

時空間および色彩情報を用いた生物画像識別システム

森 正彦[†] 高橋 雄介^{††} 清木 康^{†††}

[†] 慶應義塾大学 総合政策学部 〒252-8520 神奈川県藤沢市遠藤 5322

^{††} 慶應義塾大学大学院 政策・メディア研究科 〒252-8520 神奈川県藤沢市遠藤 5322

^{†††} 慶應義塾大学 環境情報学部 〒252-8520 神奈川県藤沢市遠藤 5322

E-mail: [†]s07969mm@sfc.keio.ac.jp, ^{††}tyt@sfc.keio.ac.jp ^{†††}kiyoki@sfc.keio.ac.jp

あらまし 本稿では、時空間および色彩情報を用いた生物画像識別システムについて示す。今日、サイバースペース上に散在している様々な情報および専門知識が利用可能ではあるが、これらの膨大な知識情報資源からユーザの持つ断片的な情報に、関連する情報源を適切に特定することは、ユーザにとっての高度な知識獲得支援環境の実現のために重要である。本システムは、画像ファイル上の生物を識別する機能を実現する。本システムは、ユーザの入力する生物に関する画像について、時間および空間についての文脈情報、および、生物に関する画像データベースを当該生物特定のための専門知識として用い、総合的に分析することにより、与えられた画像のみでは特定が難しいような、画像内に写っている生物の名称等の関連情報を特定し、出力する。本方式により、ユーザは、任意の時間および空間的な状況において、撮影した生物に関する画像に関して、生物の名称のみならず、同様の生物の異なる地域での生息分布など、関連する様々な情報を即時に、発見的に獲得することが可能となり、知識獲得機会を拡大することが可能となる。キーワード 生物画像、時空間コンテキスト、色彩情報、知識獲得

A Creature Image Recognition System by Combination of Spatial, Temporal and Color Information

Masahiko MORI[†], Yusuke TAKAHASHI^{††}, and Yasushi KIYOKI^{†††}

[†] Faculty of Policy Management, Keio University Endo 5322, Fujisawa, Kanagawa, 252-8520 Japan

^{††} Graduate School of Media and Governance, Keio University
Endo 5322, Fujisawa, Kanagawa, 252-8520 Japan

^{†††} Faculty of Environment and Information Studies, Keio University
Endo 5322, Fujisawa, Kanagawa, 252-8520 Japan

E-mail: [†]s07969mm@sfc.keio.ac.jp, ^{††}tyt@sfc.keio.ac.jp ^{†††}kiyoki@sfc.keio.ac.jp

Abstract In this paper, we present a creature image recognition system with the combination of spatial, temporal and color information. There are various kinds of information and knowledge, and it is important for users' knowledge acquisition to help them find information that is related to fragmentary information. This system realizes a functions for discriminating a certain kind of unknown creatures shown on a image file with analysis of temporal, spatial and color information. when it exists. Given an image file of a creature with temporal and spatial information, this system evaluates temporal and spatial information to limit the scope of possible candidates of creatures. This system analyzes color information by comparing the color distribution of input image with corresponding sample image databases of prospective kinds. By this process, users acquire detailed information of the creature on the given images, which has no annotated information such as names and the habits.

Key words Creature Image, Tempo-Spatio Contexts, Color Information, Knowledge Acquisition

1. はじめに

今日、サイバースペース上に散在している様々な情報および

専門知識が利用可能ではあるが、これらの膨大な知識情報資源からユーザの持つ断片的な情報に対して、関連する情報源を適切に特定することは、ユーザにとっての高度な知識獲得支援環

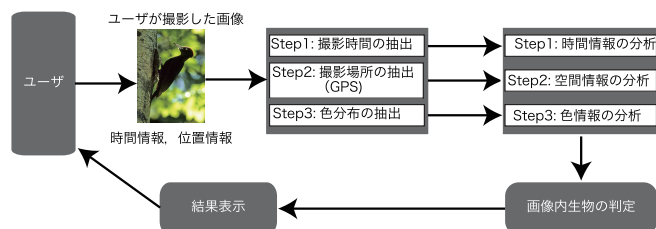


図 1 基本アイデア．ユーザの入力する静物画像を時空間および色彩情報を組み合わせて分析することで，ユーザにとって未知の情報や知識の獲得を支援する．

境の実現にのために重要である．これに関して，一般的な知識獲得の方法であるキーワード検索により，様々な情報を発見することが可能であるが，一般的に，キーワード検索では，検索の対象とする情報に関する知識がない場合には情報を得ることが困難であり，ユーザにとって既知の情報以外の情報を獲得することは困難である．例えば，生物を撮影した画像を保有している際に，画像内に写っている生物に関する情報を獲得しようとしても，当該生物に関して，名称等の関連する知識を持たない場合には，関連する詳細情報を検索することは困難である．

本稿では，時空間および色彩情報を用いた画像内生物オブジェクト識別システムについて示す．本システムは，色彩情報および時空間的文脈情報のみを用いて，画像ファイル上の生物を識別するためのシステムと位置づけることができる．本システムは，ユーザの入力する生物を撮影した画像に対して，時間および空間といった文脈情報，および，生物に関する画像データベースを当該生物特定の為の専門知識として用いて総合的に分析することにより，与えられた画像のみでは特定が難しいような，画像内に写っている生物の名称等の関連情報を特定し，出力する．生物画像に関して，撮影された場所や時期に関する情報，および，色彩情報を組み合わせて利用することにより，ユーザにとって未知の情報や知識の獲得を支援することが可能となる（図 1）．

関連する研究成果としては，画像に使用されている色彩情報を分析することで，ユーザが画像から受ける印象を計量する方法が研究されている [1]～[3]．また，画像検索に関して，カラーヒストグラム [4], [5] を用いた色彩分布情報分析を行う手法 [6], [7] が研究されている．本研究では，これらの成果を前提として用いて，ユーザの入力する画像の分析を行う．

また，帆足らによる画像類似度を利用した位置情報付き写真データへのランドマーク情報付与手法がある [8]．当該手法は，位置情報付き写真共有 Web サイト上から収集した画像に対し，各画像に付与されている位置情報に基づいてクラスタリングを行うことにより，多くのユーザが興味を示すと思われる Points of Interest (POI) を抽出する手法であり，これにより，撮影対象物を，例えば「この地域で撮影したこの画像は，東京タワーを撮影したもの」といったように，位置情報付きの画像にランドマーク情報のメタデータを付与することができる．当該手法は，画像の色彩情報，撮影位置情報，および，Web 上の画像情報を組み合わせて画像内オブジェクトを推測する点にお

いて提案システムとは同様の着眼点を有している．しかし，当該手法は，ユーザの興味対象を推測することを目指すものであり，ユーザの遭遇した生物に関する画像および時空間情報を用いて当該生物に関連する未知の知識獲得を目指しているという点において異なっている．

本稿の成果により，ユーザは，任意の時間および空間的な状況において，撮影した生物に関する画像に関して，生物の名称のみならず，同様の生物の異なる地域での生息分布など，関連する様々な情報を即時に，発見的に獲得することが可能となり，利用者にとっての知識獲得機会を拡大することが可能となる．

2. 基本アイデア

本システムは，色彩情報および時空間的文脈情報のみを用いて，画像ファイル上の生物を識別するためのシステムと位置づけることができる．

本システムは，ユーザの入力する生物に関する画像に対して，時間および空間といった文脈情報，および，生物に関する画像データベースを当該生物特定の為の専門知識として用いて総合的に分析することにより，与えられた画像のみでは特定が難しいような，画像内に写っている生物の名称等の関連情報を特定し，出力する．

2.1 生物特定文脈および生物データベース

本方式では，画像内生物オブジェクトを特定する為に，以下の生物特定文脈および生物データベースを定義する．

$$\begin{aligned}
 S: & \text{ 生物生息地域特定文脈} \\
 T: & \text{ 生物活動時期特定文脈} \\
 C: & \text{ 生物特徴色特定文脈} \\
 K: & \text{ 生物データベース}
 \end{aligned} \tag{1}$$

S は，生物生息地域特定文脈であり，ユーザの入力する生物画像に付与された位置情報により特定する．これを，生物データベース (K) 内に格納されている生物生息地域に関する属性情報との比較により分析し，当該地域において撮影される可能性のある生物候補を絞り込む．

T は，生物活動時期特定文脈であり，ユーザの入力する生物画像を撮影した時間や時期により特定する．これを，生物データベース (K) 内に格納されている生物活動時期に関する属性情報との比較により分析し，当該時間および時期に撮影される可能性のある生物候補を絞り込む．

C は，生物特徴色特定文脈であり，ユーザの入力する生物画像における色彩情報の分布を分析することにより特定する．生物特徴色特定文脈は，各画像中の各色の画素数を求め，当該画像中の全画素数における面積分布をカラーヒストグラムとして求め，画像色彩特徴を表現するベクトル形式のデータとして与える．色彩情報の分布の抽出方法に際して，ユーザの入力する生物画像中の各色を 130 色の基本色に写像することで，画像の色彩情報の分布を表現するカラーヒストグラムを作成する．130 色の基本色は，カラーイメージスケール [4], [5] による有彩色 120 色，および，無彩色 10 色の計 130 色として定義する．これを，生物データベース (K) 内に格納されている生物の外

観上の特徴色に関する属性情報との比較により分析し、同様の色彩情報を保有する生物を特定する．ここで重要な点は、同一の色彩に関する情報の存在が少しでも認められた場合には、生物候補とすることにある．これにより、候補とはなり得ない生物が候補となることを防ぐことが可能となり、不正解データが出力の上位に検索されにくくなる．一般に、パターンマッチを用いたリレーショナルデータベースや、論理的な関係を評価する論理データベース等では、「関連しているかどうか」は評価できても、「関連していないかどうか」という負の相関関係を積極的に評価することができない．色彩情報をベクトル形式で表現したヒストグラムを用いて相関量計量を行うことにより、関係のない情報を検索結果から明示的に排除することが可能となる．

K は、生物データベースであり、上記で述べた、生物生息地域に関する属性情報知識、生物活動時期に関する属性情報知識、生物の外観上の特徴色に関する属性情報知識といった、生物を特定する為の多角的な視点での分析を可能にする知識情報源を格納する．

2.2 生物情報特定関数

本システムは、以上の生物特定文脈および生物データベースを用いることで、ユーザの入力する生物に関する画像を多角的な視点で分析し、ユーザにとっての未知情報に関連した知識獲得を支援するために、以下の生物情報特定関数群を定義する．

$$CE1: spatial_evaluation(s_h, k_m) \rightarrow boolean \quad (2)$$

CE1 は、生物生息地域特定関数であり、ユーザの入力する画像に付随する生物生息地域特定文脈 s_h 、および、生物データベース K 中の任意の生物 k_m (全 n 種の生物中の m) を入力し、 k_m が当該地域において撮影される可能性のある生物であれば *true* を、そうでなければ *false* を返す．実際の検索の際には、全 n 種の生物について、生息可能性を評価する．

$$CE2: temporal_evaluation(t_i, k_m) \rightarrow boolean \quad (3)$$

CE2 は、生物活動時期特定関数であり、ユーザの入力する画像に付随する生物活動時期特定文脈 t_i 、および、生物データベース K 中の任意の生物 k_m (全 n 種の生物中の m) を入力し、 k_m が当該時間もしくは時期において撮影される可能性のある生物であれば *true* を、そうでなければ *false* を返す．実際の検索の際には、全 n 種の生物について、活動可能性を評価する．

$$CE3: color_evaluation(c_j, k_m) \rightarrow cor \quad (4)$$

CE3 は、生物特徴色特定関数であり、ユーザの入力する生物画像における色彩情報 c_j 、および、生物データベース K 中の任意の生物 k_m (全 n 種の生物中の m) を入力し、 c_j と、色彩情報によって与えられる k_m の外観上の特徴との相関量 *cor* を求める．実際の検索の際には、全 n 種の生物について、ユーザの入力する生物画像における色彩情報 c_j との相関を計量する．

これらの関数による評価結果を用いて、当該地域において、当該時間もしくは時期に、該当する特徴色を有する生物を特定し、ユーザの入力する未知の生物を撮影した画像に、関連する属性情報知識を付与することが可能となる．



図 2 実験データとして用いた 10 種類の鳥類．左上から、それぞれ、blackwoodpecker (クマゲラ), great tit (シジュウカラ), gull (ウミネコ), kingfisher (カワセミ), nightingale (ウグイス), robin (コマドリ), sea eagle (オオワシ), skylark (ヒバリ), spot-billed duck (カルガモ), ural owl (フクロウ)．

3. 実現方式

本方式は、以下の手順により実現する．

入力 画像ファイル、時空間コンテキスト情報

Step-1 空間コンテキストの分析による生物情報分析

Step-2 時間コンテキストの分析による生物情報分析

Step-3 画像の色彩情報を用いた生物オブジェクト分析

出力 画像内の生物オブジェクトに関する詳細情報

まず、生物を撮影した画像ファイル、および、撮影場所や時期といった時空間コンテキスト情報を、提案システムに入力する．Step-1 では、ユーザによって入力された緯度経度情報を抽出し、撮影された生物が、当該地域において生息しているのかどうかを判定する．Step-2 では、時間コンテキストの分析による生物情報分析により、ユーザによって入力された時間情報を抽出し、撮影時点が、撮影された生物の活動時期であるかどうかを判別する．Step-3 では、ユーザの入力した画像内に色彩情報を用抽出し、サンプルとして与えられている各種生物に関する画像との比較において、撮影された生物と同様の色彩情報を保持しているかどうかを判別する．以上の手順により、画像内の生物の種別を特定し、関連する詳細情報を出力する．

4. 実験

時空間および色彩情報を用いた画像内生物オブジェクト識別システムについて、実験により実現可能性を評価する．

4.1 実験環境

実験に用いたデータは次のとおりである．

生物データベースとして、10 種類の鳥類を選択し (図 2)、生息地域、活動時期等を定義するとともに、それぞれ 3 枚ずつのサンプル画像を用意し、特徴色としての色彩情報を抽出した (表 4.1)．

実験は、次の手順により実施する．

(1) クエリとして画像ファイル、および、時空間コンテ

表 1 生物データベース K . 生物生息地域を polygon 形式で , 生物活動時期を月単位で , 生物の外観上の特徴色に関する属性情報を 130 色で定義している .

名前	時間	地理情報	色
blackwoodpecker (クマゲラ)	1 月	(40.44694705960048 , 143.525390625),(13.923403897723346 , 89.6484375)...	R/lgr
	2 月	(40.44694705960048 , 143.525390625),(13.923403897723346 , 89.6484376)...	R/lgr...
	3 月	(40.44694705960048 , 143.525390625),(13.923403897723346 , 89.6484377)...	R/lgr...
	4 月	(45.30580259943578 , 138.33984375),(45.30580259943578 , 138.33984375)...	R/lgr...
	5 月	(45.30580259943578 , 138.33984375),(45.30580259943578 , 138.33984377)...	R/lgr...
	6 月	(45.30580259943578 , 138.33984375),(45.30580259943578 , 138.33984378)...	R/lgr...
	7 月	(45.30580259943578 , 138.33984375),(45.30580259943578 , 138.33984379)...	R/lgr...
	8 月	(45.30580259943578 , 138.33984375),(45.30580259943578 , 138.33984380)...	R/lgr...
	9 月	(45.30580259943578 , 138.33984375),(45.30580259943578 , 138.33984381)...	R/lgr...
	10 月	(40.44694705960048 , 143.525390625),(13.923403897723346 , 89.6484375)...	R/lgr...
	11 月	(40.44694705960048 , 143.525390625),(13.923403897723346 , 89.6484376)...	R/lgr...
	12 月	(40.44694705960048 , 143.525390625),(13.923403897723346 , 89.6484376)...	R/lgr...
robin (コマドリ)	1 月	(71.18775391813157 , -175.78125),(71.04552881933585 , 136.142578125)...	P/L...
	2 月	(71.18775391813157 , -175.78125),(71.04552881933585 , 136.142578126)...	P/L...
	3 月	(46.52863469527167 , 155.7861328125),(47.279229002570815 , 120.2783203125)...	P/L...
	4 月	(46.52863469527167 , 155.7861328125),(47.279229002570815 , 120.2783203126)...	P/L...
	5 月	(46.52863469527167 , 155.7861328125),(47.279229002570815 , 120.2783203127)...	P/L...
	6 月	(46.52863469527167 , 155.7861328125),(47.279229002570815 , 120.2783203128)...	P/L...
	7 月	(46.52863469527167 , 155.7861328125),(47.279229002570815 , 120.2783203129)...	P/L...
	8 月	(46.52863469527167 , 155.7861328125),(47.279229002570815 , 120.2783203130)...	P/L...
	9 月	(46.52863469527167 , 155.7861328125),(47.279229002570815 , 120.2783203131)...	P/L...
	10 月	(46.52863469527167 , 155.7861328125),(47.279229002570815 , 120.2783203132)...	P/L...
	11 月	(46.52863469527167 , 155.7861328125),(47.279229002570815 , 120.2783203133)...	P/L...
	12 月	(46.52863469527167 , 155.7861328125),(47.279229002570815 , 120.2783203134)...	P/L...



図 3 検索質問として使用した画像 . 左から「クマゲラ (blackwoodpecker) 」(Q_1) , 「コマドリ (robin) 」(Q_2) , 「シジュウカラ (greattit) 」(Q_3) .

スト情報を入力する . 検索質問として , 以下の 3 つを定義し , 提案システムに入力することで , 時空間および色彩情報によって , 画像内生物オブジェクトの識別が可能となることを示す .

Q_1 : 生物生息地域特定文脈 S として「(45.41002023463975, 141.66046142578125) (北海道稚内市)」, 生物活動時期特定文脈 T として「2 月」, 生物特徴色特定文脈 C として「クマゲラ (blackwoodpecker) の画像」(図 3) を入力する .

Q_2 : 生物生息地域特定文脈 S として「(35.871246850027965, 139.6307373046875) (埼玉県さいたま市)」, 生物活動時期特定文脈 T として「8 月」, 生物特徴色特定文脈 C として「コマドリ (robin) の画像」(図 3) を入力する .

Q_3 : 生物生息地域特定文脈 S として「(35.871246850027965, 139.6307373046875) (埼玉県さいたま市)」, 生物活動時期特定文脈 T として「8 月」, 生物特徴色特定文脈 C として「シジュウカラ (greattit) の画像」(図 3) を入力する .

(2) 時空間コンテキスト情報により生物 (鳥) 情報を絞り

込む .

(3) 画像の色彩情報を用いて生物 (鳥) 情報を絞り込む .

画像の色彩情報は , クエリとして入力した生物 (鳥) 画像における色彩分布と , 10 種類の生物 (鳥) 情報に関して , それぞれ 3 種類ずつ , 合計 30 種類の生物 (鳥) 画像における色彩分布の類似度を計算し , 一定の閾値以上の生物 (鳥) 名を抽出する .

類似度計算には , ベクトル形式のデータ間での一般的な相関量計量手法として , 内積を用いた . また , 各画像の色彩分布に関する情報は , 画像間での優位度を均等にする為に , コサイン正規化をし , ベクトルの大きさを 1 に揃える .

色彩情報を用いた相関量計算の結果は , 次の (A) (B) の基準により生物 (鳥) 名を出力する .

(A) クエリとして入力した画像を除く相関量上位 9 位以上の画像を結果として採用する .

(B) 生物 (鳥) の種類毎の全画像の相関量の平均値を用いてランク付けし , 上位 3 位以上の画像に関する生物名を出力する .

(4) 時空間コンテキスト情報および色彩情報による絞り込み結果を集約し , 画像中の生物 (鳥) 情報を特定する .

ここでは , 時空間コンテキスト情報および色彩情報による絞り込み結果の積 (AND) をとり , 画像中の生物 (鳥) 情報を特定する .

4.2 実験結果

実験結果を , 表 2 ~ 15 に示している .

表 2 では , Q_1 における時空間コンテキスト情報として入力した「(45.41002023463975, 141.66046142578125) (北海道稚内市)」(生物生息地域特定文脈 S) , および「2 月」(生物活動

表 2 Q1 における時空間コンテキスト情報を用いた生物（鳥）情報の絞り込み結果．時空間コンテキスト情報のみでは，十分に絞り込むことができていない．

bird_name
blackwoodpecker
greattit
gull
nightingale
seaeagle
skylark
spotbil
uralowl

表 3 Q2 および Q3 における時空間コンテキスト情報を用いた生物（鳥）情報の絞り込み結果．時空間コンテキスト情報のみでは，十分に絞り込むことができていない．

bird_name
greattit
gull
kingfisher
nightingale
pheasant
robin
skylark
spotbil

時期特定文脈 T ）によって特定された，時空間コンテキストに適合する生物（鳥）の名称として，blackwoodpecker（クマゲラ），greattit（シジュウカラ），gull（ウミネコ），nightingale（ウグイス），seaeagle（オオワシ），skylark（ヒバリ），spotbil（カルガモ），uralowl（フクロウ）が出力されている．

表 3 では，「(35.871246850027965, 139.6307373046875)（埼玉県さいたま市）」（生物生息地域特定文脈 S ），および「8月」（生物活動時期特定文脈 T ）によって特定された，時空間コンテキストに適合する生物（鳥）の名称として，greattit（シジュウカラ），gull（ウミネコ），kingfisher（カワセミ），nightingale（ウグイス），robin（コマドリ），skylark（ヒバリ），spotbil（カルガモ）が出力されている．

表 4 では，Q1 に生物（鳥）の画像として入力した「クマゲラ（blackwoodpecker）の画像」（生物特徴色特定文脈 C ）によって特定された，生物（鳥）画像の色彩分布情報に適合する生物（鳥）の名称として，色彩分布に関する類似度の高い順にランク付けされた中から，クエリとして入力した画像を除く相関量上位 9 位以上の画像として，kingfisher3.jpg（カワセミ），greattit3.jpg（シジュウカラ），seaeagle2.jpg（オオワシ），kingfisher2.jpg（カワセミ），nightingale1.jpg（ウグイス），robin1.jpg（コマドリ），blackwoodpecker3.jpg（クマゲラ），gull1.jpg（ウミネコ），seaeagle1.jpg（オオワシ）が出力されている．

表 5 では，Q2 に生物（鳥）の画像として入力した「コマドリ（robin）の画像」（生物特徴色特定文脈 C ）によって特定された，生物（鳥）画像の色彩分布情報に適合する生物（鳥）の名称として，色彩分布に関する類似度の高い順にランク付けさ

表 4 Q1 における生物（鳥）画像の色彩分布情報に適合する生物（鳥）の名称．(A) 相関量上位の結果には，正解である「クマゲラ（blackwoodpecker）」は含まれているものの，十分に絞り込むことができていない．

rank	image_id	correlation
1	kingfisher3.jpg	0.000171716
2	greattit3.jpg	0.000166661
3	seaeagle2.jpg	0.000141093
4	kingfisher2.jpg	0.000127392
5	nightingale1.jpg	8.27E-05
6	robin1.jpg	7.51E-05
7	blackwoodpecker3.jpg	6.18E-05
8	gull1.jpg	5.57E-05
9	seaeagle1.jpg	3.97E-05

表 5 Q2 における生物（鳥）画像の色彩分布情報に適合する生物（鳥）の名称．(A) 相関量上位の結果には，正解である「コマドリ（robin）」は含まれているものの，十分に絞り込むことができていない．

rank	image_id	correlation
1	seaeagle1.jpg	21732382.91
2	greattit1.jpg	5513716.622
3	seaeagle2.jpg	459122.6542
4	kingfisher3.jpg	371326.8658
5	kingfisher2.jpg	4393.243764
6	robin2.jpg	0.001045168
7	uralowl2.jpg	0.000856752
8	spotbil3.jpg	0.000814876
9	greattit3.jpg	0.000709973

れた中から，クエリとして入力した画像を除く相関量上位 9 位以上の画像として，seaeagle1.jpg（オオワシ），greattit1.jpg（シジュウカラ），seaeagle2.jpg（オオワシ），kingfisher3.jpg（カワセミ），kingfisher2.jpg（カワセミ），robin2.jpg（コマドリ），uralowl2.jpg（フクロウ），spotbil3.jpg（カルガモ），greattit3.jpg（シジュウカラ）が出力されている．

表 6 では，Q3 に生物（鳥）の画像として入力した「シジュウカラ（greattit）の画像」（生物特徴色特定文脈 C ）によって特定された，生物（鳥）画像の色彩分布情報に適合する生物（鳥）の名称として，色彩分布に関する類似度の高い順にランク付けされた中から，クエリとして入力した画像を除く相関量上位 9 位以上の画像として，seaeagle1.jpg（オオワシ），greattit1.jpg（シジュウカラ），seaeagle2.jpg（オオワシ），kingfisher3.jpg（カワセミ），kingfisher2.jpg（カワセミ），robin2.jpg（コマドリ），uralowl2.jpg（フクロウ），spotbil3.jpg（カルガモ），greattit3.jpg（シジュウカラ）が出力されている．

表 7 では，Q1 に生物（鳥）の画像として入力した「クマゲラ（blackwoodpecker）の画像」（生物特徴色特定文脈 C ）によって特定された，生物（鳥）画像の色彩分布情報に適合する生物（鳥）の名称として，生物（鳥）の種類毎の全画像の相関量の平均値を用いてランク付けされた結果を示している．この中で上位 3 位としては，blackwoodpecker（クマゲラ），kingfisher（カワセミ），seaeagle（オオワシ）が出力されている．

表 6 Q3 における生物（鳥）画像の色彩分布情報に適合する生物（鳥）の名称．(A) 相関量上位の結果には，正解である「シジュウカラ（greattit）」は含まれているものの，十分に絞り込むことができていない．

rank	image_id	correlation
1	seaeagle1.jpg	34475398.05
2	robin1.jpg	5513716.622
3	seaeagle2.jpg	728334.1328
4	kingfisher3.jpg	589058.3448
5	kingfisher2.jpg	6969.268871
6	robin2.jpg	0.004576066
7	greattit2.jpg	0.000732254
8	robin2.jpg	0.000322787
9	blackwoodpecker2.jpg	0.000311632

表 7 Q1 における生物（鳥）画像の色彩分布情報に適合する生物（鳥）の名称．(B) 生物（鳥）の種類毎の全画像の相関量の平均値を用いることにより，上位 3 位以内に正解である「クマゲラ（blackwoodpecker）」が含まれている．

rank	bird_name	value
● 1	blackwoodpecker	0.000521049
○ 2	kingfisher	0.000109167
○ 3	seaeagle	6.08101E-05
4	greattit	5.94423E-05
5	robin	3.31267E-05
6	nightingale	3.27947E-05
7	gull	3.03236E-05
8	spotbil	1.80723E-05
9	skylark	9.16757E-06
10	uralowl	7.65807E-06

表 8 Q2 における生物（鳥）画像の色彩分布情報に適合する生物（鳥）の名称．(B) 生物（鳥）の種類毎の全画像の相関量の平均値を用いることにより，上位 3 位以内に正解である「コマドリ（robin）」が含まれている．

rank	bird_name	value
○ 1	seaeagle	7397168.52
○ 2	greattit	1837905.541
● 3	robin	1158567.246
4	kingfisher	125240.0366
5	uralowl	0.000380511
6	spotbil	0.000329129
7	nightingale	0.000218909
8	blackwoodpecker	0.000165773
9	gull	3.76188E-05
10	skylark	3.03977E-05

表 8 では，Q2 に生物（鳥）の画像として入力した「コマドリ（robin）の画像」（生物特徴色特定文脈 C ）によって特定された，生物（鳥）画像の色彩分布情報に適合する生物（鳥）の名称として，生物（鳥）の種類毎の全画像の相関量の平均値を用いてランク付けされた結果を示している．この中で上位 3 位としては，seaeagle（オオワシ），greattit（シジュウカラ），robin（コマドリ）が出力されている．

表 9 では，Q3 に生物（鳥）の画像として入力した「シジュウカラ（greattit）の画像」（生物特徴色特定文脈 C ）によって特

表 9 Q3 における生物（鳥）画像の色彩分布情報に適合する生物（鳥）の名称．(B) 生物（鳥）の種類毎の全画像の相関量の平均値を用いることにより，上位 3 位以内に正解である「シジュウカラ（greattit）」が含まれている．

rank	bird_name	value
○ 1	seaeagle	11734577.39
○ 2	greattit	2915581.111
● 3	robin	1837905.542
4	kingfisher	198675.8712
5	blackwoodpecker	0.00013625
6	spotbil	0.000127131
7	uralowl	0.0001046
8	nightingale	0.000100331
9	skylark	8.3835E-05
10	gull	1.76056E-05

表 10 Q1(A) の出力結果．入力した生物（鳥）の画像の詳細情報の候補として，10 種類の生物（鳥）の中から 5 種類を特定することには成功しており，その中に正解である「クマゲラ（blackwoodpecker）」も含まれているが，十分に絞り込まれているとは云えない．

bird_name
greattit
nightingale
● blackwoodpecker
gull
seaeagle

定された，生物（鳥）画像の色彩分布情報に適合する生物（鳥）の名称として，生物（鳥）の種類毎の全画像の相関量の平均値を用いてランク付けされた結果を示している．この中で上位 3 位としては，seaeagle（オオワシ），greattit（シジュウカラ），robin（コマドリ）が出力されている．

表 10 は，時空間コンテキスト情報および色彩情報の分析結果を集約することで画像中の生物（鳥）情報を特定した結果であり，Q1 における時空間コンテキスト情報として入力した「(45.41002023463975, 141.66046142578125)（北海道稚内市）」（生物生息地域特定文脈 S ）、「2 月」（生物活動時期特定文脈 T ），および，生物（鳥）の画像として入力した「クマゲラ（blackwoodpecker）の画像」（生物特徴色特定文脈 C ）によって特定された結果（クエリとして入力した画像を除く相関量上位 9 位以上の画像）の積（AND）として，greattit（シジュウカラ），nightingale（ウグイス），blackwoodpecker（クマゲラ），gull（ウミネコ），seaeagle（オオワシ）出力されている．

表 11 は，時空間コンテキスト情報および色彩情報の分析結果を集約することで画像中の生物（鳥）情報を特定した結果であり，Q2 における時空間コンテキスト情報として入力した「(35.871246850027965, 139.6307373046875)（埼玉県さいたま市）」（生物生息地域特定文脈 S ）、「8 月」（生物活動時期特定文脈 T ），および，生物（鳥）の画像として入力した「コマドリ（robin）の画像」（生物特徴色特定文脈 C ）によって特定された結果（クエリとして入力した画像を除く相関量上位 9 位以上の画像）の積（AND）として，greattit（シジュウカラ），

表 11 Q2(A) の出力結果．入力した生物（鳥）の画像の詳細情報の候補として，10 種類の生物（鳥）の中から 5 種類を特定することには成功しており，その中に正解である「コマドリ（robin）」も含まれているが，十分に絞り込まれているとは云えない．

bird_name
greattit
kingfisher
● robin
spotbil
nightingale

表 12 Q3(A) の出力結果．入力した生物（鳥）の画像の詳細情報の候補として，10 種類の生物（鳥）の中から 4 種類を特定することには成功しており，その中に正解である「シジュウカラ（greattit）」も含まれているが，十分に絞り込まれているとは云えない．

bird_name
robin
kingfisher
● greattit
nightingale

表 13 Q1(B) の出力結果．入力した生物（鳥）の画像の詳細情報の候補として，10 種類の生物（鳥）の中から正解である「クマゲラ（blackwoodpecker）」の特定に成功している．

bird_name
● blackwoodpecker

kingfisher（カワセミ），robin（コマドリ），spotbil（カルガモ），nightingale（ウグイス）が出力されている．

表 12 は，時空間コンテキスト情報および色彩情報の分析結果を集約することで画像中の生物（鳥）情報を特定した結果であり，Q3 における時空間コンテキスト情報として入力した「(35.871246850027965, 139.6307373046875) (埼玉県さいたま市)」(生物生息地域特定文脈 S)，「8 月」(生物活動時期特定文脈 T)，および，生物（鳥）の画像として入力した「シジュウカラ（greattit）の画像」(生物特徴色特定文脈 C) によって特定された結果（クエリとして入力した画像を除く相関量上位 9 位以上の画像）の積（AND）として，robin（コマドリ），kingfisher（カワセミ），greattit（シジュウカラ），nightingale（ウグイス）が出力されている．

表 13 は，時空間コンテキスト情報および色彩情報の分析結果を集約することで画像中の生物（鳥）情報を特定した結果であり，Q1 における時空間コンテキスト情報として入力した「(45.41002023463975, 141.66046142578125) (北海道稚内市)」(生物生息地域特定文脈 S)，「2 月」(生物活動時期特定文脈 T)，および，生物（鳥）の画像として入力した「クマゲラ（blackwoodpecker）の画像」(生物特徴色特定文脈 C) によって特定された結果（生物（鳥）の種類毎の全画像の相関量の平均値を用いてランク付けされた結果）の積（AND）として，blackwoodpecker（クマゲラ）が出力されている．

表 14 は，時空間コンテキスト情報および色彩情報の分析結

表 14 Q2(B) の出力結果．入力した生物（鳥）の画像の詳細情報の候補として，10 種類の生物（鳥）の中から 2 種類を特定することに成功しており，その中に正解である「コマドリ（robin）」も含まれている．

bird_name
greattit
● robin

表 15 Q3(B) の出力結果．入力した生物（鳥）の画像の詳細情報の候補として，10 種類の生物（鳥）の中から 2 種類を特定することに成功しており，その中に正解である「シジュウカラ（greattit）」も含まれている．

bird_name
● greattit
robin

果を集約することで画像中の生物（鳥）情報を特定した結果であり，Q2 における時空間コンテキスト情報として入力した「(35.871246850027965, 139.6307373046875) (埼玉県さいたま市)」(生物生息地域特定文脈 S)，「8 月」(生物活動時期特定文脈 T)，および，生物（鳥）の画像として入力した「コマドリ（robin）の画像」(生物特徴色特定文脈 C) によって特定された結果（生物（鳥）の種類毎の全画像の相関量の平均値を用いてランク付けされた結果）の積（AND）として，greattit（シジュウカラ），および，robin（コマドリ）が出力されている．

表 15 は，時空間コンテキスト情報および色彩情報の分析結果を集約することで画像中の生物（鳥）情報を特定した結果であり，Q3 における時空間コンテキスト情報として入力した「(35.871246850027965, 139.6307373046875) (埼玉県さいたま市)」(生物生息地域特定文脈 S)，「8 月」(生物活動時期特定文脈 T)，および，生物（鳥）の画像として入力した「シジュウカラ（greattit）の画像」(生物特徴色特定文脈 C) によって特定された結果（生物（鳥）の種類毎の全画像の相関量の平均値を用いてランク付けされた結果）の積（AND）として，greattit（シジュウカラ），および，robin（コマドリ）が出力されている．

4.3 考 察

実験結果から，次のことが云える．表 2，3 から，時空間コンテキスト情報のみでは，生物（鳥）情報を十分に絞り込むことができていないとは云えない．

生物（鳥）画像の色彩分布情報のみを用いた (A) 相関量上位の結果には，Q1，Q2，Q3 について，それぞれ正解である「クマゲラ（blackwoodpecker）」(表 4)，「コマドリ（robin）」(表 5)，「シジュウカラ（greattit）」(表 6) は含まれているものの，生物（鳥）情報を十分に絞り込むことができていないとは云えない．

一方で，生物（鳥）画像の色彩分布情報のみを用いた場合であっても，(B) 生物（鳥）の種類毎の全画像の相関量の平均値を用いることにより，Q1，Q2，Q3 について，それぞれ正解である「クマゲラ（blackwoodpecker）」(表 7)，「コマドリ（robin）」(表 8)，「シジュウカラ（greattit）」(表 9) が，上位

3 位以内に含まれている。

時空間コンテキスト情報および色彩情報による絞り込み結果を、積 (AND) をとることにより集約した場合、画像の色彩情報を用いた絞り込みにおいて (A) 相関量上位の結果を用いた場合には、10 種類の生物 (鳥) の中から絞り込むことには成功しており、その中に Q1, Q2, Q3 についてそれぞれ正解である「クマゲラ (blackwoodpecker)」、「コマドリ (robin)」、「シジュウカラ (greentit)」も含まれているが、選択肢が 10 種類中、それぞれ 5 種類、5 種類、4 種類に絞られているのみであり、十分に絞り込まれているとは云えない (表 10, 11, 12)。

その一方で、画像の色彩情報を用いた絞り込みにおいて (B) 生物 (鳥) の種類毎の全画像の相関量の平均値を用いた場合には、Q1 では正解である「クマゲラ (blackwoodpecker)」の特定に成功しており (表 13)、同様に、Q2, Q3 についても、10 種類の生物 (鳥) の中からそれぞれ 2 種類を特定することに成功しており、その中に正解である「コマドリ (robin)」が含まれている (表 14, 15)。

以上のことから、時空間コンテキスト情報、もしくは、色彩情報による絞り込み結果のみを用いるのではなく、これらのそれぞれの分析結果を集約することで、画像中の生物 (鳥) 情報の特定に関する精度向上が認められた。また、特に色彩情報の分析に関しては、(A) 相関量上位 9 位以上の画像を結果として採用するのみでなく、(B) 生物 (鳥) の種類毎の全画像の相関量の平均値を用いてランク付けすることで、画像中の生物 (鳥) 情報の特定に関する精度向上が認められた。これは、複数の計量系を効果的に組み合わせることにより情報獲得の精度が向上させることができるということを示している。

5. おわりに

本稿では、時空間および色彩情報を用いた画像内生物オブジェクト識別システムについて示した。本システムは、色彩情報および時空間的文脈情報のみを用いて、画像ファイル上の生物を識別するためのデータベースシステムと位置づけることができる。本システムでは、ユーザの入力する生物に関する画像に対して、時間および空間といった文脈情報、および、生物に関する画像データベースを当該生物特定の為の専門知識として用いて総合的に分析することにより、与えられた画像のみでは特定が難しいような、画像内に写っている生物の名称等の関連情報を特定し、出力する。本稿の成果により、ユーザは、任意の時間および空間的な状況において、撮影した生物に関する画像に関して、生物の名称のみならず、同様の生物の異なる地域での生息分布など、関連する様々な情報を即時に、発見的に獲得することが可能となり、利用者にとっての知識獲得機会を拡大することが可能となる。

本稿では、あらかじめ生物の各種別に対して、サンプル画像データを用意することで得られる生物の特徴的な色彩情報と、生息地域や活動時期と云った時空間情報を組み合わせて用いることにより、撮影された生物オブジェクトの識別を行った。実験により、提案システムによって、未知の生物画像に関する関連情報の抽出が可能であることが確認された。特に、色彩情報

や時空間情報を同時に扱うことにより、検索精度が向上することを確認できた。

今後の課題として、生物 (鳥) の種類毎の画像の量的な拡大による更なる精度向上の可能性も検証したい。また、生物の成長による色彩の変化に関する情報をデータベース内への組み込みによる精度向上の可能性についても検証したい。本システムは対象生物及び背景画像を同時に含んだ状態において色彩分析を行っているが、画像から対象生物と背景を分離し、対象生物のみならず、背景画像も利用することで色彩分析の精度の向上の可能性も検討したい。本稿では野鳥を対象に行ったが、本システムを様々な生物に適用することにより、多種多様な生物を対象としたシステムの構築を目指す。さらに、画像からユーザが受ける印象に着目した研究も広く行われている [9] ~ [11] ので、今後、本システムにおける適用を検討して行きたい。

謝辞 最後に、本稿執筆にあたって有益な助言をいただきました、慶應義塾大学大学院政策メディア研究科の佐々木史織氏に感謝します。

文 献

- [1] Yasushi Kiyoki, Takashi Kitagawa, Takanari Hayama, "A metadatabase system for semantic image search by a mathematical model of meaning", ACM SIGMOD Record, Volume 23 Issue 4, pp.34-41, 1994.
- [2] 北川高嗣, 中西崇文, 清木康, 静止画像メディアデータを対象としたメタデータ自動抽出方式の実現とその意味的画像検索への適用, 情報処理学会論文誌, Vol. 43, No.SIG12 (TOD16), pp.38-51, 2002.
- [3] 佐々木秀康, 清木康, 画像データを対象とした特徴量類似度計量系によるメタデータ自動生成拡張方式, 日本データベース学会論文誌, Vol.3, No.2, pp.6-64, 2004.
- [4] 小林重順, 配色イメージワーク, 講談社, 1995.
- [5] 小林重順, カラーイメージスケール改定版, 講談社, 2001.
- [6] 桐本篤, 佐々木史織, 清木康, 風景画像を用いた環境状況コンテキスト対応型音楽推薦システムの実現, 第 19 回データ工学ワークショップ (DEWS2008) 論文集, 8 pages, 2008.
- [7] Barakbah Ali Ridho, 清木康, "Cluster Oriented 3D Color Vector Quantization For Image Retrieval Systems", 情報処理学会研究報告, DBS-146, pp.13-18, 2008.
- [8] 帆足啓一郎, 上向俊晃, 松本一則, 滝嶋弘, 画像類似度を利用した位置情報付き写真データへのランドマーク情報付与手法, WebDB Forum 2008 論文集 (CD-ROM), 2008.
- [9] 板橋美子, 佐々木史織, 吉田尚史, 清木 康, 時代・文化に応じた色-印象知識による文化財画像メタデータ自動抽出システムの実現方式, 日本データベース学会論文誌, Vol.5, No.4, pp.21-24, 2006.
- [10] 板橋美子, 佐々木史織, 吉田尚史, 清木康, 時代・文化に応じた色-印象知識による文化財画像メタデータ自動抽出システムの実現方式, データベースと Web 情報システムに関するシンポジウム (DBWeb2006), pp.219-226, 2006.
- [11] Shiori Sasaki, Yoshiko Itabashi, Yasushi Kiyoki, Xing Chen, "An Image-Query Creation Method for Representing Impression by Color-based Combination of Multiple Images", Proceedings of the 18th European-Japanese Conference on Information Modelling and Knowledge Bases, pp.105-112, 2008.