

# 学校での理科学習と科学的素養に関する 因果関係の構造分析

中山 玄 三

## A Causal Model for Relationship between Science Learning in School and Scientific Literacy

Genzo NAKAYAMA

(Received September 1, 1999)

This study investigated the relationship between science learning in school and scientific literacy. For this purpose, a causal model was assumed for the relationship between an awareness as to whether or not the science learning outcome is useful in daily life, and the four selected elements of scientific literacy such as, (a) interests in and attitudes towards nature, science and technology; (b) skills and attitudes in solving problems, and key concepts in science; (c) knowledge about nature, based on the daily life experience, and (d) understanding and judgement of the ways how one's life and society are influenced by, and influence science and technology. The model was subjected to covariance structure analysis by means of the SAS CALIS procedure, using data collected from the total of 526 people including students of elementary, lower secondary, upper secondary schools and university, together with elementary school teachers. The results showed that: (1) scientific literacy components of the above-mentioned (a), (b) and (c) lead to the outcome of science learning in school; and (2) scientific literacy component of (d), science and technology in daily life and society, does not lead to the outcome of science learning in school. The results also suggested that common elements of scientific literacy such as "experience in interacting with nature, science and technology", "habit of scientific mind in solving general problems" and "attitudes towards the relationship between humans and nature" lead to both the outcome of science learning in school and scientific literacy component of (d).

**Key words :** Scientific Literacy, Outcome of Science Learning, Causal Model

### 1 問題の所在と研究の目的

高度科学技術社会に必要な科学/技術に関する国民的素養とはどのような内容か, また, 学校教育において育成すべき児童・生徒にとって必要不可欠なミニマム・エッセンシャルズとしての素養とはどのようなものかについて, わが国では, 大木 (1993) を中心にこれまで検討された。その捉え方は, (i) 「学校での教授目標を達成できれば身につく程度の教養」(今栄, 1993; 長崎, 1994) (ii) 「日常の社会生活を営む上で市民一人ひとりが持つべき教養」(鈴木, 1993; 飯利, 1993; 三宅, 1993), (iii) 「一生涯にわたって必要な教養」(竹之内, 1993; 大木, 1993) の3つに大別できる。国民的共通素養としての科学的素養は, 学校教育において育成すべき理科等の学力をその基盤とすることは自明である。大木が指摘するとおり, それは「一生を通して忘れてもらっては困るミニマム・エッセンシャルズ」である。

わが国における理科教育の目標は, (ア) 直接経験を重視すること, (イ) 自然認識, 問題解決の能力, 技能, 態度を育てること, (ウ) 科学的な見方や考え方を養うこと, (エ) 自然に対する

心情を育てることであり、これが理科の普遍的な役割であると考えられる。近年、中央教育審議会答申（1996、1998）及び教育課程審議会答申（1998）に盛り込まれた「豊かな科学的素養の育成」では、特に、(a)「発見する喜び」や「創る喜び」など、驚きや感動の体験、(b)子供の自由な発想を生かした観察・実験、探究活動などの問題解決的な学習、(c)科学的な見方・考え方と実感や納得を伴った理解、(d)自然の神秘への探究心や自然に対する畏敬の念、科学に関する興味や関心、(e)科学と自然や人間とのかかわりについての認識の5つの点が、これから一層重視すべき点として指摘された。(a)から(d)までの事項は、上述したとおり、理科教育の普遍的な役割としてこれまで認識されてきたものと基本的には同じである。他方、(e)の「科学と自然や人間とのかかわりについての認識」は、科学と生活や社会のつながりについての理解を重視し、これまでの理科教育の目標を拡張したものと捉えることができる。

このような科学教育の拡大された目標論は、アメリカでは、Harms & Yager(1981)およびNSTA学会声明（1982）を契機に、STS教育論として盛んに議論されるようになった。そのうち、すべての市民のための科学／技術素養育成の観点から、科学／技術教育の総合化・統合化へ向けてパ

*BENCHMARKS CHAPTERS*

Nature of Science		●				●	●	●
Nature of Mathematics		●						
Nature of Technology		●				●	●	
Physical Setting			●		●		●	
Living Environment				●			●	
Human Organism				●			●	
Human Society							●	
Designed World						●	●	
Mathematical World								
Historical Perspectives						●		●
Common Themes	●							
Habits of Mind		●				●		
	<i>NYSE CONTENT STANDARDS</i>	<i>Unifying Concepts and Processes</i>	<i>Science as Inquiry</i>	<i>Physical Science</i>	<i>Life Science</i>	<i>Earth and Space Science</i>	<i>Science and Technology</i>	<i>Science in Personal and Social Perspectives</i>
								<i>History and Nature of Science</i>

図1 科学的素養の枠組み (AAAS, p.77, 1997より引用)

ラダイムを転換しようとする試みが進められ、AAASのプロジェクト2061ベンチマーク(1993)、およびNRCの科学教育国家基準(1995)が提案されている。図1は、ベンチマークと科学教育国家基準の両者に示された科学的素養の内容領域とその対応関係を表したものである(AAAS, 1997)。これは、幼稚園から高等学校までの学校教育を通して身につけるべき科学的素養の共通内容を示したものと言えよう。

科学的素養とは何かという問いに直接答えようとするものには、科学的素養に含まれる諸要素を一つ一つ取り上げて総合するような、外延を定義する方法(外延的規定論)と、そのうちの特定要素が真に価値あるものと主張するような、内包される要素から定義する方法(内包的規定論)がある。図1に取り上げた科学的素養の内容領域は、科学的素養に関する外延的規定と内包的規定の両者を視野に入れ、科学/技術教育目標として類型化した点で参考となる。日本にはわが国独自の国民的素養があるはずであるが、これに内包される具体的内容については、これまでのところ、統一見解を見るには至っていないのが実情である。そこで、本研究では、上述したようなわが国の理科教育の普遍的目標と今後一層重視すべき事項をもとに、図1に示したようなアメリカでの科学的素養の枠組みも参考にしつつ、次の大別して4つの要素を科学的素養として価値あるものと判断し選び出した。これまで、これらの諸要素については、どれもが価値あるものとして論じられてきてはいるが、その要素間の階層関係や因果関係についてまで調査し、論究した研究はほとんど見当たらない。

- ①自然や科学，技術に対する興味・関心
  - －自然や科学，技術にふれる体験
  - －自然に対する心情
  - －自然と人間のかかわりについての受けとめ方
- ②問題解決の仕方と自然の見方や考え方
  - －問題一般に対する科学的な思考習慣
  - －自然についての科学的な見方・考え方/キー概念
- ③生活の中での自然に関する知識・経験
  - －生活上の工夫についての科学的な説明
  - －生活体験にもとづく自然についての知識
  - －自然についての言い伝え(前科学的説明を含む)に対する確信
  - －自然のはじまりについての説明(非科学的説明を含む)に対する確信
- ④科学や技術と生活や社会のかかわりについての認識
  - －科学や技術についての捉え方
  - －科学や技術と生活のかかわりについての価値判断
  - －科学や技術の利用と社会のかかわりについての価値判断
  - －科学や技術による社会問題の解決についての価値判断

本研究の目的は、上記の科学的素養の要素と、学校での理科学習についての意識との関係を示す因果モデルを構成し、その妥当性の検討を通して、理科学習が生活の中で役に立つという意識と関連をもつ科学的素養を、具体的に検討する。

## 2 研究の方法

(1) 調査対象 小学校6年生133名、中学生162名、高校生174名、大学生80名、小学校教師47名。本研究では、欠損値を除いた合計526を分析対象とした。

(2) 調査時期 1998年12月から1999年3月にかけて実施した。

(3) 調査項目 フェイスシートを除き、科学的素養に関する80項目4構成概念と、学校での理科学習と生活のかかわりに関する7項目1構成概念の、合計87項目5構成概念を分析に使用した(表1)。なお、項目内容に対して、いずれも5段階の評定尺度により回答を求めた。

(4) 因果モデルIの構成 まず、因果モデル構成のための予備分析として、質問項目の大問を観測変数に用いて、科学的素養の4構成概念と、学校での理科学習と生活のかかわりを1構成概念について、それぞれの項目の合計得点を尺度得点として、重回帰分析を実施した。

この結果と先行研究とを踏まえ、科学的素養のうち「自然や科学、技術に対する興味・関心」「問題解決の仕方と自然の見方・考え方」「生活の中での自然に関する知識・経験」の3尺度を第1水準、科学的素養のうち「科学や技術と生活や社会のかかわり」に関する1尺度と「学校での理科学習と生活のかかわり」に関する1尺度を第2水準として、第1水準から第2水準への単方向の因果関係を想定するモデルも構成した(図2)。

(5) 因果モデルIIの構成 まず、科学的素養に関する80項目と、学校での理科学習と生活のかかわりに関する7項目を用いて、因子分析を実施した。その結果、科学的素養については9つの因子、学校での理科学習と生活にかかわりについては1つの因子が抽出された。抽出された10因子は、調査項目の下位構成概念(小問)とほぼ一致することが確認された(因子負荷量 $\geq 0.30$ のとき、一致度87%)。

次に因果モデル構成のための予備分析として、科学的素養9因子と、学校での理科学習と生活のかかわりの1因子について、それぞれの項目(因子負荷 $\geq 0.50$ )の合計得点を尺度得点として重回帰分析を実施した。分析に用いられた質問項目は表2のとおりである。

この結果と因果モデルIを踏まえ、科学的素養のうち「自然や自然と人間のかかわりについての受けとめ方」「自然や科学、技術にふれる体験」「問題一般に対する科学的な思考習慣」「自然についての科学的な見方・考え方/キー概念」「生活上の工夫についての科学的な説明」の5尺度を第1水準、科学的素養のうち「科学や技術と生活や社会のかかわりについての捉え方」「科学や技術と生活のかかわりについての価値判断」の2尺度と「学校での理科学習と生活のかかわり」に関する1尺度を第2水準として、第1水準から第2水準への単方向の因果関係を想定するモデルを構成した(図3)。

なお、「自然についての前科学的説明に対する確信」と「自然についての科学的・非科学的説明に対する確信」の2尺度に関しては、第2水準の3尺度間とのパス係数が小さかったため、因果モデルには組み込まないことにした。

(6) 分析方法 科学的素養と、学校での理科学習についての意識との関係について、予め想定した因果モデルの妥当性を、共分散構造分析により検討する。分析にはSAS統計パッケージのCALISプロシジャを使用した。なお、分析に当たっては、『SASによる共分散構造分析』(竹内・豊田, 1992; 豊田他, 1992)を参考にした。

表1 学校での理科学習と科学的素養に関する調査質問項目の内容

大 問		小 問 (項目)			
第1問 (5)	フェイスシート	問1	居住地の市町村名と人口規模【都市化の程度】		
		問2	居住地の主な産業【工業化の程度】		
		問3	学校段階		
		問4	年齢層		
		問5	性別		
第2問 (7)	◇学校での理科学習と生活のかかわり	問1	学校での理科の好き嫌い		
		問2	学校での理科学習と生活のかかわり		
		(6)	(1)関心・意欲・態度 (アイ)		
			(2)科学的思考 (ウ)		
(3)技能・表現 (エオ)					
(4)知識・理解 (カ)					
第3問 (20)	①自然や科学、技術に対する興味・関心	問1	自然や自然と人間のかかわりについての受けとめ方		
			(12)	(1)自然に対する心情	
				・自然とふれあう心 (エコ)	
				・自然を感じ、思いやる心 (イキ)	
				・自然に対する知的好奇心 (ケシ)	
				(2)自然と人間のかかわりについての受けとめ方	
				・自然の恩恵と害 (アサ)	
				・支配と従属の関係 (ウカ)	
				・相互依存、共生の関係 (オ)	
				・自然と人工 (ク)	
				問2	自然や科学、技術にふれる体験
				(8)	(1)自然体験 (アエカ)
(2)製作活動 (ウ)					
(3)社会施設や社会での環境保全活動への参加 (イオ)					
(4)情報メディアや電子機器の活用 (キク)					
第4問 (20)	③生活の中での自然に関する知識・経験	問1	生活上の工夫についての科学的な説明		
			(6)	(1)植物の成長と環境： 日光 (オ)、土 (ア)	
				(2)温度による物の変化： 体積変化 (イ)、状態変化 (カ)	
				(3)酸素のはたらき： 燃焼 (ウ)、酸化 (エ)	
				問2	生活体験にもとづく自然についての知識
				(4)	(1)身近な動植物の名前に関する経験的知識 (イウ)
					(2)風の向きに関する経験的知識 (ア)
					(3)地震のゆれに関する経験的知識 (エ)
				問3	自然についての言い伝えに対する確信
				(5)	(1)確からしい天気予知 (アエ)
					(2)確かでない天気予知 (ウオ)
					(3)必ずしも確かではない天気予知 (イ)
				問4	自然のはじまりについての説明に対する確信
				(5)	(1)宇宙のはじまりと地球のでき方 (イエ)
					(2)生命の誕生とヒトの出現 (アウ)
					(3)造物主 (オ)
第5問 (20)	④科学や技術と生活や社会のかかわり	問1		科学や技術についての捉え方	
			(6)	(1)科学や技術の肯定的側面 (アオ)	
				(2)科学や技術の否定的側面 (イエ)	
				(3)科学や技術の限界 (ウカ)	
			問2	科学や技術と生活のかかわりについての価値判断	
			(10)	(1)健康 (アケ)	
				(2)食料生産 (ウキ)	
				(3)材料・資源 (カコ)	
				(4)エネルギーと環境 (イオ)	
				(5)情報 (エク)	
			問3	科学や技術の利用と社会のかかわりについての価値判断	
			(2)	(1)原子力の利用 (ア)	
(2)インターネットの利用 (イ)					
問4	科学や技術による社会問題の解決についての価値判断				
(2)	(1)人口増加と食糧不足の問題 (ア)				
	(2)エネルギー消費と資源の枯渇の問題 (イ)				
第6問 (20)	②問題解決の仕方と自然の見方や考え方	問1	問題一般に対する科学的な思考習慣		
			(11)	(1)問題把握 (イエキ)	
				(2)問題追究 (カクコ)	
				(3)考察・結論 (ウオケ)	
				(4)一般化・応用 (アサ)	
			問2	自然についての見方・考え方/キー概念	
			(9)	(1)システム (ク)、構造と機能 (ア)	
				(2)多様性と共通性 (イキ)	
				(3)相互作用 (ウ)、エネルギー (カ)	
				(4)変化 (エ)、循環 (オ)、つりあい (ケ)	

表2 因果モデルIIの分析で用いられた変数と質問項目 (因子負荷量が0.50以上の合計項目38項目)

潜在変数：変数番号	因子	構成概念	観測変数：質問項目番号	質問項目内容
外生潜在変数	FX1 第2因子	①自然や自然と人間のかかわりについての受けとめ方	X01: 3-1-(1)イエキ	自然に対する心情
			X02: 3-1-(2)ア	自然と人間のかかわりについての受けとめ方
	FX2 第3因子	②自然や科学、技術にふれる体験	X03: 3-2-(1)アエ	自然体験
			X04: 3-2-(3)イオ	社会施設や社会での環境保全活動への参加
	FX3 第1因子	③問題一般に対する科学的な思考習慣	X05: 6-1-(1)イエキ	問題把握
			X06: 6-1-(2)カクコ	問題追究
			X07: 6-1-(3)ウオケ	考察・結論
			X08: 6-1-(4)アサ	一般化・応用
	FX4 第4因子	④自然についての科学的な見方・考え方/キー概念	X09: 6-2-(1)ア	構造と機能
			X10: 6-2-(2)イ	多様性と共通性
			X11: 6-2-(3)ウ	相互作用
	FX5 第7因子	⑤生活上の工夫についての科学的な説明	X12: 4-1-(2)イ	温度による物の変化： 体積変化
			X13: 4-1-(3)ウエ	酸素のはたらき： 燃焼、酸化
内生潜在変数	FH1 第5因子	⑥科学や技術と生活や社会のかかわりについての捉え方	X14: 5-1-(1)オ	科学や技術の肯定的側面
			X15: 5-2-(5)エク	情報
	FH2 第6因子	⑦科学や技術と生活のかかわりについての価値判断	X16: 5-2-(1)アケ	健康
			X17: 5-2-(2)キ	食料生産
			X18: 5-2-(3)コ	材料・資源
			X19: 5-2-(4)イオ	エネルギーと環境
	FH3 第8因子	⑧学校での理科学習と生活のかかわり	X20: 2-2-(2)ウ	科学的思考
			X21: 2-2-(3)エオ	技能・表現
X22: 2-2-(4)カ			知識・理解	

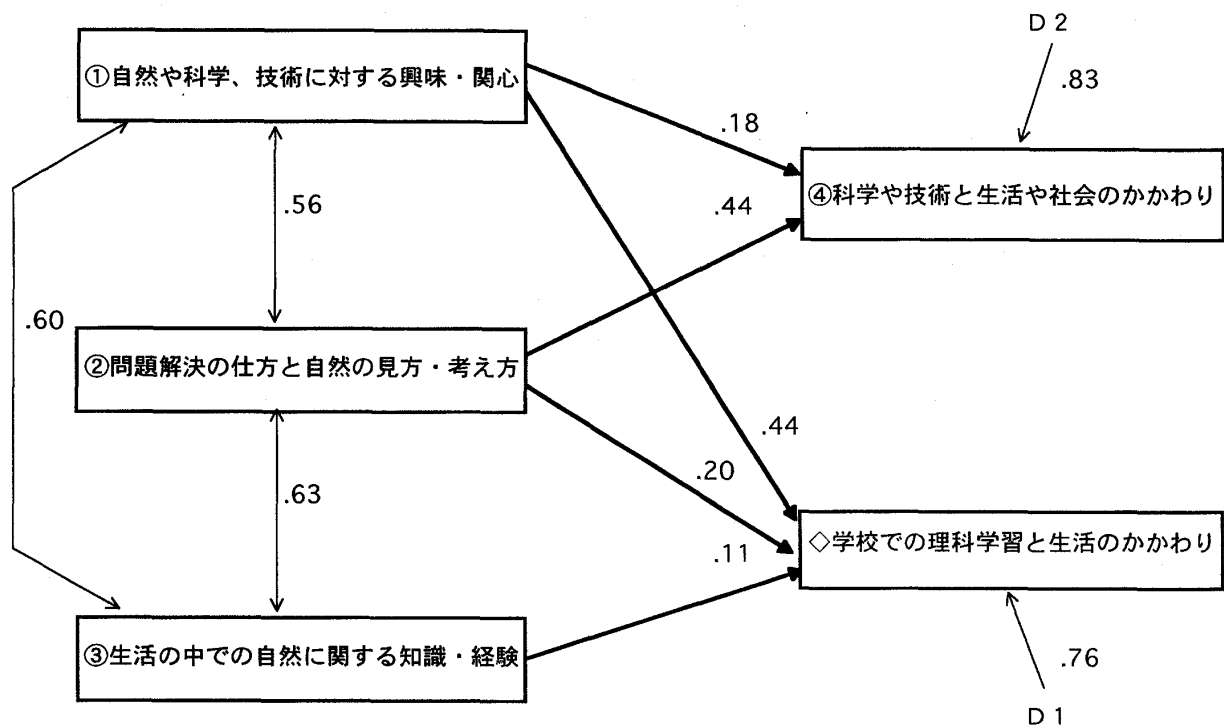


図2 「学校での理科学習と科学的素養」の因果モデル I  
 — 質問項目の大問を観測変数とした場合 (GFI=0.9990, AGFI=0.9926) —

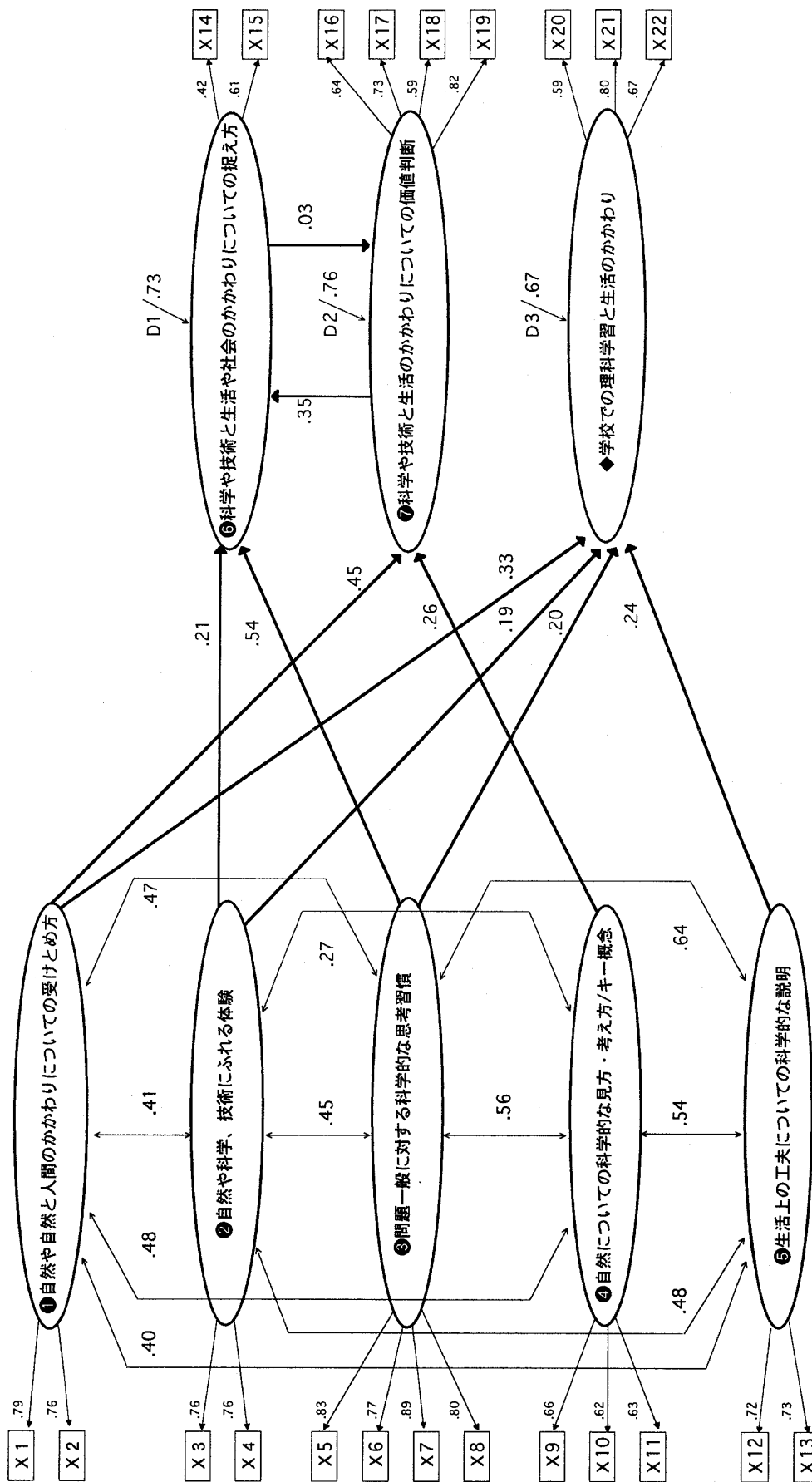


図3 「学校での理科学習と科学的素養」に関する因果モデルII  
一質問項目の因子を潜在変数とした場合 (GFI=0.9425, AGFI=0.9230) —

## 3 結 果

まず、推定した因果モデルの全体評価を行うため、適合度指標 (GFI) および修正適合度指標 (AGFI) を求めた結果、表3のとおり、いずれも 0.9 以上の高い値を示し、モデルとデータとの適合度は高く、想定したモデルはデータの共分散行列をよく説明していると判断された。

表3 推定した因果モデルの全体評価

	適合度指標 (GFI)	修正適合度指標 (AGFI)
因果モデル I	0.9990	0.9926
因果モデル II	0.9425	0.9230

次に、構成概念の因果係数、および相関係数を求めた。その結果は、次のように要約される。

## (1) 因果モデル I の結果

「学校での理科学習と生活のかかわり」に対して、「自然や科学、技術に対する興味・関心」「問題解決の仕方と自然の見方・考え方」「生活の中での自然に関する知識・経験」の3つが関係する。そのうち、「自然や科学、技術に対する興味・関心」の影響がより強い。なお、「自然や科学、技術に対する興味・関心」「問題解決の仕方と自然の見方・考え方」「生活の中での自然に関する知識・経験」の3つの間には、かなり相関関係がある。

「学校での理科学習と生活のかかわり」と「科学や技術と生活や社会のかかわり」とは、互いに直接関係しない。なお、「学校での理科学習と生活のかかわり」と「科学や技術と生活や社会のかかわり」の両方に影響を与えるのは、「自然や科学、技術に対する興味・関心」と「問題解決の仕方と自然の見方・考え方」の2つである。

「科学や技術と生活や社会のかかわり」に対して、「自然や科学、技術に対する興味・関心」と「問題解決の仕方と自然の見方・考え方」の2つが関係する。そのうち、「問題解決の仕方と自然の見方・考え方」の影響がより強い。また、「生活の中での自然に関する知識・経験」は直接関係しない。

## (2) 因果モデル II の結果

「学校での理科学習と生活のかかわり」に対して、「自然や自然と人間のかかわりについての受けとめ方」「自然や科学、技術にふれる体験」「問題一般に対する科学的な思考習慣」「生活上の工夫についての科学的な説明」の4つが関係する。そのうち、「自然や自然と人間のかかわりについての受けとめ方」の影響がより強い。また、「自然についての科学的な見方・考え方/キー概念」は直接関係しない。なお、5つの外生潜在変数間には、かなり相関関係がある。

「学校での理科学習と生活のかかわり」と「科学や技術と生活や社会のかかわりについての捉え方」および「科学や技術と生活のかかわりについての価値判断」とは、互いに直接関係しない。なお、「学校での理科学習と生活のかかわり」と「科学や技術と生活や社会のかかわりについての捉え方」の両方に影響を与えるのは、「自然や科学、技術にふれる体験」と「問題一般に対する科学的な思考習慣」の2つである。また、「学校での理科学習と生活のかかわり」と「科学や技術と生活のかかわりについての価値判断」の両方に影響を与えるのは「自然や自然と人間のかかわりについての受けとめ方」である。



「科学や技術と生活や社会のかかわりについての捉え方」に対して、「自然や科学、技術にふれる体験」「問題一般に対する科学的な思考習慣」「科学や技術と生活のかかわりについての価値判断」の3つが関係する。そのうち、「問題一般に対する科学的な思考習慣」の影響がより強い。

「科学や技術と生活のかかわりについての価値判断」に対して、「自然や自然と人間のかかわりについての受けとめ方」と「自然についての科学的な見方・考え方/キー概念」の2つが関係する。そのうち、「自然や自然と人間のかかわりについての受けとめ方」の影響がより強い。また、「科学や技術と生活や社会のかかわりについての捉え方」はほとんど関係しない。

#### 4 考 察

「理科で学習したことが生活の中で役に立っていると思う」という学校での理科学習に対する意識と因果関係が認められた下位水準にある科学的素養の要素は、関係の強い順に「自然や科学、技術に対する興味・関心」「問題解決の仕方と自然の見方・考え方」「生活の中での自然に関する知識・経験」であった。この結果は、これら3つの科学的素養の獲得が、理科学習の目標達成の範囲内にあり、さらに、生活の中で活用・応用できる生活能力の一部にまで成りえていることを示唆するものと思われる。

他方、学校での理科学習に対する意識と「科学や技術と生活や社会のかかわりについての認識」とは、互いに同水準で直接の因果関係が認められなかった。この結果は、上記の結果とは逆に、特定の科学的素養の獲得は、理科学習の目標達成の範囲を超えるものであること、言い換えれば、理科の学習目標を達成したとしても、科学や技術と生活や社会のかかわりについての認識を必ずしも十分にできないことを示唆するものと考えられる。ただし、両者が全く関係しないというわけではない。学校での理科学習と生活のかかわりと科学や技術と生活や社会のかかわりの両方に影響を与える科学的素養の下位要素として、「自然や科学、技術にふれる体験」「問題一般に対する科学的な思考習慣」「自然や自然と人間のかかわりについての受けとめ方」などがあることが明らかになった。つまり、このことは、「科学や技術と生活や社会のかかわりについての認識」という科学的素養は、理科で獲得される科学的素養がその基盤の一部となっはいるが、必ずしもそれか全てではないことを示唆している。

本研究の結果より、科学や技術と生活や社会のかかわりについての認識という、「科学についての学習 (Learning about science)」によって獲得され得る科学的素養を、「科学の学習 (Learning of science)」あるいは「科学すること (Doing science)」によって獲得され得る科学的素養と同次元で扱うことができないということが明らかにされた。「科学と自然や人間とのかかわりについての認識」が、わが国で今後一層重視すべき科学的素養であることを鑑みれば、教科としての理科だけではなく、理科と他教科等の関連において、科学的素養の育成法について具体的に検討するような研究が、さらに必要とされる。

#### 謝 辞

本論文で扱ったデータは、平成10年度に実施した科学研究費補助金・基盤研究B(広島大学マンザノ研究代表者)「科学的素養の生涯発達と社会的文脈の効果」の一環として熊本と広島で調

査されたものである。本研究にご協力いただいた広島大学教育学部武村重和前教授，マンザーノ助教授，並びに，データ入力・処理に御補助いただいた広島大学教育学部平野俊英事務補佐員ほか大学院生の方々に深謝する。

#### 主要参考文献

- 1) 大木道則研究代表者『高度科学技術社会に必要な科学・技術リテラシーの育成の基礎的研究』平成4年度文部省科学研究費補助金（総合研究A）研究成果報告書 1993.
- 2) 今栄国晴「科学・技術の minimal literacy の育成と女性の科学分野志望の促進」大木道則：前掲書(10)，pp.13-20，1993.
- 3) 長崎栄三「算数・数学教育におけるリテラシー：国研・基礎学力調査研究から」日本科学教育学会研究会研究報告，Vol.8，No.5，pp.31-34，1994.
- 4) 鈴木善次「環境科学リテラシー（とくにSTSの観点から）」大木道則：前掲書(1)，pp.66-70，1993.
- 5) 飯利雄一「物理における科学リテラシーの考察」大木道則：前掲書(1)，pp.31-36，1993.
- 6) 三宅征夫「科学的リテラシー概念の変遷と科学的リテラシーの要素」大木道則：前掲書(1)，pp.7-12，1993.
- 7) 大木道則「化学リテラシーの育成」大木道則：前掲書(1)，pp.37-42，1993.
- 8) 文部省編『21世紀を展望した我が国の教育の在り方について—第15期中央教育審議会第一次答申—』文部時報8月臨時増刊号，pp.92-96，1996.
- 9) 文部省編『中央教育審議会—幼児期からの心の教育の在り方について，今後の地方教育行政の在り方について』文部時報10月臨時増刊号，pp.113-114，1998.
- 10) 『幼稚園，小学校，中学校，高等学校，盲学校，聾学校及び養護学校の教育課程の基準の改善について（審議のまとめ）』教育課程審議会，平成10年7月29日，pp.50-53，1998.
- 11) Harms, N.C. and Yager, R.E. *What Research Says to the Science Teacher*, Vol.3, No.471-114776. Washington, D.C.: NSTA. 1981.
- 12) National Science Teachers Association. *Science, Technology, Society ... Science Education for the 1980s*. An NSTA Position Statement. 1982. Washington, D.C.
- 13) American Association for the Advancement of Science. *Benchmarks for Science Literacy*. New York: Oxford University Press. 1993.
- 14) National Research Council. *National Science Education Standards*. Washington D.C.: National Academy Press. 1995.
- 15) American Association for the Advancement of Science. *Resources for Science Literacy: Professional Development*. New York: Oxford University Press. 1997.
- 16) 竹内啓監修・豊田秀樹著『SASによる共分散構造分析』東京大学出版会，1992.
- 17) 豊田秀樹・前田忠彦・柳井晴夫著『原因をさぐる統計学：共分散構造分析入門』講談社ブルーバックス，1992.