

LISREL을 이용한 과학에서의 태도에 관한 구조방정식모델의 구축

이 경 훈

(한국교원대학교)

(1997년 5월 30일 받음)

I. 서 론

현대는 보다 폭넓은 과학교육 목표를 요구하고 있으나, 실제의 과학교육 과정의 운영은 과학 지식만을 지나치게 강조하여 과학에 대한 학생들의 태도가 크게 낮아지는 경향이 초래됨으로써 과학교육 과정의 개선을 고려해야 하는 상황에 직면하게 되었다(Laforgia, 1988).

최근 들어 다양한 과학과 수업 모형(권재술, 1992; 김영민, 1991)이 개발되어 교육 현장에 투입되고, 수업 모형의 적용 효과를 학생 측면에서 인지적 성취, 수업에 대한 흥미와 과학에 대한 태도의 변화, 탐구적 행동의 변화 등을 알아보기 위한 연구들(Edmondson & Novak, 1993; Burrion *et al.*, 1993)이 활발하게 진행되고 있는 것을 볼 때, 이러한 수업 모형들의 적용 효과를 “과학에 대한 태도” 측면에서 타당하게 측정할 수 있는 척도의 필요성이 증대되고 있다.

그러므로 과학에 대한 태도를 구성하고 있는 하위 구조를 밝히고 이를 측정할 수 있는 척도를 개발하는 것이 우선 필요하며, 개발된 척도를 바탕으로 경험자료를 수집하여 과학에 대한 태도를 구성하고 있는 하위 요소들 간의 인과관계를 규명할 필요가 있다. 하지만 과학 성취에 영향을 미치는 주요 변인들과 과학에 대한 태도 간의 상관 연구는 일부 이루어지고 있으나, 이들 변인들 간의 인과관계를 밝히기 위한 연구는 거의 없다. 따라서 과학교육에서의 학습 성취를 매개하는 중개 변인으로서의 과학에 대한 태도의 역할과 기능을 규명하고, 과학에 대한 태도의 타당한 측정을 위하여 과학에 대한 태도를 감정적, 인지적, 행동 의도적 요소로 이루어진 3요소 모델로 접근할 필요성이 있다. 또한 학교 교육과정 모델에서 과학에 대한 태도 등을 포함한 정의적 영역의 역할과

기능을 알아볼 필요가 있으며, 이들 변인들 간의 인과관계를 규명할 필요가 있다고 하겠다.

본 연구의 목적은 과학 성취(인지적 성취, 과학탐구능력 성취, 정의적 성취)에 영향을 미치는 중요한 원인변인으로서의 과학적 사고력, 과학 성취와 과학적 사고력과 과학 성취도를 중개하고 있는 매개 변인으로 역할을 하고 있는 과학에 대한 태도간의 인과관계를 구조방정식 모델과 경험 자료와의 부합도 검증을 통해 규명하는 것이다.

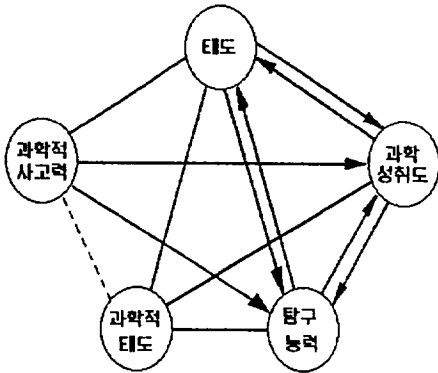
II. 과학에서의 태도 개념과 관련 변인들 간의 인과관계

과학에서의 태도를 구성하고 있는 과학에 대한 태도와 과학적 태도가 학교학습모델에서 과학적 사고력과 과학탐구능력 및 과학 성취도와 어떠한 인과관계에 있는지를 밝힌 연구는 거의 없으며, 이들간의 관계를 밝히기 위한 인과 모델의 수는 제 3변수 효과와 변수들 간의 상호작용까지 고려한다면 엄청난 수가 될 것이다. 이러한 인과 모델의 적합성을 모두 검증한다는 것은 시간적으로도 불가능하며, 과학적 연구로서 아무런 의미를 가지지 못한다고 할 것이다. 인과 순서에 관한 정보는 선험적일 수밖에 없으므로 선행 연구와 이론적 고찰을 통하여 연구 변인들 간의 인과적 순서를 부여하여야만 할 것이다.

과학에 대한 태도와 과학적 태도, 과학적 사고력, 과학탐구능력, 과학 성취도의 5개 변인을 조합하면 ① 과학에 대한 태도와 과학적 태도, ② 과학에 대한 태도와 과학적 사고력, ③ 과학에 대한 태도와 과학탐구능력, ④ 과학에 대한 태도와 과학 성취도, ⑤ 과학적 태도와 과학적 사고력, ⑥ 과학적

〈표 1〉 과학에서의 태도에 관련된 변인들에 대한 선행 연구 요약

변인과의 관계	상관계수(r), 경로계수(β)	연구자
1. 과학에 대한 태도와 과학적 태도 과학적 태도 × TOSRA	$r=0.6791$	임현채(1992)
2. 과학에 대한 태도와 과학적 사고력 과학에 대한 태도 × GALT 과학에 대한 태도 → 과학적 사고력	$r=0.22$ $\beta=0.31$	정진수 등(1995) Germann(1994)
3. 과학에 대한 태도와 과학탐구능력 과학 수업에 대한 태도 × TIPS II 과학에 대한 태도 × TIPS II 탐구 기능 → 과학관련태도 탐구 능력 ← 과학관련태도	$r=0.20$ $r=0.13$ $\beta=.21$ $\beta=.144$	윤혜경(1993) Germann(1988) Schibeci(1989) 김승화(1996)
4. 과학에 대한 태도와 과학 성취도 과학 태도 × 과학점수 과학에 대한 태도 × 과학 성취도 과학에 대한 태도 × 과학 성취도 과학에 대한 태도 × 학기말 성적 과학 수업에 대한 태도 × 과학 성적 초기 성취도 → 과학관련태도	$r=0.226\sim 0.297$ $r=0.20$ $r=0.24\sim 0.49$ $r=0.42$ $r=0.31$ $\beta=.21$	장경애(1993) Harty <i>et al.</i> (1985) Germann(1988) Germann(1988) 윤혜경(1993). Schibeci(1989)
5. 과학적 태도와 과학적 사고력	해당되는 연구가 없음	
6. 과학적 태도와 과학탐구능력 과학적 태도 × TSIS 과학적 태도 × 탐구능력	$r=0.26$ $r=0.155\sim 0.167$	윤선정(1992) 김애송(1983)
7. 과학적 태도와 과학 성취도 과학적 태도 × 과학지식 성취도(초) 과학적 태도 × 과학지식 성취도(중)	$r=0.056\sim 0.060$ $r=0.80\sim 0.90$	김애송(1983) 구복희(1988)
8. 과학적 사고력과 과학탐구능력 과학적 사고력 × TIPS II 인지 발달(TOLT) × 과학탐구능력 인지 발달(TOLT) × TIPS GALT × TSIS 논리적 사고력→과학탐구능력(TSPS)	$r=.4896$ $r=0.60$ $r=0.60\sim 0.73$ $r=0.56$ $\beta=0.504$	임청환 등(1991) Tobin <i>et al.</i> (1982). Padila <i>et al.</i> (1983) 정진수 등(1995) 김승화(1996)
9. 과학적 사고력과 과학 성취도 인지 수준 × 초등과학 성취 GALT × 성취도 과학적 사고력 → 성취도	$r=0.41\sim 0.60$ $r=0.54$ $\beta=0.68\sim 0.78$	Flemming <i>et al.</i> (1983) 정진수 등(1995) Germann(1994)
10. 과학탐구능력과 과학 성취도 과학성적 × TIPS II 과학탐구 × 과학 지식 · 이해력 탐구기능 → 성취도 성취도 → 과학탐구능력	$r=0.58$ $r=0.46\sim 0.50$ $\beta=.68$ β 사전=.77, β 사후=.69	윤혜경(1993) 김애송(1983) Schibeci(1989) Germann(1994)



<그림 1> 선행 연구에서 밝혀진 연구변인간의 관계

태도와 과학탐구능력, ⑦ 과학적 태도와 과학 성취도, ⑧ 과학적 사고력과 과학탐구능력, ⑨ 과학적 사고력과 과학 성취도, ⑩ 과학탐구능력과 과학 성취도의 10가지가 있으며, 이들 간의 선행 연구들을 요약하면 <표 1>과 같다.

<그림 1>은 <표 1>의 선행 연구에서 인과관계가 밝혀진 연구 변인들 간의 인과 경로를 나타낸 것이다. 그림에서 실선의 화살표는 인과관계의 방향이 밝혀진 경우이며, 화살표가 없는 실선은 상관관계만 밝혀진 경우이고 점선의 경우는 인과나 상관관계가 거의 밝혀지지 않은 경우를 의미한다.

그러나 이들 변인들 중에서 인과방향을 나타내는 화살표를 받기만 하는 결과변인이나 화살표를 주기만 하는 원인변인은 하나도 없는 것으로 나타났다. 그러나 이들 변인들간의 인과 경로 중 Germann(1994)의 연구에서 제시되었던 과학에 대한 태도에서 과학적 사고력으로 향하는 인과 경로는 이론적으로 좀더 고려해야 할 필요가 있다. 즉 과학에 대한 태도는 과학적 사고력과 과학 성취도를 매개하는 중개변인으로서 역할을 하고 있는 것으로 알려져 있다. 그리고 과학적 사고력은 다른 변인의 영향을 받지 않고, 과학탐구능력과 과학에 대한 태도 등에 영향을 미치는 외생 변인으로 보는 것이 더 타당할 것이다.

III. 연구 방법

1. 연구 대상의 표집과 자료의 수집

본 연구의 자료 조사 대상은 대도시의 공립 남자 일반계 고등학교로 대상 학교가 위치한 곳은 공단 지역 주변에 위치한 주거 단지로 1학년 10개 학급의 516명을 대상으로 하였다. 이

들 중 결석, 전학 등의 이유로 자료가 누락된 33명을 제외한 483명이 자료 분석의 대상이 되었다.

2. 측정 도구

본 연구에서 선정된 연구 구인의 측정을 위한 도구는 과학에 대한 태도의 감정적, 인지적, 행동 의도적 요소 측정 검사지(이경훈, 1996; 이경훈 등, 1996; 우종욱 등, 1995)와 과학적 태도 검사지, 과학탐구능력 검사지와 과학적 사고력을 측정하기 위한 GALT검사지가 있다. 이중 과학탐구능력 검사지는 이종기(1988)와 이항로(1992)의 탐구능력 검사지를 수정·병합하여 사용하였으며, 과학적 사고력 검사지는 GALT를 번역하여 사용하였다. 그리고 과학적 태도 검사지는 본 연구에서 선정된 5개 요소에 대하여 KEDI의 김주훈 등(1984)이 개발한 과학적 태도 검사지를 수정하여 이용하였다. 과학에 대한 태도의 검사지는 연구-개발(R & D)의 절차를 거쳐 직접 개발하여 척도의 신뢰도와 타당도를 점검한 척도로 측정하였다.

3. 구조방정식 모델의 구축과 검증의 방법

구조방정식 모델의 이론구조와 측정구조가 적절하고, 이의 검증 절차 및 결과가 타당하기 위해서는 구조방정식 모델을 구성하는 절차가 타당하게 이루어져야 한다.

Haladyna 등(1983)은 모델(Haladyna & Shaughnessy, 1982) 개발의 과정을 ① 잠재 변인들을 정의하고, ② 잠재 변인들 간의 관계를 가설화하며, ③ 이들 잠재 변인들을 측정을 통하여 확인하고, ④ 가설의 유용성을 검증하여 이론을 검증하는 단계로 제시하였다. 이렇게 개발된 이론은 태도에 긍정적인 영향을 미칠 수 있는 수업 프로그램과 방법들을 개발하고 계획하는데 사용되어질 수 있을 것이라고 하였다.

본 연구에서의 구조방정식 모델의 구성 및 검증 절차를 김승화(1995), 이순목(1990) 및 Saris 등(1984)과 Schibeci 등(1986) 및 Haladyna 등(1982, 1983)이 제시한 절차를 바탕으로 다음과 같이 제시할 수 있다.

구조방정식 모델의 구성을 위한 첫단계는 선행 연구 및 이론의 고찰을 통하여 연구 모델에 포함시킬 변인을 결정하고, 이들 변인들 사이의 인과관계를 확인하여 명시적인 이론모델을 만드는 것이다.

둘째 단계는 각 이론 변인들에 대한 측정 모델을 결정하고 측정 변인을 타당하게 측정하기 위한 방법을 결정하는 것이다.

셋째 단계는 이론모델과 측정모델이 결정되고 나면 이들의

결합을 통해 구조방정식 모델을 구성하고, 이것이 추구해 볼 만한 모델인지를 검토해 보는 모델 인정과정을 거쳐야 한다.

넷째 단계는 구조방정식 모델이 개발되고 측정 방법이 결정되면, 모델을 검증하기 위한 자료를 수집해야 한다.

다섯째 단계는 모든 측정변인이 다변량 정규분포를 따라야 한다는 가정하에 모든 측정변인에 대한 기술적 통계치를 통해 측정변인의 분포에 대한 점검을 하여야 한다. 만약 자료가 다변량정규분포에서 벗어날 경우에는 최소자승법을 사용할 수 있으나, 이것도 정규분포에서 크게 벗어날 경우에는 곤란하게 된다.

여섯째, 구조방정식 모델의 측정모델에 따라 자료가 구해졌으면 다음 단계로 가설화된 모델과 자료의 부합도 평가를 통해 구조방정식 모델이 적절한 모델(plausible model)인지를 검증하여야 한다.

4. 자료의 처리와 분석을 위한 통계적 방법

수집된 자료의 통계 처리는 분석 필요성에 따라 SPSS / PC+(Version 4.01) 프로그램과 SAS(Version 6.02) 프로그램, LISREL VI (Jöreskog & Sörbom, 1989) 및 LISREL VII (Jöreskog & Sörbom, 1993) 프로그램을 이용하였다.

IV. 경쟁적 구조방정식 모델의 구축

선행 연구를 통해 밝혀진 연구 변인 간의 관계를 나타낸 <그림 1>을 통해 연구 변인들인 과학에 대한 태도, 과학적 태도, 과학적 사고력, 과학탐구능력 및 과학 성취도 간의 관계에 대한 경쟁적인 가설적 인과 모델인 3개의 구조방정식 모델들을 구성하였다.

1. IP(inquiry preceding)모델의 구축

과학적 사고력이 외생 변인으로 작용하고, 과학탐구능력이 과학에 대한 태도에 영향을 미치는 인과 경로를 중심으로 하는 IP(inquiry preceding)모델의 가설 명제를 다음과 같이 나타낼 수 있다.

가설 명제 1: 과학적 사고력은 과학 성취도와 과학탐구능력에 직접 영향을 미친다.

가설 명제 2: 과학탐구능력은 과학 성취도와 과학에 대한 태도에 직접 영향을 미친다.

가설 명제 3: 과학에 대한 태도는 과학 성취도와 과학적 태도에 직접 영향을 미친다.

가설 명제 4: 과학적 태도는 과학 성취도에 직접 영향을 미

친다.

각각의 가설 명제(statements of hypothesis)에 따라 IP 모델의 구조방정식 모델을 <그림 2>와 같이 나타내었다.

구조방정식 모델을 컴퓨터 프로그램인 LISREL(Linear Structural Relations program)로 검증하기 위해서는 인과 모델의 경로를 직접 입력할 수가 없기 때문에 다음과 같이 이론모델(structural model)과 측정모델(measurement model)에 대한 구조방정식을 세운 후 방정식의 특징수(parameter) 혹은 미지수들의 매트릭스를 작성하여 컴퓨터에 입력하게 된다. IP모델의 이론모델과 측정 모델의 특징수 매트릭스와 측정 변인들의 공변량 행렬은 아래와 같다.

$$\text{이론 모델: } \eta = B\eta + \Gamma\xi + \zeta$$

$$\begin{bmatrix} \eta_1 \\ \eta_2 \\ \eta_3 \\ \eta_4 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 \\ \beta_2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \beta_{32} & 0 & 0 \\ \beta_4 & \beta_{42} & \beta_{43} & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \eta_1 \\ \eta_2 \\ \eta_3 \\ \eta_4 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \gamma_{11} \\ 0 \\ 0 \\ \gamma_{41} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \xi_1 \\ \xi_2 \\ \xi_3 \\ \xi_4 \end{bmatrix}$$

$$\text{y 측정 모델: } y = \Lambda_y \eta + \epsilon$$

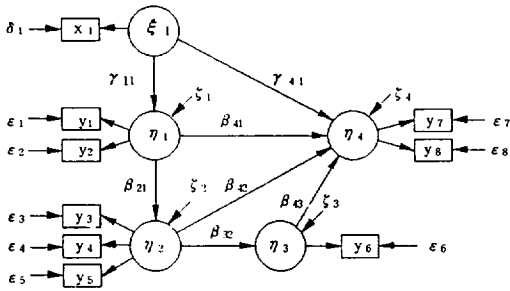
$$\begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ y_3 \\ y_4 \\ y_5 \\ y_6 \\ y_7 \\ y_8 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \lambda_{y11} & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \lambda_{y32} & 0 & 0 \\ 0 & \lambda_{y42} & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \lambda_{y74} \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \eta_1 \\ \eta_2 \\ \eta_3 \\ \eta_4 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \epsilon_1 \\ \epsilon_2 \\ \epsilon_3 \\ \epsilon_4 \\ \epsilon_5 \\ \epsilon_6 \\ \epsilon_7 \\ \epsilon_8 \end{bmatrix}$$

$$\text{x 측정 모델: } x = \Lambda_x \xi + \delta$$

$$\begin{bmatrix} x_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \xi_1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \delta_1 \end{bmatrix}$$

이론모델에서 인과 경로는 결과변인이 역행하여 원인 변인으로 돌아오지 않는 추차모델(recursive model)로 변인들 간의 상호 작용은 없는 것으로 가정하였다. 내생 변인들 간의 잔여분 변인(residuals)들은 서로 상관되지 않는 것으로 가정하였다.

이상과 같이 모델의 표시가 끝난 후 모델 인정의 첫단계로서 모델 인정의 필요 조건을 검토하여야 한다. 이론모델의 정보의 수는 이론 변인이 5개이므로 $5 \times (5+1) / 2$ 로 15개이다. 그런데 미지수는 $\gamma_{11}, \gamma_{41}, \beta_{21}, \beta_{41}, \beta_{32}, \beta_{42}, \beta_{43}, \psi_{11}, \psi_{22}, \psi_{33}, \psi_{44}, \varphi_{11}$ 의 12개로 이론모델의 자유도는 3으로 정보의 수가



〈그림 2〉 IP모델의 미지수와 인과 경로

- x_1 : 과학적 사고력 검사(GALT)
- y_1 : 과학탐구능력 검사(TESIS)
- y_2 : 과학탐구능력 검사(TSIS)
- y_3 : 과학에 대한 태도의 감정 요소 검사
- y_4 : 과학에 대한 태도의 인지 요소 검사
- y_5 : 과학에 대한 태도의 행동 요소 검사
- y_6 : 과학적 태도 검사
- y_7 : 과학 성취도 검사 1
- y_8 : 과학 성취도 검사 2
- ξ_1 : 과학적 사고력
- η_1 : 과학탐구능력
- η_2 : 과학에 대한 태도
- η_3 : 과학적 태도
- η_4 : 과학 성취도

〈표 2〉 측정 변인들의 공변량 행렬

	탐구1	탐구2	감정	인지	행동	과학적 태도	성취1	성취2	과학적 사고력
탐구1	7.39								
탐구2	4.25	10.45							
감정	15.76	14.64	499.54						
인지	8.06	6.66	303.44	277.16					
행동	10.69	11.88	327.76	238.58	328.73				
태도	2.72	2.47	84.02	61.53	71.39	57.65			
성취1	10.66	13.27	52.14	37.53	44.64	13.15	94.32		
성취2	9.64	12.32	68.73	37.84	48.80	10.47	59.30	100.32	
사고력	2.34	2.87	8.18	4.06	6.31	2.00	6.58	5.94	3.45

미지수의 수보다 많아 모델 인정의 가능성을 보인다고 할 수 있다. 또한 전체 모델에 대한 정보의 수는 측정 변인이 9개이므로 $9 \times (9+1) / 2$ 로 45개이다. 측정모델의 미지수의 수는 $\lambda_{y11}, \lambda_{y32}, \lambda_{y42}, \lambda_{y84}, \theta_{e11}, \theta_{e22}, \theta_{e33}, \theta_{e44}, \theta_{e55}, \theta_{e77}, \theta_{e88}$ 의 11개로 전체 미지수의 개수는 이론모델의 12개와 합쳐 23개가 된다. 이 개수는 정보의 수인 45개 보다 작아 모델의 총자유도는 22로 모델 인정의 가능성이 보이므로 LISREL을 이용한 부합

도 검증을 할 수 있다.

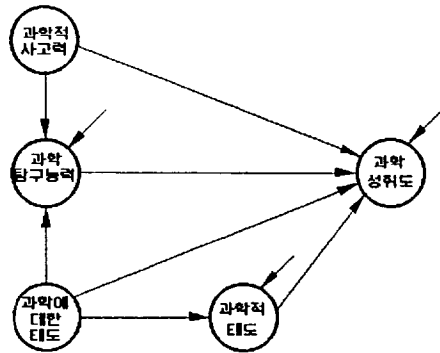
2. AP모델과 AM모델의 구축

IP모델과는 달리 과학탐구능력이 오히려 과학에 대한 태도의 영향을 받는 대안모델(alternative or competing model)인 AP(attitude preceding)모델을 생각할 수 있다.

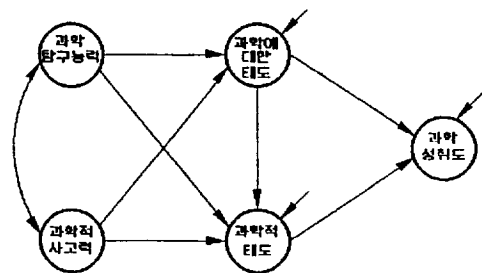
AP모델은 과학적 사고력(ξ_1)이 외생 변인으로 작용하고, 과학에 대한 태도(ξ_2)가 외생 변인으로 과학탐구능력과 과학적 태도에 직접 영향을 미치는 구조방정식 모델로 〈그림 3〉과 같다.

IP모델 및 AP모델과는 달리 과학적 사고력과 과학탐구능력이 외생 변인으로 작용하고 과학에 대한 태도와 과학적 태도가 과학 성취도에 대한 중개 변인으로 작용하는 모델이 〈그림 4〉와 같은 AM(attitude mediating)모델이다.

AP모델과 AM모델 역시 인과 경로를 컴퓨터에 직접 입력할 수가 없기 때문에 컴퓨터에 입력하기 위한 AP모델의 이론모델과 측정모델의 특징수 매트릭스를 (AP, AM모델의



〈그림 3〉 AP모델의 미지수와 인과 경로



〈그림 4〉 AM모델의 미지수와 인과 경로

특징수 매트릭스 생략) LISREL프로그램에 입력하여야 한다.

V. 경쟁적 구조방정식 모델들의 부합도 검증

과학에 대한 태도와 과학적 태도, 과학적 사고력, 과학탐구 능력 및 과학 성취도 간의 인과관계를 규명하기 위해 3개의 경쟁적인 가설적 인과 모델을 구성하였다. 첫번째 모델이 과학적 사고력이 외생 변인으로 작용하고 과학탐구능력이 과학에 대한 태도에 영향을 미치는 인과 경로를 중심으로 하는 IP 모델이다. 두번째 모델이 과학탐구능력이 과학에 대한 태도의 영향을 직접 받는 대안적인 AP모델로 과학적 사고력이 외생 변인으로 작용하고, 과학에 대한 태도가 외생 변인으로 과학탐구능력과 과학적 태도에 직접 영향을 미치는 모델이다. 마지막으로 IP모델 및 AP모델과는 달리 과학적 사고력과 과학탐구능력이 외생 변인으로 작용하고 과학에 대한 태도와 과학적 태도가 각각 이들 외생 변인들로부터 영향을 받아 과학 성취도에 영향을 미치는 중개 변인으로 작용하는 AM모델이 있다.

1. IP모델의 부합도 검증

1) IP모델의 SMC와 결정계수의 해석

IP모델의 부합도 검증을 위해 먼저 이론 변인에 대한 측정 변인들의 설명 정도를 나타내는 다중상관치(SMC)와 결정계수를 산출하여야 할 필요가 있다. 측정모델 중 y변인에 대한 SMC는 요인 분석에서 공통변량(communality)과 같은 개념이다. y₁변인의 SMC가 0.47로 낮게 나타났으나, 나머지 변인들은 괜찮은 측정 변인으로 보인다. 그리고 결정 계수가 1.00인 것은 y변인 전체로 이루어지는 측정모델이 전반적으로 좋은 모델임을 나타내준다.

x변인에 대한 SMC는 0.91로 x변인의 변량 가운데 적어도 91% 이상이 이론 변인에 의해 설명되는 것으로 보인다. 그리고 결정 계수가 0.91인 것은 측정모델이 전반적으로 좋은 모델임을 나타내준다. 하지만 외생 변인을 측정하는 측정 변인이 x₁변인을 고려하여야 할 것이다.

이론모델의 SMC 중 과학에 대한 태도와 과학적 태도의 SMC가 0.10과 0.31로 나타나 이들 두 내생 변인이 그의 예측 변인들에 의해 잘 설명되고 있지 않음을 알 수 있다. 이론모델 전체의 결정 계수가 0.50인 것은 내생 변인들의 변량의 50%가 모델 내의 예측 변인들에 의해 설명되고 있음을 나타낸다. 이론모델에서는 측정모델에서와는 달리 SMC가 너무 크게 나타나면 각 내생 변인이 너무 많은 변인들로부터 직접

〈표 3〉 IP모델의 부합도 지수

부합도 종류	부합도 지수
χ^2 ($p < 0.023$, $df = 22$)	37.19
RMR(원소간 평균차이)	2.72
표준화된 RMR	0.022
GFI(기초부합치)	0.98
AGFI(조정부합치)	0.97
NFI(표준부합치)	0.98
NNFI(비표준부합치)	0.99

효과를 받아 모델의 간명성이 상실될 수 있다.

2) IP모델의 부합도 지수의 해석

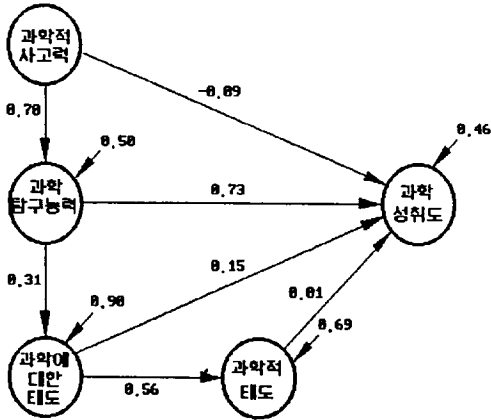
IP 모델이 경험적 자료와 부합하는지를 검증한 결과는 〈표 3〉과 같다.

표본 집단의 함수로 표시되는 카이자승치가 37.19(자유도 22)로 낮게 나타나 1% 유의수준에서 가설이 기각되어 모델의 부합도가 인정된 것으로 나타났다. IP모델의 검증에 투입한 자료가 변량-공변량 매트릭스로 각 측정 변인의 단위가 그대로 살아 있어 표준화된 원소간 평균 차이값을 구한 결과 0.022로 기준치인 0.05보다 작게 나타나 경험 자료와 잘 부합하는 것으로 보인다. 이외에도 주어진 모델이 자료의 변량-공변량 매트릭스를 얼마나 설명해 주는지를 나타내는 기초부합치(GFI)는 0.98, GFI를 자유도에 대해 수정한 조정부합치(AGFI)가 0.97로 나타난 것은 이 모델이 경험 자료와 잘 부합함을 나타낸다. 또한 IP모델의 NFI가 0.98이고, NNFI가 0.99인 것으로 보아 이 모델은 경험 자료와 잘 부합하는 것으로 결론지을 수 있다.

3) IP모델의 표시

경험 자료와의 부합도가 검증된 IP모델의 표시를 위해 표준화된(standardized solution) 경로 계수를 구하였다. 투입 자료를 척도의 단위가 살아 있는 변량-공변량 매트릭스를 이용하여 부합도 검증을 하였기 때문에 모델 내에서 이론 변인들 간의 인과 효과의 크기를 비교하기 위해서는 모든 변인들의 평균이 0이고 변량이 1.0이 되도록 재척도화한 표준화된 경로 계수가 필요하다.

〈그림 5〉는 IP모델에서 이론 변인 사이의 인과관계에 대하여 표준화된 베타(β)와 감마(γ) 경로 계수와 인과의 방향을 나타낸 IP모델의 인과 구조를 나타낸 것이다.



〈그림 5〉 IP모델의 표시와 인과 경로

2. AP모델과 AM모델의 부합도 검증

1) AP모델의 해석

y_1 변인의 SMC가 0.46, y_2 변인의 SMC가 0.49로 나타났으나 나머지 변인들은 관측은 측정 변인으로 보인다. x변인에 대한 SMC는 0.79 이상으로 x변인의 변량 가운데 적어도 79% 이상이 이론 변인에 의해 설명되는 것으로 보인다. 이론 모델의 SMC 중 과학적 태도의 SMC가 0.31로 나타나 과학적 태도가 예측 변인들에 의해 잘 설명되고 있지 않음을 알 수 있다. 과학탐구능력과 과학 성취도의 SMC는 0.51과 0.52로 적절한 것으로 보인다.

AP모델이 경험적 자료와 부합하는지를 검증한 결과는 〈표 4〉와 같다. 카이자승치가 54.47로 낮게 나타났지만 자유도 22에 1% 유의수준에서 가설이 기각되지 않아 모델의 부합도가 인정되지 않는 것으로 나타났다.

〈표 4〉 AP 모델의 부합도 지수

부합도 종류	부합도 지수
$\chi^2(p<0.000, df=22)$	54.47
RMR(원소간 평균차이)	5.52
표준화된 RMR	0.067
GFI(기초부합치)	0.98
AGFI(조정부합치)	0.95
NFI(표준부합치)	0.97
NNFI(비표준부합치)	0.97

원소간 평균 차이는 5.52로 나타났으나 이 수치만으로는 해석할 수가 없다. 모델의 검증에 투입한 자료가 변량-공변량 매트릭스로 각 측정 변인의 단위가 그대로 살아 있어 표준화된 원소간 평균 차이값을 해석하는 것이 편리하다. 표준화된 원소간 평균 차이값이 0.067으로 0.05보다 크게 나타나 경험 자료와 잘 부합하지 않는 것으로 보이지만 카이자승치나 표준화된 원소간 평균 차이값만으로 판단할 것이 아니라 다른 부합도 지수들과 이론적 고려를 통하여 경험적 결론을 내릴 필요가 있겠다.

주어진 모델이 자료의 변량-공변량 매트릭스를 얼마나 설명해 주는지를 나타내는 기초부합치(GFI)가 0.98이고, GFI를 자유도에 대해 수정한 조정부합치(AGFI) 역시 0.95로 나타난 것은 이 모델이 경험 자료와 잘 부합하는 것을 나타낸다.

비표준부합치(NNFI)와 표준부합치(NFI)가 모두 0.97인 것으로 나타나 AP모델은 경험 자료와 잘 부합하는 것으로 결론지을 수 있다. 경험 자료와의 부합도가 검증된 AP모델의 표시를 위해 표준화된(standardized solution) 경로 계수를 구하여 AP모델의 인과 구조를 나타내었다(그림 생략).

2) AM모델의 부합도 검증

AM모델이 경험적 자료와 부합하는지를 검증한 결과는 〈표 5〉와 같다. 카이자승치가 159.52로 자유도 22에 1% 유의수준에서 영가설이 기각되지 않아 모델의 부합도가 인정되지 않는 것으로 나타났다.

원소간 평균 차이는 3.64로 나타났으나 이 수치만으로는 해석할 수가 없다. 본 모델의 검증에 투입한 자료가 변량-공변량 매트릭스로 각 측정 변인의 단위가 그대로 살아 있어 표준화된 원소간 평균 차이값을 해석하는 것이 편리하다. 표준화된 원소간 평균 차이값이 0.11로 0.05보다 크게 나타나 경험 자료와 잘 부합하지 않는 것으로 보이지만 카이자승치나 표준화된 원소간 평균 차이값만으로 판단할 것이 아니라 다른

〈표 5〉 AM모델의 부합도 지수

부합도 종류	부합도 지수
$\chi^2(p<0.000, df=21)$	159.52
RMR(원소간 평균차이)	3.64
표준화된 RMR	0.11
GFI(기초부합치)	0.94
AGFI(조정부합치)	0.86
NFI(표준부합치)	0.92
NNFI(비표준부합치)	0.88

부합도 지수들과 이론적 고려를 통하여 경험적 결론을 내릴 필요가 있겠다.

주어진 모델이 자료의 변량-공변량 매트릭스를 얼마나 설명해 주는지를 나타내는 기초부합치(GFI)가 0.94이고, GFI를 자유도에 대해 수정한 조정부합치(AGFI) 역시 0.86으로 나타난 것은 AM모델이 경험 자료와 잘 부합하지 않는 것을 나타낸다.

게다가 표준부합치(NFI)가 0.92이고 비표준부합치(NNFI)가 0.88인 것도 역시 AM모델이 경험 자료와 잘 부합하지 않는 것으로 결론지을 수 있다. AM모델은 경험 자료와의 잘 부합하지 않아 인과 경로 구조를 나타내지 않았다.

3. 과학에서의 태도와 관련 변인들 간의 인과 모델의 해석

과학에 대한 태도와 과학적 태도, 과학적 사고력, 과학탐구능력 및 과학 성취도 간의 인과관계를 규명하기 위해 3개의 경쟁적인 가설적 인과 모델을 구성하여 IP모델과 AP모델 및 AM모델의 적합성을 비교한 결과, IP모델과 AP모델은 부합도가 검증되었지만 AM모델은 부합도가 검증되지 않았다. 경쟁적 관계에 있던 3개의 모델 중 2개의 부합도가 검증되었기 때문에 이들 두 개의 모델 중 어느 것을 채택할 것인가의 문제가 남게 된다. AP모델의 경우 기초부합치나 조정부합치, 표준부합치와 비표준부합치 등은 현실 자료와 일치하는 것으로 나타났으나 카이차승치와 표준화된 원소간 평균차이 및 표준 차이 등은 모델이 현실 자료와 잘 부합하지 않는 것으로 나타나 과학에서의 태도와 관련 변인들 간의 인과관계를 설명하기 위한 인과 모델로 IP모델이 최종적으로 채택되었다. 이렇게 경쟁 관계에 있는 모델이 모두 부합도 기준을 만족하여 검증되었을 경우 1차적으로 부합도 지수의 부합 정도를 비교하고 다음으로 부합도와 함께 제공되는 다른 지표들을 비교해 볼 필요가 있다. 그러나 최종적으로는 어느 모델을 채택할 것인가의 문제는 전적으로 이론적 고려에 달려있다.

측정된 경험 자료와의 부합도가 검증되어 채택된 IP모델은 과학에 대한 태도, 과학적 태도, 과학적 사고력과 과학탐구능력 및 과학 성취도와 같이 과학 교육에서 전통적으로 중요하게 다루어 왔던 주요한 변인들 간의 인과관계를 나타내는 연구의 첫걸음에 해당한다. 하지만 IP모델의 부합도가 검증되었다고 해서 모든 상황에서 이러한 인과관계가 성립한다고는 볼 수 없을 것이다. 따라서 IP모델의 이론 변인들 간의 인과 효과를 해석하기 위해서는 주의가 필요하다.

VI. 요약 및 결론

본 연구는 “과학에서의 태도”를 중심으로 과학적 사고력과 과학탐구능력 및 과학 성취도와 같은 과학교육에서 많은 관심을 가져왔던 변인들 간의 인과관계를 구조방정식 모델과 측정된 경험 자료와의 부합도 검증(PC-LISREL 8.03)을 통해 규명하는데 목적을 두었다.

본 연구의 결과는 과학에 대한 태도와 과학적 태도, 과학적 사고력, 과학탐구능력 및 과학 성취도 간의 인과관계를 규명하기 위해 설정된 3개의 경쟁적 가설 인과 모델인 IP모델, AP모델 및 AM모델 중에서 과학적 사고력이 외생 변인으로 작용하고 과학탐구능력이 과학에 대한 태도에 영향을 미치는 IP모델과 과학탐구능력이 과학에 대한 태도의 영향을 받는 AP모델 모두 측정된 경험 자료와 부합하는 것으로 나타났으나, 여러 가지 세부 지표들에 있어 IP모델이 측정된 경험 자료와 더욱 잘 부합하는 것으로 나타났다. 이는 “과학에 대한 태도→과학탐구능력→과학 성취도”로 향하는 인과 경로보다 “과학탐구능력→과학에 대한 태도→과학 성취도”로 향하는 인과 경로가 인정됨을 나타낸다.

부합도가 검증되어 채택된 IP모델에서 과학 성취의 변량을 가장 잘 설명하는 변인은 과학탐구능력이었으며, 다음으로 과학에 대한 태도이었다. 과학적 사고력의 직접 효과를 나타내는 경로계수는 부호가 “-”로 나타났는데, 이는 과학적 사고력이 과학탐구능력 등을 통하여 과학 성취에 미치는 간접 효과의 크기가 총효과보다 크기 때문이다.

과학적 사고력은 과학 성취에 많은 영향을 미치고 있으나 직접 효과를 나타내는 인과 경로는 오히려 “-”를 나타냈다. 이는 과학적 사고력의 증대를 통한 과학 성취도의 증대보다 과학탐구능력의 배양과 과학에 대한 긍정적인 태도의 함양이 과학 성취도의 증대에 보다 큰 효과를 미치고 있음을 의미한다. 그리고 “과학탐구능력→과학에 대한 태도→과학 성취도”로 향하는 인과 경로는 과학탐구능력을 배양시키는 탐구 활동이 과학에 대한 긍정적 태도의 함양을 고취시켜 과학 성취도를 향상시키고 과학적 태도까지 배양할 수 있음을 의미한다. 이는 과학교육 현장에서 탐구 중심 학습의 중요성과 학생들에게 과학에 대한 흥미와 호기심을 유발시켜 과학에 대한 호의적이고 긍정적인 태도를 키워야 함을 일깨워 준다. 그리고 이러한 인과 경로는 과학 성취에 대한 중개 변인으로서 과학에 대한 태도의 역할과 기능을 나타내 주고 있으나 과학적 태도는 과학에 대한 태도에 의해 영향을 받는 결과 변인일 뿐 그 자체가 과학 성취에 영향을 미치지 못함을 알 수 있다.

본 연구를 수행함에 있어 가장 어려웠던 점은 이러한 구인들 간의 관계를 밝힌 개념적 모델을 제시하고 있는 선행 연구가 없어 개별 구인들 간의 관계를 밝힌 선행 연구들을 통하여

인과 모델을 구축하는 것이었다.

본 연구에서 채택된 IP모델은 과학에 대한 태도, 과학적 태도, 과학적 사고력과 과학탐구능력 및 과학 성취도와 같이 과학 교육에서 전통적으로 중요하게 다루어 왔던 주요한 변인들 간의 인과관계를 나타내 주고 있지만 모든 상황에서 이러한 인과관계가 성립한다고는 볼 수 없을 것이다. 그리고 본 연구에서 고려하지 않은 연구 변인들 간의 인과 경로도 있을 수 있으므로 다른 상황과 다른 집단에 투입하여 연구 변인들 간의 인과관계를 좀더 정확히 밝혀지면 과학과 교수-학습의 개선과 교육과정의 개선에 도움이 될 수 있을 것이다.

이상의 결과와 결론을 중심으로 다음과 같은 제언을 하고자 한다.

첫째, 과학에 대한 태도를 측정할 때 리커트척도와 같은 질문지에 의한 언어적 보고법 외에 행동의 측정 등을 포함하는 다양한 비언어적 측정 방법이 요구된다.

둘째, 성별, 연령별, 지역별, 학교별 대상을 달리하여 본 연구에서 밝혀진 구조방정식 모델의 인과 경로에 대한 확인적 후속 연구가 이루어져야 할 것이다.

셋째, 본 연구의 구조방정식 모델을 구성하는 변인 외에 "과학에서의 태도"와 관련된 다른 변인들에 대한 인과관계의 분석이 이루어져 본 연구의 결과를 확대할 수 있는 연구가 이루어져야 할 것이다.

참 고 문 헌

권재술 (1992). 과학 개념 학습을 위한 수업 절차와 전략. 한국과학교육학회지, 12(2).

김승화 (1996). 공변량구조분석에 의한 과학탐구능력과 학습자 특성과의 인과관계 연구. 한국교원대학교 박사학위논문.

김주훈, 이양락 (1984). 국민학교 자연과 평가의 원리와 실제. 한국교육개발원 연구보고, RR 84-7.

김영민 (1991). 중학생의 전류 개념 변화에 미치는 체계적 비유 수업의 영향. 서울대학교 박사학위논문.

우종욱, 이경훈 (1995). 과학 관련 태도의 타당한 측정을 위한 연구 (I). 한국과학교육학회지, 15(3).

윤혜경 (1993). 과학 실험 수업의 사회심리학적 환경과 성취도 간의 관계 조사. 서울대학교 석사학위논문.

이경훈 (1996). LISREL을 이용한 과학에서의 태도에 관한 구조방정식 모델의 구축. 한국교원대학교 박사학위논문.

이경훈, 우종욱 (1996). 과학 관련 태도의 타당한 측정을 위한 연구 (II). 한국과학교육학회지, 16(2).

이순묵 (1990). 공변량구조분석. 성원사.

이순묵 (1995). 요인분석 I. 학지사.

이종기 (1988). 고등학생의 과학 탐구능력 측정을 위한 평가 도구 개발. 한국교원대학교 석사학위논문.

이향로 (1991). 고등학생의 과학탐구능력 측정을 위한 평가 도구 개발-지구과학 소재를 중심으로-. 한국교원대학교 석사학위논문.

임창환, 정진우 (1991). 고교생의 논리적 사고력과 과학탐구기능 사이의 상관관계에 관한 연구. 한국과학교육학회지, 11(2).

장경애 (1993). 남녀 학생의 물리 관련 경험, 태도, 희망 직업 및 성취도에 관한 연구. 서울대학교 석사학위논문.

정진수, 정완호 (1995). 중학교 과학 수업에서 학습자 특성에 따른 순환 학습 모형의 효과. 한국과학교육학회지, 15(3).

Bentler, P.M., & Chou, C. (1987). Practical issues in structural modeling. *Sociological Methods & Research*, 16.

Bollen, K.A. (1989). *Structural equations with latent variables*. John Wiley & Sons, Inc.

Burron, B., Lynn, M.J., & Ambrosio, A.L. (1993). The effects of cooperative learning in physical science course for elementary/middle level preservice teachers. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(7).

Edmondson, K.E., & Novak, J.D. (1993). The interplay of scientific epistemological views, learning strategies, and attitudes of college students. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(6).

Fleming, M.L., & Malone, M.R. (1983). The relationship of student characteristics and student performance as viewed by meta-analysis research. *Journal of Research in Science Teaching*, 20.

Germann, P.J. (1988). *Development* of the attitude toward science in school assessment and its use to investigate the relationship between science achievement and attitude toward science in school. *Journal of Research in Science Teaching*, 25.

Germann, P.J. (1994). Testing a model of science process skill acquisition: an interaction with parents' education, preferred language, gender, science attitude, cognitive development, academic ability, and biology knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(7).

- Haladyna, T., & Shaughnessy, J. (1982). Attitudes toward science: A quantitative synthesis. *Science Education*, 66.
- Haladyna, T., Olsen, R., & Shaughnessy, J. (1983). Correlates of class attitudes toward Science, *Journal of Research in Science Teaching*, 20(4).
- Harty, H., Beal, D., & Scharmann, L. (1985). Relationship between elementary school students' science achievement and their attitudes towards science, interest in science, reactive curiosity, and scholastic aptitude. *School Science and Mathematics*, 85(6).
- öreskog, K.G., & Sörbom, D. (1981). *LISREL V*: Chicago: National Educational Resources.
- öreskog, K.G., & Sörbom, D. (1988). *PRELIS: A preprocessor for LISREL*. Mooresville, IN: Scientific Software, Inc.
- öreskog, K.G., & Sörbom, D. (1989a). *LISREL7: A guide to the program and application*. Chicago: Spss, Inc.
- öreskog, K.G., & Sörbom, D. (1989b). *LISREL7: User's Reference Guide*, Mooresville, IN: Scientific Software, Inc.
- Loehlin, J.C. (1987). *Latent variable models: An introduction to factor, path, and structural analysis*. Lawrence Erlbaum Associates, Publishers, Hillsdale, New Jersey.
- Padila, M.J., Okey, J.R., & Dillashow, F.G. (1983). The relationship between science process skill and formal thinking abilities. *Journal of Research in Science Teaching*, 20(3).
- Saries, W.E., & Stronghorst, L.H. (1984). *Causal Modeling in nonexperimental research: An introduction to the LISREL approach*. Amsterdam: Sociometric Research Foundation.
- Schibeci, R.A. (1986). Images of science and scientists and science education. *Science Education*, 70(2).
- Schibeci, R.A. (1989). Home, School, and Peer group Influences on Student Attitudes and Achievement in Science. *Science Education*, 73(1).
- Tobin, K., & Capie, W. (1982). Development and validation of a group test of integrated science processes, *Journal of Research in Science Teaching*, 19.

(ABSTRACT)

Construction of a Structural Equation Model on Attitudes to Science Using LISREL

Lee, Kyung-Hoon
(Korea National University of Education)

The purpose of this study is to construct a structural equation model and to analyze causal relationships among variables related to attitudes to science using structural equation modeling(SEM) with LISREL Ⅷ.

The sample consisted of 483 10th grade boys from a general high school in Pusan, Korea. The questionnaires(ABC-attitude scale: affection, behavioral intention, cognition scale of attitude towards science) were developed by the researcher through a pilot study. And other instruments have modified previous ones. Five instruments were used in this study: GALT(group assessment of logical thinking), MTSIS(modified test of science inquiry skill), ABC-attitude scale, MSAS(modified scientific attitude scale), CSAT(common science achievement test). Structural equation modeling with LISREL Ⅷ(Jöreskog & Sörbom, 1993) was employed to estimate the causal inferences about hypothesized relationships among observed data sets.

Three competing models consisted of five latent variables(scientific thinking ability, science inquiry skill, attitude towards science, scientific attitude, science achievement) - IP(inquiry preceding) model, AP(attitude preceding) model and AM(attitude mediating) model - were developed.

Among these competing models, IP model satisfied the observed data sets. The causal relationships among "attitudes to science" and other latent variables were reliably identified.

According to the results of the present study, science inquiry skill was the most significant variable that can predict science achievement. But scientific thinking ability has not directly influenced science achievement. This study suggests that inquiry based teaching-learning processes should be offered to students for improvement of science achievement. At the same time, it seems to be important to develop positive attitude towards science. Understanding of relationships among variables related to attitudes to science will be helpful to the development of science curriculum and to the design of science teaching and learning process.

LISREL has been recognized as a useful approach in testing a SEM. However, in this study, LISREL approach was estimated as much more useful method for research design.