

画素情報を用いない写真の質判定手法の提案

廣田 雅春[†] 横山 昌平^{††} 福田 直樹^{††} 石川 博^{††}

[†] 静岡大学創造科学技術大学院 〒432-8011 静岡県浜松市中区城北 3-5-1

^{††} 静岡大学情報学部情報科学科 〒432-8011 静岡県浜松市中区城北 3-5-1

E-mail: [†]dgs11538@s.inf.shizuoka.ac.jp, ^{††}{yokoyama,fukuta,ishikawa}@inf.shizuoka.ac.jp

あらまし 近年、デジタルカメラや、スマートフォンなどの普及により、それらの機器で撮影された写真が Web 上に多量に存在する。これらの写真の多くはプロの写真家によらない写真であり、質が低い写真も含まれている。そのため、写真を検索する際に、多量の写真の中から、質の高い写真を選択する技術の必要性が高まっている。しかしながら写真の質を評価する際に、画素情報を用いる場合にはデータ処理量が大きくなるという課題があった。そこで本研究では、これらの課題を解決するために、写真の画素情報を用いずに写真に付与されているメタデータや、カメラの情報を用いて写真の質を評価する手法を提案する。本論文では、Exif に含まれるデータの中でもカメラの情報に着目して写真の質を評価し、画像検索結果に対するリランキングを行い、ユーザに質の高い写真を提示する事を目指す。また、ソーシャルメディアサイトを対象とした画像検索結果に対して、提案手法が効果的にリランキングが可能である事を示す。

キーワード 写真の質, Exif

A Method of Photo-quality Assessment without Image Features

Masaharu HIROTA[†], Shohei YOKOYAMA^{††}, Naoki FUKUTA^{††}, and Hiroshi ISHIKAWA^{††}

[†] Graduate School of Science and Technology, Shizuoka University 3-5-1 Johoku, Naka-ku, Hamamatsu-shi, Shizuoka, 432-8011 Japan

^{††} Department of Computer Science, Faculty of Informatics, Shizuoka University 3-5-1 Johoku, Naka-ku, Hamamatsu-shi, Shizuoka, 432-8011 Japan

E-mail: [†]dgs11538@s.inf.shizuoka.ac.jp, ^{††}{yokoyama,fukuta,ishikawa}@inf.shizuoka.ac.jp

Abstract The photos taken by digital camera and smart phone increase on the Web. Some of those photos are taken by amateurs and often low-quality in photo assessment. Thus, there is a demand for a method of evaluating photo quality for selecting high-quality photos from many photos. Methods of evaluating photo quality based on image features require processing a lot of data. In this paper, we propose a method of photo quality assessment using photo metadata. An advantage of our method is that our approach does not require image features of photos. Also, to evaluate photo quality, we consider camera model and type that are used for taking photos. We demonstrate that our proposed method effectively evaluates the quality of photos on social media site. Also, we show our proposed method can rerank image search results based on the quality of photos.

Key words Photo-quality, Exif

1. はじめに

近年、安価なデジタルカメラや、スマートフォンが普及している。それらの普及に伴い、デジタルカメラや、スマートフォンが高性能化し、一般のユーザにより撮影される写真の品質が向上している。結果として、ユーザにより撮影された写真の質が向上している。撮影された写真が Flickr [1] などのソーシャルメディアサイトなどにアップロードされ、Web を通じて多量の

画像データを活用できる場面が多くなっている。しかし、Web 上に存在する写真の多くは、プロの写真家により撮影された写真ではなく、一般のユーザが撮影した写真であり、プロの写真家により撮影された写真と比較して、一般のユーザにより撮影された写真は質が高くないことが多い [2]。そのため、Web 上に存在する多量の写真の質を評価する技術の必要性が高まっている。

Web 上に存在する写真を検索する際に、クエリとしてキー

ワードが用いられる事が多いが、キーワードに対する適合性を考慮した検索結果を取得した場合、検索結果として多くの種類の写真が取得され、それぞれの種類においても、多量の写真が含まれており、ユーザが全て閲覧するのは困難である。しかし、取得された写真にユーザにとって魅力的でない写真や、興味を引かない写真が多く含まれている [2]。それに伴い、多量の写真の中から、質の高い写真を選択してユーザに提示するため技術の必要性が高まっている。

写真の質を評価するための手法として、写真の画素情報を利用した手法が多い [3] [4]。しかし、多量の写真に対して、写真の質の評価に画素情報を用いた手法を適用する場合、幾つかの課題がある。1つは、写真が多量に存在する場合、画素情報を考慮するためには、写真の画素を処理する必要があるため、データ処理量が非常に多く、処理の高速性に課題がある。また、画素情報を用いた画像特徴量を抽出するための手法では、計算量が多いため計算に時間が必要であり、多量の画像データを短時間に処理するのは困難である。もう1つは、画素情報のみを用いた写真の質を評価するための手法では、評価するのが困難である。これは、画素情報から写真に写っている光の情報、カメラの焦点や、ユーザの情報などを考慮することが難しいためである。

これらを解決するため、本研究では、写真の質を評価する手法として、画像に関する情報だけではなく、写真を撮影するために用いられたカメラに着目する。これは、高性能なデジタルカメラの普及により、ソーシャルメディアサイト上に存在する写真の中に質が高い写真が含まれていると考えられるためである。加えて、カメラの値段や、カメラの種類をカメラ特徴量として使い、ソーシャルタギングや、時空間情報などの複数の異なる種類のメタデータを用いた写真の質を判定する手法の提案を目指す。本論文では、その前段階として、写真に付与されている Exif を用いて写真を撮影したカメラの情報を取得し、写真の質を評価する事を目指す。Exif の情報には写真のシャッタースピードなど様々写真の撮影状況を表すメタデータが付与されており、これらを効果的に利用する事で写真の質を評価する手法を提案する。また、写真の撮影に用いられたカメラの値段と写真の質の関連性について検討する。

2. 関連研究

2.1 写真の質の評価

Dhar ら [2] は、写真のレイアウトについて、画像の低次特徴量を複数の方法で分析することにより写真の質の評価を行っている。本研究では、画像の低次特徴量を用いずに、写真に付与されるメタデータである Exif を利用する点で異なる。

Bhattacharaya ら [5] らは、写真の質を評価するだけでなく、写真の構成を改善する手法を提案している。単一の被写体が写っている写真等について、写真の質を写真の構成に基づいて評価し、よりその評価が高くなるように写真の被写体の配置を再構成する。この手法は写真の質を評価し再構成しているが、写真の評価基準が本研究とは異なる。また、本研究は写真の再構成を目的としない。

表 1 カメラの種類とその数

カメラの種類	カメラ数
Point & Shoot	1545
Cameraphone	409
Camcorder	232
DSLR	136
Digital Back	29
Digital Rangefinder	4
unknown	4
Film Camera	1

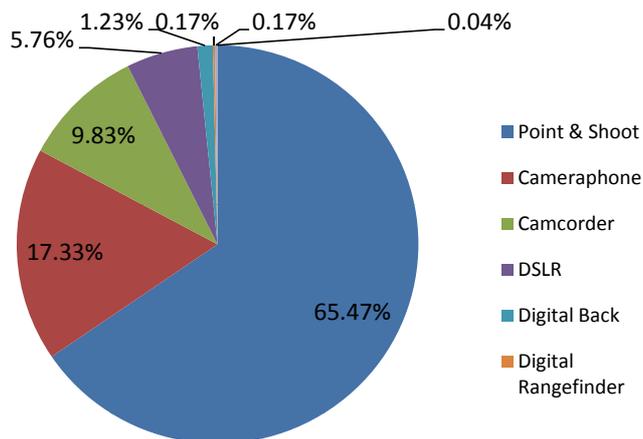


図 1 カメラの種類とその割合

3. データセットについて

本研究では、カメラの価格や種類を考慮して、写真の質を評価する事を目指す。そのため、カメラの価格や、種類を利用するためのデータセットを作成する。

3.1 カメラの機種

本研究では、Flickr^(注1)に登録されているカメラを対象とし、カメラの機種別のデータセットを作成する。取得したカメラの機種の種類は 2360 種類である。Flickr から取得したカメラの種類とそれぞれの種類のカメラの数を表 1 に示す。同様に、カメラの数に対するそれぞれのカメラの種類の割合を図 1 に示す。表 1、および図 1 において、Point & Shoot のカメラが高い割合を占めている。また、4 つのカメラはカメラの種類が unknown となっていた。本研究では、カメラの種類として、表 1、および図 1 でカメラの種類数が多いため、Point & Shoot、および DSLR の 2 種類を対象とする。

3.2 カメラの価格

3.1 節で取得したカメラのデータセットについて、それぞれのカメラの価格を取得する。カメラの価格は、Amazon^(注2)から価格を取得した。Amazon に登録されているカメラの商品情報の中から、“List Price”を取得し、その値段をカメラの価格とした。

取得したカメラの価格の出現回数とその割合を表 2 に示す。

(注1): <http://www.flickr.com/cameras/>

(注2): <http://www.amazon.com/>

表 2 カメラの価格と出現割合

	価格無し	0\$ < 価格 <= 100\$	100\$ < 価格 <= 500\$	500\$ < 価格 <= 1000\$	1000\$ < 価格 <= 5000\$	5000\$ < 価格
カメラ数	1131	146	807	193	70	13
割合 (価格有りのみ)	-	11.88 %	65.66 %	15.70 %	5.70 %	1.06 %
割合 (価格無し含む)	47.92 %	6.19 %	34.19 %	8.18 %	2.97 %	0.55 %

表 2 において、カメラの価格を 5 つの範囲 (カメラの価格が 100\$以下, 100\$~500\$, 500\$~1000\$, および 1000\$以上) に分割し、出現頻度を計算した。また、Amazon にカメラの価格情報が存在したカメラの中で、5 つの範囲の中での割合を示した。カメラの種類の総数は、2360 種類であるが、約 47% のカメラについてカメラの価格情報を取得することが出来なかった。Amazon から価格情報が取得出来なかったカメラの種類は、比較的古いカメラや、カメラの種類が携帯電話である Cameraphone が多い。表 2 において、取得したカメラの価格は 100\$~500\$の価格が最も多く、価格情報のあったカメラの中では約 65%を占めている。この価格帯は、他の種類のカメラと比較して、コンパクトカメラが多く占める価格帯であり、コンパクトカメラは機種が多いため、このような割合になったと考えられる。

3.3 カメラの価格と写真の質に関する検討

本節では、カメラの価格と写真の質の関連性について検討する。本研究では、値段が高いカメラで写真で撮影されるほど、質の高い写真が撮影されていると考え、これを実験により示す。これを検討するため、写真のデータセットを作成する。検討に用いる写真は、Flickr に対して検索キーワード”Brandenburg Gate”と緯度経度情報により取得された画像と、検索キーワード”Alexanderplatz”と緯度経度情報により取得された、2 種類の写真のデータセットを用いる (これにより作成されたデータセットを Brandenburg Gate と Alexanderplatz とする)。それぞれの写真の枚数は 2550 枚、3686 枚である。

高価なカメラで撮影された写真の例を図 2 に、安価なカメラで撮影された写真の例を図 3 に示す。図 2、および図 3 に含まれている写真の被写体について比較すると、高価なカメラで撮影された群の方が、撮影されている被写体の種類が多く、写真が撮影された意図がはっきりしている写真が多い。また、高価なカメラで撮影された群の方が、写真のピントが被写体に合っている写真が多い。図 3 において、安価なカメラで撮影された写真の群において、空などのメインの被写体以外が写っている領域が写真の中で占める割合が大きい。また、安価なカメラで撮影された写真の群、自由の女神やコロッセオが写真の中心に配置されている写真が多い。これらの写真は、写真の構図のひとつの基準である三分割法を満たしておらず、写真の構図の評価があまり高くないと考えられる。そのため、安価なカメラで撮影された写真の群に含まれる写真は、高価なカメラで撮影された写真よりも写真の質が低いのではないかと考えられる。これらのことより、カメラの値段を用いて写真の質を評価する事が可能と考えられる。

さらに、実験により、安価なカメラで撮影された写真の群と

表 3 データセットへの評価結果の平均値と分散

Alexanderplatz		
	カメラの価格が安い群	カメラの価格が高い群
平均	1.35	1.98
分散	0.311	0.525
Brandenburg Gate		
	カメラの価格が安い群	カメラの価格が高い群
平均	1.41	2.24
分散	0.40596	0.749899

比較して、高価なカメラで撮影された写真の群は、良い写真が含まれている可能性が高いことを示す。そのため、実験協力者による、写真の質の評価を行う。写真のデータセットは前述した Brandenburg Gate と Alexanderplatz の 2 種類のデータセットを用いる。さらに、これらの写真の中から、カメラの値段が取得出来た画像を用いる。写真の質とカメラの価格の関連性を検討するために、高価なカメラで撮影された写真の群と、安価なカメラで撮影された写真の群の 2 群に分ける。高価なカメラで撮影された写真の群は、写真のデータセットに含まれる 1000\$以上の価格のカメラで撮影された写真の中からランダムに選択した 100 枚の写真で構成されている。一方、安価なカメラで撮影された写真の群は、写真のデータセットに含まれる 100\$から 200\$の価格のカメラで撮影された写真の中からランダムに選択した 100 枚の写真で構成されている。実験協力者に対して、これらの高価なカメラで撮影された写真の群と安価なカメラで撮影された写真の 2 群の写真を提示する。提示方法は、これらの 2 群の写真をランダムにランキングをした、リスト形式で行う。そして、実験協力者は、提示されたランキングに含まれるそれぞれの写真に 3 段階評価を行う (1:悪い写真, 2:普通の写真, 3:良い写真)。2 種類のデータセットにおいて、3 人の実験協力者により評価を行う。それぞれの写真の評価は 3 人の被験者の中央値とする。これらの高価なカメラで撮影された写真の群と安価なカメラで撮影された写真の群のそれぞれの評価結果に対して、評価値に差があることを検定するためこれらの群に対して t 検定を行う。それぞれのデータセットの平均値と分散を表 3 に示す。t 検定を適用した結果、データセット Brandenburg Gate では、有意となった (両側検定: $t=-7.720$, $df=182$, $p<.001$)。また、データセット Alexanderplatz では、有意となった (両側検定: $t=-6.893$, $df=186$, $p<.001$)。これらの結果より、高価なカメラで撮影された写真の群は値段の安価なカメラで撮影された写真の群と比較して平均値に異なることが示された。これにより、高価なカメラで撮影された写真の群に高い質の写真が含まれている可能性が高いことが示された。



図 2 1000\$以上の価格のカメラで撮影された写真の例

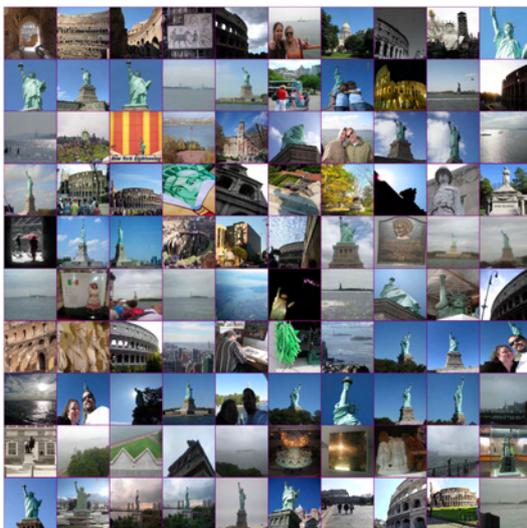


図 3 100\$から 200\$の価格のカメラで撮影された写真の例

4. 提案手法

本研究では、画像の質を考慮した画像検索結果を提示するために、画像検索結果の画像を画素情報を用いずに評価する。画素情報を用いずに高速に評価する事を実現するため、写真の質を評価するために Exif と、写真を撮影したカメラの値段を利用する。また、その評価結果を用いて、画像検索結果に含まれる写真をリランキングする手法を提案する。図 4 に提案手法の処理の流れを示す。初めに、画像検索結果を取得する。取得された画像検索結果には、多様な被写体や構図の写真が混在しており、それらの写真を同じ基準で評価するのは難しい。そのため、本研究では、画像検索結果に対して、タグを指定することで、一部の写真に対して、写真の質を評価する。また、取得された一部の画像の中でも、夜に撮影された写真や、屋外で外で撮影された写真に等が混在しており、それらの写真を同じ基準で評価することは難しい。そのため、写真が撮影された状況に基づいて写真をクラスタリングすることで、これを解決する。



図 4 提案手法の流れ

クラスタリング結果に含まれるそれぞれのクラスタの中で、高価なカメラで撮影された写真を抽出する。抽出された写真が質の高い写真であると仮定し、それらに近い写真を提示する事で画像検索結果のリランキングを行う。

4.1 写真のフィルタリング

ある画像検索結果 $P = \{p_0, p_1, \dots, p_n\}$ において、ある写真 p_i がもつ Exif の Aperture, Exposure Time, Focal Length, および ISO Speed の 4 つの値をそれぞれ e_{ij} とする。また、ある写真 p_i がもつタグを $T = \{t_{i1}, t_{i2}, \dots, t_{in}\}$ とする。初めに、画像検索結果 P に中から、ある一定の種類についての写真のみを抽出するため、フィルタリング用のタグ T' を用いる。これにより、タグによってフィルタリングされた画像検索結果 $P' \leftarrow P \in T'$ が生成される。しかし、 P' に含まれる写真の中には、夜景で撮影された写真や、昼間に外で撮影された写真などが混在している。そのため、画像検索結果 P' に対して、撮影状況を考慮し、写真の明るさや焦点を考慮したクラスタリングを行う。

4.2 撮影状況類似度

2 つの画像間の撮影状況の類似度を求めるために、Exif に基づいた類似度を算出する。そのために、Sinha ら [7] の手法に基づいて画像の撮影状況特徴量を算出する。Sinha らは写真の明るさに関する Exif の値を利用し、写真の特徴量を算出している。ISO speed は画像素子の感度を示す値である。この値が大きいほど、画像素子の感度が増す。Exposure Time はカメラのシャッターが開いている時間であり、値が大きいほどシャッタースピードが遅い。Aperture はレンズを通過する光量を示す値である。この値が大きいほどレンズを通過する光量は少ない。Focal Length は焦点距離を示す値である。この値が大きいほど焦点が遠い。

$$\text{LogLightMetric} = \lg(K * ET * A * ISO / FL^2) \quad (1)$$

ここで、 K は比例定数、 ET は Exposure Time、 A は Aperture、 ISO は ISO Speed、および、 FL は Focal Length の値である。以下の式のように 2 つの写真 p_a, p_b 間の類似度はマンハッタン

距離で求める．

$$exif(p_a, p_b) = |LLM_{p_a} - LLM_{p_b}| \quad (2)$$

ただし，写真 p_a, p_b の LogLightMetric をそれぞれ LLM_a ， LLM_b とする．

4.3 写真のクラスタリング

本研究で，画像検索結果 P' に対して，撮影状況類似度 $exif(p_a, p_b)$ を用いてクラスタリングを適用する．本手法で適用するクラスタリング手法は，Leuken らにより画像検索結果をクラスタリングするための手法である Maxmin [8] を適用する．Maxmin は，クラスタ数の指定を必要とせずに，クラスタの代表画像の距離が可能な限り遠くなるようにする手法である．本研究では，Maximin の類似度として，前述した撮影状況類似度 $exif(p_a, p_b)$ を利用する．クラスタリング結果を $C = \{c_1, c_2, \dots, c_k\}$ とする．

4.4 写真の質を考慮したリランキング

クラスタリング結果 C について，それぞれのクラスタ c_x に含まれるカメラの価格が高い写真の上位 $\beta\%$ 位までを c'_x とする． c'_x において，以下の式で，Aperture, Exposure Time, Focal Length, および ISOSpeed の 4 つの値のそれぞれの平均値 $Average$ を求める．

$$average_j = \frac{1}{|c'_x|} \sum_{j=1}^4 e_{ij} \quad (3)$$

ここで， $average_j$ は j 番目の Exif の値の平均値を表す．また， e_{ij} は，クラスタ c'_x において， i 番目の写真 p_i に含まれる exif の j_j である．

次に，得られたそれぞれの Exif の平均値に基づいて， c_x に含まれる写真をリランキングする． c_x に含まれる，写真をそれぞれの Exif の値ごとに $Average$ の近い順にランキングを生成する．それぞれのランキングの平均値をとり，上位のものから順番に表示する．

5. 実験

5.1 実験条件

本論文では，Flickr による画像検索結果を対象とする．本実験では，クエリ”Pantheon”と”Alexanderplatz”の検索文字列と緯度経度情報に対して Flickr から得られたそれぞれの画像検索結果に対して，本手法を用いて画像検索結果の写真の質を評価しリランキングを行う．用いる画像検索結果は，Flickr に対して指定した検索クエリにより検索結果と返されたリスト型の画像検索結果の中から，Exif が付与されている写真を用いる．”Pantheon”については，画像は 4181 枚取得された．また，”Alexanderplatz”については，画像は 3686 枚取得された．これらの画像から，表，表に示したタグを用いて，画像を選別する．これらの画像の中から，これらのタグを持つ画像のみを実験に用いる．そのため，本実験では，2 クエリに対してそれぞれ 5 種類の画像データに対して本手法を適用する．

本実験では，本手法によるリランキングの結果に対する評価のために，その検索結果に対して実験協力者 4 名により評価

表 4 クエリ”Pantheon”で用いたタグのフィルタの一覧

temple
dome
Piazza della Rotonda
agrippa
fountain

表 5 クエリ”Alexanderplatz”で用いたタグのフィルタの一覧

tower
fernsehturm
allemagne
schweizer
tv

を行った．評価の方法は，2 段階評価を行い，実験協力者が良いと思った写真は 1，良くないと思った写真は 0 とした．リランキング結果に対する実験協力者による評価の結果を用いて，本手法の有効性を示すために，NDCG(normalized discounted cumulative gain measure) [9] を用いる．NDCG は $NDCG@k$ のように各検索順位における評価指標として用いられる．検索結果上位 k 件において，理想的なランキングへの近さを表す評価指標である．NDCG を計算するための DCG は以下の式で算出される．

$$DCG@k = rel_1 + \sum_{i=2}^k \frac{rel_i}{\log_2 i} \quad (4)$$

ここで， rel_i は k 番目の順位の評価点数を表す $DCG@k$ は順位の下降とともに重みを付け加えている．NDCG は以下の式で算出される．

$$NDCG@k = \frac{DCG@k}{IDCG@k} \quad (5)$$

IDCG@k は，DCG が最も理想的だった場合の値を表す．本実験では， $k = \{1, 2, \dots, 10\}$ とする．

本実験において，クラスタリング結果のそれぞれのクラスタの価格が高い写真はランキングの上位 20% とする．また，画像検索結果において，全てのクラスタの質を評価する必要はないと考えられる．これは，クラスタに含まれる写真が非常に少ない場合，写真の質を評価して，リランキングを適用しても，ほとんど順番に変化が無いためである．そのため，本実験では，クラスタリング結果のそれぞれのクラスタの中で，クラスタに含まれる写真の枚数の上位 3 件のクラスタを実験に利用する．

5.2 実験結果

本実験の結果を図 5 と，図 6 に示す．図 5 は，クエリ”Pantheon”について，本手法でリランキングを行い 5 つの画像データに対して本手法を適用し，NDCG の値の平均値を表す．図 5 は，クエリ”Alexanderplatz”について，本手法でリランキングを行い 5 つの画像データに対して本手法を適用し，NDCG の値の平均値を表す．図 5 と，図 6 について，RerankingAve が本手法によるリランキングを行った結果に対する NDCG の値である．また，DefaultAve は，Flickr から取得した画像検索結果のリストのランキング順のまま表示し結果に対する NDCG の

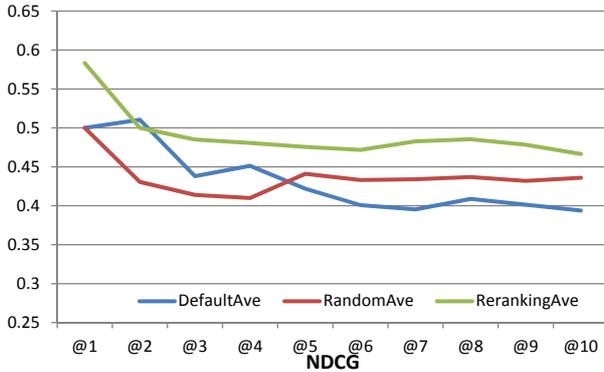


図 5 クエリ”Patheon”の NDCG

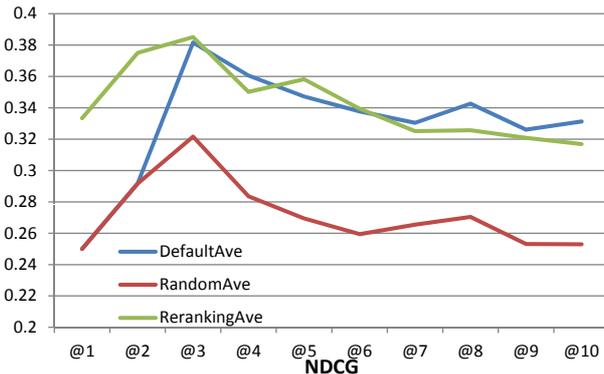


図 6 クエリ”Alexanderplatz”の NDCG

値である。また、RandomAve は、取得された画像検索結果のリストをランダムに並べ替えて表示した結果に対する NDCG の値である。

図 5 において、多くの場合、本手法によるリランキングが効果的であることが示されている。図 6 について、NDCG@3 までは本手法が有効であることが示されている。しかし、NDCG@4 以降については、画像検索結果のランキングと比較して、本手法の NDCG の値が低下している。これは、画像検索結果の上位には、適切な画像が表示されているが、上位数件以降に表示されている写真については、質の高くない画像が表示されていることを表す。上位数件について本手法が有効であることは、NDCG@1 ~ NDCG@2 までは、Flickr による画像検索結果と比較して、本手法による結果の NDCG の値が非常に高いからわかる。

リランキングの例を図 7 と図 8 に示す。図 7 は、クエリ”Pantheon”の画像検索結果をタグ”Piazza della Rotonda”でフィルタリングした結果の上位 10 件の写真である。図 8 は、図 7 の結果に本手法を適用し、リランキングを行った結果の上位 10 件の写真である。これらを比較すると、図 8 に含まれる写真は全体的に明るい写真が多く、質の高い写真が検索結果の上位に出現している事がわかる。

6. 終わりに

本研究では、Web 上の写真の質を評価することを目的とした、画素情報を用いない写真の質を評価する手法を提案する。本論文では、写真の撮影に用いられるカメラの値段や、種類と、



図 7 リランキングの例 (リランキング前)



図 8 リランキングの例 (リランキング後)

写真の質に関する検討を行った。また、本論文では、写真の検討をするため写真のデータセットと、カメラのデータセットを作成した。ソーシャルメディアサイトから取得した写真と、その写真に付与されているメタデータである Exif を取得し、写真のデータセットを作成した。高価なカメラで撮影された写真と安価なカメラで撮影された写真を比較することにより、カメラの値段により写真の質の差に関する検討を行った。高価なカメラで撮影された写真を用いて、写真の質を評価し、画像検索結果をリランキングする手法を提案した。

文 献

- [1] “Flickr”, <http://www.flickr.com/>.
- [2] S. Dhar, V. Ordonez and T. Berg: “High level describable attributes for predicting aesthetics and interestingness”, Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2011 IEEE Conference on IEEE, pp. 1657–1664 (2011).
- [3] C. Li, A. Loui and T. Chen: “Towards aesthetics: a photo quality assessment and photo selection system”, Proceedings of the international conference on MultimediaACM, pp. 827–830 (2010).
- [4] X. Sun, H. Yao, R. Ji and S. Liu: “Photo assessment based on computational visual attention model”, Proceedings of the seventeen ACM international conference on MultimediaACM, pp. 541–544 (2009).
- [5] S. Bhattacharya, R. Sukthankar and M. Shah: “A framework for photo-quality assessment and enhancement based on visual aesthetics”, Proceedings of the international conference on MultimediaACM, pp. 271–280 (2010).
- [6] P. Sinha and R. Jain: “Classification and annotation of digital photos using optical context data”, Proceedings of the 2008 international conference on Content-based image and video retrieval, CIVR ’08, New York, NY, USA, ACM, pp. 309–318 (2008).
- [7] R. H. van Leuken, L. G. Pueyo, X. Olivares and R. van Zwol: “Visual diversification of image search results”, International World Wide Web Conference, pp. 341–350 (2009).
- [8] K. Järvelin and J. Kekäläinen: “Ir evaluation methods for retrieving highly relevant documents”, Proceedings of the 23rd annual international ACM SIGIR conference on Research and development in information retrieval, SIGIR ’00, New York, NY, USA, ACM, pp. 41–48 (2000).