Vol.2021-GI-45 No.1
2021/3/5

カーリングプレイヤの熟達化に伴う認知過程の変化

高取大樹† 伊藤毅志†

概要：本研究では，カーリングプレイヤの思考とプレイの熟達過程を共に調査することによって，カーリングプレイヤが熟達に伴い，どのように認知を変化させていくのかを調査した．まず，カーリング経験の異なるプレイヤに対してカーリングのある局面を提示して，次のショットを決定させる実験を行った．その結果，熟達度によって回答に違いが出る問題を明らかにした．そして，その認知的な違いがどのように形成されていくのかを調べるために，時間を置いて同じプレイヤに同じ問題を回答させることで，その思考の変化を調べた．その結果，初級者の頃はハウス内にストーンを入れるショットが多かったのに対して，カーリングが熟達するにつれて，徐々にセンターガードへの意識が高まることが確認された．

キーワード：カーリング，認知的変化，熟達化

Changes in Cognitive Processes Associated with Proficiency in Curling Players

HIROKI TAKATORI† TAKESHI ITO†

Abstract: In this research, we investigated how curling players change their cognition as they become more proficient by studying both their thinking and the process of mastery of curling play. First, we conducted an experiment in which players with different curling experience were presented with certain phase problems of curling and asked to decide the next shot. As the result, we clarified the questions that led to differences in answers depending on the level of proficiency. Then, to investigate how the cognitive differences are formed, we asked the same players to answer the same questions for different periods of time to see how their thinking changed. As the result, it was confirmed that as the players became more proficient in curling, they gradually became more aware of the center guard, while in the beginner's level, most of the shots were made to put the stones in house.

Keywords: Curling, Cognitive Change, Expertise

1. はじめに

1.1 研究の背景

本研究の対象であるカーリングは，二人完全情報不確定ゲームに分類され，近年，新しい研究テーマとして注目されている[1][2]．これまでのカーリングの戦術の分析についての研究は，ICT(情報通信技術)によってカーリングの試合情報を収集･解析するポータブル戦術支援 DB システム「iCE」[3]，物理シミュレーションを用いて理想的なデジタルカーリングコンディションを提案することで戦術のみを議論できる環境を整えたデジタルカーリングシステムなどが存在する[4]．また，このシステムの環境下においてカーリングをプレイする AI 同士を競わせるデジタルカーリング大会が 2015 年から開催されている[5]．

一方で人間プレイヤの思考に関する研究も徐々に行われている[6][7]．しかし，熟達化するにつれてプレイヤの認知過程がどのように変化するのかを調べた研究はない．カーリングの熟達化では，戦略の熟達化だけでなくショット自体の正確性を高めることも大きな意味を持つ．戦略の熟達化とショットの熟達化の相互作用を調べる必要がある．

1.2 本研究の目的

本研究では，2 つの実験を行ってプレイヤの戦略に関する認知過程の熟達化を明らかにする．まず，カーリング経験の違いによって同じ局面でも次の一手に違いが出る問題を明らかにする実験を行う．

次に，プレイヤの熟達によって大きな差が現れた問題を用いて，実際に思考が変化するかどうか調べ，どのようにその変化が生じるのかという学習過程を明らかにする．これによって，熟達化に伴う認知や思考の変化を明らかにする．

2. 関連研究

Ito らは実験参加者を初級者(1 - 2 年の経験を持つアマチュア選手)，中級者(1 - 4 年の経験・地区大会の参加経験を持つ選手)，上級者(4 年以上の経験・地区大会でのトップレベルの経験または日本カーリング選手権への参加経験を持つ選手)に分け，熟達度によって読みの広さ(候補手の数)の平均，読みの深さ(何手先まで言及しているか)に差が出るかを調べた[7]．その結果，次のようになった．有意差については，マン・ホイットニーの U 検定にて計算された．

- <u>読みの広さ</u>
  初級者と中級者：中級者がより広く読んだ
  初級者と上級者：上級者がより広く読んだ
  中級者と上級者：有意差なし
- <u>読みの深さ</u>
  初級者と中級者：有意差なし

ⓒ2021 Information Processing Society of Japan

初級者と上級者：上級者がより広く読んだ
中級者と上級者：上級者がより広く読んだ

また，実験参加者をカーリングのポジションの一つであるスキップの経験の有無で分けた上で，読みの広さと深さに差が出るかを調べた．一般的に，スキップはチームにおける司令塔的な役割をすることが多いとされているポジションである．調べた結果，スキップの経験者は，読みの広さ・深さ共に大幅に増加していたことが判明した．このことから，スキップの経験の有無が読みの広さ・深さに大きく影響を与えることが示された．これより，戦略に対する熟達度を考える場合，単にプレイ歴だけでなく，スキップの経験の有無なども考慮する必要があることが分かってきた．

3. カーリングについて

カーリングは，1 チーム 4 人から構成される 2 チームが競うスポーツであり，図 1 のような氷上のシートで行われる．

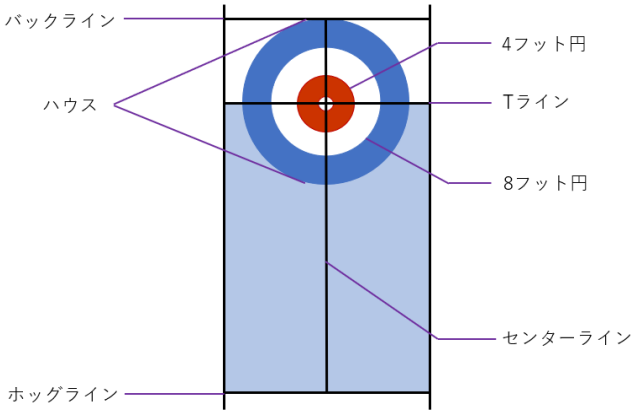


図 1 カーリングのシート

ストーンを投げる順番によって 4 つのポジション(リード・セカンド・サード・スキップ)に分かれており，1 人 2 投ずつストーンを投げる．各チームがストーンを交互に 8 投ずつ投げ終えた後，得点計算をする．この区切りを 1 エンドと呼び,一般に 1 試合で 8 エンドもしくは 10 エンドを行って総得点を競う．

次に，得点計算について説明する．カーリングでは，両チームが 8 投ずつストーンを投げ終えた後，ハウスの中心に一番近いストーン(No.1 ストーン)を持つチームだけが得点できる．ストーンの一部がハウスに少しでも入っていれば，そのストーンは得点対象になる．得点の数え方については，No.1 ストーンを持たないチームの最もハウス中心に近いストーンより内側のストーンの数が得点となる．両チームが 8 投ずつストーンを投げ終えた後に，ハウスにかかっているストーンが 1 つもない場合は，ブランクエンドとなり，両チームの得点は 0 となる．

また，カーリングの特徴的なルールとして，フリーガードゾーンルールがある．フリーガードゾーンとは，図 1 に示されている水色の領域のことを示しており，現在広く採用されている 5 ロックルールにおいては，先攻のセカンド 1 投目を投げ終えるまで，フリーガードゾーンにあるストーンをホッグラインとバックライン間の領域から出すことはできない．もし出してしまった場合，出されたストーンは元の場所に戻される．

4. 実験 1：経験の差による戦略に関する思考の比較

4.1 目的

カーリング経験の違いによって同じ局面でも次の一手に違いが出る典型的な問題を明らかにして，なぜそのような違いが生じるのかについて考察する．

4.2 方法

実験は，北見工業大学カーリング部員を対象として実施した．実験参加者には，次の一手課題局面を提示し，考えていることを発話させ次のショットを決定させた．また，ショット決定後には，実験担当者から質問を行うことで，より詳細な思考を発話させた．これらの発話データから，プレイヤの思考を分析し，プレイヤのレベルごとに比較を行った．実験参加者は，経験年数に応じて A グループ（プレイ経験 1 年未満），B グループ（プレイ経験 1 年以上 2 年未満），C グループ（プレイ経験 2 年以上 3 年未満），D グループ（プレイ経験 3 年以上 4 年未満）と分類した．また，チーム B3 については，スキップの選手のみプレイ経験が 1 年以上 2 年未満であり，その他のポジションの選手はプレイ経験が 1 年未満であるが，Ito らの研究[7]にて，スキップ経験者は未経験者と比較した場合，読みの広さと深さが大幅に増加していたという結果から，チーム B3 をグループではなく，B グループと分類した．

- A グループ：1 チーム
  チーム A1(男性 3 名,リード,サード,スキップ)
- B グループ：3 チーム
  チーム B1(男性 2 名,セカンド,スキップ)
  チーム B2(男性 3 名,セカンド,サード,スキップ)
  ※チーム B2 のセカンドの選手は問題 14 までの参加
  チーム B3(女性 4 名,リード,セカンド,サード,スキップ)
- C グループ：該当なし
- D グループ：3 選手(いずれもスキップ経験者)
  D1(男性), D2(女性), D3(男性)

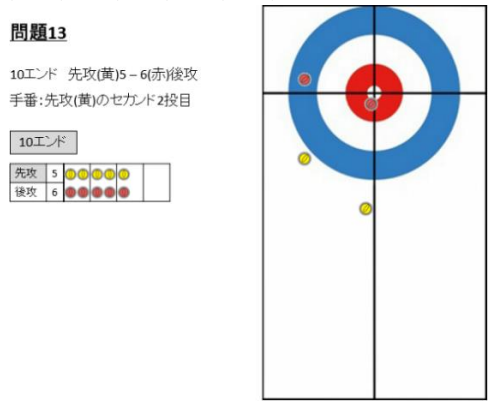


図 2 実験に用いた課題局面の例

また，実験で用いた次の一手課題局面は，Ito らの研究において用いられた問題を参考にして[7]，平昌オリンピックのカーリング男子日本代表チームの一人である平田洸介氏の監修を得てレベルの違いによって回答が変わりそうな問題を新たに作成した．具体的には，セオリーを問う問題から，複雑に入り組んだ場面の問題を織り交ぜて 20 問を用意した．図 2 は，実験に用いた課題局面の一例である．

4.3 結果

A・B・D グループの決定ショットを比較した結果，言及するショットに特徴的な違いが表れた 2 つの事例が見つかり，その事例は，以下のショットに関する問題だった．

- センターガード
  ハウス手前の中央付近に置くショット
- ランバック
  ハウス手前のストーンを使って，ハウス内のストーンをはじき出すショット

それぞれのショットについて説明する．

4.3.1 センターガード

まず，センターガードについて大きな差が見られた問題 7, 9, 13 の結果を示す．これらの問題においてセンターガードに関する言及があった場合を○，なかった場合を×としてまとめた表 1 を示す．

表 1 実験 1 におけるセンターガードへの言及(問題 7, 9, 13)

	問題7	問題9	問題13
チームA1	×	×	×
チームB1	×	×	×
チームB2	×	○	×
チームB3	×	×	×
D1	○	○	○
D2	○	○	○
D3	○	○	○

A・B グループのチームのほとんどがセンターガードに関する言及がなかった一方で, D グループは全員が言及をしていた．この結果から，上級者になるにつれて，センターガードへの意識が高まっている様子が見られた．

いずれの問題もエンド数後半の先攻の問題で，センターラインを塞ぐセンターガードは，先の展開を考えれば重要であることがわかる．問題 7 と 13 は，すでにセンターガードがある局面であるが，上級者はセンターガードを守るダブルセンターガードを選択している．

4.3.2 ランバック

ランバックについて大きな差が見られたのは，問題 17, 20 であった．これらの問題において，ランバックを決定ショットとして選択した場合を○，選択しなかった場合を×としてまとめたものが表 2 である．

表 2 実験 1 におけるランバックの選択(問題 17, 20)

	問題17	問題20
チームA1	×	×
チームB1	○	○
チームB2	○	○
チームB3	○	×
D1	×	×
D2	×	×
D3	×	×

A・D グループがランバックを決定ショットとして選択しなかった一方で, B グループは，ほとんどのチームが選択した．

4.4 考察

初級者がセンターガードへの意識が低い原因として，初級者は，そもそもあまり正確なショットを投げることができないということが考えられる．対戦相手のショットの技量も低いので，ハウス内により多くのストーンを入れることが戦略的に有利に進めることになり，ハウス内へのドローショットやハウス内の相手のストーンをはじき出すショットが多く選択されると考えられる．また，問題 7, 13 ではセンターガードが既に 1 つあるにも関わらず，上級者はダブルセンターガード（センターガードを守るガードショット）を決定ショットまたは候補ショットとして挙げていた．これは，上級者は先攻で強固なセンターガードを作ることで，最終的に強い No.1 ストーンを作ってスチール（先攻が得点すること）を狙ったり，相手に 2 点以上取らせないようにしたりするという考えを持っていた．このような戦略は，高いショットスキルに裏打ちされたものであり，ショットスキルが戦略に大きな影響を与えていることが示唆された．

また，ランバックについては，高度で難易度が高いショットであることから，初級者のうちはあまり考慮しない．しかし，プレイ経験を積み重ねていくことによってランバックについての知識が増えていき，選択肢として多く挙げられるようになり，中級者では狙ってみたいショットとして選択されるようになると思われる．しかし，実際にはランバックは難易度が高い上に，失敗したときのリスクが高い．D グループはこのことについて言及しており，上級者になるにつれて選択されなくなったものと思われる．

これらのことから，センターガードとランバックは，プレイヤの熟達度を着目すべきショットであると考える．

ⓒ2021 Information Processing Society of Japan

5. 実験 2：熟達化に伴う戦略に関する思考の変化

5.1 目的

初級者，中級者に対して実験 1 にて大きな差が生まれた次の一手課題局面をプレイヤに期間を空けて複数回提示することで，思考が変化するかどうかを調べる．また，実験 1 から実験 2 までの期間にどのようなカーリングに関する体験(試合経験，練習内容)をしてきたのかについて聞き取り調査を行い，戦略の変化に影響する要因について調べる．

5.2 方法

実験 1 に参加したチーム A1，チーム B2，チーム B3 のスキップの選手(A1S, B2S, B3S)を対象に実験 1 と同様の実験形式で時間を経過させて 2 回行った．実験を行った時期については, 12 月から 1 月はオンシーズンであり，選手が最も戦術について大きく成長する時期であるとの熟達者の指摘を受けたので, 1 月上旬を挟んで, 1 回目を 12 月下旬， 2 回目を 1 月中旬に行うことにした．

また，実験に用いた問題は，実験 1 で熟達度に応じて回答に大きな差が現れた問題を中心に新しい問題セットを用意した．また新しい問題セットを作成する際に，実験 1 で使用した問題を改変したものに加えて，実験 1 にて使用していない新規問題を加えた．新規問題については, Ito らの研究[7]にて用いられていた問題 13-17 を使用した. Ito らの研究にて使用された問題には，相手の直前ショットの軌跡が表示されているが，本実験では問題 13-17 に対して，この軌跡の表示を取り除いたものを用いた．このように新規問題を加えた理由は，実験参加者が以前行った実験を想起することをなるべく避けるためである．これらのことから, 1, 2 回目の実験で用いた次の一手課題局面の問題を次のように設定した．問題数は 1, 2 回目の実験共に 11 問である．

- 1 回目の実験

  実験 1 にて特に差がついた問題 6 問

  実験 1 にて用いた問題 3 問

  新規問題 2 問

- 2 回目の実験

  実験 1 にて特に差がついた問題 6 問

  新規問題 5 問

また，実験 1 から実験 2 までの期間と，実験 2 の 2 回の実験間に, どのようなカーリング体験 (試合経験，練習内容)を行ってきたのかについて聞き取り調査を行った．これにより，初級者，中級者がカーリングの戦略に関する思考をどのように獲得していったのかを調べた．

5.3 結果

5.3.1 センターガードに関する問題

実験 1 において，初級者，中級者 A，B グループと上級者 D グループとの間に差が見られたセンターガードに関する問題を調べる. A1S, B2S, B3S において，それぞれセンターガードに関する言及があった場合を○，なかった場合を×としてまとめた表 3-5 を示す．また，実験 1 との比較のために，実験 1 の結果を併記する．ただし，表 3 における実験 2(1 回目)の問題 9 に関しては, A1S が終盤まで得点状況を誤って認識していたため記録なしとみなしている．

表 3　A1S のセンターガードへの言及(問題 7, 9, 13)

	問題7	問題9	問題13
実験1(チームA1)	×	×	×
実験2(1回目)	×	-	×
実験2(2回目)	○	○	×

表 4　B2S のセンターガードへの言及(問題 7, 9, 13)

	問題7	問題9	問題13
実験1(チームB2)	×	○	×
実験2(1回目)	×	○	×
実験2(2回目)	○	○	○

表 5　B3S のセンターガードへの言及(問題 7, 9, 13)

	問題7	問題9	問題13
実験1(チームB3)	×	×	×
実験2(1回目)	○	○	×
実験2(2回目)	○	○	○

表 3-5 を見ると，明らかにセンターガードに対する言及が増えていることが分かる．また，これらの問題には，センターガードがない問題(問題 9)と既にセンターガードが 1 つある問題(問題 7, 13)の 2 種類あるが，センターガードがない問題では, 2 回目の実験にて全員がセンターガードを決定ショットとしていた．

5.3.2 ランバックに関する問題

実験 1 において中級者 B グループだけ多く言及が見られたランバックに関する問題を見てみる. A1S, B2S, B3S において，それぞれランバックを決定ショットとして選択した場合を○，選択しなかった場合を×としてまとめた表 6-8 を示す．また，実験 1 との比較のために，実験 1 の結果を併記する．

実験 1 において B2S がチーム B2 に参加していたときには，差が見られた問題 2 問共にランバックを選択していたが，実験 2 での 2 回目の実験においては，どちらもランバックを選択していなかった．このような傾向が見られた一方で，実験 1 において B3S がチーム B3 に参加していたときの回答と実験 2 での B3S の回答を比較すると，傾向があまり変化していなかった．よって，ランバックに関しては，明確

な差が現れなかったことが分かる.

表 6　A1S のランバックの選択(問題 17, 20)

	問題17	問題20
実験1(チームA1)	×	×
実験2(1回目)	×	○
実験2(2回目)	×	×

表 7　B2S のランバックの選択(問題 17, 20)

	問題17	問題20
実験1(チームB2)	○	○
実験2(1回目)	○	×
実験2(2回目)	×	×

表 8　B3S のランバックの選択(問題 17, 20)

	問題17	問題20
実験1(チームB3)	○	×
実験2(1回目)	×	×
実験2(2回目)	○	×

5.3.3 聞き取り調査

聞き取り調査の結果を示す. A1S・B3S の 2 名は, 1 月上旬に行われたミックスダブルスの大会に出場していた. ミックスダブルスでは, 得点計算などのルールは変わらないが, 通常のカーリングと比較するとハウス内にストーンが溜まりやすいルールが設けられていることが特徴である. A1S・B3S にミックスダブルスの大会について質問したところ, 次のような発言が見られた.

○A1S(2 回目の聞き取り調査)
「ミックスダブルスは主にドローウェイトばっかり使うんで, ドローの可能性というか, ドローウェイトで選択するっていう幅は広がりましたね, 作戦の」

○B3S(2 回目の聞き取り調査)
「ミックスダブルスをやって思ったのはまあ, 感覚とかがすごい, ドローの感覚が良くなったかなと思います」

このように, A1S・B3S がミックスダブルスの経験によって, ドローのショットに関する考え方や感覚が良くなったという発言が見られた. しかし, ミックスダブルスの大会に出場していない B2S との差は見られなかったことから, ランバックやセンターガードに関する問題に限ってみれば, ミックスダブルスによる影響は見られなかった.

5.4 考察

実験 2 の結果より, 熟達に伴いセンターガードに気づいていく変化が明確に見られた. これは, 実験 1 にて示唆された, センターガードに着目することがプレイヤの熟達度を測る上の尺度になる可能性がある.

また, ランバックの思考については, 変化が見られたプレイヤもいた一方, あまり変化が見られないプレイヤもいた. 今回の実験の期間では, 明確な差が出なかったが, より長い期間の学習過程を調べることで, ランバックに対する考え方に違いが出るかもしれない.

また, 本人たちが主張するミックスダブルスの影響については, 今のところ, 明確な影響が見つかっていないが, 戦略の幅として, 候補手にドローショットが増えているか, ドローショットに関連する戦略を問う問題で影響が見られるのかを検証してみる必要があるかもしれない.

6. おわりに

本研究では, 熟達化するにつれて選ぶ答えが変わるようなカーリングの次の一手問題を作成し, 実際に同じプレイヤが熟達化するにつれて, 本当に意見を変えるのかを調べた. 意見が変わる問題としては, センターガードとランバックに特徴的な違いが見られたので, これらの問題に着目して, 実験を行った.

その結果, センターガードについては上級者になるにつれて意識が高まっていく様子が見られたが, ランバックについては, 現れたり消えたりしていた. 先攻のプレイヤがセンターガードの重要性を意識するようになるのは, 後半で正確なショットを投げられるというショットのスキルが影響している可能性が示唆された.

今回の実験は, COVID-19 の影響を受けて, プレイヤのスキルの学習過程に伴う思考過程の変化を詳細に追うことができなかった. また, センターガードとランバックというショットの選択で, プレイヤのスキルと先読みやリスク管理の考え方に影響を与えている可能性が示唆された. 今後は, 今回できなかったスキルの熟達化と戦略の考え方の変化をより詳しく明らかにする実験を実施していきたい.

謝辞

問題を作成するにあたって様々な助言やご意見を頂いた平田洸介様と西室雄二様, そして, 実験の遂行にご協力頂いた北見工業大学の桝井文人先生とその研究室の皆様, さらには, 実験に快くご協力頂いた北見工業大学カーリング

ⓒ2021 Information Processing Society of Japan

員の皆様に深く御礼申し上げます.

参考文献

[1] 山本雅人，伊藤毅志，桝井文人，松原仁，“カーリングとAI”，情報処理学会誌, 59(6), pp.500-504 (2018).
[2] 桝井文人，伊藤毅志，山本雅人，河村隆，竹川佳成，松原仁，カーリングの競技支援を目的とした工学的アプローチによる実証型研究，情報処理,61(11)，デジタルプラクティスコーナー，vol1, No.1 (2020).
[3] 上野裕暉，桝井文人，柳等，平田洸介, "カーリングインフォマティッ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-", 情報処理学会第 76 回全国大会講演論文集(1), pp. 627-629 (2014).
[4] 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", 情報処理学会研究報告, Vol. GI31 No. 2, pp. 1-5 (2014).
[5] 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, GI-34 No.2, pp.1-6 (2015).
[6] 伊藤毅志，板倉貴章.“カーリングプレイヤの思考過程の分析“，エンタテインメントコンピューティングシンポジウム (EC2015)，pp.31-36，(2015).
[7] Takeshi Ito, Kengo Wakabayashi and Hitoshi Matsubara, Thinking Process in Game of Curling, Workshop on Curling Informatics 2018, pp.16-20 (2018).

付録

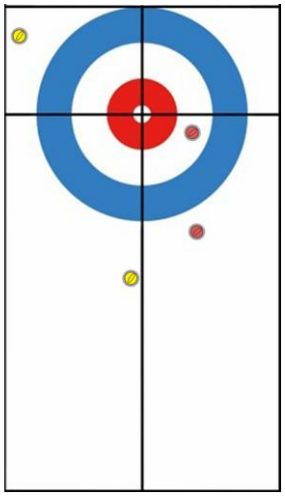
今回取り上げた次の一手課題局面

問題7

9エンド　先攻(黄)3 – 4(赤)後攻
手番:先攻(黄)のセカンド1投目

9エンド

先攻	3	🟡	🟡	🟡	🟡	🟡	🟡	
後攻	4	🔴	🔴	🔴	🔴	🔴	🔴	

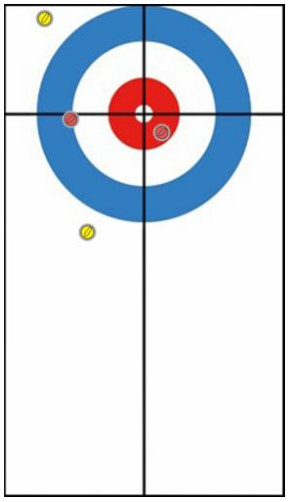


問題9

10エンド　先攻(黄)3 – 4(赤)後攻
手番:先攻(黄)のセカンド2投目

10エンド

先攻	3	🟡	🟡	🟡	🟡	🟡	
後攻	4	🔴	🔴	🔴	🔴	🔴	

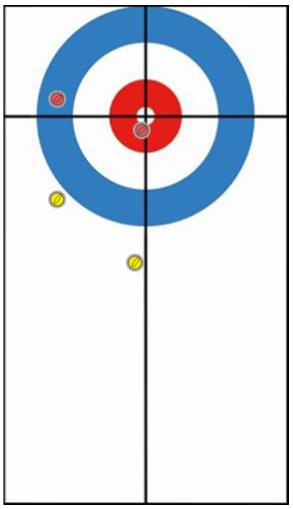


問題13

10エンド　先攻(黄)5 – 6(赤)後攻
手番:先攻(黄)のセカンド2投目

10エンド

先攻	5	🟡	🟡	🟡	🟡	🟡	
後攻	6	🔴	🔴	🔴	🔴	🔴	

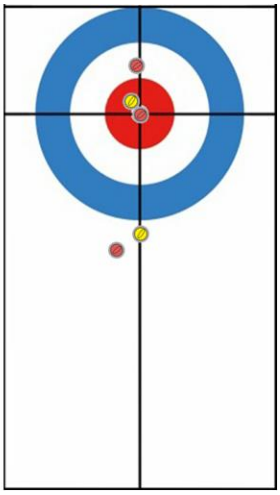


問題17

2エンド　先攻(赤)2 – 0(黄)後攻
手番:後攻(黄)のサード1投目

2エンド

先攻	2	🔴	🔴	🔴			
後攻	0	🟡	🟡	🟡	🟡		

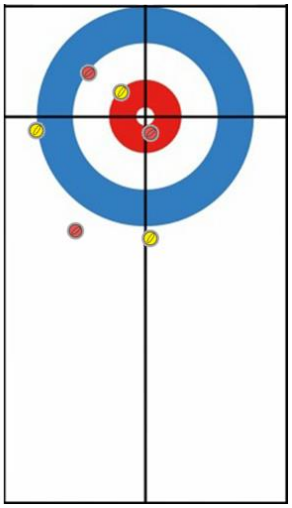


問題20

5エンド　先攻(赤)2 – 1(黄)後攻
手番:後攻(黄)のサード1投目

5エンド

先攻	2	🔴	🔴	🔴			
後攻	1	🟡	🟡	🟡	🟡		



ⓒ2021 Information Processing Society of Japan