

4次元空間立体四目並べプレイプログラムの設計

水間 輝[†] 苦米地 宣裕[†]八戸工業大学大学院電気電子専攻[†]

1. まえがき

4次元空間は、人間が知覚できない空間、現実には存在しない空間と一般には思われているようであるが、論理代数の分野では、多次元空間が日常的に取り扱われる。

本研究では、4次元空間上に四連を作るという新しい思考ゲームを提案する。また、本ゲームをプレイするプログラムを作成した結果について報告する[1~3]。

本ゲームは、次のような意義を有すると考えられる。プレイして面白くかつ思考能力を育成する新しいゲームの創造、4次元空間を体験するという教育的試み、ゲームに勝利するための人工知能の実現。

2. 4次元空間立体四目並べ

本研究で提案する4次元空間立体四目並べは、3次元空間立体四目並べを4次元空間へ拡張したものである。

4次元空間立体四目並べのルールを以下のように定める。

[ルール1] 盤は、 x 軸、 y 軸、 z 軸、 w 軸を有する。盤上の1点を、 $P(x, y, z, w)$ と表す。

[ルール2] 先手と後手は交互に着手をする。

[ルール3] 先手と後手は、駒の色によって識別する。

[ルール4] z 軸、 w 軸が0の場合、 x 軸、 y 軸方向の着手位置は、任意に選択できる。

[ルール5] z 軸方向の着手位置は、 $P(x, y, z-1, w)$ が着手済みの場合のみ、着手可能とする。

[ルール6] w 軸方向の着手位置は、 $P(x, y, z-1, w-1)$ が着手済みの場合のみ、着手可能とする。

[ルール7] 4次元空間上、あるいは、3次元空間上に、プレイヤーに4連ができれば

勝利とする。

[ルール8] 4連を作成できずに盤面に着手できない場合、引き分けとする。

注1: x 、 y 、 z 軸は、通常の3次元空間に対応する。 x 、 y 、 z だけを考えると、通常の3次元空間立体四目並べと同じになる。

3. 盤面の表示

4次元空間は、3次元の盤面を w 軸方向に4個並べることにより表示する。作成した4次元空間立体四目並べの盤面を示す(図1)。初期状態では $w=0$ の盤面のみを表示し、 $w=1$ 以下は、 w 軸方向の $P(x, y, z-1, w-1)$ が既に着手済みの場合のみ、表示を開始する。

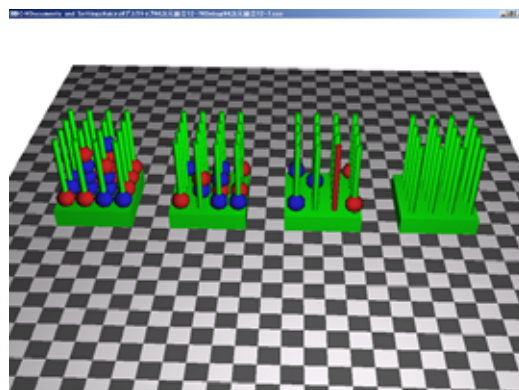


図1 盤面の表示

4. 盤面の認識補助

4次元空間の盤面を認識するには、3DCG 表現だけでは、不十分である。そこで、盤面を認識するための補助機能を以下に記す。

[補助1] 先手の場合、着手候補のポールを赤にし、後手の場合ポールの色を青にする。

[補助2] 着手候補を $P(x+1, y, z, w)$ 、または $P(x-1, y, z, w)$ に移動する機能を付加する。

[補助3] 着手候補を $P(x, y, z, w+1)$ 、または $P(x, y, z, w-1)$ に移動する機能を付加する。

[補助4] x, y, z 軸方向それぞれについて、ゲームフィールド全体を回転する機能の付加。

[補助5] x, y, z 軸方向それぞれについて、ゲームフィールドを移動する機能の付加。

[補助6] 固定した視点を付加する。

[補助 7] 3 連、4 連が作成できた箇所の、駒の色を変化。

[補助 8] DOS 画面に盤面の局面、2 連、3 連の個数、着手済みの箇所、空きの箇所を表示する。

5. 局面評価の方法

評価方法を次のように定めた。

[評価 1] プレイヤの決勝点がある場合、着手し勝利する。

[評価 2] 相手プレイヤの決勝点がある場合、着手し阻止する。

[評価 3] プレイヤの着手により 3 連が複数できる場合、着手し複数の 2 連を拡張する。

[評価 4] 相手プレイヤの着手により 3 連が複数できる場合、着手し複数の 2 連を阻止する。

[評価 5] プレイヤの着手により 3 連ができる場合、着手し 2 連を拡張する。

[評価 6] 相手プレイヤの着手により 3 連ができる場合、着手し 2 連を阻止する。

[評価 7] プレイヤの着手により 2 連が複数できる場合、着手し複数の 1 連を拡張する。

[評価 8] 相手プレイヤの着手により 2 連が複数できる場合、着手し複数の 1 連を阻止する。

[評価 9] プレイヤの着手により 2 連ができる場合、着手し 1 連を拡張する。

[評価 10] 相手プレイヤの着手により 2 連ができる場合、着手し 1 連を阻止する。

[評価 11] プレイヤの着手により、1 連の数が
多い場所を着手する。

[評価 1] ~ [評価 11] の合計した値を局面の評価とする。

6. 思考アルゴリズム

前項で述べた評価方法を基に思考アルゴリズムを作成した。本研究では、深さ優先探索方法 [4] を用いて最善手を求めている。それは、プレイヤの必勝手、または必勝手に近い着手候補数の合計を求め、値の大きい順に着手候補を並び替え、上位を着手候補としている。

思考アルゴリズムを以下に示す。

[手順 1] プレイヤの 4 連を探索し、該当箇所があるならば、着手する。

[手順 2] 相手プレイヤの 4 連を阻止できるなら、阻止する。

[手順 3] 追い勝ちがあるか、探索し該当箇所があるならば、着手する。

[手順 4] 着手可能な場所をリストアップする。

[手順 5] リストアップされた中から、以下の条件の場所を探索する。

4 連になる箇所。

3 連が複数できる箇所。かつ、残りの 1 箇所が相手の必勝手にならない場所。

3 連ができる箇所。かつ、残りの 1 箇所がリストアップされていない場所。

2 連が複数できる箇所。

~ の条件は、相手に必勝手がないことを前提としている。

[手順 6] 探索した結果、該当箇所がなければ、並び替えない。

[手順 7] 探索した結果により、該当箇所の多い順からリストアップの内容を並び替え、リストアップの内容を 2 / 3 に減らす。

[手順 8] 設定した深さまで先読みを行い、評価方法に基づいて評価値を計算する。

[手順 9] 最善手候補に駒を着手する。

[手順 10] プレイヤに 4 連があるか判定し、該当するならばゲームを終了する。

[手順 11] 盤に着手する場所がなければ引き分けし、ゲームを終了する。

[手順 12] ゲームが終了していないなら [手順 1] に戻る。

7. 結論

本研究は、新しい思考ゲーム、4 次元空間立体四目並べの作成を行い、以下の機能を有するプログラムを作成した。

盤面を 3DCG で表示する機能

盤面を認識するための補助機能

4 次元空間立体四目並べの最善手探索機能

次の段階では、4 次元空間を体験するという教育的試みを検証し、さらに 4 次元空間の広がりをさらに認識できる機能を追加する予定である。

参考文献

[1] 苫米地 宣裕：立体四目並べの数理，八戸工業大学情報システム工学研究所紀要，Vol. 11, pp. 1-4, 平成 11 年 3 月

[2] 小野寺 優：立体型四目並べプレイロボットシステムの構成に関する研究，平成 16 年度 修士論文

[3] 水間 輝，苫米地 宣裕：4 次元空間立体 4 目並べプレイプログラムの構想，計測自動制御学会東北支部第 216 回研究集会資料集，NO. 216-2, 2004-6

[4] 松原 仁，竹内 郁雄：ゲームプログラミング，共立出版，(1998)