

## 立体型四目並べプレイロボットシステムの設計

### Design of the Robot System Playing 3-Dimensional Line-4 Tic-Tac-Toe

○小野寺 優\*, 苫米地 宣裕\*

○ Masaru Onodera\*, Nobuhiro Tomabechi\*

\*八戸工業大学大学院電気電子工学専攻

\*Electricity and Electronics course, Graduate school of Engineering, Hachinohe Institute of Technology

キーワード: ロボットシステム(Robot System), 四目並べ(Line-4 tic-tac-toe), 三次元(3-Dimensional), 人工知能(Artificial intelligence), システムの設計(System Design)

連絡先: 〒 031-8501 青森県八戸市妙字大開 88 番地 1 号 八戸工業大学 システム情報工学科 苫米地研究室 苫米地宣裕, Tel.:0178-25-8051, E-Mail:tomabech@hi-tech.ac.jp

#### 1. はじめに

思考ゲームをプレイするプログラムの研究は、人工知能研究上の多くの課題を含んでおり、近年情報科学の重要な一分野として認められるようになった[1][2]。主なゲームとして、チェスや将棋・囲碁・連珠などが上げられている。これらは、二次元平面の盤を使用するゲームであり、二次元平面の盤はそのままコンピュータのディスプレイ画面に表示が出来る。

本研究では、三次元形状の盤を使用するゲームを取り上げる[3]。三次元形状の盤は通常のコンピュータディスプレイでの表現が困難なので、実際の盤と駒を用いてプレイするロボットシステムが有効である。本研究では、三次元立体の盤を用いるゲームとして回転四目並べを取り上げ、実際にプレイするロ

ボットシステムのプロトタイプを製作した。

#### 2. 回転四目並べのルール

回転四目並べのルールは以下のとおりである。

①[横方向 1 2 マス]×[上方向 4 マス]の円筒状の盤を用いる。図 1 にこれを示す。

②先手と後手が交互に駒を置く。

③駒は盤の下から順に積み重ねて置く。

④相手よりも先に縦・横・斜めの何れかに 4 連の直線が出来た方を勝ちとする。

ただし、横方向は 5 連・6 連・7 連であっても 4 連を成すものとする。

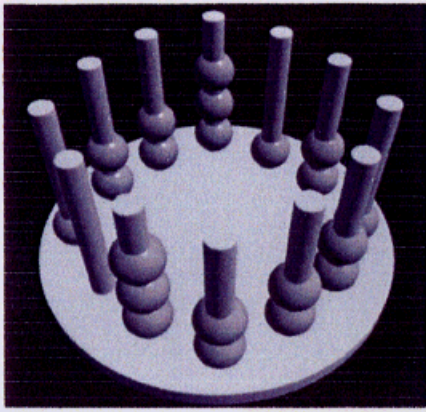


図1 回転四目並べの盤と駒

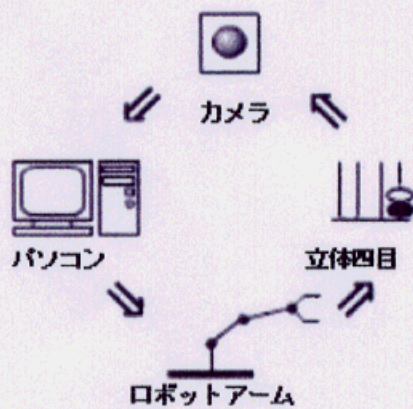


図2 ロボットシステムの構成

### 3. システム構成

本研究で設計したロボットシステムを図2に示す。本システムは以下の3つの機能部分で構成されている。

- ①相手着手の認識。カメラで盤の画像を取り込み、画像処理により相手の着手位置の認識を行う。
- ②思考。パソコンで最善手を探索する。
- ③着手。ロボットアームで着手を行う。

以上の機能を実現するために、以下の機器を使用する。



図3 USBカメラ



図4 ロボットアーム

[1]カメラは、市販のUSBカメラとしてI O-DATA社製のUSB-CAMCHA T2を使用した。図3にこれを示す。

[2]最善手の探索を行うためのパソコンは、Pentium4・2.0GHz、メモリ512MBの製品を使用した。カメラやアームの制御との連携を考慮し、パソコンのOSにはWindows 2000を使用し、DirectX9とVisualC++にてプログラム開発を行った。

[3]ロボットアームは、5つの関節と1つのグripperを持つ、リバスト社製の6軸小型アームを使用した。図4にこれを示す。

#### 4. 相手着手の認識

USBカメラにて取り込んだ着事前と着事後の上から見た画像を比較し、異なる部分を検出する事で判別する。

[手順1]円周方向の位置認識を行う。

異なる色の上に着手する場合の検出にはRGBカラー（赤・青・緑の色値）  
同じ色の上に着手する場合の検出にはL a bカラー（輝度・彩度の色値）  
での比較を行う。図5、図6にこれを示す。  
これにより、横方向の把握が可能である。

[手順2]縦方向の認識を行う。

着事前の状態をプログラムの変数上で保持しておく事で、上方向の位置の把握は可能である。

以上により、対戦相手の着手した位置を把握することが可能である。

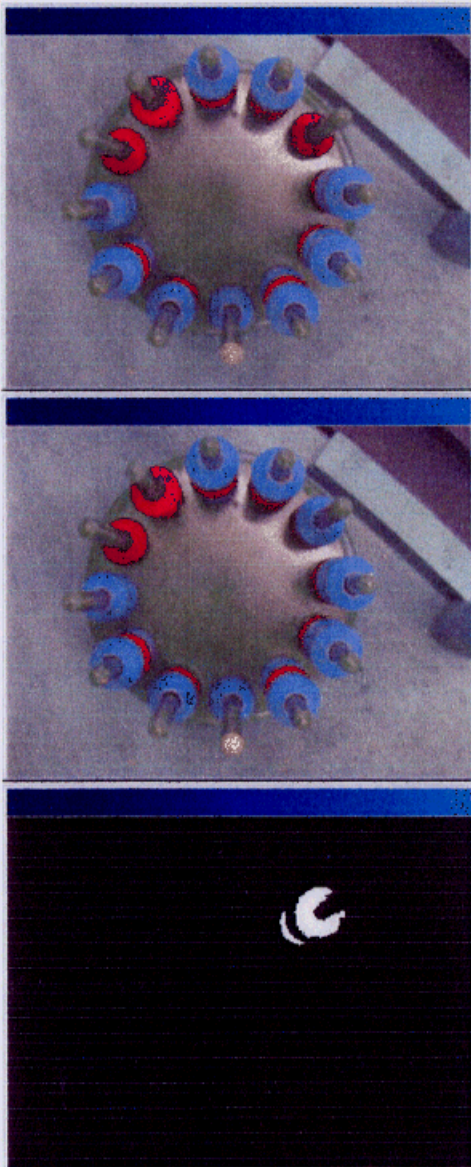


図5 異なる色の上に着手した場合の検出（着事前・着事後・抽出）

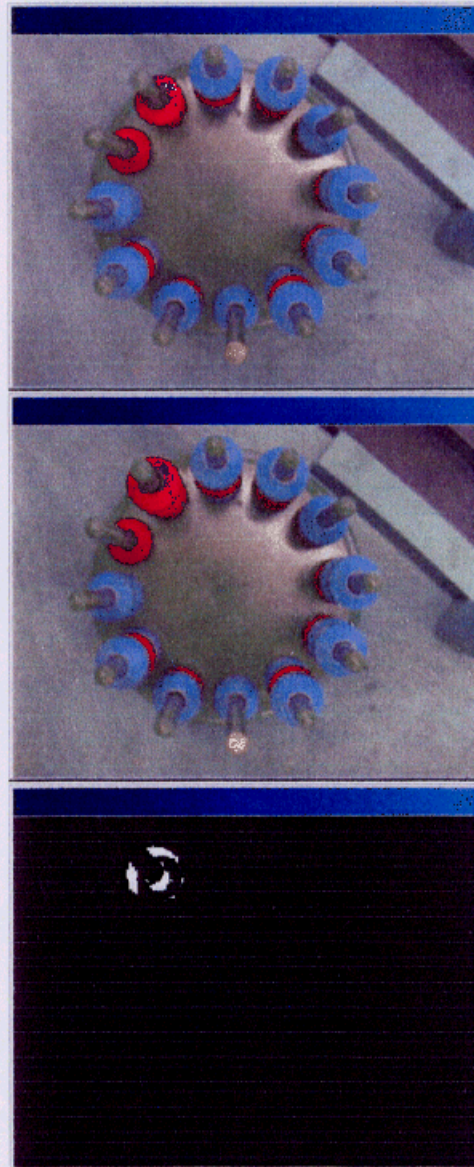


図6 同じ色の上に着手した場合の検出（着事前・着事後・抽出）

## 5. 最善手の探索

本研究では、 $\alpha\beta$ 探索法による最善手の探索を行った。探索順序を図7に示す。

以下の手順で評価値の計算を行った。

[手順 0] 着手可能な或る点に自分が着手すると仮定する。

[手順 1] 自分が着手すると仮定した点から見ることが出来る四連の直線が、どのような状況にあるかによって個別の点数をつける。この点を以降「状況点」と言う。点数の付け方については後述する。

[手順 2] 各点数の小計を求める。

[手順 3] 自分が着手した上に相手が着手すると仮定する。

[手順 4] 相手が着手すると仮定した点の状況点をつける。

[手順 5] 各点数の小計を求める。

[手順 6] 先に求めた小計点数から差し引いた値を合計点数・評価値とする。

状況点は以下の順に優先度を設けた。

- ①自分の3連があるか。  
(着手位置を基準として複数存在する場合、2個所目以降は無効とする。)
- ②相手の3連があるか。  
(着手位置を基準として複数存在する場合、2個所目以降は無効とする。)
- ③自分の2連があるか。  
(着手位置を基準として複数存在する場合、3個所目以降は無効とする。)
- ④相手の2連があるか。  
(着手位置を基準として複数存在する場合、3個所目以降は無効とする。)
- ⑤自分の1連があるか。
- ⑥相手の1連があるか。
- ⑦何も無いか。
- ⑧既に阻止されているか。

十数人にゲームをテストプレイしてもらった結果、以下の特徴を見つける事が出来た。

[1] 評価値3位までの着手候補を12手先まで探索するプログラムが、時間と強さのバランスとして最適である(表1)。

[2] 先手が有利であるが、後手が阻止手を間違えなければ最後に勝つか引き分けるといふ特徴がある。

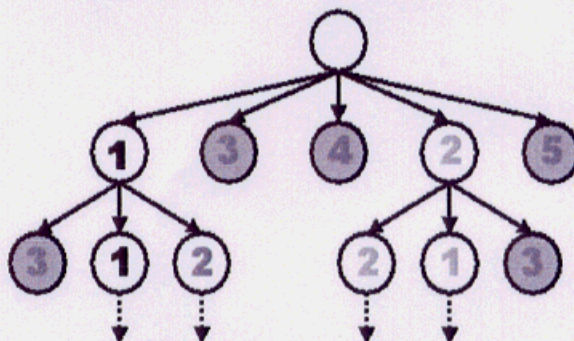


図7 探索順序

幅\深さ	9手	10手	11手	12手	13手
2候補	0	0	0	1	5
3候補	0	1	3	15	36
4候補	5	18	64	100以上	100以上

表1 最善手の探索に要する時間(秒)

## 6. ロボットアームによる着手

本研究では、駒を受け取る位置と盤の位置は固定されているものとする。盤は回転させる事が出来る構造となっている為、ただ駒を受け取って着手するという動作だけではなく、カメラによる認識を行うための基準位置への回転や、着手する位置への回転といった動作も行わせる必要がある。着手精度や認識精度を良くする為に、アームの動きは迅速かつ丁寧に行う必要がある事も分かった。

## 7. 製作状況

実際に製作したロボットシステムの全景を図8に示す。

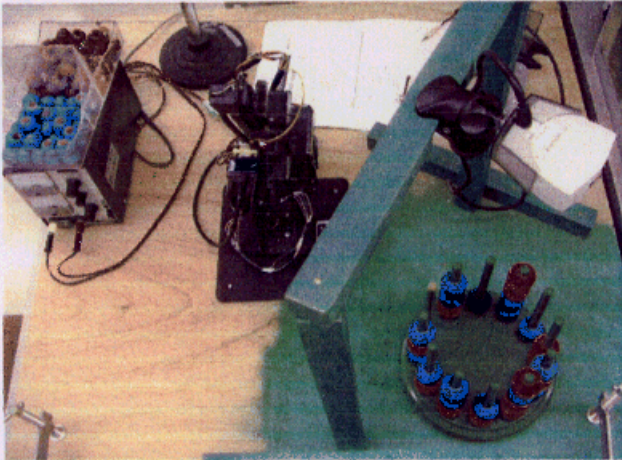


図8 ロボットシステムの全景

## 8. 結論

本研究では、回転四目並べをプレイするロボットシステムを設計し、プロトタイプが完成した。今後は、異なる立体型の思考ゲームをプレイできるロボットとして発展させていきたい。

文献[1]飯田 弘之、

“ゲームプログラミングの発展とAI”、

情報処理、Vol. 37, No. 6, pp. 536-542, 1996-6.

文献[2]R. B. バナージ著、高原、中野、宇治橋訳、

“人工知能、コンピュータによるゲーム”、

共立出版、1983.

文献[3]苫米地 宣裕、

“立体4目並べの数理”、

八戸工業大学情報システム工学研究所紀要