

超並列計算機による航法画像処理

3T-8

本間幸造<sup>\*</sup>、山本浩通<sup>\*\*</sup>、大久保純一<sup>\*\*\*</sup>

<sup>\*</sup>航空宇宙技術研究所、<sup>\*\*</sup>三菱スペース・ソフトウェア株式会社

1. はじめに

筆者らは、航空機や宇宙飛行体などの航法系において有望な搭載CCD TVカメラから得られる視覚画像情報より、飛行体の三次元空間における姿勢角を検出する方法について検討を行って来た。<sup>1)2)</sup>ここでは、実験室内で計測した擬似航法画像データを基に、航法画像処理演算の高速化を図るための超並列計算処理方式を検討したので、数値シミュレーション実験と併せて報告する。

2. 視覚画像情報による相対姿勢角検出法

視覚画像情報より飛行体の相対姿勢角のピッチ角、ロール角、ヨー角の検出に使用される座標系を図1に示す。ここでは、TVカメラの光軸を飛行体のロール軸に取付け撮像面を $O_B Y_B Z_B$ 面となるような飛行体座標系 $(X_B, Y_B, Z_B)$ と、目標対象物（円形部分と十字マークを組合わせた平面形状のマーカ標識）のマーカ標識座標系 $(X_G, Y_G, Z_G)$ とし、ピッチ角 $\theta$ は、TVカメラの光軸（座標軸 $X_B$ ）とマーカ標識設置平面 $O_G X_G Y_G$ との交角に相当し、(1)式から求められる。

$$\sin \theta = \frac{2Y_1 \cdot Y_2}{Y(Y_1 + Y_2)} \quad (1)$$

ここで、 $Y_1$ はマーカ標識の上短軸半径、 $Y_2$ は下短軸半径、 $Y$ は長軸半径である。

また、ロール角 $\phi$ は、TVカメラの撮像面 $O_B Y_B Z_B$ 面上で楕円形状となる長軸の傾きに相当する

ので、TVカメラで得られた画像からHough変換により、歪んだ楕円形状を抽出し、その長軸の傾きから直接求められる。

さらに、ヨー角 $\Psi$ は、

$$\tan \Psi = \frac{\cos \phi}{\cos \theta} \left[ \frac{k_{YB}}{k_{ZB}} - \sin \phi \tan \theta \right]^{-1} \quad (2)$$

から求める。ここで $k_{YB}$ 、 $k_{ZB}$ は、

$$\left. \begin{aligned} k_{YB} &= k (\cos \phi \cos \Psi + \sin \phi \sin \theta \sin \Psi) \\ k_{ZB} &= k \cos \theta \sin \Psi \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

であり、 $k$ は、マーカ標識の中の1つの線分である（詳細は文献3）を参照されたい）。

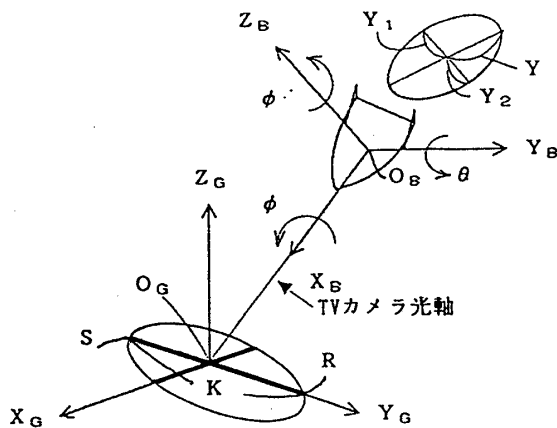


図1 マーカ標識と座標系

3. 超並列化方式

相対姿勢角検出の基になるマーカ標識形状の認識抽出に必要なHough変換を実行する際の大きな課題は、計算機負荷の軽減化である。超並列化処理は、これに対処し得る有力な手段である。ここでは、ノードプロセッサ（NP）間の計算処理負荷を均等化することを最適並列化基準として、個々のNPが有するメモリ容量を考

Navigation Image Processing for Massively Parallel Computer.

<sup>\*</sup>Kohzo Homma, <sup>\*\*</sup>Hiro-michi Yamamoto, <sup>\*\*\*</sup>Junichi Ohkubo

<sup>\*</sup>National Aerospace Laboratory

<sup>\*\*\*</sup>Mitsubishi Space Software Co., LTD.

慮し、各NPに演算処理を分配している。

超並列計算処理は、ワークステーション (WS) で画素数 (データ数) とNP数の初期設定を行うと共に、必要データを引数として超並列計算機へ転送しプログラムを起動する。次に超並列計算機では、指定数以下および使用可能なNPの負荷均等化計算を実行する。

その後、入力画像データから前述の相対姿勢角検出に必要なパラメータを楕円/直線Hough変換により抽出処理し、再び超並列計算機からWSへ抽出結果を転送してWS上でピッチ角 $\theta$ 、ヨー角 $\Psi$ 、ロール角 $\phi$ を求める。

このような処理概要の一部ブロック図を図2に示す。

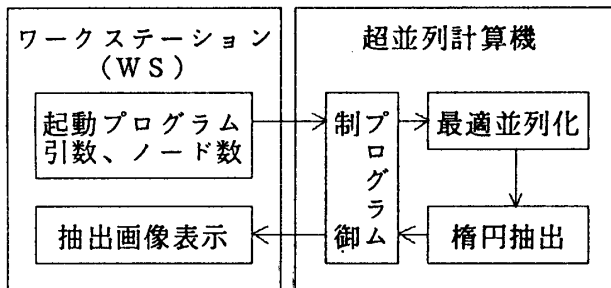


図2 処理概要

#### 4. シミュレーション

超並列計算機を使用したシミュレーションは、相対姿勢角検出のための演算処理の効率性を実験的に評価するために、以下のシステムで実行した。

シミュレーションに用いたハードウェアとしては、航法画像並列処理用の大規模超並列計算機 (336NP) とプログラム開発用の小規模超並列計算機 (32NP) のマルチシステム、超並列計算機のフロントエンドプロセッサとしてのWS、そして擬似航法画像データを得るための実験装置から構成されている。

特に、ここで用いた実験装置は、マーカ標識を任意の3軸回転角 (ロール、ピッチ、ヨー角) で設定可能な回転台座、画像情報を取得する民生仕様の30万画素の小型CCD TVカメラ、データ収集用A/D変換メモリ装置 (8ビット変換) とパソコン(PC) をネットワークで接続し、WSヘデー

タ転送する構成で概略を図3に示す。

一方、使用したソフトウェア言語としてはC、FORTRAN77を用い、一部シェルスクリプト構成となっている。

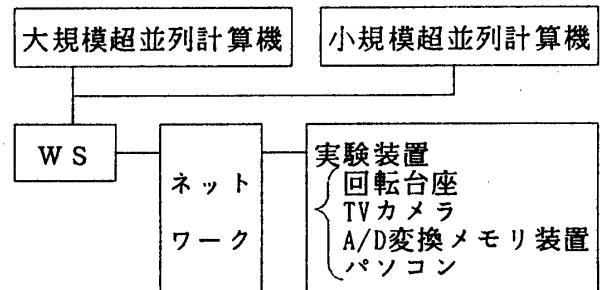


図3 システム構成ブロック図

擬似楕円画像データを用いた数値的シミュレーションを実行した結果の一部を以下に記す。すなわち、超並列計算機による航法画像処理では、最適並列化NP数と、Hough変換におけるパラメータ抽出演算処理時間、および各NPへのデータ転送時間等とのトレードオフにおいて、解析対象画像サイズ (データ数) との関係が明らかになり、最適並列化方式の有効性が確認された。

#### 5. おわりに

画素数の増大に対する超並列計算機のNP数の最適負荷の均等化、処理速度の高速化等を検討する必要がある。

今後は、擬似楕円画像データの代わりにマーカ標識を用いた実験を進める予定である。

#### 参考文献

- 1) 本間、山本「画像情報による航空機等着陸姿勢角の検出」、情報処理学会第45回 (平成4年後期) 全国大会
- 2) 山本、本間、中「機体姿勢角検出におけるHough変換方式」、情報処理学会第45回 (平成4年後期) 全国大会
- 3) 本間、山本、中「TVカメラによる相対姿勢角の検出」、第37回航空宇宙技術連合講演会