡아 적어도 30개의 그룹을 요하며 각 그룹당 30명은 있어야 한다는 것이다. 즉 총 표본 수가 적어도 900명은 되어야 위계적 선형모형의 장점을 살린 결과를 볼 수 있다는 주장이다. 이에 더하여 수준간 상호작용(cross-level interactions)에 관심이 있다면 50개의 그룹, 그리고 각 그룹당 20명의 개인이 요구된다고 주장하기도 하였다. 덧붙여서 그룹을 많이 확보하였다면 그룹당 개인의 수는 적어도 무방하며 반대로 개인의 수가 많다면 그룹 수는 적어도 괜찮다는 점도 어느 정도 힘을 얻고 있다. 두번째로 그룹간 변량(between group variance)의 차이가 적다면 그다지 추천할만한 방법은 아니라는 점이다. 즉, 종속변인을 설명함에 있어 군집효과(cluster effect)라고도 불리는 그룹간 변량의 비율 대 총변량(total variance)의 비율을 의미하는 수준간 상관(intraclass correlation; $ICC = \rho = \tau_{00} / (\sigma^2 + \tau_{00})$)이 매우 낮을 경우 이는 곧 그룹간 변량이 매우 적다는 의미로서 종속변인을 예측함에 있어 조직의 특성이 그다지 문제가 되지 않는다는

뜻이다. 세째로 위계적 선형모형은 2수준의 예측변인이 2수준에 내재되어 있는 1수준의 예측변인에 미치는 영향을 파악하기 위해 만들어진 모형이기 때문에 반대로 1수준의 예측변인들이 2수준의 예측변인들에 영향을 미치는지는 알 수가 없다는 점이다. 이와 더불어 곧 살펴볼 위계적 선형모형의 기본가정들과 관련하여 기본가정에 위배되는 경우의 다층적 자료분석(multilevel analysis)에 얼마나 효과적인 것인가 하는 우려도 있다.

Ⅲ. 위계적 선형모형의 통계적 접근

어느 통계모형에서도 추론을 위한 각각의 가정이 있듯이 위계적 선형모형도 예외는 아니다. 그러나 위계적 선형모형은 분산분석과 회귀분석에 철저하게 기초하고 있기 때문에 이 모형들의 기본가정과 흡사한 면이 많다. 가정들을 살펴보면 우선 1수준의 잔차(residual)들은 독립적이고 그 평균은 0이며 2수준 분석단위(unit) 내의 1수준의 모든 분석단위에 대한 변량(σ^2)을 중심으로 정규분포해야 한다는 것이다. 둘째로, 1수준 예측변인들은 1수준의 잔차와는 관계가 없어야 한다. 즉 독립적이어야 한다. 세째, 2수준의 무선오차(random error)의 평균은 0이며, 2수준의 변량(τ_{qq}), 공변량(covariance, τ_{qq})에 다변량정규(multivariate normal)값을 가진다. 또한 2수준의 분석단위와는 아무런 관계가 없어야 한다. 네째, 2수준의 일련의 예측변인들은 2수준의 모든 잔차와는 관계가 없어야 한다. 다섯째, 1수준의 잔차와 2수준의 잔차는 서로 관계가 없어야 한다. 한편 James(1995)는 캐나다에서 열린 연례 경영학회 컨퍼런스에서 위계적 선형모형의 통계적인 가정과 관련하여 세 가지 문제점을 지적한 바 있다. 첫

째, 위계적 선형모형은 다변량 정규분포를 가정하는 바 최대우도법의 추정(maximum likelihood estimation)에 주로 의존하게 되는데 이런 다변량 정규분포의 가정은 1수준의 기술키가 2수준의 변인에 의해 예측되는 수준간 상호작용(cross-level interaction)이 생길 경우에는 특히 문제점을 안게 된다고 지적하였다. 둘째, 위계적 선형모형에서는 예측변인들을 무선변인(random variable)들로 간주하는 바, 이런 예측변인들이 연관된 잔차들과 상관관계를 가질 수도 있다는 것이다. 셋째로는 성장모형과 관련하여 위계적 선형모형에서는 1수준의 잔차들이 독립적이라고 가정하였으나, 시계열 데이터(time series data)의 경우에는 이 가정이 맞지 않음을 지적한 바 있다.

Raudenbush와 Bryk(2002)의 저서 “Hierarchical Linear Models : Applications and Data Analysis” (제2판)중 제 2장은 위계적 선형모형을 이해함에 있어서 가장 기본적이고 핵심적인 내용을 다루고 있다. 간략하게나마 그 내용을 짚어보고자 한다. 위계적 선형모형에는 몇 가지 하위 모형들이 있다. 그 하위 모형을 살펴보기 전에 가장 표준적인 모형인 단순 2수준 모형(simple two-level model)을 살펴보도록 하자.

면 β_{0j} 는 j 번째 조직의 절편(intercept), β_{1j} 는 j 조직의 X 변인의 회귀계수가 된다. $\gamma_{00}, \dots, \gamma_{11}$ 는 2수준의 계수들(level-2 coefficients)로서 조직수준의 예측변인들이 개인수준 모형에서 얻은 회귀계수에 끼치는 영향력의 정도를 말해준다. 조금 더 구체적으로 γ_{00} 과 γ_{10} 은 2수준, 즉 조직의 모형이 갖는 절편을, γ_{11} 는 개인수준의 예측변인과 조직수준의 예측변인의 수준간 상호작용(cross-level interaction)효과를 보여준다. X_{ij} 는 j 번째 조직의 i 개인의 특성변인, 즉 1수준의 예측변인(예, 유치원생의 지능, 공격성 등)을 표시한다. W_j 는 2수준의 예측변인, 즉 조직 j 의 특성변인(예, 유치원의 분위기, 지리적 여건 등)을 나타낸다. r_{ij} 는 1수준의 무선효과(level-1 random effect)로서 1수준의 예측변인들에 의해 설명되지 않은 개인별 잔차, 즉 조직 j 의 개인 i 의 무선오차를 의미한다. u_{0j} 와 u_{1j} 는 2수준의 무선효과(level-2 random effect)로서 조직의 특성이 설명하지 못한 각 조직별 잔차를 뜻한다. 결합모형에서는 1수준의 계수(β_{0j}, β_{1j})들이 직접적으로 추정되는 것이 아니라, 2수준의 계수들인 γ 를 통해서 추정됨을 명확히 보여준다. 덧붙여서 위계적 선형모형의 결합형태는 위에서 보는 바와 같이 고정효

1수준 (예, 유치원생)

$$Y_{ij} = \beta_{0j} + \beta_{1j}X_{ij} + r_{ij}, \quad (1)$$

2수준 (예, 유치원, 학교, 도시 등)

$$\beta_{0j} = \gamma_{00} + \gamma_{01}W_j + u_{0j}, \quad (2)$$

$$\beta_{1j} = \gamma_{10} + \gamma_{11}W_j + u_{1j}. \quad (3)$$

2수준을 1수준의 식에 대입하면 다음과 같은 결합된 모형이 나올 것이다.

$$Y_{ij} = \frac{\gamma_{00} + \gamma_{10}X_{ij} + \gamma_{01}W_j + \gamma_{11}X_{ij}W_j}{\text{고정 (fixed)}} + \frac{u_{0j} + u_{1j}X_{ij} + r_{ij}}{\text{무선 (random)}}$$

Y_{ij} 는 j 번째 조직에 속해 있는 i 개인의 종속변인(결과변인)을 의미한다. β_{0j} 와 β_{1j} 는 각 개인수준 독립변인들의 효과를 표시하는 1수준의 계수(level-1 coefficient)들로서 더 정확히 말하자

과(fixed effect)와 무선효과(random effect)로 구성되어진다는 사실도 눈여겨 두어야 한다.

위계적 선형모형은 개인의 발달을 이해하는데에도 매우 유용한 모형이다. 횡단연구(cross-

sectional research)에서는 실제 생활의 얽히고 설켜진 복잡한 인과관계를 파악하는데 많은 어려움이 따르는것은 주지의 사실이다. 이에 따라 비록 많은 어려움이 따르지만 종단연구(longitudinal research)가 더욱 바람직하다는 것 또한 익히 잘 알려진 사실이다. 아동과 가족의 문제를 연구함에 있어서 종단연구가 선호되면 될 수록, 위계적 선형모형의 중요성과 위상은 더해질 수 밖에 없다. 즉 아동의 정서적, 사회적, 인지적 발달 혹은 그 밖의 수많은 인간관계 발달 추이(예 : 부부간의 결혼생활 만족도의 변화)등을 연구함에 있어서 위계적 선형모형의 적절한 활용은 매우 중요하다.

Raudenbush와 Bryk(2002)의 저서에서 제 6장은 성장모형에 대한 정보를 담고 있다. 기본적인 수식은 위에서 이미 설명한 바와 똑같으며 각 계수가 의미하는 바도 위의 식과 똑같은 논리이다. 다음에서 이를 간략하게 살펴보고자 한다.

$$1\text{수준} : Y_{it} = \pi_{0i} + \pi_{1i}a_{it} + e_{it}$$

$$2\text{수준} : \pi_{0i} = \beta_{00} + \sum_{q=1}^{Q_0} \beta_{0q}X_{qi} + r_{0i}$$

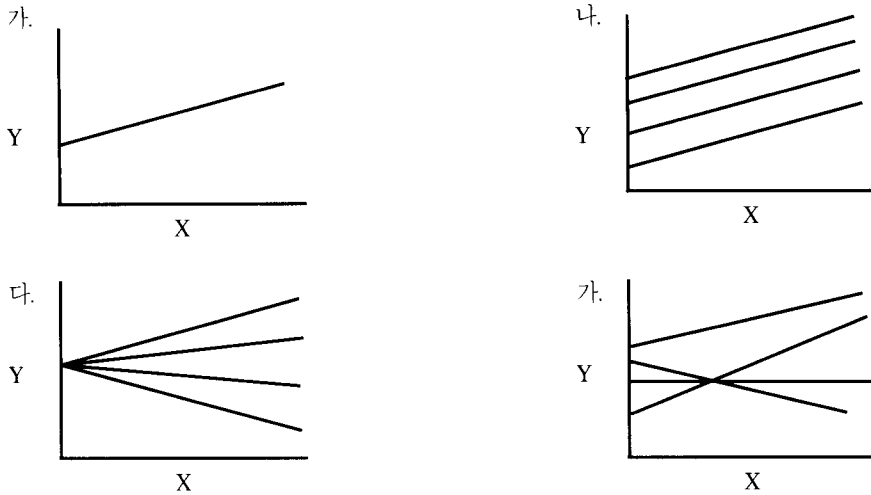
$$: \pi_{1i} = \beta_{10} + \sum_{q=1}^{Q_1} \beta_{1q}X_{qi} + r_{1i}$$

Y_{it} 는 개인 i 의 t 시점에서의 관찰값이다. π_{0i} 는 개인 i 의 관찰시점 이전의 최초 값이며, π_{1i} 는 관찰시점의 변화를 거치면서 개인 i 가 가지는 변화 성장율(growth rate)을 표시한다. e_{it} 는 오차로서 독립이고 공통변량에 정규분포한다. β_{pq} 는 X_q 가 p 번째 성장계수에 미치는 효과를 의미한다.

위계적 선형모형에서 쓰이는 모수의 추정방식에는 최대우도추정법(maximum likelihood; ML)과 한정최대우도추정법(restricted maximum likelihood; RML)이 있다(Luke, 2004; Snijders & Bosker, 1999). 두 방법 모두 고정효과를 추정함에 있어서 동일한 결과를 산출하지만 무선효과

의 분산추정을 계산하는 과정에서 한정최대우도 추정법은 회귀식의 추정에 따른 고정효과와 자유도의 감소를 고려하는 반면 최대우도추정법에서는 이를 고려하지 않음으로써 분산을 작게 추정하는 경향이 있다. 따라서 한정최대우도추정법이 최대우도추정법보다 더욱 정확한 무선효과의 분산추정을 하게 된다. 그러나 2수준의 조직수가 30개 이상일 경우 두 가지 방법 모두 분산의 편향을 무시해도 될 정도로 비슷한 값을 산출하기 때문에 최대우도추정법을 사용해도 무방하다. 최대우도 추정법을 사용함으로써 가질 수 있는 이점은 이 방법에서 제시해주는 우도비를 바탕으로 산정하는 편향도(deviance)를 통해 모형간 고정효과와 무선효과를 비교함으로써 어떤 모형이 종속변인을 더욱 잘 설명해주는지를 파악할 수 있다는 것이다. 편향도는 자료와 모형간의 적합성 부족을 의미하는 함수로서 작을수록 우수한 모형임을 의미한다. 편향도와 관련하여 모형의 적합성을 살펴보는 지수로서 AIC(Akaike Information Criterion; Akaike, 1987)가 대표적이다. 비록 HLM 프로그램에서 이 지수를 직접적으로 산출하지는 않지만, 손쉬운 계산으로 AIC를 얻을 수 있다. 즉 $AIC = \text{편향도} + 2p$ 가 된다. 여기서 p 는 모형에서의 모수(parameter)의 숫자를 의미한다. 편향도는 더 나은 모형을 비교할 때 반드시 살펴보아야 할 지수이지만 통상 더 많은 모수가 더 낮은 편향도를 산출해내기 때문에 현상을 간결하게 설명하고자 하는 통계학에서의 간명도의 기준에서는 멀어지게 된다. 이러한 편향도의 단점을 보완할 수 있는 지수가 바로 AIC로서 편향도와 함께 모형을 비교할 때 유용하게 쓰일 수 있다. 편향도와 마찬가지로 AIC도 낮을수록 더 우수한 모형임을 의미한다.

<그림 1>에서 ‘가’와 같이 각 그룹이 동일한 절편과 기울기를 가지는 경우를 생각해 볼 수 있



<그림 1> 수준 1모형이 각 그룹별로 추정될 때 절편과 기울기의 4가지 가능한 유형

다. ‘나’에서는 각 그룹들이 여전히 동일한 기울기를 가지고 있지만 절편값은 그룹별로 다양한 경우도 있을 것이다. 그러므로 Y_{ij} 와 X_{ij} 의 관계는 모든 그룹에 걸쳐 동일한 양상을 보이지만 최초의 출발점, 즉 절편값은 각 그룹별로 다양함을 보인다. 한편 동일한 절편값을 가졌지만 Y_{ij} 와 X_{ij} 의 관계는 그룹별로 다른 경우가 바로 ‘다’에 해당하게 된다. 마지막으로 ‘라’의 경우는 절편값과 Y_{ij} 와 X_{ij} 의 관계 모두 그룹별로 다름을 보여주고 있다. 즉 실제에서는 매우 희귀한 경우인 ‘가’를 제외하고는 모두 다른 양상을 보여주는 나머지 그래프들이 통상 연구자들이 부딪히는 경우인 셈이다. 이러한 다른 양상의 모형들은 조직의 특성이 조직별로 다르지 않을까 하는 의문을 품게 만들며 위계적 선형모형의 2수준에서 이에 대한 해답을 찾을 수 있는 것이다. 이미 그림 1에서 살펴본 바와 같이 1수준의 절편과 기울기에서의 변량에 따라 각기 다른 2수준의 모형이 요구됨을 짐작할 수 있을 것이다. 즉 <그림 1>의 ‘나’와 같이 기울기가 동일한 경우에는 모든 그룹에 걸쳐 β_{ij} 가 같다는 의미이므로 W_j 를 이미 위에서 언급한 (3)식에 포함하는 것은 무의미해

지게 된다. 같은 논리로 그림 1의 ‘다’와 같은 경우에는 절편이 모든 그룹에 걸쳐 동일하므로 W_j 를 (2)식에 포함하는 것은 아무런 의미가 없게 된다. 하지만 이미 앞서 언급한 바와 같이 실제 연구자들이 풀어나가야 할 문제들은 ‘라’와 같은 경우가 압도적으로 많다고 할 수 있으며 당연히 단순 2수준 모형이 가장 흔히 쓰이게 되는 것이다. 그러나 각 하위 모형을 살펴보는것은 위계적 선형모형의 전반적인 이해뿐만 아니라 분산분석, 공분산분석, 회귀분석을 다시 한 번 짚어볼 수 있는 좋은 기회이므로 다음에서 이를 간략하게 소개하고자 한다. 또한 위계적 선형모형에서는 가장 복잡한 모형, 즉 서로 다른 절편과 기울기를 시험해보기 전에 하위모형을 실행하여 서로 다른 모형을 비교함으로써 각 모형이 얼마나 더 정확히 문제해결에 근접해 있는지를 알 수 있기 때문에 하위 모형들은 반드시 짚고 넘어가야 할 부분이다.

일원 분산분석 무선흐과 모형(One-way ANOVA with random effects, fully unconditional model) : 이 모형은 위계적 선형모형에서 가장 단순한 모

형으로서 일원분산분석 모형과 동일한 수식을 가지고 있다. 1수준에서도 2수준에서도 예측변인은 존재하지 않는다. 1수준에서 계수 β_{ij} 는 0으로 고정된다. $Y_{ij} = \beta_{0j} + r_{ij}$ (1수준). 2수준에서의 계수 γ_{0i} 역시 마찬가지로 0으로 고정된다. $\beta_{0j} = \gamma_{00} + u_{0j}$ (2수준). 결합모형은 다음과 같다. $Y_{ij} = \gamma_{00} + u_{0j} + r_{ij}$ 즉 이 모형에서 γ_{00} 는 전체 평균(grand-mean)을 의미하며, u_{0j} 는 2수준의 효과(level-2 effect), r_{ij} 는 1수준의 효과(level-1 effect)를 말한다.

평균-종속변인 회귀 모형(means-as-outcomes regression) : 이 모형에서는 1수준의 모형은 일원분산분석 무선효과 모형과 동일하나, 2수준의 예측변인 W_j 가 무선편의 한 형태가 된다. $\beta_{0j} = \gamma_{00} + \gamma_{01}W_j + u_{0j}$ 그리하여 결합 모형은 다음과 같은 수식을 이룬다. $Y_{ij} = \gamma_{00} + \gamma_{01}W_j + u_{0j} + r_{ij}$

일원공분산 무선효과 모형(one-way ANCOVA with random effects) : 이 모형에서는 1수준의 예측변인 X_{ij} 의 값이 전체평균을 기준으로 변환된다.

$Y_{ij} = \beta_{0j} + \beta_{1j}(X_{ij} - X_{.j}) + r_{ij}$ (1수준) 2수준의 모형은 다음과 같다. 주의할것은 1수준의 계수 β_{1j} 가 모든 그룹에 공통의 효과를 갖도록 가정된다는 것이다. $\beta_{0j} = \gamma_{00} + u_{0j}$, $\beta_{1j} = \gamma_{10}$

따라서 결합 모형은 다음과 같은 형태가 된다.

$$Y_{ij} = \gamma_{00} + \gamma_{10}(X_{ij} - X_{.j}) + u_{0j} + r_{ij}$$

무선 계수 회귀 모형(random-coefficients regression model) : 이 모형에서는 1수준의 절편과 1수준의 기울기가 무선편으로 다양함을 가정한다.

$$Y_{ij} = \beta_{0j} + \beta_{1j}(X_{ij} - X_{.j}) + r_{ij}$$

$$\beta_{0j} = \gamma_{00} + \gamma_{01}W_j + u_{0j}, \beta_{1j} = \gamma_{10} + \gamma_{11}W_j + u_{1j}$$

(2수준)

2수준의 식들을 1수준에 대입하면 다음과 같은 결합 모형이 된다. $Y_{ij} = \gamma_{00} + \gamma_{10}(X_{ij} - X_{.j}) + u_{0j} + u_{1j}(X_{ij} - X_{.j}) + r_{ij}$

γ_{00} 는 2수준에서의 평균 절편, γ_{10} 는 2수준에서의 평균 회귀 기울기, u_{0j} 는 2수준 j 에 관련된 절편의 증분, 그리고 u_{1j} 는 2수준 j 에 관련된 기울기의 증분으로 각기 이해하면 될 것이다.

X와 W의 중심점(centering)을 찾는것도 필요하다. 4가지 방법이 있는데 첫번째는 전체 평균(grand mean)을 기준으로 삼는 것이다. 즉, 각 개인의 값에서 전체평균을 빼주는 것이다($X_{ij} - X_{.j}$). 그 외에도 그룹 평균(group mean)을, 혹은 임의의 점을 기준으로 삼을 수도 있으며 실제의 값을 그대로 쓸 수도 있다. 이중에서도 일원공분산분석에서 쓰이는 방법인 전체평균을 기준으로 삼는 경우가 가장 흔하며, 이럴 경우 절편은 그룹 j 의 조정된 평균으로 이해될 수 있다. 어떻게 중심점을 찾을 것인가는 위계적 선형모형의 추정과 해석에 영향을 끼친다. 예를 들어 1수준의 예측변인이 유치원 아동의 지능이라고 했을 때 절편 값이 0이 된다면 이것은 부적절한 경우인 것과 마찬가지로 연구자는 상황에 따라 적절한 방법으로 중심점을 찾아야 한다.

다음으로는 3수준 모형의 수식을 살펴보도록 하자. 3수준 모형에서는 1수준에는 개인, 2수준에 상위조직, 3수준에 최상위조직의 예측변인들을 가지고 수식화할수도 있으며 1수준에 시간의 흐름에 따른 관찰, 2수준에 개인의 예측변인들, 3수준에서 조직의 예측변인들을 포함하는 모형도 생각해 볼 수 있다. 기본수식에서는 전자를, 실제 연구 사례에서는 후자를 각기 살펴보도록 하겠다.

3수준모형은 다음과 같이 볼 수 있다.

$$1수준 : Y_{ijk} = \pi_{0jk} + \pi_{1jk}a_{1ijk} + \pi_{2jk}a_{2ijk} + \dots + \pi_{pjk}a_{pjk} + e_{ijk}$$

$$2수준 : \pi_{pjk} = \beta_{p0k} + \sum_{q=1}^{Qp} \beta_{pqk}X_{qjk} + r_{pjk}$$

$$3수준 : \beta_{pqk} = \gamma_{pq0} + \sum_{s=1}^{Spq} \gamma_{pqs}W_{sk} + u_{pqk}$$

Y_{ijk} 는 최상위조직 k 내의 상위조직 j 에 속한 개인 i 의 결과변인을 표시한다. π_{0jk} 는 최상위조직 k 내의 상위조직 j 의 절편을 의미하며, a_{pijk} 는 결과변인을 예측하는 개인의 특성변인을 뜻한다. π_{pjk} 는 개인의 각 특성변인인 a_p 와 상위조직과의 관계의 정도를 나타내는 1수준의 계수이다. e_{ijk} 는 최상위조직 k 내의 상위조직 j 에 속한 개인 i 의 무선효과이다. 2수준에서의 β_{pk} 는 π_{pjk} 의 최상위조직 k 의 절편을 의미하며, X_{qjk} 는 상위조직 j 에 관련된 독립변인들이다. β_{pqk} 는 상위조직 j 의 독립변인들과 π_{pjk} 의 관계의 정도를 표시하는 계수이고, r_{pj} 는 상위조직 j 의 무선효과를 뜻한다. 3수준에서의 p_{q0} 는 β_{pqk} 의 최상위조직 k 의 절편을 의미하며, W_{sk} 는 β_{pqk} 를 예측하는 최상위조직 k 에 관련된 독립변인들이다. p_{qs} 는 W_{sk} 와 β_{pqk} 의 관계의 정도를 표시하는 3수준의 계수들이며 u_{pqk} 는 최상위조직 k 의 무선효과이다. 이상에서 본 모형은 조건적 모형(conditional model)으로서 각 수준별로 다수의 독립변인을 포함했을때의 경우를 나타내며, 무조건적 모형 (unconditional model)은 아무런 독립변인을 포함하지 않은 경우를 뜻한다. 즉, 1수준에서 3수준에 걸쳐 어떤 독립변인을 얼마나 많이 택할 것인가는 총 표본수와 연구자에게 달려 있으나 앞서 지적한대로 각 모형간의 비교를 통해 간명하면서도 실제 자료와 모형간에 괴리가 가장 적은 모형을 선택하는 것이 바람직하다.

IV. 위계적 선형모형의 실례 (3수준 모형)

다음에서는 Bryk과 Raudenbush(1988)의 3수준 모형에 관한 실제 연구를 소개하고자 한다. 이 연구는 2년간에 걸친 종단연구로서 86개 초등학교 총 618명의 1학년 아동들의 수학, 읽기 성취도

를 그들이 3학년이 될때까지 5시점에서 측정하는 것이다. $y_{ijt} = \pi_{0ij} + \pi_{1ij} \cdot t + \pi_{2ij} \cdot \text{여름}_{ij} + e_{ijt}$

y_{ijt} 는 t 시점에서의 초등학교 j 의 1학년 아동 i 의 수학 혹은 읽기 성취도를 의미한다. 시점을 나타내는 t 는 봄학기 시점을 기준으로 삼아 0으로 설정되었다. 즉 t 는 아동들이 3학년이 되는 4까지 있게 되며 그 측정시점은 각 6개월 마다이다. π_{0ij} 는 아동들의 수학, 읽기의 최초 성취도를, π_{1ij} 는 성취도의 2년간의 직선적인 향상비율을, π_{2ij} 는 여름동안의 수학, 읽기 성취도의 감소비율을 각각 표시하며 e_{ijt} 는 개인 i 의 무선효과이다. 이 연구에서는 각 아동들의 성취도에 영향을 미칠 것이라고 예상되는 변인들을 빈곤가정, 어머니의 교육수준으로 삼았으며 각각 더미변인(dummy variable) 과 연속변인으로 설정하였다. $\pi_{kij} = \beta_{k0j} + \beta_{k1j} \cdot \text{빈곤가정}_{ij} + \beta_{k2j} \cdot \text{모친의 교육수준}_{ij} + R_{kij} \quad k = 0, 1, 2.$

학교수준의 모형에서는 각 학교 내 빈곤가정의 분포정도가 아동들의 성취도에 영향을 끼칠 것으로 설정되었다.

$$\beta_{mj} = \gamma_{m0} + \gamma_{m1} \cdot \text{학교빈곤}_j + U_{mj}$$

우선 연구자들은 다음과 같은 무조건적인 모형을 통해 아동들의 수학과 읽기의 평균 성취도를 살펴보았다.

$$\pi_{kij} = \beta_{k0j} + R_{kij}$$

$$\beta_{kj} = \mu_k + U_{1j}$$

아래의 표에서 보는 바와 같이, 전 학교의 아동을 대상으로 한 수학과 읽기의 최초 평균 성취도는 각각 404.28과 418.78로 조사되었다. 수학과 읽기의 평균 향상도는 28.39와 23.35로 각각 조사되었다. 학교 정규 수업이 없는 여름동안의 아동들의 수학과 읽기 성취도의 평균 감소비율은 수학과 -28.22로 읽기의 -13.80 보다 그 감소비율이 현격히 큰 것으로 나타났다. 즉 주로 학

〈표 1〉 무조건적인 모형(고정효과)

개인성장모형	추정 계수	표준 오차	t값	개인성장 모수 신뢰도	학교평균 성장모수 신뢰도	학교간 총모수 변량의 비율
수학						
최초값 (μ_0, π_0)	404.28	1.57	257.43	.648	.277	14.4
향상비율(μ_1, π_1)	28.39	.34	83.32	.051	.441	82.6
여름감소값(μ_2, π_2)	-28.22	.95	-29.66	.003	.196	95.5
읽기						
최초값 (μ_0, π_0)	418.78	1.50	278.97	.725	.537	31.4
향상비율(μ_1, π_1)	23.35	.33	69.44	.300	.436	43.9
여름감소값(μ_2, π_2)	-13.80	.80	-17.13	.014	.035	42.5

교의 수업을 통해서 습득되어지는 분야인 수학 지식의 경우 수업이 없는 여름까지 고려한 평균 성취도는 28.39 - 28.22 = 0.17로 그 향상도가 매우 적은 반면 가정에서도 직·간접적으로 습득되어지는 읽기의 경우 평균 성취도는 23.35 - 13.80 = 9.55로써 수학보다 훨씬 높은 것으로 조사되었다. 추정계수를 표준오차로 나누어서 나온 t 값은 표에서 보는 바와 같이 모두 통계적으로 유의미한 것으로 조사되었다.

HLM 6 프로그램이 제공하는 출력물 중에서도 또한 주의깊게 살펴보아야 할 수치 중의 하나는 바로 $\lambda_j = \tau_{00j} / \tau_{00} + (\sigma^2_{\epsilon_j})$ 의 계산 과정을 통해 산출되는 신뢰도 (reliability)이다. 위의 표에서 보는 바와같이, 개인성장모수 향상비율의 신뢰도 (π)는 수학, 읽기가 각각 .051과 .300으로 나타났다. 이러한 커다란 차이는 각 학교 내의 아동들간 읽기영역의 성취향상도의 편차가 수학영역보다 훨씬 크다는 것을 뜻한다. 즉 아동간 수학 성취도의 향상비율은 읽기 성취도의 향상비율과 비교하여 볼 때 더욱 흡사함을 암시한다고 볼 수 있는 것이다. 한편 매우 낮은 신뢰도, 예를 들어 .10 미만일 경우 이는 무선계수가 무선(random) 효과가 아닌 고정(fixed) 효과로 전환되어야 함을 시사하기도 한다.

학교간 총모수변량의 비율(percentage of total parameter variance between schools)도 주목해 볼 만한 항목이다. 아동들의 최초 성취도를 보면 수학에서는 14.4%의 변량이, 읽기에서는 31.4%의 변량이 학교 간에 존재함을 나타낸다. 아동들의 수학 성취도의 향상비율을 각각 살펴보면 학교 간 82.6%의 변량이 있음을 나타낸다. 아동들의 읽기 성취도의 향상비율에서는 학교 간 43.9%의 변량이 존재하는 것과는 대조를 보인다. 즉 이는 위에서 설명한 바와 같이 방학 중 혹은 학기 중에도 가정에서 부모나 형제들의 어울림 등을 통해 읽기 영역에서의 능력을 키울 수 있는 반면 아동의 수학 능력 향상비율은 학교에서의 학습에 주로 의존하기 때문에 학교 간 효율적인 수학 교육의 여부에 따라 각 학교에 속한 아동의 수학 성취 향상도가 많이 좌우된다는 설명과 일맥상 통한다고 볼 수 있는 것이다.

여름방학 중 성취도의 감소비율의 신뢰도(π_2)에 관해서는 위 표가 나타내는 바와 같이 수학, 읽기 모두 .003과 .014로 매우 낮음을 알 수 있다. 이는 연구자들이 아동의 부모들의 사회·경제적 지위에 관한 정확한 정보 등 다른 여타 예측변인이 부족함을 시사한다. 무조건적인 모형을 살펴본 후에 연구자들은 어머니의 교육 수준의 정도

<표 2> 어머니의 교육 수준의 정도와 빈곤가정의 여부가 아동수준에 포함된 무조건적인 모형

		추정계수	표준오차	t값	R ²	
수학	최초값(π_0)	기본값	376.668	6.298	59.79	9.0
		어머니 교육	2.540	.500	5.07	
		빈곤가정	-12.920	4.448	-2.87	
	향상비율(π_1)	기본값	27.013	1.476	18.29	0
		어머니 교육	.136	.117	1.15	
		빈곤가정	-1.233	1.046	-1.17	
여름감소값(π_2)	기본값	-28.196	.951	-29.63		
읽기	최초값(π_0)	기본값	376.043	6.117	61.47	8.4
		어머니 교육	3.878	.486	7.97	
		빈곤가정	-16.331	4.368	-3.73	
	향상비율(π_1)	기본값	21.580	1.394	15.48	22.8
		어머니 교육	.217	.110	1.96	
		빈곤가정	-4.929	.991	-4.97	
여름감소값(π_2)	기본값	-13.770	.807	-17.06		

와 빈곤가정의 여부가 어떻게 아동의 수학과 읽기의 성취도에 영향을 미치는지를 따져보았다. 그러나 학교 수준의 모형에서는 여전히 아무런 예측변인도 포함되지 않았다. 다음의 <표 2>에서는 이에 대한 정보를 담고 있다.

이미 살펴본 바와 같이 여름방학 중 아동의 수학과 읽기 성취도의 감소비용의 신뢰도(π_2)가 매우 낮아 여름 감소값에 다른 예측변인은 포함되지 않았다. 표에서 보여지듯이, 어머니의 교육 수준의 정도와 빈곤가정의 여부는 수학과 읽기의 최초 성취도에 지대한 영향을 미치는 것으로 나타났다. 예상했던대로 두 영역의 최초 성취도 모두 어머니의 교육 정도가 높을수록, 빈곤정도가 낮을수록 높게 나타났다. 반면 이 두 예측변인은 읽기 성취도의 향상비율에서는 여전히 같은 방향으로 영향을 미치고 있으나, 수학 성취도의 향상비율에서는 유의미한 관계가 없는 것으로 파악되었다. 물론 수학의 개인성장모수 향상비율의 신뢰도(π_1)가 .051로 매우 낮아 이 결과를 맹

신할 수는 없다. 그러나 읽기 영역에서의 성취도 향상정도는 가정의 영향을 많이 받는 반면 수학의 성취도 향상비율은 가정의 영향력이 거의 없다는 앞에서의 결과를 더욱 신뢰할 수 있게 된 것이다. 한편 어머니의 교육 수준의 정도와 빈곤가정의 여부는 수학과 읽기의 최초 성취도에서 각각 서로 비슷한 변량을 설명해 주는 것으로 나타났다. 어머니의 교육 수준의 정도와 빈곤가정의 여부가 수학의 성취도의 향상비율에서는 아무런 변량도 설명하지 못한 것과는 대조적으로 읽기의 경우 22.8%의 변량이 이 두 예측변인에 의해 설명되었다. 즉 읽기 영역의 성취도는 가정의 영향력에 크게 좌우됨을 다시 한 번 확인할 수 있는 결과인 셈이다. 이번에는 학교수준에 각 학교 내 빈곤가정의 분포도를 예측변인으로 포함시켜 학교간의 아동들의 수학과 읽기 영역의 성취도 추이를 살펴보겠다. 이 모형에서는 이전까지 아동수준에서 계속 예측변인으로 포함되었던 어머니의 교육 수준의 정도와 빈곤가정의 여

<표 3> 빈곤가정 분포도가 학교수준에 포함된 무조건적인 모형

		추정계수	표준오차	t값	R ²		
수학	최초값(π_0)	기본값	415.379	2.214	187.59	64.1	
		빈곤가정	-.565	.080	-6.99		
	향상비율(π_1)	기본값	28.690	.488	58.74		.2
		빈곤가정	-.014	.018	-.81		
	여름감소값(π_2)	기본값	-31.039	1.364	-22.76		18.3
		빈곤가정	.144	.050	2.90		
읽기	최초값(π_0)	기본값	433.320	2.154	201.13	46.7	
		빈곤가정	-.737	.078	-9.42		
	향상비율(π_1)	기본값	25.460	.481	52.98		26.0
		빈곤가정	-.107	.018	-6.09		
	여름감소값(π_2)	기본값	-13.512	1.154	-11.70		0
		빈곤가정	-.015	.042	-.35		

부는 배제하고 모형의 적합성을 모색하였다. 다음의 <표 3>에서와 같이 학교 내 빈곤가정 분포는 수학과 읽기의 저조한 최초 성취도에 영향을 미치고 있다. 학교 내 빈곤가정 분포가 읽기 영역의 성취도의 향상비율에서는 유의미한 결과를 나타내는 반면 수학의 성취도의 향상비율에서는 유의미한 결과를 산출하지 못하였다. 즉 이미 앞서 산출된 결과와 같은 맥락으로 빈곤가정이 많은 초등학교는 아동들의 수학과 읽기의 최초 성취도가 낮게 나왔으며 읽기 영역의 향상비율도 낮은 반면, 빈곤가정이 많은 초등학교라고 해서 수학 영역의 향상도가 저조하다고는 볼 수 없다는 것이다. 각 학교 내 빈곤가정 분포가 여름방학 동안의 성취도의 감소정도에 미치는 영향을 살펴보면 흥미롭게도 학교 내 빈곤가정 분포가 높을수록 여름방학동안 아동들의 수학 성취도가 감소하는 정도가 덜한 것으로 나타났다. 반면 학교 내 빈곤가정 분포와 여름방학동안 아동들의 읽기 성취도는 통계적으로 유의미한 관계가 성립되지 않았다. 이러한 결과는 아마도 빈곤가정 분포도가 높은 학교는 주정부로부터 여름방학동안의 보충수업이나 대체교육 등 수학교육에 관

련된 교육재정 확보가 더욱 적극적으로 이루어져 이런 초등학교에 재학하는 아동들의 수학의 성취도가 그렇지 않은 학교보다 그 감소세가 더 덜 것이라는 것이 연구자들의 설명이다. 그러나 누차 강조했듯이 읽기 성취도는 가정의 영향력이 상당한 관계로 비록 통계적으로 유의미한 결과를 얻지는 못했으나 가정 빈곤정도의 분포가 높은 초등학교 아동들이 상대적으로 다소 불리하다는 것이 연구자들의 주장이다.

마지막으로 각 수준에서의 예측변인을 모두 포함하는 모형을 살펴보자. 즉 아동수준에서는 어머니의 교육 수준의 정도와 빈곤가정의 여부를, 학교수준에서는 빈곤가정 분포도를 예측변인으로 삼아 아동의 수학과 읽기 영역의 성취도를 가늠해보는 모형이다. 결과는 <표 4>에서 보는 바와 같다. 어머니의 교육수준의 정도와 학교 내 빈곤가정 분포도가 아동의 수학과 읽기 영역에서의 최초 성취도를 설명함에 있어 유의미한 예측변인임을 알 수 있다. 두 영역 모두 어머니의 교육수준 정도가 높을수록, 학교 내 빈곤가정의 분포도가 낮을수록 아동의 최초 성취도는 높은 것으로 나타났다. 빈곤가정의 여부와 학교 내 빈

〈표 4〉 어머니의 교육 수준의 정도와 빈곤가정의 여부가 아동수준에 포함되고, 학교 내 빈곤분포도가 학교수준에 포함된 조건적인 모형

		아동수준	학교수준	추정계수	표준오차	t값	
수학	최초값(π_0)	기본값	기본값	387.146	6.774	57.15	
			학교빈곤	-.395	.091	-4.31	
		어머니 교육	기본값	2.206	.507	4.35	
		빈곤가정	기본값	-4.997	4.947	-1.01	
	향상비율(π_1)	기본값	기본값	26.918	1.589	16.94	
			학교빈곤	.007	.020	.32	
		어머니 교육	기본값	.136	.119	1.11	
		빈곤가정	기본값	-1.429	1.164	-1.23	
	여름감소값(π_2)	기본값	기본값	-31.036	1.362	-22.77	
			학교빈곤	.147	.049	2.92	
	읽기	최초값(π_0)	기본값	기본값	390.707	6.605	59.14
				학교빈곤	-.514	.089	-5.80
어머니 교육			기본값	3.337	.495	6.73	
빈곤가정			기본값	-4.389	4.835	-.91	
향상비율(π_1)		기본값	기본값	23.471	1.505	15.59	
			학교빈곤	-.066	.020	-3.34	
		어머니 교육	기본값	.148	.113	1.31	
		빈곤가정	기본값	-3.403	1.110	-3.09	
여름감소값(π_2)		기본값	기본값	-13.504	1.115	-11.69	
			학교빈곤	-.014	.042	-.32	

곤가정 분포도는 읽기 영역의 더딘 향상 성취도에 영향을 끼친 반면 수학 성취도의 향상 정도에는 통계적으로 유의미한 영향력이 없는 것으로 나타났다. 앞서 살펴본바와 같이 빈곤가정의 분포도가 높은 학교일수록 해당 학교의 아동들의 읽기 성취도는 더딘 것으로 거듭 나타났으나 수학 성취도에서는 이러한 관계가 통계적으로 유의미하지 않았다.

마지막으로 설명된 조건적인 모형에서의 R2에 대한 정보나 앞서 강조한대로 각 모형간 편향도와 AIC 등 모형의 적합성을 나타내는 지수 등을 연구자들이 포함하지 않은 것들은 아쉬운 점이라 하겠다.

V. 일지법(diary methods)

미국의 경우 아동가족학을 비롯한 사회과학 연구자들이 일지법에 점차 관심을 보이고 있다. 여기서는 위계적 선형모형과 관련하여 간략하게 살펴보기로 하겠다. 일지법에 더욱 관심이 있는 연구자들은 Bolger, Davis, Rafaeli(2003), Bolger와 Schilling(1991), Laurenceau와 Bolger(2005), Reis와 Gable(2000), Wheeler와 Reis(1991) 등과 같은 논문을 참조하길 권한다.

일지법은 크게 세 가지 유형으로 분류되는데 피연구자가 정해진 시간마다 현재의 감정이나 건강상태, 경험, 사건 등을 주기적으로 보고하는

것이 첫번째 유형이다. 이 경우 보통 하루를 단위로 삼아 1주일 혹은 2주일동안 피연구자가 질문에 응답을 하게 된다. 두번째로는 연구자에 의해 주기가 정해지고, 연구자가 피연구자를 연락했을 때 응답이 이루어지는 유형이다. 세번째로는 피연구자가 어떤 상황이나 사건이 도래했을 때마다 보고를 하는 형식이다. 이러한 일지법은 연구팀이 피연구자에게 전화를 걸어 응답을 얻을 수도 있고, 설문지를 연구자에게 직접 배포하여 수거할 수도 있으며 혹은 발달된 정보통신 기술, 예를 들어 인터넷이나 휴대용 개인정보 단말기(PDA) 등에 의존하여 데이터를 수집할 수도 있다.

일지법의 장점은 여러 가지가 있는데 크게 두 가지로 대별하면 다음과 같다. 즉, 미세적인 일상생활을 관찰함으로써 대단위의 연구 혹은 이론에 치중한 연구의 단점을 보완할 수 있다는 점을 들 수 있다. 둘째로 보통의 설문지는 피응답자가 과거를 회상하여 응답하는 경우가 많은데 예를 들어 “지난 3개월간 이 아동은 친구들과 한 번도 다툰 적이 없다.”와 같은 문항은 매우 흔한 형식으로서 피응답자의 때로는 부정확한 기억에 의존할 수 밖에 없다. 그러나 일지법은 매우 단기간의 행위와 감정 상태를 보고하기 때문에 그러한 오차를 많은 부분 줄일 수 있다. 덧붙여, 횡단연구의 경우 표본수와 최종 관찰수가 동일할 수 밖에 없으나 일지법은 관찰주기(7일 혹은 14일 등)에 따라 최종 관찰수가 몇 배로 증가하게 되어 같은 표본수를 가지고도 횡단연구보다 훨씬 더 통계적으로 우수한 모형을 얻을 수 있게 된다. 따라서 적은 표본수를 가지고도 위계적 선형모형을 시도해볼만한 방법이 바로 일지법인 것이다. 앞으로 이러한 일지법이 그동안 아동학계에서 소홀히 했던 연구 주제를 다루는 데에도 많이 적용되기를 기대해 본다.

VI. 실제 연구 문제의 유형 예시와 활용방안

위계적 선형모형을 아동학 연구에 적용할 때 제기할 수 있는 구체적인 연구문제를 예시함으로써 이해를 돕고자 한다. 우선 1수준을 아동, 2수준을 학급으로 개념화하여 초등학교 1학년 10개 학급을 대상으로 교우관계를 연구한다고 가정해보자. 수많은 연구문제 제기가 가능하겠으나 위계적 선형모형을 이용하여 연구할 때 적절한 몇 가지 연구문제를 예시해보면 다음과 같다. 여아가 남아에 비해 교우관계가 더욱 좋은가? 가정의 소득정도가 아동의 교우관계에 영향을 미치는가? 형제가 많은 아동들이 외동아동들보다 교우관계가 원만한가? 교사의 성별이 각 학급 아동의 교우관계에 영향을 미치는가? 교사의 태도는 아동의 교우관계와 어떻게 관련되어 있는가? 교사가 보고한 각 학급의 면학분위기는 아동의 교우관계와 어떻게 관련되어 있는가? 편부/편모가정이 많은 학급의 아동의 교우관계는 그렇지 않은 학급과 어떻게 다른가? 교사의 애정어린 태도는 빈곤가정층 아동의 교우관계를 현저히 향상시킬 수 있는가? 표본수에 따라, 연구여건에 따라 가능한 예측변인의 수도 달라지며 그에 따라 제기할 수 있는 연구문제의 수도 상이하겠지만 이상과 같은 연구문제를 하나의 식으로 만들어 실제 현상과 더욱 가까운 통계접근으로 설명할 수 있는 것이 바로 위계적 선형모형이다.

이번에는 종단연구를 한다고 가정했을 때 제기 가능한 연구문제의 유형들이다. 유치원 졸업 시점에서 초등학교 2학년까지 형제관계(친밀감, 적대심, 경쟁심, 서로 도움을 주고 받는 정도 등)는 어떻게 변화하는가? 이러한 형제관계는 인구학적 변인(부모의 소득과 교육의 정도, 형제간의 나이차, 남아-남아, 남아-여아, 여아-여아, 여

아·남아 형제의 조합)에 따라 다른 양상을 띠는가? 어머니의 양육방식은 형제관계의 변화에 어떤 영향을 미치는가? 아버지의 양육의 관심도는 형제관계에 어떤 영향을 미치는가? 어머니가 형제를 다르게 대하면 형제관계는 어떻게 달라지는가? 아버지가 형제를 다르게 대하면 형제관계는 어떻게 달라지는가?

단기간의 즉각적인 변화추이를 살펴보고자 할 때 유용한 일지법에서 쓰일 수 있는 연구문제를 제시해보면 다음과 같다. 손아래 형제와 다툼이 있었을 때 손위 형제의 우울감은 어떻게 변화하는가? 손아래 형제가 칭찬을 받았을 때 손위 형제의 자긍심은 어떻게 변화하는가? 손위 형제의 우울감 및 자긍심의 최초값은 얼마이며 어떻게 변화하는가? 손위 형제와 다툼이 있었을 때 손아래 형제의 우울감은 어떻게 변화하는가? 손위 형제가 칭찬을 받았을 때 손아래 형제의 자긍심은 어떻게 변화하는가? 손아래 형제의 우울감 및 자긍심의 최초값은 얼마이며 어떻게 변화하는가? 한 집안의 형제의 우울감 및 자긍심의 최초값과 변화량은 다른 집안의 형제들의 양상과 흡사한가? 손위형제와 손아래 형제 중에서 누가 더 우울감과 자긍심이 큰가? 남아·남아, 남아·여아, 여아·여아, 여아·남아 형제의 조합간에 우울감 및 자긍심의 각기 다른 양상을 찾아볼 수 있는가? 양부모가 모두 있는 가정의 형제와 편부/편모 가정의 형제간에는 서로 다른 양상이 나타날까? 연구자들의 이해를 더욱 돕기 위해 위계적 선형모형을 적용한 아동가족학 분야의 몇몇 연구논문들과 학습에 유용한 웹사이트 등을 부록1에 포함시켰다.

사회과학에서 양적방법론(quantitative methods)에 기본하여 연구결과를 도출해 낼 때 거의 항상 문제가 되는 것이 표본수이다. 적절한 신뢰도를 얻기 위해 얼마만큼 많은 표본수를 얻어

야만 하는가는 중요한 문제이며, 앞에서 언급한 바와 같이 위계적 선형모형도 예외는 아니다. Kreft(1996) 등 여타 학자들이 제시한 기준은 사실 보수적인 태도라고 볼 수 있다. 실제로 SSCI 급의 위계적 선형모형을 이용하여 출판된 논문들 중에서 앞에서 언급한 충분한 표본수를 가지고 연구를 하지 않은 경우가 그렇지 않은 경우보다 훨씬 많다. 이는 사회과학의 연구는 모든 면에서 완벽하기가 매우 힘들다는 점을 보여주는 단면이라고도 할 수 있다. 사회과학의 연구는 질문지의 성격, 피연구자의 선정, 피연구자의 응답률 등등 연구 일련의 과정들이 연구자의 판단과 주관의 개입에 많은 영향을 받으며 더 나아가 시대와 장소, 문화와 인종등에 걸쳐 모두 동일하게 적용하고 결론을 내리기가 거의 불가능하기 때문에 연구자는 언제나 비판을 수용할 수 있는 열려 있는 태도를 지향해야만 한다. 따라서 후속 연구에 의해 선행연구를 확인·보완하는 절차는 매우 흔하고 또한 학문적인 가치가 있는 것으로 간주되는 바, 다소 부족한 표본수라고 해서 그 자체만으로 학문적인 가치가 크게 절하되지는 않을 것으로 본다. 왜냐하면 대부분의 사회과학 연구자들은 자신들의 연구결과가 절대적인 것이 아닌, 어느정도 잠정적인 것이며, 다른 연구자들의 후속 연구에 의해 수정, 보완, 향상되는 것에 수용적인 태도를 지니고 있기 때문이다. 따라서 충분히 큰 표본수를 확보하는 것도 중요하지만, 위계적 선형모형의 기본개념과 연구하고자 하는 분야의 기존 이론에 충실한 연구를 하는 것 또한 중요함을 잊지 말아야 할 것이다.

학문간 협력 연구가 촉진되면 위계적 선형모형이 매우 활발하게 사용될 것으로 본다. 왜 학문간 협동연구를 통해 더욱 진보되고 세련된 연구를 하지 않는가? 예를 들어, 아동학자들이 아동의 교우관계와 형제관계를 연구한다고 가정할

때 아동학 분야에만 국한하지 않고, 이를 사회학, 교육학, 인류문화학, 생물학, 정신의학과 접목시켜 각 분야의 학자들과 연구를 하지 않는가? 물론 수많은 현실적인 어려움과 장애가 있겠으나, 이는 전혀 불가능한 일이 아니다. 인접 학문과의 활발한 교류를 통한다면, 국가 혹은 공공기관의 연구지원을 받기에도 더욱 용이할 것이고 연구의 질은 말할 것도 없거니와 당연히 연구의 규모도 커질 것이며, 위계적 선형모형을 적용함에 있어서도 아무런 부담이 없을 것이다. 인접 학문간의 긴밀한 접촉과 활발한 연구는 한국 아동학계가 한국뿐 아니라 세계 학계에서도 두각을 나타낼 수 있는 중요한 디딤돌이 될 것으로 믿는다.

VIII 결 론

모든 개개인은 가정, 학급, 학교, 학군, 회사, 지역 등 수많은 조직에 몸담고 있다. Bronfenbrenner (1979, 1989)가 역설하였듯이 각 개인은 이러한 상위 조직에 직·간접적으로 지대한 영향을 받으며 성장 발달한다. 오직 개인의 특성이나, 혹은 조직의 특성만으로 어떠한 현상을 진단하고 해석하는것은 분명 그 한계가 있다. 개인의 특성과 조직의 특성, 그리고 이 두 가지가 어떻게 서로 상호작용을 하는지 다각적으로 살펴볼 때 연구자들은 복잡한 실제의 현상을 더욱 심도있게 이해할 수 있음은 아무도 부정하지 못할 것이다. 이에 덧붙여 앞에서도 이미 언급한 바와 같이 중단연구를 통한 문제 인식이 사회과학에서 더욱 요원해지고 있다. 시간의 흐름에 따른 개인 혹은 다양한 인간관계의 발달 추이를 관찰함으로써 더욱 명확한 문제인식과 문제해결에 이를 수 있음은 자명하다. 지극히 세부적인 일상생활의 관

조를 통해 아동과 가족을 연구하는 일지법도 위계적 선형모형으로 이해할 수 있다. 이러한 관점에서 볼 때 위계적 선형모형은 그동안 한계가 있어왔던 통계모형 및 방법론을 상당부분 보완하면서 더욱 합리적으로 문제해결에 다가선 접근 방식이다.

사회과학에서 통계는 결론을 도출하기 위한 문제해결의 중요한 도구이다. 아무리 좋은 가설과 타당한 이론도 적절한 통계적 방법과 그에 따른 정확한 해석이 뒷받침되지 않는다면 굴곡이나 왜곡없는 문제해결방안을 내놓을 수 없기 때문에 사회과학에서 통계의 중요성은 아무리 강조해도 지나침이 없을 정도이다. 우리의 사회과학이 여전히 서구의 연구에 그 기반과 초점이 맞추어져 있는 것은 안타까운 현실이다. 그들의 이론과 경험적인 연구들은 모두 그들의 사회와 문화, 역사, 인종에 기반하여 도출된 것들이다. 따라서 그들의 연구가 한국이라는 특수한 사회 내에 존재하는 아동과 가족의 문제를 해결하는 데 언제나 준거가 될 수는 없다. 그럼에도 불구하고 사회과학자들이 잊지 말아야 할 것은 통계와 같이 숫자와 방법론을 다루는 분야는 그러한 각 사회의 특수성에 거의 영향을 받지 않으며 따라서 전 세계적으로 적용하는데에 그 제한점이 거의 없다는 사실이다. 따라서 위계적 선형모형과 같은 보다 향상된 통계 모형은 우리 한국의 사회과학자들에게도 향상된 연구의 질에 공헌을 할 수 있을것으로 확신한다.

참 고 문 헌

- Akaike, H.(1987). Factor analysis and the AIC. *Psychometrika*, 52, 317-332.
- Bolger, N., Davis, A., & Rafaeli, E.(2003). Diary methods : Capturing life as it is lived. *Annual*

- Review of Psychology*, 54, 579-616.
- Bolger, N., & Schilling, E. A.(1991). Personality and the problems of everyday life : The role of neuroticism in exposure and reactivity to daily stressors. *Journal of Personality*, 59, 355-386.
- Bronfenbrenner, U.(1979). *The Ecology of Human Development : Experiments by Nature and Design*. Cambridge, MA : Harvard Univ. Press.
- Bronfenbrenner, U.(1989). Ecological systems theory. In R. Vasta(Ed.), *Annals of child development*, Vol. 6. *Six theories of child development : Revised formulations and current issues*(pp.187-249). London : JAI Press.
- Bryk, A. S., & Raudenbush, S. W.(1988). Toward a more appropriate conceptualization of research on school effects : A three-level hierarchical linear model. *American Journal of Education*, 97, 65-108.
- Hofmann, D. A.(1997). An overview of the logic and rationale of hierarchical linear models. *Journal of Management*, 23, 6, 723-744.
- James, L. R.(1995). Discussant comments. In N. Bennett (Symposium Chair), Introduction, explanation, and illustrations of hierarchical linear modeling as a management research tool. Academy of Management Annual Conference, Vancouver, British Columbia.
- Kreft, I.(1996). *Are multilevel techniques necessary? An overview, including simulation studies*. Los Angeles : California State University.
- Laurenceau, J-P., & Bolger, N.(2005). Using diary methods to study marital and family processes. *Journal of Family Psychology*, 19, 86-97.
- Luke, D. A.(2004). *Multilevel Modeling*. Thousand Oaks, CA : Sage.
- Pollack, B. N.(1998). Hierarchical linear modeling and the "Unit of Analysis" problem : A solution for analyzing responses of intact group members. *Group Dynamics : Theory, Research, and Practice*, 2, 299-312.
- Raudenbush, S. W., & Bryk, A. S.(2002). *Hierarchical Linear Models : Applications and Data Analysis* (2nd ed.). Thousand Oaks, CA : Sage.
- Raudenbush, S., Bryk, A., & Congdon, R.(2006). *HLM6 : Hierarchical Linear and Nonlinear Modeling with the HLM/2L and HLM/3L Programs*. Chicago : Scientific Software International.
- Reis, H. T., & Gable, S. L.(2000). Event-sampling and other methods for studying everyday experience. In H. T. Reis & C. M. Judd(Eds.), *Handbook of research methods in social and personality psychology*(pp.190-222). New York : Cambridge Univ. Press.
- Snijders, T., & Bosker, R.(1999). *Multilevel Analysis : An Introduction to Basic and Advanced Multilevel Modeling*. London : Sage.
- Wheeler, L., & Reis, H. T.(1991). Self-recording of everyday life events : Origins, types, and uses. *Journal of Personality*, 59, 339-354.

2006년 2월 28일 투고 : 2006년 5월 11일 채택

〈부록 1〉

2수준 모형을 적용한 연구논문들 :

Bjarnason, T., Thorlindsson, T., Sigfusdottir, I. D., & Welch, M. R.(2005). Familial and religious influences on adolescent alcohol use : A multi-level study of students and school communities. *Social Forces*, 84, 375-390.

Khoury-Kassabri, M. Benbenishty, R. Astor, R. A., & Zeira, A.(2004). The contributions of community, family, and school variables to student victimization. *American Journal of Community Psychology*, 34, 187-204.

Redmond, C., Spoth, R., & Trudeau, L.(2002). Family- and community-level predictors of parent support seeking. *Journal of Community Psychology*, 30, 153-171.

3수준 모형을 적용한 연구논문들 :

Boxer, P., Guerra, N. G., Huesmann, L. R., & Morales, J.(2005). Proximal peer-level effects of a small-group selected prevention on aggression in elementary school children : An investigation of the peer contagion hypothesis. *Journal of Abnormal Child Psychology*, 33, 325-338.

Roderick, M., Jacob, B. A., & Bryk, A. S.(2002). The impact of high-stakes testing in Chicago on student achievement in promotional gate grades. *Educational Evaluation and Policy Analysis*, 24, 333-357.

Romano, E., Tremblay, R. E., Boulerice, B., & Swisher, R.(2005). Multilevel correlates of childhood physical aggression and prosocial behavior. *Journal of Abnormal Child Psychology*, 33, 565-578.

성장모형을 적용한 연구논문들 :

Aber, J. L., Brown, J. L., & Jones, S., M.(2003). Developmental trajectories toward violence in middle childhood : Course, demographic differences, and response to school-based intervention. *Developmental Psychology*, 39, 324-348.

Mackner, L. M., Black, M. M., & Starr, R. H.(2003). Cognitive development of children in poverty with failure to thrive : A prospective study through age 6. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 44, 743-751.

Owens, E. B., & Shaw, D. S.(2003). Predicting growth curves of externalizing behavior across the preschool years. *Journal of Abnormal Child Psychology*, 31, 575-590.

일지법을 적용한 연구논문들 :

McDonald, D. A., & Almeida, D. M.(2004). The interweave of fathers' daily work experiences and

fathering behaviors. *Fathering*, 2, 235-251.

Updegraff, K. A., Thayer, S. M., Whiteman, S. D., Denning, D. J., & McHale, S. M.(2005). Relational aggression in adolescents' sibling relationships : Links to sibling and parent-adolescent relationship quality. *Family Relations*, 54, 373-385.

위계적 선형모형 학습에 유용한 웹사이트들 :

[http : //biostats.slu.edu/multimodel.htm](http://biostats.slu.edu/multimodel.htm) [http : //gseweb.harvard.edu/~faculty/singer/](http://gseweb.harvard.edu/~faculty/singer/)

[http : //www.ats.ucla.edu/stat/mplus/seminars/mlmMplus_JH/default.htm](http://www.ats.ucla.edu/stat/mplus/seminars/mlmMplus_JH/default.htm)

[http : //www.ggy.bris.ac.uk/staff/personal/KelvynJones/MultilevelResources.doc](http://www.ggy.bris.ac.uk/staff/personal/KelvynJones/MultilevelResources.doc)

[http : //www.jiscmail.ac.uk/lists/multilevel.html](http://www.jiscmail.ac.uk/lists/multilevel.html)

[http : //www.ssicentral.com/hlm/upgrade6.html](http://www.ssicentral.com/hlm/upgrade6.html)