

共有メモリ型分散画像処理を利用した

屋外自律移動ロボットの研究

Usage of Shared Memory for Multimodal Data Processing
in an Outdoor Mobile Robot後藤 宏晃†
Hiroki Goto安部 憲広†
Norihiro Abe田中 和明†
Kazuaki Tanaka瀧 寛和‡
Hirokazu TakiShoujie Hett†
Shoujie He

1. まえがき

本研究では、ロボットの自律移動を実現することにより社会を豊かにすることを目指している。例えば、車の自動運転や ITS へと繋げ、環境や安全の問題を解決すること、また、ロボットが盲導犬の代わりに果たすなど福祉的な役割を担うことなどが出来ると考えている。

ロボットの自律移動に関する問題として、搭載されたパソコンのみで処理を行うには計算量(処理)が多すぎるといった問題がある。ロボットが自律移動の際に行う処理としては、画像処理、センサ処理、経路探索、車両制御など多数あり、中でも、特に複雑な処理を要求される画像処理が処理を多くしてしまっている。

一方、近年通信技術の進歩は著しく、様々なものをネットワークで繋ぐことが可能となった。そこで私は、ロボットもネットワークに繋げ、サーバと通信を行う事で上記の問題を解決できるのではないかと考えた。

本研究では、ロボットが通信を行うことで、別環境にある複数台の高性能なパソコンを利用できるシステムの構築を目指し、実機で検証を行いながらその有用性を確かめた。

2. システム構成

ロボットはネットワークカメラを搭載しており、そこで取得した画像を別環境に用意された複数台のパソコンへ、無線 LAN を介して送信する。複数台のパソコンは高速なネットワークに繋がっており、そこで画像を分散処理させている。ロボットは画像処理の結果を受信することで、自律に必要な情報を得て進むこととなる(図2参照)。では、ロボットの構成から見ていく。

2.1 ロボット構成

移動ロボットにはノートパソコンを搭載して、DC モータ制御用マイコン、ネットワークカメラ、GPS、3D モーションセンサ、光電センサを制御する。このロボットに関するシステムは、Microsoft 社の Visual Studio.NET で一括管理している。画像処理用のパソコン側の方は、画像を親となる1台のパソコンから、子となる、複数台のパソコンへ分配している。これらのパソコンは、SCRAMNet と呼ばれる高速なネットワークで結ばれている。以後これらの複数台のパソコン群をサーバと呼ぶ。

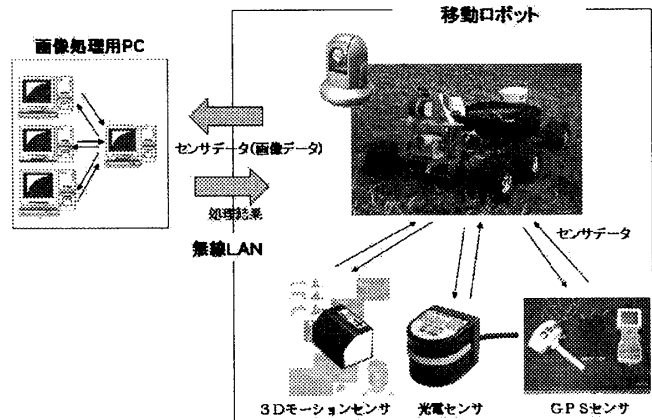
また、画像処理には、ドイツ MVTec 社が開発した HALCON という画像処理ソフトを用いた。

† 九州工業大学, Kyushu Institute of Technology

‡ 和歌山大学, Wakayama University

†† イーストマンコダック社, Eastman Kodak I.N.C.

図1 : 移動ロボット構成



2.2 分散画像処理システム

サーバ側の処理を詳しく見ていく。以下にその構成を図で示す。

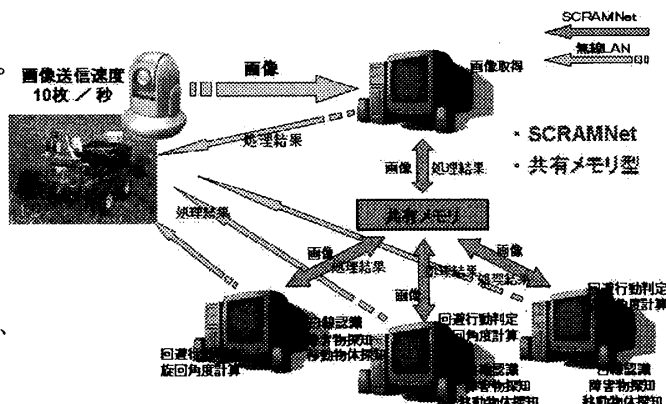


図2 : 分散画像処理システム

画像処理用の複数台のパソコンは、共有メモリと呼ばれる全パソコン共通のメモリで結ばれており、これを監視することで同期を取っている。

親となるパソコンは、画像データを共有メモリに書き込み、子パソコンはそこからデータを読み込み、画像処理を行う。ロボットは街中を移動していく事を想定しており、必要な画像処理として、現在は「白線認識」「静止障害物認識」「移動障害物認識」を行っている。これら3つの処理をそれぞれのパソコンで同時に行い、緊急時にはロボットへ直接結果を送信し、それぞれのパソコンの結果をまとめる必要がある時は、共有メモリへ結果を書きその情報を利用する。ここでいう結果をまとめる時というのは、障害物と白線の位置関係から、ロボットが障害物を回避して進

むか、停止するかという判断をする場合などのことである。子パソコンはそれぞれが同じプログラムで動作しており、パソコンの数を増やし計算資源を拡張しやすく設計している。また、子パソコンが1台システムダウンしても、他のパソコンが稼働していれば、全体としてシステムダウンしない仕組みをとった。

2.3 共有メモリ

共有メモリの構成については以下の通りである。

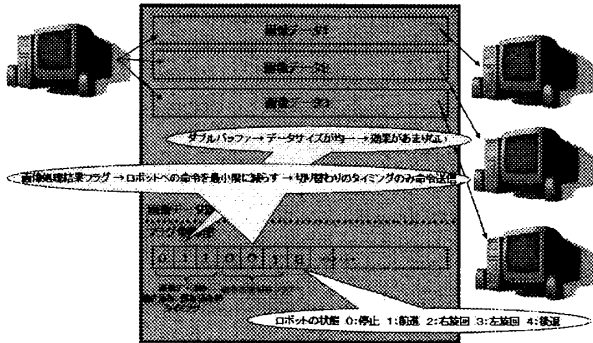


図3 : 共有メモリ構成

大きく、画像データ部とフラグ制御部に分かれており、それぞれのパソコンがフラグ制御部を監視することで同期を取っている。フラグ制御部には、ロボットの状態を示すフラグの場所を設けており、子パソコンはこのフラグをチェックして、ロボットの状況を考慮して必要な情報を必要な時だけ送信することができるようになる。つまり、サーバからロボットへの情報は最小限に抑えられ、ロボットの通信の負荷を極力減らす仕組みをとった。

3. 画像処理

ロボットには、現在以下の3つの画像処理機能を組み込んでいる。

- ・ 白線認識
- ・ 静止障害物認識
- ・ 移動障害物認識

それぞれ、ターゲットの特徴に応じた画像処理アルゴリズムを考案した。現在、動的障害物認識においてはロボット移動中の認識が困難で、ロボットの移動量を反映した画像処理手法を考案中である。では、それぞれの画像処理についてみていく。

3.1 白線認識

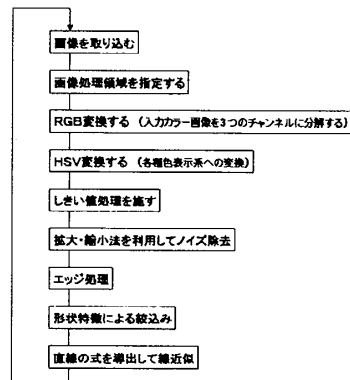
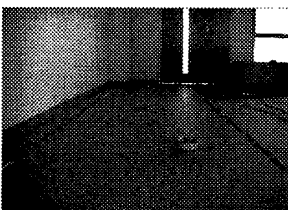


図4 : 白線認識アルゴリズム

白線認識のアルゴリズムをフローチャートで示す。事前に色情報により、白線と思われる候補を絞込み、その候補に処理の比較的重いエッジ処理を施すことで、処理の効率化を図った。さらに、白線が物体の影となり、見ため上の形状が変わっても認識できるように、直線近似をリアルタイムに行っている。結果、白線のみを安定して認識することができるようになった。

3.2 静止障害物認識

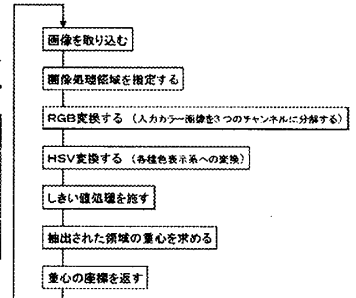
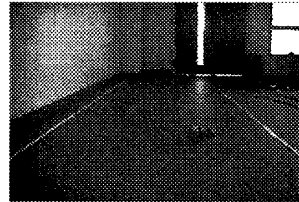


図5 : 静止障害物認識アルゴリズム

静止障害物は背景との色の変化を利用して抽出を行っている。抽出された物体の重心座標を返すことで、その情報と画角を入力として物体までの距離、角度を出力している。

3.3 移動障害物認識

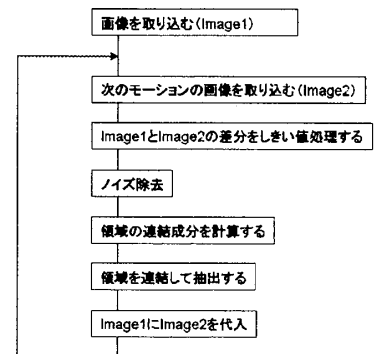
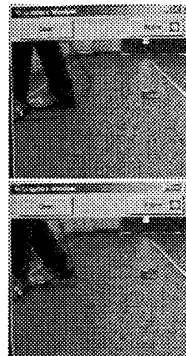


図6 : 動的障害物認識アルゴリズム

連続した2枚の画像を取得し、その画像の差分をとることで移動物体を抽出する。ただし、ロボットの移動と共に背景も移り変わる場合、ロボットの移動量を考慮した差分をとる必要がある。現在移動中でも対応できるアルゴリズムを構築している。

4. 実験

構築した分散画像処理システムを検証するために以下の実験を行い、その有用性を確かめた。

4.1 実験の目的

- ・ 構築したシステムが正常に動作するか確かめる。
- ・ システム中の不具合を発見し、その場所を改善する。
- ・ 1枚の画像処理にかかる事のできる時間を確かめ、その結果に応じて画像処理アルゴリズムを改善する。

4.2 実験の方法

1. ネットワークカメラで画像を取得する。
2. 無線LANで画像をサーバの親パソコンへ送信する。
3. 親パソコンから、子パソコンへ画像を分配する。
4. 子パソコンで「白線認識」「静止障害物認識」を行う。

5. 子パソコンで4の作業を1回行ったら、共有メモリへ1回画像処理を行ったことを書き込む。
6. 子パソコンは新しい画像が共有メモリ上にないか確認して、新しい画像があればそれを画像処理する。なければ、前の処理済みの画像をもう一回画像処理する。
7. 以上の流れを繰り返し、画像処理が1000回行われる時間を計測する。
8. 1～7において、子パソコンを1台使用時と、2台使用時で、処理速度を比較する。

4.3 実験結果

表1 : 実験結果

	画像処理1000回の処理時間	1秒間の画像処理回数
PC1	60秒	16.66回/秒
PC2	128秒	7.81回/秒
PC1+PC2	41秒	24.39回/秒

※ PC1、PC2共に同じプログラムで動作

表の上2つは、パソコン1台のみでの処理を表し、一番下の値は、子パソコンを2台同時に稼働した時の時間である。PC1とPC2で時間が大幅に違うのは、パソコンの性能の違いによるものである。

5. 考察

まず、実験の結果から注目すべき点は、パソコンを2台に増やした時に処理能力が、PC1とPC2の和に比較的近いかどうかである。まず、計算から

$PC1+PC2: 16.66\text{回/秒} + 7.81\text{回/秒} = 24.48\text{回/秒}$
と、2台パソコンを利用すると理想的には、24.48回/秒の処理能力が考えられる。この数字から、子パソコン2台使用したときの画像処理1000回の時間は

$$24.48\text{回/秒} \rightarrow 1000/24.48 = 40.85 \approx 41$$

であることが理想的な数字として挙げられる。実際パソコンを2台稼働して時間を計ると、41秒となり理想的な値に近い事がわかる。パソコンをさらに3台、4台と増やしたときに、増やした数だけ性能を向上させていくことができるシステムが理想的であり、現在のシステムはその理想に近いことがわかる。

また、実験を通してロボットの自律に必要な画像処理の速度が保てるという見込みが立ったと考えられる。

ロボットの移動速度は秒速1mぐらいと想定しており、そのためには秒間10回ぐらいの画像処理が必要だと考えている。現在ロボットに搭載したネットワークカメラは、1秒間に10枚の画像を親となるパソコンへ送信可能で、子となるパソコンでは、白線認識と静止障害物認識を1秒間に40回行う能力があることが実験からわかった(PC3台使用時)。これらの実験データから、通信遅延や、更に複雑な画像処理アルゴリズムを組み込んでも、必要に応じて処理するパソコンの台数を増やすことで、自律に必要な処理能力を確保できることが考えられる。

6. 今後の課題

今後、更に複雑な画像処理アルゴリズムをパソコンに組み込んでも、ロボットのリアルタイム性を確保できる見込

みがあるため、そのアルゴリズム構築に力を入れていきたい。

具体的には、静止障害物の認識に学習データとのマッチングの手法を用いることを検討している。現在の手法と合わせて、さらに精度を上げた画像処理を行うことで対応できる障害物の数を増やしていきたい。

あと、移動障害物の認識においては、ロボットが移動中であっても、差分画像を利用できるように、画像とロボットの動きの対応付けをアルゴリズムに組み込んでいく必要がある。

以上、分散処理による計算資源を最大限利用するプログラムを作成し、高度な自律を今後は目指していく。

謝辞

本研究を進めていく上で、丁寧に貴重なアドバイスを下さる、安部憲広教授へ、心より感謝致します。また、技術的に適切なアドバイスを下さる田中和明講師、先輩方に本当に感謝致します。

参考文献

- [1] 桜田幸嗣 Visual C++.NET プログラミングパブリッシング株式会社
- [2] 平成15年度「屋外における半自律移動ロボットの遠隔操作システムに関する研究」九州工業大学 平野一志の修士論文
- [3] 松下電器株式会社: KX-HCM180 技術参考資料 ネットワークカメラ 新 CGI コマンドインターフェース仕様書
- [4] デジタル画像処理 CG - ARTS協会
- [5] 分散処理 谷口秀夫 編著 オーム社
- [6] HALCON 活用法 株式会社リンクス社