

# 半球面マルチタッチパネル機能付き背面投影型デジタル地球儀 の展示事例紹介と可搬化への取り組み

小山 幸伸<sup>\*1</sup>, 吉松 陽菜<sup>\*1</sup>

## Exhibition case study of the rear projection digital globe with hemispherical multi-touch panel function and portability efforts

KOYAMA Yukinobu<sup>\*1</sup>, YOSHIMATSU Hina<sup>\*1</sup>

### ABSTRACT

We previously reported that we had developed a hemispherical multi-touch panel function for the rear-projection digital globe at low cost using an infrared method. We concluded that it is necessary to accumulate examples of implementation in outreach sites and to receive feedback from them. Due to COVID-19, which has spread since 2019, opportunities for face-to-face outreach have drastically decreased. Even in the case of face-to-face outreach, it has difficult to exhibit multi-touch panel functions to avoid virus infection through contact. However, based on the accumulated feedback from exhibition cases, we have developed a portable rear-projection digital globe with multi-touch panel function, a content forwarding controller, and a large trackball.

**Keywords:** Hemispherical multi-touch pane, Exhibition, Portable digital globe

### 概 要

著者らは、背面投影型デジタル地球儀のための半球面マルチタッチパネル機能を赤外線方式で安価に開発した旨を過去に報告した。そして、アウトリーチ現場への導入事例の積み重ねと、それらから得られるフィードバックが必要であると結論した。2019年から蔓延した新型コロナウイルス感染症によって、対面でのアウトリーチの機会が激減した。そして対面によるアウトリーチの場合であっても、接触によるウイルス感染を避けるため、マルチタッチパネル機能の展示が困難であった。しかしながら、展示事例を積み重ね、得られたフィードバックを元に、可搬型マルチタッチパネル機能付き背面投影型デジタル地球儀、コンテンツ順送りコントローラー、大型トラックボールを開発した。

<sup>\*</sup> 2023年11月30日受付 (Received November 30, 2023)

<sup>\*1</sup> 近畿大学工業高等専門学校 総合システム工学科 (Department of Comprehensive Engineering, KINDAI University Technical College)

## 1. 背景および目的

市民が地球環境を身近に感じるための道具のひとつとして、デジタル地球儀が挙げられる。数あるデジタル地球儀の中でも、小中学校においても低予算で導入可能なデジタル地球儀として Dagik Earth<sup>1)</sup>が挙げられる。これを操作するためのコントローラーとして、マウスや家庭用ゲーム機のコントローラーなどの様々なコントローラーがこれまで試行されてきたが、半球面を触って直感的に操作できるコントローラーはなかった。この状況を踏まえて著者らのグループは、図 1 に示した背面投影型デジタル地球儀のための半球面マルチタッチパネルを、安価な赤外線方式で開発したことを報告した<sup>2)</sup>。この報告では、半球面マルチタッチパネル機能付きデジタル地球儀のアウトリーチ現場における展示事例を積み重ね、それらからフィードバックを得ることが必要である、と結んだ。これを踏まえた本論文では、半球面マルチタッチパネル機能付きデジタル地球儀のアウトリーチの事例を積み重ね、様々な意見を収集してフィードバックをかけることを目的とする。



図 1 タッチ操作中の背面投影型デジタル地球儀

## 2. タッチパネルの仕組みと原理

図 2 のとおり、アクリル半球の断面に赤外線を入射する。入射した赤外線はスネルの法則に従って、全反射しながら反対側の端に到達する。指が触れた箇所は全反射が崩れ、赤外線カメラに検出される。赤外線カメラの映像は図 3 の Community Core Vision (CCV) に入力され、座標と移動ベクトルが求められる。この座標と移動ベクトルは、TUIO ライブラリを用いたアプリケーションによって、マウス操作に紐づけられ、地球儀の回転操作となる<sup>2)</sup>。

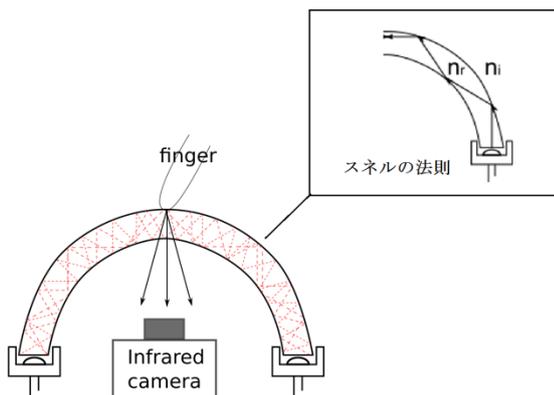


図 2 赤外線方式のタッチパネルの原理

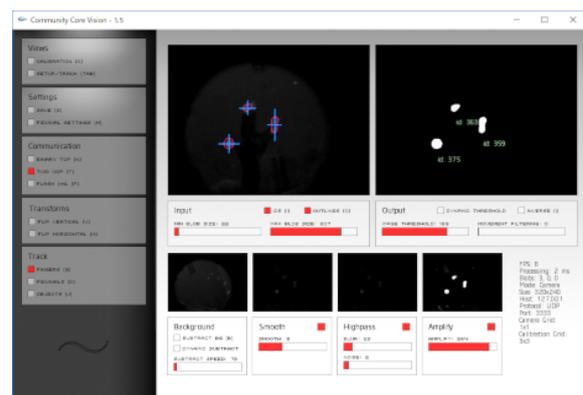


図 3 CCV によるマルチタッチ検出

### 3. 展示事例

#### 3.1. いけだエコミュージアムにおける事例

図 4 に示したように、大阪府池田市のいけだエコミュージアムにおいて、半球マルチタッチパネル機能付き背面投影型デジタル地球儀の展示が 2020 年 8 月から開始された。著者らのグループが開発したハードウェアに Dagik Earth プロジェクトが公開しているコンテンツを表示し、いけだエコスタッフが運用している。筐体の一部分はアルミの L アンクルにてリベット止めしたものの、その多くは 1x4 の SPF 材をコーススレッド止めして製作した。可搬性を考慮し、スナップ錠にて筐体の上下部が分離できるようになっている。展示開始時はコロナ禍の最中であったため、新型コロナウイルスに対して有効とされる界面活性剤を含んだ住宅・家具用洗剤とともに設置した。係員が常駐している環境であるため、都度タッチパネル表面の拭き取り対応が可能であった。



図 4 いけだエコミュージアムにおける展示

#### 3.2. 近畿大学工業高等専門学校図書館における事例

著者らが所属する近畿大学工業高等専門学校の図書館において、2021 年 6 月 29 日から 8 月 2 日にかけて、“図書館企画展示 電気電子コース・小山研とコラボ！「地球科学」”と題し、地球物理に関する図書、ポスター、さらには背面投影型デジタル地球儀を用いた図書館企画展示を図 5 のとおり開催した。新型コロナウイルスの蔓延のために、たびたび対面授業から遠隔授業に切り替わる様な状況であったため、タッチパネル機能の展示は断念した。時間の経過とともにコンテンツが切り替わり、地球を自転させることで地球を見せたものの一切の操作ができないため、我々のグループが開発しているユーザインタフェースに関する有益なフィードバックは得られなかった。



図 5 近大高専図書館における企画展示

#### 3.3. Maker Faire Kyoto における事例

2020 年 5 月 2 日から 3 日にデジタル地球儀を出展予定<sup>3)</sup>であったが、新型コロナウイルス感染症の蔓延のために Maker Faire Kyoto 2020 は中止となった。翌年の Maker Faire Kyoto 2021 はオンラインイベントであったので出展を見合わせた。さらには出展者募集の段階で新型コロナウイルス感染症の状況が落ち着いていなかった Maker Faire Kyoto 2022 は開催されなかった。そして 2023 年 4 月 29 日から 30 日に渡って開催された Maker Faire Kyoto 2023 に、著者らはデジタル地球儀を出展し、来場者からフィードバックを得



図 6 Maker Faire Kyoto 2023 におけるデジタル地球儀の展示。左の白く光っている半球がデジタル地球儀の半球スクリーンである。

た. 会場のけいはんなオープンイノベーションセンターにおいては, キャスターのついた台車等を用いた運搬が不可であったため, 図 5 の 400 φ の半球の背面投影型デジタル地球儀の運搬が困難であり, 図 6 に示した小さな 100 φ の半球の可搬型デジタル地球儀を急遽開発して展示することとなった. この詳細については, 4 節にて説明する.

### 3.4. 2023 年度第 1 回近大高専オープンキャンパスにおける事例

著者らが所属する近畿大学工業高等専門学校において, 2023 年 8 月 4 日から 5 日にかけて開催された 2023 年第 1 回近大高専オープンキャンパスにおいて, デジタル地球儀を出展した. 図 6 の Maker Faire Kyoto 2023 と同様の展示である. 2023 年 5 月 8 日に新型コロナウイルス感染症の感染症法上の取り扱いが 5 類感染症へ変更された以降ではじめての展示であり, 来場者数の制限, マスクの着用, アルコール消毒などの制約がない状態で展示を行い, 多くの来場者に利用して頂いた.

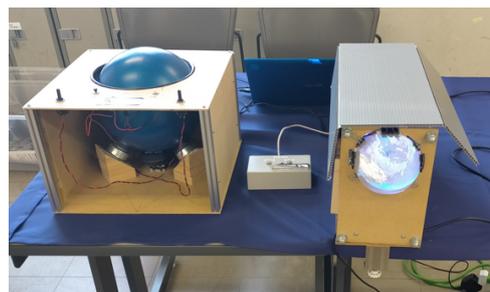


図 7 2023 年度第 1 回近大高専オープンキャンパスにおけるデジタル地球儀の展示

## 4. 可搬型半球面マルチタッチパネル機能付き背面投影型デジタル地球儀

3.3 節のとおり, 図 5 に示した 400 φ の半球スクリーンを持つ大きな半球面マルチタッチパネル機能付き背面投影型デジタル地球儀は搬入困難であった. これを踏まえて, 可搬性を向上させるべく, 半球面マルチタッチパネル機能付き背面投影型デジタル地球儀の小型化を試みた. 図 8 は 100 φ の半球の可搬型マルチタッチパネル機能付き背面投影型デジタル地球儀である. なお撮影のため, 側面を取り払っている. プロジェクターは, 231x61x173mm, 0.14kg, 50W, 5V3A, DLP 方式, 854x480pixel, 16:9 が表示可能で最大 100lm の HP 社の MP100 を使用した. ビジネスプロジェクタの多くが 3,000lm 程度であるのに対して, 100lm は決して明るくない. しかしながら, デジタル地球儀の筐体を小型化したため, 簡易的な日除け暗幕を設置することが容易になり, 明るくない光源を補うことが可能である.

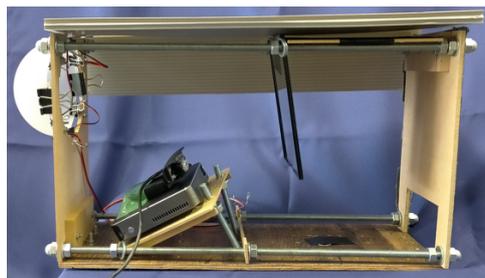


図 8 可搬型背面投影型マルチタッチパネル機能付きデジタル地球儀

赤外線方式のマルチタッチパネル機能<sup>2)</sup>は, 1. タッチしていない状態を赤外線カメラで撮影し, 2. その際に写っている赤外線の背景場をソフトウェアによって差し引き, 3. タッチ時の赤外線の差分を検出しマウス操作に紐づける. このため, タッチによる筐体のずれ, さらにダブルクリップを介して筐体に固定されているアクリル半球のずれが累積すると, 再び赤外線の背景場を差し引く必要がある. 時々刻々と変化する赤外線の背景場を動的に差し引くようソフトウェア設定しているものの, 筐体やアクリル半球が大きく動いた際には調整は必要である. そしてこの問題は, 大きな筐体よりも小さな筐体の方が顕著になる. そこで, サンワサプライ製の TAP-F37CLAMP デスククランプをデジタル地球儀の筐体にねじ止めし, そのクランプによって机を挟んで固定する仕様とした.

これによって、マルチタッチパネル機能の調整頻度を下げることはできたものの、メンテナンスフリーの運用は未だ実現できていない。

以前は OptoSupply 社の 3φ の赤外線 LED の OSI5LA3131A を赤外線方式のタッチパネルの光源として使用していたが<sup>2)</sup>、デジタル地球儀の筐体の小型化に伴い、光源の小型化が必要となった。そこで、赤外線のピーク波長が 940nm、半値角 120°、順方向電流 100mA の際の放射強度が 20mW/Sr である OptoSupply 社の 3.5×2.8×1.9mm の表面実装型赤外線 LED の OSI5LAS1C1A<sup>4)</sup>を用いて、図 9 の表面実装赤外線モジュール

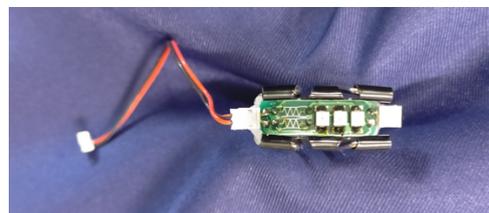


図 9 表面実装赤外線 LED モジュール

を作成した。赤外線 LED の集積度を高めて光を強くしたことによって、タッチ検出は容易になった。

## 5. コンテンツ順送りコントローラーの開発

PC のキーボードやマウスを用いてデジタル地球儀を操作することは可能である。しかしながら、不特定多数の利用者を対象とする展示利用の場合は、制約なしのこれらの操作は問題であることが、展示事例を通じて分かった。そこでデジタル地球儀用外部コントローラーとして、図 10 のコンテンツ順送りコントローラーを開発した。タカチ電機工業の SW-120S 汎用型プラスチックケースに、5.8φ のマル信無線電機の MS-313-7 モーメンタリープッシュスイッチを取り付け、さらにはヒューマン・インタフェース・デバイス (HID: Human Interface Device) 機能を有する Arduino Pro Micro マイコンボードを組み込んだ。このコンテンツ順送りコントローラーは、福島市立ふくしま支援学校および釧路市こども遊学館に利用されている。



図 10 コンテンツ順送りコントローラー

このコントローラーは、PC 上のブラウザの複数タブに、Web 版の Dagik Earth の複数コンテンツがあらかじめ用意されていることを前提とする。マイクロコントローラーに書き込まれたプログラムが「すすむ」ボタン入力を検出した際に、USB 接続された PC に Ctrl+Tab キーが入力されたという信号を送信する。そして PC 上のブラウザでは、次のタブに設定されたコンテンツに切り替わる仕組みである。同様にして、「もどる」ボタンが押された場合は、Ctrl+Shift+Tab キーが入力されたという信号を PC に送信し、PC 上のブラウザでは、前のタブに設定されたコンテンツに切り替わる。

## 6. 大型トラックボールの開発

上述のとおり、赤外線方式のマルチタッチパネルは未だメンテナンスフリーではなく、時折、人による調整を必要とする。これによって利用者を待たせないようにするために、補助的なユーザインタフェースを用意して併用する必要があると判断した。そこで地球を直感的に回している感覚を損なわないユーザインタフェースとして、図 11 の大型トラックボールを開発した。200φ の縁なしアクリル半球を二つ接合し、市販の安価な光学式マウスをひっくり返すことにより、トラックボールの回転を検出した。これに加え

て、前述のコンテンツ順送りコントローラーも組み込んだ。オープンキャンパス等の展示イベントで何回か使用しているが、いずれも安定して動作した。

## 7. まとめ

本論文では、半球面マルチタッチパネル機能付き背面投影型デジタル地球儀の展示事例について報告した。コロナ禍のために対面でのアウトリーチの機会が激減し、また接触によるウイルス感染が懸念されてマルチタッチパネル機能の展示が困難であった。しかしながら、得られたフィードバックを元に、可搬型半球面マルチタッチパネル機能付き背面型デジタル地球儀、コンテンツ順送りコントローラー、さらには大型トラックボールを開発した。2023年5月8日に新型コロナウイルス感染症の感染症法上の取り扱いが5類感染症へ変更されたため、再び開発および展示によるフィードバックを加速し、タッチパネル機能がメンテナンスフリーで運用できるようになることを目指す。

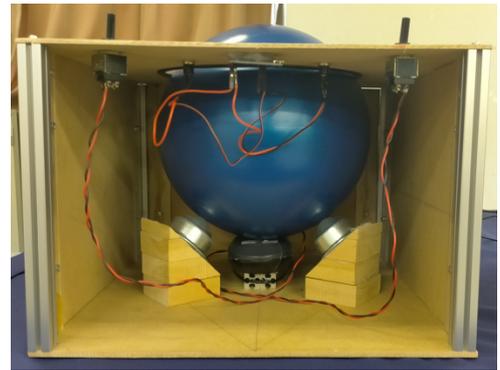


図 11 大型トラックボール

## 謝 辞

Maker Faire Kyoto 2023 において、デジタル地球儀の展示、説明、操作感のヒアリングをおこなってくれた、近畿大学工業高等専門学校の富永拓杜氏、飛鳥博希氏、有本和真氏、および山下順正氏に著者一同は感謝いたします。

## 参考文献

- 1) 齊藤 昭則, 津川 卓也, 市川 浩樹, 島田 卓也, 多様な環境においてデジタル立体地球儀を実現するためのダジック・アースの開発, 宇宙科学情報解析論文誌, 第 6 号, 2017, doi:10.20637/JAXA-RR-16-007/0012.
- 2) 小山 幸伸, 廣田 尚樹, 増田 花乃, Pipatpol TANAVONGCHINDA, 佐藤 弘, 背面投影型デジタル地球儀 Dagik Earth のための半球面マルチタッチパネルの開発, 宇宙科学情報解析論文誌, 第 8 号, 2018, doi:10.20637/JAXA-RR-18-008/0003.
- 3) Maker Faire Kyoto 2020 出展者情報(近大高専こやま研), <https://makezine.jp/event/makers-mfk2020/m0006/>, 参照日: 2023 年 11 月 1 日.
- 4) Infrared SMD LED OSI5LAS1C1A, <https://akizukidenshi.com/download/ds/optosupply/OSI5LAS1C1A.pdf>, 参照日: 2023 年 8 月 4 日.