

きときと写真を用いた現場情報提示方法の設計

福原遼^{†1} 福本駿^{†1} 石塚宏紀^{†2}
岩井将行^{†2} 瀬崎薫^{†3} 戸辺義人^{†4}

近年, 高性能カメラ, GPS 受信機, 地磁気センサ等を搭載する携帯電話が普及し, 人々は, 撮影時の位置情報や方向情報を伴った写真をいつでも容易に撮影可能となった. また, 携帯電話網の発展により, 撮影された写真は, ネットワークを通して瞬時に共有可能となった. 浅草など観光地の状況や災害発生時の状況などといった特定の現場に関する情報収集を目的とした場合, 不特定多数の人々から携帯電話で撮影された膨大な数の写真から如何に有用な写真を選択するかが大きな課題となる. そこで我々は, 携帯電話を用いて多人数によって撮影された膨大な写真から特定の現場の状況を的確に把握可能なシステムを提案する. 本稿は提案システムの設計及びプロトタイプの実装について述べる.

Design of Smart Presentation of Real-World Locations Using Kitokito

RYO FUKUHARA,^{†1} SHUN FUKUMOTO,^{†1}
HIROKI ISHIZUKA,^{†2} MASAYUKI IWAI,^{†2}
KAORU SEZAKI^{†3} and YOSHITO TOBE^{†4}

Smart phones equipped with several sensors such as a camera, a GPS receiver, an accelerator and a digital compass have been widespread in recent years. People using a smart phone can easily capture photos including location and angle information about the captured spot. Moreover, they can instantly send the taken photo to an internet-connected storage. Smart phones enabled us to take a photo anywhere at anytime. However, in a particular event such as sightseeing with friends and information gathering in the disaster area, we cannot extract important scenes from a huge storage of photos taken by many users. Therefore, we propose KAZE system, which can grasp the specific on-site situation from enormous photographs, collected using a cell-phone by many people precisely.

1. はじめに

現在, Tweetpic や Flickr などの写真共有サイトが広まりつつある. こうした写真共有サイトが広まった一つの理由に携帯電話網の発展により, 撮影した写真をネットワークを介して瞬時に共有可能となったことが挙げられる. また, 近年の携帯電話は, 高性能カメラ以外に GPS 受信機, 地磁気センサ等を搭載するものが普及しており, 位置などの撮影時の環境情報を伴った写真の撮影が可能である. Tweetpic や Flickr でも, 写真だけでなく, 撮影時に取得した環境情報もあわせて共有することができる. しかしながら, Tweetpic や Flickr などの写真共有サイトは個人で撮影した写真を共有するシステムであり, 特定の現場の状況を知るという点においては適していない. また, 身の回りで起こっている出来事をインターネットを介して周知する手段として Twitter 利用が多くみられる. Twitter の特徴は即時性である. 情報発信者が, 見聞したことを即時発信することにより, Twitter メッセージの受信者は, 「つい, この数分前に起きた」ことを知ることができる. しかしながら, Twitter は文章を用いて情報発信を行うため, 起こっている出来事を正確に伝えるのは写真に比べると受け手の解釈に依存するため難しい. そこで, 我々は不特定多数の人が撮影位置, 向き, その他の付帯情報と共に携帯電話カメラで撮影した写真をサーバにアップロードすることで現場の状況を共有することのできる, きときと写真システム¹⁾を開発した. きときと写真システムは, 写真を撮影した瞬間にネットワーク上に存在するサーバにアップロードすることで操作容易性を高め, 多くの付帯情報付き写真を集めることができる. 浅草など観光地の状況や災害発生時などの特定の現場に関する情報収集を目的とした場合, 不特定多数の人々からきときと写真システムが収集した膨大な数の写真から如何に有用な写真を選択するかが大きな課題となる. この問題を解決するために我々は, 写真と写真に付加した環境情報を用いて撮影された写真と付加されている環境情報を用いて現場の状況を正確に把

^{†1} 東京電機大学大学院 未来科学研究科
Graduate School of Science and Technology for Future Life, Tokyo Denki University

^{†2} 東京大学 生産技術研究所
Institute of Industrial Science, the University of Tokyo

^{†3} 東京大学 空間情報科学研究センター
Center of Spatial Information Science the University of Tokyo

^{†4} 東京電機大学 未来科学部
School of Science and Technology for Future Life, Tokyo Denki University

握できる KAZE システムを提案する。KAZE では、現場を特定するために位置情報に基づいたクラスタリングを行い、現場ごとのクラスタ内から現場状況が分かる写真を「ランドマークに基づいた現場状況提示手法 (LB 法)」と「写真の情報量に基づいた現場状況提示手法 (EB 法)」の 2 種類の手法を用いて抽出する。本稿では、KAZE の設計及びプロトタイプ実装について述べる。

2. 関連研究

携帯電話で撮影された写真を利用した研究は数多くあり、これらの研究では、写真の共有方法について研究がなされている。MobShare⁴⁾ は SNS 型の写真共有システムであり、デジタルカメラや携帯電話で撮影された写真を Web 上にアップロードし共有するシステムである。MMM⁵⁾ は携帯電話で撮影した写真と環境情報を Bluetooth 通信を用いて瞬時に周囲にいる人と共有できるシステムである。後続研究である MMM2^{3),6)} は位置情報の秘匿性を保ちつつ、他のユーザに対して情報共有ができる。これらの研究は、個人が撮影した写真を不特定多数の人々と共有するシステムであり、現場状況を把握するに不向きである。本研究では、不特定多数の人々により撮影された写真の中から現場状況に適した写真の取捨選択を行い、共有する。

また、青木、米村⁷⁾ や寺田、佐野⁸⁾ らの研究は、携帯電話によって撮影された写真と付加された環境情報を用いて災害状況の把握に利用する研究を行っている。これらの研究では位置情報のみ利用しているのに対し、我々の研究では、方向情報も用いて把握する。さらに、収集した写真をそのまま利用すると、閲覧者が多くの写真を見て状況を判断する必要があるため、提案システムでは冗長な写真を省くことにより、状況把握に必要な写真のみを抽出することにより状況把握を迅速におこなう。

3. きときと写真システム

本手法では写真を収集する機構として、我々が開発した、きときと写真システムを利用する。きときと写真システムは写真を撮影した瞬間に撮影画像とともに位置情報と方向情報をサーバにアップロードするシステムである。不特定多数の人々が撮影した写真を共有する際の手間となるアップロード作業を自動化することにより、より多くの最新の写真を集めることができる。図 1 にきときと写真システムのシステム図を示す。

クライアントは自分の周囲に起きた出来事を携帯電話を用いて、レポートする。クライアントは、GPS 受信機と地磁気センサが搭載されている携帯電話を使用する。写真が撮影さ

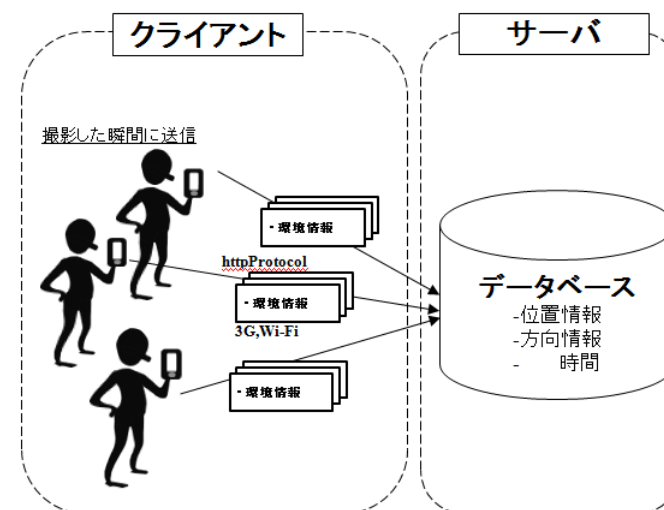


図 1 きときと写真システム

れた瞬間に撮影時の位置情報、方向情報を伴いサーバに送信することで、撮影者の写真アップロードにおける手間を省くことができる。図 2 にきときと写真システムのプロトタイプを示す。

サーバでは、クライアントから送られてきた写真を R-Tree をもとにしたデータ構造に蓄積する。そのため、空間領域においてスケーラビリティを保持できる。

4. 研究課題

我々は、きときと写真システムを用いて不特定多数の人々によって撮影された写真から特定の現場の状況を提示する手法を提案する。その際に、以下の課題が生じる。

課題 1：地点別写真クラスタの生成

多人数により撮影された膨大な写真の位置情報を利用し、各写真を地点別写真クラスタに分割する。

課題 2：現場状況サマリーの生成

地点別クラスタ内の写真群から現場状況を迅速に把握可能な写真を選択したサマリーを生成する。



図 2 きときと写真のプロトタイプ

5. KAZE

KAZE は位置情報に基づいてクラスタリングを行い、現場ごとのクラスタ内から現場状況を正確に把握できる写真を抽出システムである。携帯電話で撮影された現場写真と環境情報を収集する機構と収集したデータを基に写真の順序付けを行う機構の 2 つで構成される。前者はきときと写真システムを利用する。図 3 にシステム概要を示す。

6. 提案手法

我々は、KAZE の実現に際し、2 種類の課題を抽出した。本章では、2 種類の課題を解決する手法を提案する。

6.1 地点別写真クラスタの生成法

本システムにおいて、写真撮影者は、何か出来事が起こっている、ある特定の現場の写真を撮影することを前提としている。そのため、位置情報を伴った収集した写真を、2 次元平面上に写真を展開すると、現場ごとに分類可能となる。そこで、我々は、撮影時の緯度、経度を利用して写真を分類することで、地点別写真クラスタを生成した。現場の数を分類前に特定できないため、我々は、分類手法として X-means 法²⁾ を利用した。

6.2 現場状況サマリー生成法

現場写真クラスタ内の写真群から現場状況を迅速に把握可能な現場状況サマリーを生成する手法として 2 種類の方法を考える

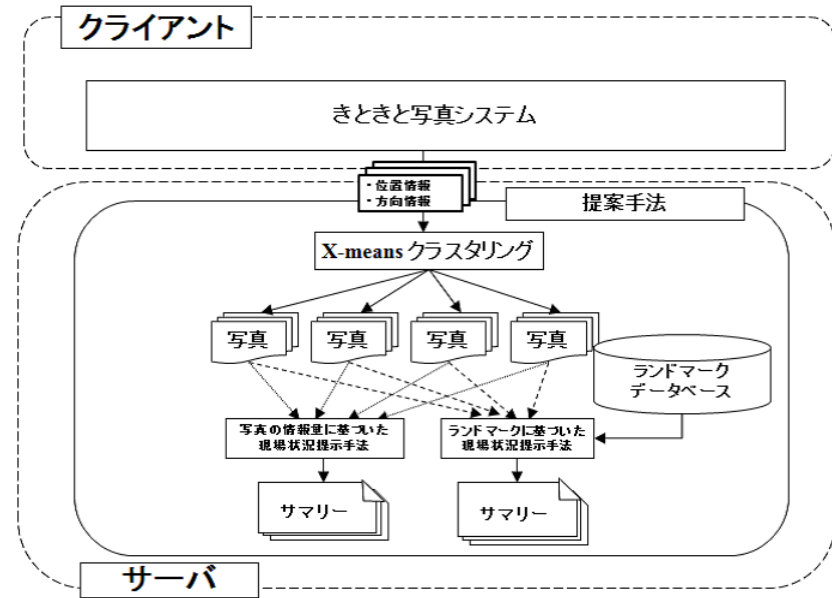


図 3 KAZE 概要図

6.2.1 ランドマークに基づいた現場状況提示手法 (LB 法)

本手法は、撮影対象となりうるランドマークを予め把握しておくことによって、地点別写真クラスタ内からランドマークの全体像を正確に捉えた写真の抽出を行う。ランドマークの全体像を正確にとらえた写真を抽出するための要素を以下のように定義し、定義を用いて写真に値付けを行う値が高いものから順に現場状況サマリーに抽出される。

1. 撮影方向差：ランドマークの正面方向と写真の撮影方向との差
2. 最適撮影距離関数：ランドマークの全体像が写真内に存在する

ランドマーク i の緯度経度情報を二次元平面上の座標に変換した lat_i, lon_i 、正面となる方向情報 θ_i 、高さ h_i と幅 w_i とし、写真 j の緯度経度情報を二次元平面上の座標に変換した lat_j, lon_j 、撮影方向 η_j 、焦点距離 f_j 、撮影素子の高さ h_j と幅 w_j とする。

撮影方向誤差 $\cos \phi_j$ を求めるために、ランドマーク i の正面方向の単位ベクトル v_i と写真

j の撮影方向の逆ベクトル v_j を極座標変換により求め、2 つのベクトルの内積を撮影方向誤差とする。(式 3)

$$\vec{v}_i = \begin{pmatrix} \sin \theta_i \\ \cos \theta_i \end{pmatrix} \quad (1)$$

$$\vec{v}_j = - \begin{pmatrix} \frac{\tan \theta_i - \tan \eta_j \times \tan \theta_j}{\tan \theta_i - \tan \eta_j} - \tan \theta_j \\ \frac{\tan \theta_i - \tan \eta_j \times \tan \theta_j}{1 - \frac{\tan \eta_j}{\tan \theta_i}} - \tan \theta_j \end{pmatrix} \quad (2)$$

$$\cos \phi_j = \frac{|\vec{v}_i \cdot \vec{v}_j|}{|\vec{v}_i| \times |\vec{v}_j|} \quad (3)$$

次に、写真内にランドマークの全体が写る最適な距離 dh_{i0}, dw_{i0} を焦点距離 f_j 、と撮影素子の高さ h_j と幅 w_j より求める。撮影距離 d_j は撮影位置 lat_j, lon_j とランドマークの位置 lat_i, lon_i のユークリッド距離により求める。この時、最適な距離 dh_{i0}, dw_{i0} と撮影距離 d_j は正規分布に準ずるとし、最適撮影距離関数 $f(d_j)$ を式 6 により求める。標準偏差 σ は $\frac{1}{\epsilon} d_{i0}$ とする。

さらに、撮影方向誤差 $\cos \phi_j$ と最適撮影位置 $f(d_j)$ の各値にそれぞれ重みづけを行い、写真の値 Val_j を求める。(式 7) ランドマークに基づいたサマリー生成アルゴリズムの詳細を図 4 に示す。

$$d_j = \sqrt{(lat_i - lat_j)^2 + (lon_i - lon_j)^2} \quad (4)$$

$$dh_{i0} = \left((h_i \times 1000) \times 2 - 1.3 \right) \times \frac{f_i}{h_j}$$

$$dw_{i0} = \left((w_i \times 1000) \times 2 - 1.3 \right) \times \frac{f_i}{w_j} \quad (5)$$

$$f(d_j) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \times \frac{1}{\epsilon} d_{i0}} \exp \left(- \frac{(d_j - d_{i0})^2}{2 \times \left(\frac{1}{\epsilon} d_{i0} \right)^2} \right) \quad (6)$$

$$Val_j = (\alpha \times \cos \phi_j) + (\beta \times f(d)) \quad (7)$$

```

1. Input: landmarkList, photosList
2. Output: photo's value by Landmark-based proption
3. I: for  $i \leftarrow 0$  to number of landmark do
4.   flag  $\leftarrow$  true;
5.   point( $x_p, y_p$ )  $\leftarrow$  ( $lat_p, lon_p$ );
6.   landmarkFrontDirectionVector  $\leftarrow$   $v_i$ ;
7.   p: for  $j \leftarrow 0$  to number of photos do
8.     direction:
9.       photoValue  $\leftarrow$  0;
10.      directionEvaluationValue  $\leftarrow$  0;
11.      point( $x_s, y_s$ )  $\leftarrow$  ( $lat_s, lon_s$ );
12.      line  $\leftarrow$   $\tan \alpha_j + (\text{point}(y_j) - \tan \alpha_j * \text{point}(x_j))$ ;
13.      distancePointAndLine  $\leftarrow$  Distance(point( $x_s, y_s$ ), line);
14.      if  $r_j >$  distancePointandLine then
15.        flag  $\leftarrow$  false ;
16.         $j \leftarrow j + 1$ ;
17.        goto : p;
18.      ifEnd
19.      PhotoDirectionVector  $\leftarrow$   $v_j$ ;
20.      innerProduct  $\leftarrow$   $\cos \phi_j$ ;
21.      directionend
22.      optimumDistance :
23.      distanceEvaluationValue  $\leftarrow$  0;
24.       $d_{j0} \leftarrow$  0
25.      if  $h_j >$   $w_j$  then  $d_{j0} \leftarrow dh_{j0}$ ;
26.      else  $d_{j0} \leftarrow dw_{j0}$ ;
27.      ifend
28.      distanceEvaluationValue  $\leftarrow$   $f(d_j)$ 
29.      optimumDistanceEnd
30.      photoValue  $\leftarrow$   $\alpha * \text{directionEvaluationValue} + \beta * \text{distanceEvaluationValue}$ ;
31.       $j \leftarrow j + 1$ ;
32.    p End
33.     $i \leftarrow i + 1$ ;
34.  I End

```

図 4 Landmark-Based Method Algorithm

6.2.2 写真の情報量に基づいた現場状況提示手法 (EB 法)

本手法は、写真における RGB 要素の平均情報量を用いて地点別写真クラスタ内から写真を選択する。写真の RGB 要素の出現確率を計算する際、RGB の各値を m 段階に量子化する。写真 j の全画素数を N 、 i 番目の量子化レベルにある画素数を n_i としたときに、 i 番

目の出現確率 p_{ij} は 8 となる. 写真 j の RGB 要素の平均情報量 H_j は, 9 のように求めることができる. H_j は写真 j に含まれる情報の豊富さを示しており, H_j が高い値を順に順序付けを行う.

$$p_{ji} = \frac{n_i}{N} \quad (8)$$

$$H_j = - \sum_{i=1}^m p_{ji} \log_2 p_{ji} \quad (9)$$

7. プロトタイプ実装

提案手法の実装は Java SE6 を用い, DBMS に PostgreSQL8.3.11 を用い, 位置情報を使用するため, 拡張ライブラリの PostGIS を使用した. 各提案システムのモジュールを下記に示す.

- PhotoRanking,
- DBconnection,
- XMeans,
- CalculateAngle,
- CalculateOptimunDistance,
- CalculateEntropy,
- Sort.

PhotoRanking はメインクラスである. DBconnection はサーバ内のデータベースにアクセスし, 写真とその付加情報, ランドマークの情報を取得する. XMeans は X-means 法を用いて写真データのクラスタリングを行い, その結果を返す. ランドマークに基づいた現場状況提示手法を行うにクラスは CalculateAngle と CalculateOptimunDistance である. まず, CalculateAngle で $\cos \phi_j$ を, CalculateOptimunDistance で $f(d_j)$ を求め, メインクラスに Val_j を返す. 写真の情報量に基づいた現場状況提示手法を実行するクラスは CalculateEntropy である. このクラスで H_j を求める. 以上の 2 つの手法により値を計算し, Sort により降順ソートを行い, 値が大きいものから優先的にサマリーの総数に達するまで写真が抽出される. 図 2 にシーケンス図を示す.

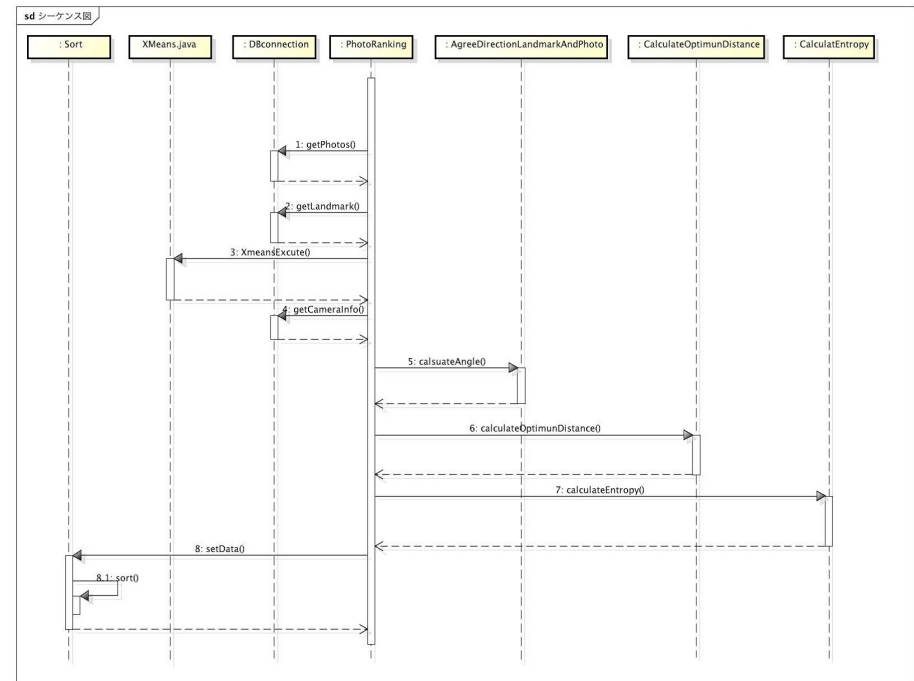


図 2 提案手法手法 シーケンス図

8. 予備実験

LB 法では, ランドマークの全体像を正確にとらえた写真のサマリーを生成するために, 撮影方向誤差と最適撮影距離関数を定義した. この 2 つの定義の有効性を検証するために, 予備実験を行った.

8.1 実験方法

まず, 撮影方向差に基づくアルゴリズムを適用し作成したサマリーと, 適用せずに作成したサマリー内の上位 20 % の写真に対し, 写真内にランドマークが含まれているか否かを検証する. これにより, 撮影方向誤差をアルゴリズム内に適用すべきか検証する. 最適撮影距

表 1 実験結果

	適用なし	適用あり
撮影方向誤差	64%	89%
最適撮影距離関数の評価値	664	864

距離関数に基づくアルゴリズムを適用し作成したサマリーと、適用せずに作成したサマリー内の 20 枚の写真に対し、写真内にランドマークが占める割合を計算する。写真を 60 ピクセルごとに横 8 グリッド、縦 6 グリッドの 48 グリッドにわけ、写真内に 1 グリッド以上含まれていれば、ランドマークが含まれているとする。また、写真内にランドマークが写っているグリッド数を s 、ランドマークの実際の幅または高さを 3 つの領域に分けたものうち含まれている領域数を t とし、 s と t を掛け合わせたものを写真内にランドマークが占める割合の評価値とする。検証に使用する写真は、東京都内のめぐり、きときと写真アプリケーションをインストールした Android 搭載の携帯電話 (HTC Nexus One Android 2.2) を使用し、撮影した 198 枚の写真を使用した。また、写真収集の際、方位情報の精度を高めるため、地磁気センサ (GARMIN 製) を用いて、取得した方位と携帯電話で取得中の方向情報を比較し、同じ値を示すことを確認してから写真撮影を行った。

8.2 実験結果

表 1 は結果である。撮影方向差を適用しなかった場合ランドマークが写真内に存在する割合は上位サマリーの 20% の写真のうち 64% であるのに対し、適用した場合 89% となり 25% も多くなる。サマリーの写真総数を 20 枚と仮定するとその差は 5 枚にもなる。この結果より LB 法において撮影方向誤差を定義することは重要であるといえる。また、最適撮影距離関数を適用しなかった場合、評価値の総合値は 664 であるのに対し、適用した場合は 864 となることが読み取れる。したがって、LB 法において定義したアルゴリズムを用いることは有効である。

9. まとめ

本稿ではきときと写真を用いて収集された写真から、特定の現場の状況把握を迅速に行う

KAZE システムを提案した。現場ごとのサマリーを作成するために地点別写真クラスタを生成したのち、ランドマークに基づいた現場状況提示手法 (LB 法) と写真の情報量に基づいた現場状況提示手法 (EB 法) の 2 種類のサマリー生成手法を用いて、現場の状況把握に適したサマリーを生成する。また、ランドマークに基づいた現場状況提示手法 (LB 法) において提案するサマリー生成アルゴリズムが有効であるかを検証するため、予備実験をおこなった。今後は、プロトタイプを用いて写真の情報量に基づいた現場状況提示手法 (EB 法) の有効性を検証したのち、多くのサンプルから最適なサマリー生成アルゴリズムを選択する。また提案した 2 つのサマリー生成アルゴリズム以外にも、写真解析を用いた画像解析に基づいた現場状況提示手法の提案を行う予定である。

参考文献

- 1) H. Ishizuka, M. Iwai, K. Sezaki, R. Fukuhara, S. Fukumoto, T. Nishimoto, S. Konomi, Y. Tobe and R. Shibasaki, "Kitokito Photographs: Mobilephone Geo-coded Images with Sensor Information" *Proc. of Int'l Symp. on GPS/GNSS*, 2010.
- 2) D. Pelleg and A. Moore, "X-means: Extending Kmeans with Efficient Estimation of the Number of Clusters", *Proc. of Int'l Conf. on Machine Learning*, 2000.
- 3) M. Davis, N. Van House, J. Towle, S. King, S. Ahern, C. Burgener, D. Perkel, M. Finn, V. Viswanathan, and M. Rothenberg. "MMM2: Mobile media metadata for media sharing", *In Extended Abstracts of the Conference on Human Factors in Computing Systems, Portland, OR, April 2005*
- 4) R. Sarvas, M. Viikari, J. Pesonen and H. Eevanlinna, "MobShare: Controlled and Immediate Sharing of Mobile Images", *ACM Press, In Proc. MM2004*, pp.724-731, Dec.2004.
- 5) R. Sarvas, E. Herrarte, A. Wilhelm, M. Davis, "Metadata creation system for mobile images", *In Proceedings of the 2nd International Conference on Mobile Systems, Applications, and Services, Boston, MA, June 2004*
- 6) R. Nair and M. Davis. "Bluetooth pooling to enrich co-presence information", *In Adjunct Proceedings of the 7th International Conference on Ubiquitous Computing, Tokyo, Japan, September 2005*
- 7) 青木政勝, 米村俊一, 下倉健一朗 "GPS 携帯電話を用いた災害時情報共有システム", 情報処理学会研究報告. (ITS) pp.163-168, (2006).
- 8) 寺田守正, 佐野嘉紀, 井上明, 金田, 重郎, "ウェブを活用した災害初期対応システム A Web-GIS for Initial Stage of Disasters", 同志社政策科学研究 8(2), pp.257-266, (2006)