

世界最大級の国際展示に出展するミライノカーリング

Curling of the Future: Participation in a Major International Expo

プロジェクトリーダー: 山中将治 / Masaharu Yamanaka

1 背景

1.1 テクノロジーとスポーツの融合

近年, XR (VR, MR, AR) やセンシング技術などの情報処理技術の進展に伴い, 情報処理技術とスポーツを融合したスポーツテクノロジー (Sports Tech) に関する研究開発や製品開発が盛んである. スポーツテクノロジーは, アスリートのパフォーマンス向上だけでなく, スポーツ観戦の拡張や, 新たなエンターテインメントの創出といった多岐にわたる応用が期待されている. 特に, 物理的な制約を超えて多くの人々がスポーツの魅力に触れる機会を提供するポテンシャルは, 競技人口の拡大や, スポーツ文化の裾野を広げる上で極めて重要である.

1.2 カーリングの課題と本プロジェクトの着想

カーリングは, その高度な戦略性と繊細な身体技能から「氷上のチェス」とも称されるが, 専用のアイスシートが必要となるため, 誰もが容易に体験できるスポーツとは言い難い. そこで本研究では, カーリング体験のハードルを下げ, カーリングの持つ身体性と戦術性を提供可能なカーリング体験システム「ミライノカーリング」の設計および実装を目的とする. ミライノカーリングは, センサを内蔵した物理デバイス (実際の試合で使用されるストーンおよびブラシ) を用いてストーンの投擲やスウィーピングを体験できるシステムである. さらに, モニタ上には仮想的なカーリングリンクが表示され, 体験者の操作に連動する仮想ストーンの挙動は, 物理法則に基づいたストーンシミュレータによって制御される. 加えて, 戦術的な思考を体験するために, 現在の局面の勝率や期待得点をもとに次手を推論する局面分析 AI 機能をもつ.

2 関連研究

2.1 スポーツ体験のデジタル化

情報技術を用いてスポーツ体験を拡張する試みは数多く行われている. 特に, Unity に代表されるゲームエンジンや VR (仮想現実) 技術は, 物理的な制約を超えたスポーツシミュレーションを実現するために広く用いられている. 例えば, Ishitoya らは実測されたカーリングストーンの軌道データを VR 技術で再現する手法を開発している [1]. このように特定の状況を切り出してトレーニングやエンターテインメントとして提供する研究は, カーリングの分野においても複数存在するが [2] [3], これらの多くは VR ゴーグルとハンドコントローラによる操作が主であり, 実際のストーンの重量感や実際のブラシでアイスを掃く身体性は考慮されていない. これに対し, 本研究は, 実際のストーンに近い重量感を持つ物理デバイスを直接操作する「タンジブル [4]」なインタラクションを取り入れている点で異なる.

2.2 物理デバイスを用いたインタラクション

スポーツ用具にセンサを搭載し, 選手にフィードバックを与える研究も活発である. 慣性センサ (以下, IMU (Inertial Measurement Unit) と記載する) に代表されるセンサの小型軽量化, 精度向上は, 人間の動作解析に大きな進歩をもたらした [5]. 野球のバッティング練習 [6] や調理技能の習熟支援 [7] など, 様々な応用が提案されている. 本研究は, これらのセンサ技術やタンジブルユーザインタフェースの考え方を, 一般の体験者がカーリングを楽しむエンターテインメントシステムに応用している点に特徴がある. 投擲の速度や回転, スウィーピングの有無・回数といった人間のアクションを, 単

なるデータとして記録・分析するに留まらず、ゲーム内のオブジェクトにリアルタイムに反映させている。これにより、臨場感の高いインタラクティブなゲームシステムを実現している。

2.3 戦術シミュレーション

カーリングの戦略や戦術に関する定量的分析は古くから行われており [8]、近年では AI による戦術研究が盛んである。Baier らの研究 [9] や加藤らの研究 [10] は、AI の「強さ」の追求や、戦術の最適解を探ることに焦点を当てている。これに対し、本研究の貢献は、高度な戦術を持つ AI を、研究室レベルのシミュレーションに留めるのではなく、一般の体験者が対戦相手として楽しめる統合システムとして実装した点にある。体験者は自らの身体的な投擲によって AI の思考を引き出し、その応答を目の当たりにすることができる。これは、AI の戦術的意思決定を、より多くの人々が直感的に体感できる形で提示する新たな試みであり、スポーツ AI とのインタラクションの新しい形を提案するものである。

3 課題の設定と到達目標

本プロジェクトでは、カーリング未経験者を主な対象とし、「実際の競技に触れる機会が少なく、戦術的な面白さを体験しにくい」という課題に着目する。この背景には、国内におけるカーリングシート数が非常に限られているという現状がある。例えば、日本全国で専用のカーリングシートは 13 か所しか存在せず、その多くが北海道に集中している。さらに、カーリングシートの最西端は長野県の軽井沢に位置しており、西日本にはカーリングシートが一つも存在しないため、日常的に競技を体験できる機会が地域的にも大きく制限されている。本プロジェクトの到達目標は、カーリングシートを用いずにカーリング特有の身体操作と戦術的思考の両方を体験可能なインタラクティブシステムを実現し、未経験者がカーリングに興味・関心を持つきっかけを提供することである。

4 目的を達成するための手法・手段

本研究では、カーリング専用のアイスシートを用いずに、実際の競技に近い体験を提供することを目的として、体験システムの制作を行った。本システムでは、競技性を特徴づける要素として、身体性、戦略性、協調性の 3 点に着目し、これらを再現することを設計方針とした。まず、身体性の再現を目的として、実際の競技で使用されるストーンおよびブラシを模した物理デバイスをシステムに組み込んだ。これにより、投擲時の重量感や、スウィーピング時の動作といった身体的な操作感を伴うプレイ体験を実現した。体験者の操作はセンサによって取得され、仮想空間上のストーン挙動にリアルタイムに反映される。次に、戦略性の再現を目的として、現在の局面情報をもとに次の投球候補を推定する局面分析 AI を導入した。この AI は、体験者の投擲結果に応じて戦術的な判断を行い、対戦相手として振る舞うことで、カーリング特有の戦略的思考を体験できる環境を提供する。さらに、協調性の再現として、投げ手と掃き手の 2 人 1 組でプレイする体験形式を採用した。これにより、投擲とスウィーピングを分担しながらコミュニケーションを取り合う必要が生じ、実際の競技と同様の協調的なプレイ体験を実現することを目指した。また、地域や設備に依存しないカーリング体験の実現可能性を検証するため、本システムを EXPO 2025 大阪・関西万博に出展し、不特定多数の来場者を対象とした体験提供および評価を行った。これにより、カーリング体験への物理的・心理的なハードルを下げるといふ本研究の目的に対する有効性を検証した。

5 結果と考察

本章では、実証実験で得られたアンケート結果を定量・定性の両面から示し、その結果に基づきシステムの有効性や課題について考察する。

5.1 アンケート結果

収集したアンケートデータを集計した。回答者の属性を図 1 に示す。回答者の年代は 20 代が最も多く 40% を占め、カーリング未経験者が全体の約 85% に達した。これは本システムが当初想定したターゲット層に広くリーチできたことを示唆して

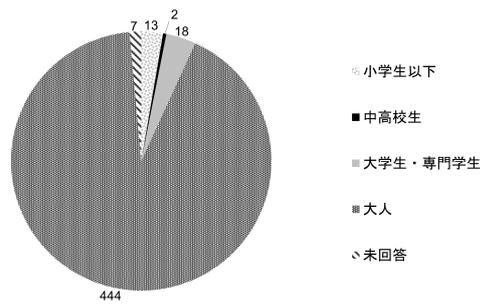


図1 アンケート回答者の属性

表1 各評価項目の平均値と標準偏差 (N=482)

評価項目	平均値	標準偏差
総合的な楽しさ	4.7	0.6
操作の分かりやすさ	4.5	0.8
映像の迫力	4.2	0.9
もう一度プレイしたいか	4.4	0.9

いる。各評価項目の集計結果を表1に示す。「総合的な楽しさ」は平均 4.7 (標準偏差 0.6) と極めて高い評価を得た。その内訳を見ると、この質問への回答者 471 名のうち 376 名 (約 79.8%) が最高の「5」を、75 名 (約 15.9%) が「4」を付けており、合わせて 95% 以上の体験者が肯定的な評価をしたことがわかる。「操作の分かりやすさ」も平均 4.5 (標準偏差 0.8) と高い評価であった。

自由記述欄からは、体験価値に関するポジティブな意見が多数寄せられた。具体的には、「本物のカーリングのようで面白かった」(リアリティ)、「AI が強くてやりごたえがあった」(ゲーム性)、「自分の投げた感覚が画面に反映されるのがすごい」(操作のフィードバック) といった声が代表的であった。一方で、改善点に関する指摘は主に UI/UX と操作性に集中しており、「ブラシの反応が少し分かりにくかった」(フィードバック不足)、「もっと詳しいルール説明がほしい」(チュートリアル不足) といった意見も見られた。

5.2 体験価値に関する考察

アンケート結果は、本研究が設定した 4 つの体験価値が概ね達成されたことを示唆している。「総合的な楽しさ」(平均 4.7)、「操作の分かりやすさ」(平均 4.5)、「もう一度プレイしたいか」(平均

4.4) といった主要な項目で極めて高い評価が得られたことは、システム全体の受容性の高さを示している。特に自由記述の「本物のよう」「自分の投げた感覚が反映される」というコメントは、設計思想の核であった (1) リアルな用具に触れる体験価値と (4) リアリティの高いフィードバックが体験者にポジティブな影響を与えたことを裏付けている。また、「AI が強くてやりごたえがあった」というコメントは、(2) AI と競い合う面白さが意図通り機能したことを示している。(3) チーム内での連携体験については、アンケート項目に直接的な設問は設けなかったものの、会場では 2 人 1 組の体験者が楽しそうに戦術を協議し、共同で操作する様子が随所で観察された。AI が単なる的当てゲーム的ではなく、思考する対戦相手として認識されたことは、本システムの戦術的価値を高める上で大きな成果である。自由記述で「ブラシの反応が分かりにくい」という意見も見られたが、全体として高い評価を得ていることから、多くのユーザが直感的な操作で楽しめたと考えられる。ブラシのフィードバックについては、今後の改善点として捉えることができる。

5.3 システム的考察と開発プロセスの教訓

本実証実験は、EXPO 2025 大阪・関西万博という大規模イベントの来場者を対象としており、6 日間の会期で延べ 1,743 名という多数の体験者にシステムを提供できた。アンケート有効回答数 (N=482) だけでも多くのフィードバックを得られ、1 章で述べた「スポーツ文化の裾野を広げる」という目的に対しても一定の貢献ができたと考えられる。しかし、イベントの特性上、テクノロジーや新しい体験に関心が高い層が多く参加している可能性があり、一般的な母集団に対する評価とは異なるバイアスがかかっている可能性は否定できない。また、プレイ時間が限られていたため、カーリングの戦術面での奥深さを十分に体験してもらう前に評価が行われた側面もある。

開発プロセスにおいては、複数チームによる並行開発、特に Unity プロジェクトのバージョン管理において課題が生じた。仕様駆動開発が初期の方向性を統一する上で有効であった一方、開発が進むにつれて生じる細かな仕様変更や機能統合の

場面では, GitHub 上でのコンフリクトが頻発した。これは, シーンファイルやプレハブといったバイナリファイルの管理の難しさに起因するものであり, より細分化されたコンポーネント指向の設計や, Git LFS の活用といった具体的なバージョン管理戦略の重要性を示す教訓となった。

6 今後の課題

本章では, 本研究の成果と課題, 今後の展望について述べた。本研究では, 物理デバイス, ストーンシミュレーション, 局面分析 AI を統合したカーリング体験システム「ミライノカーリング」を提案・開発した。EXPO 2025 大阪・関西万博での展示評価を通じて, 多くの体験者からのフィードバックを得て, 本システムが幅広い層にカーリングの魅力伝える上で有効であることを示した。

今後の課題として, 短期的には UI/UX の改善や初心者向け支援の充実が挙げられる。中期的にはゲーム内容や AI の拡充を行い, 長期的にはシステムの安定化と活用範囲の拡大を目指す。また, 将来的には投擲データの分析・可視化を通じて, 技能習熟を支援するシステムへの応用も検討する。

これらの課題に取り組み, 本システムをより完成度の高いインタラクティブな体験システムへ発展させていく。

7 参考文献

参考文献

- [1] K. Ishitoya, F. Masui, H. Yanagi, M. Ptaszynski, S. Aihara. Development of a Method for Reproducing Measured Orbital Data of Curling Stone by VR Technology. *icSPORTS*, pp. 61–69, 2023. <https://doi.org/10.5220/0012178700003587>.
- [2] Nishimura, T. Construction of an immersive curling system using VR. 修士論文, The University of Electro-Communications, 2021.
- [3] T. Misu, H. Hoshino, Y. Sugiura, M. Ogata. A virtual reality curling system for experiencing super shots. 2017 IEEE 6th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE), pp. 1–2, 2017. <https://doi.org/10.1109/GCCE.2017.8229239>.
- [4] Y. Makino, S. Kouchi, Y. Sugiura, M. Inami, T. Igarashi. The continuous strain-sensing sticker: a deformable input sensor for physical objects. *Proceedings of the 27th Annual ACM Symposium on User Interface Software and Technology*, pp. 589–594, 2014. <https://doi.org/10.1145/2642918.2647385>.
- [5] V. Camomilla, E. Bergamini, S. Fantozzi, G. Vannozzi. Trends in the use of wearable inertial sensors for human movement analysis. *Sensors*, vol. 18, no. 5, p. 1500, 2018. <https://doi.org/10.3390/s18051500>.
- [6] J. A. Stone, B. Small, N. Gredin, N. D’Amico, J. Gbadamosi, M. Buller, C. J. Hass, J. H. Cau-raugh. The effects of virtual reality and live batting practice on baseball batting performance. *Virtual Reality*, vol. 23, no. 2, pp. 119–128, 2019. <https://doi.org/10.1007/s10055-018-0348-1>.
- [7] 増田初音, 加藤邦拓, 新屋拓海, 池松香, 竹川佳成, 平田圭二. タブレット端末と慣性センサを用いた調理初心者のための包丁さばき支援システムの設計と実装, および食材切断に関する学習効果の評価. *情報処理学会論文誌*, vol. 63, no. 1, pp. 1–12, 2022.
- [8] T. Maruyama. The science of curling: a review. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part P: Journal of Sports Engineering and Technology*, vol. 226, no. 2, pp. 79–91, 2012. <https://doi.org/10.1177/1754337111430420>.
- [9] H. Baier, G. Satta. Strategy and evaluation in the sport of curling. *Journal of Quantitative Analysis in Sports*, vol. 16, no. 4, pp. 287–302, 2020. <https://doi.org/10.1515/jqas-2019-0063>.
- [10] Y. Kato, M. Ptaszynski, F. Masui, D. Kondo. Shot selection support system for curling players based on data science. 2018 IEEE International Conference on Big Data (Big Data), pp. 4688–4690, 2018. <https://doi.org/10.1109/BigData.2018.8622176>.