

BPNN を用いて画像情報から自律的に 3 次元空間構造を抽出して 移動するロボットの制御に関する研究

矢田 尚紀 (大阪市立大学大学院 創造都市研究科 都市情報学専攻)

永田 好克 (大阪市立大学大学院 創造都市研究科 都市情報学専攻)

中島 重義 (大阪市立大学大学院 工学研究科 電子情報系専攻)

1. はじめに

実機ロボットの移動制御の精度を向上させるためのアプローチの一つは位置情報の監視を伴うものであるが、そのために周辺環境の整備が不可欠な点が制約となる。実用範囲を広げる上では、位置情報の監視を伴わない自律移動も重要な研究テーマである。本研究は、可視画像情報のみを用いて、位置情報の監視(スーパーバイザー)無しで自律移動を目指したものである。

2. 先行研究

ラットの場所細胞の概念を用いた移動の研究[1]がある。この研究では画像情報と位置情報からニューラルガスでマッピングを行い、強化学習法の1つである、アクター・クリティック法で得たプランニングによって、誤差はあるもののロボットが目的地まで到達できる事を計算機シミュレーションで示した。

研究[2]は、全方位カメラで空間を撮影し、5層 BPNN によるマッピングを経て、プランニングまで行った。この研究では、マッピングアルゴリズムが画像の複雑さに充分対応できずマッピングに時間を要した点が課題で、ロボットでの移動検証には至らなかった。また実験に用いたカーロボットは移動方向の制約が大きい。

3. 手法

本研究は研究[2]を概ね踏襲しつつ移動検証まで進めることを重視し、実験環境では以下の工夫を行った。

実験空間は、実際の部屋ではなく、マッピングが容易になると期待できる風景を配した実験フィールドを用意した。画像は、特有の歪みの補正が必要な全方位カメラからではなく、平面カメラ4台による連結画像とした。ロボットは、カーロボットより横や斜め移動の自由度が高い多脚ロボット(図1)に変更した。

本研究での手順は以下のとおりである。

(1) 撮影：ロボットに搭載のカメラで可視画像を収集する。マッピングの的確性の判断を容易にするために事前に設定した規則的な間隔での撮影から行ったが、位置情報の監視無しでのランダムな撮影にも対応できるよう画像データに撮影地点の位置情報は付与しない。

(2) マッピング：現実空間 X-Y-Z で撮影した画像か

ら PCA を行い、5層 BPNN を経て、移動経路計算上の空間ともなる 3 次元空間構造 $u-v-w$ を抽出する。研究[2]ではサンプルデータのみ撮影したが、本研究では加えてテストデータも撮影し、ロボスタ性の確認も行う。研究[2]では画像情報を経路計算空間としていた。

(3) プランニング：(2)で構成した $u-v-w$ 空間に基づき最適な移動経路を計算する。研究[2]では格子情報が不可欠なフロイドのアルゴリズムを用いたが、本研究では格子情報を必要としない幅優先探索を用いた。

(4) 移動：山登り法による移動を行う。撮影時と同じ実機を用い、(3)で得る経路上の経由点を目指す。出発点周辺の任意の数点まで移動し撮影した画像と経由点との $u-v-w$ の距離を計算し、最短の点を確定移動先とする。改めてこの点を出発点として同様の手順を繰り返す。経由点の一定の範囲に入れば経由点を経たと判断し、次の経由点に向かう。もし距離が1つ前の任意の数点と比較して高くなれば移動を終了する。この流れで最終目的点に到達するかを検証する。

4. 実験及び考察

(1) 撮影：実験フィールドで、 $4(X) \times 4(Y) \times 8$ (方向)の計 128 箇所サンプルデータの撮影を行った(図2(a))。視野角 74 度の平面カメラ4台を用いたため1度の撮影では全周の撮影ができないが実験にはそのまま用いた。

(2) マッピング：主成分分析(PCA)を施した画像から画像の近似部分を抽出し、5層 BPNN(図2(c))を経て3次元 $u-v-w$ 構造を構成した(図2(d))。現実空間 X-Y-Z と比較すると座標の位置や間隔が歪む(図2(e))が、可能な限り最適な $u-v-w$ 空間を得るために、処理ルーチンでは中間層ユニット数、イプシロン、学習回数などのパラメータを試行錯誤的に調整した。撮影画像と復元画像(図2(b))とのピクセルの差を、目視およびマンハッタン距離(経路に沿った距離)・ユークリッド距離(直線距離)・相関係数の数値でも等高線グラフで比較し、大きな違和感なく適切と判断できる結果を得た。

又、ロボスタ性を確認するために、実機ロボットの前方を 0 度の方向に固定してテストデータの座標を新たに追加し撮影を行い 2 つのエリアに区切り、 $u-v-w$ 空間を計算し、X-Y-Z 空間と $u-v-w$ 空間の近傍関係が



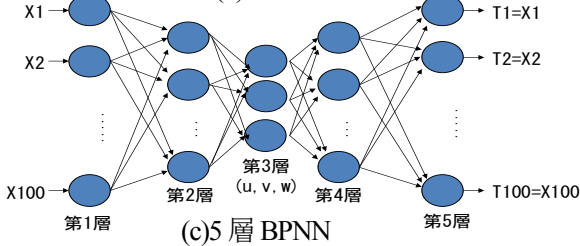
図1 多脚ロボット



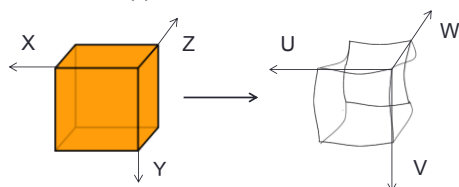
(a)撮影画像



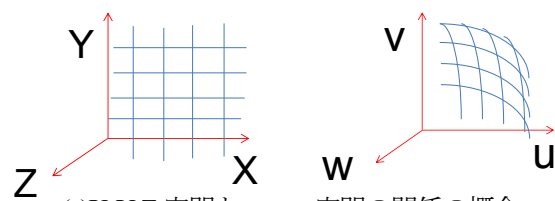
(b)復元画像



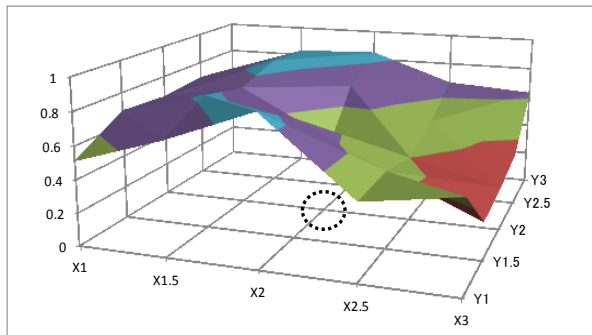
(c)5層BPNN



(d)位置情報のスーパーバイザー無しで空間を構成



(e)X-Y-Z空間とu-v-w空間の関係の概念



(f)u-v-wの近傍の点を比較した等高線グラフ

図2 実験及び考察の概要

サンプルデータのみの場合と同様に成り立つか等高線グラフを参考に検討した(図2(f))。理想的には点線で囲む部分が最低値になり遠くなるほど最高値となるのがよい。実験では最低値にならず、他の部分が最低値となる歪んだ空間となったが、このu-v-w空間を用いた。

理想どおりではない原因として、BPNNの局所解や過学習、パラメータ最適値が不明な点、PCA、撮影画像枚数、複数の平面カメラ搭載での撮影による特性上、全周のうち一部が常に欠ける事等、様々に考えられる。

(3)プランニング：同じ実験フィールド上で、異なる出発点・目標点を4組設定し、u-v-w空間でそれぞれ閾値を決め最適な移動経路を計算した。u-v-w空間の歪みのため遠回りである経路を計算した場合もあった。

(4)移動：(3)で得た経路に沿って、山登り法で実機ロボットでの移動を検証した。1経路は2歩分前進して終了し、他の3経路は1歩分前進して終了した。いずれも目的点に到達せず終了した。不十分な移動しかできなかった原因の一つは上記(2)でも考察したu-v-w空間の歪みであると考えられる。もう一つは、距離の最小値を次の移動の位置とする山登り法の判定方法では、すぐに移動が終了してしまう可能性が高い事である。

5. 結論

本研究では、位置情報のスーパーバイザー(監視)無しで撮影した画像情報のみで、3次元空間を構築し、移動経路を算出することができた。さらに実機での移動検証を行うことができた。目的点まで十分に到達する為の改善の余地は多いが、移動検証まで辿り着いたことから、本研究を今後の手法改善における対照実験と位置づけることは可能である。

6. 今後の課題

一点は、まずは目的点までの自律移動の精度を向上し到着させることであり、例えばBPNNに遺伝的アルゴリズムや焼きなまし法を適用してみることである。

もう一点は、複数台の協調による移動精度の向上の可能性を検証することであり、例えば移動時の山登り法にPSO(粒子群最適化)を適用することが考えられる。

参考文献

- [1] 田中 敏雄, 西田 健次, 栗田 多喜夫, “場所細胞の位置マップと強化学習を用いた移動ロボットのナビゲーション”, 電子情報通信学会論文誌, D-II, 電子情報通信学会 J88-D-II(9), 1866-1875, 2005
- [2] 郭 瑞, “砂時計型5層BPNNを用いた3次元空間構造抽出に関する研究”, 大阪市立大学大学院工学研究科修士論文, 2012