

氏 名 阿部 剛仁

学位（専攻分野） 博士（情報学）

学位記番号 総研大 1291 号

学位授与の日付 平成 21 年 9 月 30 日

学位授与の要件 複合科学研究科 情報学専攻
学位規則第 6 条第 1 項該当

学位論文題目 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

論文審査委員 主 査 教授 東倉 洋一
教授 佐藤 真一
准教授 越前 功
准教授 計 宇生
教授 安田 浩（東京電機大学）
教授 曾根原 登

論文内容の要旨

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(CGM, Consumer Generated Media)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。本論文は、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。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と、物理メディアと放送・通信を融合化する情報連携サービスの提供モデルを具体化して提案する。

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示し、モバイル端末を用いた情報連携サービスとしてのフィージビリティを確認した。

また最後に、情報連携サービスの一つとして、複製や利用を積極的に認める共有志向コンテンツ(コモンズ・コンテンツ)として発信されるCGMに対し、関連する権利情報等を連携させる場合の必要条件や機能について考察する。権利情報の連携については、簡便で柔軟性のある方法が必要であり、画像ID化によるコンテンツ識別に加えて、電子透かしによる個体識別を実現し、高度な連携サービスを可能にする。コモンズ・コンテンツの自由な利用を極力妨げることなく、緩やかな管理を可能とするデジタル権利管理システム(DRMS, Digital Rights Management System)を提案し、これまで共有の意思を持ちながらも権利管理に不安を持つプロバイダ、フィードバック等が得られないため共有に関心が低かったクリエイター、コンテンツの権利関係に不安を持ち利用を躊躇していたユーザ等に対し、積極的にコモンズ・コンテンツを利用するための環境を提供する。

博士論文の審査結果の要旨

本研究は、流通する画像コンテンツへ直接リンクアンカーの設置を可能にする連携方式を考案して、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)へとリンクする簡便で汎用的な連携機能を実現し、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拡大するとともに、本技術により実現可能になる新たな情報連携サービスについての提案を行うものである。画像へのリンクアンカーの設置は、画像より特徴量を抽出して画像をID化し、取得した画像IDを基に画像を特定して行っている。画像の取得と識別、情報提示などは、現在広く普及しているカメラ付携帯電話で実現されており、実際のサービス提供を実現するうえで有効な手段である。

本論文の第1章では、研究の背景と目的について述べ、ターゲットとするサービスの明確化を行っている。

第2章では、既存の関連する情報連携の技術について整理し、提案する画像ID化方式と比較し特徴をまとめ、関連技術と提案方式の位置づけについて明確化している。そのうえで、想定するサービス要件と提案する画像ID化方式の機能・性能要求を検討し、設計方針を示している。

第3章では、画像の局所的色勾配に着目した画像ID化技術について述べている。局所領域で平均画素値の差分(勾配)を算出して勾配の系列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を提案している。ノイズや照明変動等の画像変形に対して耐性があり、デジタルデータのみならず、印刷物やディスプレイ表示等の実空間からのカメラ撮影により入力した画像に対しても、高い識別性能であることを示している。従来の画像識別技術に比べ簡易なアルゴリズムで実現し、これまでサーバでの実施が必須であった識別処理等を、低リソースのモバイル端末でも実装可能な方式である。提案の画像識別方式を市販の携帯電話に実装し、印刷やディスプレイ表示された画像コンテンツを撮像して端末内で画像ID化と照合を行い、対応する画像共有のサイトへとリンクする機能を実現した。カメラ撮影で生じる照明変動やボケ等の劣化にも影響を受けにくく、端末付属のカメラによって撮影した画像コンテンツからでも、高速に対応するメタデータを取得することができ、モバイル端末を用いた情報連携サービスとしての実現性を確認している。

第4章では、サイバー空間での情報連携手法として利用されているWebを中心としたコンテンツ管理、連携技術およびサービスについて述べ、本研究との関連性、適用性に等について論じた後、第3章にて提案の画像ID化技術を用いて実現可能な情報連携サービスについて述べている。サービスは先に記載のソーシャル・ネットワークの拡張の他、物理メディアと放送・通信を融合化する情報連携サービスについても提案を行って、その他の実現方式と比較し検討を行っている。

第5章では、コンテンツ流通の観点から情報連携サービスの適用を検討し、提案する画像ID化方式による識別を、コンテンツの権利情報連携に利用する利点、問題点、実現方式について検討している。CGM流通の台頭する現在のコンテンツ流通環境において、既存のDRMとの補完も考慮し整理し論じている。

本研究は、流通する画像コンテンツへ直接リンクアンカーの設置を可能にする連携方式

を考案するとともに、実空間(アナログ)・サイバー(情報)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)へとリンクする簡便で汎用的な連携機能を実現している。この結果、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拡大するとともに、本技術により実現可能になる新たな情報連携サービスについての提案を行う極めて実用性の高い技術である。また、国際会議、ジャーナル論文、特許出願、学会活動という研究開発から実用化にむけた一連の活動において、学術貢献、産業貢献を達成しており、学位に値するものと判断する。