

○吉川宗史郎（技術研究組合フェムト秒テクノロジー研究機構）

はじめに

研究・技術計画学会/技術経営(MOT)分科会/WG 1 [1]が1998年2月に実施した「革新的研究開発のための目標設定力や構想提案力に関する調査」アンケート[2]のデータを用いて、企業における「研究提案制度のあるべき姿」を因子分析し、共分散構造モデルを構築することにより、いわゆる「アングラ（自由裁量）研究」の最近5年間ににおける実施状況の推移との関係を分析し、一部、因果規定力が説明できた。

1 アンケート調査の概要

我が国の研究開発現場での動向や要望を把握するために、長期戦略、人材、提案制度にわたる幅広い質問票を用いて行われたアンケート調査は、研究・技術計画学会の会員のうち、企業に所属する個人会員と法人会員の連絡代表者として登録されている個人の合計313人に送付され、137人（44%）から有効回答が寄せられた。

研究提案制度に関しては、その実態ではなく回答者の考えについて、提案のインセンティブ・支援、アイデアの公開・コメント、提案テーマの評価を中心に質問し、137人の有効回答があった[3]。

アングラ研究に関しては、「いわゆるアングラ（自由裁量）研究」に関して「5年前と現在の研究費または研究時間のそれぞれ何%程度が黙認されていた（いる）といわれているか」という質問を設け、最近5年間の実施状況の推移を把握した。有効回答は、82人であった[4]。

2 分析データの調製

ここでは、アングラ研究と研究提案制度の同時分析を行うため、欠測値のない、かつ出来るだけ多くの質問に有効回答したものを選定した結果、「その他」を除く102の質問項目のうち、68項目全部に有効回答を寄せた74人の回答データが残った。その過程で「**初期アイデアを発展させるため社内**」に賛成した者だけになった。

コーディング方法としては、統一的に取り扱えるように便宜を考慮して、提案制度に関しては質問項目ごとに「重要でない」「重要である」「最重要である」の3値とし、さらに、尖度が大きい質問項目は、共分散構造分析等の各種分析には不都合があるので、除外し、最終的には60項目を分析の対象とした。

アングラ研究については、「実施」「不実施」の2値並びに「研究費または研究時間からアングラ研究に割ける割合(%)」の大きい方の値(%)に関するデータをまとめて単純化した実施状況を表現するために、新しく以下の3変数を定義した。

(1) 5年前の実施状況：B5Y

$$= \{-1, 1 + \text{large}(\text{研究費}\%, \text{時間}\%) \}$$

(2) 現在の実施状況：NOW

$$= \{-1, 1 + \text{large}(\text{研究費}\%, \text{時間}\%) \}$$

(3) 5年間の変化：DLT=NOW-B5Y

分析対象として抽出した74人の回答は、アングラ研究の最近5年間の実施状況が「不変」27人、「減少」21人、「増加」6人、「不実施」20人である。したがって、層別の分析は困難であり、アングラ研究の実施状況の推移による大まかな傾向を把握することを目指した。

また、本研究で用いたアンケート調査質問項目に含まれていた「社内ベンチャー等として独立を奨励しているか否か」や「革新的な新製品開発か新技術開発の代表的な実施例のうちの一つを回答したか否か」がアングラ研究の実施状況の推移と χ^2 検定で5%水準の有意差（順相関）のあることが見つかり、それぞれを2値の変数VEN(独立の奨励)およびREP(代表例の回答)として導入し、因子を解釈する際の参考にした。

3 「提案制度のあるべき姿」の構造分析

3-1 因子分析

提案制度に関する個別の回答項目から選定した60項目3値表現のデータ74標本に対して、最尤法による因子抽出とプロマックス法斜交回転を用いて因子分析を行い、アングラ研究実施状況の推移との相関、標本数が少ないこと等を考慮して、9因子に分解された結果を採用した。

累積寄与率は34.8%であった。

9因子の因子得点を用いて、前節で導入したアングラ研究の実施状況に関係した変数B5Y, NOW, DLT および因子の解釈で参照するための変数VEN及びREPとの間並びに9因子間のSpearman順位相関係数を調べた結果を表2及び3に示した。

表2 9因子得点とアングラ研究等との相関

\$	B5Y	NOW	DLT	VEN	REP	因子名
1	-0.08	-0.01	0.03	*-0.25	0.04	1 組織重視
2	# 0.22	# 0.21	-0.04	-0.08	# 0.19	2 現場重視
3	-0.09	0.07	**0.31	* 0.28	0.03	3 結果重視
4	-0.11	0.03	0.16	0.09	-0.03	4 実績踏襲基準
5	* 0.24	0.13	-0.08	-0.15	-0.02	5 社内編成前提
6	-0.17	-0.12	0.08	#-0.20	-0.11	6 企画重視
7	*-0.23	** -0.38	-0.06	*-0.24	0.00	7 提案者実施権なし
8	0.06	-0.02	0.06	0.16	* 0.26	8 公的資金期待
9	0.10	0.00	*-0.25	0.10	0.12	9 ベンチャー資金期待

Spearman順位相関係数の有意水準(両側):** 1%;* 5%;# 10%
\$因子の番号

表3 9因子得点間の相関行列

\$	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1.00	0.00	-0.05	-0.04	# 0.23	0.11	0.07	0.08	-0.16
2	0.00	1.00	0.09	0.15	0.13	0.10	-0.15	0.17	* 0.26
3	-0.05	0.09	1.00	0.05	0.00	-0.09	-0.05	* 0.24	-0.05
4	-0.04	0.15	0.05	1.00	#-0.23	0.12	0.03	0.04	0.19
5	# 0.23	0.13	0.00	#-0.23	1.00	0.10	0.18	-0.11	0.12
6	0.11	0.10	-0.09	0.12	0.10	1.00	* 0.28	0.10	* 0.24
7	0.07	-0.15	-0.05	0.03	0.18	* 0.28	1.00	-0.11	0.02
8	0.08	0.17	* 0.24	0.04	-0.11	0.10	-0.11	1.00	0.09
9	-0.16	* 0.26	-0.05	0.19	0.12	* 0.24	0.02	0.09	1.00

Spearman順位相関係数の有意水準(両側):** 1%;* 5%;# 10%
\$因子の番号、因子名は表2参照

3-2 因子の解釈

表2及び3のうち10%水準（両側）以上の有意な相関を参考にしつつ、表4に示す9因子の構成と因子負荷量から因子に共通する構成概念を以下のように命名した。

表4から明らかなように、因子5、7、8、9は、提案するに際しての前提条件が、順に「社内編成前提」「提案者実施権なし」「公的資金期待」「ベンチャー資金期待」と因子負荷量の大きさに筆頭に並んでいる。

残りの因子1、2、3、6には「8評価結果公開」の選択枝が分散して配置しており、一見して、提案制度のあり方のパターンが4分類されていることが分かる。（以下、有意水準を1%:**、5%:*、10%:#で表示する。）

因子1は、VENが相関係数-0.25*と独立することが奨励されておらず、「社内編成前提(因子5)」と0.23#の相関があり、「社内の他人の意見をEメール等で容易に聞くことが出来る」を筆頭に「自社製品のクレーム・データ」「全社的な研究開発の中長期計画」など幅広い部門の関与を必要とする項目の因子負荷量が高いことから、「組織重視」が伺える。

因子2は、相関がB5Y(5年前アングラ研究実施)と0.22#、NOW(現在アングラ研究実施)と0.21#、REP(代表例の回答)と0.19#、「ベンチャー資金期待(因子9)」と0.26*であり、「当該分野の事業開発部門」「営業・販売部

門」「研究開発を実施することとなる部門の研究企画管理者」など「現場重視」の項目が並んでいる。

因子3では、DLTと0.31**、VENと0.28*「公的資金期待（因子8）」と0.24*の相関があり、因子付加量の大きい項目を見ると、評価部門として「ユーザ」「社外の有識者」、提案報酬の要求、評価者として「過去により評価をした人」など提案・評価の結果がよくなるようにという「結果重視」の姿勢がはっきり表れている。

因子6は、VENは-0.20#と実際は独立が奨励されていないのに、回答者の考えでは提案の前提条件としてはベンチャー資金をも含む「ベンチャー資金期待(因子9)」と0.24*の相関があり、現実と理想が必ずしも一致していない傾向が見受けられる。一方、「提案者実施権なし(因子7)」と0.28*の相関があり、因子6と7の個別要素間で相関を見ると、因子6の「社内の関連する専門家の協力(X31)」が因子7の「研究開発実施権が得られるとは限らない(X07)」と0.30**、因子6の「評価者は公募された人(X50)」が因子7の「提案者が実施する義務はない(X09)」と0.24*及び「提案者が実施する義務がある(X08)」と-0.29*であった。また、因子負荷量の順に見ると「他社や異業種交流の場に参加できる」を筆頭に「自分のアイデアをある程度実証するための実験を行う時間と資金は重要でない（因子負荷量がマイナス）」「社内の関連する専門家の協力が重要」が理想として並んでいる。あえて解釈すれば、提案者自らは研究開発しないが、幅広く情報を集めて企画・提案するのがよいという「企画重視」といえよう。

最後に、因子4は、「社内編成前提(因子5)」と-0.23#の相関があるが、因子の要素間で見ると有意な相関のある要素はない。因子付加量を見ると「自社研究開発における成功・失敗の記録」「過去の提案内容とそ

の評価結果」など過去の実績を重視する一方、「特許情報」「学術的な会議に参加」は重視しない傾向がある。あえて解釈すれば、過去の実績に学ぶのがよいと考える「実績踏襲基準」が共通する概念といえよう。

表4 提案制度の9因子の構成

因子1: 組織重視		(1)	(2)
1-1報酬2. 提案が事業化された場合の売り上げや利益に対する一定割合の報酬金、あるいは、事業化新会社(ベンチャー等)の株式(又はストックオプション)	X02	0.34	
2-1情報1. 全社的な(あるいは、研究開発組織の)研究開発の中長期計画(戦略)	X16	0.43	
2-1情報4. 文献情報	X19	0.36	
2-1情報6. 自社商品のクレーム・データ	X21	0.50	
2-2収集1. 社内の他部門の人を含めたミーティングを開催できる	X24	0.35	
2-2収集2. 社内の他人の意見をEメール等で容易に聞くことができる	X25	0.60	
2-2収集6. 国内外の見本市やコンベンションに参加できる	X29	0.42	
2-3リソース3. 特許出願の手続きの支援や代行	X32	0.39	
5評価部門 2. 提案者の所属する部門の直属の上司	X35	0.25	
5評価部門 5. 研究開発を実施することになる部門の研究開発実施者	X38	0.25	
7評価報酬2. 評価者を公開する	X58	0.40	
7評価報酬4. 評価結果を公開する	X60	0.22	
8結果公開3. 採択されたテーマ名と提案者を公開する	X66	-0.39	
因子2: 現場重視		(1)	(2)
2-1情報7. 市場動向や顧客ニーズ	X22	0.39	
5評価部門 3. 提案者の所属する部門の評価委員会	X36	0.36	
5評価部門 4. 研究開発を実施することになる部門の研究企画管理者	X37	0.46	
5評価部門 6. 研究開発を実施することになる部門の評価委員会	X39	0.36	
5評価部門 7. 本社事業戦略企画部門	X40	0.36	
5評価部門 9. 評価委員会	X42	-0.41	
5評価部門11. 当該分野の事業開発部門	X44	0.56	
5評価部門12. 当該分野の営業・販売部門	X45	0.41	
7評価報酬7. 評価の場に提案者を参加させる	X63	0.47	
8結果公開2. 全提案テーマ内容と提案者、及び、その評価結果を公開する	X65	-0.23	
8結果公開4. 採択されたテーマ内容と提案者を公開する	X67	0.30	
因子3: 結果重視		(1)	(2)
1-1報酬1. 提案が採択された場合の報酬(報奨金や賞与、昇給や昇進、留学や休暇)	X01	0.41	
1-1報酬4. 提案ごとの報奨金	X04	0.46	
2-2収集5. 有力顧客との交流会(飲み会等を含む)がもてる	X28	0.26	
5評価部門 8. 本社研究開発企画部門	X41	-0.28	
5評価部門13. 社外の有識者	X46	0.47	
5評価部門16. ユーザ(顧客)	X49	0.57	
6評価者2. 該当部門から推薦された人	X51	-0.29	
6評価者6. 過去に良い評価をした人	X55	0.40	
7評価報酬6. 後に事業化に成功した提案を見出した評価者に報奨を与える	X62	0.33	
8結果公開5. 提案者には評価結果が知らされるが、非公開とする	X68	0.25	

因子4:実績踏襲基準

(1) (2)

2-1情報2. 過去の提案内容とその評価結果	X17	0.45
2-1情報3. 特許情報	X18	-0.50
2-1情報5. 自社研究開発における成功、失敗の記録	X20	0.96
2-2収集3. 国内外の学術的な会議に参加できる	X26	-0.32
6評価者5. 過去に良い提案をした人	X54	0.28
7評価報酬5. 評価者には評価作業に対する報奨を与える	X61	0.24

因子5:社内編成前提

(1) (2)

1-3編成1. 社内から、その提案を推進するための人材を集めることが出来る	X10	0.82
1-3編成2. 社外からも、その提案を推進するための人材を集めることが出来る	X11	-1.02

因子6:企画重視

(1) (2)

2-2収集4. 他社や異業種交流の場に参加できる	X27	0.60
2-3リリース1. 自分のアイデアをある程度実証するための実験を行なう時間と資金	X30	-0.46
2-3リリース2. 社内の関連する専門家の協力	X31	0.46
2-3リリース4. 研究補助者の確保	X33	0.38
5評価部門10. 当該分野の社内研究者	X43	0.44
6評価者1. 評価者として公募された人	X50	0.23
8結果公開1. 全提案テーマ名と提案者、及び、その評価結果を公開する	X64	-0.29

因子7:提案者実施権なし

(1) (2)

1-2実施権1. 提案したテーマが採択された場合、研究開発実施権が得られる	X06	-0.99
1-2実施権2. 提案したテーマが採択されても、研究開発実施権が得られるとは限らない	X07	0.55
1-2実施権3. 提案したテーマが採択された場合、提案者が実施する義務がある	X08	0.33
1-2実施権4. 提案したテーマが採択されても、提案者が実施する義務はない	X09	0.42

因子8:公的資金期待

(1) (2)

1-4資金1. 社内からのみ、資金調達することが出来る	X13	-0.80
1-4資金2. 社内及び公的資金から、資金調達することが出来る	X14	0.78
5評価部門 1. 提案者の所属する部門の長	X34	0.21
6評価者4. 過去に良い研究成果を出した人	X53	0.26
7評価者7. 提案者の上司	X56	0.20

因子9:ベンチャー資金期待

(1) (2)

1-4資金3. 社内、公的資金あるいは社外(ベンチャーキャピタルを含む)から、資金調達することが出来る	X15	0.98
2-1情報8. 競争企業の技術開発レベル	X23	0.20

因子抽出法: 最尤法 回転法: Kaiser の正規化を伴うプロマックス法。
N=74, 因子は、因子固有値の大きい順に整理。因子の中は、項目順。
(1)観測変数の番号、(2)因子負荷量

4 提案制度とアングラ研究との関係

4-1 提案制度の概念的構造

提案制度から抽出した9因子の相互関係を考察すると、共分散構造モデルによる確認的因子分析で得られた因子間相関行列に強い相関は見られないが、「社内編成前提」

「提案者実施権なし」「公的資金期待」「ベン

チャー資金期待」という提案の前提(因子5, 7, 8, 9)と、提案制度のあり方を考えるに際して「組織」「現場」「結果」「企画」のうちいずれを重視するか(因子1, 2, 3, 6)との間に方向は自明ではないが因果関係を予想することが自然である。

一方、過去の「実績」に学ぶことをどの程度重要と見るか(因子4)は、提案テーマを企画又は評価する際の基準であり、他の8因子との関係は不明である。

4-2 提案制度とアングラ研究との因果方向

因子得点を用いて先に構築した提案制度単独の共分散構造モデルに第2節で定義したアングラ研究に関する変数 B5Y、NOW、DLT を組み込むために9因子との Spearman 順位相関係数で5%有意水準(両側)以上のものを表2から取り出すと、

- ・B5Yと因子5、7とが0.24、-0.23

- ・NOWと因子7とが-0.38

- ・DLTと因子3、9とが0.31、-0.25

の5通りの弱い相関がある。

5年前のアングラ研究実施状況(B5Y)が、現時点での提案制度のあるべき姿を構成する方針である「社内編成前提(因子5)」と順相関があり、「提案者実施権なし(因子7)」と逆相関があることは、アングラ研究が社内における新たな研究開発テーマを生み出す源泉の一つであるとの想定[4]やアングラ研究が組織の風土や文化に根ざす存在であるとの予想[4]に反するものではない。

そこで、研究開発体制を社内編成する前提や提案者に研究開発の実施権を与えるという「方針」は本来的には会社組織としては決めの問題であるが、アングラ研究が実施されていたという「5年前の実態」が会社組織の風土や文化をその実態に整合するように醸成し、それに感化された回答者の考えが回答に反映したと考えて、因果方向を仮定した。

また、現在のアングラ研究の実施状況(NOW)は、B5Yと0.70**の強い順相関があり、B5Yと同じく「提案者実施権なし(因子7)」と逆相関があることから、時系列的に見て、B5Y→(最近の因子7)→NOW→(現在の因子7)という因果関係を仮定した。

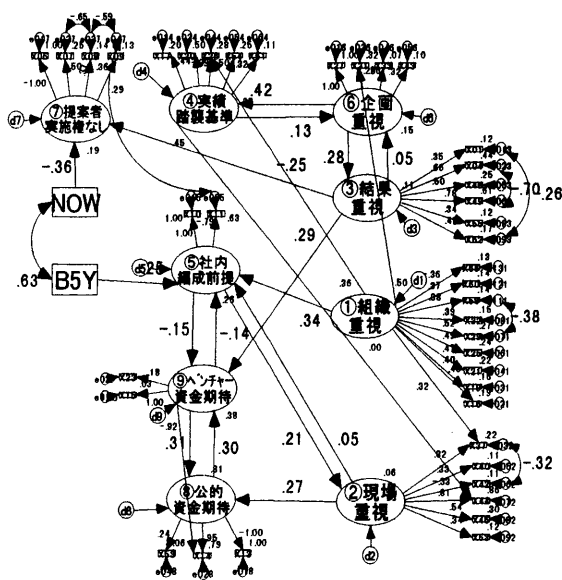
5年間のアングラ研究実施状況の変化(DLT)は、因果関係が未詳なので、特には仮定しなかった。

4-3 モデルの構築

これまで述べた因果関係の想定を基に、共分散構造モデルを構築し、その標準化解を図1に示した。

モデルで重要な因果係数のt検定結果を見ると、因子3から因子7への因果係数が $p=0.056$ とやや大きかった事を除けば、推定した全パラメーターは $p<0.04$ と十分な有意水準にあった。

図1 アングラ研究と提案制度のパス図
($\chi^2=1138, df=843, p=0.00, NPar=103, N=74$;
GFI=0.64, AGFI=0.60, RMSEA=0.069)



モデルの適合度指標をみると、 $\chi^2=$

1138.05, $df=843, p=0.00$ と棄却されている。しかし、 χ^2 検定は問題があつて、解の評価の主流は「モデルは正しい」という仮定を必要としない方法に移行している[6]。GFI=0.64, AGFI=0.60とフィットが悪いが、本モデルの観測変数は悠に40を越えており、観測変数が多くなると自由度も顕著に増大する傾向が生じ、それだけでフィットが悪くなる傾向があり、観測変数の数が30を越えてしまったら、「GFI>0.9」の基準を使わないと割り切ったほうがよく、近年注目を集め、頻繁に利用されるようになった指標が、「構造方程式モデルに特化して、モデルの分布と真の分布との乖離を1自由度当たりの量として表現した」RMSEA(Root Mean Square Error of Approximation)である[6]。

Arbuckle(1997)の基準 RMSEA<0.08[7]に対して、本モデルは、RMSEA=0.07と適合している。

4-4 モデルの解釈

本モデル内部の構造的な変数が内生変数を説明する割合(決定係数)が調査研究としてはまあまあ高い因子[6]は、因子9(0.38)と因子8(0.31)である。因子4(0.27)と因子5(0.26)はそれほど高いとは言えない[7]。

本モデルによって、決定係数に見るべき大きさの因果規定力があつた前述の4つの因子については、因果関係がある程度説明できたので、その標準化総合効果を表5にまとめた。

表5 標準化総合効果

*	NOW	B5Y	1	2	3	4	5	6	8	9
4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.0	0.5	0.0	0.0
5	0.0	0.3	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.2
8	0.0	0.0	0.0	0.3	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3
9	0.0	0.0	-0.1	0.1	0.3	0.0	-0.2	0.1	0.3	0.1

* 因子の番号：1 組織重視、2 現場重視、3 結果重視、4 実績踏襲基準、5 社内編成前提、6 企画重視、7 提案者実施権なし、8 公的資金期待、9 ベンチャー資金期待

企画重視(因子6)の傾向が強いほど実績踏

襲基準(因子4)を用いる傾向にある。組織重視(因子1)の傾向や5年前にアングラ研究の割合を高く実施しているほど、社内で研究体制を編成する(因子5)傾向にある一方、ベンチャー資金を含む社外資金調達の期待が高いと(因子9)逆の傾向がある。現場重視(因子2)やベンチャー資金等社外資金まで期待(因子9)が高いほど公的資金まで調達(因子8)を期待する傾向がある。結果重視(因子3)や公的資金まで期待(因子8) また、弱いながらも現場重視(因子2)をするほどベンチャー資金等社外資金まで期待(因子9)する傾向にあり、社内で研究体制を編成(因子5)する傾向があると逆になる。なお、現場重視に関しては、因子8 経由の直接効果は上述の通りであるが、社内編成(因子5)を促す傾向があることから、間接的にベンチャー資金まで期待(因子9)する事を抑制する効果も併せ持っていることが図1から読みとれる。

また、アングラ研究との関係の詳細を見ると、5年前のアングラ研究実施状況(B5Y)は、上記の因子5「社内編成前提」の観測変数2つにそれぞれ1および0.63の決定係数があり、X10「社内から、その提案を推進するための人材を集めることが出来る」に0.26、X11「社外からも、その提案を推進するための人材を集めることが出来る」に-0.20の総合効果を有しており、因果関係は十分説明された。さらに、現在のアングラ研究実施状況(NOW)については、提案者実施権なし(因子7)の決定係数が0.19と小さかったものの、NOWからの総合効果が-0.36と大きく、その観測変数のうち決定係数がそれぞれ1、0.25であるX06「提案したテーマが採択された場合、研究開発実施権が得られる」に0.36、X07「提案したテーマが採択されても、研究開発実施権が得られるとは限らない」に-0.18の総合効果があり、因果関係がある程度説明できた。

まとめ

(1) 提案制度は、9つの因子に分解でき、実

績踏襲基準(因子4)、社内で研究体制を編成する(因子5)、公的資金まで調達期待(因子8)、ベンチャー資金等社外資金まで期待(因子9)の4因子は、提案制度内部要因と5年前のアングラ研究実施状況による因果関係によって、ある程度規定されている。

(2) 5年前のアングラ研究の実施状況(B5Y)は、研究体制の編成を社内に限る(X10)か、社外を含める(X11)かを一定の割合で規定し、現在のアングラ研究の実施状況(NOW)は、提案が採択された場合の研究開発実施権が得られる(X06)か、得られるとは限らない(X07)かをある程度規定している。

(3) 共分散構造モデルは、データが大量にあることを前提としている上、モデルの解が無数にあるので、74件の標本データから構築した本モデルが正しいモデルであると言うことは困難である。上記の結論は、他のデータを用いた研究によって確認されることが望ましい[6]。

参考文献

- [1] 丹羽清「構想提案力/目標設定力の強化：MOT分科会WG1研究計画」、研究・技術計画学会、第12回年次学術大会講演要旨集、pp.113-117,1997.
- [2] 丹羽清「革新的研究開発のための構想提案力や目標設定力に関する調査」、研究・技術計画学会、第13回シンポジウム講演要旨集、pp.25-36,1998.
- [3] 松田偉太郎、中島剛志「研究開発テーマ提案制度」、研究・技術計画学会、第13回シンポジウム講演要旨集、pp.87-92,1998.
- [4] 吉川宗史郎「企業や開発の特徴とアングラ（自由裁量）研究との関係」、研究・技術計画学会、第13回シンポジウム講演要旨集、pp.93-97,1998.
- [5] 豊田秀樹ほか「原因をさぐる統計学」、講談社、1999
- [6] 豊田秀樹「共分散構造分析[入門編]」、朝倉書店、1999
- [7] 山本嘉一郎・小野寺孝義「Amosによる共分散構造分析と解析事例」、ナカニシヤ出版、1999