



ガラスを挟んだハンドトラッキングセンサの補正について -壁面ケースにおける展示方法の拡張-

Compensation of hand tracking sensors across glass
-Expansion of the exhibition method in the wall case-

荒屋成美¹⁾, 辻合秀一²⁾

Narumi ARAYA, and Hidekazu Tsujiai

- 1) 富山大学大学院 芸術文化科学研究科 (〒933-8588 富山県高岡市二上町 180 番地, worker.naru15@gmail.com)
2) 富山大学 学術研究部 芸術文化学系 (〒933-8588 富山県高岡市二上町 180 番地, tsujiai@tad.u-toyama.ac.jp)

概要: 本研究では博物館・美術館の展示の幅を広げるために、現在使用されている壁にガラスをはめ込んだ壁面ケースに対してハンドトラッキングセンサを併せて利用することができないか調査した。実際の展示にも用いられる高透過ガラスを使用した再現実験を基に、トラッキングセンサの一般的な利用環境とは異なる点から手の認識範囲にどのような変化や問題が生じるか比較を行った。

キーワード: 展示施設, 鑑賞, ハンドトラッキングセンサ, ガラス

1. はじめに

日本の博物館や美術館の展示において、必ずと言っていいほど目にするものがある。展示作品や資料を囲むようにガラスが嵌め込まれた展示ケース[1]である。

来館者はそのガラス越しに作品や資料を鑑賞するという鑑賞の作法が当然のようになる中で、本研究では作品鑑賞の補助としてハンドトラッキングセンサが活用できないかと考えた。作品や資料の保存に対する安全性や実用性の確立にはまだ課題は残るものの、本研究では博物館や美術館における展示ケースのガラス越しに操作することを想定したハンドトラッキングセンサの活用と生じる課題について発表する。

2. 展示ケースの意義とガラスの性質

博物館や美術館の展示ケースは作品や資料を安全に鑑賞できるように設置されており、作品や資料の保存状態を維持しながら展示ができるように設計されている。常により良い状態での展示が求められる中で、最近では株式会社オカムラが有機ELを照明に用いた展示ケースを開発し[2]、寄贈先である東京国立博物館での展示に活用された。

展示ケースには気密性や機能性、強度の高さや調湿が可能であること、ケース内に取り付けられた照明に有害光線を含まず高い演出効果を兼ね備えていること、地震対策が為されていることなどが求められており、これらの条件[3]が達成されることで安心した展示の実施だけでなく、作品

や資料の貸借時の双方の博物館・美術館の間での信頼・信用に大きな影響を与えている。

また、ケースに利用されるガラスも窓ガラスに活用されるようなフロートガラスではなく、高透過ガラスを用いられている。フロートガラスと高透過ガラスは透過率の違いだけではなく(図1, 図2)、フロートガラスよりもガラス中に含まれる鉄分を少なくすることでガラスの断面に見られる青みが抑えられているという特徴がある(図3)[4]。博物館や美術館の展示の際には高透過ガラスに低反射フィルムを貼ることで更に光の反射を減らすという工夫も凝らされている。

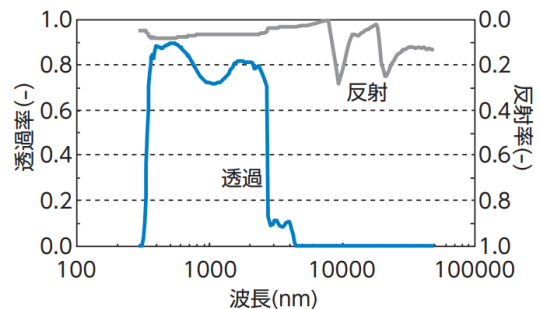


図1.透明フロート板ガラスの分光特性

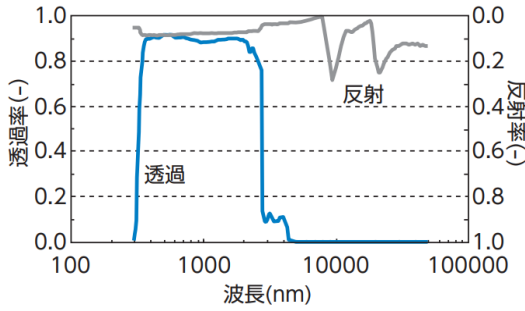


図 2.高透過ガラスの分光特性

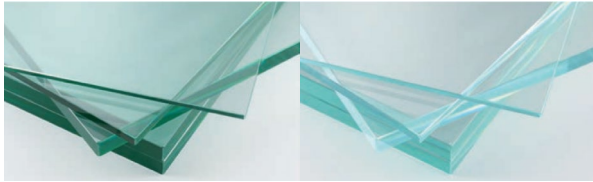


図 3.フロートガラス (左) と高透過ガラス (右)

一方で展示ケース内に収まらない大きさの資料や作品 (大型の絵画や屏風など) の場合はやむを得ず展示室内にそのまま展示をする露出展示の手法が取り入れられているものもある。その場合は作品の前にロープが張られ、ガラス越しに鑑賞するよりも距離を開けることが来館者に求められている。

高品質・高機能なガラスを用いても 100%反射を防ぐことができないことやガラスとガラスの継ぎ目が鑑賞の妨げになることなどの難点はあるものの、ガラスが鑑賞者と作品の間を仕切ることにより、露出展示される作品よりも近い距離での鑑賞が可能になる。

3. 環境の再現と検証手法

3.1 壁面ケースの再現

本研究では壁面にガラスが嵌め込まれたケースを研究対象とし、図 4 の右側にあるような壁面ケースでの活用を想定しての実験を行った。壁面ケースを採用した一番の理由は、ケース内に入るとされる電子機器類の配線の問題を考慮したからである。



図 4.壁面ケースを活用する美術館の例 (青井記念館美術館)

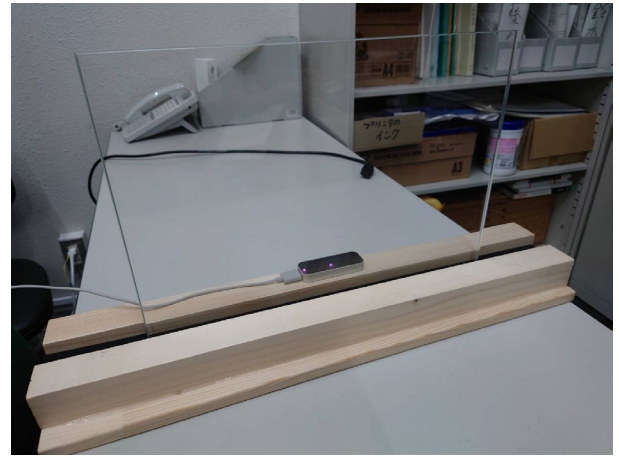


図 5.壁面ケースのガラスを再現した実験用模型

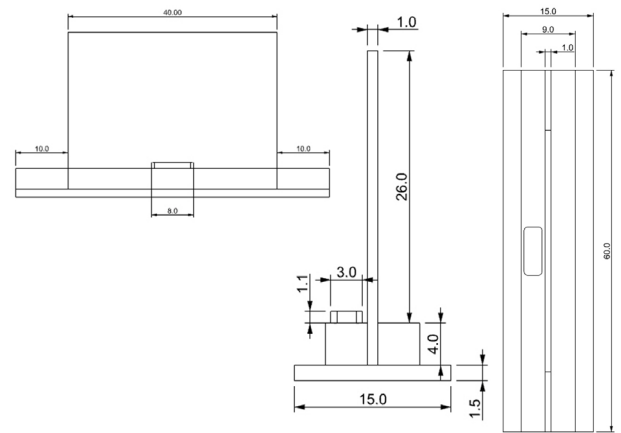


図 6.実験用模型の三面図

また、第一の課題として展示ケースのガラス越しにハンドトラッキングセンサを活用する際の検出範囲の差について調査した。その際にガラスと材木、ハンドトラッキングセンサの Leap Motion[5]を活用して簡易的な展示空間の再現を行った。大学の構内にある教室での検証実験であったため、博物館のように照明の照度調整までは行えていない。

実験用模型を製作するにあたり 30.0cm×40.0cm×1.0cm の高透過ガラス板の下端を 4.0cm×4.0cm×60.0cm の材木で固定し、固定材木の上の中央に Leap Motion を乗せて実験を行った (図 5, 図 6)。実際に青井記念館美術館の壁面ケースに使用されるガラス (ミュージアムガラス) の厚みを参考にし、ガラスも約 1.0cm の厚みに合わせた。

3.2 検証実験の環境と手法

Leap Motion はノートパソコンを通して、デバイスの SDK である Leap Motion Orion (バージョンは 3.2.1+45911) と vvvv (バージョンは beta 42×40) [6]によって制御されている。これらを通した Leap Motion の検出範囲の視野角は約 132.0° × 113.4° (図 7, 図 8) であり、デバイス上方に逆四角錐ができるような形となっている。加えて、デバイス上方の約 2.5cm を除いた約 50.0cm の範囲が手の中心を検出する際、最も適した距離であるといわれている。

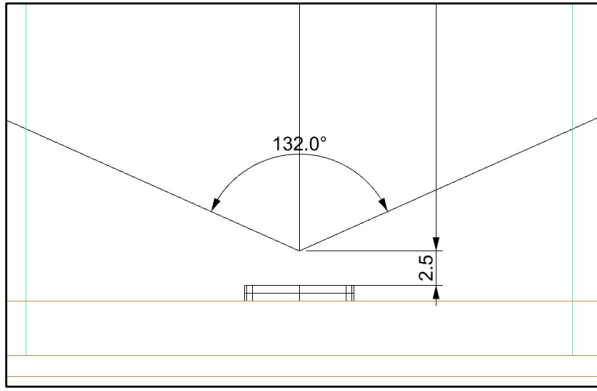


図 7. Leap Motion の長辺からの視野角

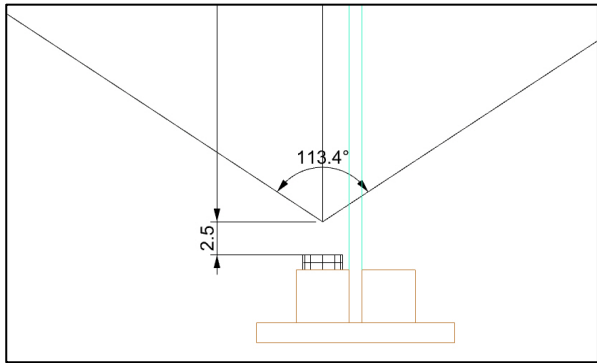


図 8. Leap Motion の短辺からの視野角

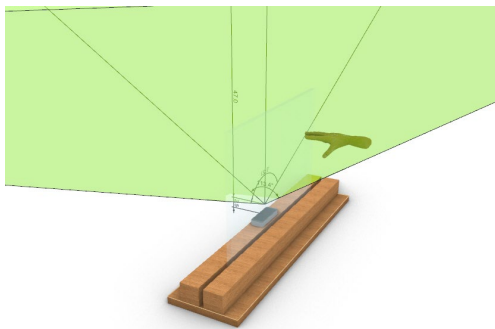


図 9.実験のイメージ図

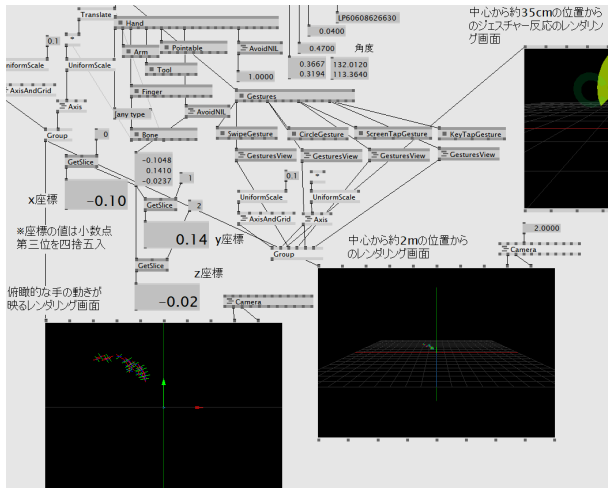


図 10.座標検出をする vvvv の画面の一部

ガラスの有無によって検出範囲・検出距離にどのような変化が生じるか調査するために、まずガラスがない状態での検出範囲を調査した。その後、ガラスがあると想定するために手の位置において高さを表す Y 座標の値を、デバイス上方約 22.0cm の位置で維持した状態での検出範囲の調査においてガラスを入れた状態のものを入れていない状態のもので調査して比較をした (図 9)。22.0cm 以上になると用意したガラスの高さを越えてしまうという理由がある。本実験で用いた vvvv 内で距離を表す際、vvvv のボックス内の座標の値が 1.0 と表示されている場合、現実世界においてデバイスから 1.0m の距離が空いているということになる。

比較するための値を選ぶ基準として、検出範囲の際で X 座標・Y 座標・Z 座標の値が 3 秒以上変化することなく維持されており、安定して検出されている値であることを条件に各座標の値を選出した。認識される数値に乱れが出たり、検出途中でセンサが停止したりした場合は数値検出のための手の移動をやり直した。先に記した 3 つの条件毎に手の検出を 10 回ずつ施行し、各座標で検出された値の平均値と標準誤差を求めたものが表 1.と図 10 のグラフである。標準誤差は小数点第六位を四捨五入している。

表 1.各座標の平均値と標準誤差

(緑の条件では Y 座標が同じ値で固定されている.)

座標名	X ガラス無	Y ガラス無	Z ガラス無
平均値	0.703	0.755	0.676
標準誤差	0.00907	0.01267	0.01097
座標名	X ガラス有	Y ガラス有	Z ガラス有
平均値	0.385	0.22	0.37
標準誤差	0.00307	0.00000	0.00422
座標名	X ガラス無	Y ガラス無	Z ガラス無
	Y 固定	Y 固定	Y 固定
平均値	0.417	0.22	0.374
標準誤差	0.01012	0.00000	0.01688

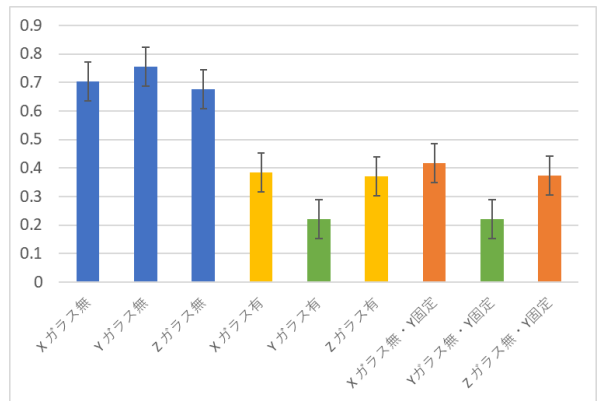


図 10.センサデバイスの認識範囲の平均値と標準誤差 (緑のグラフは Y 座標が同じ値で固定されている.)

3.3 誤差とガラスの関係

ガラスの有無によって認識範囲がどれほど変化するかについて検出された座標の値を比較すると X 軸方向では約 3.0cm の差が生じ、Z 軸方向では約 4.0mm 程の差が生じていることが判った。Z 軸方向の値の差は僅かであるが、X 軸方向の検出値から、ガラスが設置されていない状態の方がより長い距離を開けていても手が正確に認識されるということが判った。一方で、検出される座標の標準誤差はガラスが設置されていないものの方が大きい。これはガラスが設置されていない状態の座標の検出値の振れ幅が大きかったことが原因である。

これらの結果からミュージアムガラス越しにハンドトラッキングセンサの Leap Motion を使用する際は、手を正確に検出する際に遮蔽物が無い状態で操作するよりも X 軸方向に数 cm のずれが生じる可能性があることが判った。原因として推測されるのは、Leap Motion の使用者の手に対する赤外線 LED の照射範囲がガラスを越していることで変化している点と、デバイス内の赤外線カメラの画像解析結果によって 3D 空間の手的位置が変化することから画像の解析において変化が生じていると考えられる。更に、本研究のガラスとセンサデバイスの設置方法では手がガラスを超えた場合に図 11 のように、ガラスの境界面で手が反射して認識されるという現象も確認することができた。ガラス面での反射が不安定な認識を発生させているとも考えられた。

また、本研究ではあくまで用意出来たガラスの大きさに限りがあったため、Y 座標（手の高さを変化した際）と X 座標・Y 座標の検出値の相関関係までは把握できておらず、展示施設の壁面ケースほどの大きさになると、実用性を確立させるためにもより高さを意識した実験が必要になると考えられる。加えて手の中心ではなく、指先や関節などの末端の骨の動きの検出にも変化が生じていると考えられるため、実際に展示用のアプリケーションを開発する場合は閾値の確認が必要になる。

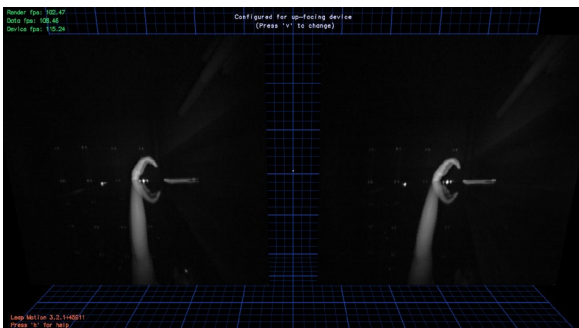


図 11.手が境界面で反射して認識される様子

4. おわりに

本研究の段階では大まかな手の位置に焦点を当てて調査を行った。センサデバイスのガラス越しでの実用に関する最初の課題は確認することができたが、実際にデバイスや機材を壁面ケース内に入れることの問題や機器の運用に関わるオペレーションの簡略化など、1つの展示形態を提案するという点での説得性がまだ欠けていると実感した。デバイスを活用しようという意欲だけではなく、作品や資料への安全性や具体的な展示計画を各分類の資料ごとに精査し、再提案する必要性が再確認された。

展示空間における展示資料と並列してのセンサデバイスの活用が実現すれば、従来の視覚を主とした鑑賞という行動に対して 3 次元的操作が加わり、より意欲的な鑑賞体験を来館者に提供できるのではないかとと思われる。

参考文献

- [1] 斎藤工：学芸員のための展示照明ハンドブック，講談社，2014.
- [2] 株式会社オカムラ：次世代展示ケース開発プロジェクト，ミュージアム [美術館・博物館] 総合カタログ 2018-2019 35-36(36-37).
- [3] 東京国立博物館 学芸研究部保存修復課環境保存室長 和田浩：東京国立博物館における展示ケース製作事例からみた展示環境保全の取り組み，文化財虫菌害研究所，文化財虫菌害研究所 編 (76), 28-33, 2018-12.
- [4] 日本板硝子株式会社:4 章 板ガラスと光と熱，日本板硝子 技術編，pp. 15-19, 2015.
- [5] Leap Motion Controller Datasheet https://www.ultraleap.com/datasheets/Leap_Motion_Controller_Datasheet.pdf 参照：2022 年 7 月 23 日
- [6] 金子颯介, and 辻合秀一. "vrvv によるグラフィカルプログラミングツールの現状と作品制作効率の一考察." 図学研究 48.2-3 (2014): 11-21.