

## 中心窩両眼能動ビジョンシステムにおける 注視制御についての考察

喜多伸之

電子技術総合研究所

あらまし 複雑な環境変化に適応でき、さらに頑健性のある視覚システムの実現を目指して、中心窩両眼能動ビジョンシステムの開発に取り組んできた。これは視野の中心で解像度が高く、周辺にいくにしたがって解像度が低くなる画像入力を基本とし、これにより適度な情報量により広い視野の獲得と、観測対象の高解像度情報の入力を可能にしている。ただし、観測対象が空間的に離散していたり、連続的に移動する場合には、それを解像度の高い視野の中心（以降、中心窩という）に投影させるための左右カメラの姿勢制御（これを注視制御とよぶ）が必要となる。連続的に移動する対象への注視制御については、すでに考察し、実装も行なった。ここでは空間中に離散した観測対象を、適時効率良く注視するためのメカニズムについて、次にどこを見るべきかを決定する注視点選択過程と、実際にカメラ姿勢を制御する注視点シフト過程にわけて考察した結果についてのべる。さらに、原子力プラント内の巡回点検を自律的に行なうロボットにおける注視制御についても検討する。

## On the Gaze Control for the Foveated Stereo Active Vision System

Nobuyuki Kita

Electrotechnical Laboratory

abstract We have been developing a foveated stereo active vision system to realize a practically useful vision sensor which is robust and adaptive to the environment change. The image of the sensor whose image resolution is dense at the center of the view and gradually decrease along the radius enables the wide view with reasonable amount of information at the same time with precise observation for a target. This, however, arises the demand to control the gaze point as the target is projected just on the center of view, that is the fovea, when the targets is scattered in the environments or move around. The control of the gaze point for foveating to the moving target has been considered and implemented. In this paper, we consider about the mechanism which carries out the efficient gaze control for foveating to the targets scattered in the environments. It consists of two parts. One is about the selection of the next target, and the other is about the actual gaze control to move to the point. Moreover, we discuss about the gaze control necessary for the robots performing the inspection tour in the nuclear power plant.

Key words : Active vision, Foveated image, Gaze control, Attention control

## 1. はじめに

整備された環境において固定されて使用される産業用ロボットと異なり、オフィスや家庭で働く将来のロボットには、動的な環境の変化に柔軟に対応できる目が必要となる。このような目には、

- 広い視野
- 高い解像度
- 実時間性

が要求され、さらに、移動ロボットに搭載することを考えれば、その実装に

- コンパクト性

も必須であることは言うまでもない。広い視野を実現するアプローチとして、

1. 魚眼レンズや鏡を用いて1台のカメラで広視野の画像を入力する方法 [1]
2. 複数台のカメラにより広い視野をカバーする方法 [2]

がある。ところが、(1)のアプローチでは、水平視野角がたとえば120度だとすると、1000x1000画素で入力しても1画素0.12度程度（これは前方1mで約3.5mm）で、1cm四方の文字も読めないほど解像度が低くなる。逆にアプローチ(2)では精細な画像を得ることは可能だが、結果として画像情報は膨大な量となり、その処理を実時間でこなすには高速画像処理装置が何台も必要で実装のコンパクト性を欠いてしまう。ここで、元の要求に立ち戻って考えて見ると、広い空間を観測することが要求されているが、高解像度の情報が必要な注視目標は空間的、時間的に点在していることが殆どである。よって、広い視野全体にわたり常時高解像度で観測する必要はなく、空間中に点在する注視目標を時に応じて高解像度で観測できる目を持てば良いことが分かる。人間の視覚システムは実にこの目的に適合している。解像度の高い視野の中心部分（中心窩）を、眼球運動や頭部、体の姿勢制御により適時観測対象に向けて精細な観測を行なうと同時に、広い視野を覆う周辺視野ではごく粗い解像度の処理だけを行ない、次に見るべき位置を特定している。もし全視野において中心窩と同じ高い解像度で処理しようとすると、必要な神経回路網を収容するのに象ほどの頭部が必要になるという[3]。そこで、我々は人間と同じく、広い低解像度の視野の中に一部解像度が高い領域を備えた画像をロボットの目の入力とするこ

ととした。したがって、詳しく観察すべき対象を高解像度の領域で捕らえるための視覚行動が不可欠となる。観測者と観測物体の相対運動のもとで視点を対象に固定するための視点固持と、空間中の異なる点の間で視点を移動する視点移動が視覚行動の基本である。視点固持に関しては非常に多くの考察、及び実装の試み[4, 5, 6]がなされており、我々のグループでも拡張ゼロ視差法を用いた手法を開発し実装している[7]。そこで本稿では、残るもうひとつの基本的視覚行動である視点移動について考察する。さらに、具体的な例としてロボットによる原子力プラント内の巡回点検を取り上げ、そこでロボットに要求される視覚タスク、および、それを効率よく実行するための注視制御について検討し、その実現にむけたアプローチを紹介する。以下、まず第2章で我々のグループで開発した中心窩両眼能動ビジョンシステムのプロトタイプを紹介した後、第3章で一般的な立場から視点移動について考察し、第4章において、原子力ロボットの注視制御について検討する。最後に第5章にまとめを述べる。

## 2. 中心窩両眼能動ビジョンシステム

様々な視覚行動を実装するためのシステム、つまり能動ビジョンシステムが、多くの機関で開発されている[8]。元祖は1980年代初期のPennsylvania大学のもの[9]との説があるが、当時はシステムの構成要素の個々の能力から、その性能は非常に低く、人間の視覚システムの性能と比較するとその差は歴然としていた。現在では、モーターやTVカメラなどが高性能化、小型・軽量化され、高い処理能力を持った画像処理装置や並列計算機なども使用可能になり、能動ビジョンシステムの能力ははるかに向上した。本章では、我々の研究室（國吉を中心とするグループ）で構築した中心窩両眼能動ビジョンシステム *ES-CHeR(E[TL] S[tereo] C[ompact] He[ad for] R[obot Vision])* を紹介する。

### 2.1 両眼能動視の実現

両眼能動ビジョンシステムの全体構成を図1に示す[10]。両眼ヘッド部分（図2）は、左右カメラ独立のパン、共通のチルト、そしてステレオ台一体のパンの4自由度とした。カメラのパン、チルトの回転軸はレンズ中心と一致するよう配慮している。駆動にはハーモニックドライブ機構付きの小型DCモーターを用い、位置センサには、ノイズの影響を受けにくい光学的エンコーダーを採用した。コントローラにはトランスペーラ2台を用いており（1台は左右カメラのパン、もう1台がチルトと首のパン）、

30Hzで与えられる位置、速度命令を補間して500HzのPID制御を行なっている。ホスト計算機や画像処理装置とはトランスピュータリンクを介した高速な通信を確保している。運動性能を向上させつつ軽量化を保持することを追求した結果、表1のように人間と同等あるいはそれ以上の性能を得ている。

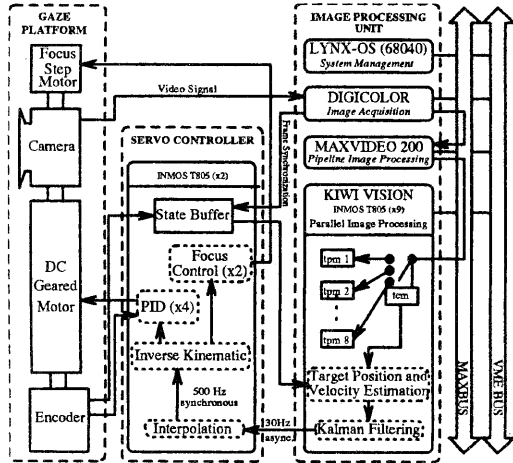


Fig. 1: Overall architecture of the second system

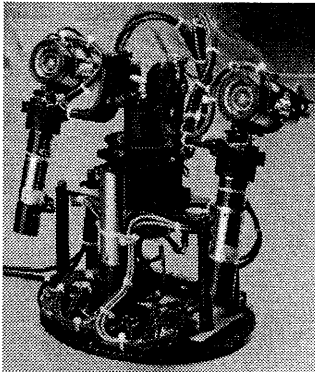


Fig. 2: The second binocular head.

画像処理装置には DataCube 社製のプログラム可変のバイプライン型の汎用画像処理装置を用いている。これは数種の画像演算の組合せをフレームレートで実現でき、また研究用として普及しているため、ネットワーク上でソフトウェアを含めたノウハウの交換が行なわれている。さらに、フーリエ変換など実数演算を要する画像処理能力の拡充と、駆動系のコントローラとの通信を確保するために、Dat-

表 1: Dimensions and performance of the second binocular head.

Dimensions			
Width	222mm	Height	187mm
Depth	160mm	Baseline	180 mm
Weight	2.0 kg		

Performance				
Axis	Range	Max. Vel.	Max. Acc.	Resolution
Left	100°	400°s <sup>-1</sup>	16000°s <sup>-2</sup>	0.0125°
Right	100°	400°s <sup>-1</sup>	16000°s <sup>-2</sup>	0.0125°
Pan	200°	140°s <sup>-1</sup>	4000°s <sup>-2</sup>	0.0044°
Tilt	90°	350°s <sup>-1</sup>	14000°s <sup>-2</sup>	0.0145°

aCube 社製の画像処理装置と共通の画像バスを持つトランスピュータを使ったマルチ CPU 画像処理装置 KiwiVision を導入した。ホスト計算機は VME ボード計算機 (MVME167,68040) で、実時間 UNIX である LynxOS を採用している。

## 2.2 中心窩画像入力の実現

空間解像度の異なる画像を入力するための試みはいくつか行なわれてきた。

- カメラレンズのズーム機能を用いて異なる解像度により画像を入力する [11]。ただしこれは同時並列性を損なう。
- 異なる焦点距離 (遠望と広角) のレンズを付けた 2 台以上のカメラを用いる [12, 13]。同軸の画像を得るのが困難であると共に、コンパクトさを欠く。
- 通常の画像 (等解像度画像) を画像処理により中心窩画像に変換 [14, 15]。視野と解像度の同時確保が困難であり、また、変換に要するオーバーヘッドが問題となる。

そこで中心窩画像を時間遅れなく得るためにふたつのアプローチが試みられている。

1. 網膜と同様に撮像面上の受光素子の密度を変えた撮像素子を製作する。
2. レンズ設計により空間解像度の異なる像を結像させる。

である。(1)の具体例として試用可能な網膜 CCD [16] を焦点距離 6mm のレンズで使用した場合、76.15度の視野を持ち、中心部分は 0.57 度 / 画素、周辺に向かって半径に対して対数状に解像度が減少する画像を入力できる。現時点では絵画素数 2000 程度と不十分であるが、最近 8000 画素のバージョンを完成し

テスト中である。(2)の具体例としては、末松のレンズがある [17]。彼らは人間の網膜を持つ解像度特性を模倣することを追求した結果、図 3 に示す投影曲線を持つレンズを開発した。

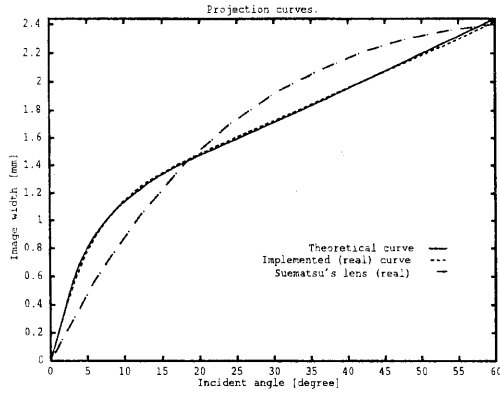


Fig. 3: Theoretical and the real (implemented) projection curves of our lens, compared with the real projection curve of the Suematsu's lens.

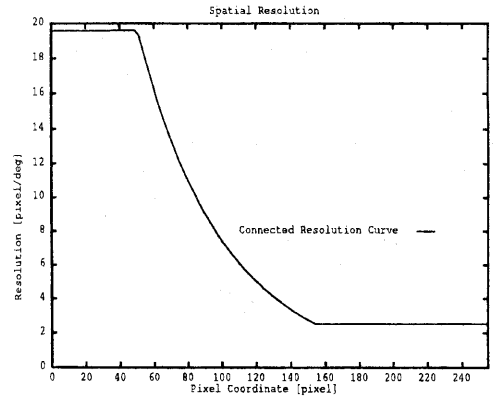


Fig. 5: Spatial resolution curve : Pixel coordinate - resolution [pixel/deg]

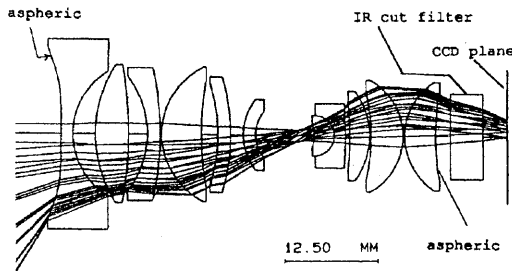


Fig. 4: Lens configuration and ray tracing result.

我々のグループでも、上記 (2) の方法を採用した [18]。このレンズの理論投影曲線を図 3 に示す。末松のレンズとの違いは、中心近傍では通常を中心投影像、その周囲で対数状に解像度が減少する画像、さらに周囲では球面投影像が得られる設計としたことである。この工夫により、中心近傍で得られる高解像度画像は中心投影に基づく既存の画像解析アルゴリズムの利用が可能となり、また正確な注視制御にも適している。中間層では log-polar 投影の利点を生かした画像解析アルゴリズム [19] の利用を狙ってお



Fig. 6: Test image from the real lens.

り、さらに周囲の球面投影部分は単に広い視野を提供する以上に、大円抽出などによる大まかな環境特徴の抽出アルゴリズム [20] や、自己運動を補償したオプティカルフローの抽出アルゴリズム [21] の利用を可能とする。大きく歪んだ投影曲線を実現するために最前面に凹レンズを配置し、2枚の非球面レンズを含んだ11枚のレンズで構成している(図4)。小型軽量化のために絞りは採用せず、カメラのシャッターで代用している。カメラには東芝の超小型 CCD カラーカメラ IK-UM40 を用いている。1/3 inch CCD 上に120度の視野が得られ、中心投影部分での解像度が約0.05度/画素、球面投影部分での解像度が約0.4度/画素である(図5)。入力画像例を図6に示した。現試作品では周辺において明るさが充分得られない、フォーカスの制御用モータのパワーが不足しているなどいくつかの問題を残しているが、改善していく予定である。

### 3. 視点移動についての一般的考察

視点を移動するには、まず次に詳しく観察すべき対象を決定する注視点選択過程があり、次に実際に視線を制御する注視点シフト過程がくる。

#### 3.1 注視点選択過程

次にどこを見るべきかは、与えられたタスクを効率良く遂行できるよう決定されねばならず、したがってタスク依存型となる。三浦らは移動ロボットのナビゲーションをタスクとして最適なランドマークを環境モデルより抽出している [22]。浜地らは物体認識をタスクとして次の視点をそれまでの履歴から決定している [23]。Swain らは物体探索をタスクとして入力画像から注視点候補を抽出し、物体らしさを評価基準として次の視点を決定している [24]。このように次の視点の決定過程には、タスクだけでなく、

- 環境モデル
- 入力画像
- 注視点の履歴

が影響を及ぼす。通常、オフィスや家庭で活動するロボットの視覚には複数のタスクが課せられる。したがって、個々のタスク遂行に必要な視点候補の中から、さらに絞り込んで次の視点を決定する必要がある。そのための選択基準としては、例えばタスクに与えられた優先度や、すべてのタスクのトータルな効率などが考えられる。結局、次の視点を決定するためには種々の要因を参照しながら注視点候補を抽出するプロセスを並列に実行し、それらの結果を

総合的に評価するメカニズムが必要である。それを実現するモデルとして、Treisman らにより特徴統合理論モデルが提案されている [25]。これは入力画像から種々の低レベルの画像特徴を抽出するプロセスを並列に実行し、それらの結果を注視マップと呼ばれる1枚の画像に集約し、最も刺激の強い画像特徴を次の注視点として選択するというモデルであり、反射的な注視点移動のメカニズムを提供している。ただし、環境モデルや注視点履歴に依存する随意(目的指向)的な注視点選択プロセスを実現するためのメカニズムは提供していない。

#### 3.2 注視点シフト過程

注視点選択過程から与えられる、次にどこを見るべきかの指示の抽象度は様々と考えられる。つまり、(a) 画像座標、(b) 空間座標、(c) 座標ではなく注視すべき画像特徴、などとして与えられる。(b) ではさらに、カメラ座標系、ロボット座標系、ワールド座標系で与えられる場合があるが、カメラ姿勢やロボットの自己位置が得られるとすれば、いずれもカメラ座標系での座標に容易に変換でき、それよりカメラ姿勢駆動系に与える指令を導出することができる。(a) においても、左右両方の画像座標が与えられる場合は、カメラ座標系での座標に変換できる。しかし、このためには両眼対応づけが行なえる必要がある。両眼対応づけについては解像度が一般的な画像を対象に数々の検討がなされている。では、中心窩画像ではどうであろうか。

1. 通常、直線となるエッジ線が曲線となり、その形状は左右カメラの姿勢、画像上での位置に依存する。
2. 幾何学的形状が画像の位置に依存して歪みを受ける。

これらの性質は中心窩から離れるほど顕著に現れる。よって、中心窩ステレオにおける周辺視野では、領域相関、あるいは、幾何学的特徴を用いた対応づけが困難となる。ただし、視野内で顕著なイベント(運動や、ブリンクなど)が発生した場合はその位置によらず、つまり周辺視野であろうと対応づけが容易に行なえる。また、両眼対応づけが行なえない場合でも、像のボケ、大きさなどから目標刺激までの奥行き距離が得られる場合がある。

以上を整理すると、

1. 視覚刺激が中心窩付近あるいはイベント刺激の場合  
両眼対応づけを行ない、カメラ座標系での座標に変換し、運動指令を導出する。

## 2. 視覚刺激が中心窩から遠い場合

- (a) 奥行きが推定できる場合  
一方の画像上での目標刺激の位置と奥行き推定値からカメラ座標系での座標に変換し、運動指令を導出する。
- (b) 奥行きが推定できない場合  
まず座標が与えられている画像上で、それを画像中心で捉えるためのカメラの運動量を導出し、それを左右両方のカメラに適用する。これにより、目標刺激が中心窩付近にくるので両眼対応づけを行ない、カメラ座標系での座標に変換し、運動指令を導出する。

最後に(c)の画像記述が与えられる場合については、視野全体から如何に高速に抽出するかが問題となり、そのための画像特徴の記述手法、画像特徴抽出手法などが“Salient feature extraction”などのキーワードで研究されている[26, 27, 28, 29]。

## 4. 原子力ロボットの注視制御

前章では一般的な立場から注視制御について考察したが、ここでは特定のシナリオを設定することにより、検討をさらに具体化する。

### 4.1 原子力プラントの巡回点検作業

原子力プラントを定期的に巡回点検するロボットに要求される視覚タスクは、

1. 指定ポイントの視覚検査
2. 環境特徴による自己ナビゲーション
3. 障害物の発見
4. 後続の監視・誘導
5. 指定ポイント以外の視覚検査

である(図7)。1の視覚タスクのための注視点は環境モデル上の点群として、2の視覚タスクのための注視点は環境モデル上の点列として、あらかじめ設定されうる。3の障害物の発見のための注視点は、走行経路上に存在する未知物体として入力画像から抽出され、4のための注視点はロボット自身の座標系で与えられる。5は環境モデルと入力画像との差分の大きいとき必要となるので、入力画像上の画像座標として抽出される。それぞれのタスク遂行のための注視の優先度は、例えば次のように設定できる。

1. 平均優先度
2. 前回の注視からの時間経過にしたがって優先度を増加させる
3. 常に最優先
4. 前回の注視からの時間経過にしたがって優先度を増加させる
5. 平均優先度より高い優先度

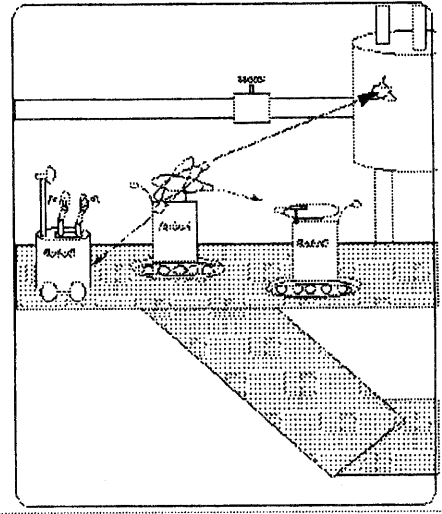


Fig. 7: A scene of the inspection tour by robots.

### 4.2 注視点決定プロセス

個々のタスク遂行のための注視点は個々の独立したプロセスにより、常に出力させることができる。問題となるのは、異なる形で出力された注視点候補の優先度評価であり、これを同じ枠組で評価できることが望ましい。環境モデル上の点で与えられる注視点に実際に視点シフトするためには、常に自己位置と、カメラ姿勢を把握している必要があり、このためには、常に環境モデルから予測視野画像を生成し入力画像との間でマッチングをとることが有効である。そこで、予測視野画像を注視点候補の優先度を評価するための共通の場とすることを考える。しかも、簡便な画像処理により注視点候補の優先度評価を統一的行なえば理想的である。このために、タスク1における検査すべき指定ポイントは、環境モデル中の対応する位置に高輝度の点として記述す

る。タスク2のナビゲーションのためのランドマークは、ロボットが計画どおり移動している間は、次々に高輝度に設定し、もし、障害物などによりロボットが計画経路を逸脱した場合には、その位置から観測しうるランドマークすべてを高輝度に設定する。タスク3においては、対応する画像処理プロセスから障害物らしさを輝度の高さとして出力させる。タスク4における後続の監視のための注視点は、環境モデル中で後続の位置をシミュレーションし、その位置に配置した点の輝度を前回の監視からの時間経過に比例して高くする。タスク5はタスク3と同様に、環境モデルと入力画像との差分の大きさを輝度値として画像処理プロセスに出力させる。これらにより、予測視野画像に各画像処理プロセスの出力を合成すれば、すべての注視点候補が輝度をもった点として視野画像上に表現される。したがって、輝度最高の点を抽出する画像処理により、次の注視点が決定できる。

この枠組によれば、例えば移動障害物が存在した場合、もし、今後どのように動くかの予測を行なえたならば、予期した位置にマイナス輝度の点を置き、画像処理プロセスからの出力と相殺させることにより、予想外の動きに対してのみ注視を喚起するメカニズムが実現できる。また、一度検査したポイントの輝度を下げるにより再び注視することを容易に抑制できるなど、多くの利点が存在する。

## 5. おわりに

中心窩両眼能動ビジョンシステムにおける注視点移動について、次にどこを見るべきかを決定する注視点選択過程と、実際にカメラ姿勢を制御する注視点シフト過程にわけて考察した。さらに、原子力プラント内の巡回点検を自律的に行なうロボットにおける注視制御についても検討を行なった。現在、開発済み中心窩両眼能動ビジョンシステムを搭載するための移動ロボット、およびグラフィック生成のためのハードウェア、さらに原子力プラントのモックアップなど、実験に必要な環境の整備を行なっており、今後、注視点移動メカニズムを開発、実装していく予定である。さらに並行して、網膜 CCD と魚眼レンズの組合せによる画像入力についても整備中である。これにより、log-polar 画像の利用についての検討を具体化する予定である。

[謝辞] 本研究は原子力基盤クロスオーバー研究「原子力用人工知能・知的支援交流委員会」における「協調能動センシングシステムの研究」のもとで行なわれた。研究の機会を与えて頂いた築根知能システム

部長、平井自律システム研究室長に感謝致します。國吉主任研究官及び電総研ロボットグループの皆様には本研究の遂行に有益な御支援を頂きました。

## \* 参考文献

- [1] 八木康史、川戸慎二郎、辻三郎：“全方位視覚センサ COPIS を用いた移動物体の発見と衝突回避”，情報処理学会コンピュータビジョン研究報告，91-CV-75，1991.
- [2] H. Ishiguro and S. Tsuji: “Active visual behaviors of a mobile robot by multiple vision agent”，*Proc. of ISMCR'92*，47-53，1992.
- [3] G. Sandini and V. Tagliasco: “An Anthropomorphic Retina-like Structure for Scene Analysis”，*CGIP*，vol.14，365-372，1980.
- [4] D. J. Coombs and C. M. Brown: “Real-time binocular smooth pursuit”，*Int. Journal of Computer Vision*，vol.11，no.2，1993.
- [5] A. Maki, T. Uhlin and J.-O. Eklundh: “Phase-based disparity estimation in binocular tracking”，*Report of Royal Institute of Technology*，-, 1993.
- [6] I. D. Reid and D. W. Murray: “Tracking Foveated Corner Clusters Using Affine Structure”，*Proc. of 4th ICCV*，76-83，1993.
- [7] 喜多伸之、Sebastien Rougeaux、國吉康夫、坂根茂幸：“仮想ホロボタを用いた実時間両眼追跡”，日本ロボット学会誌，vol.13，no.5，101-108，1995.
- [8] 喜多伸之：“能動的なカメラ制御とアクティブ・ビジョン”，第4回ロボットセンサシンポジウム，131-138，1994.
- [9] E. Krotkov, F. Fuma and J. Summers: “An agile stereo camera system for flexible image acquisition”，*IEEE Trans. Robotics and Automation*，vol.4，no.1，1988.
- [10] Y. Kuniyoshi, N. Kita, S. Rougeaux and T. Suehiro: “Active Stereo Vision System with Foveated Wide Angle Lenses”，*Asian Conf. on Computer Vision*，359-363，1995.

- [11] Y. Furukawa, M. Imai and S. Tsuji: "Stereo Vision with a Zoom Lens", *Proc. of Annu. Conf. of IEICE Japan*, D-536, 1992 In Japanese.
- [12] 吉田千秋、豊田雅信、佐藤幸男: "視野領域が機能分化した視覚系のモデル", *情報処理学会論文誌*, vol.33, no.8, 1032-1040, 1992.
- [13] J. C. Fiala, R. Lumia, K. J. Roberts and A. J. Wavering: "TRICLOPS: A Tool for Studying Active Vision", *Int. Journal of Computer Vision*, vol.12, no.2/3, 231-250, 1994.
- [14] B. B. Bederson, R. S. Wallace and E. L. Schwartz: "A miniaturized active vision system", *Int. Conf. on Pattern Recognition*, 58-61, 1992.
- [15] P. H. Welch and D. C. Wood: "Image tracking in real-time: a transputer emulation of some early mammalian vision processes", *Image and vision computing*, vol.11, no.4, 221-228, 1993.
- [16] J. Spiegel, F. Kreider, C. Claiys, I. Debusschere, G. Sandini, P. Dario, F. Fantini, P. Belluti and G. Soncini: "A foveated retina-like sensor using CCD technology", in *Analog VLSI Implementations of Neural Networks edited by C. Mead and M. Ismail, Kluwer*, 1-23, 1989.
- [17] 末松良一、佐藤和昭、福丸健一郎、岡田英雄: "中心窩を有する新しい視覚センサの開発", *ロボティクス・メカトロニクス講演会'92*, 585-588, 1992.
- [18] Y. Kuniyoshi, N. Kita, K. Sugimoto, S. Nakamura and T. Suehiro: "A Foveated Wide Angle Lens for Active Vision", *Int. Conf. on Robotics and Automation*, 2982-2988, 1995.
- [19] M. Tistarelli and G. Sandini: "Dynamic Aspects in Active Vision", *CVGIP:Image Understanding*, vol.56, no.1, 108-129, 1992.
- [20] T. Morita, Y. Yasukawa, Y. Inamoto T. Uchiyama and S. Kawakami: "Measurement in Three Dimensions by Motion Stereo and Spherical Mapping", *Proc. of CVPR'89*, 422-428, 1989.
- [21] R. C. Nelson and J. Y. Aloimonos: "Obstacle Avoidance Using Flow Field Divergence", *IEEE Trans. Pattern Anal. Machine Intelli.*, vol.PAMI-11, no.10, 1102-1106, 1989.
- [22] J. Miura and Y. Shirai: "Planning of Vision and Motion for a Mobile Robot Using a Probabilistic Model of Uncertainty", *Proc. of IROS'91*, 403-408, 1991.
- [23] 浜地浩秋、豊田雅信、佐藤幸男: "注視点移動による多面体線画の特徴点検出と理解", *電子情報通信学会研究技報*, PRU92-12, 87-93, 1992.
- [24] Michael J. Swain, Roger E. Kahn and Dana H. Ballard: "Low Resolution Cues for Guiding Saccadic Eye Movements", *Proc. of CVPR'92*, 737-740, 1992.
- [25] A. Treisman and S. Gormican: "Feature Analysis in Early Vision: Evidence from Search Asymmetries", *Psychological Review*, vol.95, no.1, 15-48, 1988.
- [26] Sean M. Culhane and John K. Tsotsos: "A Prototype for Data-Driven Visual Attention", *Proc. of 11th ICPR*, 36-40, 1992.
- [27] T. Lindeberg: "Detecting Salient Blob-Like Image Structures and their Scales with a Scale-Space Primal Sketch: A Method for Focus-of-Attention", *Int. Journal of Computer Vision*, vol.11, no.3, 1993.
- [28] 伊藤禎康、曾山豊小笠原史久、佐藤幸男: "視覚システム" Sheila" の碍子検査への応用", *画像の認識・理解シンポジウム (MIRU'94)*, II-335-342, 1994.
- [29] 喜多伸之、S. Rougeaux、國吉康夫、坂根茂幸、三上芳夫: "能動的な視線制御を利用した物体の探索と追跡", *情報処理学会コンピュータビジョン研究報告*, 93-CV-82, 25-32, 1994.