

携帯端末を用いた全方位パノラマ画像作成システムの試作

東剛秀^{†1} 田中貴章^{†1} 松下翔太^{†1}
杉田裕次郎^{†2} 白沢竜馬^{†2} 亀澤健太^{†2}
山之上卓^{†3} 下園幸一^{†3} 小田謙太郎^{†3}

全方位パノラマ画像を個人で気軽に安価に作成するためのシステムを、カメラやセンサが搭載されているスマートフォンと、インターネット上のサーバを組み合わせ開発している。今回、このシステムの試作について報告する。

Experimental Implementation of an Omni-directional Panoramic Image Stitching System with Smart Phone

Takahide Higashi^{†1} Takaaki Tanaka^{†1} Shota
Matsushita^{†1} Yujiro Sugita^{†2} Ryoma Shirasawa^{†2}
Kenta Kamezawa^{†2} Takashi Yamanoue^{†3} Kouichi
Shimozono^{†3} and Kentaro Oda^{†3}

We propose a system to generate high-quality, high-resolution, perfect panoramic image for personally, simply, and economical with a smart phone equipped with a camera and sensors, and a server connected with the Internet over 3G networks.
This time, it reports on making this system for trial purposes.

1. はじめに

近年、インターネットの発達により、ほとんどの家庭で、ストレス無く大容量のデータを送受信できるようになった。

それに伴い、カメラ付き携帯電話の普及、個人ホームページやブログや SNS 等の普及により、デジタル写真を利用する機会が増加している。

一方、全方位パノラマ画像というものを目にする機会が増加した。これはある地点から 360 度分の写真を撮影し、切れ目なく繋ぎあわせた画像で、通常の写真と比べて広い範囲を写真に収めることができる為、臨場感があると考えられる。全方位パノラマ画像とインターネットを組み合わせることで、以下のようなことが実現可能となる可能性がある。

- ユーザ投稿による、ユーザが実際にその場にいるかのように周りの景色を見渡せるサービス
- SNS 等への全方位パノラマ画像の投稿
- ユーザ視点での観光施設等の紹介
- 全方位パノラマ画像共有サービス

現在、全方位パノラマ画像を撮影する為には、写真を撮影するデジタルカメラ、カメラを固定する雲台、専用のアプリケーションを用意して、撮影した複数の写真から全方位パノラマ画像を合成する方法と、専用のカメラ¹⁾を用いて撮影する方法がある。

しかし、撮影した複数の写真から全方位パノラマ画像を合成する方法では、通常のカメラではカメラの仕様通りの写真しか撮影できないため、通常のカメラで全方位パノラマ画像を作成すると、作成した全方位パノラマ画像の品質が低くなってしまいう可能性がある。また、専門の撮影技術等が要求されるため、一般のユーザが撮影するのは難しいのが現状である。また、専用のカメラを用いる方法では、専用のカメラ自体が非常に高額であるため、一般のユーザが所持するのは難しい。

また、写真の合成用にパノラマ画像作成アプリケーションが存在する。パノラマ画像作成アプリケーションでは、写真から特徴点と呼ばれる箇所を探索し、特徴点が重なる場所を合成する²⁾。(図 1 参照)しかし、空や壁等からは特徴点が抽出できず、正

^{†1} 鹿児島大学工学部情報工学科
Information Engineering, Kagoshima University

^{†2} 鹿児島大学大学院理工学研究科
Graduate School of Science and Engineering, Kagoshima University

^{†3} 鹿児島大学学術情報基盤センター
Computing and Communications Center, Kagoshima University

しい結果が得られないことがある為、撮影の際にできるだけ特徴のある物を含むように撮影しなければならない。

そこで今回は、誰でも手軽に全方位パノラマ画像を作成できるようにすべく、システムを考案、試作した。

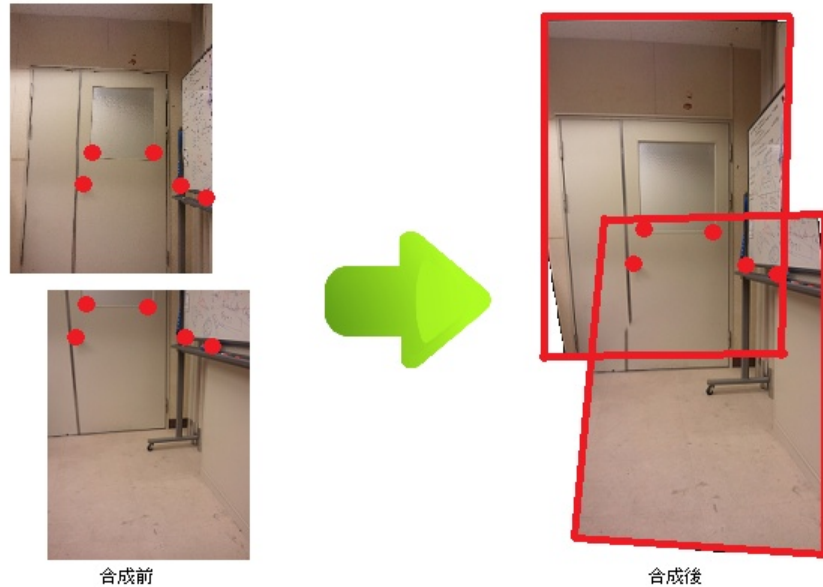


図 1 特徴点から写真を合成

2. 提案システムの概要

今回考案したシステムの概要は、以下のようになる。

- ユーザが任意の場所でスマートフォンを用いて全方位パノラマ画像を撮影し、全方位パノラマ画像をインターネット上の画像処理サーバにアップロードする。
 - 画像処理サーバはユーザからのファイルを受信し、受信した画像を基に全方位パノラマ画像を作成する。
 - 完成した全方位パノラマ画像をユーザに送信する。
- システムの概要図は図 2 に示す。



図 2 提案システムの概要

2.1 必要な技術

今回考案したシステムを実現する為に必要な技術は、以下のようになる。

- 全方位パノラマ画像を撮影する機材
- 現在位置を取得する GPS センサ
- インターネット上の画像処理サーバに全方位パノラマ画像を転送する通信機器
- 全方位パノラマ画像を受信し、センサ情報を基に全方位パノラマ画像を作成する画像処理サーバ

3. 開発方針

今回はスマートフォンを用いてパノラマ画像を作成するシステムを開発した。

スマートフォンを採用した理由として、一般のユーザでも入手が容易である、携帯性に優れている、高画質なカメラ機能が搭載されている、GPS センサや加速度センサや地磁気センサ等の各種センサが搭載されている、インターネット通信機能が搭載されている、という点が挙げられる。

スマートフォンに搭載されている加速度センサと地磁気センサを利用することで、カメラの向いている方角、仰俯角を正確に記録しながら撮影をすることができる。こ

れにより、全方位パノラマ画像を作成するのに必要な画像を全て撮影できているかどうかを判断することができる。さらに、加速度センサを利用することで、手振れが抑えられている瞬間に撮影をすることが可能になる。

今回は、Java で開発のできる Android 端末上で動作するアプリケーションを開発した。

3.1 既存の関連技術

現在、Android 用のアプリケーションストアである Android Market 上には、既に Robot View³⁾という全方位パノラマ画像作成用アプリケーションが存在する。

Robot View で撮影した全方位パノラマ画像を図 3 に示す。



図 3 Robot View による全方位パノラマ画像作成例

このアプリケーションでは、合成精度や画像の解像度が悪くなっている。著者は、全ての処理をスマートフォンのみで行っているために合成精度が悪くなっているのではないかと考え、改善策を考案した。

3.2 改善策

写真の撮影をスマートフォンで行い、写真の合成を画像処理サーバで行うことで合成精度を改善できるのではないかと考えた。

また、特徴点の発見できない空や壁等を撮影した場合でも、撮影された時点でのセンサ情報を基に、正しく写真を合成することが可能になるのではないかと考えた。

4. システムの実装

本システムでは、ユーザがセンサ及び GPS を搭載したスマートフォンを用いて、屋内外等の様々な場所で撮影することを想定している。

ユーザはスマートフォン上で動作している本アプリケーションの指示に従い全方位パノラマ画像の作成に必要な写真を撮影する。この時に撮影した瞬間の加速度センサ情報と地磁気センサ情報と GPS 情報をファイルに記録する。撮影した写真と加速度センサ情報と地磁気センサ情報と GPS 情報はインターネットを介して画像処理サーバに転送する。

画像処理サーバでは PHP を動作させておき、送信されたファイルを一時的に保存する。パノラマ画像作成アプリケーションを用いてスマートフォンから送られてきた写真とセンサ情報を基にパノラマ画像を作成する。作成した画像にプライバシー保護のための処理を行った後、作成した画像はインターネットを介してスマートフォンに転送する。

本システムを実現するために、スマートフォンのアプリケーションでは以下を組み合わせ合わせて試作した。詳しくは 4.1 節で述べる。

- カメラ機能
- 加速度センサ
- 地磁気センサ
- GPS 機能
- オーバーレイ機能
- 通信機能

また、画像処理サーバでは以下を組み合わせ合わせて試作した。詳しくは 4.2 節で述べる。

- PHP
- PTGui⁴⁾
- OpenCV⁵⁾

4.1 スマートフォン

撮影した写真には GPS 情報を付加するようにした。これは設定画面から ON, OFF の切り替えができるようにしている。GPS 情報を写真に付加することにより、どこで撮影された全方位パノラマ画像かが分かるようになる。

また、ユーザに撮影状況を分かりやすく伝えるために、カメラのプレビュー画面に 3 つのオーバーレイを重ねて表示している。オーバーレイ撮影状況をリアルタイムに表示することが可能であるので、ユーザはカメラで撮影を行いながら撮影状況を把握することができる。

オーバーレイは役割毎に以下のように分かれている。

- 仰俯角と方位を表す長方形を表示するもの

- 撮影した写真を対応する仰俯角と方位の位置に縮小して表示するもの
- スマートフォンが向いている方向に対応する仰俯角と方位の位置を示し、同時にユーザに文字による情報を与えるもの

以上のオーバーレイを実際のスマートフォンでは図4のように表示している。



図4 撮影画面のスクリーンショット：使用しているオーバーレイ
ユーザが撮影の終了を決定すると、撮影した写真とセンサ情報等を記録したファイルがインターネットを介して画像処理サーバにアップロードされる。

今回、インターネット通信には Jakarta Commons の HttpClient⁶⁾ という外部ライブラリを採用した。

また、後の 4.2.1 節で述べる仮想特徴点で利用するため、撮影を行いながら加速度センサと地磁気センサの値をファイルに保存するようにしている。

4.2 画像処理サーバ

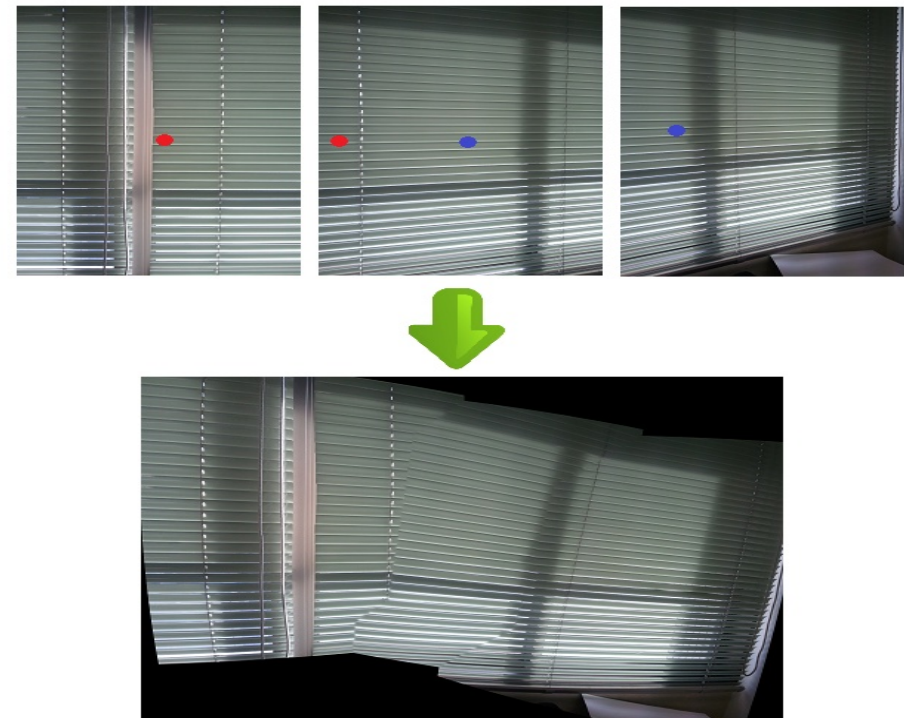
インターネット上のサーバで PHP を動作させておく。PHP は受信したファイルを一時的にローカルに保存する動作を行う。

受信したファイルをパノラマ画像作成アプリケーションである PTGui に入力し、パノラマ画像を作成する。PTGui では、入力された画像から特徴点を抽出し、それを基に画像を合成することができるが、特徴点のない空や壁等からは特徴点が抽出できず、正しい結果が得られない。

4.2.1 仮想特徴点

そこで、この問題を解決する為に、撮影時に方位、仰俯角を記録しておき、パノラマ画像作成時に特徴点が検出できなかった場合は撮影時の方位や仰俯角を基に、対応していると思われる位置に自動的に特徴点を付加するようにした。

実際にこの手法で合成した写真を図5に示す。仮想特徴点を配置する前の状態では合成すらできなかったが、配置後は合成が可能となった。



4.2.2 プライバシー保護機能

将来、このシステムで作成した全方位パノラマ画像を安全に公開、利用できるよ

にするために、今回はコンピュータビジョン向けライブラリである OpenCV を用いて、顔検出機能を作成した。

画像内から顔を検出すると、顔の存在する範囲にぼかし処理を行うようにしている。実際に今回作成したプライバシー保護機能で画像処理を行った画像を図 6 に示す。



図 6 作成したプライバシー保護機能による画像処理

今回試作した画像処理サーバの動作をまとめると、以下のようになる。

- ユーザから送信されたファイルを受信し、一時的に保存する。
- パノラマ画像作成アプリケーションである PTGui に自動的に画像を入力する。(実装予定)
- 写真から特徴点が得られず、パノラマ画像の作成ができない場合には、センサ情報から得られた仮想特徴点を基にパノラマ画像を作成する。
- 完成したパノラマ画像を OpenCV で作成された顔検出プログラムに入力し、顔が写っている部分にぼかし処理を行う。
- ぼかし処理を行ったパノラマ画像をユーザに送信する。
- 作成したパノラマ画像は画像処理サーバに保管されているので、外部からの参照等も可能。

5. 結果

今回試作したシステムを以下の表 1 に示す機器に実装し、評価を行った。また、作成された全方位パノラマ画像を図 7 に示す。

表 1 使用した機器

	OS	CPU	メモリ
スマートフォン	Android 2.2	S5PC110	512MB
画像処理サーバ	Windows 7 Professional	Celeron T3100	2GB

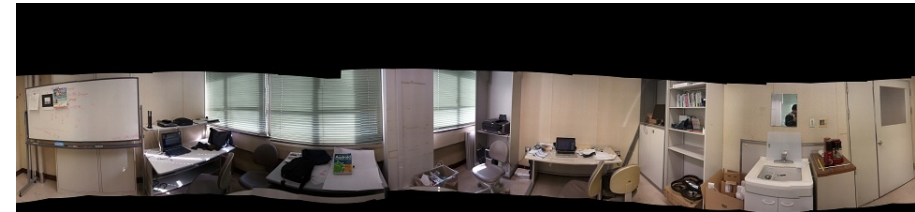
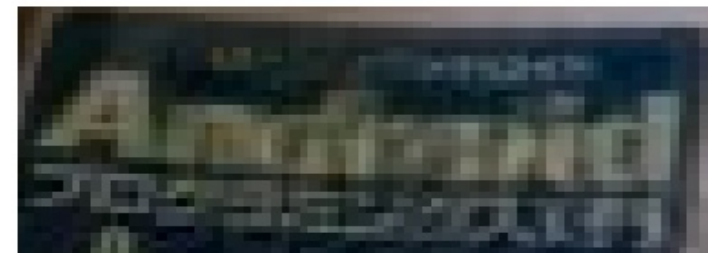


図 7 試作したシステムで作成した全方位パノラマ画像

画像の一部を拡大し、既存のアプリケーションである Robot View で撮影した画像と比較したものを図 8 に示す。



Robot Viewで撮影した画像



試作したシステムで撮影した画像

図 8 既存のアプリケーション（上）と試作したシステム（下）の解像度比較

詳細を比較した表を表2に示す。また、試作したシステムの処理時間はスマートフォンから画像処理サーバへのファイル転送時間を含めたものであり、Wi-Fiで通信を行った。

表2 既存アプリケーションと試作したシステムの比較

	画像サイズ (ピクセル)	解像度(dpi)	撮影時間 (秒)	処理時間 (秒)	画像容量 (MB)
Robot View	3000×1500	96	47	183	0.235
試作したシステム (プライバシー 保護機能なし)	19241×4470	300	79	546	41.2
試作したシステム (プライバシー 保護機能あり)	19241×4470	300	79	649	41.2

今回試作したシステムにより、既存のアプリケーションよりも高品質な全方位パノラマ画像作成が可能になったと言える。しかし、撮影時間や処理時間が既存のアプリケーションと比べ、悪い結果となってしまっている。これは、通常のPCを用いて画像処理を行ったので、結果が悪くなってしまったのではないかと考えられる。

6. まとめ

今回、スマートフォンでの全方位パノラマ画像作成システムを実現するために、システムの考案、Android端末上で動作するアプリケーションの開発、仮想的に特徴点を求める技術の実装、プライバシー保護機能の実装をし、スマートフォンで撮影を行える全方位パノラマ画像作成システムを試作した。

今後は、撮影時間や処理時間の短縮、プログラムの完全自動化、仕様の違うカメラへの完全対応等を行う予定である。

参考文献

- 1) Immersive Media, <http://www.immersivemedia.com/products/capture.html> (アクセス日: 2011/01/26)
- 2) Matthew Brown and David G. Lowe (2007). Automatic panoramic image stitching using invariant features International Journal of Computer Vision 74(1), 59-73.
- 3) Robot View: Android Phone Panorama Stitcher, <http://theveganrobot.com/> (アクセス日: 2011/01/06)
- 4) photo stitching software 360 degree panorama image software, <http://www.ptgui.com/> (アクセス日: 2010/11/04)

- 5) Gary Bradski, Adrian Kaebler 共著「詳解 OpenCV」オーム社(2009), pp.517-524
- 6) HttpComponents - HttpComponents Overview, <http://hc.apache.org/> (アクセス日: 2011/01/13)