

カーリングプレイヤーの思考過程の分析

伊藤毅志^{†1} 板倉貴章^{†1}

チェスや囲碁・将棋のような完全情報確定ゲームを題材にした認知科学研究として、様々なレベルのプレイヤーごとの思考過程の違いを比較した研究が行われてきた。本研究では、「氷上のチェス」と呼ばれるほど高度な戦略的思考を必要とされるカーリングを題材にして、プレイヤーの思考過程の研究を行った。カーリングは、将棋などとは異なり、不確定要素を含むゲームであるが、その思考過程について確定ゲームと違いがあるかどうかを、「次の一手問題」を用いた認知科学的実験から検証していく。

An Analysis of Players' Thought Processes on Curling

TAKESHI ITO^{†1} TAKAAKI ITAKURA^{†1}

Cognitive science researches using a perfect information game like Chess, Go and Shogi have been performed. These researches revealed the difference of thought process between various level's players. In this research, I examined the thought processes of the players on curling. Since advanced strategic thinking is required for playing curling, it is called "chess on ice". Curling is a game which differs and includes an indefinite element in shogi and so on. I examine the difference from these researches in the cognitive science experiment by using "the next move problem."

1. はじめに

カーリングは、戦略性の高いスポーツとして知られ、その戦略性の高さから「氷上のチェス」などとも呼ばれている。しかし、カーリングにおける戦術書は少なく、プレイヤーは個々の経験や先輩やコーチなどからの口伝によって戦術を獲得していることが多い。

これには、幾つかの原因が考えられる。一つは、対戦の記録を残す手法が明確に確立されていないということである。これに対しては、モバイルでショットとその精度を記録する手法が提案され、さらにそのショットを分析し可視化する技術も提供され、研究が進んでいる[1]。

また、カーリングで使用される氷上(シートと呼ばれる)は非常にデリケートで、専門のアイスメーカーと呼ばれる整備員がシートの整備を行っており、そのコンディションは刻々と変化することが知られている。したがって、戦術を議論する際には、シートのコンディションを読むことが重要視され、ストーンの配置などの一般的な戦術の議論をすることが困難であった。これに対しては、北清らが均一なシートコンディションをコンピュータ上で模倣した「デジタルカーリング」と呼ばれるシステムを構築し、一般的な戦術の議論を行う場を提供して、この問題を解決しようと試みている[2]。

ところで、このように複雑な要素を含むカーリングでは、プレイヤーは、どのように考え、どのようにショットを決めているのであろうか。本研究では、具体的な次の一手問題を作成し、様々なレベルのプレイヤーに提示して、どのよう

に次の一手を決めているのかを発話プロトコルと視線計測から得られたデータをもとに分析を行った。

2. 関連研究

ゲームをプレイする人間の思考過程を認知科学的手法で分析した研究は、古くはチェスの研究に遡る。De Groot は、エキスパートがチェスをプレイする際の知覚と知識の関係について調べた。その結果、トップクラスのプレイヤーは、初心者レベルがせいぜい数個ほどの駒の位置しか覚えられない数秒の間に、示された局面を正確に記憶して、殆ど完全に再現できることを示した[3]。この研究を引き継いだ Chase らは、チャンクという概念でこのエキスパートの能力の説明を試みた[4]。伊藤らは、将棋を題材にこれらの研究を模倣した実験を行い、将棋でもエキスパートは高い記憶能力を有することを示した[5]。さらに、次の一手問題を用いた思考過程の研究を行い、空間的チャンクのみならず、時間的チャンクの存在についても言及した[6]。

スポーツにおける認知科学的研究については、近年、身体知や実践知などと呼ばれる研究分野で、人間の身体と認知の熟達化を統合して扱おうとする研究分野が現れている[5]。身体知を離れた不確定要素を含むゲームとしてのスポーツの戦術支援の研究としては、プレイヤーの動きなどを可視化することで、戦術支援を試みるサッカーやバスケットボールのプレイヤーの動きを可視化する技術の研究が行われている[6][7]。カーリングでも上述したように、戦術を記録して、戦術支援を行う研究も始められている[1]。

本研究のカーリングを対象にした認知科学的研究は、まだ行われておらず、不確定性を含むスポーツのプレイヤーの

^{†1} 電気通信大学
The University of Electro-Communications

思考過程を調べる研究はあまり行われていない。

3. カーリングについて

3.1 基本的なルール

カーリングは、1チーム4人ずつ2チームが交互に1人2投ずつ合計16個のストーンを、図1のような氷上のシート上で、ハウスと呼ばれる的をめがけて滑らせるゲームである。

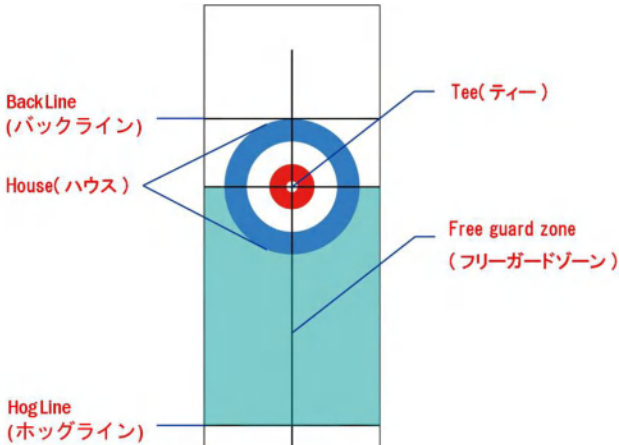


図1 カーリングのシート
Figure 1 The sheet of curling.

16投が投げ終わると、ハウス中央のティーに最も近いストーンのあるチームが得点を得る。相手の最もティーに近いストーンよりも近いストーンの数が高得点になる。ここまでが一つのエンドとなり、これを10エンド繰り返し、合計得点の多い方が勝ちとなるゲームである。

第1エンドの先攻（先にストーンを投げるチーム）後攻は、コイントスなどで決められ、第2エンド以降は、得点したチームが先攻となる。もしエンド終了時に両チームのストーンがハウスにない場合、双方が0点（ブランクエンドと呼ばれる）となり、その場合、先後は入れ替わらず、次のエンドを迎える。

投げられたストーンは、ホッグラインとバックラインの間になければならない、このエリアから出てしまったストーンは失格となり除外される。また、サイドラインに触れてしまったストーンも失格となり除外される。

3.2 フリーガードゾーンルール

カーリングでは、フリーガードゾーンルールというものがある。図1でティーラインとホッグラインの間で、ハウスに掛からない緑色の部分をフリーガードゾーンと呼ぶ。フリーガードゾーンルールとは、各エンドで自分のチームと相手のチームの最初の2投ずつ、合計4投を投げ終わるまでは、このフリーガードゾーンにある相手のストーンをプレイエリアから出してはならないというものである。もし、フリーガードゾーンにある相手のストーンを自分のス

トーンで弾きだしてしまった場合は、相手のストーンを元の位置に戻して、自身の投げたストーンはプレイエリアに残っていたとしてもアウトとして取り除かれる。

但し、フリーガードゾーンにある相手のストーンに当たってプレイエリア内で移動させることは可能である。例えば、相手のストーンをハウス内に押し込んでしまったとしても、相手のストーンはプレイエリア内にあるので、問題はない。したがって、2投目で相手のストーンをハウスに押し込み、4投目でハウス内にあるストーンを弾き出すことは可能である。

3.3 チームとプレイ

カーリングは4名で1チームであるが、1人2投ずつ投げることになっている。投げる順にリード、セカンド、サード、スキップと呼ばれ、一般に最後に投げるスキップがチームの主将であり、試合における司令塔の役割を果たす。リードからサードが投げる間、スキップがハウス付近に立って、投げる位置や強さ（ウェイト）の指示を出す。ショットを投げる選手以外は、投げられたストーンの前をブラシで掃く（スイープ）行為を行う。スイープを行うことで、ストーンは滑りやすく、曲がりにくくなるのが経験的に知られており、その性質を利用して、ショットの微調整を行う。

スキップが投げるときは、サードが指示を出すことが多く、サードはスキップの参謀的な役割を果たすことが多い。

3.4 カーリングの基本的な考え方

カーリングでは、先攻後攻が交互にストーンを投げるので、最後のストーンを投げる后可以得点を取るといえる意味では圧倒的に有利である。そのため、先攻のチームとしては、後攻のチームに1点を取らせて次のエンドで後攻を得るといのが一つの戦略になっている。一方、後攻のチームは、2点以上取るか、あるいはハウス内にストーンを残さない0点にして後攻を続けるかというのが、有利を維持する戦略となっている。

また戦略を考える上で、経験的に言われている言葉に、“FESRAIN”というものがある。“FESRAIN”とは、ショットを考える上で考慮すべき7項目の頭文字を表しており、「フリーガードゾーンルール」「エンド数」「スコア」「ロック（ラストストーンの有無）」「アビリティ（自他のチームの能力）」「アイスの状態」「残りのストーン数」の7つを意味する。少なくとも、この7つの項目について考慮しなければ、良いショットは決められないと言われている。

4. 実験

4.1 目的

将棋で行った次の一手問題を用いた実験をカーリングで

も行い、プレイヤーの熟達度と思考過程の違いについて明らかにしていく。

4.2 方法

<被験者>

北見工業大学のカーリング部の協力をいただき、部員16名（男性11名、女性5名）に本実験に参加していただいた。中でもトップレベルの数名の被験者に、部員のプレイレベルを評価してもらい、それらの意見を総合して、初級者（プレイ経験1, 2年以内）、中級者（プレイ経験2年以上で道内の大会で戦えるレベル）、上級者（プレイ経験3年以上で国内上位レベル以上）の3グループに分けた。

<課題局面>

実験で使用した課題局面は、カーリングの熟達者であり山中湖メイプルカーリングクラブ会長でもある小林宏氏の監修のもと作成した。具体的には、回答が一意に定まりにくく、候補手の幅が広い問題の作成を目標とし、多くの候補局面を作成し、小林氏と議論を重ねながら、課題局面を15題に絞った。図2は、今回の認知実験で用いられた問題の一例である。付録にすべての問題を掲載した。

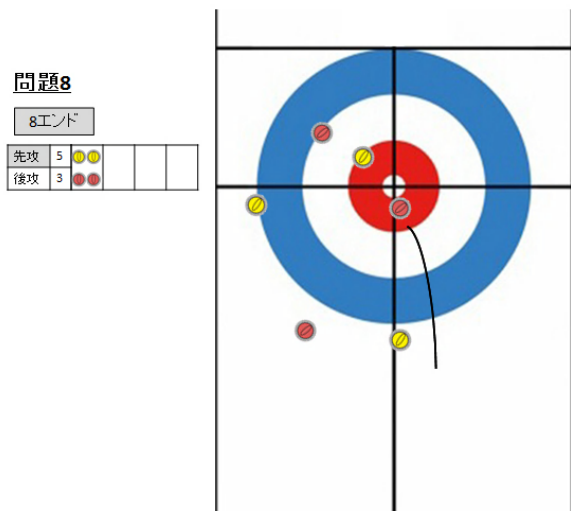


図2 実験に用いた問題例

Figure 2 An example of problems used for this experiment.

左上から、問題番号、エンド数、手番、スコア、ストーンの数残数が表現されている。黒い曲線は直前の相手のストーンの軌跡を表している。表示の仕方は、NHKなどのTV放送で用いられている表記を模倣した。

<使用機材>

- ・ビデオカメラ（実験記録用）
- ・ICレコーダー（発話内容記録予備）
- ・Eyeteck Digital System社製のアイトラッキング装置「EyeteckTM3」
- ・モニタ専用追尾システム QZPLUS

<実験手順>

図2のような問題をパソコンモニター上に提示して、被験者には、次のショットを決定するまでに自由に思考させた。その思考内容はすべて発話させ、その様子をビデオカメラで記録すると同時に思考中の視線の動きも視線計測装置で記録した。

4.3 結果

初級者～上級者の1問あたりの思考時間を比較したものが図3である。

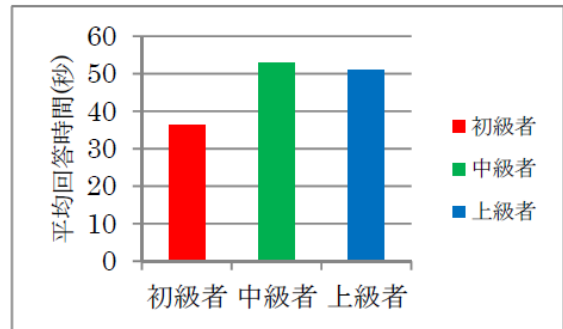


図3 平均回答時間

Figure 3 The average of answer time.

これを見ると中級者が最も長く、初級者が最も思考時間が短いことがわかる。

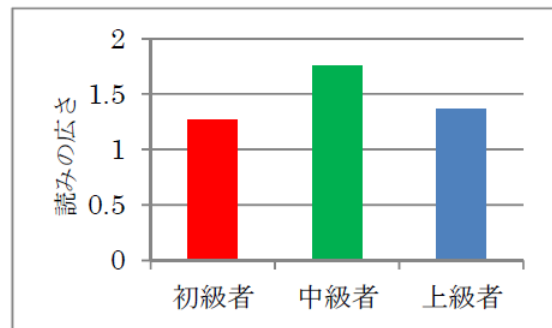


図4 候補手の平均（読みの広さ）

Figure 4 The average of candidate moves.

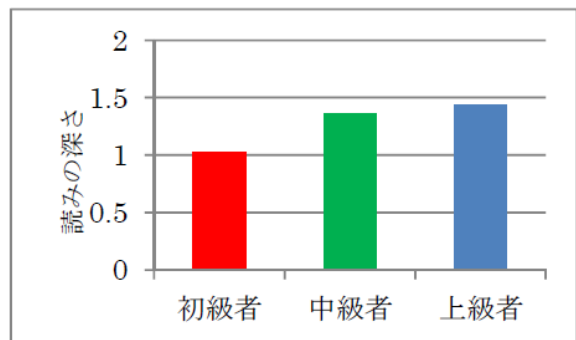


図5 読みの深さの平均

Figure 5 The average of search depth.

また、一問当たりで挙げる候補手の数（読みの広さ）、何手先まで言及しているのか（読みの深さ）を比較したものが図4、5である。これらの図から、中級者ほど多くの候補手を挙げ、上級者ほど深く読んでいることが示唆された。

被験者の発話内容は、以下のようにテキストに書き起こし、【】内のようなタグを振り当てて、発話内容を分類した。

【状況】:スコア, 手番, エンド数, 配置してあるストーンについてなどについての発言
【方針-自分】:自身の手番で取るおおまかな方針を立てる発言
【方針-相手】:相手が今後取るであろう, おおまかな方針について
【コンディション】:ストーン間の距離, 氷の状態など, コート内の可変なものについて
【候補手】:具体的な投球案
【候補手-理由】:候補手の具体的な説明
【候補手-評価】:候補手の良し悪しについて
【先読み】:自身の手番以降の局面の変動について
【リスク考慮】:ショットの失敗に関する言及
【考慮】:候補手を模索
【見通し】:エンド単位以上の長い展望予測
【結果】:最終的な回答
【間投詞】:口語的な呼び掛け, うん, あー, 等

以下に、図1の問題8に対する各レベルの発話の一つを紹介する。

<初級者の発話から>

- 【状況】8 エンド目は後攻, あ, 先攻か, 先攻の2点勝っているんで,
- 【方針-自分】なるべく, クリーンゲーム, 相手の石をドンドン出していきたいので, どうしよう.
- 【結論】この赤を, 赤に当てて (ナンバーワンに), ピールします.

<中級者の発話から>

(長い状況把握の発話)

- 【候補手】うーんと, この赤のこっち (左側) に当てて, ダブルを狙って,
- 【候補手】ダブルでも良いし, えと,
- 【候補手】ここにくっつける形でも良いので, はい,
- 【結論】こここここの (ナンバーワン, ツー), この赤のダブルテイクアウトで,,

<上級者の発話例>

- 【状況】ヒットロール, 黄色ですよ, セカンドの8エンド, うーん,
- 【候補手】うーんと, ヒットしてロールして,
- 【候補手】【リスク考慮】まあ, ちよとでもここに (ナンバー2の赤に) 近づければいいかなと思います.
- 【結論】ヒットロールで上手く行けばダブルで,,

4.4 考察

図3~5の結果は、将棋の結果[6]と酷似している。カーリングにおいても熟達化の過程では、中級レベルになると考える要素が増えてきて、候補手が増えているのだと考え

られる。結果として、中級者ほどたくさん考えるようになることが示めされた。上級者になると、素早く深く読めるようになるだけでなく、候補手の数が減ってくる。これは、経験に基づく直観的な思考ができるようになってきていることを示していて、効率的に良い手だけを深く高速に読めるようになるからと考えられる。

また、発話データから、カーリングは将棋に比べて不確定な要素が多いため、あまり深い詳細な探索が行われないことがわかってきた。その代わりに、将棋では見られなかったショットを失敗した時のリスクを考慮した発話や、氷のコンディションのような不確定さをもたらす要因についての言及が見られた。これは不確定ゲーム特有の思考であると考えられ、熟達者ほど深く低要素を考慮した上での見通しを持った言及が見られた。

カーリングにおいては、熟達するにつれて、状況をすみやかに理解し、リスクを考慮した見通しを持った手を瞬時に考えることができるようになるのではないかと考えられる。

5. おわりに

カーリングにおいて、認知科学的実験を行い、発話データを中心に思考過程を調べた結果、将棋を用いた先行研究に酷似した結果を得ることが出来た。一方、不確定ゲームならではの特徴的な発話も見られた。これらの発話に着目して、このような思考がどのように獲得されるのかを、より詳細に調べていきたい。

今回の実験は、北見工大のカーリング部のみの被験者であった。今後は他のコミュニティーのプレイヤーにも被験者を広げ、十分な数の被験者のデータを集めて、分析を深めていきたい。

謝辞

問題作成にあたっては、多大なご協力を賜ったメイプルカーリングクラブ代表の小林宏氏にはこの場を借りて御礼申し上げたい。また、被験者として、本実験に参加して下さった北見工業大学のカーリング部の皆さん、実験の場を提供していただいた北見工業大学の榊井文人研究室にも御礼申し上げる。

参考文献

- [1] 上野裕暉, 榊井文人, 柳等, 平田洸介, “カーリングインフォマティクスにおける試合情報解析のために-ポータブル戦略支援DB システムの改良-”, 第76回全国大会講演論文集(1), pp.627-629, (2014).
- [2] 北清勇磨, 岡田雷太, 伊藤毅志: “デジタルカーリングサーバーの提案と紹介”, 情報処理学会ゲーム情報学研究会報告, GI-31(2), pp.1-5 (2014).
- [3] de Groot, A.D. and Gobet, F.: "Perception and Memory in Chess", Assen: Van Gorcum (1996).

[4] Simon, H.A. and Chase, W.C.: Skill in Chess, American Scientist, Vol.61, pp393-403 (1973).

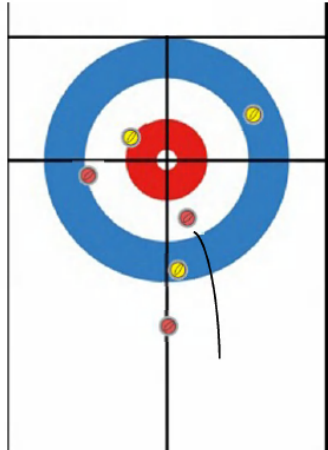
[5] 伊藤毅志, 松原仁, ライエル・グリーンベルゲン: ”将棋の認知科学的研究 (1) - 記憶実験からの考察”, 情報処理学会論文誌, Vol.43, No.10, pp.2998-3011 (2002).

[6] 伊藤毅志, 松原仁, ライエル・グリーンベルゲン: ”将棋の認知科学的研究 (2) - 次の一歩実験からの考察”, 情報処理学会論文誌, Vol.45, No.5, pp.1481-1492 (2002).

付録 実験に用いた課題集

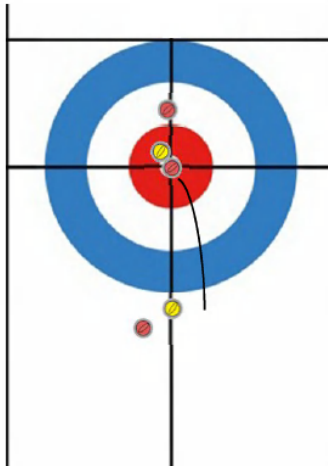
問題1

8エンド	
先攻	5 ●●●●●
後攻	3 ●●●●●



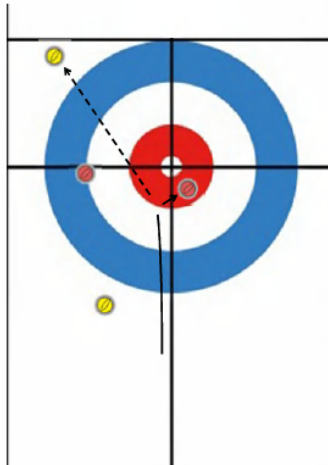
問題2

10エンド	
先攻	7 ●●●●●●●
後攻	5 ●●●●●



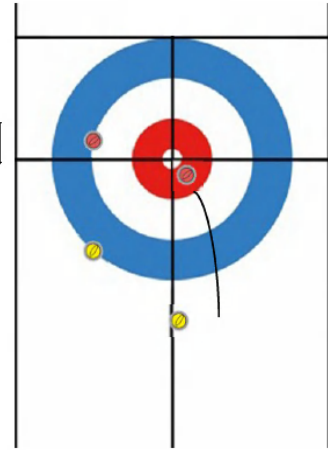
問題3

8エンド	
先攻	5 ●●●●●
後攻	3 ●●●●●



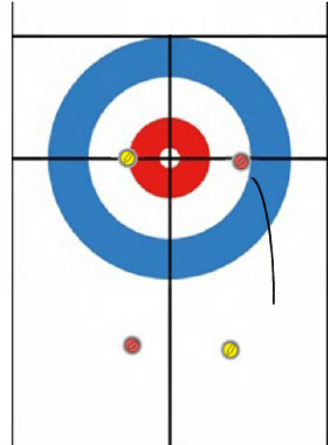
問題4

10エンド	
先攻	6 ●●●●●●
後攻	5 ●●●●●



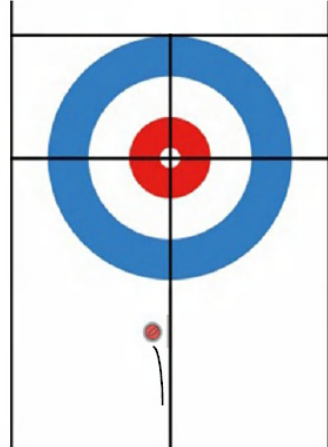
問題5

2エンド	
先攻	0 ●●●●●
後攻	0 ●●●●●



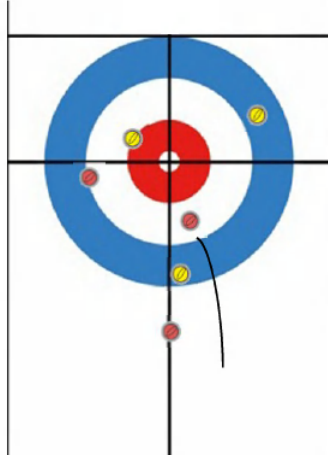
問題6

8エンド	
先攻	4 ●●●●●●●●
後攻	2 ●●●●●●



問題7

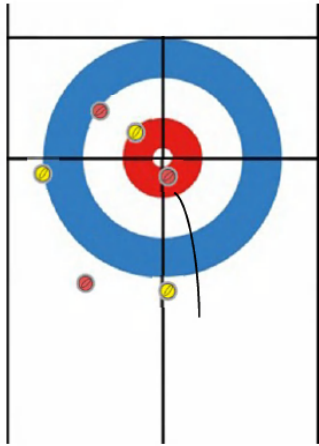
2エンド	
先攻	0 ●●●●●
後攻	0 ●●●●●



問題8

8エンド

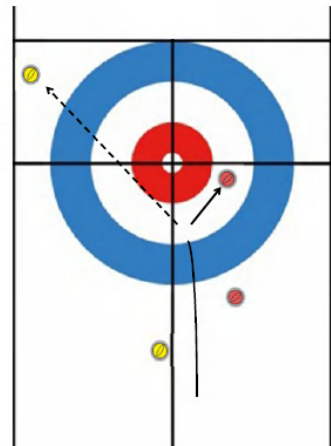
先攻	5	●●			
後攻	3	●●			



問題12

5エンド

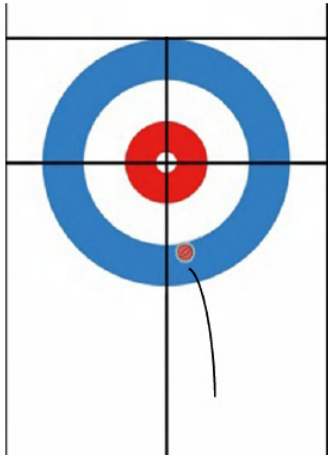
先攻	3	●●●			
後攻	2	●●			



問題9

2エンド

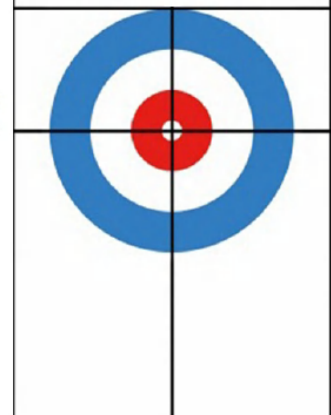
先攻	1	●●●●●			
後攻	0	●●●●●			



問題13

8エンド

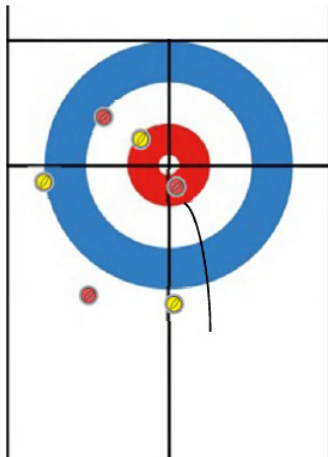
先攻	3	●●●			
後攻	4	●●●●			



問題10

5エンド

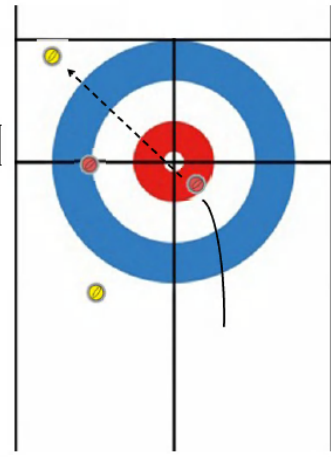
先攻	2	●●			
後攻	1	●●			



問題14

10エンド

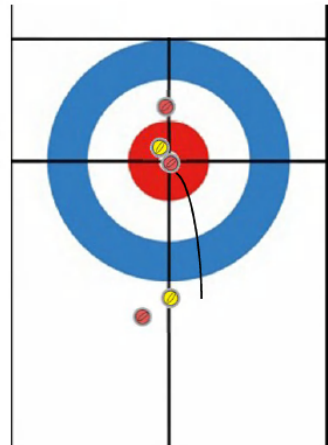
先攻	5	●●●●●			
後攻	6	●●●●●●			



問題11

5エンド

先攻	3	●●●			
後攻	3	●●●			



問題15

10エンド

先攻	3	●●●			
後攻	5	●●●●●			

