

J-19 小領域分割法によるステレオマッチングのプロセッサ割り当て手法 Processor Assignment Method of Stereo Matching by Dividing the Small Block

中澤 健亮†
Kensuke Nakazawa

前川 仁孝†
Yoshitaka Mekawa

伊與田 光宏†
Mistuhiko Iyoda

1. まえがき

ステレオマッチングは同一の対象物体を異なる2つの視点から撮影し、その一対のステレオ画像から対応点を抽出する。この対応点探索は、多くの繰り返し計算を行うため処理時間が多くなるという問題点がある。我々の研究では、共有メモリ型並列計算機上でキャッシュヒット率を考慮した小ブロックに画像分割を行い、キャッシュメモリを有効利用しステレオマッチングする小領域分割法を提案し並列処理により高速化を行ってきた[1]。本稿ではマッチング処理にかかる計算時間の更なる短縮を図ることを目的とし、従来の手法に加え、相関値が高い対応点候補が多く含まれている画像ブロックから順にプロセッサを割り当てマッチング処理することで高速化する手法を提案する。

2. 対応点探索

対応点探索の方法に相互相関法がある。相互相関法は基準画像上と参照画像上にテンプレートを定義し、探索する範囲内で参照画像上のテンプレートの中心を1画素ずつずらしながら基準画像上のテンプレートの中心との相関係数 R が一番高い点を対応点とする。相関係数 R の範囲は $0 \leq R \leq 1$ である。ここで用いる相関係数は式(1)を繰り返し計算する。

$$R = \frac{1}{N} \frac{\sum_{i=0}^K \sum_{j=0}^L |(I - \bar{I})(T - \bar{T})|}{\sqrt{I_\rho T_\rho}} \quad (1)$$

$$I_\rho = \sum_{i=0}^K \sum_{j=0}^L (I - \bar{I})^2$$

$$T_\rho = \sum_{i=0}^K \sum_{j=0}^L (T - \bar{T})^2$$

また、 I, T は各テンプレートの集合、 \bar{I}, \bar{T} はテンプレートの集合の平均値、 $K \times L$ はテンプレートサイズとする。

3. 小領域分割法による並列手法

ステレオマッチングの高速化手法の1つに並列処理がある。共有メモリ型並列コンピュータを用いた並列処理手法に、参照画像を横方向にプロセッサ数で等分し、分割した参照画像の各領域に対しプロセッサを割り当て並列処理する手法[2][3]や、各画像領域を1ラインずつに分割し、

1ラインごとに1プロセッサをサイクリックに割り当て並列処理する手法[2][3][4][5]、各画像領域を1ラインずつに分割し1ラインごとに1プロセッサをダイナミックに割り当て並列処理する手法[2][3][4][5]などがある。しかし、これらの手法は、並列処理するために分割した画像ブロックのマッチング処理量に大きな偏りが生じる。また、マッチング処理するラインが変わるとキャッシュメモリに格納されていた画像データが参照できなくなり、キャッシュメモリの有効利用ができないという点が上げられる。

そこで我々の研究では、キャッシュメモリの有効利用を図り、プロセッサごとのマッチング処理の負荷を均等に効率よく並列処理するために、画像分割する際、探索した画像データをキャッシュメモリに格納できるように参照画像領域を小ブロックに分割する小領域分割法を提案してきた。小領域分割法は、画像分割をする際、分割した横方向はプロセッサ数で均等に分割し、縦方向は横方向の画像サイズに対してキャッシュメモリの容量を考慮して小ブロックに分割する。このように、小ブロックに分割することで参照画像上を探索した画像データの共有メモリへのアクセスを減らし、キャッシュヒット率を向上させキャッシュメモリを有効利用して高速化する手法である。この手法による分割画像へのプロセッサ割り当ては、図1に示すように左上から順に割り当てる。

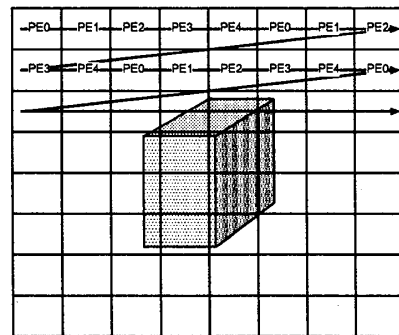


図1: 小領域分割法による参照画像のPE割り当て

4. プロセッサ割り当てを考慮した手法

小領域分割手法では、画像分割後プロセッサを割り当てる際、図1に示すように画像の左上から順にスタティック、または、ダイナミックに割り当てる。この方法で分割した画像に対しマッチング処理を行うと、マッチング処理の重い部分の処理を割り当てられたプロセッサが処理している間に、マッチング処理の軽い部分の処理を割り当てられたプロセッサがマッチング処理を終えることがある。すると、マッチング処理が軽い部分を処理するプロセッサは、マッチング処理の重い部分が処理を終えるのを待つ

† 千葉工業大学情報科学部情報工学科
Department of Computer Science, Chiba Institute of Technology

で、マッチング処理が軽い部分を処理するプロセッサのアイドル時間が大きくなる。

そこで、今回提案する手法は、マッチング処理の軽い部分を処理するプロセッサのアイドル時間を小さくするため、これまで提案してきた小領域分割を行い、分割した画像ブロックを処理するプロセッサの割り当てる順序をマッチング処理が重い順にする。このような原理は、スケジューリング手法の一つである CP 法などに用いられており、負荷が大きいタスクから順に割り当てることで、各プロセッサにかかる負荷をヒューリスティックに均一化できる [6]。ここで、処理の重い順にプロセッサを割り当てる前処理として、階調値を設定しその値以上の点を対応点候補とし相関係数を求めるために式 (1) を用いマッチング処理の計算をする。仮に図 2 に示すような画像を小領域分割法を用い画像分割し時のプロセッサの割り当て例を示す。この場合、従来通りプロセッサを割り当てると、対応点候補が多く含まれる部分のマッチング処理が最後に行なわれることになり、その部分のマッチング処理の重さにより処理が終わったプロセッサがアイドル状態になり、全体の処理時間が処理の重い部分を処理するプロセッサによって決まる。

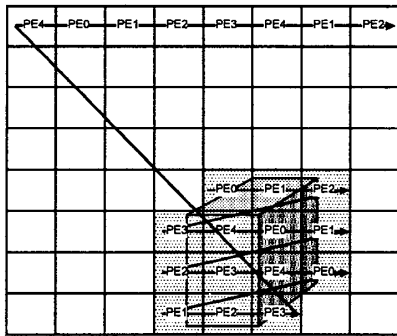


図 2: 提案手法による参照画像の PE 割り当て

5. 評価

5.1 実行環境

提案する手法の有効性を評価するために Sun Enterprise 4500 を用いた。本機は、CPU に L1 キャッシュ 16kbytes, リードキャッシュラインサイズ 16bytes を持つ 400MHz の UltraSPARC-IIs が 14 台接続された主記憶共有型のマルチプロセッサである。

5.2 処理時間測定

表 1 は画像サイズ 614 × 410 の小領域分割法と提案する手法の処理時間を示す。ここで、マッチング処理に用いたサーチエリアとテンプレートのサイズは、相関係数の平均を測定して求める [4]。サーチエリアサイズは 25 × 5、テンプレートサイズは 5 × 3 と決定する。

評価の結果、提案手法によりプロセッサ 1 台でステレオマッチング処理をしたときの処理時間は 463.35[s], プロセッサ 14 台で並列処理した時の処理時間は 33.62[s] となり、逐次処理と比べて 13.78 倍高速化された。また、プロセッサ 14 台で並列処理した際の小領域分割法と提案手法

を比較すると、提案手法を用いた場合、2.59%の速度の向上が確認できた。

また、プロセッサ 1~2 台のときのマッチング処理で、小領域分割法より提案手法の方が若干処理時間が遅かった。これは、プロセッサを割り当てる前処理のためである。つまり、前処理では、各ブロックの階調値を計算し、どのブロックにおいて対応点候補が多く含まれているかの処理を行っているため、提案手法は、小領域分割法より処理時間が若干要したからである。プロセッサ 3 台以降は、小領域分割法より提案手法が処理速度が向上した。これは、プロセッサを割り当てる順序を考慮したことで、マッチング処理によるそれぞれのプロセッサ間のアイドル時間が小さくなり効果が表れたことを示す。

表 1: 画像サイズ 614 × 410 の処理結果

プロセッサ数	小領域分割法 [s]	提案手法 [s]
1	462.63	463.35
2	232.84	233.72
3	155.29	154.85
4	116.47	114.89
5	93.19	91.89
6	77.66	74.96
7	66.56	64.54
8	58.31	55.48
9	51.84	48.66
10	46.73	43.01
11	42.45	40.46
12	38.92	36.99
13	35.92	35.00
14	34.47	33.62

6. おわりに

本稿では、共有メモリ型並列コンピュータ上で、小領域分割法を行った後のプロセッサ割り当てを考慮した手法を提案した。提案した手法を用いた場合、プロセッサ 14 台で並列処理した際の小領域分割法と提案手法を比較すると、提案手法を用いた場合、2.59%の処理速度向上、提案手法でプロセッサ 1 台と 14 台のとき並列効果は 13.78 倍の速度向上が得られた。これらの結果よりによりプロセッサの割り当てを考慮した提案手法の有効性を確認した。

参考文献

- [1] 中澤健亮, 古屋穂高, 前川仁孝, 伊與田光宏: キャッシュヒット率を考慮したステレオマッチングの並列処理, 電気学会 論文誌 C, Vol.122-C, pp.1137-1147, 2002.
- [2] 美濃導彦: 「並列画像処理」, オーム社, 1995.
- [3] 柿沼武史, 星仰: サンプルング法によるステレオマッチングの並列処理, 情報処理学会 60 回全国大会論文集, Vol.2, pp.227-228, 2000.
- [4] 古屋穂高, 羽田泰啓, 宮本和則, 高田勝久, 前川仁孝, 伊與田光宏: ワークステーションクラスタ上におけるステレオマッチングの並列処理, 情報処理学会 61 回全国大会論文集, Vol.2, pp.207-208, 2000.
- [5] 和泉秀幸, 佐々木和司, 水野政治, 中島克人: SMP での SAR 画像再生処理の並列化~キャッシュを活かしたコーナーターニング方法と性能評価~, ハイパフォーマンスコンピューティング, pp.173-178, 2000.
- [6] 笠原博徳: 「並列処理技術」, コロナ社, 1991.