

# コンピュータ上で遊べるカーリング 「デジタルカーリング」

森健太郎<sup>†</sup> 伊藤毅志<sup>†</sup> 北清勇磨<sup>†</sup>

カーリングは、氷上のチェスと呼ばれるほどに高度な戦略的思考が求められる不確定ゲームである。しかし、氷の上のストーンの動きは刻々と変化するために、戦略のみの議論が困難であった。そこで、氷上のストーンの動きをコンピュータ上の2Dシミュレータで再現することで、戦略を議論できる場を提案する。このデモでは、実際に対戦できるシミュレータである「デジタルカーリング」の展示を行ない、先日行われた大会で優秀な成績を収めたAIとの対戦を可能とする。

## Curling which is Played on Computer “Digital Curling”

KENTARO MORI<sup>†</sup> TAKESHI ITO<sup>†</sup> YUMA KITASEI<sup>†</sup>

Curling is an indefinite game with an advanced strategy called "chess on Ice". However, it is difficult to discuss only about strategy, because the motion of stones on ice changes every hour. We introduce a system which simulates the motion of stones as a field for discussing about strategy. In this demonstration, We display this "Digital Curling". On this system, everyone can play with 1st prize's AI of the 1st UEC-cup Digital Curling Tournament.

### 1. はじめに

カーリングは、「氷上のチェス」と呼ばれるほど、高度な戦略性を持つスポーツである。それにもかかわらず、その戦略は口伝に依るところが大きく、科学的な手法の導入が遅れている。

カーリングでは、ストーンを滑らせる際に、左か右に回転を加えることで、その軌跡も左右にカーブ（カール）することが知られている。しかし、氷の上を滑るストーンの物理的な性質については不明な点が多く、ストーンがカールする原理も解明されていない[1]。ストーンの滑りやすさやカールの大きさは、氷上を整備する際に意図的に作られる細かい凹凸（ペブル）や、氷の温度などによって異なり、またそれらは時間によって刻々と変化していく。

北清らは、カーリングにおける不確定性を模倣し、コンピュータ上の物理シミュレータによって再現する「デジタルカーリング」を作成した[2]。また、このシステムを公開して、この「デジタルカーリング」の上で純粋な戦略を議論することを提案した[3]。デジタルカーリングでは、コンピュータも人間もカーリングのストーンの動きを入力することでプレイすることが可能であり、これによって戦略のみを議論する場を提供できる。

先日行われた第1回UEC杯デジタルカーリング大会では6つのプログラムと4人の人間が参加し、戦略を競う大会

が実施できた[4]。

### 2. カーリングのルール

カーリングは、138フィート（約40メートル）先のハウスと呼ばれる円の内側を目指して、ストーンを滑らせるゲームである。4人1チームで通常10エンド（8エンドの場合もある）の合計得点を競う。各エンドでは、各チームが交互に1人2投ずつ、合計16投のストーンを投げる。

氷上で図1のようなラインが引かれたカーリング場をシート（またはリンク）と呼ぶ。シート上でホッグラインに届かないストーン、およびバックラインを完全に超えたストーンはアウトとなり、プレイから除外される。また、サイドラインに少しでも触れたストーンもアウトとなる。

1エンド目の先攻後攻はコイントスなどで決められ、2エンド目以降は、前のエンドで得点をした方が先攻となる。前のエンドでどちらも得点しなかった場合は、ブランクエンドと呼ばれ、先攻後攻は入れ替えずに次のエンドをプレイする。

カーリングの得点計算は、各エンドで両チームがすべてのストーン（合計16投）を投げ終わった時点で行われる。プレイエリア内の円はハウスと呼ばれ、16投投げ終わった時点で、ハウスの中心に最も近いストーンを投げたチームが得点権を得る。ハウス内にあり、ハウスの中心にもっとも近い相手のストーンより、内側にあるストーンの数を得点となる。

<sup>†</sup> 電気通信大学  
University of Electro-Communications

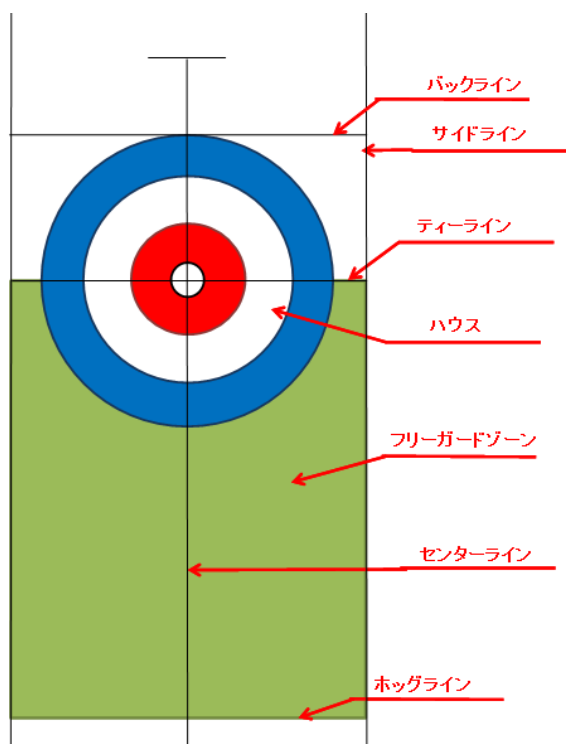


図 1 カーリングのシート

### 3. デジタルカーリングシステム

北清らは、カーリングにおける不確定性を一定のものと仮定して、カーリングシートをコンピュータ上でシミュレートし、このシステムを「デジタルカーリング」と名付け戦略のみを議論する場として提供した[2][3]。

デジタルカーリングでは、Box2D という 2 次元の物理シミュレータを利用して、カールや衝突といったカーリングのストーンの動作を模倣している。また、ストーンの軌跡に一定の正規乱数を加えることで、ショットの不確実性が表現される。このシステムでは、現状スウィーピングによる効果は考慮していない。

図 2 にデジタルカーリングのクライアントプログラムのインターフェース画面を示す。上部には思考時間（先攻の持ち時間と後攻の持ち時間）と、ゲーム情報（現在のエンド数およびショット数、残りのストーン数）が表示される。画面に表示されているプレイエリア内でマウスを操作することで、ショットの停止位置や角度、ストーンの回転方向を選択できるようになっている。ショットを選択したら、送信ボタンで乱数を加えた実際のショットが放たれる。左部分にはリンク全体の様子が表示されており、ショットがどのような軌跡を描いているのかをリアルタイムで見ることができる。下部にはスコアボードが表示され、現在までの得点の経過も表示される。

クライアントでは、人間プレイヤーがショットを入力したり、サーバと接続して、ネットワークを介してほかのプレイヤーと対戦したりすることが可能となっている。またクラ

アントに AI プログラムを接続することで、人間対 AI の対戦や AI 同士による自動対戦が可能である。AI プログラムは、公式サイト (<http://minerva.cs.uec.ac.jp/curling/wiki.cgi>) にて公開されている通信プロトコルと、カーリングシミュレータと一緒に提供される関数を用いて、誰でも簡単に作成することが可能となっている。

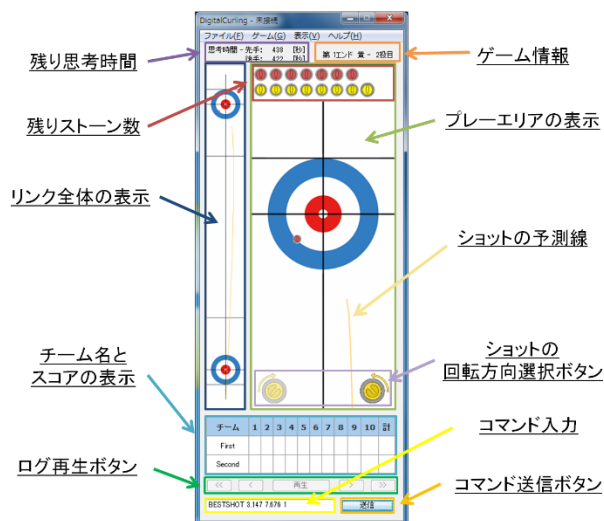


図 2 クライアントプログラムのインターフェース

### 4. デジタルカーリング大会

3 月には第 1 回となる UEC 杯デジタルカーリング大会が行われた。AI 部門は 6 プログラム、人間部門は 4 チームが参加した。AI 部門では、モンテカルロ木探索を用いた大渡勝己氏の「歩」というプログラムが優勝を収めた。準優勝は北海道大学山本雅人研究室の加藤修氏による評価関数とゲーム木探索を用いた「じりつくん」というプログラムであった。

本大会は、システムのバグもなく終了し、戦略の善し悪しが成績に反映されることも確認された。この大会は、今後も継続して行っていく予定である。

### 5. おわりに

カーリングの戦術のみを議論する場としてデジタルカーリングシステムを紹介する。デモでは、実際に動作するデジタルカーリングシステムを展示し、第 1 回デジタルカーリング大会 AI 部門で優勝した「歩」とも対戦できるようにする予定である。

本システムではリンクごとに異なる氷の状態や、その時間による変化、スウィーピングがショットに及ぼす影響などを考慮していない。実際の試合においては、これらの要素を抜きにして戦略を議論することは不可能であるため、将来的には、これらの要素をシステムに加える必要があるだろう。しかしながら、カーリングを含む不確定ゲーム AI

の研究はまだまだ始まったばかりであり、しばらくは第 1 回デジタルカーリング大会で用いたレギュレーションで戦略の議論を深め、数年後には上述の要素も考慮に入れた、より現実に近いレギュレーションの大会も計画していきたい。

2015 年度も 11 月に電気通信大学において、デジタルカーリング大会を開催する計画を立てている。多くの AI、及び人間プレイヤーの参加を期待している。

## 参考文献

- [1] 前野紀一: カーリング・ストーンがカールするメカニズム: 蒸発摩擦モデル, 氷雪研究大会講演要旨集 2009(0), pp.221-221 (2009).
- [2] 北清勇磨, 伊藤毅志: “カーリングの戦略を支援するシステムの提案と構築”, ゲームプログラミングワークショップ 2013 論文集, pp.154-161 (2013).
- [3] 北清勇磨, 岡田雷太, 伊藤毅志: デジタルカーリングサーバの提案と紹介, 情報処理学会ゲーム情報学研究会報告, 2014-GI-31(2), pp.1-5 (2014).
- [4] 伊藤毅志, 森健太郎, 北清勇磨: 第 1 回 UEC 杯デジタルカーリング大会報告, 情報処理学会ゲーム情報学研究会報告, 2015-GI-34 (2), pp.1-5 (2015).