

修士論文

地図情報と拡張現実感を用いた
位置依存情報オーサリングシステム

伊東 大輔

2006年3月10日

奈良先端科学技術大学院大学
情報科学研究科 情報システム学専攻

本論文は奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科に
修士(工学) 授与の要件として提出した修士論文である。

伊東 大輔

審査委員： 横矢 直和 教授 (主指導教員)
千原 國宏 教授 (副指導教員)
山澤 一誠 助教授 (副指導教員)

地図情報と拡張現実感を用いた 位置依存情報オーサリングシステム*

伊東 大輔

内容梗概

拡張現実感 (AR:Augmented Reality) を利用したヒューマンナビゲーションなどの位置に依存した情報提供サービスを実現する上で、ユーザに提示する位置依存情報を管理するためのオーサリングシステムの必要性が指摘されている。近年、地図や AR を用いたオーサリングを行うシステムなどの開発も盛んに行われている。しかし、2次元および3次元の地図を利用してオーサリングを行う場合、地図と現実環境の不一致などにより、必ずしも最適な位置にコンテンツを配置することができない。また、AR を利用してオーサリングを行う場合、モバイル機器を用いて操作を行うため利用可能なインタフェースに制限があり、多くのコンテンツを配置するのに時間的コストがかかるといった問題が生じる。

本論文では、地図情報を利用したフェーズとモバイル AR システムを利用した2つのフェーズを併用するオーサリングを行うことで、コンテンツの提供者が意図した提示位置・姿勢にコンテンツを効率的に配置することが可能なシステムの構築を目的とする。第1フェーズでは、通常の計算機により地図を利用して環境の大局的な俯瞰およびコンテンツのオーサリングを可能にする。第2フェーズでは、現実環境でモバイル AR システムを利用してコンテンツを提示し、実際の利用者の視点からシーンを見ながらオーサリングを行う。本論文では、提案システムを用いたユーザによるインタフェースの操作性の評価実験およびコンテンツのオーサリング実験を行い、さらに、被験者の評価結果よりシステムの有用性を示す。

* 奈良先端科学技術大学院大学 情報科学研究科 情報システム学専攻 修士論文, NAIST-IS-MT0451010, 2006年3月10日.

キーワード

オーサリング, 拡張現実感, 位置依存情報, 地図情報, ネットワーク共有データベース

Authoring System for Location-based Information Using GIS Data and Augmented Reality*

Daisuke Ito

Abstract

This paper describes an authoring system which supports authors of location-based information systems using augmented reality (AR) to manage contents stored in a networked shared database. Some authoring systems using GIS data or AR techniques have been developed. However, it is difficult for authors of GIS data based systems to arrange contents accurately at positions where the information can be easily associated with the related objects due to the differences between the maps and real environments. In AR based systems, interfaces of mobile AR systems are limited and thus the cost increases for managing many contents.

This paper proposes an authoring system which helps authors to efficiently manage contents stored in a networked shared database with two phases: GIS-based phase and AR-based phase. In GIS-based phase, authors can arrange location-based information viewing 2D or 3D maps. On the other hand, AR-based phase makes it possible to intuitively revise positions of location-based information in a real environment using AR techniques. In this paper, the effectiveness of the proposed system is shown through a number of empirical studies.

* Master's Thesis, Department of Information Systems, Graduate School of Information Science, Nara Institute of Science and Technology, NAIST-IS-MT0451010, March 10, 2006.

Keywords:

authoring, augmented reality, location-based information, GIS, networked shared database

目次

1. はじめに	1
2. 関連研究と本研究の位置付けと方針	3
2.1 拡張現実感を用いた位置依存情報提示システムに関する従来研究	3
2.2 位置依存情報のオーサリングに関する従来研究	7
2.2.1 地図情報を利用したオーサリング	7
2.2.2 拡張現実感を利用したオーサリング	9
2.3 本研究の位置付けと方針	11
3. 地図情報と拡張現実感を利用した位置依存情報のオーサリング	13
3.1 地図情報と拡張現実感を利用したオーサリングシステムの概要	13
3.1.1 位置依存情報データベースを利用する拡張現実感システム	13
3.1.2 システムの設計方針	13
3.1.3 システムの処理の流れ	15
3.1.4 システムの機器構成	15
3.2 第1フェーズ：地図情報を利用したオーサリング	20
3.2.1 処理の概要	20
3.2.2 オーサリングの手順	20
3.3 第2フェーズ：拡張現実感を利用したオーサリング	25
3.3.1 処理の概要	25
3.3.2 オーサリングの手順	25
3.4 システムの動作例	30
4. 提案システムを用いた評価実験	35
4.1 タスク内容	35
4.2 評価方法	36
4.3 評価結果	38
4.4 考察	45

5. むすび	47
謝辞	48
参考文献	49

目 次

1	現実環境への注釈情報の重畳表示例 [8]	2
2	VizWear[16] で提示される注釈情報の重畳画像の例	5
3	平城宮跡ナビ [21,22] で提示される 3 次元モデルの重畳画像の例	5
4	2 次元地図を利用したオーサリングシステムの GUI の画像例 [27]	8
5	3 次元地図を利用したオーサリングシステムの GUI の画像例 [28]	8
6	Tinmith によるオーサリングの様子 [31]	10
7	Lee らによるシステムのオーサリングの様子 [33]	10
8	Tiles によるオーサリングの様子 [34]	11
9	拡張現実感を利用する位置依存情報提示システム	14
10	提案システムのサーバ・クライアント間のデータの流れ	16
11	第 2 フェーズにおける屋内環境での機器構成	17
12	第 2 フェーズにおける屋外環境での機器構成	17
13	赤外線発信器	18
14	2 次元地図を利用した第 1 フェーズの GUI の画像例	21
15	コンテンツの追加・修正・削除に利用する GUI の画像例	22
16	3 次元地図を利用した第 1 フェーズの GUI の画像例	22
17	第 1 フェーズにおけるコンテンツ追加時のサーバ・クライアント間 のデータの流れ	23
18	第 2 フェーズの GUI の画像例	26
19	ユーザの外観	26
20	撮影画像にコンテンツを重畳表示した例	27
21	第 2 フェーズにおけるコンテンツ修正時のサーバ・クライアント間 のデータの流れ	27
22	第 2 フェーズにおけるコンテンツの提示位置の修正方法	29
23	第 1 フェーズでの案内板の配置例	31
24	第 1 フェーズ後のコンテンツの位置・姿勢のずれ	31
25	第 2 フェーズでの位置修正後のコンテンツの様子	32
26	第 2 フェーズでの姿勢修正後のコンテンツの様子	32

27	第1フェーズでの注釈情報の配置例	33
28	現実環境での注釈情報の提示位置	33
29	第2フェーズでの位置修正後の注釈情報の様子	34
30	第2フェーズ終了後, 第1フェーズでの注釈情報の様子	34
31	実験環境の地図	36
32	9種類の仮想の看板	37
33	第1フェーズにおいて被験者に提示する画像の例	37
34	アンケート用紙(1)	39
35	アンケート用紙(2)	40
36	第1フェーズの評価結果	41
37	被験者によるオーサリングの例	41
38	第2フェーズの評価結果	42
39	第2フェーズにおける各インタフェースの操作性の評価結果	42
40	コンテンツ1個あたりのオーサリング時間のグラフ	43

表 目 次

1	コンテンツ情報テーブルの例	14
2	システム全体の機器構成	18
3	コンテンツ1個あたりのオーサリング時間(秒)	42

1. はじめに

近年，GPS等の位置情報をもとに，携帯電話やPDA・ウェアラブルコンピュータ [1, 2] 等のモバイル端末を持つユーザに対して観光案内等の位置依存情報を提示するヒューマンナビゲーションシステムが盛んに研究されている [3, 4]．さらに，拡張現実感技術 [5, 6] を利用して図1に示すように現実の建物などに対する注釈付けや3次元モデルの重畳表示を行う道案内や観光案内等のアプリケーションが開発されている [7, 8]．また，それらのシステムでユーザに提示する映像や音声，注釈情報，3次元モデル等のコンテンツをネットワーク上の共有データベースに保持し，複数のユーザに提供可能なネットワーク共有データベースに関する研究も行われている [9, 10]．このような背景のもとで位置に依存したコンテンツをユーザに提示するシステムやネットワーク共有データベースの研究とともに，地図や拡張現実感を利用してコンテンツのオーサリングを行うシステムの開発も行われている [11, 12, 13]．なお，本論文で述べるオーサリングとは，注釈情報や3次元モデル等の拡張現実感で提示可能なコンテンツと提示位置・姿勢情報の関連付けや，既に関連付けられているコンテンツに対して提示位置・姿勢情報の修正や削除を行う操作を意味する．

従来，地図情報や拡張現実感を利用したオーサリングシステムが開発されてきている．しかし，地図を用いてコンテンツのオーサリングを行う場合，効率的にコンテンツの配置が可能であるが，地図と現実環境との不一致などにより，システムの利用者であるオーサの意図した提示位置と実際の提示位置にずれが生じたり，樹木のような地図にないオブジェクトによる遮蔽が生じる場合がある．そのため，必ずしもユーザに対してオーサの意図した見せ方でコンテンツを提示することができない．一方，広域環境において拡張現実感を用いてオーサリングを行う場合，直感的にコンテンツの配置が可能である反面，多くのコンテンツを配置するには時間や手間がかかるといった問題がある．そこで本論文では，地図情報を利用したオーサリングとモバイル拡張現実感システムを利用したオーサリングを併用することで，効率的に制作者の意図した提示位置・姿勢で情報提示が可能なオーサリングシステムについて述べる．なお，本システムで扱うコンテンツは，拡張現実感で提示可能な注釈情報と3次元モデルである．地図情報を利用したオーサリ

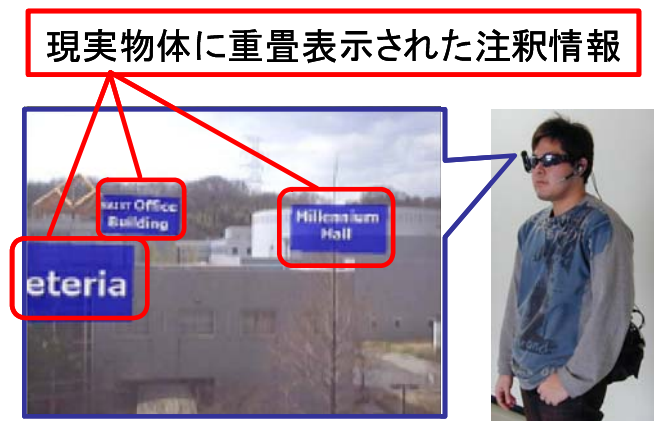


図 1 現実環境への注釈情報の重畳表示例 [8]

ングフェーズでは、通常の PC を利用するためキーボードやマウスによる操作が可能であり、環境の大局的な俯瞰および広域環境への多数のコンテンツの追加・修正・削除が可能である。モバイル拡張現実感システムを利用したオーサリングフェーズでは、拡張現実感を利用して提示されるコンテンツを見ながらコンテンツの位置・姿勢を確認することで、現実環境と地図との不一致による提示位置・姿勢のずれや、樹木等の地図にはないオブジェクトによる遮蔽に対応することが可能である。

以下、2 章では、拡張現実感を利用した位置依存情報提示システムとオーサリングシステムの従来研究を概観し、本研究の位置付けと方針を述べる。3 章では、提案する地図情報と拡張現実感を利用したオーサリングシステムについて詳述する。4 章では、提案システムを用いた被験者によるインタフェースの評価実験およびシステムの評価実験について述べ、システムの有用性について考察する。最後に 5 章で、本論文のまとめと今後の課題について述べる。

2. 関連研究と本研究の位置付けと方針

本章では、本研究に関連する従来研究と本研究の位置付けと方針について述べる。2.1 節では、拡張現実感を用いた位置依存情報提示システムに関する従来研究について、2.2 節では、地図や拡張現実感を利用したオーサリングシステムに関する従来研究について概観する。最後に、2.3 節では、本研究の位置付けと方針について述べる。

2.1 拡張現実感を用いた位置依存情報提示システムに関する従来研究

本節では、拡張現実感を利用した位置依存型情報の提示を行うシステムに関する従来研究について述べる。拡張現実感を用いた位置依存情報提示システムは、ユーザが装着した GPS 等のセンサまたは画像処理によりユーザの位置・姿勢を計測し、拡張現実感技術で重畳表示される注釈情報や 3 次元モデル等のコンテンツをユーザに提示する。

- MARS[14, 15]

Höllerer らにより提案された MARS[14, 15] は、ウェアラブルコンピュータを装着したユーザに対して拡張現実感を利用して注釈情報を提示しコロンビア大学のキャンパス内のナビゲーションを行う。MARS では、ユーザの位置の計測にリアルタイムキネマティック GPS を利用している。

- VizWear[16]・Weavy [17]

蔵田らは、図 2 のようにユーザへのメッセージが注釈情報として提示されるといった、位置に応じた情報を現実環境の映像に付加して提示するウェアラブル拡張現実感システム VizWear[16] を開発した。本システムでは、環境中の複数地点で撮影したパノラマ画像をあらかじめシステムが保持しておき、それらのパノラマ画像とユーザの視点付近に取り付けられたカメラで獲得した映像とのマッチングによりユーザの位置を推定する。さらに、興相ら

は、VizWear で用いるパノラマ画像とのマッチングに歩数計測を組み合わせることでユーザの位置をより高精度に計測することが可能な Weavy[17] を提案した。

- ARISE[8]

天目らは、注釈提示システム ARISE[8] を提案した。ARISE では、環境埋込み型センサと歩数計測を利用してユーザの位置を計測する。RFID タグと赤外線センサの 2 つの環境埋込み型センサを組み合わせることによって、屋内だけでなく屋外での利用も可能である。

- ARCHEOGUIDE[18, 19, 20]

Vlahakis らは、拡張現実感を利用して古代ギリシア時代の遺跡に当時の建物の 3 次元モデルを重畳表示するウェアラブル観光案内システム ARCHEOGUIDE[18, 19, 20] を開発した。ARCHEOGUIDE では、ユーザ位置の計測にディファレンシャル GPS を利用している。

- 平城宮跡ナビ [21, 22]

天目らは、ユーザの位置に応じた観光案内情報をネットワークを介して取得し、携帯電話や PDA・ウェアラブルコンピュータ等のモバイル端末を持ったユーザに対して情報を提示する観光案内システム「平城宮跡ナビ」[21, 22] を提案している。図 3 に示すように「平城宮跡ナビ」では歴史上の建築物の 3 次元モデルをユーザに提示することが可能である。本システムでは、ユーザ位置の計測には GPS を利用し、3 次元モデルなどの精度の高い位置の計測が必要とされるコンテンツを提示する際に RFID タグを利用する。

- ARQuake[23, 24]

Thomas らは、屋内と屋外環境の両方で利用可能なアミューズメントを目的としたウェアラブル型拡張現実感システム ARQuake[23, 24] を提案している。ARQuake は、屋外環境ではディファレンシャル GPS を用いてユーザの位置を計測し、屋内環境では画像マーカを利用してユーザの位置を計測し、ユーザの周辺に 3 次元モデルで作成された仮想のモンスターを提示する。



図 2 VizWear[16] で提示される注釈情報の重畳画像の例

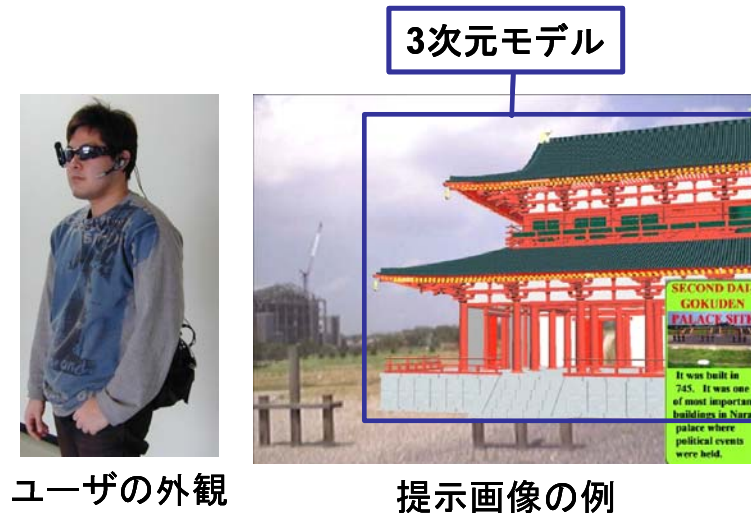


図 3 平城宮跡ナビ [21,22] で提示される 3 次元モデルの重畳画像の例

以上のように、観光案内やエンターテイメントなどの分野において、注釈情報や3次元モデルなどの位置依存型コンテンツを拡張現実感により提示するシステムの開発が盛んに行われている。このようなシステムの発展とともに、コンテンツと提示する位置・姿勢情報との関連付けを行う必要がある。注釈情報の場合、ユーザに対して正対して提示するため位置情報のみを関連付ける必要があり、3次元モデルの場合、位置・姿勢両方の情報と関連付ける必要がある。このように、コンテンツの性質に合わせて位置・姿勢情報と関連付けを行う必要がある。次節では、注釈情報や3次元モデルと提示する位置・姿勢情報の関連付けを行うオーサリングに関する従来研究について述べる。

2.2 位置依存情報のオーサリングに関する従来研究

従来の位置依存情報のオーサリングを行うシステムは、地図情報を利用したものと拡張現実感を利用したものの2つに分類される。本節では、地図情報を利用したオーサリングと拡張現実感を利用したオーサリングの従来研究についてそれぞれ述べる。

2.2.1 地図情報を利用したオーサリング

広域環境に多くのコンテンツのオーサリングを行う場合、2次元地図や3次元地図を用いることで効率的にコンテンツを追加・修正・削除することが可能である [25, 26]。牧田らは、2次元地図を利用して注釈情報のオーサリングを行うシステムを提案した [27]。牧田らのシステムでは、図4に示すように注釈情報の追加・更新・削除をウェブブラウザ上に表示された2次元地図を利用して行う。なお、提示位置の決定はマウスを用いて地図上のコンテンツの提示位置を指定して行う。また、注釈情報の文字をキーボードで入力することが可能である。一方、Güvenらは、図5に示すように3次元地図を利用して、映像や音声、拡張現実感コンテンツのオーサリングを行うシステムを提案した [28]。本システムは、コロンビア大学の3次元モデルを地図として利用し、学内のナビゲーションのための注釈情報や大学の歴史を提示する映像や音声コンテンツを、マウス操作により地図上の配置する位置を指定することで配置することが可能である。これらの例に見られるように、2次元や3次元地図を用いてコンテンツと位置・姿勢情報を関連付ける場合、通常のデスクトップPCやノートPCを用い、キーボードやマウスなどで操作可能であるため、多くのデータを効率的に取り扱うことが可能である。

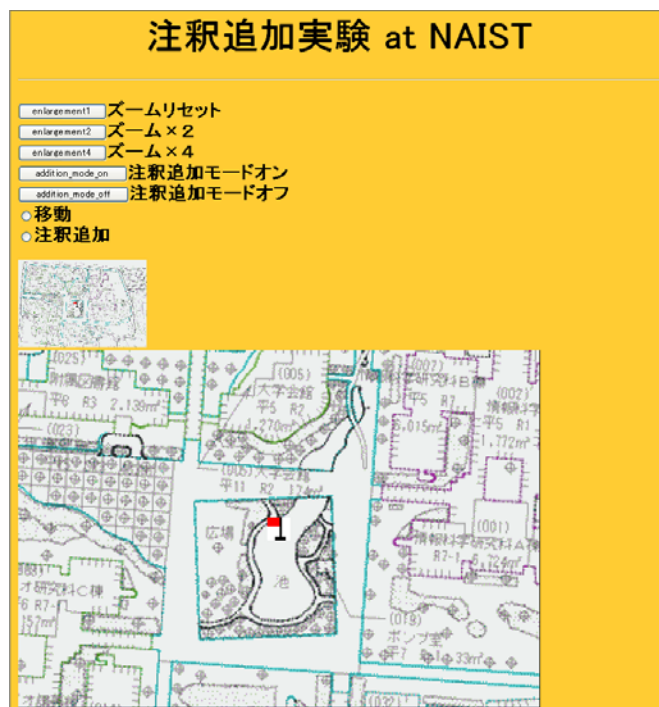


図 4 2次元地図を利用したオーサリングシステムの GUI の画像例 [27]

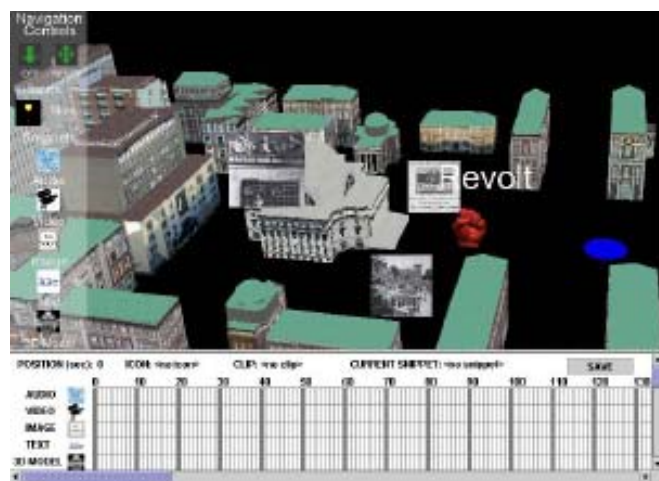


図 5 3次元地図を利用したオーサリングシステムの GUI の画像例 [28]

2.2.2 拡張現実感を利用したオーサリング

拡張現実感を利用したオーサリングシステムでは，一般の利用者が見る拡張現実感シーンをコンテンツの提供者であるオーサが見ながらコンテンツのオーサリングができるため，より直感的なコンテンツの配置が可能である [29, 30] . Piekarski らが提案した Tinmith[31] は，GPS を利用してユーザの視点付近に装着したカメラの絶対位置を計測し，また図 6 に示すようにユーザの指に装着した画像マーカ [32] からカメラと指との相対位置の計測を行う．これにより，ユーザの指の絶対位置計測および指の動作検出を行い，ジェスチャを利用して現実環境中において仮想物体と提示位置情報の関連付けを行うことが可能である．また，Lee らは図 7 に示すように現実環境中に配置された複数の画像マーカを位置情報に利用し仮想物体の選択や消去を行う機能を持たせ，ユーザが画像マーカが取り付けられたペンを利用して仮想物体の選択や移動，消去を行うアプリケーションを開発した [33] . Poupyrev らが提案している Tiles[34] では，現実環境中に配置した各画像マーカを利用して，図 8 に示すようにヘッドマウントディスプレイを装着した複数のユーザが協調して仮想物体の配置を行う．さらに，AMIRE[35, 36] のように仮想物体のオーサリングシステムの構築のためのフレームワークの提供も行われている．しかし，拡張現実感を利用した位置依存コンテンツのオーサリングでは，モバイル機器を用いて操作を行うためインタフェースの制限で広域環境に多数のコンテンツを配置するのには不向きである．



図 6 Tinmith によるオーサリングの様子 [31]

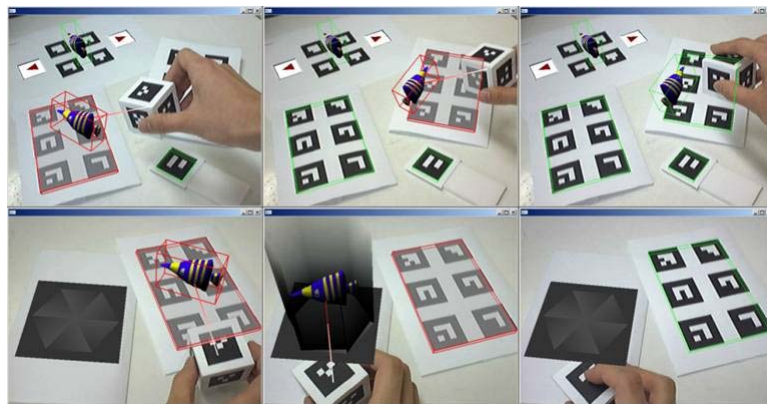
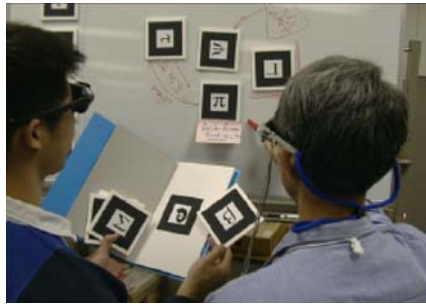


図 7 Lee らによるシステムのオーサリングの様子 [33]



ユーザの外観



ユーザへの提示画像の例

図 8 Tiles によるオーサリングの様子 [34]

2.3 本研究の位置付けと方針

前節までに概観したようにユーザの位置に依存して注釈情報や 3 次元モデルなどのコンテンツを拡張現実感を利用して提示するシステムの研究と共に，コンテンツと提示する位置・姿勢情報の関連付けを行うためのオーサリングシステムも多く開発されている．しかし，これまでは地図または拡張現実感のどちらかのみを利用したオーサリングシステムしか開発されていない．拡張現実感のみを利用したオーサリングシステムでは，現実環境に合わせてコンテンツを配置することが可能ではあるが，広範囲の環境において多くのコンテンツを配置する場合には利用可能なインタフェースの制限により時間的コストがかかる．一方，地図を利用したオーサリングシステムでは，キーボードやマウスなどの一般的なインタフェースの利用が可能であるため，広範囲の環境に多くのコンテンツを配置するには適しているが，地図と現実感環境との不一致によるコンテンツの提示位置・姿勢のずれや，地図にはないオブジェクトによる隠蔽といった問題がある．

そこで，本論文では，地図情報による効率的なコンテンツのオーサリングと現実環境における拡張現実感によるコンテンツの提示を利用したオーサリングを併用したオーサリングシステムを提案する．地図情報を利用したオーサリングでは，2次元・3次元地図を利用して環境の大局的な俯瞰および，広範囲の環境に多くのコンテンツを追加・修正・削除することを可能にする．拡張現実感を利用した

オーサリングでは、コンテンツの位置・姿勢を実際に拡張現実感を利用して表示されたシーンを現地で確認し、位置・姿勢の微調整を行うことで、実環境と地図との不一致による提示位置・姿勢のずれや、地図にはないオブジェクトによる遮蔽といった問題に対応することが可能である。地図情報と拡張現実感を組み合わせることで、オーサの意図した位置・姿勢でコンテンツのオーサリングを行うことが可能である。

3. 地図情報と拡張現実感を利用した位置依存情報のオーサリング

本章では，地図情報による効率的なコンテンツのオーサリングと拡張現実感によるコンテンツの提示を利用したオーサリングを併用した位置依存情報のオーサリングシステムについて述べる．3.1 節では，提案するオーサリングシステムの概要について，3.2 節および 3.3 節では，地図情報を利用したフェーズと拡張現実感を利用したフェーズの概要および手順についてそれぞれ述べる．最後に，3.4 節においてシステムの動作例を述べる．

3.1 地図情報と拡張現実感を利用したオーサリングシステムの概要

3.1.1 位置依存情報データベースを利用する拡張現実感システム

本論文において，位置依存情報データベースを利用する拡張現実感システムとは，ネットワークを介して観光案内等の位置依存コンテンツを取得し，拡張現実感を利用してユーザに提示するシステムとする．図 9 に想定する拡張現実感システムの概要を示す．本研究で想定する拡張現実感システムは，サーバ・クライアント型システムである．サーバは，拡張現実感で提示可能な注釈情報や 3 次元モデルを提示位置・姿勢情報と関連付けて管理するネットワーク共有データベースを保持する．表 1 にデータベース内のコンテンツ情報テーブルの例を示す．また，クライアントは，自己位置・姿勢の計測と無線ネットワーク利用が可能であり，サーバから無線ネットワークを介してユーザの現在位置に応じたコンテンツを取得し，ユーザに提示する．クライアント端末には，ウェアラブルコンピュータやタブレット PC を利用する．

3.1.2 システムの設計方針

提案するオーサリングシステムは，地図情報を加えた前述のサーバとオーサが利用するクライアントからなるサーバ・クライアント型システムである．オーサ

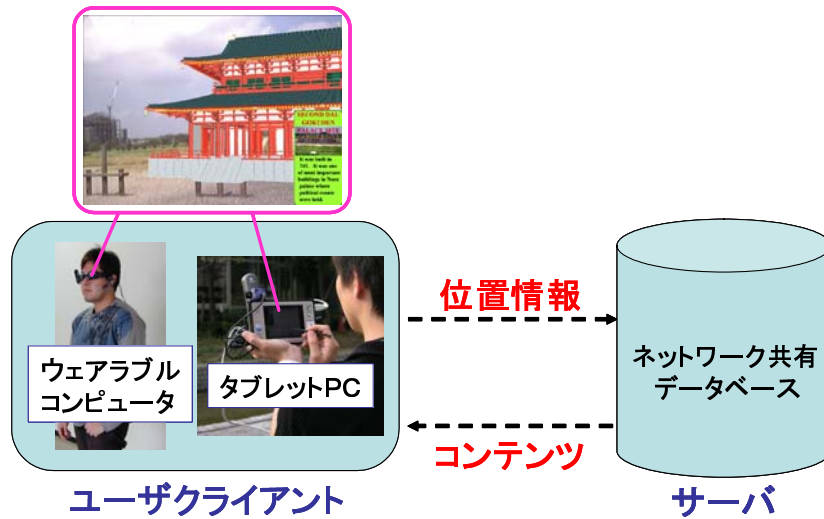


図 9 拡張現実感を利用する位置依存情報提示システム

表 1 コンテンツ情報テーブルの例

コンテンツファイル名	提示する位置	コンテンツの姿勢
MODEL1	(x1,y1,z1)	(yaw1,pitch1,roll1)
MODEL2	(x2,y2,z2)	(yaw2,pitch2,roll2)
ANNOTATION1	(x3,y3,z3)	-
ANNOTATION2	(x4,y4,z4)	-
:	:	:

は、以下に示す2つのフェーズを切り換えながらオーサリングを行う。(1) 地図情報を利用したオーサリングフェーズでは、環境の大局的な俯瞰および簡単な操作による多数のコンテンツの追加・修正・削除を行い、(2) 拡張現実感を利用したオーサリングフェーズでは、現実環境と地図との不一致による提示位置・姿勢のずれや、樹木等の地図にはないオブジェクトによる遮蔽に対応する。上記の(1)および(2)の2つのフェーズを組み合わせることで、効率的かつオーサの意図した正しい位置・姿勢でコンテンツを配置することが可能となる。なお、第2フェーズでオーサが用いるクライアント機器は、自己位置・姿勢の計測、カメラによる現実環境の撮影および無線ネットワークによるサーバとの通信を行う。通常、オー

サが用いるオーサクライアントは，一般ユーザが用いるユーザクライアントより高精度に位置・姿勢計測が可能であり，ユーザに提示するコンテンツを十分な精度で配置できる．

3.1.3 システムの処理の流れ

提案するシステムでは，オーサは前述のように地図情報を利用した第1フェーズと拡張現実感を利用した第2フェーズを切り換えながらオーサリングを行う．図10に各クライアントとサーバとのデータの流れを示す．第1フェーズでは，クライアントはサーバから地図情報と地図中に配置されたデータベース内のコンテンツの位置・姿勢情報を取得する．クライアントは地図情報とデータベース情報を提示し，オーサによりコンテンツの追加・修正・削除が行われると，サーバ上のデータベースに反映し，新たに配置されたコンテンツをサーバに送信する．第2フェーズにおいて，クライアントはサーバよりオーサ周辺の環境の地図情報と地図内に配置されたコンテンツを位置姿勢情報とともに取得する．オーサによりコンテンツの提示位置姿勢は，オーサにより修正された後，サーバ内のデータベースに反映される．

3.1.4 システムの機器構成

図11，図12に第2フェーズにおける屋内，屋外環境でのシステムの機器構成をそれぞれ示す．表2にシステム全体の機器構成を示す．以下に，第2フェーズで用いた計算機と3つのセンサの詳細について述べる．なお，サーバ・クライアント間の通信はTCP/IPプロトコルにより行う．

- 計算機(Sony: Vaio typeU VGN-U71P, CPU Pentium M 1.1GHz, 512Mbyte memory)：各センサから得られるデータをもとにサーバからコンテンツを取得し，オーサに提示する画像の生成を行う．
- カメラ(logitech: Qcam For Notebooks Pro QV-700)：計算機のディスプレイ面の法線方向と，カメラの光軸方向が一致するように装着する．縦480画

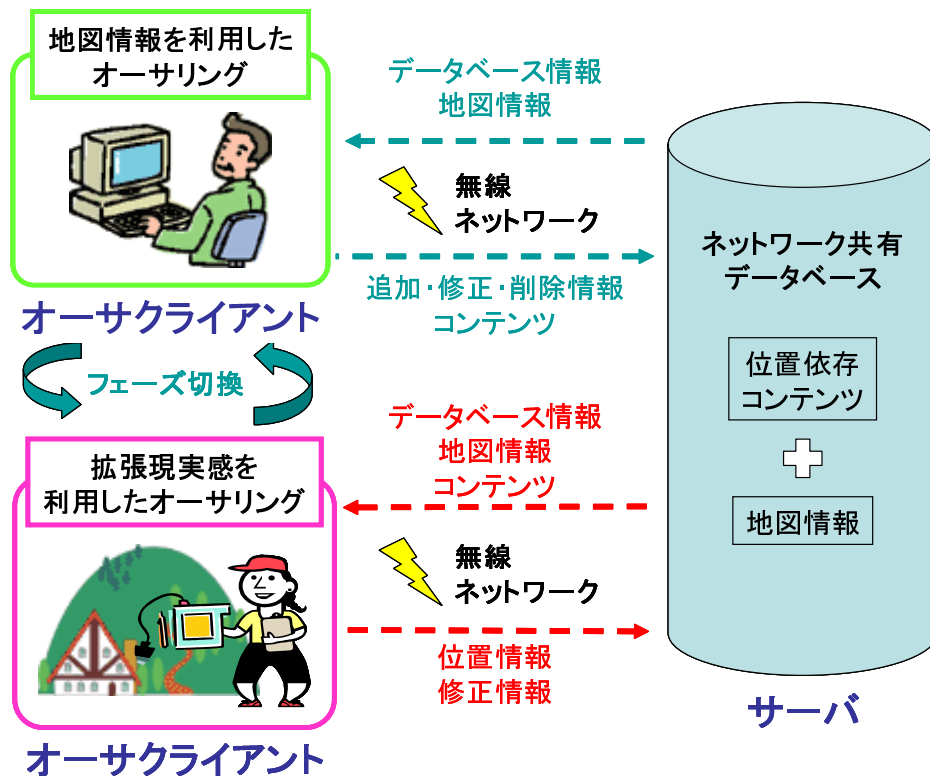


図 10 提案システムのサーバ・クライアント間のデータの流れ

素，横 640 画素の RGB 各 8 ビットのカラー画像を 30 フレーム毎秒で取得する．

- 位置センサ

[屋内：赤外線受信器・発信器 (MI Systems: オリジナル)]

図 13 のように発信器が天井に取り付けられ発信器からの信号の届く範囲内に入ると，ユーザの位置を特定することができる．発信器は案内板の前や分岐点などに設置し，各発信器は位置を表すビーコンを常時発している．

[屋外：GPS(GARMIN: eTrex)]

毎秒 1 回，数メートルの誤差で緯度・経度の計測が可能である．



図 11 第 2 フェーズにおける屋内環境での機器構成

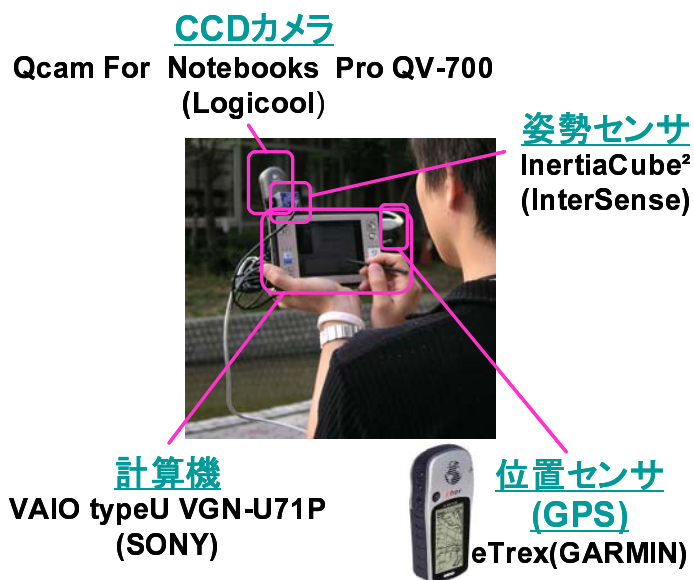


図 12 第 2 フェーズにおける屋外環境での機器構成

表 2 システム全体の機器構成

サーバ		
PC	Inspiron 1100 (Dell)	
	CPU	Celeron 2.0GHz
	メモリ	512Mbyte memory
	データベース	Microsoft Access
	地図情報	NAIST 2次元・3次元地図
クライアント		
第1フェーズ		
PC	Inspiron 1100 (Dell)	
	CPU	Celeron 2.0GHz
	メモリ	512Mbyte memory
第2フェーズ		
PC	Vaio typeU VGN-U71P (Sony)	
	CPU	Pentium M 1.1GHz
	メモリ	512Mbyte memory
カメラ	Qcam For Notebooks Pro QV-700 (logitech)	
位置センサ	屋内	オリジナル (MI Systems)
	屋外	eTrex Summit (Garmin)
姿勢センサ	Inertia Cube ² (InterSense)	

赤外線発信器
オリジナル
(MI Systems)

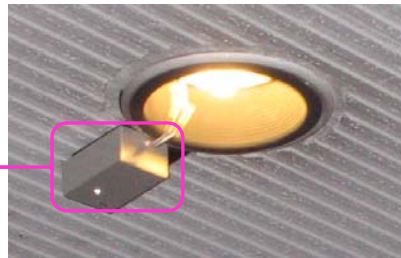


図 13 赤外線発信器

- 姿勢センサ(Intersense: inertiacube²) : カメラ付近に取り付けられ, カメラの姿勢を計測する. 姿勢センサは, 方位角 (ヨー), 傾斜角 (ピッチ, ロール) を計測可能である.

3.2 第1フェーズ：地図情報を利用したオーサリング

3.2.1 処理の概要

第1フェーズでは、ノートPCやデスクトップPC等のクライアント機器のインタフェースを操作してオーサリングを行う。図14と図15に2次元地図を用いた第1フェーズのGUIの画像例を、図16に3次元地図を用いた第1フェーズでのGUIの画像例を示す。第1フェーズには、コンテンツの配置等を行うオーサリングモードと、図16に示すように3次元地図を用いた場合、任意視点から環境を見渡し配置結果を確認することが可能なビューモードがある。それぞれのモードの切り替えは、図14の④モード選択ボタンで行う。図17にコンテンツの追加時の手順とサーバ・クライアント間のデータの流れを示す。まず、サーバよりデータベース情報・地図情報を取得し、地図が図14の①地図情報表示欄に、コンテンツの位置・姿勢情報が②データベース情報欄に、コンテンツのモデルが地図内にそれぞれ表示される。新たにコンテンツを追加する場合、図17の(1)~(4)の手順で行う。各手順の詳細は3.2.2節で述べる。コンテンツの追加・修正・削除等のオーサリングが完了後、図15の⑬データベースへの登録ボタンを押しデータベースを更新し、新たに追加されたコンテンツをサーバに送信する。

3.2.2 オーサリングの手順

以下に、オーサリングモードにおけるコンテンツの追加・修正・削除および、ビューモードでの配置したコンテンツの確認の各手順について述べる。

コンテンツの追加

(1) コンテンツの選択

図15の⑤コンテンツファイル選択ボタンを押しファイル選択ダイアログを表示し、あらかじめ用意されたコンテンツファイルの中から、追加したいコンテンツのファイルを1つ選択する。選択されたコンテンツファイルのファイル名は、図15の⑥ファイル名欄に、そのコンテンツのモデルは、図15の⑧コンテンツプ

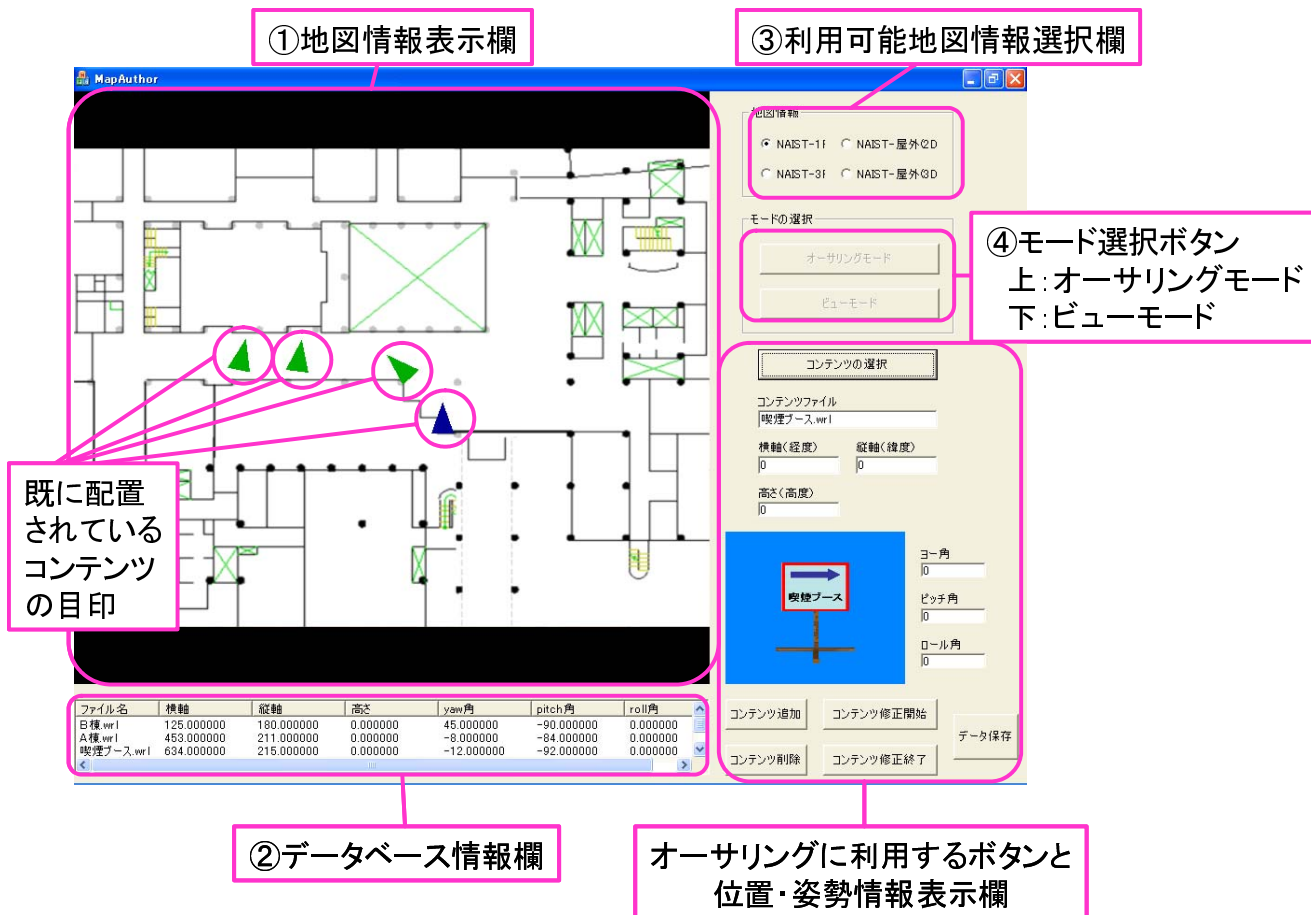


図 14 2次元地図を利用した第1フェーズのGUIの画像例



図 15 コンテンツの追加・修正・削除に利用する GUI の画像例



オーサリングモード

ビューモード

図 16 3次元地図を利用した第1フェーズの GUI の画像例

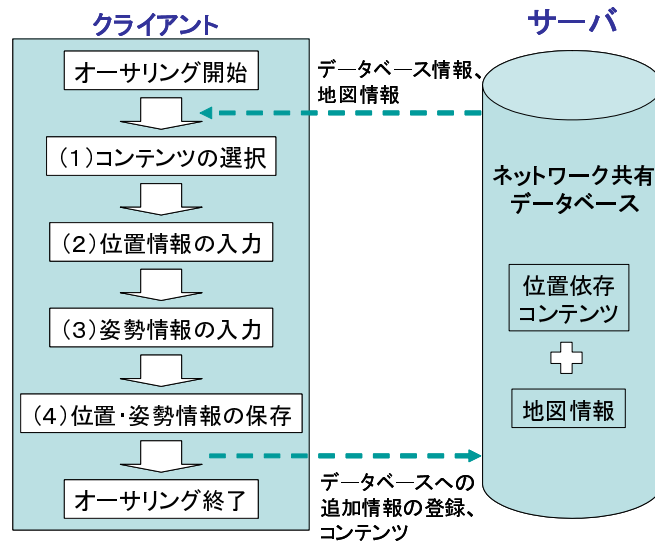


図 17 第 1 フェーズにおけるコンテンツ追加時のサーバ・クライアント間のデータの流れ

レビュー欄に表示される。

(2) 位置情報の入力

位置情報の入力は、マウス等の入力デバイスを用いて図 14 の①地図情報表示欄内の地図をクリックし 2 次元位置を指定する。指定した位置の情報は、図 15 の⑦位置情報欄に表示される。また、コンテンツを配置する高さは、図 15 の⑦の高さ欄に床面からの高さを数値として入力する。なお、位置情報欄の各数値を増減させることで位置の微調整を行うことも可能である。各数値が入力されると、3 次元地図を利用した場合は地図中の指定した位置にモデルが、2 次元地図を利用した場合は目印が表示される。

(3) 姿勢情報の入力

姿勢情報は、図 15 の⑧コンテンツプレビュー欄のモデルをマウス等の入力デバイスで回転させることで設定する。設定された姿勢情報は、図 15 の⑨姿勢情報欄に表示される。なお、姿勢情報欄の各数値を増減させることで姿勢の微調整を行うことも可能である。

(4) 位置・姿勢情報の保存

コンテンツの位置・姿勢の修正後，図 15 の⑩コンテンツ追加ボタンを押し，コンテンツファイルと位置・姿勢情報を関連付けてデータベースへ送信する．追加されたコンテンツファイル名および，位置・姿勢情報は図 14 の②データベース情報欄に反映される．

コンテンツの位置・姿勢の修正

登録されているコンテンツの提示位置・姿勢の修正は，修正したいコンテンツを図 14 の②データベース情報欄から選択し，図 15 の⑪のコンテンツ修正開始ボタンを押し．修正するコンテンツのファイル名，位置・姿勢情報およびコンテンツのモデルが各欄に提示される．以下，コンテンツの追加の手順と同様の方法で修正する情報を入力し，⑪のコンテンツ修正終了ボタンを押し，修正した情報をデータベースに反映させる．

コンテンツの削除

既にデータベースに登録されているコンテンツを削除する場合，図 14 の②データベース情報欄からコンテンツを選択し．図 15 の⑫削除ボタンを押して行う．

配置したコンテンツの確認

3次元地図が用意されている場合は，図 14 の④モード選択ボタンでビューモードに切り替えることで，図 16 のように，マウス等の入力デバイスを用いて視点を変えて，3次元地図内でのコンテンツの提示位置・姿勢を見渡して確認することが可能である．

3.3 第2フェーズ：拡張現実感を利用したオーサリング

3.3.1 処理の概要

第2フェーズでは、オーサはコンテンツが配置された環境において、拡張現実感を利用して提示されたコンテンツを見ながら、コンテンツの位置・姿勢の修正を行うことが可能である。図18に第2フェーズのGUIの例、図19にユーザの操作時の外観を示す。図18の①メインビューにはコンテンツが拡張現実感により表示された様子が、②サブビューにはオーサの現在位置付近の地図が提示される。提案システムでは、現実環境の画像を記録し、サブビュー内に表示することが可能である。別視点からの画像を撮影しておくことで、メインビュー内の現実のカメラの映像とサブビュー内の静止画像上に重畳された拡張現実感コンテンツを同時に見ながら、位置・姿勢の修正が可能である。なお、図18の⑥画像撮影ボタンを押すことで、画像が撮影され、画像と撮影位置および姿勢が記録される。図20に撮影画像を表示している例を示す。記録画像が複数枚ある場合、図18の⑦キャプチャ画像選択用プルダウンメニューから選択する。図21に提示位置・姿勢の修正の手順とサーバ・クライアント間のデータの流れを示す。オーサリング開始と同時に、オーサの位置情報より環境の地図情報と環境内に配置されているコンテンツを管理するデータベース情報、コンテンツをサーバより取得する。図21の(1)~(3)の手順でコンテンツの位置・姿勢を修正し、修正が終わると、修正情報をデータベースに反映させる。修正手順の詳細は次項で述べる。

3.3.2 オーサリングの手順

以下に、図21の提示位置・姿勢の修正手順(1)~(3)について述べる。

(1) コンテンツの選択

提示位置または姿勢の修正を行うコンテンツを図18の⑨コンテンツ選択プルダウンメニューから1つ選択する。なお、選択されたコンテンツのみが重畳表示される。

(2) 提示位置・姿勢情報の修正

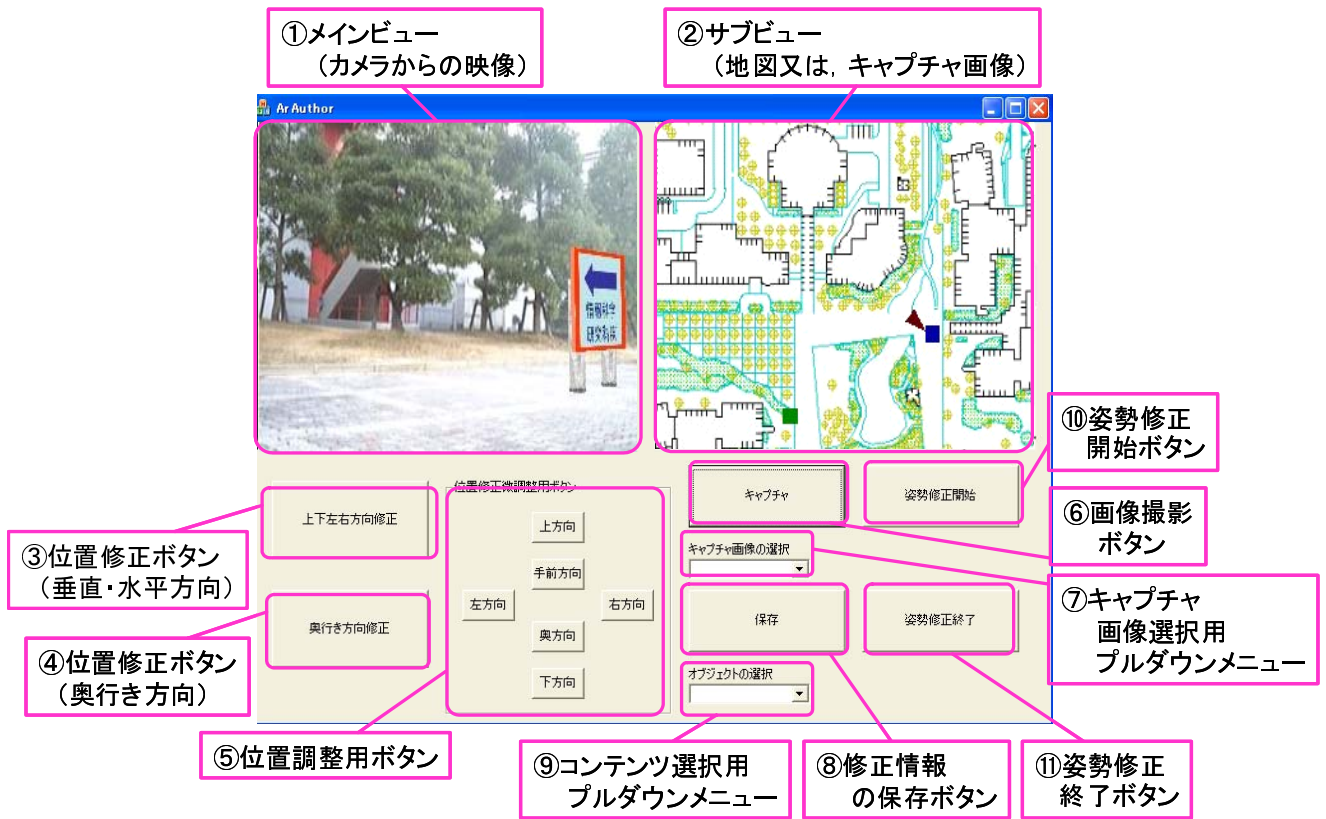


図 18 第 2 フェーズの GUI の画像例



図 19 ユーザの外観



図 20 撮影画像にコンテンツを重畳表示した例

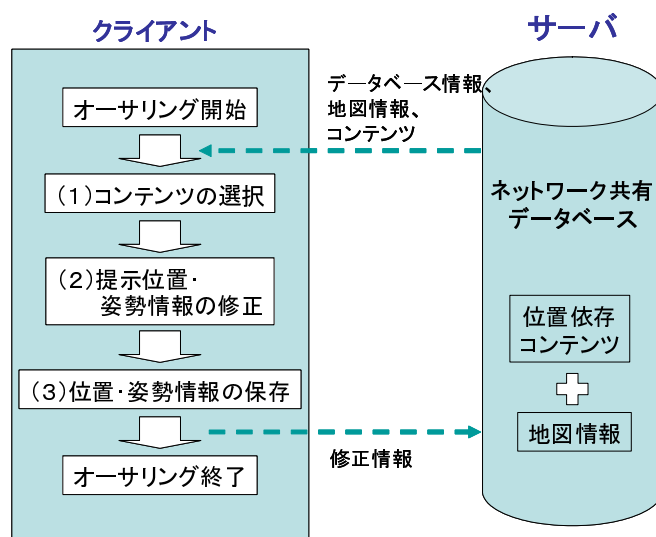


図 21 第 2 フェーズにおけるコンテンツ修正時のサーバ・クライアント間のデータの流れ

- 提示位置の修正

位置修正には、以下の姿勢センサを利用した操作とボタンによる操作があり、提案システムでは、姿勢センサを利用したセンサインタフェース、ボタン操作によるボタンインタフェースと両方を利用したハイブリッドインタフェースを作成した。各インタフェースの評価実験については4章で述べる。

[センサインタフェース]

図18の③位置修正ボタン（垂直・水平方向）または④位置修正ボタン（奥行き）を押しながら、クライアント端末の姿勢を変化させて行う。垂直・水平方向とはカメラ画像面の縦方向、横方向であり、奥行き方向とはカメラの光軸方向である。修正方法を図22に示す。図18の③位置修正ボタン（垂直・水平方向）を押しながらクライアント端末を上下に動かすことにより垂直方向に、左右に動かすことで水平方向にコンテンツの位置が変更される。コンテンツの奥行き方向への修正は、④位置修正ボタン（奥行き）を押しながら前後に傾ける。傾きの大きさに応じて、コンテンツの前後方向の速度が変化する。

[ボタンインタフェース]

垂直・水平・奥行き方向への修正に対応した図18の⑤位置調整用ボタンによりコンテンツの提示位置の修正を行う。

[ハイブリッドインタフェース]

ハイブリッドインタフェースはセンサインタフェースとボタンインタフェースの両方を有しており、センサインタフェースによる位置の修正を主に利用し、ボタンインタフェースによる修正はコンテンツの提示位置の微調整を行う際に利用することを想定している。

- 姿勢情報の修正

コンテンツの姿勢の修正は姿勢センサを用いて行う。図18の⑩姿勢修正開始ボタンを押すと、それまでカメラの姿勢を計測していた姿勢センサの計

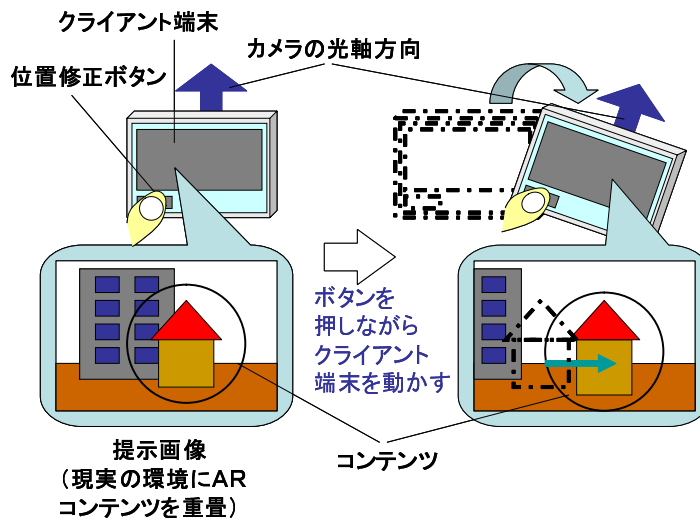


図 22 第 2 フェーズにおけるコンテンツの提示位置の修正方法

測データが、姿勢を修正したいコンテンツの姿勢に反映される。オーサは、姿勢センサを取り外し、傾けることで姿勢を調節する。オーサが図 18 の⑩姿勢修正開始ボタンを押すと、ボタンを押した時点の現実環境の画像が記録され、図 18 の①メインビューに提示される。オーサは記録された画像上に重畳されたコンテンツを見ながら、姿勢センサを動かす、コンテンツの姿勢を決定する。図 18 の⑪姿勢修正終了ボタンを押すと、コンテンツの姿勢の修正を終了する。

なお、オーサの現在位置とコンテンツの提示位置は、図 18 の②サブビュー内の地図で確認することが可能である。また、図 18 の⑥画像撮影ボタンを押す、別視点で画像と撮影時のユーザの位置・姿勢を記録しておくことで、メインビュー内の現実のカメラの映像とサブビュー内の静止画像上に重畳された拡張現実感コンテンツを同時に見ながら、位置・姿勢の修正が可能である。

(3) 位置・姿勢情報の保存

図 18 の⑧保存ボタン押し、修正後の位置・姿勢情報をデータベースに送信する。

3.4 システムの動作例

本学内の複数の建物の入口付近にそれぞれ対応する 3 次元モデルの案内板を配置することを目的とした。以下に、各フェーズの詳細について述べる。

- 第 1 フェーズ

ノート PC を用いて、あらかじめ用意されていた案内板のモデルを 3 次元地図をもとに、3.2 節で述べた手順で指定された建物の前に配置した。また、ビューモードを利用し、オーサは配置されたコンテンツの位置・姿勢の確認を行った。環境内に案内板を 1 つ配置した様子を図 23 に示す。第 1 フェーズでは、従来の地図を用いたオーサリングシステム [25, 26, 27, 28] と同様に効率的にコンテンツのオーサリングが可能である。

- 第 2 フェーズ

第 1 フェーズで既に配置されたコンテンツを現実の環境中で拡張現実感により表示し確認を行った結果、地図と現実環境の不一致により、図 24 に示すように現実の環境中では提示位置・姿勢にずれが生じた。第 2 フェーズでは、このようなコンテンツの位置・姿勢のずれの修正を行った。図 24 に示すコンテンツにおいて、3.3 節で述べた手順に基づき提示位置・姿勢の修正を行った。提示位置のみを修正した様子および提示位置・姿勢の修正後の様子をそれぞれ図 25、図 26 に示す。

また、注釈情報を図 27 のように第 1 フェーズで配置した後、現実環境で確認を行った時、図 28 に示すように地図にはない樹木に対して注釈付けされた。第 2 フェーズにおいて注釈情報の提示位置を図 29 の位置に修正することで注釈情報を正しい位置に提示することが可能であることを確認した。なお、第 2 フェーズ終了後の注釈情報を第 1 フェーズで確認した結果を図 30 に示す。

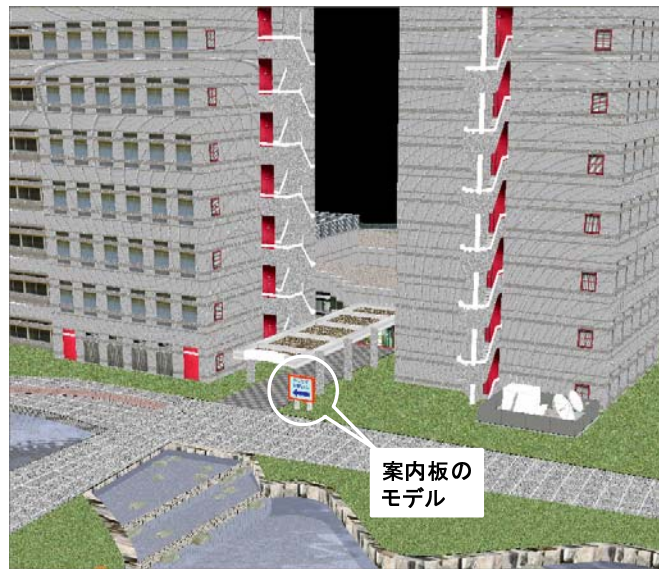


図 23 第1フェーズでの案内板の配置例

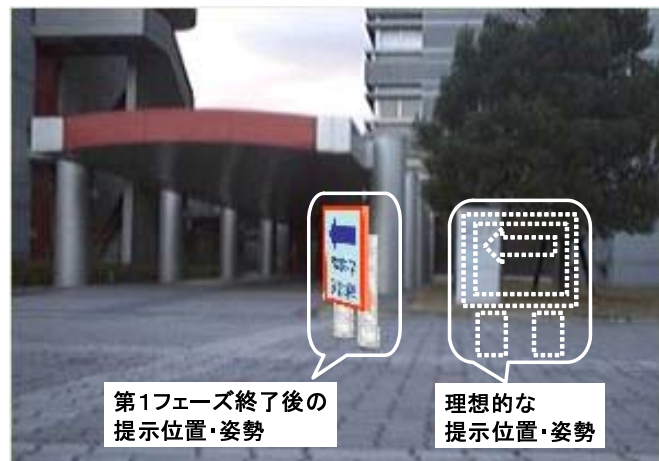


図 24 第1フェーズ後のコンテンツの位置・姿勢のずれ



図 25 第 2 フェーズでの位置修正後のコンテンツの様子



図 26 第 2 フェーズでの姿勢修正後のコンテンツの様子



図 27 第1フェーズでの注釈情報の配置例



図 28 現実環境での注釈情報の提示位置



図 29 第 2 フェーズでの位置修正後の注釈情報の様子

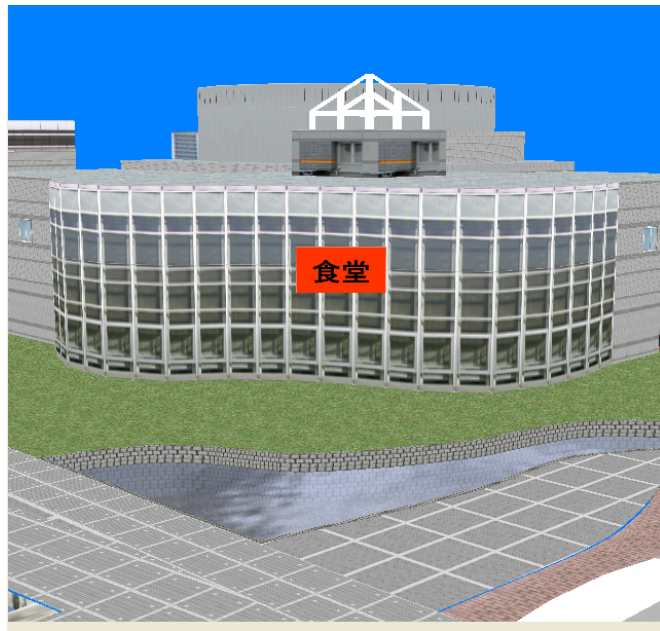


図 30 第 2 フェーズ終了後，第 1 フェーズでの注釈情報の様子

4. 提案システムを用いた評価実験

本章では、提案システムを用いた被験者による評価実験について述べる。本実験は、被験者に提案システムを用いてコンテンツのオーサリングを行ってもらい、アンケート形式の主観評価により、システムの有用性を評価する。また、第2フェーズにおいて3種類のインタフェースを用いてオーサリングを行うことで各インタフェースの操作性の評価も行う。

4.1 タスク内容

本実験のタスク内容は、9種類の仮想の看板を本システムの第1フェーズ、第2フェーズを通してオーサリングを行うことである。本実験のタスク内容を第1フェーズ、第2フェーズに分け以下にそれぞれ述べる。実験環境および実験に用いた9種類の仮想の看板を図31、図32にそれぞれ示す。

[第1フェーズ]

第1フェーズでは、図33に示すように現実環境中に仮想の看板を重畳表示した画像を被験者に提示し、被験者はその画像と被験者が有する環境の知識をもとにオーサリングを行う。

[第2フェーズ]

第2フェーズでは、第1フェーズでオーサリングを行った各看板を現実環境において確認し、提示位置・姿勢の修正を行う。現実環境中にコンテンツを提示する位置に目印をおき、その目印上に看板が一致するように位置・姿勢の修正を行う。また、3節で述べた3種類のインタフェースを用意し、各インタフェースで3個のコンテンツの提示位置の修正を行うことで、各インタフェースの操作性の評価を行う。利用した3種類のインタフェースを以下に述べる。

- 姿勢センサを利用した操作のみを有するインタフェース（センサインタフェース）
- ボタンによる操作のみを有するインタフェース（ボタンインタフェース）

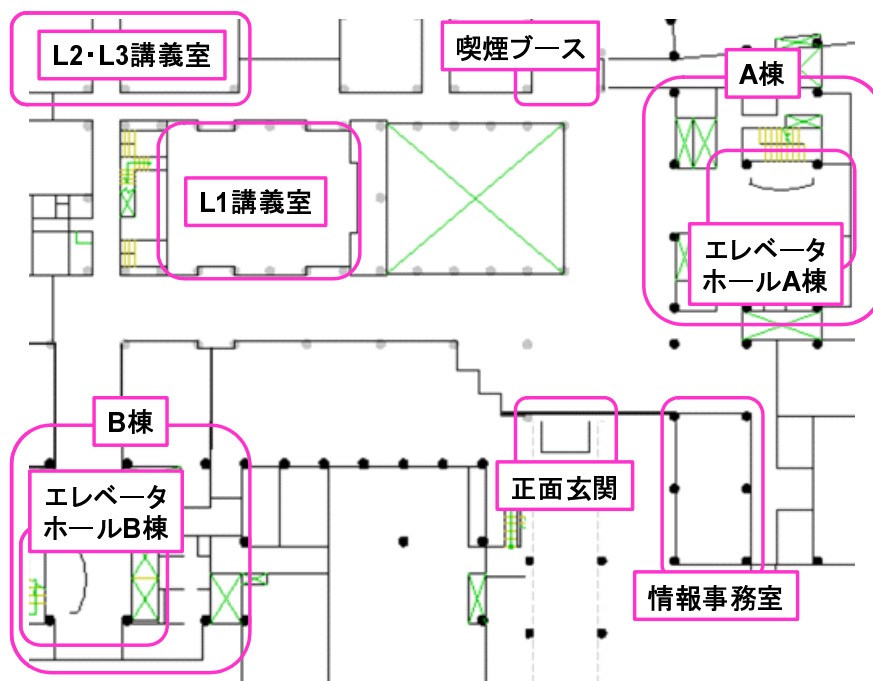


図 31 実験環境の地図

- 姿勢センサおよびボタンの両方の操作を有するインタフェース（ハイブリッドインタフェース）

4.2 評価方法

本実験では、以下の項目に関して被験者に対するアンケートによる評価を行った。また、第2フェーズにおいては3種類の異なるインタフェースの操作性の評価も行った。

- 第1フェーズ
 - (1) 第1フェーズのインタフェースの操作性に関して
 - (2) 第1フェーズの必要性に関して

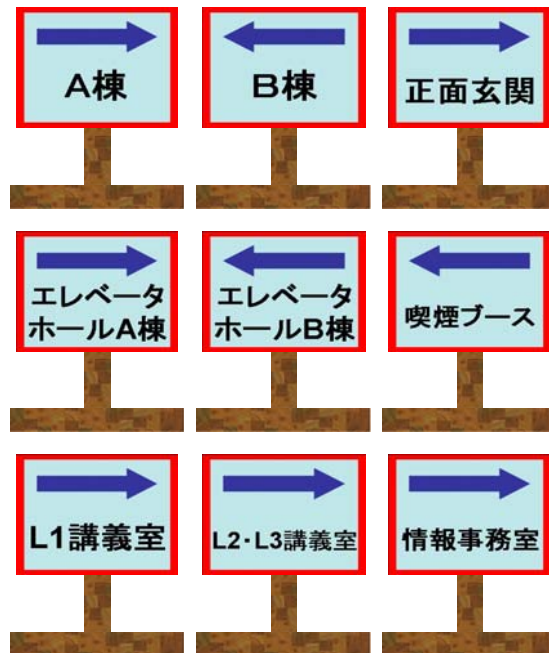


図 32 9種類の仮想の看板



図 33 第1フェーズにおいて被験者に提示する画像の例

(3) 第1フェーズ終了後，現実環境でのコンテンツの提示位置・姿勢の正しさに関して

- 第2フェーズ

(1) 第2フェーズの姿勢修正インタフェースの操作性に関して

(2) 複数視点からのコンテンツの提示機能の必要性に関して

(3) 第2フェーズの必要性に関して

- システムの有用性に関して

- 第2フェーズの位置修正インタフェースの操作性に関して

実験内容および各フェーズにおけるインタフェースの操作方法を事前に説明し，実験を行った．本実験で用いたアンケート用紙を図34，図35に示す．なお，被験者は計算機の操作に慣れ，拡張現実感技術について知識のある学生6名により行われた．

4.3 評価結果

前述の各評価項目の結果を以下に示す．第1フェーズの結果を図36に示し，被験者のコンテンツのオーサリングの例を図37に示す．第2フェーズの結果を図38に示す．各表およびグラフにおいて数値が高い方が評価は高くなっている．また，システム全体の評価は5段階評価で平均4.2点という結果が得られた．第2フェーズにおける各インタフェースの操作性の評価結果を図39に，コンテンツ1個あたりにかかるのオーサリング所要時間を表3と図40に示す．

また，被験者から得られたコメントを以下に示す．

- 第1フェーズ

(1) 第1フェーズのインタフェースの操作性に関して

－ 操作は直感的でよいが，姿勢が少しやりにくい

システム評価アンケート

氏名 ()

ご苦勞様でした。今回利用して頂いたシステムに関する以下の評価項目にお答え下さい。

なお、必ず番号に○を付けて下さい。

・ 第1フェーズ：地図情報を利用したオーサリング

項目(1) インタフェースの操作性に関して

使い易い 5 4 3 2 1 使いにくい

コメント()

項目(2) 第1フェーズの必要性に関して

必要である 5 4 3 2 1 必要でない

コメント()

項目(3) 第1フェーズ終了後、現実環境中でのコンテンツの提示位置・姿勢に関して

正しく提示されている 5 4 3 2 1 正しく提示されていない

コメント()

・ 第2フェーズ：拡張現実感を利用したオーサリング

項目(4) 各位置修正インタフェース(センサインタフェース、ボタンインタフェース、ハイブリッドインタフェース)

の操作性に関して

(4-1) センサインタフェース

使い易い 5 4 3 2 1 使いにくい

コメント()

(4-2) ボタンインタフェース

使い易い 5 4 3 2 1 使いにくい

コメント()

図 34 アンケート用紙 (1)

(4-3) ハイブリッドインタフェース

使い易い 5 4 3 2 1 にくい

コメント()

項目(5) 姿勢修正インタフェースに関して

使い易い 5 4 3 2 1 にくい

コメント()

項目(6) 複数の視点からの映像をもとに位置の変更を行う機能の必要性に関して

必要である 5 4 3 2 1 必要でない

コメント()

項目(7) 第2フェーズの必要性に関して

必要である 5 4 3 2 1 必要でない

コメント()

・ 本システムに関して

項目(8) 地図だけで配置するシステムと現地でコンテンツを個々に配置するシステムを想定し、
本システムが以上の2つのシステムより有用であると感じますか？

有用である 5 4 3 2 1 有用でない

コメント()

その他, ご意見・ご感想など

[

本日はありがとうございました.

視覚情報メディア講座 M2 伊東大輔

図 35 アンケート用紙 (2)

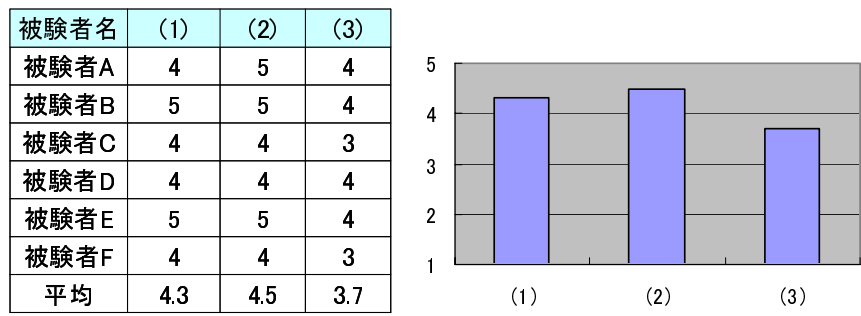


図 36 第1フェーズの評価結果

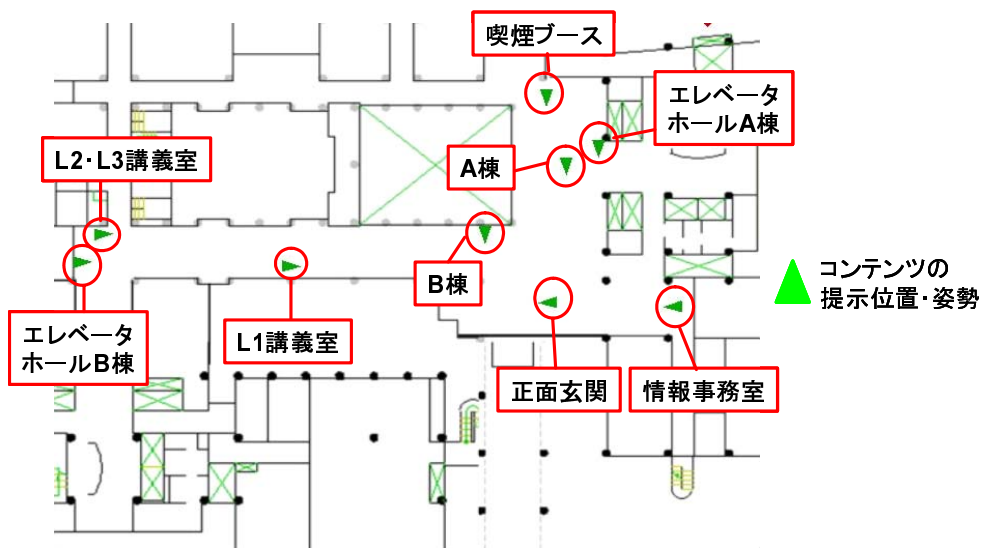


図 37 被験者によるオーサリングの例

被験者名	(1)	(2)	(3)
被験者A	3	5	5
被験者B	4	4	5
被験者C	3	5	5
被験者D	4	5	4
被験者E	5	4	5
被験者F	3	2	4
平均	3.7	4.2	4.7

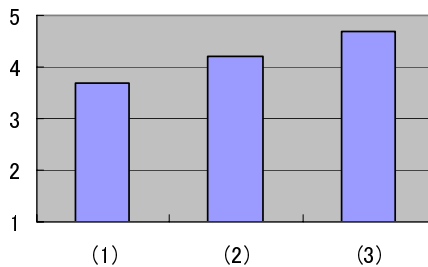


図 38 第 2 フェーズの評価結果

被験者名	センサ	ボタン	ハイブリッド
被験者A	4	4	5
被験者B	4	4	5
被験者C	2	4	4
被験者D	4	3	4
被験者E	5	4	5
被験者F	2	3	3
平均	3.5	3.7	4.3

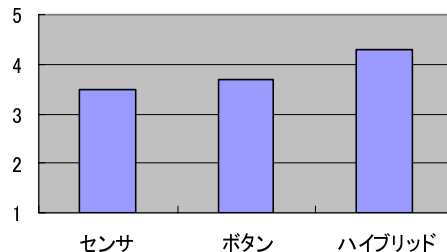


図 39 第 2 フェーズにおける各インタフェースの操作性の評価結果

表 3 コンテンツ 1 個あたりのオーサリング時間 (秒)

被験者名	第1フェーズ	第2フェーズ センサ	第2フェーズ ボタン	第2フェーズ ハイブリッド
被験者A	26.4	13.8	18.7	9.4
被験者B	25.0	23.2	14.7	18.3
被験者C	25.4	26.7	11.3	14.2
被験者D	23.9	24.3	24.1	16.4
被験者E	15.2	42.2	29.0	23.4
被験者F	26.1	30.4	21.7	15.1
平均	23.7	26.8	19.9	16.2

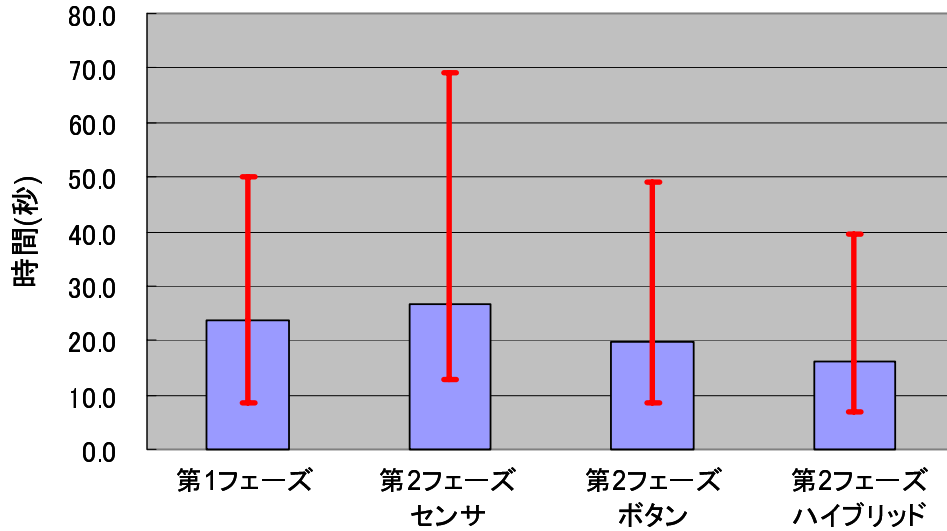


図 40 コンテンツ 1 個あたりのオーサリング時間のグラフ

- 直感的にわかりやすく使いやすい
- マウスでクリックするだけでよく、姿勢も操作しやすかった

(2) 第 1 フェーズの必要性に関して

- ある程度あたりをつけるのは必要であると思われる
- だいたいの位置を決めるのでよい
- 大きく環境を見て仮想物体を動かす時には必要
- 大まかな位置あわせにはやはり必要だと思う

(3) 第 1 フェーズ終了後、現実環境でのコンテンツの提示位置・姿勢の正しさに関して

- 正しく提示されていなかったが、近い位置にあったので修正しやすかった
- 第 1 フェーズで置いた位置・姿勢に反映されていると思う

● 第 2 フェーズ

- (1) 第2フェーズの姿勢修正インタフェースの操作性に関して
 - 直感的で使いやすいが、半周以上まわると違和感がある
 - 横回転はやりやすいが、他の方向の回転は困難
 - 慣れると使いやすかった
- (2) 複数視点からのコンテンツの提示機能の必要性に関して
 - 3次元の位置姿勢の決定には必要
 - より正確に配置できる
- (3) 第2フェーズの必要性に関して
 - 第1フェーズだけでは大雑把すぎる
 - 第1フェーズだけでは細かな位置修正は必要だと感じたので第2フェーズは必要
 - 現場に行くことは重要

- システム全体

- 地図のみより詳しく配置でき、現地のみより楽にできると思う
- 両方の利点が使えてよい
- その場に別のオブジェクトが存在して邪魔な時を考えると必要

- 第2フェーズのインタフェースの操作性

- (1) センサインタフェース

- 細かな調整が難しかった
- 遠くに離れているとき、すばやく位置をかえられた

- (2) ボタンインタフェース

- 細かい修正がやりやすかった
- 直感的で使いやすい

(3) ハイブリッドインタフェース

- 両方のいいところを場合に応じて利用できた
- 2つのシステムの良い所が利用できた
- 最も使いやすかった

4.4 考察

被験者実験を通じて、第1フェーズのインタフェースの操作性は5段階評価で平均4.3点というアンケートの解答とコンテンツ1個あたりのオーサリング所要時間においては平均23.7秒という結果が得られた。また、第1フェーズの必要性に関しては平均4.5点という評価が得られた。第1フェーズでは、「直感的にわかりやすく使いやすい」や「マウスでクリックするだけでよく、姿勢も操作しやすかった」とのコメントから、地図を利用して容易に多数のコンテンツをオーサリングすることが可能であると考えられる。また、第1フェーズ終了後、現実環境でのコンテンツの提示位置・姿勢の正しさに関しては、平均3.7点という評価と「正しく提示されていなかったが、近い位置にあったので修正しやすかった」というコメントから、意図した提示位置・姿勢とは異なるが第2フェーズで容易に修正を行う事が可能な範囲内にコンテンツが提示されていたと考えられる。

第2フェーズの姿勢修正インタフェースの操作性に関して平均3.7点という評価およびコメントの「横回転はやりやすいが、他の方向の回転は困難」などから操作が困難であったことが分かる。今後、回転の向きを提示するなど改良を行う必要がある。複数視点からのコンテンツの提示機能および第2フェーズの必要性に関しては、それぞれ平均4.2点、4.7点と高い結果が得られた。

また、第2フェーズにおける位置修正インタフェースの操作性に関して、ボタンインタフェース、センサインタフェース、ハイブリッドインタフェースでは、それぞれ平均3.5点、3.7点、4.3点という結果からハイブリッドインタフェースが最も操作性が高いという評価が得られ、コンテンツ1個あたりのオーサリング所要時間は、センサインタフェースでは平均26.8秒、ボタンインタフェースでは19.9秒、ハイブリッドインタフェースでは平均16.2秒という結果が得られた。

以上の結果およびコメントから，センサインタフェースはコンテンツの提示位置の大幅な修正に有効であり，ボタンインタフェースは微調整に有効であることが分かる．ハイブリッドインタフェースは，センサインタフェースとボタンインタフェースの両方の有効な点を利用できるため最も操作性が高いと考えられる．

最後に，システム全体の有用性に関しては平均4.2点という結果が得られた．システム全体の評価と第1フェーズ，第2フェーズの必要性の評価の結果から，提案システムにおいて2つのフェーズの組み合わせることで，地図と拡張現実感のどちらかのみを利用してオーサリングを行うより，有用であることが確認できる．

5. むすび

本論文では、地図情報とモバイル拡張現実感を利用した2つのフェーズを切り換えてオーサリングを行うことで、効率的かつオーサの意図した提示位置・姿勢で情報の管理をすることが可能な拡張現実感のためのコンテンツオーサリングシステムを提案した。第1フェーズの地図情報を利用したシステムでは、オーサリングを行う環境の地図情報をもとにコンテンツを配置することが可能であり、第2フェーズのモバイル拡張現実感システムでは、現実の環境中において拡張現実感を用いてコンテンツを表示し、直感的な操作によりコンテンツの提示位置・姿勢の修正を行うことが可能である。また、提案システムの有用性を確認するために被験者によるオーサリング実験を行った。インタフェースの操作性を評価した被験者実験では、姿勢センサを利用して修正を行うインタフェースとボタンを利用して修正を行うインタフェースを組み合わせたハイブリッドインタフェースが最も操作性が高いという結果が得られた。被験者によるオーサリング実験では、従来の地図情報と拡張現実感を個々に利用したシステムより2つのフェーズを組み合わせることでオーサリングを行うことでオーサの意図した提示位置・姿勢でコンテンツの提示が可能なシステムであることが確認された。

提案システムにより、拡張現実感を利用した位置依存情報提示システムにおいて提示するコンテンツを効率的に意図した位置・姿勢でオーサリングを行うことが可能となった。今後の課題として、提示位置・姿勢が一意に定められる注釈情報や3次元モデルなどの拡張現実感コンテンツのみだけでなく、提示する範囲を定めた映像や音声などのコンテンツへの対応を検討する必要がある。

謝辞

本研究の全過程を通して、懇切なる御指導、御鞭撻を賜った視覚情報メディア講座横矢直和教授に心より感謝いたします。本研究を進めるにあたり、有益な御助言、御指導を頂いた像情報処理学講座千原國宏教授に厚く御礼申し上げます。本研究を通じて、温かい御指導をして頂いた視覚情報メディア講座山澤一誠助教授に深く感謝いたします。

そして、本研究を行うにあたり、多大なる御助言、御鞭撻を賜った視覚情報メディア講座神原誠之助手に深く御礼申し上げます。また、本研究の遂行に適切な御助言を頂きました視覚情報メディア講座佐藤智和助手に心より感謝いたします。本研究の全過程を通して無数のご助言、ご指導を賜った視覚情報メディア講座天目隆平氏に心より深謝いたします。天目氏には、研究テーマの設定、システムの設計および構築、実験、論文の執筆、発表に至るすべてのプロセスにおいて特に細やかなご指導を頂きました。研究室において物心両面において常に温かい御支援を頂いた、視覚情報メディア講座守屋知代女史に厚く御礼申し上げます。また、昼夜問わず本研究の実験をサポートして頂いた小谷享広氏、山中一樹氏には深く感謝致します。最後に、研究活動だけでなく日々の生活においても大変お世話になった視覚情報メディア講座の諸氏に深く感謝いたします。

参考文献

- [1] S. Mann. Wearable computing: A first step toward personal imaging. *IEEE Computer*, Vol. 30, No. 2, pp. 25–32, 1999.
- [2] R. D. Vul, M. Sung, J. Gips, and A. S. Pentland. Mithril 2003: Applications and architecture. *Proc. Int. Symp. on Wearable Computers*, pp. 4–11, 2003.
- [3] K. Cheverst, N. Davies, K. Mitchell, A. Friday, and C. Efstatiou. Developing a context-aware electronic tourist guide: Some issues and experiences. *Proc. CHI2000*, pp. 17–24, 2000.
- [4] J. Baus, A. Kruger, and W. Wahlster. A resource-adaptive mobile navigation system. *Proc. 7th Int. Conf. on Intelligent User Interfaces 2002*, pp. 15–22, 2002.
- [5] R. Azuma, Y. Baillet, R. Behringer, S. Feiner, S. Juiler, and B. MacIntyre. Recent advances in augmented reality. *IEEE Computer Graphics and Applications*, Vol. 21, No. 6, pp. 34–47, 2001.
- [6] M. Kanbara, N. Yokoya, and H. Takemura. Registration for stereo vision-based augmented reality based on extendible tracking of markers and natural features. *Proc. 16th Int. Conf. on Pattern Recognition*, pp. 1045–1048, 2002.
- [7] A. D. Cheok, F. S. Wan, X. Yang, W. Weihua, L. M. Huang, M. Billinghurst, and H. Kato. Game-city: A ubiquitous large area multi-interface mixed reality game space for wearable computers. *Proc. 6th Int. Symp. on Wearable Computers*, pp. 156–157, 2002.
- [8] R. Tenmoku, M. Kanbara, and N. Yokoya. A wearable augmented reality system using positioning infrastructures and a pedometer. *In Proc. 7th Int. Symp. on Wearable Computers*, pp. 110–117, 2003.

- [9] 柴田史久, 橋本崇, 吉田友祐, 木村朝子, 田村秀行. 多様な携帯・可搬型機器に対応可能なモバイル複合現実感システム(1)-基本アーキテクチャとコンテンツ記述方式-. 日本バーチャルリアリティ学会第9回大会論文集, pp. 281-284, 2004.
- [10] 天目隆平, 穴吹篤志, 神原誠之, 横矢直和. 共有データベースを利用したウェアラブルユーザへの注釈付け. 画像の認識・理解シンポジウム (MIRU2005) 講演論文集, pp. 1598-1599, 2005.
- [11] 伊東大輔, 天目隆平, 神原誠之, 横矢直和. “拡張現実感技術を用いた位置依存情報のオーサリング”. 日本バーチャルリアリティ学会第10回記念大会論文集, pp. 93-94, 2005.
- [12] 伊東大輔, 天目隆平, 神原誠之, 横矢直和. “地図情報と拡張現実感を用いた位置依存情報のオーサリング”. 電子情報通信学会 技術研究報告, MVE2005-56, 2006.
- [13] 大隈隆史, 蔵田武志. 複合現実感オーサリング環境における例示型インタフェースに関する一手法. 電子情報通信学会 技術研究報告, PRMU2005-180, pp. 183-188, 2006.
- [14] T. Höllerer, S. Feiner, T. Terauchi, G. Rashid, and D. Hallaway. Exploring MARS: Developing indoor and outdoor user interfaces to a mobile augmented reality system. *Computers and Graphics*, Vol. 23, No. 6, pp. 779-785, 1999.
- [15] T. Höllerer, S. Feiner, D. Hallaway, and B. Bell. User interface management techniques for collaborative mobile augmented reality. *Proc. 1st CREST Workshop on Advanced Computing and Communicating Techniques for Wearable Information Playing*, pp. 17-25, 2002.
- [16] 蔵田武志, 大隈隆史, 興梠正克, 加藤丈和, 坂上勝彦. Vizwear: コンピュータビジョンとウェアラブルディスプレイによる人間中心インタラクション. 高臨場感ディスプレイフォーラム 2001, pp. 47-52, 2001.

- [17] 興梠正克, 蔵田武志. ウェアラブルカメラと慣性センサ群のデータ統合に基づくパーソナルポジショニング. 電子情報通信学会信学技報・第12回複合現実感研究会, PRMU2002-180, pp. 67–72, 2003.
- [18] V. Vlahakis, J. Karigiannis, M. Tsotros, M. Gounaris, L. Almeida, D. Stricker, T. Gleue, I. Christou, R. Carlucci, and N. Ioannidis. ARCHEOGUIDE: First results of an augmented reality, mobile computing system in cultural heritage sites. *Virtual Reality, Archaeology, and Cultural Heritage International Symposium*, pp. 28–30, 2001.
- [19] P. Daehne and J. Karigiannis. ARCHEOGUIDE: System architecture of a mobile outdoor augmented reality system. *Proc. 1st Int. Symp. on Mixed and Augmented Reality*, pp. 263–264, 2002.
- [20] V. Vlahakis, J. Karigiannis, M. Tsotros, N. Ioannidis, and D. Stricker. Personalized augmented reality touring of archaeological sites with wearable and mobile computers. *Proc. 6th Int. Symp. on Wearable Computers*, pp. 15–22, 2002.
- [21] R. Tenmoku, M. Kanbara, and N. Yokoya. Nara palace site navigator: Device-independent human navigation using a networked shared database. *Proc. 10th Int. Conf. on Virtual Systems and Multimedia*, pp. 1234–1242, 2004.
- [22] 天目隆平, 神原誠之, 横矢直和. 「平城宮跡ナビ」マルチメディアコンテンツを利用したモバイル型観光案内システム. 第1回デジタルコンテンツシンポジウム講演予稿集, No. S3-6, 2005.
- [23] B. H. Thomas, V. Demczuk, W. Piekarski, D. Hepworth, and B. Gunther. A wearable computer system with augmented reality to support terrestrial navigation. *Proc. 2nd Int. Symp. on Wearable Computers*, pp. 168–171, 1998.

- [24] W. Piekarski and B. Thomas. Bread crumbs a technique for modelling large outdoor ground features. *Proc. Int. Symp. on Mixed and Augmented Reality*, pp. 269–170, 2002.
- [25] S. Fisher. Environmental media: Accessing virtual representations of real-time sensor data and site-specific annotations embedded in physical environments. *Proc. 7th on Virtual Systems and Multimedia*, pp. 407–418, 2001.
- [26] S. Fisher. An authoring toolkit for mixed reality experiences. *Proc. Int. Workshop on Entertainment Computing*, pp. 487–494, 2002.
- [27] K. Makita, M. Kanbara, and N. Yokoya. Shared database of annotation information for wearable augmented reality system. *Proc. 5th Pacific Rim Conf. on Multimedia*, Vol. 3, pp. 499–507, 2004.
- [28] S. Güven and S. Feiner. Authoring 3D hypermedia for wearable augmented and virtual reality. *Proc. 7th Int. Symp. on Wearable Computers*, pp. 118–126, 2003.
- [29] M. Haringer and H. Regenbrecht. A pragmatic approach to augmented reality authoring. *Proc. Int. Symp. on Mixed and Augmented Reality*, pp. 237–245, 2002.
- [30] 加藤博一, M. Billinghurst, I. Poupyrev, 鉄谷信二, 橘啓八郎. 拡張現実感技術を用いたタンジブルインタフェース. *芸術科学会論文誌*, Vol. 1, No. 2, pp. 97–104, 2002.
- [31] W. Piekarski and B. H. Thomas. An object-oriented software architecture for 3D mixed reality applications. *Proc. Int. Symp. on Mixed and Augmented Reality*, pp. 247–256, 2003.
- [32] H. Kato and M. Billinghurst. Marker tracking and HMD calibration for a video-based augmented reality conferencing system. *Proc. 2nd Int. Workshop on Augmented Reality*, pp. 85–94, 1999.

- [33] G. A. Lee, C. Nelles, M. Billinghurst, and G. J. Kim. Immersive authoring of tangible augmented reality applications. *Proc. Int. Symp. on Mixed and Augmented Reality*, pp. 172–181, 2004.
- [34] I. Poupyrev, D. Tan, M. Billinghurst, H. Kato, H. Regenbrecht, and N. Tet-sutani. Tiles: A mixed reality authoring interface. *Proc. 8th IFIP TC.13 Conf. on Human-Computer Interaction*, pp. 334–341, 2001.
- [35] P. Grimm, M. Haller, V. Paelke, S. Reinhold, C. Reimann, and J. Zauner. AMIRE - authoring mixed reality. *Proc. 1st Int. Symp. on Augmented Reality Toolkit Workshop*, 2002.
- [36] J. Zauner, M. Haller, A. Brandl, and W. Hartmann. Authoring of a mixed reality assembly instructor for hierarchical structures. *Proc. Int. Symp. on Mixed and Augmented Reality*, pp. 237–246, 2003.