

## モンテカルロ木探索に基づくカーリング戦術支援 システムの開発



北海道大学大学院 情報科学研究科

教授 山本 雅人

### 1. はじめに

カーリングは、その戦略の奥深さから「氷上のチェス」と称され、技術と戦略のバランスが非常に重要なスポーツであることが知られている。本研究では、カーリングというスポーツの戦術を人工知能的な観点から支援するために、実際のカーリングをコンピュータ上にシミュレートしたデジタルカーリングを用い、デジタルカーリングにおける不確実性を考慮して、モンテカルロシミュレーション手法を用いた先読みに基づく戦術支援システムの構築を行うことを目的とする。

### 2. デジタルカーリング

カーリングは2チームが交互にストーンを氷上で滑らせ、ハウスと呼ばれる円状領域の中心に近い場所を確保し合うことで得点を競うスポーツである。自分のストーンを相手にはじき出されないようにしつつハウス中央に近い位置を確保するという点において、非常に高い戦略性が存在する。

デジタルカーリングは二人用のカーリングコンピュータゲームである。ルールや試合進行はすべて実際のカーリングに沿って行われるが、ストーンの投球はコンピュータ内のシミュレーションにより行う。デジタルカーリングにおける投球のシミュレーションは、物理シミュレータおよび乱数生成器により実現されてい

る。物理シミュレータは投球するストーンの初速度、回転方向、さらに現在の局面を入力とし、投球後のストーンの運動および衝突に関する物理演算を行い、投球後の局面を一意に生成する。回転は右回転と左回転のどちらかで回転の速さは一定値をとる。ただし、投球後の局面の生成の際、投球するストーンの初速度ベクトルに対して、ある分布にしたがった乱数ベクトルが加算されるため、同じ局面で同じ投球を行っても生じうる局面が同一となるとは限らない。これはカーリングにおけるアイスの状態や技術によるブレなどを表現しており、不確実性を含むゲームとなる。

### 3. デジタルカーリングでの戦術支援

提案手法では候補手や生成されうるノードを有限個で代表させ、候補手の評価にはその候補手から生成されうる有限個のノードの評価値に対する期待値を近似的に求めることで、ミニマックス法によるゲーム木探索を行う。その期待値を求める際に、コンピュータ内で数多くのシミュレーションを行うモンテカルロ法を利用する。

#### 3. 1 候補手の生成

無数にある候補手を絞るため、プレイエリアの  $x, y$  方向各々一定間隔で離散化して各点を投球目標座標とし、投球目標座標ごとに2種類の回転方向について候補手を生成することと

した。離散化する間隔や範囲は事前の実験により決定し合計 3182 個の候補手を生成する。

本研究のゲーム木探索においては、投球の結果生じる局面が一意に定まらないため、一つの候補手から生成されるノードを有限個の代表ノードで代替させることとし、その生起確率をかけて親ノードの局面の評価値とする。ただし、実際の探索時には各候補手の代表ノードを互いに重複させ再利用することで、計算時間を大幅に削減することが可能である。

### 3. 2 局面評価関数

カーリングの局面を評価するため下記の評価関数を設計した。

$$e(s) = W(s) + \mu \sum_i u(s, i) N(s, i)$$

局面  $s$  のストーン配置から期待できる得点をベースとした  $W(s)$  と各ストーンがどれくらい望ましいかを評価する  $N(s, i)$  をベースとして構成されている。  $N(s, i)$  はそのストーンがどれほど得点に絡むか、他のストーンを守っているか、あるいは、他のストーンによって守られているか、という複数の観点から評価を行う。

### 3. 3 先読み

カーリングにおいては、仮に自チームがある戦略をとって投球を行っても、先に述べた不確実性の観点から、生じる局面がどうなるかは実際に戦略を実行してみないとわからない。そのため、単に 2 手先(自チームの投球の後の相手チームの投球)を考慮しようとしても、自チームの投球後の局面が確定しないため、相手チームの最善戦略を決定することができない。本研究では、先ほど述べた代表ノードに相当する局面が仮に起こったと仮定した上で、相手チームの最善戦略を考えて生じる可能性の高い局面

を評価することで先読みを行う。

## 4. 有効性の評価実験

我々の開発したカーリングプログラム「じりつくん」と既存プログラムの対戦により有効性の評価を行う。対戦に用いるじりつくんは、探索の深さが 1 の場合と 2 の場合、さらに不確実性を考慮する場合と不確実性を考慮しない場合の計 4 パターンとし、第二回 UEC 杯の優勝プログラムである「GCCS」との対戦によって評価した。対戦は 1 エンド目後攻をじりつくんと固定して、10 エンド 20 試合ずつ行った結果、20 試合中の勝利数は表 1 のようになった。

表 1 20 試合中のじりつくんの勝利回数

	不確実性の考慮	
	あり	なし
深さ 1	5(25%)	1(5%)
深さ 2	14(70%)	2(10%)

不確実性の考慮ありの場合は探索の深さ 1 の場合、2 の場合ともに不確実性の考慮なしの場合に比べ勝利数が高くなった。また、不確実性の考慮ありの場合は探索の深さ 1 より探索の深さ 2 の方が勝利数が著しく高くなった。

## 5. おわりに

以上の結果からカーリングをプレイするプログラムにおいて、提案手法による先読みが有効であることを示し、既存のプログラムに対して高い勝率となることを示した。

## 研究成果

Masahito Yamamoto, Shu Kato, Hiroyuki Iizuka, Digital Curling Strategy based on Game Tree Search, Proceedings of 2015 IEEE Conference on Computational Intelligence and Games, pp. 474-480 (2015)

他、国内会議 5 件