

学校でのデジタル写真における児童生徒の存在感を表すメタデータの提案

梅田 恭子, 滝藤 慎介, 野崎 造成, 江島 徹郎

本研究では、学校における児童生徒が写ったデジタル写真を対象とした新しいメタデータを提案する。卒業アルバム等に写真を利用する場合、教師は児童生徒を平等に扱うことを心がけており、例えば、各児童生徒の登場回数を数える等の配慮を行っている。しかし、個人写真や団体写真など様々な写真が混在しており、この方法だけで平等性を判定することは難しい。このような学校における写真利用の特殊性に対応するために、本研究では、1枚の写真上の被写体ごとに存在感という指標を提案した。そして、各被写体の存在感の総和を利用して、写真群の平等性が判定できるかを検討した。

キーワード：デジタル写真, メタデータ, 存在感, 学校での写真利用

1. はじめに

1.1 デジタル写真とそのメタデータの現状

近年、デジタルカメラの普及や、大容量で低価格な記憶媒体が普及したことにより、個人が容易に写真を撮影し保存することができるようになった。これは、学校でも同じであり、児童生徒の活動の様子を撮影し、卒業アルバムや学校の Web ページ等にそれらが用いられている。その反面、多数のデジタル写真の管理や、使用する写真の選定が手動では煩雑になっており、整理や検索が行えるような写真管理システムが必要となってきた。例えば、卒園・卒業アルバムを例に挙げると、それらは長期間にわたる活動を収めたものとなり、写真の量も膨大なものとなる。そして写真の選定には大変な作業が伴う。大規模校を中心に、業者が撮影からアルバム作成までを行うことも多いようであるが、そうであっても最終的なチェックは教師が行わざるを得ない。なぜなら、卒業アルバムは子供たちにとって思い出にかかわる重要なアイテムであるため、それらを受け取る子供達全員が満足するように作成しなければならないからだ。

このような背景の中、本研究では写真管理システム

に用いるための写真に付加するメタデータに注目した。

そもそも、デジタル写真に関するメタデータには、既に国際的に標準化された枠組みが数多く存在する[1]。いずれも汎用性や拡張性があるように作られているため、様々な既存ツールで使えるが、独自の領域に対応させるにはメタデータを追加したり拡張したりする必要がある。また、撮影する被写体などの内容に関する記述は人手で行わなければならない、同一の内容でも一意には決まらないこともある[2]。そこで、一般的には、汎用性や拡張性がある標準規格をもとに、その対象とする領域や目的に特有のメタデータを追加する方法がとられる。さらに、その追加するメタデータについては、オブジェクトの状況の動作や、画像から受ける印象や感じ方などの感性語を記述する必要があるとしている[3]。

これらを踏まえ本研究では、対象とする領域を「学校での写真の利用」とし、学校の特殊性を考慮した写真管理に必要なメタデータを検討する。

1.2 学校の特殊性を考慮した写真利用に必要なメタデータの検討

学校での写真利用の特殊性について考えると、学校におけるデジタル写真は、(a)その多くに児童生徒が写っており、被写体には属するクラスや学年が存在する。また、(b)デジタル写真の利用において、教師は児童生徒を平等に扱うことを心がけている。筆者らが参加したプロジェクトでも、小中学校の教員らが訪問先から Weblog を使って児童生徒の活動の様子を撮影した写真やコメントを保護者や在校生に伝える際には、すべ

うめだ きょうこ, のぎき ひろなり, えじま てつろう
愛知教育大学 教育学部
〒448-8542 刈谷市井ヶ谷町広沢1
たきとう しんすけ
大同工業大学 大同高等学校
〒475-0811 名古屋市中区大同町2-21

ての参加児童生徒に関する記事が作成できたことを確認してから、書き溜められた記事を一度に公開していた[4]。卒業アルバムについても同様で、教師が確認し、写真の差し替えなどを繰り返し行うことも多い。また、学級通信でも一定の期間内で平等に生徒を登場させようと気を配っており、記事に取り上げた児童生徒について、掲載した日付や名前を名簿にチェックしておくという工夫をしている[5]。

このように現状では、平等性を図ろうとする場合、登場回数を数えるという手法を用いることが多い。もし、登場回数を数えるだけで平等性が判定できるのであれば、既にメタデータとして広く使われている被写体の氏名をカウントするなどの手段で実現できる。しかし、写真の場合は、単純に登場回数を数えるだけでは平等とはいえない。なぜなら、例えば、登場回数と同じでも、中心ばかりに写っている児童Aと、端ばかりに写っている児童Bがいた場合、平等に登場しているとはいえないからだ。そもそも、1枚の写真で考えた場合、中心に写っている児童と端に写っている児童では目立ち具合が異なる。また、ひとりで写った写真と複数で写った写真でもそれは異なる。

そこで、我々は、登場回数を数えるだけではなく、1枚の写真上の被写体ごとに「存在感」という指標を新たなメタデータとして追加し、各被写体の「存在感」の総和を利用することで平等性を考えることを提案する。そのため次節のような目的を設定する。

1.3 目的

まず、本研究では、「存在感」を「写真に写っている特定の人物の目立ち具合やどの程度インパクトがあるかの度合」と定義する。「存在感」を表す数理モデルは存在しないため、それを求める予測式を作成することを第1の目的とする。一般に存在感は主観的なものであるが、メタデータ型の問題点の一つであるメタデータを入力する人によって付け方が不規則であるということを考慮して、客観的で簡便な項目からそれを規定することを目指す。

次に、「存在感」をメタデータとして、写真上の各被写体に付加し、これを利用して平等性が判定できるかを検討することを第2の目的とする。学校での写真の扱い方から、平等性を「特定の写真群(卒業アルバム等に含まれる写真)において、特定の集団(学年・クラス等)に属する被写体(各児童生徒)の登場度合いに偏りが無いこと」と定義できる。本研究では、この定義の「登場度合いに偏りが無いこと」を、各被写

体の「存在感に偏りが無いこと」とし、それに該当する写真群が平等と判定されるかを確認する。

なお、本稿では、紙面の都合上、第1の目的、すなわち予測式の作成を詳細に説明する。第2の目的、すなわち写真群の平等性判定については、調査の概要とそこからわかった今後の課題についてのみ述べたい[6]。

2. 存在感を求める予測式の作成

存在感を求める予測式を次の手順で求めた。まず、存在感を求めるための項目とそのカテゴリーについて先行研究を踏まえて規定する。次に、調査を行い、数値化I類による分析をし、予測式を作成する。最後に、同じ手順で存在感を求める新たな調査を行い、予測式から求められた予測値と比較して、予測式の妥当性を確認する。

2.1 存在感を規定する項目の検討

(1) 項目の決定

存在感を測定するための客観的で簡便な項目について先行研究[7]~[10]をもとに①写真の大きさ、②被写体の人数、③顔の占める大きさ、④被写体の顔の空間的な位置を項目とした。被写体全体ではなく被写体の顔を測定項目にしたのは、全身が写った写真と顔が大きく写った写真では、存在感は違うと考えられ、顔の方がよりそれを表すと想定されたからである。なお、顔の向きや、被写体の顔の一部が重なり合った写真も考えられるが、これらを考慮に入れると複雑な分類が必要になるため、今回の予測式の実験では正面を向いた人物のみを対象とする。しかし、これらは③顔の占める大きさや④顔の空間的な位置に含むことができると考えている。

これら以外にも、実際には被写体のポーズや服の色によっても存在感は異なると考えられる。しかし、人間のポーズや服の色を客観的に一意に特定することは難しく、本研究の目的とは反する。また、複雑な絵のどのような側面が良く記憶されるのかを調べたJ. M. Mandlerの研究によれば、絵の中心的な意味を伝える部分が表層的な詳細よりもよく保持されることがわかっている[11]。そのため、本研究では、ポーズや服の色を考慮にいれなくても存在感が規定できると考え、上記4項目から予測式の作成を試みた。

(2) カテゴリーの決定

次に、上記(1)で検討した上記①から④の4項目の各カテゴリーについて検討した。カテゴリーを作るにあ

たっては、できるだけ簡便にするために一つの項目のカテゴリー数を3程度にすることを目指した。

まず、①写真の大きさは、Web ページでよく使われる画像サイズから、640×480 ピクセル、320×240 ピクセル、160×120 ピクセルの3 カテゴリーとした。

次に、残りの②から④については、筆者を含む2名が、人物写真100枚を見て各項目を決定した。まず、項目②の掲載人数にのみ注目して写真を見ると、おおよそ10名以上の被写体がいる写真では、被写体が密になり、顔の大きさも小さくなるため、あまり被写体の存在感に差がないように推測された。一方で、それ以下の写真に対しても掲載人数をどこで区切ればよいか判断がつかなかった。そこで、大学生57人に調査を行った。調査の方法はここでは割愛するが[6]、結果として、1~2名を個人、3~7名をグループ写真1、8~10名をグループ写真2、それ以上を団体写真の4 カテゴリーとした。最後に、③被写体の顔の占める大きさと④顔の位置については、100枚の写真を参考に、2 カテゴリーに設定することとした。上記③被写体の顔の占める大きさについては、顔を長方形で囲んだ面積が、写真全体の面積の24分の1以上を大、24分の1未満を小、上記④顔の位置については写真を縦2分割・横4分割にした下段の真ん中二つに半分以上が含まれていれば中心、それ以外を端というカテゴリーにした。ある写真において、被写体がどの項目とカテゴリーに該当するかを示した例を図1に示す。

2.2 存在感を求める予測式の作成

上記で決定した項目とカテゴリーに該当する被写体の存在感を問う調査を行い、予測式の作成を行った。

(1) 調査の概要

被験者：大学生97名

材料：上記2.1で決定した

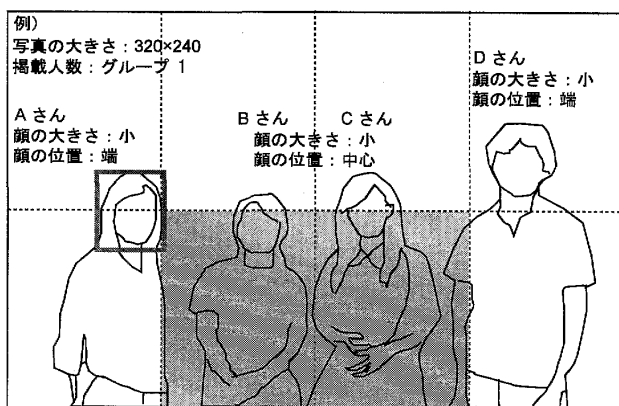


図1 各被写体の該当項目とカテゴリーの例

- ① 写真の大きさ (640×480, 320×240, 160×120)
- ② 掲載人数 (個人, グループ1, グループ2, 団体)
- ③ 被写体の顔の占める大きさ (大, 小)
- ④ 被写体の顔の位置 (中心, 端)

の組み合わせ48種類(3×4×2×2 カテゴリー)に該当する被写体が含まれているデジタル写真48枚。ただし、①については同じ写真の解像度を変えたものを用いたため、用意したオリジナル写真は16枚(4×2×2 カテゴリーから1枚ずつ)である。16枚の写真は同じ写真上の被写体がほぼ同じ大きさと写っているものを意図的に選んだ。

手続き：被験者は1人1台のノートパソコンを使ってWeb 上に表示されるデジタル写真を見る状況で調査を行った。被験者に上記48枚のデジタル写真すべてをランダム順に表示し、写真1枚ごとに指名した1名の人物に対して、その人物の存在感を5段階から回答してもらった。なお、指名した人物は正面を向いている人物のみとし、同種類の写真については被験者全員に対して同じ人物を指名した。

(2) 結果

上記(1)で得られた48種類の被写体に対する存在感の5段階の回答を、1点から5点として得点化し、数量化I類の手法を用いて存在感を求める予測式を作成した。数量化I類は重回帰分析の特殊なもので、目的変数が量的変数、説明変数が質的変数のときに用いられる分析方法である。今回の場合は、目的変数を存在感の値(1から5)とし、説明変数は①写真の大きさ(3 カテゴリー)・②掲載人数(4 カテゴリー)・③顔の大きさ(2 カテゴリー)・④顔の位置(2 カテゴリー)である。存在感の値に関しては、順序尺度を間隔尺度とみなして使う場合もあるため、本論文でも間隔尺度とみなして使った。

これらの変数をステップワイズ法(F値を2)を用いて分析した結果、有意水準1%で、表1の7つを選

表1 数量化I類の結果

アイテム	カテゴリー	偏回帰係数	VIF	レンジ
X1:写真の大きさ	640×480	0		
	320×240	-0.092	1.3	0.487
	160×120	-0.487	1.3	
X2:掲載人数	個人	1.109	1.5	
	グループ1	0		2.005
	グループ2	-0.280	1.5	
X3:顔の大きさ	大	0.410	1.0	0.410
	小	0		
	中心	0.443	1.0	0.443
X4:顔の位置	端	0		
	端	0		
定数		2.894		

出した。つまり、存在感 y を求める予測式は以下の通りである。

$$y = -0.092x_{12} - 0.487x_{13} + 1.109x_{21} - 0.28x_{23} \\ - 0.896x_{24} + 0.41x_{31} + 0.443x_{41} + 2.894$$

(調整済み寄与率 0.461, 推定値の標準誤差 0.879)

なお、説明変数のうち②掲載人数と、③顔の占める大きさには少なからず相関があると考えられるため、予測式に多重共線性が起きる可能性がある。そこで分散拡大要因 (VIF) を求めたが大きな値はみられなかった (表 1)。また、この式から「写真の大きさ: 640×480, 掲載人数: 個人, 顔の大きさ: 大, 顔の位置: 中心」に写っている被写体が最も存在感が大きく ($y = 4.856$)、逆に「写真の大きさ: 160×120, 掲載人数: 団体, 顔の大きさ: 小, 顔の位置: 端」に写っている被写体が最も存在感が小さい ($y = 1.511$) ことがわかる。これはカテゴリーの組み合わせから想定できる結果と一致する。以上から、多重共線性は起きていないと考えられる。

また、表 1 からアイテムごとのレンジをみると、掲載人数 > 写真の大きさ > 顔の位置 > 顔の大きさとなっており、掲載人数が存在感に最も大きな影響を与えていることがわかる。

2.3 予測式の妥当性の検討

予測式を作成するにあたって、項目やカテゴリーをトップダウン的に決めたため、この予測式で存在感を測ることができるかを確かめる調査を行った。方法としては、新しく用意した写真を大学生に対して見せ、予測式作成と同じ手順で存在感を尋ねた。この新しく得られた存在感の平均値を実測値とし、予測式から得られる予測値との相関を調べた。

被験者: 上記 2.2 節の調査とは異なる大学生 57 名。

材料: 上記 2.2 節の調査とは異なる 120 枚の人物写真。この 120 枚は予測式に対して掲載人数が最も影響を与えていることを考慮して、次のように選出した。

まず、約 200 枚の大学生生活の様子が撮影された人物写真を用意した。次に、項目②の掲載人数を詳細に調べるために、用意した約 200 枚の写真を 1 名から 10 名までとそれ以上ごとの 11 種類に分類した。1 回目の調査では、グループ写真 1 とグループ写真 2 の掲載人数には 3 名から 10 名と幅があるにもかかわらず、このカテゴリーに含まれる写真から 1 枚ずつを選んで調査をした。そこで今回の調査では、この 2 つのカテゴリーに含まれる 3 名から 10 名までの 8 種類の写真はすべて用いて調査することとした。この方針を考慮

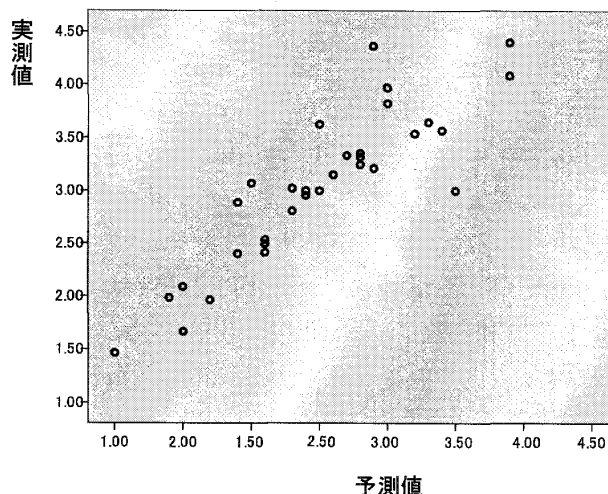


図 2 実測値と予測値の相関

に入れた上で、掲載人数ごとに写真の枚数に偏りがあるもの、1, 2 名で大きく写っている写真や大勢で小さく写っているなど存在感が明らかなもの、等を除いたその結果、120 枚の写真が残った。この 120 枚の写真には、項目①~④の各カテゴリーの組合せ 48 種類のうち 32 種類に該当する人物が含まれる結果となった。

手順: 予測式を作成した調査と環境や手順は同じである。被験者には、120 枚の写真の中からランダムに選んだ 32 枚を提示した。1 枚ごとに写真上の 1 名を指名して、その人物に対する存在感を 5 段階の選択肢から選んでもらった。なお、指名した人物は正面を向いている人物のみとした。

結果: 得られた各カテゴリーの被写体に対する 5 段階の存在感の平均値を実測値とし、予測式から得られた予測値との相関係数を求めたところ $r = .884$ であり、無相関検定の結果は有意であった ($F(1, 30) = 107.28$, $p < .01$)。説明率は 78.1% であり、両変数の間には強い相関があるといえる (図 2)。このことから、予測式の妥当性を示すことができ、つまりこの予測式は存在感を表せることが示唆された。

以上より、①写真の大きさと②掲載人数と被写体の③顔の大きさや④位置から、写真上の各被写体に対して「存在感」メタデータを付与することができる。

3. 写真群の平等性判定への存在感の利用

3.1 調査の概要

上記 2 節の存在感メタデータを利用して、写真群の平等性が判定できるかを検討する。なお、上述した通り紙面の関係上、この調査や結果についての詳細は割愛してある。詳しくは文献 [6] を参照されたい。

学校における写真の使い方と平等性の定義を考えると、以下のような条件が存在する。

・原則として写真群に登場する被写体はグループに所属する（児童生徒はあるクラスや学年に属する）。

・グループに属する人は、少なくとも1回は、写真群に登場する（ある特定の児童生徒が登場しないということはない）。

上記の2つの条件に基づき、調査では、大学の同じサークルに属する16名のグループを被写体とし、これまでのサークル活動の様子を撮影した40枚の写真を用意した。この40枚から「写真群a：16名すべての各自の存在感の総和に偏りが無い」写真16枚と「写真群b：16名全員が1回以上は登場するが、各自の存在感の総和に偏りがある」写真16枚をそれぞれ選出し、16名のグループに自身が属する8名を含む計17名に、両写真群の平等性を判定してもらった。

この際、難しかったのが「存在感の総和に偏りが無いこと」をどのように考えるかである。存在感の総和に偏りが無いことの最も厳しい条件を考えると、16名間で各々の存在感の総和が完全に一致することである。しかし、完全に一致させることは現実的ではない。そこで範囲を設けて、その範囲内に各々の存在感の総和が全員収まれば平等であると考え、以下、この範囲を「平等性範囲」と呼ぶ。

そして、本調査では平等性範囲を次のように規定した。まず、基準点を各被写体の存在感の総和の平均値とした。次に、今回の調査では16名のグループ構成員の誰かが、少なくとも1回以上写る16枚の写真を用いたことを考慮して、最も大きな存在感総和を持つ人と、最も少ない存在感総和を持つ人の差が、個人写真相当の存在感より小さくなるように設定することにした。個人写真1枚に写る被写体の存在感の平均値は4.337であることから、本調査の平等性範囲は「各被写体の存在感の総和の平均値±個人写真1枚の存在感の平均値/2 (=2.169)」とした。

3.2 調査の結果と考察

(1) 被写体に自分が含まれているか、含まれていないかによって判定は変わるのかどうかについて

被験者を2つに分けた理由は、自分が写っていることによって、平等性の判定が変わる可能性があると考えたからである。結果は、自分が被写体である群と、被写体を知っている群を比較したところ、以下に説明するすべての項目について有意差が見られなかった。このことから、存在感の総和は教師が写真を選択する

際に、選択の客観性を担保する一定の基準とできることがわかった。

(2) 特定人物の存在感について

2節では1枚の写真の中での存在感を判断するのに対して、本節では複数の写真の中で特定の人々の存在感を判断する点異なる。結果は、写真群a、bどちらにおいても、存在感を総和順に並べた結果とほぼ一致していた。

(3) 写真群全体に対する平等性について

写真群全体の平等性をたずねた回答の平均をとると、写真群aは「概ね平等」、写真群bは「不平等」であった。このことから、写真群aでは、16名がほぼ平等に掲載されていると判断され、写真群bでは、平等ではないと判断されていることがわかった。

つまり上記(2)と(3)の結果から、写真群aにおいては被写体の存在感の多少の違いを認めながらも、全体としては「概ね平等」と判断していることがわかった。一方、写真群bでは、多すぎる登場も少なすぎる登場もどちらも不平等と判断され、写真群全体に対しても不平等と判断されることがわかった。

以上のことから各被写体の存在感の総和を用いて平等性範囲内に収めるように写真を選出することで、平等性が判定できることが示唆された。

4. 今後の課題

上記2節と3節の調査から、次のような課題が見つかった。

まず、3節の調査については、平等性判定のための存在感指標の利用方法に関して、さらなる検討が必要である。一つ目に、平等性の判定基準について検討する必要がある。今回は単純な存在感の総和のみを用いたが、この方法では被写体が多い写真ほど写真に対する存在感が大きくなってしまふ。このことより、平等性の判定をより実用的にするためには、存在感の総和と登場回数を併用する、写真ごとに存在感の総和を正規化するなどの工夫が必要である。二つ目に、平等性範囲について写真群全般に対してどのように設定するかについて検討したい。三つ目に、今回の実験では、通常の活動を写した40枚の写真で16人の平等性を検討する写真群を用いて実験を行ったために、極端な例の写真群となった。卒業アルバムなど枚数の多いものに応用するためにも、今後は、写真の枚数を増やす、もしくは実験用の写真を用意するなどして、新たな写真群を作成し、平等性判定の実験を行う必要がある。

また、2節の存在感のメタデータの作成に関しては、カテゴリについて再検討したい。本稿ではトップダウン的に決めた48種類の質的データからでも存在感を表す予測式が作成できることがわかった。今後は一つの方法として、この4項目を質的データに変換せずに、量的データとして利用することで、さらに精緻化された存在感の予測式が作成できると考える。例えば顔を長方形で囲んで座標を得ることで、写真全体に対する顔の占める割合や、写真の中心からの顔までの距離が求められ、顔の大きさや位置を量的データとして得ることができる。

5. 終わりに

本稿をまとめると次のようになる。

・①写真の大きさ、②被写体の掲載人数、③被写体の顔の占める大きさ、④被写体の顔の空間的な位置の客観的な4項目から、存在感という主観的なものをあらかず予測式を作成した。

・その予測式から算出される存在感の総和を用いて、複数の写真に写る構成メンバーの平等性が判定できることが示唆された。

この結果は、提案した存在感という指標が学校現場におけるデジタル写真を管理するための新しいメタデータとして有用であることを示していると考えられる。

例えば、具体的な活用としては、次のようなことが考えられる。冒頭にも書いたように、卒業アルバムは、一般的に全員が同じものを受け取るため、皆が同じように満足できるアルバムを作る必要がある。これまで、教師が手動で登場回数を数えるなどしてそれを満たしてきた。しかし、枚数も非常に多く、それが小学校では6年間という長期にわたっており、写真の選定に大変手間がかかる。そこで、「存在感」メタデータやそれを用いた平等性判定の基準等を写真管理システムに組み込めば、選定した写真群の中で存在感が少ない児童生徒を示したり、さらには、次に選定すべき写真の候補を示したり、ということも可能になる[12]。つまり、教師の写真選定の手間を削減したり、写真の選定の支援をしたりすることができる。そして、このことが、教師にとってだけでなく、卒業アルバムを受け取った子供たちの満足度も高めることにつながるかもしれない。

4節にも書いたように、特に平等性判定に向けての存在感メタデータの利用方法には課題が残っている。しかしながら、このような存在感指標は、上記に例を挙げた平等性判定に基づく写真選択や、特定の集団における人間関係の推定等、用途はいろいろ考えられる。興味のある方は、ぜひ活用してほしい。

参考文献

- [1] 渡辺幹夫, 椿尚宣: デジタルカメラ新規格 Exif Version 2.2. 富士フィルム研究報告書, 48 (2003), 28-30.
- [2] 高橋望, 松野陽一郎, 國枝孝之, 脇田由喜, 小山毅; 小林みな子: MPEG-7による映像コンテンツ管理事例紹介, 情報処理学会 DBS 研究会報告, 41 (2002), 1-8.
- [3] 福本徹, 赤堀侃司: 画像データベースに適したメタデータの分析と評価, 日本教育工学会論文誌, 26 (4) (2003), 337-347.
- [4] Umeda, K., Takito, S., Ejima, T. and Nozaki, H.: The development of SWMS: A System for Easily Creating Dynamic School Websites and Individualized Web Newspaper, Proc. of ICCE 2004, 1821-1829.
- [5] 永易実, 木俣敏: 学級づくりと「学級通信」活動・低学年, 明治図書出版 (1980).
- [6] 梅田恭子, 滝藤慎介, 野崎浩成, 江島徹郎: デジタル写真における児童生徒の存在感を表すメタデータの提案～写真群の平等性判定への利用～, 日本教育工学会論文誌, 31 (3) (2007), 327-335.
- [7] 大中悠紀子, 竹澤智美, 松田隆夫: 写真の長短比と大きさが写真の印象評定に与える影響, 立命館大学人間科学研究, 5 (2003), 171-185.
- [8] 高橋友一, 島則之, 岸野文郎: 位置情報を手がかりとする画像検索法, 情報処理学会論文誌, 31 (11) (1990), 1636-1643.
- [9] 西山晴彦, 松下温: 画像の構図を用いた絵画検索システム, 情報処理学会論文誌, 37 (1) (1996), 101-109.
- [10] 戸嶋朗, 八村広三郎: 絵画からの画面構成の抽出と検索への応用, 情報処理学会論文誌, 40 (3) (1999), 912-920.
- [11] 高橋雅延, 川口敦生, 菅真佐子: ヒューマンメモリ, サイエンス社 (1988).
- [12] Umeda, K., Takito, S., Ejima, T. and Nozaki, H.: Development of a photo management system in schools which ensures students appear equally, Learning by Effective Utilization of Technologies: Facilitating Intercultural Understanding, 151 (2006), 577-584.