

生タラコの官能評価値と機器分析値への共分散構造分析の適用

誌名	日本食品科学工学会誌
ISSN	1341027X
著者	上田, 玲子 荒木, 徹也 柴田, 真理朗 相良, 泰行 杉山, 公教 千葉, 智
巻/号	57巻8号
掲載ページ	p. 326-335
発行年月	2010年8月

生タラコの官能評価値と機器分析値への共分散構造分析の適用

上田玲子[§], 荒木徹也*, 柴田真理朗*, 相良泰行**, 杉山公教, 千葉 智

日本水産株式会社中央研究所

* 東京大学大学院農学生命科学研究科

** 一般社団法人食感性コミュニケーションズ

Application of the Covariance Structure Analysis to the Organoleptic Value and Properties of Instrumental Analysis of Raw Cod Roe

Reiko Ueda[§], Tetsuya Araki*, Mario Shibata*, Yasuyuki Sagara**,
Kiminori Sugiyama and Satoshi Chiba

Nippon Suisan Kaisha, Ltd., Central Research Laboratory, 559-6, Kitano-machi, Hachioji, Tokyo 192-0906

* Department of Global Agricultural Sciences, Graduate School of Agricultural and Life Sciences,
The University of Tokyo, 1-1-1, Yayoi, Bunkyo-ku, Tokyo 113-8657

** Japan Food Kansei Communication Association, 2-8-7 Misaki-cho, Chiyoda-ku, Tokyo 101-0061

The instrumental analytical value and the organoleptic value ($n=576$) of 18 representative raw cod roe samples were used to investigate the possibility and the limitation to apply the covariance structure analysis (CSA) as one of the evaluating methods of palatability. Three causal models were obtained as follows: 1) the evaluation of the appearance of the samples, 2) the evaluation of taste, flavor and texture, and 3) an integrated model of the models 1) and 2). The palatability of raw cod roe was found to be affected by three factors, "appearance", "smoothness", and "seasoning", while the overall preference except appearance was affected by three factors such as "cod roe flavor", "smoothness", and "seasoning". In applying this method, the value of chi-square test is considered to be improved by using a perceptual numerical value and a logarithmic value having linearity as input variables in an instrument analysis and adapting a line scale. The expansion of the applicable scope of the CSA to product development would require further investigations into the processing method and the applicable possibility to the sensory evaluation data whose number of the samples is less than 200, which is generally required for the covariance structure analysis.

(Received Oct. 29, 2009; Accepted Apr. 27, 2010)

Keywords: Instrumental analysis, Raw cod roe, Sensory Evaluation, Covariance Structure Analysis

キーワード: 生タラコ, 共分散構造分析, 官能評価, 機器分析

食品に対してヒトが感じる「おいしさ」の程度を定量的に評価する理想的方法を確立するためには、究極的方法として、ヒトの脳内における情報処理の機序を解明する生体計測法の開発が必要と考えられている。しかしながら、実用的に利用可能な生体計測技術は未発達の現状にある。このため、現時点における「おいしさ」の評価法は多様な統計的手法を適用して解析する方法に限定されている。具体的には、食品を対象とする物理化学的機器測定値とヒトを対象とする官能評価データ、すなわち「官能値」との相互関連性を探索して「おいしさ」の程度が評価されている。

共分散構造分析 (Covariance Structure Analysis), あるいは構造方程式モデリング (Structural Equation Modeling) と称される手法は、直接的には観測不可能な潜在変数を導入し、複数の潜在変数と観測変数間の因果関係を推算することにより、社会現象や自然現象を理解するための統計的手法である¹⁾²⁾。この解析法は、主に心理学・教育学分野で因子分析の手法を機能的に拡張する方法として開発された手法であり³⁾、その特徴の一つは、因子分析や回帰分析とは異なり、開発者自身が仮説とし構成した因果モデルに実測データを導入して仮説を検証することが可能なことである。

近年、この特徴の有用性が広く認められ、心理学・教育学のみならず経営学・政治学などの社会科学分野や建築・都市設計などの自然科学の分野でも幅広く応用されてお

〒192-0906 東京都八王子市北野町 559-6

* 〒113-8657 東京都文京区弥生 1-1-1

** 〒101-0061 東京都千代田区三崎町 2-8-7

§ 連絡先 (Corresponding author), areiko_u.fcl@y8.dion.ne.jp

り、食品分野でもいくつかの研究事例が報告されている。例えば、Chen *et al.* は消費者の遺伝子組み換え食糧に関する態度は主に消費者自身が感じるベネフィットにより決定されることを示した⁴⁾。また、Olsen は嗜好、健康、簡便さを潜在変数として消費者の年齢と水産物消費量の因果関係モデルを示した⁵⁾。志堂寺らは、8種類のケーキの写真的印象について複数の因果関係モデルを設定して適合度の高いモデルを検討した⁶⁾。

以上述べたように、食品分野での共分散構造分析の適用事例は、消費者意識と食物消費・商品印象と選好などの因果関係を検討する研究例が多く、あらかじめ何らかの仮説を設定した上でアンケート調査を実施することを前提として実施されている。他方、相良は食感性工学のパラダイムを提唱するとともに⁷⁾、共分散構造分析が「おいしさ」に及ぼす諸要因の影響を定量的に評価する手法として有用であると指摘している⁸⁾が、この点に関して食品の物理化学的な測定値とヒトを対象とする官能値の相互関連性を検討し

た結果に基づき、この手法の有用性を実証した研究例は数少ない現状にある。

本研究の目的は、代表的な市販品生タラコ 18 品目の機器分析値および官能値⁹⁾に共分散構造分析を適用し、「おいしさ」の評価法としての共分散構造分析の可能性と限界を食感性モデル⁷⁾⁸⁾の枠組みに基づき説明することにある。

実験方法

本研究は、9)の引用文献に掲載した生タラコ 18 試料について、外観評価および味風味・食感評価の2回の官能値および表面色値、ナトリウム含有量、総アミノ酸含有量の3種の機器分析値の各データを用いて、共分散構造分析の適用を検討した。

生タラコの官能評価および3種類の機器分析値データに共分散構造分析を適用して因果モデルを作成するための解析手順のフローチャートを図1に示した。本研究では、A：外観因果モデル、B：味風味・食感因果モデル、C：AとB

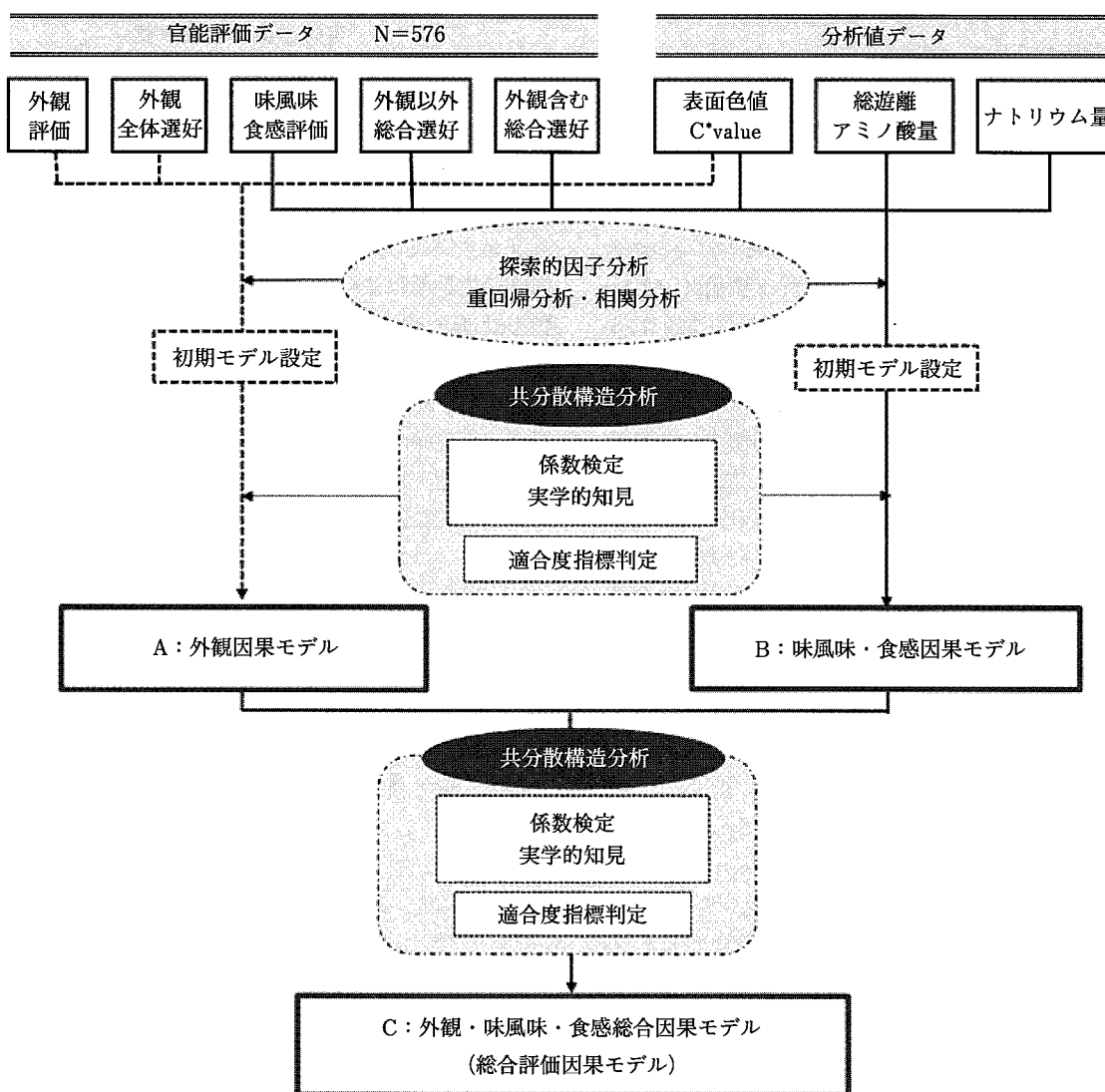


図1 「生タラコ」の官能値および分析値の因果モデル設定のフローチャート

を統合した外観・味風味・食感統合因果モデル（総合評価因果モデル）の 3 種類の因果モデルを作成することとした。また、以下に述べるように、解析手順は 1. 因果初期モデルの作成と 2. 共分散構造分析の適用の大きく 2 つに分けられる。

1. 因果初期モデルの作成

供試材料 18 品目の全データ ($n=576$) を用い、因子分析により外観、味・風味および食感の要因ごとに各評価項目の重要因子を探索した。分析値データについては、「感覚強度は刺激強度の二乗に比例する」というウェーバー・フェヒナーの法則に基づき、その各測定値の対数をとった数値を入力した。

また、重回帰分析および相関分析により、品質特性と分析値の相互関連性および総合選好度に及ぼす各要素の影響を推定した。なお、官能値と分析値の相互関連性を分析するために、官能評価項目についてサンプル毎に因子得点の平均値を算出して分析値を算出した。以上の検討結果をもとに、A: 外観因果モデルおよび B: 味風味・食感因果モデルの両モデルについて初期モデルを作成した。

2. 共分散構造分析の適用

初期モデルに共分散構造分析を適用し、係数などの母数に関わる推定値について、ワルド検定により有意差の認められなかった項目を除去するとともに必要に応じて潜在因子を集約し、最終的な因果モデルを作成した。また、パス係数はいずれも最尤法により推定した。因果モデルの適合度指標については、標本数に依存するカイ 2 乗値 (CMIN) 検定の p -value は 0.20 以上、標本数に依存せず一般的に用いられる GFI および AGFI は 0.90 以上、また CFI は 0.95 以上、RMSEA は 0.05 以下を適合度の判断基準とした²⁾¹⁰⁾¹¹⁾。近年、CFI および RMSEA は大標本から小標本まで通用する指標として使用されることが多い。加えて、AIC については適合度の判定基準とはならないが、変化の程度を判

定する指標として参考にした。これらの適合度基準は「数学的というよりは、むしろ研究者間の暗黙の合意に基づく規則による経験的な基準である」とされる¹¹⁾。なお、カイ 2 乗検定結果の適用法については、「100 未満の小標本では棄却されないこと、200 程度の中標本では棄却されないことが望まれるが、棄却される場合は適合度指標で評価すること、500 以上の大標本では、適合度指標で評価すること」とされており²⁾、本研究もこれに準拠した。

また、因果モデルに含まれる因子および代表的な項目についての直接・間接・総合効果の標準化推定値を算出した。総合効果は目的変数に対する各説明変数の寄与を示す指標であり、直接に結合するパスの係数（直接効果）と他変数を經由して結合するパスの係数の積（間接効果）の和として、また「外生変数を一定として該当する変数 x を 1 単位増加させたときの y の増加分」として示される。

なお、共分散構造分析には、統計解析ソフト AMOS ver. 7.0J (SPSS Inc.) を用い、他の解析には、JMP 6.0.3 (SAS Ins.) を使用した。

実験結果および考察

1. 外観評価の因果モデル

図 2 に生タラコ試料の外観評価の初期モデルを示す。この初期モデルは 3 つの潜在因子（「自然感」「色調」「形状」）と 10 項目の外観評価用語、彩度の対数値および外観全体選好から構成した。潜在因子間には共分散を設定し、また、彩度の対数値は 2 つの潜在因子（「自然感」「色調」）から影響を受けると同時に外観全体選好に影響を及ぼすものと仮定した。

図 3 に生タラコ試料の外観評価因果モデルとパス係数の標準化推定値および適合度指標を示す。標準化推定値はいずれも有意であり ($p < 0.000 \sim p < 0.01$)、適合度指標についても一般的な基準を満たす因果モデルが得られた。また、

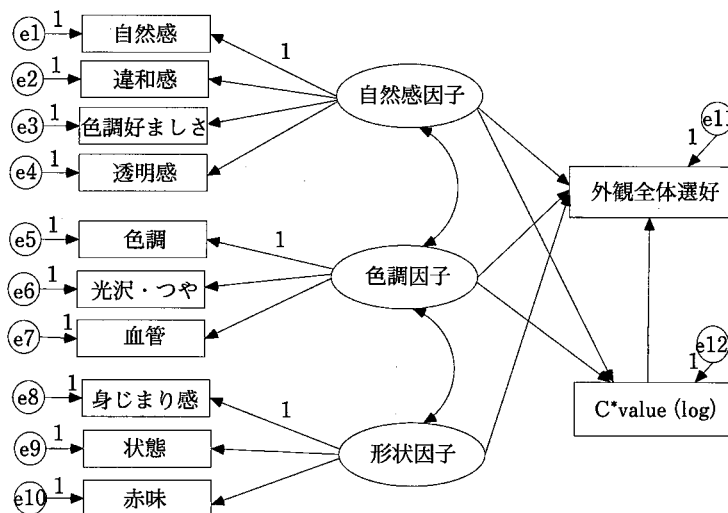
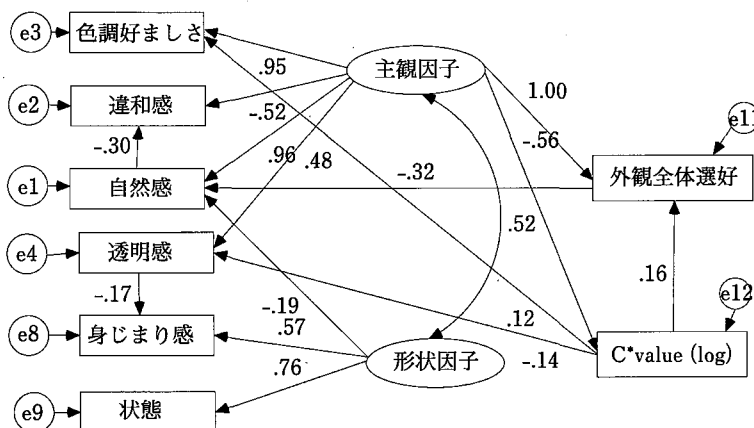


図 2 外観評価の初期モデル



CMIN	df	p-value	GFI	AGFI	CFI	RMSEA	AIC
6.00	13	0.946	0.997	0.993	1.000	0.000	52.00

図 3 生タラコの「外観評価因果モデル」(標準化推定値)

潜在因子は「主観因子」と「形状因子」の2因子構成とした。生タラコの外観全体選好に最も大きな影響を及ぼす潜在因子は主観因子であり、直接効果と共に彩度を經由した間接効果を及ぼすことが分かった。また、形状因子から外観全体選好への直接のパスは存在せず、主観因子との高い相関がみられた。

2. 味・風味・食感評価の因果モデル

生タラコ試料の味・風味・食感評価の初期モデルは、5つの潜在因子(「味付け」「異味」「こく味」「生臭い風味」「口当たり」と15項目の味・風味・食感評価用語、3項目の機器分析値(総遊離アミノ酸量、ナトリウム含量、彩度)の対数値および外観評価を含むか否かによる2項目の総合選好、すなわち、「外観除外総合選好」と「総合選好」とした。

図4に生タラコ試料の味・風味・食感評価因果モデルとパス係数の標準化推定値および適合度指標を示す。カイ二乗検定のp値を除くすべての適合度指標について一般的な基準を満たす因果モデルが得られた。因果モデルは2つの潜在因子(「口当たり」「味付け」)、10項目の評価用語、3項目の機器分析値の対数値および2項目の総合選好から構成された。生タラコの「外観除外総合選好」に最も大きな影響を及ぼす観測変数は「タラコらしい風味」であり、2つの潜在因子がそれに続いた。また、「外観除外総合選好」は「総合選好」に大きな影響を及ぼすことが明らかとなった。

図5に味付け因子の各項目に対する直接、間接および総合効果の標準化推定値を示す。味付け因子に対する塩味の寄与は、直接効果とナトリウム量を経由したパス係数の積和である間接効果0.02(=0.38×0.05)とを合算した値、0.90となった。同様に、味・風味の強さも直接効果と後味を経由した間接効果0.30を合算して総合効果は0.71となった。一方、うま味の直接効果は味・風味の強さを經由

した間接効果により相殺され、味付け因子に対する寄与はほとんど見られなかった。

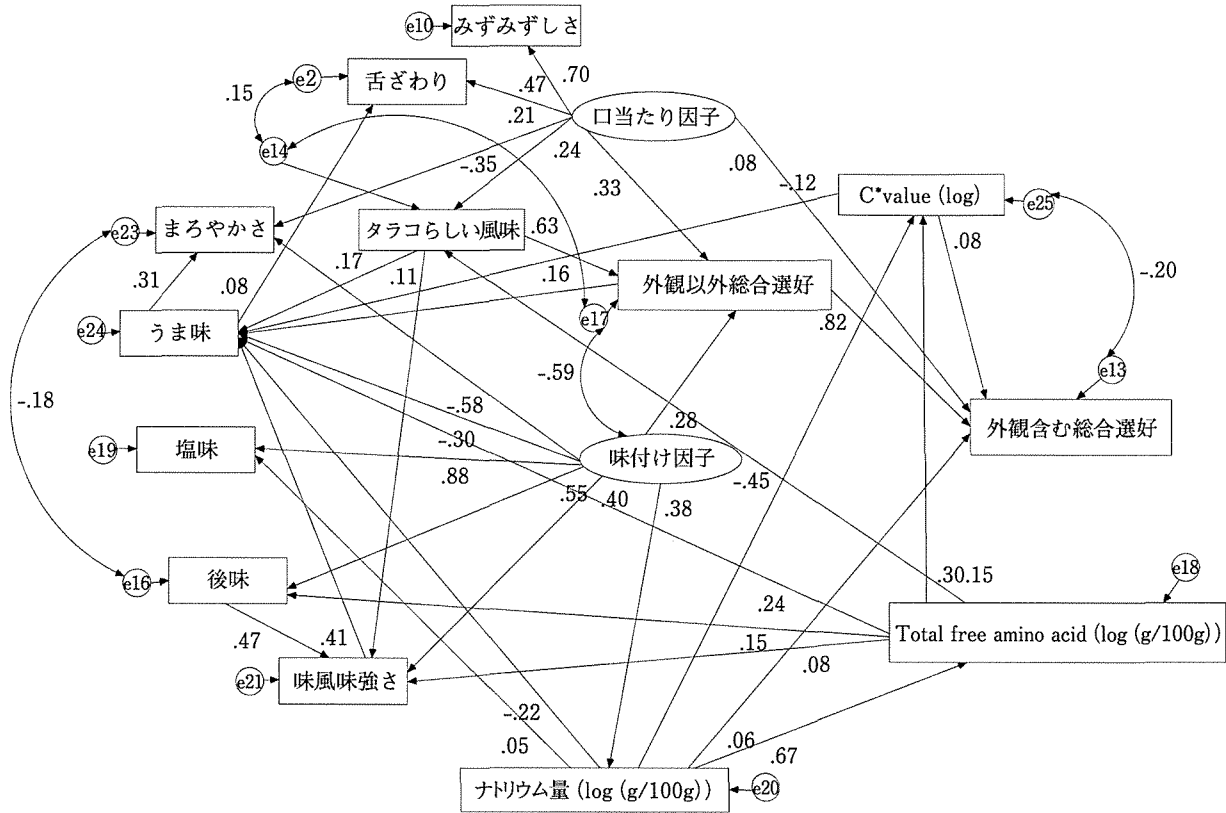
3. 外観・味・風味・食感の総合評価因果モデル

図6に生タラコ試料の外観・味・風味・食感評価因果モデルとパス係数の標準化推定値および適合度指標を示す。この総合評価因果モデルは前述の2つの因果モデルを統合したものであり、3つの潜在因子、評価用語16項目、機器分析値の対数値3項目、および総合選好3項目から構成された。適合度指標はいずれも一般的な基準を満たした。

図7にタラコらしい風味の各項目に対する直接、間接および総合効果の標準化推定値を示す。タラコらしい風味は、総合選好に大きな影響を及ぼすと同時に、うま味は直接効果と味風味の強さを經由した間接効果の影響を、また、まろやかさはうま味を経由した間接効果による影響をそれぞれ受けることが確認された。加えて、うま味は口当たり因子および総遊離アミノ酸量からは直接効果による影響を、味付け因子およびナトリウム含量からは間接効果による影響をそれぞれ受けることが分かった。

表1に、「総合評価因果モデル」による、各因子、品質特性項目、選好および分析値間の因果関係の総合・直接・間接効果を標準化推定値により表示した。「タラコらしい風味」に次ぐ、「総合選好」および「外観除外総合選好」に影響の大きい「口当たり因子」は、食感に関する「舌ざわり」「みずみずしさ」に影響を及ぼすとともに、味風味に関する「タラコらしい風味」「まろやかさ」「うま味」にも影響を与えることが明らかになった。

彩度(C*)は、「透明感」「自然感」「うま味」に対していずれも負の間接効果を与えると同時に、「総遊離アミノ酸量」から正の、「主観因子」および「ナトリウム含量」から負の影響を受けることが分かった。以上の結果から、遊離アミノ酸が増加し熟成が進行するにつれて試料の鮮やかさ



CMIN	df	p-value	GFI	AGFI	CFI	RMSEA	AIC
60.463	46	0.075	0.984	0.969	0.995	0.023	150.463

図 4 生タラコの「味・風味・食感評価因果モデル」(標準化推定値)

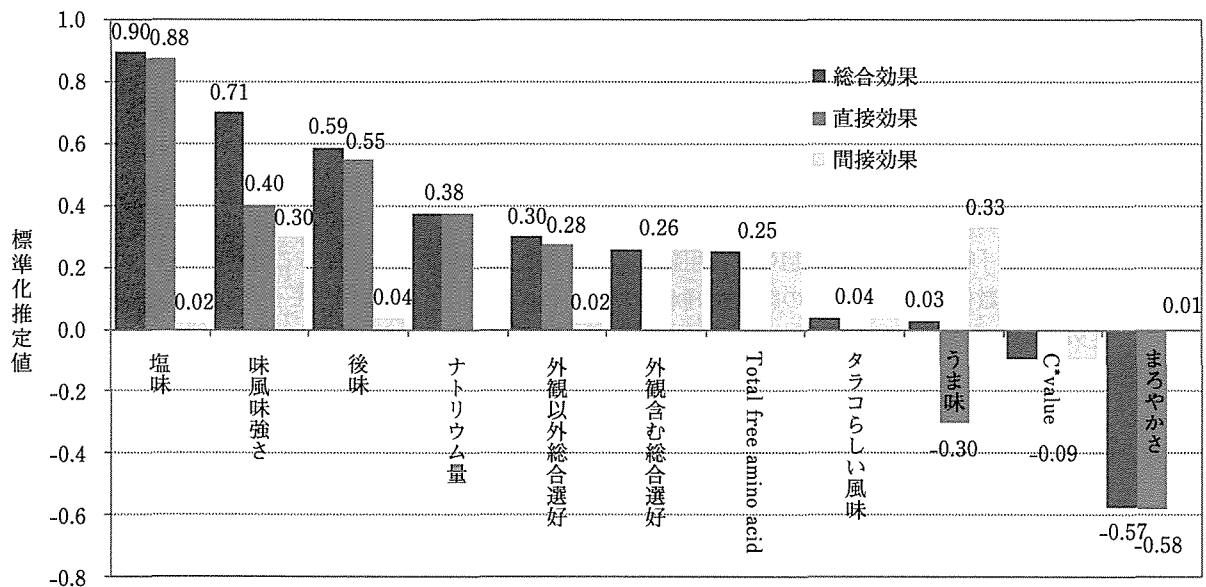
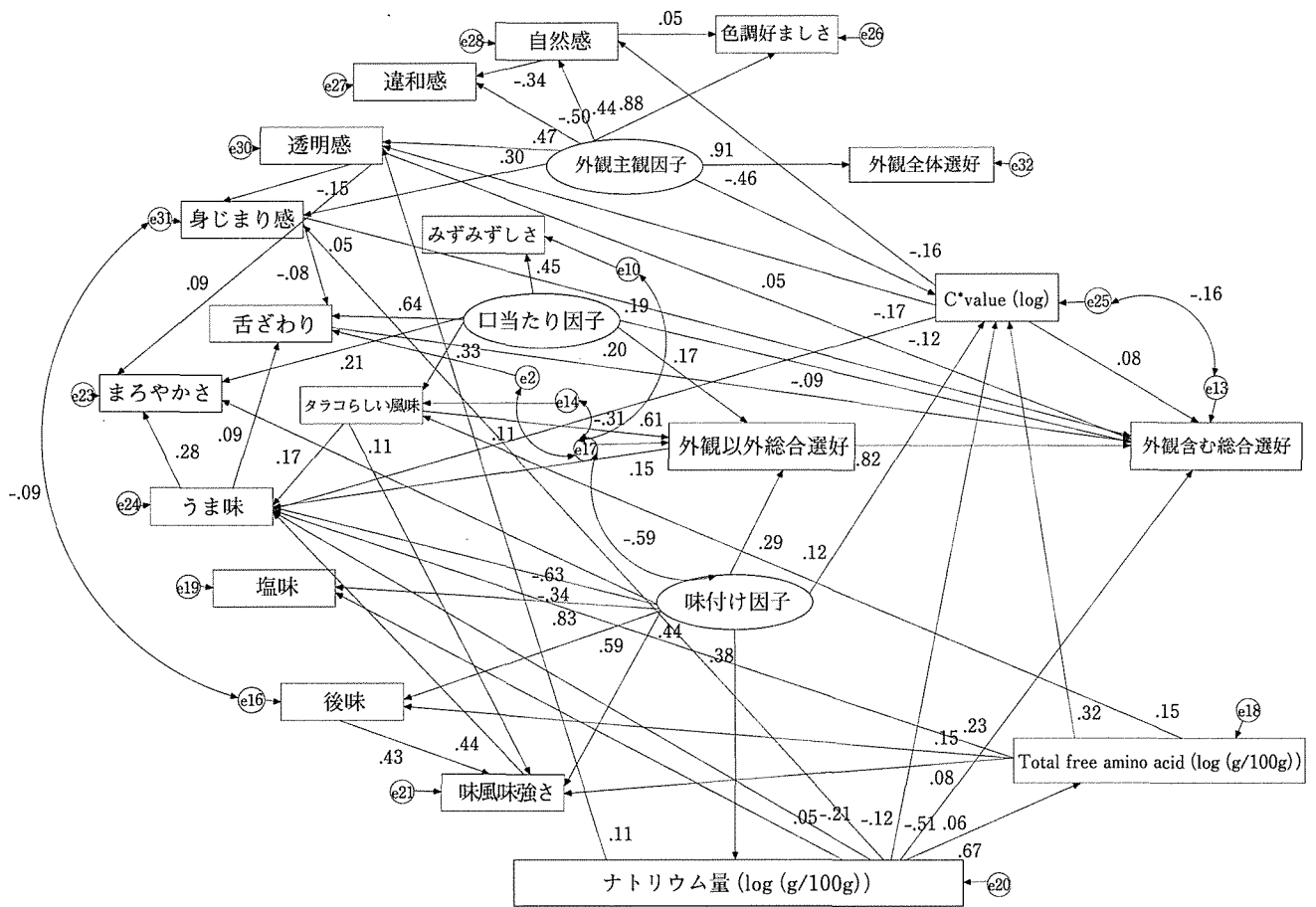


図 5 「味付け因子」の各項目に対する効果 (標準化推定値)



CMIN	df	p-value	GFI	AGFI	CFI	RMSEA	AIC
129.9	120	0.253	0.977	0.964	0.998	0.012	269.9

図 6 生タラコの「総合評価因果モデル」(標準化推定値)

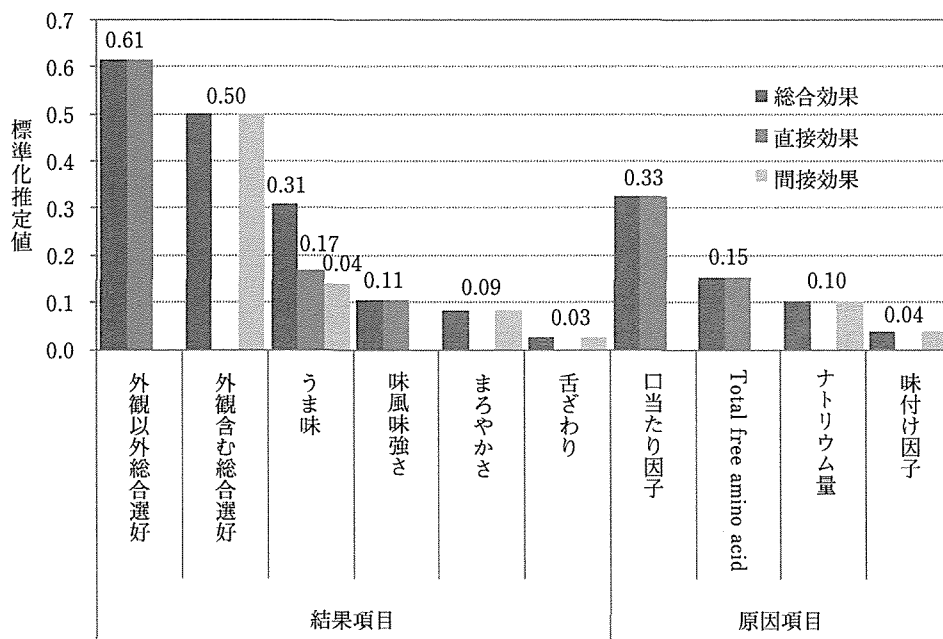


図 7 「タラコらしい風味」の各項目に対する因果関係の効果

表 1 生タラコの構成因子および評価項、分析値間の因果関係効果の標準化推定値

原因項目	外観主観因子			口当たり因子			味付け因子			外観以外総合選好		
	総合効果	直接効果	間接効果	総合効果	直接効果	間接効果	総合効果	直接効果	間接効果	総合効果	直接効果	間接効果
結果項目												
外観含む総合選好				0.470	0.194	0.276	0.283		0.283	0.820	0.821	-0.001
外観以外総合選好				0.404	0.203	0.201	0.318	0.294	0.024			
外観全体選好	0.908	0.908										
タラコらしい風味				0.327	0.327		0.039		0.039			
後味							0.630	0.593	0.037			
透明感	0.543	0.466	0.077				0.042		0.042			
味風味強さ				0.035		0.035	0.736	0.438	0.297			
身じまり感	0.218	0.301	-0.082				-0.053		-0.053			
うま味	0.054		0.054	0.132		0.132	0.021	-0.337	0.358	0.151	0.151	
舌ざわり	-0.013		-0.013	0.656	0.645	0.012	0.006		0.006	0.013		0.013
自然感	0.515	0.440	0.075				-0.001		-0.001			
みずみずしさ				0.449	0.449							
色調好ましき	0.902	0.875	0.027									
違和感	-0.676	-0.503	-0.173									
まろやかさ	0.065		0.065	0.245	0.208	0.036	-0.623	-0.633	0.010	0.042		0.042
塩味							0.855	0.835	0.020			
ナトリウム量							0.379	0.379				
Total free amino acid							0.253		0.253			
C*value	-0.459	-0.459					0.008	0.122	-0.114			
原因項目	タラコらしい風味			後味			透明感			味風味強さ		
結果項目	総合効果	直接効果	間接効果	総合効果	直接効果	間接効果	総合効果	直接効果	間接効果	総合効果	直接効果	間接効果
外観含む総合選好	0.502		0.502	-0.001		-0.001	0.042	0.051	-0.008	-0.003		-0.003
外観以外総合選好	0.614	0.614										
味風味強さ	0.106	0.106		0.432	0.432							
身じまり感							-0.151	-0.151				
うま味	0.308	0.169	0.140	0.191		0.191				0.442	0.442	
舌ざわり	0.027		0.027	0.017		0.017	0.012		0.012	0.039		0.039
まろやかさ	0.085		0.085	0.053		0.053	0.091	0.091		0.122		0.122
原因項目	身じまり感			うま味			舌ざわり			自然感		
結果項目	総合効果	直接効果	間接効果	総合効果	直接効果	間接効果	総合効果	直接効果	間接効果	総合効果	直接効果	間接効果
外観含む総合選好	0.054	0.047	0.007	-0.008		-0.008	-0.086	-0.086				
舌ざわり	-0.082	-0.082		0.089	0.089							
色調好ましき										0.052	0.052	
違和感										-0.337	-0.337	
まろやかさ				0.276	0.276							
原因項目	C*value			Total free amino acid			ナトリウム量					
結果項目	総合効果	直接効果	間接効果	総合効果	直接効果	間接効果	総合効果	直接効果	間接効果			
外観含む総合選好	0.078	0.084	-0.006	0.100		0.100	0.085	0.059	0.027			
外観以外総合選好				0.095		0.095	0.063		0.063			
タラコらしい風味				0.154	0.154		0.103		0.103			
後味				0.148	0.148		0.099		0.099			
透明感	-0.168	-0.168		-0.054		-0.054	0.165	0.114	0.051			
味風味強さ				0.162	0.082	0.08	0.108		0.108			
身じまり感	0.025		0.025	0.008		0.008	-0.147	-0.122	-0.025			
うま味	-0.117	-0.117		0.305	0.231	0.074	0.054	-0.21	0.264			
舌ざわり	-0.012		-0.012	0.026		0.026	0.017		0.017			
自然感	-0.162	-0.162		-0.052		-0.052	0.049		0.049			
色調好ましき	-0.008		-0.008	-0.003		-0.003	0.003		0.003			
違和感	0.055		0.055	0.017		0.017	-0.016		-0.016			
まろやかさ	-0.048		-0.048	0.079		0.079	0.03		0.03			
塩味							0.053	0.053				
Total free amino acid							0.668	0.668				
C*value				0.319	0.319		-0.301	-0.514	0.213			

の指標である彩度がより大きな値を示すものと考えられた。他方、「自然感」「透明感」などを構成する「主観因子」や食塩などの調味は、鮮やかさを低下させることが示唆された。

総遊離アミノ酸量は、「C*value」「うま味」、「味風味強さ」「タラコらしい風味」「後味」、「外観以外総合選好」お

よび「外観含む総合選好」に対して影響を与えることが明らかになった。その他わずかではあるが、「まろやかさ」「違和感」「舌ざわり」「身じまり感」「自然感」「透明感」「色調の好ましき」に対しても影響を与えていることが示され、多くの要素に関与していることが分かる。それらは、アミノ酸系調味料の呈味効果や生タラコの熟成度により変化する

る「総遊離アミノ酸量」によるものであると考えられた。

ナトリウム含量は、「総遊離アミノ酸量」「透明感」「味風味強さ」「タラコらしい風味」「後味」「外観含む総合選好」に正の、「C*value」と「身じまり感」へは負の影響を与えることが明らかになった。なお、「ナトリウム含量」の「塩味」への効果が小さな値を示した理由としては、市販の18品の平均による「ナトリウム含量」および塩分相当量の範囲がそれぞれ 1.76 ± 0.38 グラムで、 $SD 4.5 \pm 0.74\%$ の限られた範囲にあったことによると考えられた。

4. 粒弾力因子がおいしさに及ぼす影響

本研究では、タラコ食感に関する物性分析は食感知覚と対応する適切な指標が得られていなかったため実施しなかったが、開発担当者の間では関心が高かったため、タラコの食感の官能値がおいしさに及ぼす影響について共分散構造分析を用いて検討した。具体的には、総合評価因果モデルに「粒弾力因子」を追加した上で共分散構造分析を適用した結果、十分に適合度の良い、4つの潜在因子および22の観測変数から構成される因果モデルが得られた(適合度指標: GFI=0.972, AGFI=0.957, CFI=0.994, RMSEA=0.018)。表2に得られた因果モデルにおける粒弾力因子の各項目への効果別の標準化推定値を示した。粒弾力因子

表2 「粒弾力因子」の各項目に対する効果

	総合効果	直接効果	間接効果
粒々感	0.925	0.959	-0.034
全体弾力	0.764	0.764	
粒弾力	0.699	0.699	
外観含む総合選好	0.013		0.013
塩味	-0.095	-0.095	
みずみずしさ	-0.091		-0.091

の影響度は、その構成要素である粒々感・全体弾力・粒弾力に対しては大きかったが、その他の項目である外観含む総合選好・塩味・みずみずしさに対してはいずれも小さかった。

5. 商品開発における共分散構造分析の活用

表3に主な統計関数ツールとの比較による共分散構造分析の特徴を示した。共分散構造分析を用いる場合は、まず分析者自身が因果仮説を設定しなければならないが、これは開発担当者の経験的知見を自由に組み込んだ柔軟なモデル構成が可能であり、かつ因果関係の修正や因果モデル間の比較が可能であることを意味する。また、共分散構造分析は内生変数である潜在変数を取り扱い、かつ因果関係が分かる、というように因子分析と重回帰分析の利点を包括した特長を持ち、潜在変数については希薄化の修正も可能である。加えて、多母集団の同時分析など個人属性間の比較が可能であることも挙げられる。

官能評価は、開発の各段階において多くの役割を果たしている(図8)¹²⁾。本研究で共分散構造分析を適用した事例は、図8に示す、事業開発サイドの消費者を対象とした「1. 製品コンセプト策定」段階の生タラコのおいしさの判断構造の把握や、社内専門評価者を対象とした研究・生産開発サイドの「2. 開発具現化」段階における「コンセプトとプロダクトのバランス」および「官能値と分析値の関連性」にそれぞれ相当する課題に対応することができる。本研究の検討結果から、共分散構造分析を活用することにより、従来は取得不可能とされてきた統合的な定量情報やパス図による直観的な因果関係情報から配合設計や試作品の採択などの意思決定を検討することが可能になる。また、官能値や調査値および分析値間の因果関係の探索結果に基づきコンセプトを設定することが可能となり、さらには品

表3 主な統計関数ツールの比較

統計手法	長所および短所
重回帰分析	自在に原因—結果を想定できるが、内生変数である潜在因子を扱えない 線形因果関係であるので、直接効果は分かるが、間接効果が分からない 多重共線性の問題がある
因子分析	間接情報である「潜在因子 / 内生変数」を扱えるが因果関係が分からない 2次因子分析・階層因子分析ができない
分散分析	各変数間の差の検定が行えるが、因果関係は分からない
相関分析	各変数間の相関は分かるが、疑似相関が分からない
共分散構造分析	自在に原因—結果を想定でき、内生変数である潜在因子も扱えるが、自分で因果仮説を設定する必要がある 重回帰分析、因子分析、分散分析など各種の手法を一括して解析することができる 潜在因子についても定量化ができ、潜在変数間は真値が求められる(希薄化が起きない) 因果関係について直接効果、間接効果、総合効果が分かる パス図により因果関係が直観的にわかる 各種の適合度指標により因果モデルの判定ができる 多重指標、MIMIC、2次因子、階層因子など多くの構造モデルによる解析が可能である 多母集団同時解析、平均構造分析など多くの展開方法がある

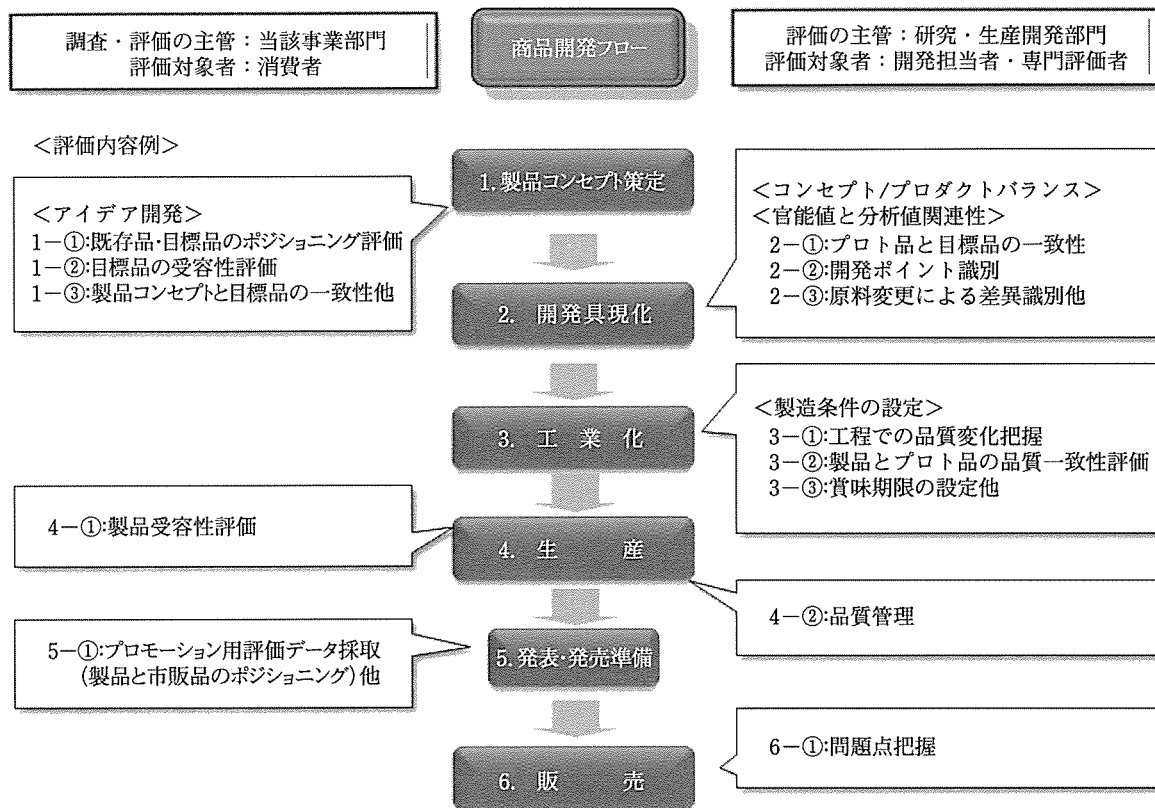


図 8 商品開発における官能評価の役割

質管理や属性別の相違点の把握，開発部門間の共通用語の構築が可能となるものと期待される。

6. 共分散構造分析の適用における課題

本研究では大標本かつ多数の項目について官能評価を実施したが，民間企業における官能評価では大標本のデータが得られることはまれであるため，商品開発現場における共分散構造分析の適用範囲を拡大するためには，一般的に必要とされている標本数 200 に満たない小標本・中標本データについて適合度の良い因果モデルを設定するための方法論の模索が望まれる。

また，本研究において得られた 3 つの因果モデルはどれも商品開発の担当者や専門評価パネルといった関係者が望ましい生タラコの配合設計を実現するための討議資料として活用される可能性が高い。ただし，商品開発の現場での経験が不十分な人が共分散構造分析という手法のみに依存して商品開発データを解析した場合に，対象商品の「おいしさ」評価法としての因果モデルを必ずしも発見できるとは限らない。特に，段階的な因果モデルの構築やパス係数の検定結果に基づくパスの追加または削除の判断には，経験により育成された評価者の実学的知見に基づいて得られる仮説が肝要となる。したがって，共分散構造分析を具体的な商品開発事例に適用する場合には，商品開発の担当者と統計解析の担当者が十分にコミュニケーションを取りながら「おいしさ」評価法としての因果モデルを探索する

努力を積み重ねることが肝要であると考えられた。

要 約

代表的な市販生タラコ 18 品目 ($n=576$) の官能評価および機器分析データに共分散構造分析を適用した結果，「外観評価」，「味・風味・食感評価」および両者を統合した「総合評価」の 3 つの因果モデルが得られた。また，官能評価値と機器分析値との相互関連性を検討するためには，機器分析値にウェーバー・フェヒナーの法則を適用し，その対数値を共分散構造分析の入力変数とすることが有効であることが分かった。なお，連続尺度である線尺度を採用することにより，カイ二乗検定の値がより大きくなる傾向が見られた。

「総合評価」の因果モデルから，生タラコのおいしさは「外観主観」「口当たり」「味付け」の 3 つの因子から構成されることが明らかとなった。また，喫食前を想定した「外観評価」の因果モデルからは，外観全体の選好度に「主観因子」が影響を及ぼすことが分かった。他方，喫食状態を想定した「味・風味・食感評価」の因果モデルからは，外観を除いた総合的な選好度に「タラコらしい風味」「口当たり」「味付け」の 3 つの因子が影響を及ぼすことが明らかとなった。

本研究のデータ取得に当たり，日本水産株式会社の官能

評価を担当された岡本直子氏、西澤聡子氏、高根夏美氏はじめ社内専門評価者の皆様、その他、一連の実験を行なう中での支援をいただきました皆様に感謝の意を表します。

文 献

- 1) 狩野 裕, 三浦麻子, グラフィカル多変量解析—AMOS, EQS, CALIS による目で見える共分散構造分析, (現代数学社, 東京) (2002).
- 2) 朝野熙彦, 鈴木督久, 小島隆矢, 入門共分散構造分析の実際, (講談社, 東京) (2006).
- 3) 小塩真司, 研究事例で学ぶ SPSS と Amos による心理・調査データ解析, (東京図書, 東京) (2005).
- 4) Chen, M.-T. and Li, H.-L., The consumer's attitude toward genetically modified foods in Taiwan. *Food Quality and Preference*, 18, 662-674 (2007).
- 5) Olsen, S.O., Understanding the relationship between age and seafood consumption the mediating role of attitude, health involvement and convenience. *Food Quality and Preference*, 14, 199-209 (2003).
- 6) 志堂寺和則, 都甲 潔, ケーキの外観印象の共分散構造分析, *食科工*, 54, 1-8 (2007).
- 7) 相良泰行, 食感性工学のパラダイムと展望, *食科工*, 56, 309-316 (2009a).
- 8) 相良泰行, 食感性モデルによる「おいしさ」の評価法, *食科工*, 56, 317-325 (2009b).
- 9) Ueda, R., Okamoto, N., Araki, T., Shibata, M., Sagara, Y., Sugiyama, K. and Chiba, S., Consumer preference for optical and sensory properties of fresh cod roe. *Food Sci. Technol. Res.*, 15, 469-478 (2009).
- 10) 小島隆矢, Excel で学ぶ共分散構造分析とグラフィカルモデリング, (オーム社 東京) (2004).
- 11) 豊田秀樹編著, 共分散構造分析 [Amos 編]—構造方程式モデリング, (東京図書 東京) (2007).
- 12) 上田玲子, 相良泰行, 総説: 食品業界の商品開発における官能評価法, *食科工*, 56, 607-613 (2009).

(平成 21 年 10 月 29 日受付, 平成 22 年 4 月 27 日受理)