

USBカメラを利用した合成超広角画像システムの開発 Development of Synthesized Extra-Wide Vision System for USB Cameras

金野 僚一†
KANENO Ryoichi

鈴木 昭二十
SUZUKI Sho'ji

1. まえがき

広い視野の画像を得るために、広角画像が用いられている。広角画像は標準レンズを用いたカメラ画像より視野範囲が広く、カメラの正面に対して大きな角度をなす位置にある被写体が撮影される特徴があり、監視や周囲環境の観測に有効である。

広角画像を取得する手段として、魚眼カメラ（魚眼レンズを取り付けたカメラ）を用いる方法がある。魚眼カメラで撮影した画像は180度程度の超広角な画像を取得できる一方、画像が歪む。そのため、視認性のよい画像を得るためには、レンズの光学的パラメータに基づき魚眼レンズの歪みを矯正する手法が必要となる[1]。

これに対し、我々は人間の視野と同等の広視野で視認性のよい画像を取得する合成超広角画像システムを開発した[2]。合成超広角画像システムは、広角カメラと双曲面ミラーを用いた全方位カメラを組み合わせ、2台のカメラが撮影した画像を合成することにより画像中心から180度以上の視野角の画像を取得するシステムである。用途として、主に海中の畜養・養殖環境のモニタリングを想定しており、海中に設置したカメラの画像を海上でモニタする。そのため、水中ケーブルを利用した比較的距離の長い画像の伝送が必要となり、これを安価に実現するためにNTSCカメラを利用している。また、リアルタイムの観測のために2台のカメラ画像を合成して出力する専用の処理装置を開発した。

合成超広角画像システムの用途は、海中のモニタリング以外にも拡大していくことが可能である。しかしながらNTSCカメラと専用の処理装置を必要とする点はその妨げとなりうる。そこで、本研究では入手の容易なUSBカメラを用いてPC上で合成画像を取得できる装置を開発し、新たな画像の処理や活用の検討を容易にする。

2. 合成超広角画像システムの概要

合成超広角画像システムは、広角カメラと全方位カメラを組み合わせ、両カメラの画像を合成して水平方向、垂直方向ともに人間の静止視野と同等の視野範囲を撮影し提示するシステムである(図1)。システムは撮像部と画像処理部からなり、合成した画像はディスプレイ上に提示する。

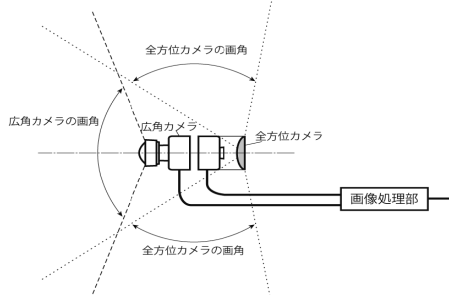


図1 合成超広角画像システムの構成図

† 公立はこだて未来大学

2. 1 撮像部の構成

撮像部は広角カメラと全方位カメラからなり、図1に示すように、カメラの向きが互いに反対になるように配置する。全方位カメラは、水平方向の360度を撮影するために通常はカメラを上に向けて用いるが、本システムでは横に向けて広角カメラの光軸周りの360度を撮影する。このとき、全方位カメラの画像の中心部分が死角となることから、この部分を広角カメラの画像で補う。これにより、撮像部全体として水平方向、垂直方向とも180度程度の視野を確保できる。

2. 2 画像の合成方法

広角カメラの画像に対し全方位カメラの画像は左右が反転している。そのため、全方位カメラの画像には左右反転処理を施す。その上で画像中央に生じる死角部分に、広角カメラの画像を縮小して重ねることで合成画像を生成する(図2)。このとき、使用するカメラの光学特性に合わせて、広角カメラ画像の縮小率や位置、使用する画像領域の調整を行う(図3)。合成の結果、視野全体を撮影した一枚の画像を得る。

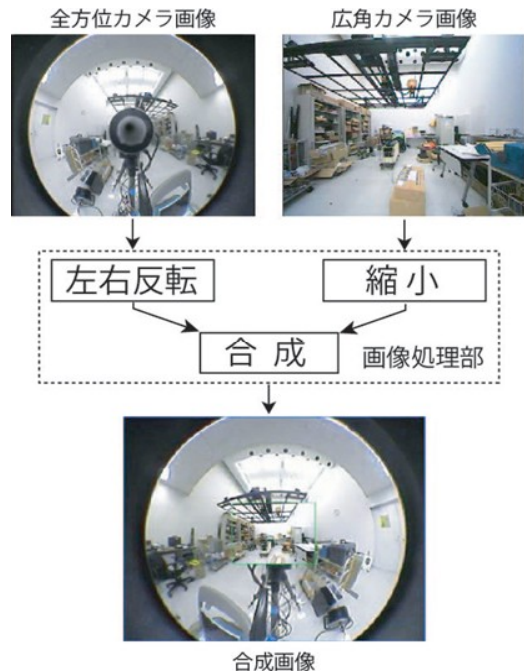


図2 画像の合成方法

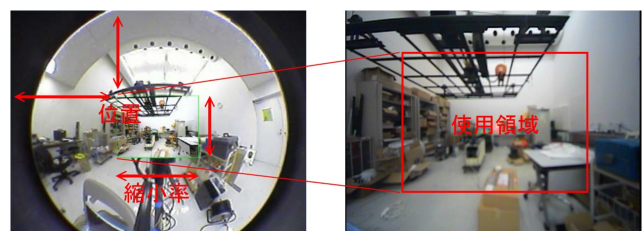


図3 合成画像と広角カメラ画像の対応

3. USBカメラを用いた合成超広角画像システムの構成

3.1 画像の取得

合成超広角画像システムの撮像部を、WebカメラとUSBにより画像信号を出力可能な全方位カメラにより構成する。そして、両USBカメラを図1と同様に配置し、USBケーブルを介してPC側に接続する(図4)。

PCに接続された両USBカメラは、一定フレームごとに画像データをPC側に送信する。このとき、撮像部から送信される画像データは、使用するカメラの機種に依存しない形式で扱えるようにすることが望ましい。そのため、カメラからの画像取得をDirectShowにより行う。これにより、DirectShowに対応したドライバで動作するUSBカメラであれば、カメラ機種に依存したソフトウェアを個別に用意することなく、任意の機種のカメラに対して共通のコードで合成超広角画像システムを構築することが可能になる。

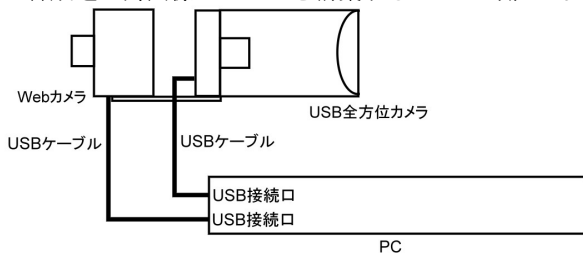


図4 撮像部とPCとの接続図

3.2 画像の合成

画像の合成処理を行うソフトウェアの合成処理を、合成画像の活用を容易にし、機能の拡張や変更を容易に行える構造にすることが望ましい。そのため、カメラからの画像取得に加え、画像の合成から提示までの一連の処理をDirectShowにより実現する。これにより、合成画像の出力先を自由に変更でき、ディスプレイ装置のみならず他のソフトウェアにも指定できることから、機能拡張や機能変更、システムの応用のしやすさの点においても十分な効果が期待できる。

DirectShowでは、機種依存の差を吸収し、かつ容易な機能変更や機能拡張を可能にするために、フィルタと呼ばれる概念を導入している[3]。フィルタとは、 n 個の入力ピンと m 個の出力ピン($n \geq 0, m \geq 0$)をもつ仮想的なブロックである。例えば、カメラ画像の提示は、画像キャプチャから画像の提示までをフィルタのピンの結合によりパイプライン化することにより実現できる。

USBカメラを利用した合成超広角画像システムは、図5に示すように、キャプチャフィルタ、画像合成フィルタ、レンダラにより構成する。

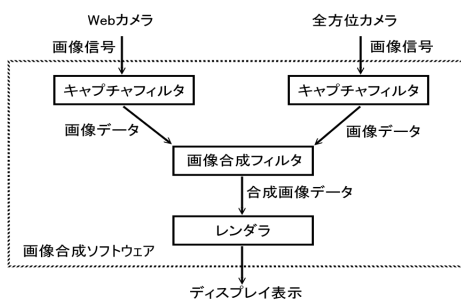


図5 合成超広角画像の生成のためのフィルタ構成

3.2.1 キャプチャフィルタ

撮像部からのカメラ画像のキャプチャは、カメラから受信した画像データを出力するキャプチャフィルタにより行う。撮像部のカメラ画像は、Webカメラ画像と全方位カメラ画像の2枚が存在するため、2つのキャプチャフィルタを使用する。

3.2.2 画像合成フィルタ

キャプチャフィルタから得られた画像データを図2の方法により合成する必要がある。この処理は、Webカメラ画像と全方位カメラ画像それぞれを受け取るための画像データ入力ピンを2つ、合成画像を出力するための画像データ出力ピンを1つもつ画像合成フィルタを製作することで実現する。

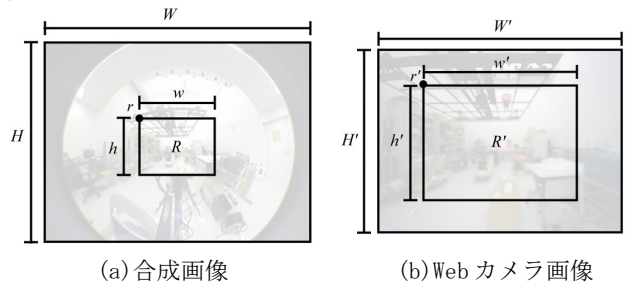


図6 画像合成のパラメータ

画像の合成は次の手順で行う。ここでは画像の左上の隅を原点とし、各画像内の画素の位置を横方向を x 、縦方向を y として (x, y) と表す。

(1) 合成画像内に全方位カメラの画像を左右反転して描画する。

(2) 図6(a)に示すように、幅 W × 高さ H [pixel]の合成画像内に、矩形の合成領域 R をその中心が合成画像の中心と一致するよう設定する。

領域 R の幅を w 、高さを h とし、それらの合成画像に対する割合を $m (m < 1)$ とすれば式(1)が成り立つ。

$$\begin{aligned} w &= mW \\ h &= mH \end{aligned} \quad (1)$$

(3) 図6(b)に示すように、幅 W' × 高さ H' [pixel]のWebカメラ画像内に、矩形の領域 R' をその中心がWebカメラ画像の中心と一致するよう設定する。領域 R' の幅を w' 、高さを h' とし、それらのWebカメラ画像に対する割合を $m' (m' < 1)$ とすれば、式(2)が成り立つ。

$$\begin{aligned} w' &= m'W' \\ h' &= m'H' \end{aligned} \quad (2)$$

このときWebカメラ画像内における領域 R' の原点 r' の位置は式(3)で表される。

$$\left(\frac{(1-m')W'}{2}, \frac{(1-m')H'}{2}\right) \quad (3)$$

(4) 領域 R' を領域 R の大きさに合うように拡大または縮小し、領域 R に描画し合成画像を得る。

3. 2. 3 レンダラ

合成された画像を表示させるために、画像データ入力ピンを1つ持ち、画像データをディスプレイ装置に出力するレンダラと呼ばれるフィルタを用いる。そして、画像合成フィルタの出力ピンから出力された合成画像をレンダラの入力ピンに接続する。

3. 3 プロトタイプの製作

図1に示す撮像部の装置をUSBタイプのWebカメラと全方位カメラを用いて製作した(図7)。Webカメラとして、ELECOM製のUCAM-H1S30MSVを使用した。また、USBタイプの全方位カメラとして、VSTONE製のVS-C14U-33-STを用いた。

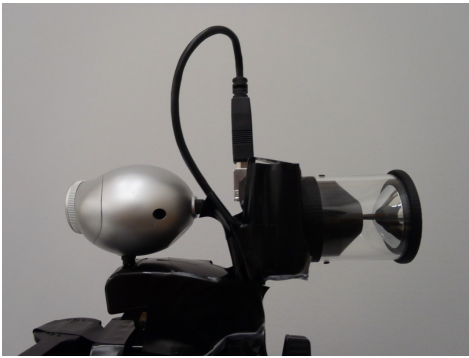


図7 試作した撮像部のプロトタイプ

画像合成ソフトウェアは、Microsoftが提供しているVisual C++ 2008 Express Editionにより開発した。そして、図5に示す構成になるよう、フィルタを接続し、合成超広角画像を表示するソフトウェアを開発した。

キャプチャフィルタは各カメラ製造元が開発したものをを用いた。レンダラは、Windows上で提供されているものをを用いた。画像合成フィルタについては、3.2.2で示した手順の(1)から(3)を実装し、(4)についてはOSの標準機能を利用した。

使用するキャプチャフィルタは、カメラ機種が変更されても柔軟に対応できるように、ソフトウェア使用時に選択できる形にした。これにより、DirectShowに対応したカメラドライバがインストールされている環境下のPCであれば、カメラ用のキャプチャフィルタを開発することなく合成超広角画像システムが実現可能になる。

画像の合成時には、合成領域の始点位置と、式(1)における m 、および式(2)の m' をキーボードからの操作で調整できるようにした。これにより、用途に合わせたパラメータの調整が容易になる。

4. 検証実験

USBカメラを用いた合成超広角画像システムの動作の確

認、および合成超広角画像システムの基本機能を実現できているかどうかを確認するために、公立はこだて未来大学の実験室にて実験を行った。図8に実験室内の様子を示す。図中には図7で示したカメラの設置位置を示す。



図8 扉付近より撮影した実験設備の様子

4. 1 広範囲の撮影

視認性のある広視野画像を取得できているかどうかを確認するために、室内空間の撮影を行った。図9にカメラの撮影箇所、図10に各箇所における撮影画像を示す。

結果となる画像から、どの合成画像においてもWebカメラと全方位カメラの視野領域でカバーできない死角となる視野が生じているが、大まかな広視野画像を取得できていることを確認した。

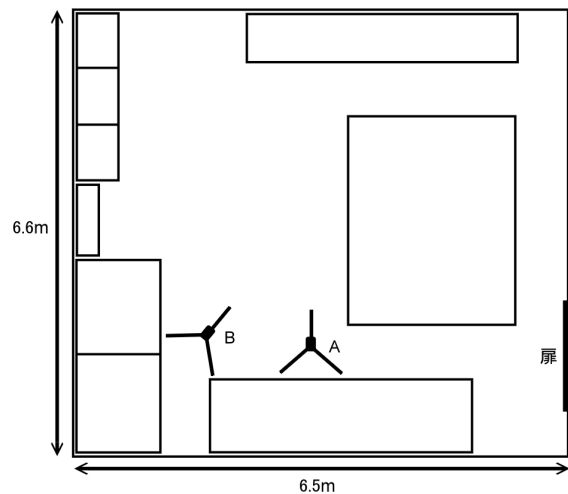


図9 カメラの場所



(a) A地点における撮影画像



(b) B地点における撮影画像

図10 各地点における撮影画像

4. 2 移動体の追跡

広範囲で移動する被写体の追跡が可能であることを確かめるために、移動する人物を被写体として図8の環境で撮影を行った。人物の移動経路とカメラの位置を図11に示す。図8中では、人物は左奥から左手前に向かう一直線上を移動する。

結果を図12に示す。図中のラベルA~Fは図11のものに対応する。カメラの正面から右側面に向かって歩く人物を、ほぼ見失うことなく撮影していることが確認できる。ただし、地点Dはいずれのカメラにとっても死角となるため、人物が一部しか撮影されていない。

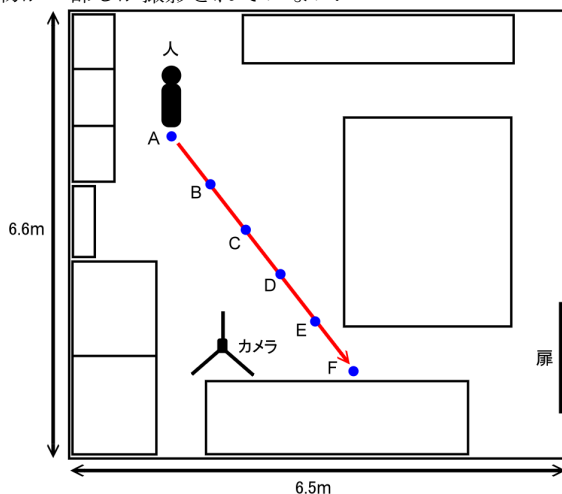


図11 実験配置図



図12 撮影された被写体と位置の対応図

4. 3 考察

動作実験より、USBカメラを用いた合成超広角画像システムの基本動作及び基本性能を確認した。しかし、今回使用したWebカメラの視野角が狭かったために、図1で示された2台のカメラの視野の交差する部分が小さくなり、結果として死角が大きくなってしまった。この点については、組み合わせるカメラの再検討が必要である。

5. 結論

本研究で提案したUSBカメラを用いた合成超広角画像システムは、安価に市販されている製品の組み合わせにより実現が可能のため、幅広いユーザが合成超広角画像システムを容易に導入できるようになる。また、合成方法の再調整やシステムを利用した実験が容易になることから、新たな用途を開拓していく上で役立つと考えられる。

謝辞

本研究は、文部科学省地域イノベーション戦略支援プログラムの助成を受けて実施された。研究を進めるにあたり、函館工業高等専門学校の浜克己先生と宮武誠先生、北海道大学大学院の山下成治先生と羽原智也氏、ならびに北海道工業技術センターの村田政隆氏と松村一弘氏には多くのアドバイスをいただいた。深く感謝する。

参考文献

- [1] 立花康夫, 河合敏勝, 小林洋介, 栗原哲也, 菊池孝之, "魚眼レンズ写真から任意焦点レンズ画像への変換(画像信号処理及び一般)", 電子情報通信学会技術研究報告, Vol.107, No.23, pp.25-30, 2007.
- [2] 鈴木昭二, 金野僚一, "合成超広角画像システム zeta-vision: 簡易な装置による広視野の画像取得", 画像センシングシンポジウム2011, IS2-01, 2011.
- [3] "DirectShow システムの概要", <<http://msdn.microsoft.com/ja-jp/library/cc353916.aspx>> (2011/6/20 アクセス)