

化粧品製造における 重回帰分析と数量化 類の適用事例

株式会社コーセー
開発研究所

池山 豊

ファンデーションとは

ファンデーションはベースメイキャップ料に属し、肌色を整え皮膚の欠陥を隠して滑らかに見せることを機能として期待されている化粧品であり、物理的な性状の違いから、パウダータイプ、油性タイプ、乳化タイプ、ケーキタイプ等に分類される。

パウダータイプでは、マットへの取れ、使用感の軽さ、肌への密着感、カバー力、しっとり感、キメの細かさ、もちのよさ、・・・等の官能的品質がある。

ことの起こり

粉体 A はパウダータイプファンデーション X の主要成分の一つである。この A の製造元がその製造工程を変更したため、その過渡期の問題として品質も含めて A の安定した供給が維持できなくなった。X の本格生産を間近にひかえて、今後供給される粉体 A の品質のブレに速やかに対処しつつ、X の設計品質を維持する方策の発見が急務となった。

実験の流れ (1)

< サンプルを処方 >

A : 粉体の質
B : 粉体量
C : 油剤量

< 硬度値測定 >

< 分散分析 >

< 数量化 類 >

< 粉体 A の物性測定 >

かさ
比容積
吸油量
粒度分布
個数平均粒径
個数平均粒径の標準偏差
体積平均粒径
体積平均粒径の標準偏差
比表面積

< 重回帰分析 >

表 1 ファンデーションXの硬度値

粉体の種類		A ₁			A ₂			A ₃		
粉体量		B ₁	B ₂	B ₃	B ₁	B ₂	B ₃	B ₁	B ₂	B ₃
油剤量	C ₁	532.0	563.6	636.8	539.2	495.6	524.0	480.0	624.8	614.0
	C ₂	484.8	521.2	592.8	468.8	403.2	490.4	500.0	583.6	556.0
	C ₃	461.6	495.6	600.0	318.0	385.2	479.2	488.4	606.0	543.2

B₁ :12.0% B₂ :15.0% B₃ :18.0%

C₁ :27.8% C₂ :29.3% C₃ :30.0%

実験の流れ（２）

< サンプルを処方 >

A : 粉体の質
B : 粉体量
C : 油剤量

< 硬度値測定 >

< 分散分析 >

< 数量化 類 >

< 粉体 A の物性測定 >

かさ
比容積
吸油量
粒度分布
個数平均粒径
個数平均粒径の標準偏差
体積平均粒径
体積平均粒径の標準偏差
比表面積

< 重回帰分析 >

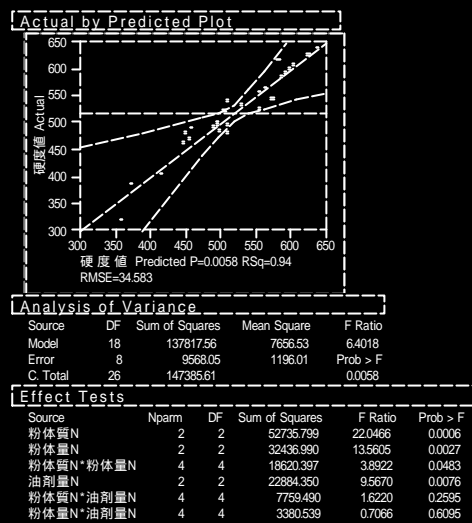


図 1 JMP出力 (1)

表 3 分散分析表

要因	平方和	自由度	不偏分散	F ₀	検定	確率 P
A : 粉体の種類	52735.8	2	26367.9	22.0	**	0.001
B : 粉体量	32437.0	2	16218.5	13.6	**	0.003
C : 油剤量	22884.4	2	11442.2	9.6	**	0.008
A × B	18620.4	4	4655.1	3.9	*	0.048
A × C	7759.5	4	1939.9	1.6		0.260
B × C	3380.5	4	845.1	0.7		0.609
誤差	9568.0	8	1196.0			
計	147385.6	26				

実験の流れ (3)

< サンプルを処方 >

A : 粉体の質
B : 粉体量
C : 油剤量

< 硬度値測定 >

< 分散分析 >

< 数量化 類 >

< 粉体 A の物性測定 >

かさ
比容積
吸油量
粒度分布
個数平均粒径
個数平均粒径の標準偏差
体積平均粒径
体積平均粒径の標準偏差
比表面積

< 重回帰分析 >

Summary of Fit

RSquare	0.732627
RSquare Adj	0.684013
Root Mean Square Error	42.32289
Mean of Response	518.0741
Observations (or Sum Wgts)	27

Analysis of Variance

Source	DF	Sum of Squares	Mean Square	F Ratio
Model	4	107978.62	26994.7	15.0705
Error	22	39406.99	1791.2	Prob > F
C. Total	26	147385.61		<.0001

Parameter Estimates

Term	Estimate	Std Error	t Ratio	Prob> t
Intercept	1226.2796	262.5871	4.67	0.0001
粉体質N[A1]	25.081481	11.51883	2.18	0.0405
粉体質N[A2]	-62.11852	11.51883	-5.39	<.0001
粉体量	14.140741	3.3252	4.25	0.0003
油剤量	-31.69862	8.875239	-3.57	0.0017

図 2 JMP出力 (2)

質・量混合の重回帰分析結果

$y = 1251.4 + 14.1 (\text{粉体量}) - 31.7 (\text{油剂量}) \quad \dots \quad \text{粉体 } A_1 \text{ のとき}$
 $y = 1164.2 + 14.1 (\text{粉体量}) - 31.7 (\text{油剂量}) \quad \dots \quad \text{粉体 } A_2 \text{ のとき}$
 $y = 1263.4 + 14.1 (\text{粉体量}) - 31.7 (\text{油剂量}) \quad \dots \quad \text{粉体 } A_3 \text{ のとき}$

変数名	偏回帰係数	標準誤差	値	Prob> t
定数項	1226.3	262.587	4.67	0.0001
粉体の種類A				
A ₁	25.1	11.519	2.18	0.0405
A ₂	-62.1	11.519	-5.39	<.0001
A ₃	-	-	-	-
粉体量B	14.1	3.325	4.25	0.0003
油剂量C	-31.7	8.875	-3.57	0.0017

R=0.856 R²=0.733 R^{*2}=0.684 R^{**2}=0.639

実験の流れ（４）

< サンプルを処方 >

A : 粉体の質
 B : 粉体量
 C : 油剂量

< 硬度値測定 >

< 分散分析 >

< 数量化 類 >

< 粉体 A の物性測定 >

かさ
 比容積
 吸油量
 粒度分布
 個数平均粒径
 個数平均粒径の標準偏差
 体積平均粒径
 体積平均粒径の標準偏差
 比表面積

< 重回帰分析 >

表 2 粉体 A の物理特性値 (1)

粉体の種類	かさ cm ³ /g	比容積 cm ³ /g	吸油量 ml/g	粒度分布				比表面積 m ² /g
				個数平均 μm	個数 μm	体積平均 μm	体積 μm	
A ₁	4.20	2.50	1.22	13.50	10.90	43.9	20.40	1.96
A ₂	2.80	2.17	0.85	25.70	12.50	39.2	11.10	1.34
A ₃	3.20	1.94	0.62	8.42	5.05	20.9	9.67	1.31

Stepwise Fit

Response: 硬度値

Stepwise Regression Control

Prob to Enter0.250

Prob to Leave0.250

DirectionMixed

7 rows not used due to missing values.

Current Estimates

	SSE	DFE	MSE	RSquare	RSquare Adj	Cp	AIC	
	41085.865	23	1786.342	0.7212	0.6849	3.93727	205.8447	
Lock	Entered	Parameter	Estimate	nDF	SS	"F Ratio"	"Prob>F"	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Intercept	1321.46976	1	0	0.000	1.0000	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	かさ		1	1678.863	0.937	0.3435	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	比容積		1	1678.863	0.937	0.3435	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	吸油量		1	1678.863	0.937	0.3435	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	個数平均粒径	-5.9968588	1	51056.94	28.582	0.0000	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	個数平均粒径		1	1678.863	0.937	0.3435	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	体積平均粒径		1	1678.863	0.937	0.3435	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	体積平均粒径		1	1678.863	0.937	0.3435	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	比表面積		1	1678.863	0.937	0.3435	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	粉体量	14.1407407	1	32393.61	18.134	0.0003	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	油剤量	-31.698622	1	22849.21	12.791	0.0016	

Step History

Step	Parameter	Action	"Sig Prob"	Seq SS	RSquare	Cp
1	個数平均粒径	Entered	0.0012	51056.94	0.3464	30.778
2	粉体量	Entered	0.0019	32393.61	0.5662	14.693
3	油剤量	Entered	0.0016	22849.21	0.7212	3.9373

図 3 JMP出力 (3)

重回帰分析結果

$$y = 1321.5 - 6.00 (\text{個数平均粒径}) + 14.1 (\text{粉体量}) - 31.7 (\text{油剤量})$$

変数名	偏回帰係数	F値	Prob>F
定数項	1321.5	0.000	1.0000
個数平均粒径	-6.00	28.582	0.0000
粉体量 B	14.1	18.134	0.0003
油剤量 C	-31.7	12.791	0.0016

$$R=0.849 \quad R^2=0.721 \quad R^{*2}=0.685 \quad R^{**2}=0.651$$

表 4 粉体 A の物理特性値 (2)

粉体の種類	かさ cm ³ /g	比容積 cm ³ /g	吸油量 ml/g	粒度分布				比表面積 m ² /g
				個数平均 μm	個数 μm	体積平均 μm	体積 μm	
A ₄	2.80	2.02	0.75	23.60	8.11	31.2	10.30	-
A ₅	2.84	2.11	0.79	34.10	14.10	45.4	9.26	-

表 5 確認実験

粉体の種類 A	個数平均粒径	粉体量 B	油剤量 C	硬度値	
				実測値	予測値
A ₁	13.50	13.5	28.3	607.2	534.3
A ₂	25.70	17.0	28.8	500.4	494.8
A ₃	8.42	16.0	29.8	577.6	552.6
A ₄	23.60	12.0	30.0	502.4	398.7
A ₄	23.60	18.0	27.8	556.7	553.2
A ₅	34.10	12.0	30.0	335.6	335.7
A ₅	34.10	18.0	27.8	546.8	490.3

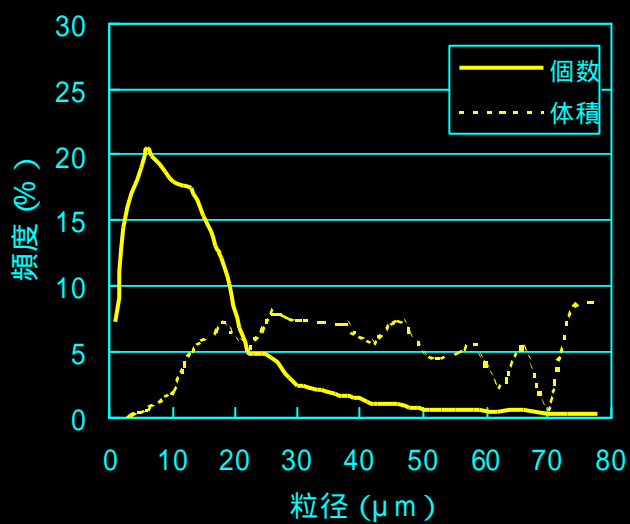


図 4 - 1 粉体 A1

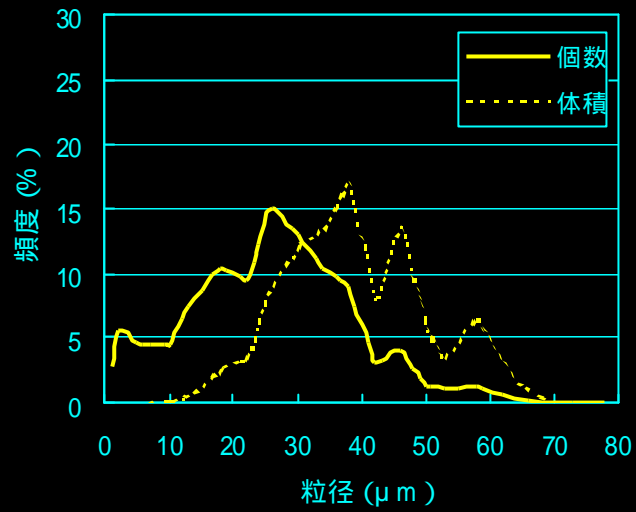


図 4 - 2 粉体 A2

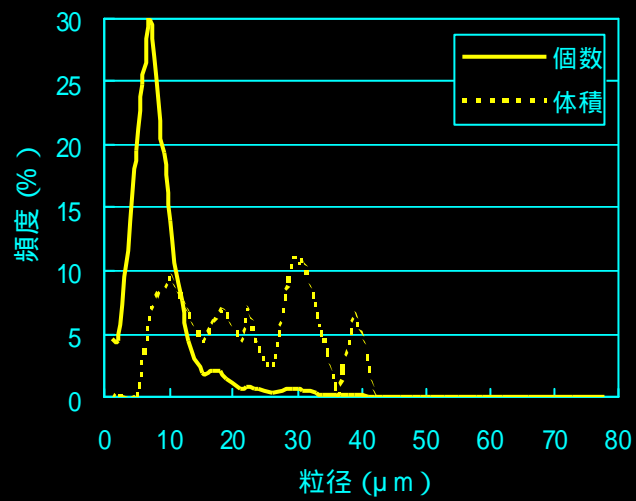


図 4 - 3 粉体 A3

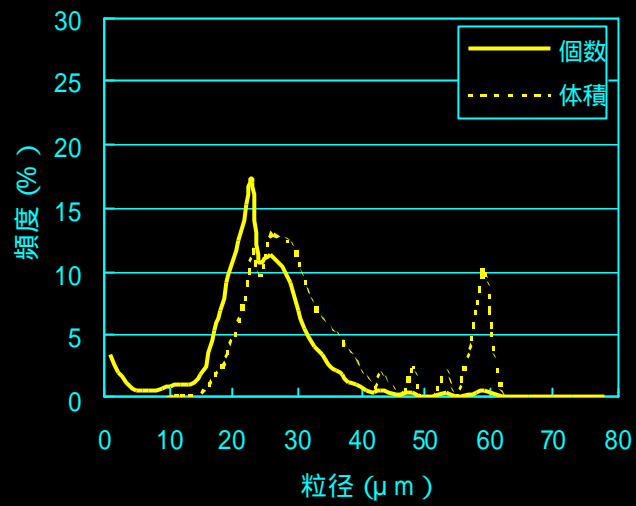


図 4 - 4 粉体 A4

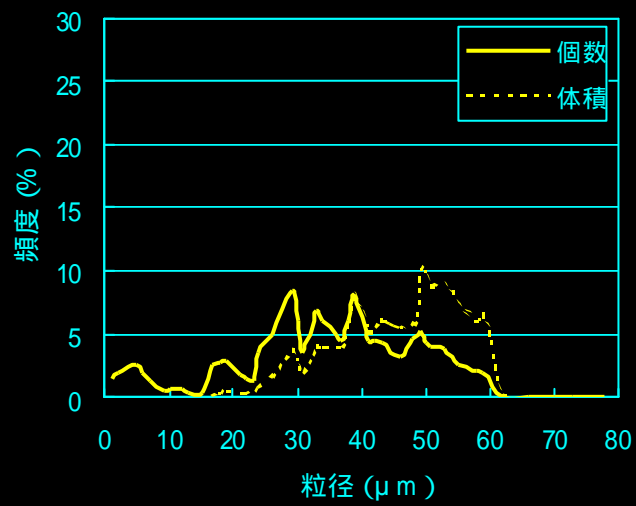


図 4 - 5 粉体 A5