

# °C0Button：氷の物性を活用したゲームコントローラ

田中 祐玖<sup>1,a)</sup> 畑田 裕二<sup>2,b)</sup> Hautasaari Ari<sup>2,c)</sup> 苗村 健<sup>2,d)</sup>

## 概要：

ビデオゲームの入力インターフェースであるゲームコントローラは、機能やユーザビリティの観点で多様な進化を遂げてきた一方で、その物性のデザインはあまり探求されていない。他方、タンジブルユーザインタフェースの分野では、インターフェースの物性がインタラクションに与える影響が盛んに探求されている。本稿では、市販のコントローラにはない溶ける、滑る、冷たいといった物性をもつ氷を活用したコントローラ「°C0Button」と、これを用いて遊ぶための横スクロールアクションゲームを開発した。氷が溶けることは時間制限やペナルティの表現に利用した。滑りやすさはコントローラへの注意を要するため緊張感を高めると考えられる。冷たさは操作の積極性に影響を与えようと考えられる。

## 1. はじめに

ビデオゲーム（以下「ゲーム」とする）のコントローラとして、両手で持って操作するゲームパッドが主に使用されている。ゲームパッドの歴史は十字キーと2つのボタンという構造からはじまり、可能な操作を増やすためにボタンが増設されたり、3Dゲームのためにアナログスティックが搭載されたりと、ゲームに従って変化を遂げてきた。このようにコントローラは機能やユーザビリティが重要視されてきた一方で、ゲーム体験のデザインの観点から斬新なインターフェースを提供する Alternative Controller の開発が盛んになっている [1]。

Alternative Controller の展示会である alt.ctrl.GDC<sup>\*1</sup>は2014年に初めて開催され、今までにショッピングカートを利用したコントローラ<sup>\*2</sup>や、一人用のゲームを複数人で分担してプレイできるようにしたコントローラ<sup>\*3</sup>などが展示された。また、alt.ctrl.GDCをモデルに日本で開催されている make.ctrl.Japan<sup>\*4</sup>では、黒板消しや空気入れ、障子などを利用したコントローラが展示された。

一方、タンジブルユーザインタフェース (TUI) の分野においては、インターフェースの材質がインタラクションに及

ぼす影響が探求されている [2]。材質は TUI においてユーザ体験に影響する要素であり、ゲームのインターフェースであるコントローラにおいても同様であると考えられる。

この2つの流れを融合し、Alternative Controller の設計を材質中心に行うことで新たなゲーム体験をデザインできることが期待される。そこで、本研究では溶ける、滑る、冷たいといった、通常のコントローラにはない氷の物性を活用したゲームコントローラ「°C0Button (コボタン)」を実装した (図 1)。氷の物性とゲーム体験への影響、及びコントローラの設計について述べる。

## 2. 関連研究

### 2.1 ユーザインタフェースの材質

タンジブルユーザインタフェース (TUI) の分野においては、インターフェースの材質がインタラクションに及ぼす影響が探求されている。Döring [2] は、材質に着目した TUI のデザイン手法についてまとめている。Döring [3] らはさらに、水、氷、霧、空気、石鹸の泡、砂、粘土、火、光、植物、ワックス、香水、食品などを題材に、形状や発色等の UI 要素に限られた時間しか持続しない「エフェメラルユーザインタフェース (Ephemeral User Interfaces)」を提唱している。そのようなエフェメラルインタフェースの一例として、Ventä-Olkkonen ら [4] は水でできたタッチスクリーンを提案している。氷の壁をなぞることで、そこに跡が残りに、絵を描くことができる。また、モバイルアプリからも絵を描いて、氷の壁に表示させることができる。フィールドリサーチが行われ、珍しさや、氷を通した光の幻想的な印象から、積極的なインタラクションが観測された。

<sup>1</sup> 東京大学工学部 電子情報工学科

<sup>2</sup> 東京大学大学院 情報学環

<sup>a)</sup> ttanaka@nae-lab.org

<sup>b)</sup> hatada@nae-lab.org

<sup>c)</sup> ari@nae-lab.org

<sup>d)</sup> naemura@nae-lab.org

<sup>\*1</sup> <https://gdconf.com/alt-ctrl-gdc>

<sup>\*2</sup> <https://www.youtube.com/watch?v=niqEBSS88Jo>

<sup>\*3</sup> <https://patrick-lemieux.com/projects/Octopad>

<sup>\*4</sup> <https://makectrl.jp>

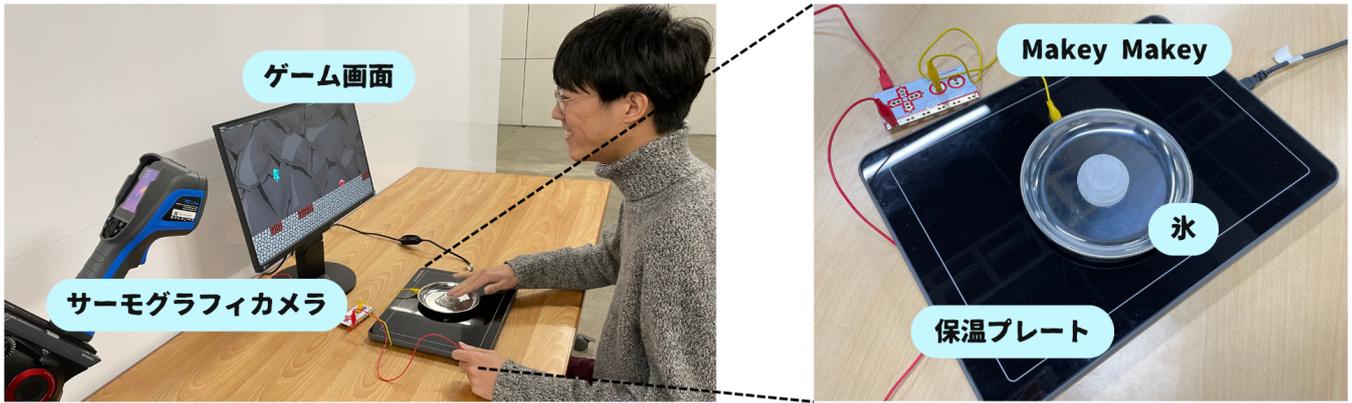


図 1 水の物性を活用したゲームコントローラ：°C0Button

## 2.2 Alternative Controller

Todi ら [5] は、モップや掃除機、扇風機、ネズミ捕りといった日常的に使用するモノをタワーディフェンスのゲームのコントローラとして応用することを試みた。その結果、例えば、実環境で扇風機の風を送るとゲーム内の敵を吹き飛ばすことができるなど、あるモノが実環境において有している機能とゲーム内での役割を意味的に対応させることで、ゲーム体験への没入感が高まることが示唆された。また Döring ら [6] は、石鹼の泡を利用したエフェメラルユーザインタフェースを提案し、それを用いたゲームを作成した。このゲームを用いて、石鹼の泡を使った提案手法のインタフェースと、石鹼の泡を半球状のプラスチックで代用したインタフェースの 2 条件で体験を比較したところ、石鹼の泡を使ったインタフェースでは手のみならず息を用いた独特なインタラクション方法が確認された。他方、石鹼の泡を使ったインタフェース群の方がゲームプレイのスコアが低いことも報告されており、石鹼の泡が壊れやすい、操作が難しいといった課題も浮き彫りになった。

## 3. 水の物性を活用したゲームコントローラの設計指針

本節では水の物性について「溶ける」「滑る」「冷たい」を取り上げ、それらをゲームコントローラに取り入れることで実現するゲーム体験について説明する。

### 3.1 溶ける

氷は環境の温度により溶ける。水を再び凍らせるには氷点下の環境を要するため、ユーザがこの変化を元に戻すのは困難である。よって、一連の体験の範囲内では不可逆的な変化といえる。また、この変化はユーザのインタラクションがなくとも自然に進行する。本研究では、この性質を時間に重ね合わせ、ゲームプレイにおける時間制限の表現に利用することを考えた。そこで、氷が溶けて全て水に変化した時をゲームの終了と位置づけることとした。氷はユーザが操作のために触れる部分であるため、溶けて小さくなっ

ていくのを感じやすく、時間制限が迫ってくる感覚が強まることが期待される。

この際、氷が速く溶けることはユーザにとっての損失とみなすことができる。そのため、ゲームプレイにおいてユーザが誤った操作をした場合に氷を熱することでミスに対するペナルティを表現した。また、氷に触れることも氷が速く溶ける要因になるため、制限時間を長くするには無駄のない操作が求められる。

### 3.2 滑る

アイススケートなどの冬のレジャーで利用されているように、氷は低摩擦であり滑りやすいという性質をもつ。ユーザは画面に加えてコントローラにも注意を向ける必要があり、氷が動かないように慎重に触るなど、より緊張感の高いゲーム体験をデザインすることができると考えた。

### 3.3 冷たい

氷は冷たく、長時間触ると痛みが生じることが懸念されるため、本研究では氷を、触れたことを検知するデジタル入力のボタンとしてデザインした。冷たさの影響は季節や室温などの環境要因に左右され、暑いときは積極的、寒いときは消極的になるといったインタラクションの変化がみられる可能性がある。

## 4. °C0Button

本研究で提案する氷のコントローラ「°C0Button」は、ユーザからの入力（氷への接触）を検知する (1) 入力インタフェース、氷が融解したことを検知する (2) 融解検知システム、ゲームの内容によって氷の融解を促進する (3) ヒータの三つからなる。

### 4.1 入力インタフェース

°C0Button の入力インタフェースは、触れているか触れていないかの二値を判定する氷状のボタンである。ユーザが氷に触れたことを検知するために、静電容量の変化を検

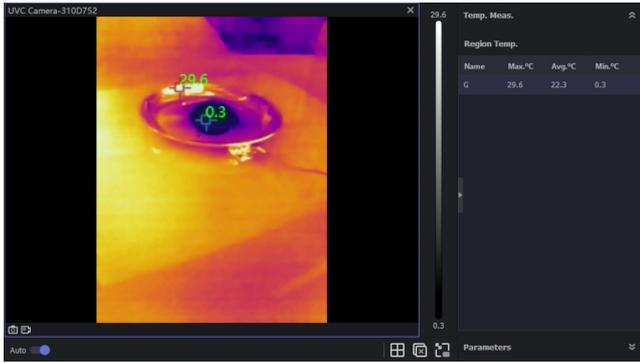


図 2 「TDView」で水を観測している様子. 温度分布を示した映像と、指定した範囲内の最低温度などの情報がリアルタイムに観測できる.

知することで身の回りのモノを入力インターフェースとして使用することを可能にするツールキット「Makey Makey」[7]を用いた. Makey Makey は、ワンボードマイコンの Arduino とワニ口クリップ、USB (Universal Serial Bus) ケーブルから構成されるツールキットであり、入力抵抗値の変化を検知して PC に信号を送信する. これによって、導電性のあるものであればどのようなものでもコントローラとして使用することができる.

実装に先立って行った予備実験を通じて、僅かな導電性を持つ水（本稿では水道水を凍らせたものとする）であっても、Makey Makey を利用してコントローラのボタンとして使用できることを確認した. 氷を載せるための容器には導電性がある金属製のものを用い、ワニ口クリップで Makey Makey に接続した.

## 4.2 サーモグラフィカメラ

°C0Button を用いたゲームの特徴は、入力インターフェースとしての氷が溶け切った時点でゲームが強制的に終了することである. 今回の提案手法では、サーモグラフィカメラを利用して氷が融解したことを検知するシステムを構築した. サーモグラフィカメラには、 $-20^{\circ}\text{C}$  から  $350^{\circ}\text{C}$  まで観測でき、 $40\text{mK}$  の温度分解能をもつ TOPDON 社の「TC004<sup>\*5</sup>」を利用した. PC に USB 接続することで、図 2 に示した専用アプリ「TDView<sup>\*6</sup>」で温度分布をリアルタイムに観測することが可能である. 本研究では、画面上の文字を読み取る技術である OCR (Optical Character Recognition) を用いて、映像内の最低温度（以下、観測温度）を取得した.

ヒータを点けなかった場合と点けた場合の、氷が溶けていく際の最低温度の遷移を、それぞれ図 3、図 4 に示す. 氷は縦  $3\text{cm}$ 、横  $3\text{cm}$ 、高さ  $2\text{cm}$  の大きさのものを用いた. いずれの場合も、容器内の氷が全て溶け切ると、観測温度が急激に上昇することが確認された. ヒータを点けなかった

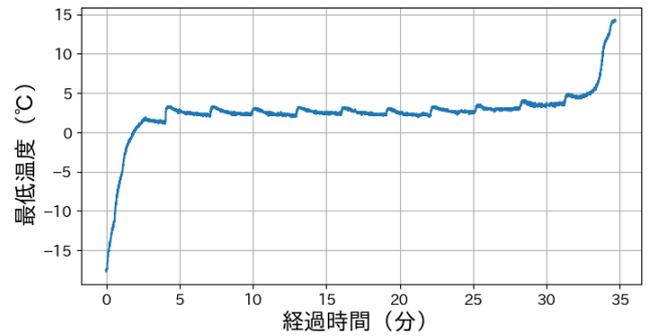


図 3 ヒータを点けなかった場合の氷が溶けていく際の最低温度の遷移. 20 分を過ぎたあたりから急激な上昇がみられ、氷が完全に溶けたことが確認できる. 定期的に見られるピークはカメラが途切れることに起因する.

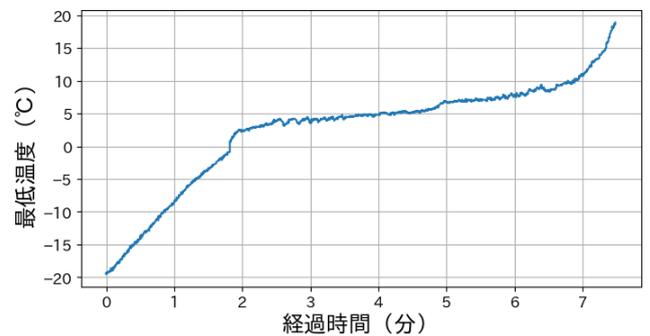


図 4 ヒータを点けた場合の氷が溶けていく際の最低温度の遷移. ヒータを点けなかった場合より少し高い温度 ( $5^{\circ}\text{C}$  から  $8^{\circ}\text{C}$  の間) が観測された.

場合は、氷が溶ける過程では観測温度が  $3^{\circ}\text{C}$  前後で安定していた. 他方、ヒータを点けた場合は観測温度が  $5^{\circ}\text{C}$  から  $8^{\circ}\text{C}$  の間を緩やかに遷移した. 以上の結果から、本研究において氷が完全に溶け切ったと判定する閾値はおおよそ  $10^{\circ}\text{C}$  前後が適切であると判断した. ただし、ユーザの手で氷が隠れてしまう場合も考えられるため、判定には 1 秒間の猶予を設けた.

## 4.3 ヒータ

°C0Button には、ゲーム内容に応じて入力インターフェースである氷の融解を促進させるヒータとして、ROOMMATE 社の「HOME ビュッフェプレート・ネオ<sup>\*7</sup>」が用いられている. 保温プレートはリレースイッチに接続され、Arduino で電源のオンオフを制御した. ユーザがミスをするたびに 1 秒間リレーに電気を流し、保温プレートを稼働した.

## 5. 横スクロールアクションゲーム「°C0Boy」

本節では、°C0Button を用いたプレイを想定して開発したオリジナルのゲーム「°C0Boy」(図 5)を紹介する.

「°C0Boy」は、自律的に走り続けるキャラクターをジャンプさせることで、障害物として現れる地面の溶岩と赤いス

\*5 [https://m.topdon.com/diagnostic\\_detail.html?name=TC004](https://m.topdon.com/diagnostic_detail.html?name=TC004)

\*6 [https://m.topdon.com/diagnostic\\_detail\\_down.html?name=TC004](https://m.topdon.com/diagnostic_detail_down.html?name=TC004)

\*7 <https://roommate.life/products/rm-109a-2/>

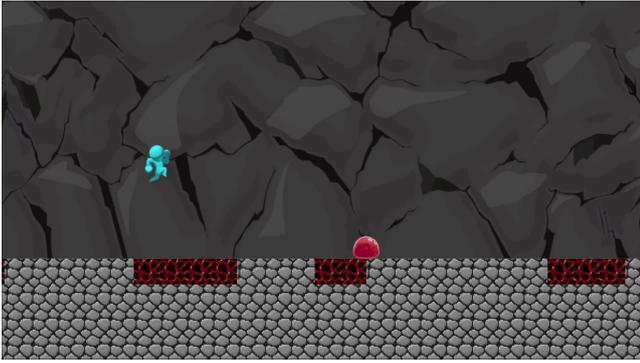


図 5 Unity で作成した横スクロールアクションゲーム「°C0Boy」. 青い人型のキャラクターを操作し, 地面の溶岩と赤いスライムを避けながら進んでいく. 可能な操作はジャンプのみで, 移動は自動で行われる.

ライムをうまく避けながら, 地下洞窟を可能な限り奥まで進んでいく横スクロールアクションゲームである. プレイヤキャラクターが敵や溶岩などの障害物に触れると, ペナルティとしてヒータが入力インタフェースである氷を熱し, 氷の融解が促進される. 氷が溶けきった時点でゲームが終了するため, プレイヤは指先でペナルティや残り時間を体感しながら, 緊張感を持ってゲームをプレイすることができる.

## 6. まとめ

本稿では氷の物性を活用したゲームコントローラ「°C0Button」を提案し, それに対応した横スクロールアクションゲームを開発した. これにより, 溶ける, 滑る, 冷たいといった市販のコントローラにはない物性を活かしたゲーム体験を実現できることが期待される. 今後は, °C0Button の特性がもたらす新たなインタラクションを活用したゲーム体験のデザイン, 特に氷の融解性で表現された時間制限や氷の滑りやすさによる影響などについて調査を行う予定である. また, サーモグラフィカメラによる判定とユーザの認識の間の時間差を検証するなど, °C0Button の性能面を実証的に評価する. さらに, サーモグラフィカメラを用いて氷の位置を取得することで, 本研究で扱ったボタンのようなデジタル入力に加えて, スティックのようなアナログ入力にも対応可能であると考えている.

謝辞 本研究は中山未来ファクトリーの支援を受けて行われた.

## 参考文献

[1] Granzotto Llagostera, E.: Critical Controllers: How Alternative Game Controllers Foster Reflective Game Design, *Companion Publication of the 2019 on Designing Interactive Systems Conference 2019 Companion*, DIS '19 Companion, New York, NY, USA, Association for Computing Machinery, p. 85–88 (online), DOI: 10.1145/3301019.3324872 (2019).

[2] Döring, T.: Material-Centered Design and Evaluation of

Tangible User Interfaces, *Proceedings of the Fifth International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction*, TEI '11, p. 437–438 (online), DOI: 10.1145/1935701.1935819 (2010).

- [3] Döring, T., Sylvester, A. and Schmidt, A.: A Design Space for Ephemeral User Interfaces, *Proceedings of the 7th International Conference on Tangible, Embedded and Embodied Interaction*, TEI '13, pp. 75–82 (online), DOI: 10.1145/2460625.2460637 (2013).
- [4] Ventä-Olkkonen, L., Åkerman, P., Puikkonen, A., Colley, A. and Häkkinen, J.: Touching the Ice: In-the-Wild Study of an Interactive Icewall, *Proceedings of the 26th Australian Computer-Human Interaction Conference on Designing Futures: The Future of Design*, OzCHI '14, p. 129–132 (online), DOI: 10.1145/2686612.2686630 (2014).
- [5] Todi, K., Degraen, D., Berghmans, B., Faes, A., Kaminski, M. and Luyten, K.: Purpose-Centric Appropriation of Everyday Objects as Game Controllers, *Proceedings of the 2016 CHI Conference Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, CHI EA '16, p. 2744–2750 (online), DOI: 10.1145/2851581.2892448 (2016).
- [6] Döring, T., Lorz, F. and Malaka, R.: *Assessing the Emotional Experience of Soap Bubbles as Input Material for Interactive Games*, pp. 559–566 (online), DOI: 10.1515/9783110443905-078 (2015).
- [7] Collective, B. M. and Shaw, D.: Makey Makey: Improvising Tangible and Nature-Based User Interfaces, *Proceedings of the Sixth International Conference on Tangible, Embedded and Embodied Interaction*, TEI '12, pp. 367–370 (online), DOI: 10.1145/2148131.2148219 (2012).