

MTS法のカラー写真分野への適用

Application of the Mahalanobis-Taguchi-System to the Evaluation of Color Photographic Prints

原賀 秀昭* 上澤 邦明* 高野 博明*
Haraga, Hideaki Uezawa, Kuniaki Takano, Hiroaki

Mahalanobis distance is used in multi-dimensional analysis. The Mahalanobis-Taguchi-System (MTS) is a Taguchi method using Mahalanobis distance as a variable.

In our experiments, more than two hundred color photographic prints of various granularity, sharpness, color reproduction, tone, and color balance were evaluated using MTS.

It was found that MTS was an effective method of evaluating the subjective quality of color photographic prints and for weighting controlling factors, allowing the simplification of evaluation without loss of accuracy.

1 はじめに

カラー写真プリントの良し悪しは、粒状性、鮮鋭性、色再現性、階調再現性などのいわゆる画質要素をはじめ、カメラやプリンターの特性、写真の表面の光沢性、写真の大きさや形状、さらには構図要因など数多くの因子が絡み合って判断される。そのために、写真画像の優劣を決めるには多くの評価工数を要し、いわゆる「良い写真」を支配する要因の寄与解析は重要な課題と考えられる。そこで、この因子解明にMTS法が有効に活用できるかどうかを明らかにすることを本研究の目的とした。

本研究では、カラー写真分野へのMTS適用の手始めとして既知の画質因子（粒状性・鮮鋭性・色再現性・階調）および色バランスや濃度に項目を限定し、これらの項目を変化させた写真プリントについて解析した。その結果、写真プリントの良し悪しの判別と支配因子解明にMTS法が有効であるという結果を得ることができたのでこれを報告する。

2 実験の目的

本実験は、画質、プリント濃度、階調などを変化させた写真プリントをMTS法を用いて解析することにより、「写真プリントの良し悪し」を判別し、寄与の大きな因子（項目）を抽出し、評価の精度を低下させずに評価工数を削減する方法を見いだすことを目的とした。

3 実験内容および結果

3.1 実験の手順

実験手順を以下に示す。

- 手順1 . サンプルプリントを作成する
- 手順2 . パネラーを選び、官能評価を実施する
- 手順3 . 特性値項目を抽出する
- 手順4 . 「良い写真」を抽出する
- 手順5 . 「良い写真」の空間（基準空間）を作成する
- 手順6 . 満足度の低い写真（信号データ）を抽出する
- 手順7 . 信号データのマハラノビスの距離を計算する
- 手順8 . SN比を計算し要因効果図を作成する
- 手順9 . 各特性値項目の寄与を考察し、取捨選択する

3.2 サンプルプリントの作成

本実験では、特性（階調・粒状性・鮮鋭性・色再現）の異なる市販の10種類のカラーネガフィルムを、プリント条件（濃度やカラーバランス）を変えてプリントすることで、市場において起こりうる様々な写真プリントの色変動を再現した品質の異なる213枚のサンプルプリント（89×127mm）を作成した。

3.3 官能評価

全サンプルプリントについて「良い」、「悪い」の段階的な尺度での序列をつけるために官能評価を行った。官能評価のパネラーは、評価の安定性を確保するために、写真プリント評価に精通した8名を選定した。

官能評価の具体的手順は以下の通りである。

- 手順1 . パネラーには、全サンプルプリントに一通り目を通してもらい、評価基準をつかんでもらう。
- 手順2 . 1枚当たり3～5秒程度のスピードで5段階で評価してもらおう（5を最良、1を最悪とする）。

3.4 特性値の項目の抽出

「良い写真」に寄与すると推定される撮影シーンの特定部位（肌色など）のプリント反射濃度、及び使用した

* C Iカンパニー C M事業部 C M開発センター

フィルムの基本特性値を合わせて24項目を用いた。

3.5 「良い写真」の抽出

「良い写真」のマハラノビス空間（基準空間）を作成するために、官能評価結果に基づき満足度の高いカラープリントを抽出した。

良い写真の抽出は、213枚それぞれのカラープリントについての官能評価点（1から5点）ごとの度数を累計し、以下の条件を満たすカラープリントを「良い写真」の集団とした。

良い写真の抽出条件（下記のいずれかを満たす）

- ・少なくとも一人が評価点5をつけ、かつ、誰も評価点1をつけなかったプリント（なお評価点5の度数が2つ以上の場合は、その度数分を基準空間作成プリントとした）
- ・評価点5は無いが、評価点4の度数が2つ以上あるプリント

上記の抽出方法は、官能評価点の単純平均で行う方法と比較して、評価点5の度数をより重視していること、低い評価点を含むプリントを排除し官能評価点が高い評価点側に狭く分布するプリントのみを抽出していることに特徴がある。このように抽出した58枚の良い写真のデータの一部をTable 1 に示す。

3.6 満足度の低い写真（信号データ）の抽出およびマハラノビスの距離の計算

満足度の低い写真（信号データ）を以下の考え方で抽出した。

信号データ抽出の考え方

パネラー間の評価のバラツキの少ないデータを抽出するために、評価点の度数分布の幅が評価点で3ランク

以内で官能評価点の悪さ加減の異なるプリントを合計15枚抽出した。

この写真の内容についてはお問い合わせ下さい

Photo. 1 官能評価に用いた写真

Table 2 に、抽出した満足度の低いプリントのデータを示す。

3.7 良い写真と満足度の低い写真の判別

良い写真（基準空間）の58個の個々のデータについて対象以外のデータ（残り57個）より求めた基準空間からマハラノビスの距離を算出した。さらに15個の満足度の低い写真（信号データ）についてもマハラノビスの距離を計算し、良い写真と満足度の低い写真のマハラノビスの距離の分布比較をFig. 1 に示した。これにより、24項目の因子を用いることで、今回の評価に用いた写真プリントの優劣の判別が可能であることがわかる。

Table 1 基準空間の作成に用いた「良い写真」のデータ

	カラーフィルムの基本特性							カラープリントの特定部分の反射濃度															官能評価点度数				
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	----	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	評点1	評点2	評点3	評点4	評点5					
No.1	113	120	92	100	58	47	33	----	1.10	0.80	0.40	0.27	0.38	0.36	1.01	1.47	0.23	0	0	4	4	0					
No.2	113	120	92	100	58	47	33	----	1.33	0.98	0.58	0.38	0.53	0.52	1.20	1.61	0.26	0	0	4	3	1					
No.3	93	109	70	83	60	53	32	----	1.04	0.85	0.55	0.35	0.53	0.59	0.94	1.50	0.26	0	1	4	2	1					
No.4	76	94	84	102	65	54	28	----	1.20	0.95	0.68	0.48	0.57	0.64	1.37	1.59	0.36	0	0	4	3	1					
No.5	76	94	84	102	65	54	28	----	1.00	0.62	0.40	0.32	0.32	0.37	1.08	1.29	0.23	0	0	0	5	3					
No.6	76	94	84	102	65	54	28	----	1.20	0.80	0.54	0.42	0.43	0.49	1.27	1.48	0.28	0	0	1	4	3					
:	:	:	:	:	:	:	:	----	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:					
No.58	171	157	144	175	46	36	38	----	1.30	0.90	0.60	0.41	0.53	0.59	1.31	1.60	0.26	0	0	0	5	3					

Table 2 信号データとして用いた「満足度の低い写真」のデータ

	カラーフィルムの基本特性							カラープリントの特定部分の反射濃度															官能評価点度数				
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	----	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	評点1	評点2	評点3	評点4	評点5					
No.1	113	120	92	100	58	47	33	----	0.93	0.55	0.31	0.20	0.26	0.28	0.91	1.23	0.21	2	6	0	0	0					
No.2	113	120	92	100	58	47	33	----	1.42	0.86	0.54	0.43	0.46	0.50	1.23	1.49	0.24	2	3	3	0	0					
No.3	93	109	70	83	60	53	32	----	0.82	0.58	0.40	0.26	0.36	0.44	0.77	1.21	0.21	7	0	1	0	0					
No.4	93	109	70	83	60	53	32	----	0.99	0.80	0.45	0.34	0.51	0.48	0.91	1.45	0.24	6	1	1	0	0					
No.5	76	94	84	102	65	54	28	----	0.55	0.36	0.21	0.13	0.16	0.18	0.61	0.90	0.15	6	2	0	0	0					
No.6	76	94	84	102	65	54	28	----	1.20	0.80	0.54	0.42	0.43	0.49	1.27	1.48	0.28	5	3	0	0	0					
:	:	:	:	:	:	:	:	----	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:	:					
No.58	171	157	144	175	46	36	38	----	1.00	0.70	0.50	0.29	0.43	0.54	1.06	1.51	0.25	5	1	2	0	0					

3.8 SN比の計算および要因効果図の作成

写真プリントの良し悪しに対して、どの特性値の寄与が高いかを明らかにするために、特性の使用の有無をL32直交表に割り付けたSN比計算および要因効果図の作成を行った。

L32直交表のA～X列には24種類の特性値項目を配置し、直交表の中が1の場合にはその列の特性値を解析に使用することを、2の場合にはその列の特性値を解析には使用しないことを意味する。

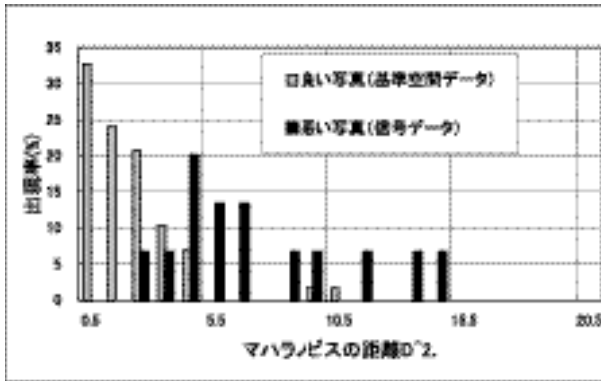


Fig. 1 24の特性値を用いた場合のマハラノビスの距離分布

L32の各行(j = 1 ~ 32)について、満足度の低い写真(信号データ)の全て(k = 1 ~ 15)に対して、マハラノビスの距離を計算し、各行毎のSN比を望大特性の式から求めた。

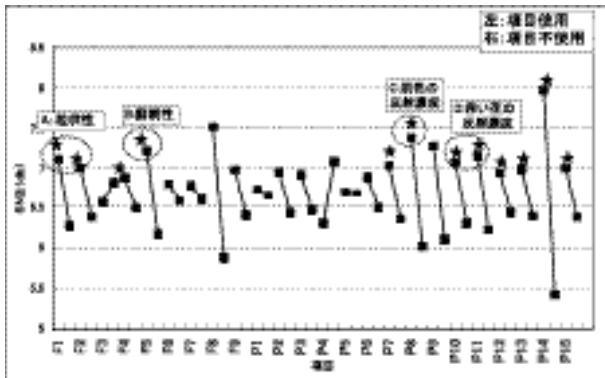


Fig. 2 24の特性値の要因効果図(L32)

Fig. 2に上記から求めたSN比の要因効果図を示す。Fig. 2は、マハラノビスの距離の算出に各々の特性値を使用した場合と不使用の場合のSN比の差異を示すものであり、特性値有りの場合が無しの場合に対してSN比の値が高いほど、その特性値が基準空間から信号データの距離のより遠くするに有効な要因であることを意味する。以上の結果より、今回用いたシーンにおいて、写真の優劣に特に寄与度の大きな因子は、フィルムの基本特性としてA:粒状性のグリーン成分、B:鮮鋭性のグリーン成分、プリントの特性としてC:肌色のシアン濃

度、D:赤い花の濃度であるという従来の知見と概ね一致する結果が得られた。

3.9 特性項目の削減検討

次に、Fig. 2で寄与が大きく、独立性の高い要因を14項目抽出(印)して、24項目から14項目に評価項目を減らしても写真の優劣の判別が可能かを調べた。

Fig. 3、Fig. 4に14の特性項目を用いた場合の、良い写真と満足度の低い写真のマハラノビスの距離分布の比較と要因効果図を示す。

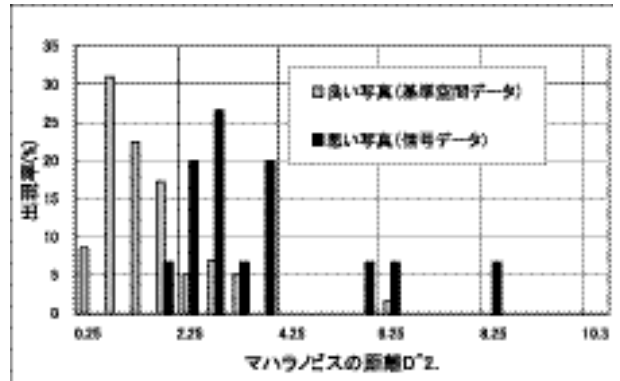


Fig. 3 14の特性値を用いた場合のマハラノビスの距離分布

Fig. 3の結果は、24項目すべてをマハラノビス距離計算に用いたFig. 1とほぼ同様であり、またFig. 2とFig. 4を比較すると、SN比も劣化していないことがわかる。以上の結果より、特性項目を24項目から14項目に削減しても今回用いた写真プリントの優劣の判別が可能であることがわかる。

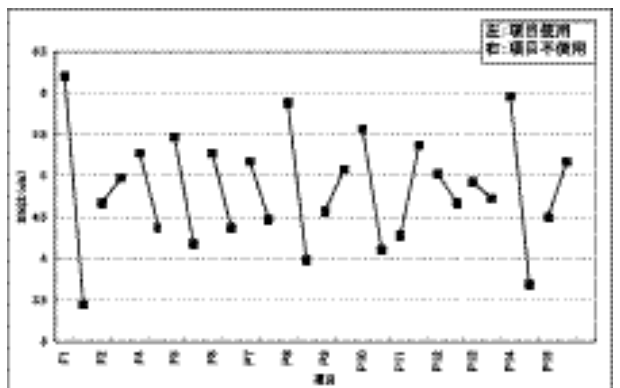


Fig. 4 14の特性値の要因効果図(L16)

3.10 専門家の作成した基準空間の汎用性検証

本研究ではカラー写真プリントの基準空間の作成のために写真評価に精通したメンバーを用いたが、この基準空間がごく普通に写真を楽しむユーザーから見ても適切なものでないと汎用性の高い評価尺度とは言えない。

そこで専門家が作成した基準空間に対してマハラノビスの距離の異なる10枚のカラー写真プリントを用いて、20歳から30歳代で年間フィルム使用本数が2～10本程度

の一般パネラー男女10名に順位法を使ってマハラノビスの距離との相関の程度を調べた。

Table 3 にパネラーごとのスピアマンの順位相関係数と危険率 $\alpha = 0.05$ の場合の相関の優位性を、Fig. 5 にはマハラノビス距離の順位ごとに一般パネラーの順位付け度数分布を示した。

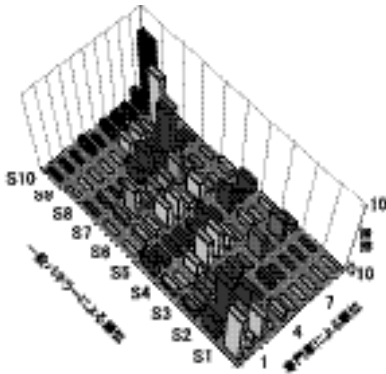


Fig. 5 専門家と一般パネラーのプリント優劣順位の相関

Table 3 およびFig. 5 の結果から、ごく普通にカラー写真を撮影する一般ユーザーの優劣評価尺度と専門家の優劣評価尺度は類似の傾向にあることが確かめられた。

Table 3 専門家によるマハラノビスの順位と一般パネラーのプリント優劣順位の相関

MTS順位	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	スピアマン 相関係数	危険率の 値(α=0.05)	有意性判定 (α=0.05)
n=9-A	2	1	4	5	7	8	3	5	9	10	0.75	42	◎
n=9-B	1	2	7	5	4	3	3	8	10	9	0.65	58	○
n=9-C	1	2	7	4	5	9	8	3	3	10	0.48	86	△
n=9-D	1	2	3	3	4	5	7	8	9	10	0.95	8	◎
n=9-E	3	3	1	4	5	2	7	8	10	9	0.54	80	○
n=9-F	1	2	7	4	3	8	10	5	9	6	0.30	116	×
n=9-G	5	3	1	2	8	4	8	7	9	10	0.43	96	×
n=9-H	1	2	3	8	3	6	7	9	8	10	0.52	80	△
n=9-I	1	2	5	3	4	7	9	8	3	10	0.66	58	○
n=9-J	1	2	7	4	5	5	3	8	9	10	0.61	64	○

4 まとめ

本研究を通して、同一構図の撮影であれば、14種の特性項目を用いることにより、カラー写真の優劣の判別が可能となる見通しが得られた。また、一般ユーザーの持つ写真の優劣評価尺度と専門家の優劣評価尺度は類似の傾向にあることが確認できた。

今回の研究では既知の写真特性を用いてMTS法が写真画像評価の分野で適用可能かどうかを検証することを主眼としたが、今後は撮影シーンと項目の拡張を試みて製品設計に応用していきたい。

5 謝辞

本研究を進めるにあたり、多くの有用な御助言、御指導をいただきました田口玄一先生に深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 田口玄一、品質工学、5、3 (1995)
- 2) 鴨下隆志、田端和人、岡野春敏、矢野 宏、品質工学、3、54 (1996)