

[パネル討論] **全方位ビジョンへの注文**

井宮淳 (千葉大学), 栄藤稔 (NTT DoCoMo),
パネリスト: 鷺見和彦 (三菱電機), 谷内田正彦 (大阪大学),
山本和彦 (岐阜大学)
司会: 中村裕一 (筑波大学)

あらまし: オーガナイズドセッション「全方位ビジョン」に伴い, 全方位ビジョンへの質問・注文・批判・期待等を討論する場を用意しました. 各界で活躍されている研究者の方々に忌憚なく意見を述べて頂き, 全方位ビジョン研究への理解を深めつつ, 将来の方向性を探ります. 全方位ビジョンセンサをどのような位置づけで研究されているのか? 高精細と実時間性のように相反する要求のトレードオフは解決できるのか? または, どのように解決しようと努力されているのか? CV技術としてみると, どのような特徴をどのように処理しているのか? 全方位であることがアルゴリズムやデータ構造に反映されているのか (全方位画像特有の問題はあるのか)? 等々の議論が期待されています.

キーワード: 全方位ビジョン, パネル討論

[Panel Discussion] **Requests on Omni-directional Vision**

Jun IMIYA (Chiba Univ.), Minoru ETOH (NTT DoCoMo),
Panelist: Kazuhiko SUMI (MELCO), Masahiko YACHIDA (Osaka Univ.),
Kazuhiko YAMAMOTO (Gifu Univ.)
Moderator: Yuichi NAKAMURA (Univ. of Tsukuba)

Abstract: We organize a panel session related to the special session featuring *Omni-directional Vision*. Several active researchers in various fields will participate the discussion, ask their questions, and give their opinions. Through the discussion, we will promote a better understanding, and seek for the future direction on omni-directional vision. We expect deep discussion on “the purpose of omni-directional vision”, “the possibility of solving the trade-off between resolution and real-time processing”, “the way to solve the trade-off”, “what features are processed from the view point of CV?”, or “the differences on algorithms or data structures compared to ordinary camera systems.”

key words: omni-directional vision, panel discussion

攻撃する目と守備する目

井宮 淳 (千葉大学)

動物、特に脊椎動物の目の配置の幾何学を観ると、大きく分けて2種類あることに気付く。1つは、人間のように2つの目の視線の方向がほぼ同じ方向を向いた配置をしており、しかも、動物が安定に静止した状態で2つの視線の決める面が鉛直方向と直交している形態である。もう1つの形態は、目の動きが静止した状態で、視線の方向が互いに180度逆に近い方向を向いているものである。1つの類たとえば、哺乳類、鳥類などの類の中でもこの両方の形態を観ることが出来る。第1の形態の目は、自分と他との距離関係を知覚するのに有利であると言われている。また、第2の形態の目は自分の周りの変動を知覚するのに有利であるといわれている。大まかに分類すると、例外はあるものの、第1の形態の視覚系は肉食獣や猛禽(鷲、鷹、梟など)に、そして、第2の形態は草食獣(家畜化など)や普通の鳥(木の実や虫、魚などを捕食する鳥)に多いようである。

目の配置の幾何学形態と動物の行動を考えてみる。第1の形態の視覚系を持つ動物は他の動物を襲って食べて生存する。すなわち、生存するためには攻撃を行い続けなければならない。一方、第2の形態の視覚系を持つ動物は、第1の形態の視覚系を持つ動物の餌食にならないように、守備を怠ることができない。おおざっぱに分けて、視覚系を自身の生存のどのような目的に利用するかによって視覚系の配置の幾何学が異なっていることが解る。仮に、第1の形態を「攻撃する目」、第2の形態を「守備する目」と呼ぶことにする。

動物の視覚系の幾何学的配置との対比から全方位画像の獲得法と、全方位画像の利用法が今後進むべき方法について考えてみたい。攻撃と守備とを、画像理解の問題の立場から考えると、作業と監視と考えることができるだろう。ここで作業とは、例えば、部品の組立て作業や、手術などが考えられる。このような作業では、作業の対象の空間的な位置関係が重要な情報であるので、当然、3次元計測が簡単でしかも迅速に計算できる視覚の幾何学が採用されることになる。このとき、注意しなければならぬことは、現在の部品組立てや手術方式は人間によって編み出されたものであるから、人間の視覚系の幾何学に依存した方法になっている。

監視を行うには、自分の周りの空間を均等に観察す

る必要が生じる。このとき、動物の視覚系の形態が適しているとは限らない。一方、全方位を観測する目的であれば、人間の視覚系の幾何学ではなく幾何光学そのものの法則を考えた方が目的に合っている場合もあるだろう。当然、回転2次曲面による全方位カメラもステレオ化し、全方位情報を3次元情報として復元可能であるが、これとて、3次元空間におけるロボット的位置を決定するための装置として提案されたものが多い。

爬虫類や両生類の中には守備の目の形態の視覚系を持ちながら攻撃をする動物がいる。これらの動物の攻撃の方法を観ると全方位を観察し、その中に飛び込んだ獲物を捕らえる行動が多いようである。このような攻撃は、受動的な攻撃と分類できるだろう。それに対して、攻撃の目を持つ動物の攻撃は能動的な攻撃と考えることができる。

天地左右が問題とならない場所で、同時に多数の異なる作業を実行する場合に全方位画像が有効に利用できる場所が考えられる。全方位が一度に計測でき、再現できることを考慮した作業は、天地左右が問題とならない場所、すなわち、宇宙空間での作業のための視覚系として優れているように思われる。この場合、空間的全方位カメラを考えると有効ではないだろうか。全方位画像を能動的作業に利用する場合、回転2次曲面による全方位カメラ、及び、全方位ステレオで問題となるのは、画像の位置による解像度の違いである。この問題を解決するためには、撮像系の超解像度化と共に、撮像系の基準軸を能動的に動かして関心領域を望みの解像度の場所に移動させる撮像系の能動化も考えられる。

参考文献

- [1] McGowan, Ch., *Dinosaur, Spitfires, and Sea Dragons*, Cambridge, 1991 (日本語版, 恐竜解剖, 工作舎, 1998).
- [2] Haines, T., *Walking with Dinosaur - a Natural History*, BBC Worldwide, 1999 (独語版, *Dinosaurier im Reich der Giganten*, VGS, 1999).
- [3] Chavalier de Lamarck, J. B. P. A. de Monet, *Philosophie zoologique*, 1809 (日本語版, 動物哲学, 岩波書店, 1954).

映像メディア生成の立場から見た全方位ビジョン

栄藤 稔 (NTT ドコモ マルチメディア研究所)

筆者と全方位ビジョンとの関わりは、画像に基づく環境モデル構築 (Image-based Rendering) に関する研究 [1] にあった。応用コンセプトは、既に Quick Time VR で提唱されているものであるが、図 1 に示すように全方位カメラを搭載した移動ロボットを位置に関して調密に移動させ、位置と関連付けた見え方を多量に撮像し (数千地点)、各見え方間の相関を利用して高能率符号化を行うことに特徴があった。これにより、圧縮データから任意視点を入力としてウォークスルー動画を再現することができる。3次元データを陽に扱うことなく、見え方 (画像) × 撮像位置の直積データとして環境を表現しようとするもので、光線場 (light field) を保存することとに相当する。

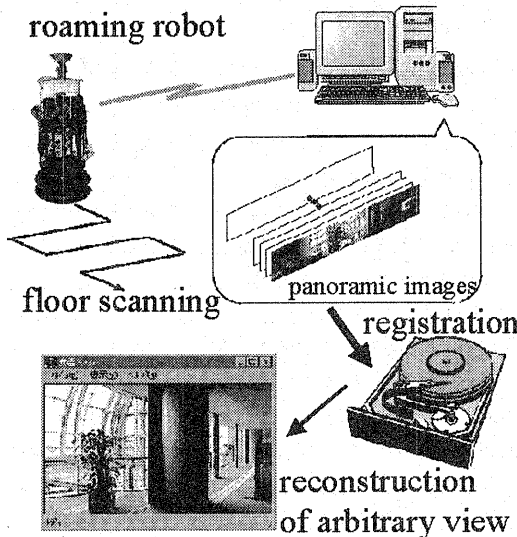


図 1: Panoramic Image Capturing System.

この時、CV の観点からは、全方位画像の移動撮像ならではのカメラモーションパラメータ推定の問題を扱っている [2]。車輪回転センサーのみでは図 2 に示すように移動ロボットの車輪スリップ等により予め定められた格子点位置からのずれが避けられなかった。そこで、平面移動ロボットの全方位視野に顕著に現れる水平移動成分から、3視点間の相対位置と鉛直線周りの回転成分を同時に求めて補正を行った。従来の透

視投影下で典型的に用いられる 2 視点間 5 点対応ではなく、3 視点間 5 垂線対応により "structure-from-motion" の問題を解き、3 視点間の相対位置から格子点位置の制約伝搬を行い、移動ロボットの走査空間を補正している点に特徴があった。

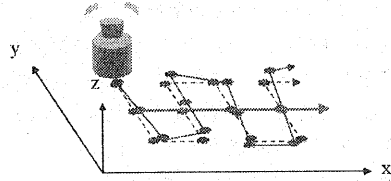


図 2: Scan Space of Roaming Robot.

以上、筆者らにとって、全方位ビジョンは、研究の主眼ではなく、見え方に基づく環境構築のために必要な計測手段の一つであった。環境を調密に撮像するために高精度と実時間性の二つが必要であり、そのため 6 面鏡と 6 つの CCD カメラを必要とした。このような撮像装置は、AT&T がアトランタオリンピックで行ったパノラマ画像の実時間撮影や、TV 会議等でも利用要求はあるものと思われる。

以上、全方位ビジョンは、我々の「環境を限無く可能な限り高速で撮像したい」という動機には必要不可欠な手段であった。一方で、筆者からは目的としての全方位ビジョン研究は成熟しているように見える。CV を what-where 問題を解くための理論とそれに基づく実践研究と位置づけると、「全方位画像特有の問題はあるのか」との問いには個々のドメイン特有の問題としてはあるだろうが、CV の本質的な諸問題としては無いかに見える。CV の本質的な諸問題としての位置づけが欲しい。それが無ければ視野の広い光学機器を対象として、実は視野の狭い研究を行っているのではないかと危惧を持つ。一方で高速の環境撮像手段は、全方位ビジョンしかななく、その特有のドメインで、課題設定 (応用) の妥当性、工学的有用性が議論されることを望みたい。

参考文献

- [1] 青木 利通 畑 幸一 栄藤 稔. 多地点全方位画像による環境記述. 信学技報 PRMU98-249, 1999.
- [2] Minoru Etoh, Toshimichi Aoki, and Koichi Hata. Estimation of structure and motion parameters for a roaming robot that scans the space. In *Proc. ICCV' 99*, pages 579-584, 1999.

全天空ステレオカメラシステムへの期待

山本和彦 (岐阜大学工学部応用情報学科)

1 はじめに

現実環境における人とコンピュータとのインターフェースや移動ロボットの遠隔操作において、人と物の前後左右だけでなく上下を含めた3次元的な相対位置関係をリアルタイムに取得することが必要となってきた。このような状況のもと、たくさんのカメラを用いたシステムが提案されている。

カメラを多用する方式は分散型と集中型に分けられる。今まで分散してカメラを配置し外から内向きに観測する方式が多く発表され、Kanade(CMU)らによる3D Room、Shafer (Microsoft Research)らによるEasy Living Project、HOIP ProjectのPercept Roomなどがある。

一方、能動視覚の実現や任意の場所に移動する可搬性確保の面では集中型が期待されている。一般的な全方位ステレオカメラにおいては少数のカメラの物が主流であるが、最近集中型でカメラを多用し前後左右だけでなく上下でも空間解像度の差異が少なく観測できる全天空ステレオシステムが提案されている。その一つとして60個のCMOSカメラ素子による20台のステレオシステムを小球内に集積し全天空の距離およびカラー画像情報を同時取得できるシステム「SOS (Stereo Omnidirectional System)」(図1)が発表されている¹⁾。

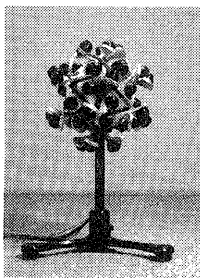


図1: Stereo Omnidirectional System

2 SOSシステムの特徴

- 全方向で同時並列リアルタイムに3次元カラー情報を取得

ステレオユニットを球状外向きに、視野が全方向をカバーするように配置し、全てのカメラの同期を取り同時並列的に全画像を取り込むことで全天空の3次元カラー情報の取得を実現している。ま

た、並列アクセス可能なメモリユニット構造をとることでリアルタイム性を確保している。

- 小型高精度

ステレオカメラの形状と配置を相互にクロスさせることによって、距離計測の精度を決めるカメラ間隔(ベースライン)の確保とセンサ寸法の小型化との両立を図っている。

- 高分解能均一3次元情報取得

20組のステレオユニットを正20面体に配置することで方向による空間解像度の差異が少ない3次元高分解能情報の取得ができる。

- カメラ特性

撮像素子: 1/3 インチ CMOS 1-chip Color Imager x 3
解像度: 644(H)x484(V)

焦点距離: 2.9 mm

画角: 96.6° (H)x71.9° (V)

ベースライン: 90mm

外径: 約 27 cm

通信(センサ部): 1.2GbitSerial x 10 RS232C(TTL),
同期信号

通信(ステレオ処理部): 32Bit 並列, RS232C

速度: 60枚の画像に対して15フレーム(連続, 単発)

3 カメラキャリブレーションの軽減

従来、カメラを多量に使用するシステムでは、キャリブレーションの作業に要する負荷が無視できなかつた。3次元情報取得を目的とするシステムにおいては、特に、カメラの位置関係、レンズ特性などに厳密さを要求されるため、配置などシステムの一部変更でも再キャリブレーションが必須であった。これに対して集中型をベースとするSOSではRigid & Weak Calibrationによって問題の回避を試みている。ステレオを構成するカメラユニットごとにRigidなキャリブレーションを行い、ユニット間の関係は簡単なweakなキャリブレーションで済ませるといった構成をとっている。これにより、大量にカメラを使いつつも現実的な使い勝手を実現している。

4 おわりに

様々な環境および身体状況での人とコンピュータの関係性を考えると、前後左右だけでなく上下も含めて多様な情報を動的に取得するシステムの重要性はますます大きくなると考えられる。全天空の距離およびカラー画像がリアルタイムで観測できる全能的なセンサーの活躍が期待される。

参考文献1) 棚橋、山本、桑島、丹羽、“全方向ステレオシステムの開発”、第6回画像シンポジウム SSII2000, pp.145-150, 2000