

Anamorphicons を用いたパノラマビューシステムの提案と実装

池松 香* 笹川 真奈* 椎尾 一郎*

概要. パノラマビューは平面ディスプレイやヘッドマウントディスプレイ (HMD) により閲覧されることが多い。前者は安価なセットアップで実現可能な反面、操作時にドラッグやジョイスティックでの入力に対応した視界の移動量が認識しづらく、VR 空間内の方角が分かりにくい。後者はヘッドトラッキングなどの身体的な入力により方角認識は比較的容易であるが、高価な専用のデバイスを用意する必要がある。そこで本研究では前者の方法より空間把握が安易であり、パッシブかつ安価なデバイスで実現可能なパノラマビューシステムを提案する。先行研究である Anamorphicons の技術を用い、円鏡筒型のウィジェットに全周囲パノラマビューを投影し、それをタンジブルに操作することで空間把握を容易に行えるようにする。本論文ではシステムの実装と予備実験を行い、方角認識のしやすさという観点から本手法の有効性を確認した。

1 はじめに

パノラマビューは、ナビゲーションアプリやフライトシミュレーター、TV ゲームなど幅広い分野に導入されている。近年は単純にパノラマビューを鑑賞する趣旨のコンテンツのみでなく、ナビゲーションの要素、特に東西南北の方角や、進行方向からみた相対的な方向の認識が重要になるものも多い。例えば、地図上の現在位置と対応するパノラマ画像の閲覧が可能な Google Street View¹では、パノラマビュー内で道順をたどる際に、現在表示されている画像がどの方角と対応するものなのか、進行方向はどちらなのか、という情報を読み取る必要がある。また、パノラマビューを提供する一人称視点のアクションゲームの多くは、襲い来る敵から逃避するために、進行方向を見失わず、かつ目的地への方角と操作キャラクターの進行方向を合致させる必要がある。現在、パノラマビューコンテンツの閲覧は主に次の2手法により可能である。1) 平面ディスプレイで表示しマウスやジョイスティック、タッチ入力により操作する手法、2) HMD で表示し、内蔵のモーションセンサにより操作する手法。しかし、1) の方法は安価に実現可能な反面、ドラッグやジョイスティック操作に対応した視界の移動量 (回転角) が認識しづらく、VR 空間内の方角が分かりにくい。2) の方法は、ヘッドトラッキングなど身体的な入力を可能とするため比較的方角認識はしやすいが、高価な専用のデバイスを用意する必要がある。近年ではスマートフォンを用いた簡易で安価な HMD² も普及してきたが、加速度センサやジャイロセンサによる方向認識の精度という点において改善の余地が多くある。そこで本手法では、1) の方法と比較して



図 1. (左) 円鏡筒アナモルフォーズ (右) Anamorphicons への画像投影

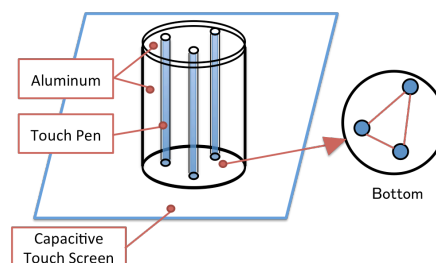


図 2. 円鏡筒内部にタッチペンを取り付け、底面に形作られるタッチパターンをタブレット PC で認識する

空間把握が安易であり、パッシブかつ安価なデバイスで実現可能なパノラマビューシステムを提案する。本手法はアナモルフォーズを利用した全周囲パノラマビューを表示するインタフェースを利用する。アナモルフォーズとは、歪んだ絵を、見る角度を変えたり鏡越しで覗いたりすることによって、本来の正しい形の絵を見るデザイン技法である。特に、円鏡筒を用いるアナモルフォーズを円鏡筒アナモルフォーズと呼ぶ。筆者らは、極座標変換された画像をマルチタッチディスプレイに表示し、その上に、底面にタッチパターンを設置した円鏡筒型のウィジェット (図 2) を置き、インタラクティブに操作可能なアナ

Copyright is held by the author(s).

* お茶の水女子大学院 人間文化創成科学研究科

¹ <https://www.google.co.jp/intl/ja/streetview/>

² <https://vr.google.com/cardboard/>

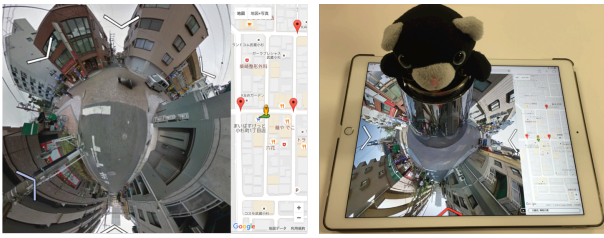


図 3. (左) システム画面構成 (右) 概観



図 4. (左) 移動不可の方向 (右) 移動可能な方向

モルフォーズ (図 1) である Anamorphicons[2] を提案した。本研究では、この Anamorphicons をパノラマ画像に適用したインタフェース構築を行う。すなわち、極座標変換されたパノラマ画像を平面ディスプレイ上に表示し、その上へ円鏡筒を置くことで円鏡筒表面へ画像を投影し、全方位の景色を閲覧できることを意味する。さらに、円鏡筒を回転させることでタンジブルな操作を実現する。

2 関連研究

パノラマビューコンテンツを閲覧・操作するための研究として、新田らは、進行方向正面に対応したパノラマ画像を連続的に切り替えることで動画のように表示するナビゲーションシステム [5] を提案した。Ishiguro らは全方向視覚センサを用い取得したパノラマ画像とその位置情報から、進行方向に対応して画像を連続的に表示するモデリング方法 [1] を提案した。富手らは、複数地点で撮影したパノラマ画像とその位置情報から任意視点の全方位画像を生成し、平面透視投影画像に変換して表示する手法 [6] を提案した。本手法はパノラマビューの閲覧だけではなく、画像と方角の対応付けを分かりやすく示すことを目的とする。安倍らは、階層構造のある場所において 2 階層のパノラマビューを同時に提示し、階層間を繋ぐ場所にアイコンを表示することで階層間の位置関係の容易な把握が可能となるシステム [4] を提案した。本手法も容易な空間把握を目的とするが、立体方向でなく平面方向を対象としている。安本らは水平配置したスマートフォン上に別のスマートフォンを垂直に設置し、その位置、方向および角度により表示する VR 空間を変化させる VISTouch[3]

を提案した。本手法はパッシブなデバイスを用い安価に実現可能な方向を目指した。

3 システム概要

本手法のコンセプトを示すため、Google Street View を Anamorphicons で閲覧・操作可能なパノラマビューシステムを構築した。本システムでは Street View のパノラマ画像をタブレット PC 上に表示し、それを Anamorphicons に投影する。そして Anamorphicons の回転により操作を行う。本システムは図 3 のように全周囲パノラマビューとマップビューの二画面構成となっている。マップビューは二次元平面の地図情報を表示するエリアであり、中央には現在位置を表す操作者のアバターであるピクトグラムが表示される。マップビュー上のピクトグラムをドラッグして任意の地点で指を離すと、ピクトグラムの現在位置に対応したパノラマビューに切り替わる。パノラマビューはマップビューの現在位置に対応した極座標変換後の全周囲パノラマ画像を表示する。パノラマビュー中央に Anamorphicons を置くと、実際にその場所へ円柱状の鏡を置いたかのような鏡像が Anamorphicons の側面全周囲に投影される (図 3 右)。マップビュー・パノラマビューともに常に画面上部を北としている。よって円鏡筒を北の方角 (画面上方向) から閲覧すれば北の方角のパノラマビューが、東の方角 (画面右方向) から閲覧すれば東の方角のパノラマビューが閲覧可能となる。ユーザ自身が筒の任意の方向へ回り込む、もしくはタブレット PC を回転させることで、任意の方角のパノラマビューが閲覧可能となる。

また、図 3 右のように Anamorphicons 上部には人形が設置してある。この人形の向いている方向は、進行方向と対応している。Anamorphicons を回転させると、パノラマビュー周辺部に表示されている青色の矢印が人形の正面方向へ追従し移動する。このとき、進行可能な方向を白色の矢印で表しており、その方向へ青色の矢印を合わせることで移動可能状態となる。移動可能状態になると青色の矢印は赤色に変化しユーザへ移動可能状態であることを示す。移動可能状態の際に画面をタッチすると、その方向のパノラマビューの画像へ画面が切り替わる。ユーザは人形の方向を確認するだけで、現在の進行方向を確認することが可能となる。

4 実装

本システムは HTML5 および JavaScript で実装し、マルチタッチ可能なデバイスの Web ブラウザ上で動作する。Google Maps API を用いて地図情報とその地点に対応するパノラマ画像を取得する。API から取得した Street View のパノラマ画像は、それぞれ緯度経度、固有の ID および隣接パノラマ



図 5. (左) オリジナルのパノラマ画像 (右) 極座標変換後のパノラマ画像



図 6. 予備実験で用いた比較対象用 Web サイト

画像へのリンクを持つ。各パノラマ画像のアスペクト比は 2:1 であり、360 度の水平ビューと 180 度の垂直ビューが含まれている。本システムでは、取得したパノラマ画像を WebGL により極座標変換し、画像中央を現在位置とした全周囲パノラマビューの画像 (図 5) 生成を行っている。全周囲パノラマビュー画像上の進行可能な方向を表す白色の矢印は、隣接パノラマ画像へのリンク情報に基づきオーバーレイされている。また、現在の進行方向を表す赤/青色の矢印は次の原理で動作する。Anamorphicons 底面の非対称な三角形を形作るタッチパターンにより、Anamorphicons の絶対的な角度が取得可能である。これを用い、Anamorphicons の回転角に応じて赤/青色の矢印を回転させ、現在の進行方向を示す。

5 予備実験

本手法が方角の把握に有用か否かを検証するため、実装した本手法のシステムと従来の Google Street View と比較をする予備実験を行った。

5.1 実験条件

本手法のシステム (以下 AP) と等しいサイズ比で Google Street View と Google Maps を設置した Web サイト (図 6, 以下 SV) を用意した。実験に用いるデバイスのスペック差を無くすため、AP・SV 共に iPad Pro(9.7 インチ) の Safari 上で実験を行った。AP では円鏡筒 (直径 70mm, 高さ 100mm) を用いて操作し、SV では指でのドラッグで操作する。また、AP 操作時には、回転させる/操作者が回りこむことで全周囲パノラマビューを閲覧可能なインタフェースとして被験者に明示する目的で、iPad をアナログターンテーブルの上に設置した。本実験は 4

名の被験者 (女性 4 名, 23-35 歳, 大学院生および社会人) へ参加を依頼した。

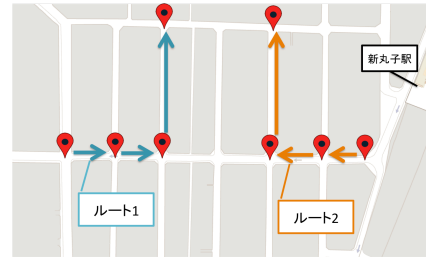


図 7. 予備実験で用いたルート。アノテーションは質問出題地点を表す

5.2 タスク実施手順

タスクの事前準備として、筆者によるシステムの操作説明後、被験者はシステムの操作練習を 3 分間以内で満足するまでの時間行った。また、後述する本タスクで用いられる質問 (表 1) と同様の出題形式で 4 つの質問/回答の練習を行った。練習の際のルートは両手法共通して JR 池袋駅東口のサンシャイン通りの一部を使用した。

以下はタスクの内容について説明する。東急東横線新丸子駅近くの商店街・住宅街の地域に、図 7 に示すような交差点及び T 字路を計 4 箇所含む全長約 200m の 2 種類のルートを設定した。なお被験者らは全員、設定した 2 種類のルートを現実世界で訪れたことはない。被験者はシステムを使用し、ブラウザ上でスタートからゴールまでのルートをたどっ

表 1. 各質問内容

質問	スクリプト
Q1	2 つ目の交差点にオレンジ色 (ルート 1)/青色 (ルート 2) の看板のお店があります。そのお店は現在地から見てどの方向にありますか。
Q2	3 つ目の交差点の北東には何色の建物がありますか。
Q3	3 つ目の交差点の南西には何色の建物がありますか。
Q4	ゴール地点の T 字路に緑色 (ルート 1)/水色 (ルート 2) の屋根のお店があります。そのお店は進行方向から見て左右どちらの方向にありますか。

表 2. 実験で用いた手法・ルートの組み合わせ

被験者	先	後
P1	ルート 1(SV)	ルート 2(AP)
P2	ルート 1(AP)	ルート 2(SV)
P3	ルート 2(SV)	ルート 1(AP)
P4	ルート 2(AP)	ルート 1(SV)

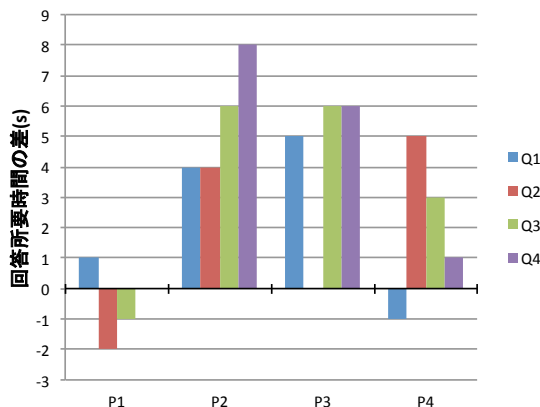


図 8. 回答所要時間の差 (SV-AP)

た、交差点及び T 字路のパノラマビューの地点へ移動した際、各地点で計 4 問の空間把握に関する質問を出題した。質問は全て口頭で行われ、筆者が質問を読み上げ終わるまで被験者にはシステムを操作しないよう指示した。被験者が回答すると、正誤は伝えず次の地点へ進んでもらうよう指示した。4 箇所目の T 字路での質問に回答し終えた時点でタスクは終了となる。この際、各質問を読み上げ終わり、被験者が操作を始めてから回答するまでの時間を回答所要時間として計測した。また本実験は被験者了承のもとビデオカメラで録画した。

本実験において、被験者ごとの方向認識能力やシステムへの習熟度により結果が大きく異なると予想される。よって同一被験者に 2 種類の類似ルートを与え、それぞれ AP と SV でタスクを実施した。また、両ルートともに同一商店街内のルートであり、ルートの難易度差は個人差に対し小さいと考えられる。タスクはカウンターバランスを考慮し順番・ルートの表 2 の組み合わせで行った。各システムの練習時間は各タスクの直前に設定した。また、タスク中の移動操作はパノラマビューへの入力のみで行い、マップビューの機能は使用しないよう指示した。

5.3 結果と考察

全被験者の質問正答率は 100% だった。本実験にて計測した回答所要時間の差を図 8 に示す。各バーは質問毎の SV の回答所要時間から AP の回答所要時間を減算した値を表しており、正方向へ伸びるバーは AP の方が短い時間で回答を、負の方向へ伸びるバーは SV の方が短い時間で回答を行えたことを意味する。設問計 16 問中 11 問は AP の方が所要時間が短く、SV の方が短時間であったのは 3 問 (被験者 1: Q2, Q3 及び被験者 4: Q1) のみであった。残り 2 問は差が 1 秒以下だったため差異無しとした。特に、平素よりナビゲーションアプリでの方向認識が不得手だと述べていた被験者 2 は、AP を用いることで計 22 秒と大幅な改善が見られた。被験者 1 に関し

ては、SV を用いた方が回答所要時間が計 2 秒短かった。被験者 1 は Anamorphicons に投影される画像が小さく視認しづらかったため、目的物を探すのに時間がかかったことを理由としてあげた。被験者らが操作に慣れている SV に対し、AP は新規な操作手法であり慣れが必要なインタフェースであるものの、被験者 2・3・4 において回答所要時間の改善が見られた。これは、全周囲パノラマビューが画面切り替えなく円鏡筒の全周囲に表示される本手法において、東西南北の方向認識が SV と比べ容易に行え、また、進行方向を人形の方により表す方法が被験者によく理解されたためであると考えられる。

6 まとめと今後の予定

本論文では、全周囲パノラマビューを利用したナビゲーションシステムの提案と実装を行った。また、実装した本手法のシステムを用い、Google Street View と比較する予備実験を実施した。本手法により、パノラマビューコンテンツ内の方向認識に必要とされる時間を低減させることを確認した。予備実験の際、一部の被験者からは表示面が小さく、細かいシンボルを視認しにくいと指摘を受けた。今後は大画面での使用を目的とした大型の Anamorphicons を用いる、パノラマビューの拡大縮小機能を追加するなどの対応を検討する。また、Anamorphicons の移動によるパノラマビューコンテンツ内のウォークスルー機能の実装を検討したい。

7 謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP26330219 の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] H. Ishiguro, C. K. Ng, R. Capella, and M. M. Trivedi. Omnidirectional image-based modeling: three approaches to approximated plenoptic representations. *Machine Vision and Applications*, 14(2):94–102, 2003.
- [2] C. Suga and I. Siio. Anamorphicons: An Extended Display with a Cylindrical Mirror. In *Proc. ITS'11*, pp. 242–243. ACM, 2011.
- [3] M. Yasumoto and T. Teraoka. VISTouch: Dynamic Three-dimensional Connection Between Multiple Mobile Devices. In *Proc. AH '15*, pp. 89–92, New York, NY, USA, 2015. ACM.
- [4] 西尾 信彦 安部 陽平. 指地上と地下街を含むパノラマビューでの階層関係把握手法の評価, apr 2012.
- [5] 西尾 伸彦 新田 知之. パノラマビューを連続的に表示する移動疑似体験型ナビゲーション. インタラクシオン 2011 論文集, pp. 189–192, 2011.
- [6] 横矢 直和 冨手 要. 複数の全方位画像を用いた広範囲な任意視点画像の生成. 電子情報通信学会技術研究報告. ITS, 101(625):65–70, jan 2002.

WISS2016 採録判定時のコメント

採録区分：ショート採録

判断理由：

円筒状の鏡によるアナモルフォーズを用いたパノラマビュー表示とそのタンジブルな操作の提案には新規性があると考えられます。また、デバイスをパッシブかつ安価に構成できるという特徴も有しています。被験者は少ないものの、評価実験において既存の手法よりタスク実行速度が短縮傾向にあることが示されており、パノラマビューの新たな表示・操作の1手法として評価できます。一方で、「人形の方角と進行方向が合っていない」という指摘もありますが、4ページ論文としては十分な内容であると判断され、ショート採録となりました。

レビューサマリ：

全体の構成：

本論文では、円筒鏡アナモルフォーズを用いたパノラマビュー閲覧の提案と、円筒鏡への加工による操作機構を活かした GoogleStreetView 表示・操作アプリケーションの構築・評価を行っている。タンジブルな円筒によるマップ上の方向転換と、周囲の風景の閲覧が単一デバイスで同時に行える点は新規性があると思われる。

改良に向けたコメント等：

「表示される映像の向きが直感に反するのではないか？」との指摘が共通して提示されている。これまでのパノラマビューは閲覧者を中心としてその周囲に 360 度ビューが展開されるのが主であるが、提案手法では円筒の表面に 360 度ビューが展開され、円筒を北側から覗きこんだときに北を見た時の風景が見えるという仕組みになっている。また、円筒に取り付けられた人形は地図上の進行方向を向いているが、円筒に表示される映像は逆方向に進んでいるように見える。これらの点は既存の鑑賞手法と大きく異なるため、被験者の直感に反すると予想され、実験において問題がなかったのか疑問が残る。

本論文に対する各査読者の詳しいコメントは以下のページを参照のこと：

<http://www.wiss.org/WISS2016Proceedings/oral/22.html>

***本ページは論文本体ではありません**

【Anamorphicons を用いたパノラマビューシステムの提案と実装】