
テクニカルノート

全方向ステレオシステム (SOS) を用いた複数イベントの同時検出

棚橋 英樹[†] 王 彩華[†]
丹羽 義典[†] 山本 和彦^{††}

本論文では、今回開発した全方向ステレオシステム (SOS) を用いて、空間内の複数の動領域 (イベント) の同時検出について述べる。全方向ステレオシステムは、観測点を中心としたすべての方向のカラー画像と 3 次元情報を、リアルタイムで取得可能なシステムである。本システムは、それぞれが独立に動作可能な 20 個のステレオユニットで構成されているため、同時並列的にイベント抽出が可能であり、得られた抽出結果を統合することにより、空間内のすべてのイベント抽出が可能である。また、各ステレオユニットから得られるステレオ情報を用いることで、照明条件の変化や背景と人物との色に左右されにくい抽出が可能である。

Multi-events Detection Using Stereo Omni-directional System (SOS)

HIDEKI TANAHASHI,[†] CAIHUA WANG,[†] YOSHINORI NIWA[†]
and KAZUHIKO YAMAMOTO^{††}

In this paper, we describe a method of detecting multiple events in a space by using a Stereo Omni-directional System (SOS), which we have developed. Because the system is composed of 20 stereo units which can operate independently, we can extract multiple event regions by extracting the event region from the image in each direction simultaneously and integrating the extraction result. By using background image subtraction, which uses the depth map calculated from the stereo pair images acquired from the SOS, the extraction results are resistant to changes in lighting and environmental conditions.

1. はじめに

近年の情報通信技術・コンピュータ技術の飛躍的な発展により、複数のカメラから得られる画像を用いて空間内の動領域 (以下ではイベントと呼ぶ) を実時間に抽出する研究が行われるようになってきた^{1)~4)}。複数のカメラを用いることで、広範囲の空間内に発生する複数のイベントを同時に取得でき、複数視点の画像から、イベントの 3 次元情報を取得することができれば、これらイベントの解析や空間理解にとって大変有効となる。

空間における複数のイベントの取得と位置情報を含む情報解析を行うためには、以下の条件を満たすセンサが必要と考えられる。

- (1) すべての空間の情報を同時刻に取得できること。
- (2) 空間における情報の空間解像度は一定であること。

- (3) リアルタイムに情報が取得できること。
- (4) 対象の 3 次元情報が取得できること。

これらの条件を満たすセンサとして、我々は全方向ステレオシステム (Stereo Omnidirectional System: 以下では SOS と呼ぶ) を開発した⁵⁾ (図 1)。本システムは、独立に動作可能な図 1b) のような 3 眼ステレオユニットを正 20 面体の各面上に配置したものである。すべてのカメラは、完全に同期がとれており、各カメラから得られる画像は統合することで球面画像として取り扱うことが可能である。

本論文では、SOS システムの特性を用いて、各方向でイベントの抽出を行い、これら結果を統合することによって、複数のイベントをその位置情報を含めて同時に抽出する手法について提案する。また、イベント抽出に各ステレオユニットから得られるステレオ情報を用いることで、照明条件の変化や背景とイベントの色に左右されにくい抽出が可能である。

2. イベントの抽出

SOS においては、それぞれ異なる方向のカラー画像とステレオ画像対が取得できる。そのため、各方向

[†] 財団法人ソフトピアジャパン / 科学技術振興事業団

Softopia Japan/JST

^{††} 岐阜大学工学部

Faculty of Engineering, Gifu University

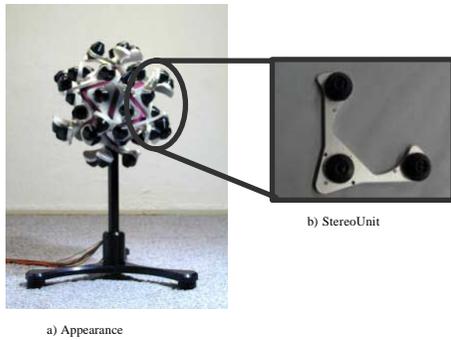


図 1 全方向ステレオシステム (SOS)

Fig. 1 A Stereo Omni-directional System (SOS).



図 2 全方向カラー画像例

Fig. 2 An example of all directional color images.

ごと独立にイベントの抽出処理を行うことが可能となり、処理の高速化を図ることができる。さらに各方向の画像は完全に同期がとられているため、各方向の結果を統合することにより、空間内の複数のイベントを同時に抽出することができる。図 2 に SOS から得られるカラー画像の例を示す。また図 3 にシステム構成を示す。各方向の画像は、10 台の処理 PC で同時並列的に処理され、イベント抽出を行う。これらの結果は、統合 PC に高速ネットワークで転送することで、イベントの統合を行う⁶⁾。

2.1 各方向画像からのイベントの抽出

各方向ごとに、静止物体からなる画像を背景画像としてあらかじめ持っておき、現在の画像との差分をとることによりイベントの抽出を行った。カラー画像を用いた背景差分は、光源変化の影響や環境に左右される。たとえば、イベントが背景の色と同じ場合抽出が困難である。さらに、イベントにより生じる影の領域とイベントを分離したい場合がある。そのため、本論文では、SOS から得られたステレオ画像から視差画像を生成し、得られた視差画像を用いて背景視差画像との差分処理によりイベントの抽出を行っている。これにより、カラー画像を用いた背景差分より背景に依

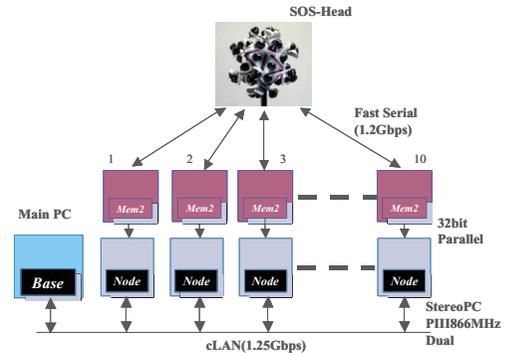


図 3 システム構成図

Fig. 3 System construction.

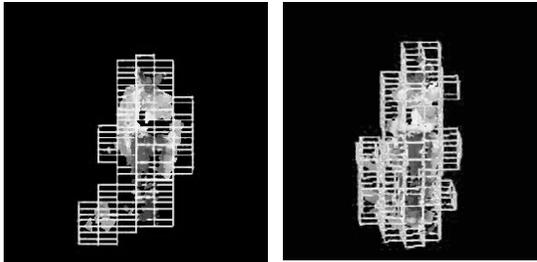
存しにくいイベントの抽出を行うことができる⁷⁾。ここで視差情報は、テクスチャが存在しない領域やオクルージョン領域では正確に求めることが困難であるが、これらの領域が背景視差画像と現在の視差画像とで変化があった場合はイベントとした。すなわち、画像座標において背景視差画像で視差情報が得られていないが、現画像では視差情報が得られている場合には、イベントにより視差画像が得られたと見なし、イベントとした。同様に、背景視差画像で視差情報が得られているのが、現画像で視差情報が得られていない場合もイベントとした。得られたイベントに対して、縮小、膨張処理を行い、各方向のイベントを抽出した。

2.2 イベント統合

2.1 節より各方向画像からイベントが取得できるが、イベントによっては、1 つのユニットだけでなく複数のステレオユニットにまたがる場合がある。そのため、各方向から得られた 3 次元情報を、ステレオユニット間の位置関係を利用して 1 つの座標系に変換し、統合する必要がある。

SOS においては、各ステレオユニット上のカメラの内部パラメータおよび 3 つのカメラ間の位置関係は機械的に固定されているため、各ステレオユニット相互間の並進、回転パラメータは機械的に算出できる。これらのパラメータを用いた画像統合精度は、SOS 全体を包含するディスプレイ環境 (没入型ディスプレイ) に 3 次元位置が既知のパターンを投影し、キャリブレーションを行った結果、平均でサブピクセル以下であることが確認されている⁸⁾。

各ユニットから得られた視差画像には光源のちらつきやステレオ処理における誤対応によるノイズ等により、イベント以外にも抽出される。また対象の距離によっては隣り合うカメラの画像間で重なりが生じる。そのため、対象とする空間を $N_x \times N_y \times N_z$ 個のボク



a) Result of background subtraction (disparity used) b) Result of background subtraction (color used)

図4 イベント抽出結果

Fig. 4 Result of an event extraction.

セル領域に分割し、そのボクセルを用いて、各ユニットからの3次元情報の統合と、ノイズの除去や空間内のイベントのセグメンテーションを行った。2.1節より得られた各方向のイベントの3次元情報を取得し、各ユニットの3次元位置情報を用いて、グローバル座標系に変換し、対応するボクセルに投票を行う。得られたボクセル空間で、各ボクセルの連続する領域を統合することによってイベントのセグメンテーションを行い、次に、この統合された領域の大きさによりノイズの除去を行った。

3. 実験結果

3次元空間におけるイベントとして部屋の中を移動する複数の人物の抽出を行った。実験に用いた空間は、周囲をパーティションで仕切った、縦4(m)×横4(m)×高さ2.7(m)である。またSOSの中心は、ほぼ実験環境の中心に配置した。

視差画像の生成に用いたステレオ画像の解像度は、 160×120 (pixel)であり、このときに得られる距離精度は、2mで9cmである。そのため、1つのボクセルの表現している領域を、 $10 \text{ (cm)} \times 10 \text{ (cm)} \times 10 \text{ (cm)}$ の正方領域とし、 $4 \text{ (m)} \times 4 \text{ (m)} \times 3 \text{ (m)}$ の3次元空間を $N_x, N_y = 41$ 分割、 $N_z = 31$ 分割とした。また背景差分に用いた閾値は、実験的に求め固定とした。

視差画像を用いた背景差分の有効性を示すため、SOSの中心から約1mの円周上を移動する1人の人物の追跡を行った。図4に視差画像を用いた背景差分から抽出した人物(図4(a))とカラー画像を用いた背景差分から抽出した人物(図4(b))を3次元的に統合した画像を示す。どちらもボクセルにより1つの領域として統合された結果となっている。しかしながら、カラー画像を用いた差分では、人物の足下に生じた影によって背景の部分も取得されている。2つの手法から抽出した領域の重心と半径1mの円との平均2乗誤差

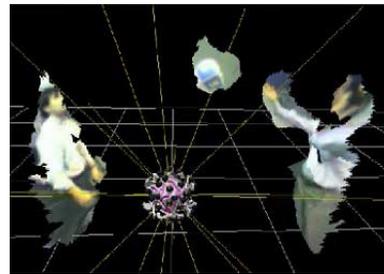
表1 X-Y平面における位置誤差

Table 1 Error on the position in the X-Y plane.

	Mean square error (m)	SD
Disparity Image	0.099	0.0047
Color Image	0.11	0.0090



a) Video image



b) Extract events region

図5 複数イベント抽出結果

Fig. 5 Result of multi-event region extraction

と誤差分散を表1に示す。どちらの手法も精度良く人物領域が追跡されているが、視差画像を用いた背景差分の追跡結果の方が平均誤差、誤差分散とも小さい。これは、前述した人物による影等の領域も同じ領域として抽出されているためと考えられる。

最後に複数のイベントを抽出した結果を図5に示す。図5(a)は、SOSが設置された空間内で2人の人物が、ボールを投げ合っている様子を示すビデオ画像の1コマである。図5(b)は、抽出されたイベントをボクセルを用いて統合し3次元点列からパッチを生成し、SOS後方上段の仮想視点から生成した画像である。ここに示されたSOSの図は、センサの性質から自分自身は見えないが、センサとイベントの位置関係の把握を容易にするため、CGで作成し合成したものである。図より、フローア上の人物とともに、空間内を飛んでいるボールの3次元位置も取得できているのが分かる。

4. まとめ

本論文では、全方向ステレオシステム(SOS)から得られた3次元情報を用いて、空間内におけるイベン

トの抽出について述べた。SOSは、観測点を中心とした全方向のカラー画像とステレオ画像対をリアルタイムで取得可能であるため、水平だけでなく天地も含めた空間内の複数のイベントを同時に取得可能である。SOSの特性を生かし、各方向で独立にイベント抽出を行い、その結果を統合することによって空間内の複数イベントを同時に高速抽出することを実現した。今後、すべての方向が取得可能なSOSを生かし、複数のイベント間の解析を行う予定である。

参 考 文 献

- 1) Kanade, T., Rander, P. and Narayanan, P.J.: Virtualized reality: Constructing virtual worlds from real scenes, *IEEE Multimedia*, Vol.4, No.1, pp.34-47 (1997).
- 2) Matsuyama, T.: Cooperative distribution vision — Dynamic integration of visual perception, action and communication, *Proc. Image Understanding Workshop*, pp.365-384 (1998).
- 3) 石黒 浩: 分散全方位視覚による人間行動の認識, 情報処理学会 CVIM 研究報告, No.131, pp.25-28 (2002).
- 4) Takemura, H., Yamazawa, K., Babaguchi, N. and Yokoya, N.: Video Surveillance System Using Multiple Omnidirectional Image Sensors, *Proc. International Workshop on Pattern Recognition and Understanding for Visual Information Media*, pp.81-86 (2002).
- 5) 山本和彦, 棚橋英樹, 桑島茂純, 丹羽義典: 実環境センシングのための全方向ステレオシステム (SOS), 電学誌 (C), Vol.121-C, No.5, pp.876-881 (2001).
- 6) 棚橋英樹, 佐藤雄隆, 丹羽義典, 桑島茂純, 山本和彦: 全方向ステレオシステム (SOS) を用いた実環境の実時間再構築, 電学 IIS 研誌, No.IIS-01-3, pp.11-16 (2001).
- 7) 棚橋英樹, 島田大輔, 丹羽義典, 山本和彦: 全方向ステレオシステム (SOS) のステレオ情報を用いた空間イベントの取得, 情報処理学会 CVIM 研究報告, No.125, pp.103-110 (2001).
- 8) 棚橋英樹, 佐藤 淳, 王 彩華, 丹羽義典, 山本和彦: 全方向ステレオシステム (SOS) のキャリブレーション手法, 映情学誌, Vol.56, No.4, pp.603-610 (2002).

(平成 14 年 3 月 1 日受付)

(平成 14 年 9 月 12 日採録)

(担当編集委員 角 保志)



棚橋 英樹

1985年3月岐阜大学工学部卒業。同年岐阜県(工業技術センター)入庁。1998年岐阜大学大学院工学研究科博士課程修了。現在(財)ソフトピアジャパン地域結集型共同研究推進室(HOIP)主任専門研究員。工学博士。コンピュータビジョン,特に画像からの3次元形状再構成とその応用研究に従事。電子情報通信学会,人工知能学会各会員。



王 彩華(正会員)

1983年中国人民大学情報工学科卒業。1986年同大学大学院修士課程修了。同大学コンピュータセンター助手。1988年講師。1996年静岡大学電子科学研究科博士課程修了。同年科技団特別研究員として電子技術総合研究所で研究に従事。1999年11月から(財)ソフトピアジャパンHOIP研究室主任専門研究員。工学博士。画像マッチング,ステレオ画像処理,3次元モデリングの研究に従事。



丹羽 義典(正会員)

1974年名古屋大学工学部卒業。同年岩崎通信機(株)入社。1978年岐阜県(金属試験場)入庁。現在(財)ソフトピアジャパン地域結集型共同研究推進室長。主に画像認識, CAD/CAM関連の研究に従事。電子情報通信学会,映像情報メディア学会,IEEE各会員



山本 和彦(正会員)

1971年東京電気大学大学院修士課程修了。同年電子技術総合研究所(電総研)入所。手書き文字認識の研究に従事。1979年~1980年,米国メリーランド大学で画像理解の研究。1986年~1994年,電総研画像研究室長。現在岐阜大学工学部応用情報学科教授。人工知能,パターン認識,特に図形の柔軟な対応付けの研究に従事。工学博士。IEEE会員。IAPRフェロー。