

# モバイル端末での撮像画像ID化技術による 情報連携サービス高度化の研究

阿 部 剛 仁

博士（情報学）

総合研究大学院大学  
複合科学研究科  
情報学専攻

平成 21 年度  
(2009)

2009 年 9 月

本論文は総合研究大学院大学複合科学研究科情報学専攻に  
博士（情報学）授与の要件として提出した博士論文である。

審査委員：

主査	曽根原 登 教授	国立情報学研究所 / 総合研究大学院大学
	越前 功 准教授	国立情報学研究所 / 総合研究大学院大学
	計 宇生 准教授	国立情報学研究所 / 総合研究大学院大学
	佐藤 真一 教授	国立情報学研究所 / 総合研究大学院大学
	東倉 洋一 教授	国立情報学研究所 / 総合研究大学院大学
	安田 浩 教授	東京電機大学 / 東京大学

（主査以外はアルファベット順）

**Study on Advanced Information Linkage Service  
enabled by Image Identification Technique using  
Camera-equipped Mobile Devices**

Takehito Abe

DOCTOR OF  
PHILOSOPHY

Department of Informatics,  
School of Multidisciplinary Sciences,  
The Graduate University for Advanced Studies (SOKENDAI)

2009

September 2009

A dissertation submitted to  
the Department of Informatics,  
School of Multidisciplinary Sciences,  
The Graduated University for Advanced Studies (SOKENDAI)  
in partial fulfillment of the requirements for  
the degree of Doctor of Philosophy

Advisory Committee:

Prof. Noboru Sonehara (Chair)	National Institute of Informatics/ The Graduated University for Advanced Studies
Assoc.Prof. Isao Echizen	National Institute of Informatics/ The Graduated University for Advanced Studies
Assoc.Prof. Yusheng Ji	National Institute of Informatics/ The Graduated University for Advanced Studies
Prof. Shin'ichi Satoh	National Institute of Informatics/ The Graduated University for Advanced Studies
Prof. Yohichi Tohkura	National Institute of Informatics/ The Graduated University for Advanced Studies
Prof. Hiroshi Yasuda	Tokyo Denki University/The University of Tokyo

(Alphabet order of last name except chair)

# 要旨

ネットワークを利用した情報(コンテンツ)の流通は、長らく特定の生産者・提供者(プロバイダ)から多数のユーザへの一方向配信が主流であったが、Blog(Web Log)やSNS(Social Network Service)等ユーザ発信型の情報共有サービスの普及により、多数の一般ユーザによる多様な配信が実現されるようになった。個々のユーザが発信する情報(Consumer Generated Media, CGM)は、情報共有サービスが提供するトラックバック、ソーシャルタグ、RSS フィード生成等の機能を利用することで相互連携を容易に実現し、巨大な情報アーカイブを形成している。しかしそれらCGMの連携は、特定のシステムやサービスを利用した場合に機能するものであり、その他の一般Webサイトに存在する情報や、サイバー空間外の実空間に存在する情報を対象として連携を行うことはできない。本研究は、連携の起点として画像コンテンツに着目し、画像から特徴量を抽出して識別子を生成する画像ID化方式と、その画像IDをキーとしてユーザが関連する情報の入手やコミュニケーションを実現する情報連携サービスについて提案するものである。画像IDとリンク情報を関連付けることにより、画像コンテンツ自身をリンクアンカーに設定し、実空間(アナログ)・サイバー空間問わず、存在する画像コンテンツから特定の関連情報(メタデータ)へのリンクを可能にする。リンク元となる画像の取得とID化処理を全てモバイル端末(カメラ付き携帯電話等)で実現し、ユビキタス環境におけるサービスリモコンとして利用することで、現在サイバー空間において実現されている情報連携サービスの適用領域を実空間のコンテンツへと拡大可能であることを示す。上述の情報連携サービスとして、実空間の画像コンテンツを起点として情報を連携させるソーシャルネットワークサービス、物理メディアと放送・通信を融合化するコンテンツ提供サービス、及びコンテンツの権利情報等メタデータの参照・管理サービスを具体化し提案する。権利情報の管理においては、コンテンツ提供者による流通分析やフィードバック受付のため、画像ID化による識別方法で対応できない同一種画像の個体識別に対する実現要求も想定し、電子透かし技術を用いた流通方式との連携についてもあわせて提案する。

画像ID化は、画像の局所領域における平均画素値の相対的分布特性を画像の特徴量とし、登録画像の特徴量と照合を行う独自の画像識別方式により実現する。画

像を  $N$  個の矩形ブロックに分割した後、各々のブロックにて 2 つに分割した領域の平均画素値の差分 (勾配) を符号化し、勾配の系列を画像の特徴量として識別に用いる。画像の同一性については、画像特徴量を  $N$  次元ベクトルとした時のユークリッド距離の逆数をベースとし、照明変動によるブレを吸収する補正を加えた独自の類似度関数を用いて判定する。特徴量に画素の絶対値を用いないため、カメラ撮影で生じる照明変動等劣化にも影響を受けにくい点と、簡易なアルゴリズムでの実現により PC に比べて処理能力・メモリ容量等リソースが限られるモバイル端末を用いて、従来の画像識別方式では必須だった通信とサーバ処理を行わずに、モバイル端末内部で全てを実装可能である点が特徴である。画像全体に一定の傾斜を持つ輝度変化が生じた場合の机上シミュレーションを行い、カメラ撮影時の一般的照明変動下にて十分な識別性能を維持可能であることを示した。提案方式を実際に PC で実装し、写真撮影による様々な劣化を想定したサンプル画像を用いて適合率、再現率等の識別性能を測定し、その他類似の画像識別方式と比べて高い性能を示すこと確認した。

提案する画像 ID 化方式を市販の携帯電話に JAVA アプリケーションとして実装し、実在する写真共有サイトと連携するプロトタイプを作成して検証を行った。印刷やディスプレイ表示された画像コンテンツを携帯電話付属のカメラで撮像し、撮像画像の補正、画像の ID 化 (特徴量の抽出)、同一画像判定の処理を端末内で実行した後、画像情報が提供されている画像共有のサイトへとリンクする一連の機能を実現した。実際に端末付属のカメラにより撮像したピンボケの画像や、照明の反射が写りこんだ画像などからでも、 $1s$  を切る速度で、画像 ID の取得と関連付けたメタデータに基づく結果表示が可能であることを確認し、本提案方式が、モバイル端末を用いた情報連携サービスとして十分なフィージビリティを有することを示した。

# Abstract

In the past, information (content) distribution services via telecommunication network were mainly one-way delivery means from a particular creator or provider to users. Recently, however, the advent of new information sharing services such as blogs and social network services has made it easy for ordinary users to transmit various information. Information linkages are facilitated by functions such as track-back, social tagging, and RSS feed, and huge information archives can be formed by linking different CGM (Consumer Generated Media). However, linkage functions are available only for information published by using specific systems and services. This dissertation presents some information linkage service models to help users to find related information or communicate with other users by using still images as starting points of reference. Furthermore, a technique to create image identifiers to retrieve target information is proposed. The still images themselves can be used as link anchors with the image identifier. Images in cyberspace as well as in realspace, for example, photographs printed on paper or displayed on outdoor signage, can be linked to information that is related to the target. A modern mobile terminal, such as a camera-equipped mobile phone, can perform the image capture, characteristics extraction, matching, and information retrieval functions. As a result, the image linkage services can be offered in the realspace by using the mobile terminal as a remote controller in a ubiquitous environment.

We propose three specific information linkage service models: the first is a social network service in which users can link to a related topic of conversation from image content in the real world, the second is a content distribution service with a mixture of media, for example, linking image content in physical media such as magazine or commercial films broadcasted on TV to web sites on a communication network, while the third is a content management service that handles metadata such as rights information. As for content management services, some content creators require their content to be individualized for each user in order to analyze the post-marketing distribution route or get user feedback. To meet their requirements, we

propose another information linkage method based on digital watermarking to be used instead of the identification method based on image feature extraction.

The image identifier is defined on the basis of spatial distribution characteristics of pixel mean values in the local area of the image, and images are identified by matching the identifier to images registered in a feature database. The image identifier definition algorithm yields a compact feature by extracting only a simple pixel “inclination value” in blocks partitioning the image ( $N$  blocks); each block is quartered and the difference between the average value of pixels in the target quarter and the average value of those in the remaining quarters is taken to be the “inclination” value of the block. The image is identified by calculating the coefficient of similarity, a function based on the inverse of the  $N$ -dimensional Euclidean distance and corrected for the influence of lighting effects in the environment in which the image was captured. This method has the advantage of being able to extract feature values from still-image content that has been altered by noise or lighting effect. It can also be implemented in a low-specification, mobile-phone environment, and it can determine whether two images are the same without having to make a connection to a server. The method gave good identification results in simulations with artificially illuminated sample images processed by photo-retouching software. The method was implemented on a PC and validated in experiments by calculating the recall and precision on images degraded by noise, image distortion, and lighting effects. The results show that it is superior to existing image identification methods.

Furthermore, a java application of the method was implemented on a typical modern cell-phone equipped with a camera. In an experiment in which an image printed on paper or one shown on a display was taken by the cell-phone, the target photo-sharing site related to the image was linked to by using the implemented function within 1 second, even though the photo had been distorted by lighting or noise. The results of the experiment thus demonstrated the feasibility of an information linkage service implementing this image identification method in a mobile terminal equipped with a camera.