

パノラマ仮想空間 PasQ における履歴共有機能の実現

渡谷 真以[†] 上田 文太^{††} 小宮山 哲^{††} 國島 丈生[†] 横田 一正[†]

[†] 岡山県立大学情報工学部 〒719-1197 岡山県総社市窪木 111

^{††} 岡山県立大学大学院 情報系工学研究科 〒719-1197 岡山県総社市窪木 111

E-mail: †{watadani,ueda,komiyama,kunishi,yokota}@c.oka-pu.ac.jp

あらまし インターネット上の仮想 3D 空間は情報発信や情報共有のために有効である。我々はパノラマ画像を用いて仮想 3D 空間を構築し利用する PasQ の研究開発を行っている。PasQ の特徴には、屋内外を区別しない空間の構築、特殊な技術を必要としない容易な構築、自然なウォークスルーなどがある。我々はこれまで空間の構築、自然なウォークスルーの実現、空間へのアノテーションの付加などを研究開発してきた。また、仮想空間の応用として、歩行の再体験や他者の案内などが考えられる。本稿では、仮想空間における行動履歴を用いることで、これらの目的を実現する履歴共有機能の実現方式について述べる。

キーワード ウォークスルー, 履歴, 仮想空間

Sharing Functions of Behavioral History for Panorama-Based Space PasQ

Mai WATADANI[†], Bunta UEDA^{††}, Satoru KOMIYAMA^{††}, Takeo KUNISHIMA[†], and Kazumasa YOKOTA[†]

[†] Okayama Prefectural University, Faculty of Computer Science and System Engineering
111, Kuboki, Soja, Okayama, 719-1197

^{††} Okayama Prefectural University, Graduate School of Systems Engineering
111, Kuboki, Soja, Okayama, 719-1197

E-mail: †{watadani,ueda,komiyama,kunishi,yokota}@c.oka-pu.ac.jp

1. はじめに

近年、インターネット上では画像を利用した仮想空間 (IBR:Image Based Rendering) の提示が普及してきている。また、セカイカメラ [1] 等のようにリアルタイム映像を利用して、実空間では表現できないような情報発信や情報共有が行われている。このような仮想空間の一つとして、仮想空間内の散策や観光案内などの疑似体験が挙げられる。我々もこれまでにパノラマ仮想空間 PasQ [2] を用いた自動案内 [3] や仮想空間の共有 [4] 等の研究を行ってきた。

他にも仮想空間の応用として、仮想空間内におけるユーザの行動履歴を利用することが考えられる。行動履歴を利用することにより、人気スポットの分析や、思い出の記録などが可能となる。例えば、思い出の記録として旅行の記録などを仮想空間の行動履歴で記録することで、文章や単純な写真よりもリアルに、動画よりも手軽に記録し、提示することが可能である。また、行動履歴をそのまま再現することで自動案内を行うことも可能である。ただし、履歴記録中に操作を誤った場合や注目箇

所がわかりにくい場合など、履歴を単に再生するのみでは案内として不適切である。そこで記録した履歴の編集や演出の付加を行うことにより、詳細な案内が可能となる。

更に行動履歴の利用方法として、観光地における名所紹介が考えられる。これは仮想空間を用いた観光の疑似体験の中から、名所等の人気スポットを抜き出し連結することで可能である。この他にも異なる季節の空間の見所を繋ぎ合わせたり、テロップなどを付与することで様々な紹介が可能となる。我々は、このような履歴に対して編集や演出の付加を行ったものを以下シナリオと呼び、行動履歴の再利用を目指している。

しかし、既存の研究では応用として挙げたような機能を全て満たすものは見られない。そこで本稿では前述した機能の基盤となる、ユーザの行動履歴の利用とその実現について述べる。また、前述したようなシナリオの利用が考えられるが、今回議論するのは、最も容易な編集を行わないシナリオである。

2. 関連研究

仮想 3D 空間の 1 つに Google Street View [5] が挙げられる。

Street View では空間を立体的に体験し、散策することが可能である。しかしながら空間は線的に構築されているため、歩行者の細かな移動を再現できない。また、写真投稿により、ユーザが投稿した写真を閲覧することが可能であるので、同じ空間でも季節や時間の異なる写真を閲覧することが可能である。しかし異なる時間の空間提示は行われていないため、季節限定の観光案内など季節を組み合わせた広告への利用も難しい。

また、Google Earth [6] も空間を立体的に体験、散策することが可能である。更に KML/KMZ ファイルによるツアーにより、自分の見せたい場所を紹介することや複数の場所を順に提示することも可能である。KML/KMZ ファイルとは、Google Earth における位置情報を示すファイルであり、座標や距離、方位などの情報が含まれている。しかし、このファイルは緯度経度でスポットの指定を行うため、スポット間の詳細な経路案内を行うことができない。

他にも、映像データベースを用いた仮想空間システムにおける問合せ機能とユーザインタフェース [7] と題した研究がなされている。この研究では複数のビデオストリームとハイパーメディアオブジェクトを用いて仮想空間を構築することが可能な Retrax システムを用いている。Retrax システムではビデオデータから仮想空間を構築するための問合せ言語 RSQL (Retrax SQL) を用いて、ユーザの操作を内部的に RSQL に変換し、ログとして保持することが可能である。保持された RSQL からユーザの行動パターンの分析や、歩行の再現が可能である。しかし、Retrax システムは全方位センサによる映像を用いて仮想空間を構築しているため、観光案内を行うような大規模な空間構築を行うためには複数の全方位センサが必要となる。よって、大規模な空間の構築には向かない。

また、PasQ においても自動案内 [3] が行われている。これは始点と中継点、終点を選択し、その選択に基づいて経路の生成と案内を行う方法を採用している。ただし、この経路生成は、二地点間を最短距離で求めるため、実際の経路や見たものをそのまま再現することはできない。また、障害物が存在して通れないルートなどを除外して経路生成を行うので、必ずルートが存在する保証がない。

そこで本稿では、PasQ における行動履歴を利用した履歴共有機能を提案する。履歴共有機能とはユーザの行動履歴を記録、共有し、再生する機能である。この機能は、先行研究である自動案内と異なり、履歴を用いることでユーザの行動を忠実に再現することが可能となる。

3. パノラマ仮想空間 PasQ

PasQ とは全周囲パノラマ画像を複数使用し、画像の拡大・縮小・切替などによりウォークスルーを可能とする仮想空間を構築するシステムである。パノラマ画像一枚を小空間とし、複数のパノラマ画像を繋げることにより、大規模な仮想空間を構築することが可能となる。

ユーザには図 1(a) の赤枠で示すようにパノラマ画像の一部が提示されており、画像中のパン角・チルト角を操作することで視点移動を表現している (図 1(a) の①)。また提示範囲の拡大・

縮小を行うことで前進・後退を表現することができ (図 1(a) の②)、パノラマ画像一枚を小空間としてウォークスルーすることが可能である。図 1(b) のように左右の振り向きはパン角で示され、上下の視点移動はチルト角で示される。上下左右の視点移動を行うことで、図 1(a) の赤枠が上下左右に移動し、PasQ 上に提示される。

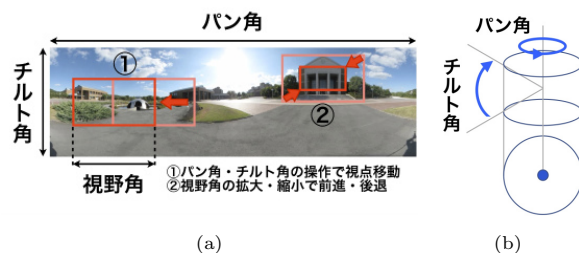


図 1 パノラマ画像が表す空間

また、パノラマ画像に位置情報を与えておくことで、ある程度まで前進や後退を行うと隣接するパノラマ画像へ切替えを行う。図 2 のように小規模な空間同士を繋げることにより、パノラマ画像の存在する範囲の仮想空間を構築することが可能となる。切替えのタイミングは視野角で判断する。視野角とは図 1(a) に示すようにパノラマ画像中の提示部分の拡大縮小によって変化する値であり、この値によって切替え判定を行う。提示部分を拡大することで前進を、縮小することで後退を表現している。また、各パノラマ画像にはパノラマ ID を与えており、切替えを行うことで提示されるパノラマ画像が変化する。



図 2 大規模な空間

PasQ の操作には前進、後退、上下左右の振り向きに加え、コンテンツの表示、コンテンツの付近への移動が用意されている。コンテンツは、表示したい位置の緯度経度を与えることにより、自動的にパノラマ画像上に表示される。そのためコンテンツは緯度経度を持つ点で図 3 のようにパノラマ画像上に表現され、クリックすることでコンテンツの詳細を別窓で表示することが可能である。



図 3 パノラマ画像上でのコンテンツ

ユーザは図 4 に示すインタフェースを利用して PasQ の操作

を行う。図4の左下部にコンテンツの一覧が表示されており、これを選択しコンテンツの付近へ移動を行うことで、コンテンツが中央に提示されるようなパノラマへの切替えが可能である。そのため、コンテンツの付近へ移動を行うと予め設定されたパン角、チルト角、視野角に変更され、コンテンツのあるパノラマIDへ切り替わる。このように仮想空間上での状態はパン角、チルト角、視野角、パノラマIDで表現することが可能である。



図4 PasQ

表1にPasQで行える操作と、対応して変化するパラメータを示す。上下左右の視点移動と前進、後退操作によってPasQ上のビューの変化が開始され、操作を止めることで変化は停止する。表1のような上下左右の視点移動と前進後退によるズーム変化及びパノラマ切替えなどを繰り返すことで自由なウォークスルーが可能である。

PasQ 上で行える操作	変化するパラメータ
右旋回	パン角
左旋回	パン角
見上げる	チルト角
見下ろす	チルト角
前進	視野角, パノラマ ID
後退	視野角, パノラマ ID
コンテンツ表示	なし
コンテンツの付近へ移動	パン角, チルト角, 視野角, パノラマ ID

表1 操作と対応するパラメータ

4. 履歴共有機能

4.1 概要

履歴共有機能とは、PasQでの行動を記録し、共有し、その記録に基づいて行動の再生を行うものである。この機能を用いることで、自由に行動履歴を記録し、忠実に再現することが可能である。また、履歴を共有することで、自身以外の行動履歴を再現することも可能である。

しかし、履歴の再生だけでは情報発信機能としては不十分であり、ガイドのような音声や説明のテロップの追加、空間中の注目箇所の強調などが必要となる。また、履歴そのままでは不要箇所が含まれることが考えられるため、履歴中の不要箇所を削除することも考えられる。そのため、再生は履歴そのままではなく、履歴に対して編集や演出の付加が行われる必要がある。

そこで、本研究では履歴に対して演出の付加や編集を行ったものをシナリオと呼び、再生はシナリオに基づいて行う。シナリオの中には履歴に対して編集を行わないものも含まれ、本稿ではシナリオが履歴そのままである場合について議論する。

4.2 履歴モデル

履歴共有機能を実現するためには行動履歴を記録する必要がある。PasQではユーザに提示するパノラマの状態は、パノラマIDや視野角等の情報で表現することが可能である。また、ウォークスルーを行うために3章で述べたような操作が用意されており、これらの情報を抽出することで行動履歴となる。歩行速度を考慮した歩行の再現を行うためには、PasQの操作と状態に加え、操作を行った時間を記録する必要がある。更に、複数の履歴を管理するために履歴IDも記録する。また、歩行を再現する為の情報の他に、履歴タイトルなどの履歴に関する情報を記録する必要がある。以下では歩行を再現するための情報を履歴：操作情報と呼び、履歴に関する情報を履歴：メタ情報と呼ぶ。

4.2.1 履歴：メタ情報

履歴：メタ情報は履歴のタイトルと検索用タグ、履歴IDで構成される。履歴のタイトルはユーザに履歴を提示する際に利用し、検索用タグは複数の履歴から履歴の検索を行う際に利用される。履歴IDは複数の履歴の中から必要な履歴の情報を取り出す際に利用する。よって、履歴：メタ情報は履歴ID、履歴タイトル、検索用タグを一つのレコードとする。

4.2.2 履歴：操作情報

履歴：操作情報は操作情報と状態情報、時刻、履歴IDから構成される。操作情報とはユーザがPasQ上から行った操作とその操作を停止した動作を指し、以下のようなものが挙げられる。

- 記録開始, 記録終了
- 右旋回, 左旋回
- 見上げる, 見下ろす
- 前進, 後退
- 動作の停止
- コンテンツ表示
- コンテンツ付近への移動

これに対し、状態情報とは上記のような操作を行った際の提示パノラマの状態を表すパラメータを指し、以下のようなものが挙げられる。

- パン
- チルト
- 視野角
- パノラマID

操作を行った時間は歩行速度を再現するために利用し、履歴IDは履歴：メタ情報と履歴：操作情報を関連付けるために利用する。よって、履歴：操作情報は履歴ID、時間、操作情報、状態情報一つのレコードとする。このレコードが複数記録されたものを以下では行動履歴として扱う。

4.3 記録手法

図5に履歴記録時のシステム全体像を示す。PasQの操作はクライアントサイドで行い、履歴の記録はサーバサイドで行う。

クライアントサイドでは Web ブラウザによって PasQ を利用することが可能であり、サーバサイドには履歴を記録するためのデータベースが用意されているものとする。

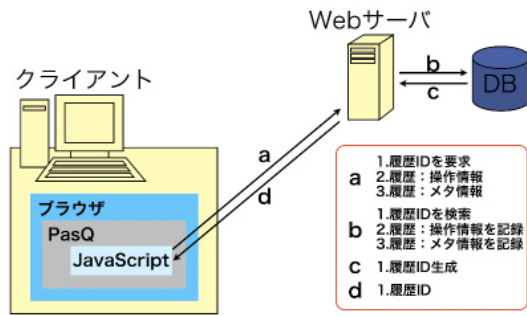


図5 履歴記録時のシステム全体像

履歴の記録を開始すると、履歴IDを要求・取得する(図5のa,b,c,d-1)。履歴IDを取得するとPasQの操作に変化がある度に履歴:操作情報を記録する(図5のa,b-2)。履歴の記録を終了する際に、履歴:メタ情報を入力、記録する(図5のa,b-3)。

履歴:操作情報は操作が変化する毎に記録を行っているため、途中で接続が終了してしまった場合や、ブラウザを閉じてしまった場合でも接続終了前までは記録することが可能である。また、履歴の削除や履歴記録中のキャンセルを行う際には、履歴IDに従って履歴:操作情報と履歴:メタ情報を削除する。

4.4 再生手法

図6に履歴再生時のシステム全体像を示す。履歴の再生はクライアントがPasQを用いてサーバサイドへ履歴を要求することで行う。クライアントサイドではWebブラウザでPasQを利用することが可能であり、サーバサイドには行動履歴が記録されたデータベースが用意されているものとする。

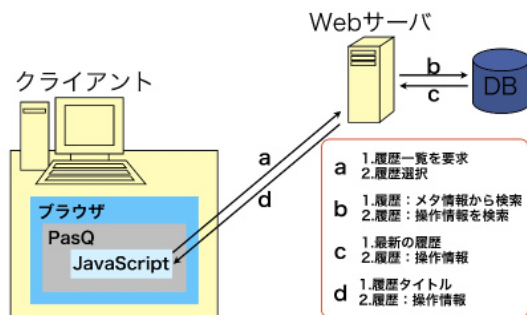


図6 履歴再生時のシステム全体像

履歴の再生を開始すると、再生する履歴の選択を行う為に履歴タイトルを要求・取得する(図6のa,b,c,d-1)。履歴の検索を行う際には、タイトル要求時にキーワードをパラメータとしてリクエストを送信するものとする。取得した履歴タイトルから再生する履歴の選択を行い、履歴:操作情報を取得する(図6のa,b,c,d-2)。取得した情報に従ってパノラマを提示することで履歴の再生が可能となる。

履歴再生は読み込んだ履歴:操作情報から操作情報と状態情報を用いて行う。操作情報から前進後退等の操作を判断し、パ

ン、チルト等の状態情報に従ってパノラマ画像の提示を行うことで、履歴の再生が可能である。ただし、状態情報のみでは歩行の速度が再現されない。そこで各操作間、あるいは操作とパノラマ切替間等の実行時間を測定し、これと状態情報に保存している時間からの間隔の比をとる。この比を実行時の変化量に反映する。つまり、記録した環境と再生環境の実行時間の比を用いて、変化量を変更することで再現速度を一致させる。一つ前の操作間の時間比を順次適用することにより収束を図る。これにより、ブラウザやマシンのスペックなどに依存しない歩行速度を考慮した歩行の再現が可能である。

5. 実装

本稿では履歴の記録から編集を行わないシナリオ再生までを実現したので、その実現手法を述べる。開発環境はphp5+apache2、データベースにMySQLを用いており、開発言語には主にJavaScriptとPHPを使用している。

5.1 履歴の管理

履歴は、履歴に関する情報を持った履歴:メタ情報と操作情報や状態情報を持った履歴:操作情報で管理する。各情報はそれぞれのスキーマに記録し、履歴IDによって関連付けられる。履歴:操作情報のレコードが複数集まり、時系列のリストとして扱うことで行動履歴を記録することが可能である。

5.1.1 履歴:メタ情報

履歴:メタ情報は記録する履歴に関する情報を保持している。履歴を提示するための履歴タイトル、検索用タグなどがこれに当たり、複数の履歴を管理するために履歴IDも記録する必要がある。よって履歴:メタ情報は履歴IDを主キーとする。以下にそのスキーマを示す。

```
CREATE TABLE history(
    hid MEDIUMINT NOT NULL AUTO_INCREMENT,
    name CHAR(50),
    tag CHAR(50),
    PRIMARY KEY (hid)
)
```

hidに履歴IDを記録し、nameに履歴タイトル、tagに検索用のタグを記録する。検索用タグは複数のものをコンマ(,)で区切って記録するものとする。

5.1.2 履歴:操作情報

履歴:操作情報は主に操作情報と状態情報から成る。これに加え、どの履歴の操作か判断するために履歴IDを記録する必要がある。そのため、履歴:操作情報は履歴IDと時間を複合キーとする。また、履歴IDは外部キーとなっており、これにより履歴:メタ情報と履歴:操作情報は関連付けられている。以下にそのスキーマを示す。

```
CREATE TABLE operations(
    hid MEDIUMINT NOT NULL,
    time BIGINT(15) NOT NULL,
    action CHAR(50),
    pan DECIMAL(17,14),
    tilt INT(11),
```

```

fov INT(11),
panoid CHAR(50),
PRIMARY KEY (hid, time),
FOREIGN KEY hid REFERENCES history(hid)
)

```

hidには履歴IDを記録し、timeには操作を行った時の時間を記録する。また、actionにはPasQ上で行った操作を記録し、pan, tilt, fov, panoidへはそれぞれパン、チルト、視野角、パノラマIDを記録する。timeは“yyyy-MM-dd HH:mm:ss SSS”のような形式で取得した情報をミリ秒に変換し、整数値で記録する。ここでyは西暦での年、Mは月、dは日を意味しており、Hは時、mは分、sは秒、Sはミリ秒を意味している。そのため、ミリ秒単位までの時間のサポートが可能である。

5.2 記録

履歴の記録を開始、終了するために図7赤枠のように記録開始ボタンと記録終了ボタンを追加した。記録開始ボタンがクリックされた後から記録終了ボタンがクリックされるまで履歴の記録を行う。記録開始が選択されると、JavaScriptのXMLHttpRequestを使用してPHPで記述されたサーバサイドスクリプトへ履歴IDを要求するリクエストを送信する。リクエストを受け取ったサーバサイドスクリプトではAUTO_INCREMENT属性により、新たな履歴IDを生成する。



図7 追加した部分

履歴IDを取得した後は、XMLHttpRequestを使用して履歴：操作情報をデータベースへ記録するためのサーバサイドスクリプトへデータを送信する。データは履歴：操作情報をパラメータとしており、PasQでの操作に変化がある度に送信する。受け取ったデータは順次operationsテーブルへ記録する。

履歴の記録を終了する際は、記録終了ボタンをクリックする。その際にJavaScriptによって履歴タイトルや検索用タグ等の履歴に関する情報の入力を促す画面を表示する。入力が完了すると、XMLHttpRequestを使用して履歴：メタ情報を記録するためのサーバサイドスクリプトへ入力内容をパラメータとしたデータを送信し、historyテーブルに記録する。

5.3 再生

a) 履歴の選択から履歴：操作情報取得まで

履歴の再生を行うために、図7青枠のように再生開始ボタンを追加した。再生開始ボタンをクリックすることで履歴再生を開始する。履歴再生が選択されると、JavaScriptでXMLHttpRequestを使用して履歴の一覧を要求するリクエストを送信する。リクエストを受けた履歴の検索を行うためのPHPスクリプトでは、リクエストを受けた時点の最新の行動履歴から履歴タイトルを提示する。今回は一覧を提示するためのスクリプトしか用意していないが、ユーザがキーワードを入力・送信

し、それを基に履歴の検索を行うPHPスクリプトを用意することで、キーワードによる履歴の提示も可能である。

取得した履歴タイトルと履歴IDの一覧を前述したサーバサイドスクリプトからXMLで出力し、レスポンスとして返す。レスポンスを受け取ったJavaScriptではXMLをパースし、履歴タイトルの一覧をユーザに提示する。ユーザが履歴の選択を行うと、JavaScript内で履歴タイトルから履歴IDを判断し、XMLHttpRequestを使用して履歴IDをパラメータとしたリクエストをサーバへ送信する。サーバでは受け取った履歴IDを基に履歴：操作情報から同IDのデータを抽出する。その際、履歴IDを基にデータの検索、XMLでの出力を行うスクリプトを利用する。JavaScriptで操作の一覧が出力されたXMLをパースすることで行動履歴を読み込む。

b) 履歴：操作情報取得後から履歴の再生まで

読み込んだ履歴：操作情報から操作を再現するには、時系列順にパノラマの提示を行う。操作情報から操作を判断し、次のレコードの状態情報に記録された状態になるまで操作を続ける。状態の判定は操作別に状態情報から行い、前進後退はパノラマIDと視野角、左右旋回はパン、上下の視点移動はチルトによって判定する。コンテンツの付近へ移動する場合はパン、チルト、視野角、パノラマIDに従ったパノラマの提示を行う。また、操作間の時差から次の操作を開始する時間を判断し、次のレコードの状態まで操作を行うことで一つの操作が完了する。これを繰り返すことで再生を実現した。

6. まとめと今後の課題

本論文では、歩行の再体験や他者の案内などの機能の基盤となる、PasQにおけるユーザの行動履歴の利用とその実現について述べた。また、行動履歴の記録、共有、再生を行う機能として履歴共有機能の提案を行い、編集を行わないシナリオの再生までを実現した。履歴の記録は記録時間が履歴の長さ依存しないようにする為、操作を行う度に履歴：操作情報を記録する手法を採用した。

今回は、最も簡易なシナリオ再生のみを実現したが、今後は実装した機能の評価を行い、履歴の編集や演出の付加などを行うシナリオについても検討、実装していく。シナリオは複数の履歴やシナリオを組み合わせることを可能とし、これにより履歴やシナリオの再利用を図る。また、シナリオの管理方法についても検討する。

文献

- [1] “Sekai Camera”, <http://sekaicamera.com/>.
- [2] 池田隼, 難波公一郎, 栗田智子, 國島丈生, 横田一正. “パノラマ画像を用いた仮想空間構築”. 日本データベース学会 Letters, Vol.5, pp.97-100, No.1, 2006.
- [3] 畠中健志, 菰口将孝, 劉渤江, 横田一正. “空間融合システムにおける自動案内機能”. DEIM フォーラム 2010 論文集, B7-3, May, 2010.
- [4] 上田文太, 渡谷真以, 濱野優輝, 劉渤江, 横田一正. “歩行履歴を用いたパノラマ仮想空間 PasQ の共有”. 平成 22 年度 電気・情報関連学会中国支部第 61 回連合大会, 情報処理-(4), 26-23, Oct.23, 2010.
- [5] “Google Street View”,

<http://maps.google.com/intl/ja/help/maps/streetview/>.

[6] “Google Earth”,

<http://www.google.co.jp/intl/ja/earth/index.html/>.

[7] 久保広樹, 何書勉, 横田裕介, 上林弥彦. “映像データベースを用いた仮想空間システムにおける問い合わせ機能とユーザインタフェース”. 第 15 回データ工学ワークショップ (DEWS2001), I-11-2, 2004.