

NAIST-IS-MT0551050

修士論文

注釈対象の形状を考慮したビューマネージメント
のためのARオーサリングシステム

小谷 享広

2007年3月9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。

小谷 享広

審査委員： 横矢 直和 教授
木戸出 正継 教授

注釈対象の形状を考慮したビューマネージメント のための AR オーサリングシステム*

小谷 享広

内容梗概

現実シーンに注釈等を重畳表示することで直感的な情報提示が可能なモバイル拡張現実感 (AR) において, 注釈はその対象となる実物体と直感的に関連付けられる位置に配置されることが望まれる. 従来, 注釈の存在位置は現実環境中の 1 点として設定することが一般的であったため, 注釈の対象物体の形状が考慮されず, 隠蔽表現や正確な注釈の配置を行うことが困難であった. この問題を解決するためには, 各注釈の対象物体の形状を考慮して注釈の配置を行う必要がある.

本論文では, 注釈の対象物体の形状を考慮したビューマネージメントのための AR オーサリングシステムを提案する. 本研究ではモバイル AR システムを用いて, 注釈の対象物体となっている実物体の形状を効率的に設定することが可能な手法を提案する. 提案システムは効率よく対象物体の形状を設定可能にするため, 2 つのフェーズにより構成される. 第 1 フェーズでは地図情報により環境の大局的な俯瞰を行いながら大まかな物体の形状設定を行う. 第 2 フェーズでは現実環境中においてモバイル AR システムを用い, 複数地点から物体の輪郭形状を指示することで, 視体積交差法の原理に基づき, 物体形状の詳細設定を行う. 本論文では提案システムを用いた形状設定実験を行い, 注釈の対象物体の 3 次元形状を考慮したビューマネージメント結果を示す.

キーワード

オーサリング, ビューマネージメント, 拡張現実感, 注釈, 3 次元形状

* 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-MT0551050, 2007年 3月 9日.

AR Authoring System for Annotation View Management Based on Shape of Target Real Object*

Takahiro Kotani

Abstract

This paper describes an authoring system which supports authors of location-based information to specify shapes of target real objects for annotation view management. Several authoring systems using a network shared database have been developed. Since most of related works assume that the position of annotation is determined as a 3D point without considering a 3D object shape in the real world, it is difficult for annotations to be overlaid correctly enough for users of mobile AR systems to recognize the relationship between the annotation and the target real object. To overcome this problem, overlaid positions of annotations should be dynamically determined by using shapes of target real objects.

The proposed authoring system helps authors to efficiently specify shapes of target real objects by editing them with two phases: 2D map based authoring phase and mobile AR view based authoring phase. In the 2D map based phase, authors can efficiently give shapes of target real objects with 2D map and standard interfaces. The AR based phase makes it possible to intuitively modify the shape of target real object in the real environment using AR techniques. In this paper, in order to examine the feasibility of the proposed framework, shapes of target real objects have been determined in a real environment using a prototype system.

* Master's Thesis, Department of Information Systems, Graduate School of Information Science, Nara Institute of Science and Technology, NAIST-IS-MT0551050, March 9, 2007.

Moreover, annotation overlay using a mobile AR system has been experimented to show the feasibility of view management using the shapes specified by the proposed system.

Keywords:

Authoring, View management, Augmented reality, Annotation, 3D shape

目次

1. はじめに	1
2. 関連研究と本研究の位置付け	4
2.1 拡張現実感を用いた位置依存情報提示システム	4
2.2 位置依存情報のオーサリング	7
2.3 拡張現実感のためのビューマネージメント	13
2.4 本研究の位置付け	15
3. 注釈対象の形状を考慮した位置依存情報のオーサリング	17
3.1 注釈の対象物体の形状を考慮したオーサリングシステムの概要	17
3.1.1 システムの設計方針	19
3.1.2 システムの処理の流れ	22
3.1.3 システムの機器構成	23
3.2 第1フェーズ：地図情報を用いたオーサリング	24
3.2.1 処理の概要	25
3.2.2 第1フェーズにおける各モードの説明	25
3.3 第2フェーズ：拡張現実感を利用したオーサリング	28
3.3.1 処理の概要	29
3.3.2 オーサリングの手順	29
3.4 提案システムの使用動作例	30
4. プロトタイプシステムを用いた形状設定及び注釈提示実験	34
4.1 形状設定及び注釈提示実験のタスク内容	34
4.2 実験結果	35
4.3 考察	44
5. むすび	46
謝辞	48

目 次

1	注釈情報提示の悪い例	2
2	キャンパスガイドシステム [14] の生成画像例	5
3	平城宮跡ナビ [16] においてユーザに提示される画像例	6
4	ARCHEOGUIDE[17] における提示画像例	6
5	AR Karaoke[18] における提示画像例	8
6	MARS[19] を用いて配置したコンテンツの提示画像例	10
7	Tinmith[20] を用いた 3 次元モデルの実環境中への配置の様子	10
8	伊東らのシステム [21] におけるオーサリング中の画像例	11
9	航空写真と拡張現実感を用いたオーサリングシステム [22] を用いたオーサリングの例	12
10	Azuma らの手法 [23] を用いて注釈を提示した画像例	14
11	Bell らの手法 [24] を用いて注釈を提示した画像例	14
12	提案システムの概要	18
13	輪郭形状の指定による形状の編集	19
14	視体積交差法の原理を用いた形状の編集	20
15	システム全体の処理の流れ図	22
16	第 2 フェーズにおけるモバイル AR システムの機器構成	23
17	第 1 フェーズの GUI の例	26
18	ビューモードの GUI の例	27
19	形状編集モードの GUI の例	27
20	形状の追加・削除における作業の流れ図	28
21	注釈情報編集モードの GUI の例	28
22	第 2 フェーズの GUI の例	29
23	第 2 フェーズでの形状設定の流れ	30
24	形状を 1 つ追加した際の例	31
25	形状の設定対象と修正地点を上から俯瞰した図	32
26	地点 I からの形状の編集	32
27	地点 II からの形状の編集	32

28	編集後の形状を第1フェーズを用いて俯瞰した様子	33
29	形状の設定対象とした建造物の例	35
30	注釈提示のために用いたモバイルARシステムの機器構成	37
31	第1フェーズを利用して設定した形状の様子	38
32	修正を行った地点の様子	38
33	地点Dからの形状dの編集	39
34	地点Fからの形状gの編集	39
35	設定終了後の形状	40
36	設定終了後のc, dの形状	40
37	ユーザ視点と視界内の対象物体を上から見た図	42
38	注釈提示画像内の対象物体の例	42
39	3次元空間中の点として位置を設定された注釈の提示画像例	43
40	設定された形状を用いた注釈の提示画像例	43
41	注釈の対象としない実物体存在した場合の例	45

表 目 次

1	第2フェーズにおけるシステムの機器構成	24
2	図29に示した記号と施設の名称の対応関係表	36

1. はじめに

近年，携帯電話やPDA，ウェアラブルコンピュータ [1] 等のモバイル機器を持つユーザに対して，GPS 等により計測した位置情報を用いて，観光案内等の位置依存情報を提示するシステムが盛んに研究されている [2, 3]．さらに，拡張現実感 (Augmented Reality : AR) 技術を利用して観光案内等のサービスを行うシステムも開発されている [4]．一方，位置依存情報を AR 技術を用いてオーサリングを行うシステムの研究や [5] ~ [9]，オーサリングされた最新の位置依存情報を，ユーザに提供する目的でネットワーク共有データベースで保持する研究も行われている [10]．なお，本論文で述べる位置依存情報とは，注釈や 3 次元モデル等の拡張現実感で提示可能なコンテンツで，実世界と関連付けられた 3 次元の位置情報を持ったコンテンツのことを意味する．また，本論文で述べるオーサリングとは，注釈や 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．

モバイル AR システムを利用して位置依存情報を提示する場合，ユーザの位置・姿勢，及び位置依存情報の 3 次元空間中の位置情報が必要である．これは，ユーザに提示する AR 画像がユーザの位置・姿勢と提示情報との相対的な位置関係を用いて作成されるためである．図 1 に 3 次元空間中の 1 点として注釈の位置を設定した場合の注釈の提示例を示す．図 1 の例では，存在位置を 3 次元空間中の 1 点として設定された注釈を利用しているため，ユーザの視界画像内に対象物体が存在するにも関わらず注釈の全て，もしくは 1 部が提示されない場合が存在している．また，視界画像内に注釈が多数存在するため，注釈同士の重なり合いにより注釈が一部見えなくなっている．このような場合，ユーザが注釈と対象物体とを直感的に結びつけて理解することは困難であり，オーサクライアントの意図した注釈提示ができない．これは，ユーザに提示される情報が多すぎるからであると考えられる．この問題を解決するために，ユーザに提示される情報を選別して提示する情報フィルタリングの研究や，ユーザが情報を直感的に認識できるように提示方法の工夫を行うビューマネージメントの研究がある．本論文では，前述した問題を解決する手段として，ビューマネージメントに着目した．

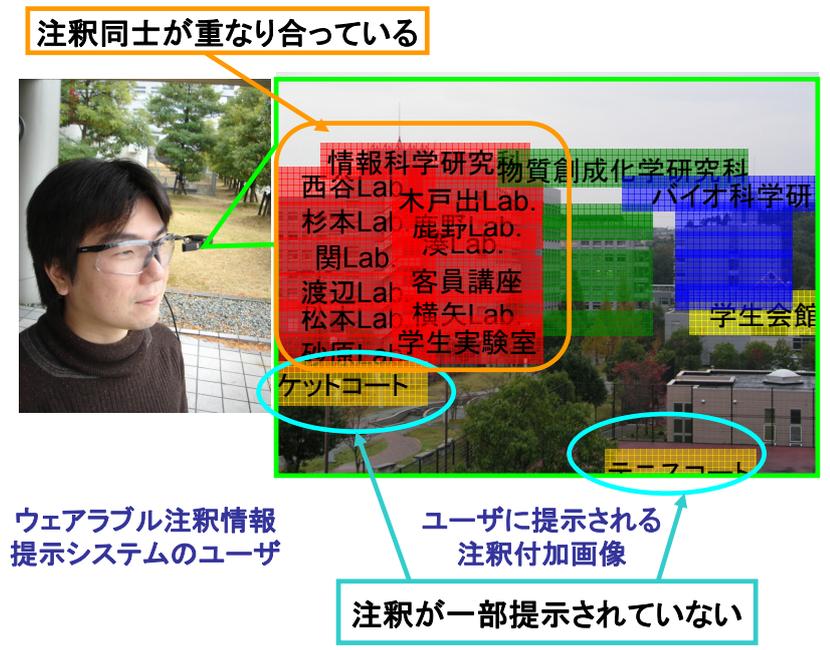


図 1 注釈情報提示の悪い例

注釈と対象物体とを直感的に結びつけて理解するためには，AR 画像中に提示される注釈がユーザーにとって見やすく配置されている必要がある．そのため，ユーザー視界画像内において注釈や 3 次元モデル等の位置依存情報をユーザーにとって容易に理解できるように提示するビューマネージメントの研究が行われている [13]．注釈と対象物体との関係を容易に理解可能な注釈提示を行うためには，ユーザーの位置・姿勢に応じて変化する対象物体の見え方を考慮する必要がある．注釈の対象物体の見え方をシステムが認識するためには，注釈の対象物体の 3 次元形状が必要である．注釈の存在位置を 3 次元空間中の 1 点として固定するのではなく，対象物体の 3 次元形状を設定し，この形状を利用してユーザーの位置・姿勢に応じたビューマネージメントを行うことで，オーサクライアントの意図した注釈提示ができると考えられる．

本論文では，対象物体のユーザーからの見え方を考慮した注釈提示を行うために，対象物体の形状を設定するオーサリングシステムの構築を目的とする．提案

システムでは，管理者の意図した形状を効率的かつ詳細に設定するために，2つのフェーズを用いて作業を行う．第1フェーズでは大局的に現実環境を俯瞰しながら形状を効率的に設定することを目的とし，通常の計算機において地図情報を利用して形状設定を行う．第2フェーズでは，現実環境における対象物体の見え方を考慮しながら形状の詳細設定を行うことを目的とし，オーサクライアントは現実環境においてモバイルARシステムを利用して，形状の輪郭を指定することで形状の修正を行う．これを複数地点から行うことで視体積交差法の原理により形状を決定する．

以降，2章では拡張現実感を利用した位置依存情報の提示システムとオーサリングシステム，位置依存情報のビューマネージメントの従来研究について概観し，本研究の位置付けと方針を述べる．3章では提案する注釈の対象物体を考慮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て行った形状の設定実験と設定した形状を用いた注釈の提示実験について述べ，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

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ついて、2.2 節では位置依存情報のオーサリングに関する研究について、2.3 節ではビューマネージメントに関する研究について概観する。最後に 2.4 節では本研究の位置付けについて述べる。

2.1 拡張現実感を用いた位置依存情報提示システム

本節では、拡張現実感を用いた位置依存情報の提示を行うシステムを概観する。拡張現実感を用いた位置依存情報提示システムは、GPS 等のユーザが装着したセンサや、画像処理などを用いてユーザの位置・姿勢を計測し、拡張現実感技術によって注釈や 3 次元モデル、音声等の現実環境中のコンテンツをコンテンツに関連付いた位置・姿勢情報を基に現実シーンに重畳表示することでユーザに提示する。

- キャンパスガイドシステム [14]

中本らは、多様なモバイル端末に対応可能なモバイル複合現実感システムの汎用フレームワークの構築を行っている。このフレームワークは、コンテンツのデータベースであるサーバとユーザが持つクライアント端末からなるサーバ・クライアント型のシステムであり、またクライアント端末を機能差に応じて 3 段階に分類している。図 2 にこのフレームワークに基づき設計されたキャンパスガイドシステムにおけるユーザに提示される画像の例を示す。この他にも中本らは床下配線支援システムや、モバイルナビゲーションシステムを提案している。これらのシステムにおいて各端末の位置・姿勢の検出には屋内では ARToolKit[15] が、屋外では GPS と方位角センサが用いられている。

- 平城宮跡ナビ [16]



図 2 キャンパスガイドシステム [14] の生成画像例

天目らは、ユーザの位置に応じた観光案内情報や史跡などのコンテンツ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PC等のモバイル端末を持ったユーザに対して、そのユーザの位置に対応したコンテンツを提示するシステムを開発した。このシステムを用いてユーザに提示される画像例を図3に示す。このシステムにおいて端末の位置の検出には屋外ではGPSと慣性航法センサを、屋内では赤外線ビーコンを使用しており、姿勢の検出には方位角センサを使用している。このシステムは多様なモバイル端末を持ったユーザに対して観光案内を行うことを目的としており、モバイルPCを持ったユーザに対して注釈や3次元モデルを提示している。携帯電話やPDAを持ったユーザに対しては、各端末の機能に応じて、ナビゲーションや注釈のみ提示したAR画像の提示を行う。

- ARCHOGUIDE[17]

Vlahanskiらは、拡張現実感技術を利用して古代ギリシャ時代の遺跡に対して、現存しない建造物の3次元モデルを視界画像に重畳表示してユーザに提示することで、当時の環境をユーザに体感させながら観光案内を行うシステムARCHOGUIDEを開発した。図4にARCHOGUIDEを利用しているユーザに提示される画像の例を示す。このシステムでは建造物の3次



(a) 注釈の提示画像例

(b) 3次元モデルの提示画像例

図 3 平城宮跡ナビ [16] においてユーザに提示される画像例



図 4 ARCHEOGUIDE[17] における提示画像例

元モデルをユーザに提示するだけでなく，遺跡が存在した時代に現地で行われていた行事などのアニメーションの提示やユーザに対するナビゲーションも行う．

- AR Karaoke[18]

Gnady らは拡張現実感を利用して仮想的に物語の登場人物となり話を進めていくエンターテインメントシステム AR Karaoke を開発した．図 5 に AR Karaoke を使用しているユーザに提示される画像の例を示す．本システムにおいてユーザは映画の登場人物の役割を演じることができ，選択が可能な物語は “The Wizard of Oz” と “The Princess Bride” である．

以上のように，観光案内や作業支援，エンターテインメント等の分野において注釈や 3 次元モデル等の位置依存のコンテンツを拡張現実感を用いてユーザに提示するシステムの開発が盛んに行われている．これらのシステムを用いてユーザに提示されるコンテンツは，注釈や 3 次元モデル，音声などがある．拡張現実感システムを用いてこれらのコンテンツを提示するためには，各々のコンテンツの位置・姿勢情報が必要である．

そこで，このような位置依存情報提示システムに利用可能なコンテンツを準備するために，各々のコンテンツを 3 次元空間中の位置・姿勢情報と関連付けを行うオーサリングシステムを開発する必要がある．

2.2 位置依存情報のオーサリング

従来のオーサリングシステムは，大きく分けて以下の 3 つに分類される．

- 地図情報を用いたオーサリングシステム
- 拡張現実感を用いたオーサリングシステム
- 地図情報と拡張現実感を用いたオーサリングシステム



図 5 AR Karaoke[18] における提示画像例

本節ではこれらの従来のオーサリングシステムについてそれぞれ述べる．なお本論文では，オーサリングとは3次元モデルや画像，音声などのコンテンツを現実環境内に任意の位置・姿勢で配置することを指す．

- MARS[19]

Gubenらは，地図情報を用いたオーサリングシステムMARSを提案している．MARSは3次元地図上に映像や音声等のコンテンツを配置し，拡張現実感技術を用いてユーザが実環境中において特定の地点に行ったときに配置したコンテンツをユーザに提示するシステムである．図6に提案システムを用いて現実空間中にコンテンツを配置している様子を示す．このシステムではコンテンツは通常のデスクトップPCを用いて配置することができ，ユーザが体験した出来事のテキストデータや音声データなどはウェアラブル拡張現実感技術を用いたシステムを利用して現実空間中に配置することができる．

- Tinmith[20]

Piekarski らは、拡張現実感を用いたオーサリングシステム Tinmith を提案している。Tinmith は、自分の手を使って実空間内に仮想オブジェクトを配置するシステムである。図 7 に Tinmith を用いて 3 次元の仮想オブジェクトを実空間内に配置している図を示す。ユーザは手にグローブを装着する。グローブの親指の爪の部分には画像マーカが配置してあり、また親指と人差し指の腹の部分には触覚スイッチが配置してある。画像マーカを用いてユーザの親指の画像内での位置・姿勢を認識し、触覚スイッチを用いて画像内に重畳されているボタンを操作する。これらにより、3 次元のコンテンツを任意の位置・姿勢・大きさに実空間内に配置する。

- 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 [21]

伊東らは、地図情報と拡張現実感を用いたオーサリングシステムを提案している。このシステムは、仮想物体である看板を実空間内に効率よく配置するために、地図情報を用いたフェーズと拡張現実感を用いたフェーズの 2 つのフェーズを用いたオーサリングシステムである。図 8 にこのシステムを用いてコンテンツを配置している例を示す。地図情報を用いたフェーズでは広域な環境に効率よく 3 次元モデルを配置することを目的とし、地図上に 3D のコンテンツを任意の位置・姿勢で配置する。拡張現実感を用いたフェーズでは、既に配置した 3 次元モデルを実環境内で実際にユーザが拡張現実感合成されたコンテンツを見ながら、実環境におけるコンテンツの見え方を考慮したコンテンツのオーサリングを行う。

- 航空写真と拡張現実感を用いたオーサリングシステム [22]

Jason らは航空写真と拡張現実感を併用したオーサリングシステムを提案している。図 9 にこのシステムを使用して 3 次元空間中に注釈のオーサリングの様子を示す。このオーサリングシステムは 3 次元空間中の 1 点を拡張現実感を用いて指定するためには、ユーザ視点から奥行き方向についての指定が困難であることを、航空写真を用いて指定することで解決している。また、航空写真を用いることで、用いるセンサの誤差を吸収する機能も実現している。



図 6 MARS[19] を用いて配置したコンテンツの提示画像例



図 7 Tinmith[20] を用いた 3 次元モデルの実環境中への配置の様子



(a) 第1フェーズにおけるオーサリング中の画像例



(b) 第2フェーズにおけるオーサリング中の画像例

図8 伊東らのシステム [21] におけるオーサリング中の画像例



図 9 航空写真と拡張現実感を用いたオーサリングシステム [22] を用いたオーサリングの例

以上のように、ユーザに提示する注釈や 3 次元のコンテンツと位置・姿勢の情報との関連付けを行うオーサリングに関する研究が盛んに行われている。このようなシステムを利用してコンテンツと関連付けられた位置・姿勢の情報とユーザの位置・姿勢の情報とを用いてユーザに提示される AR 画像が生成される。3 次元モデルは提示の目的がユーザに仮想の 3 次元モデルが実際に存在するかのように提示することであるため、自身に関連付いている特定の位置・姿勢でユーザに提示されるのがよい。しかし、注釈の場合、特定の位置・姿勢に提示することが目的ではなく、注釈の対象物体に関する情報をユーザに伝えることが目的であるため、対象物体との関連性がわかる位置・姿勢でユーザにとってわかりやすく提示画像内に配置される必要がある。そのため、ユーザにとって注釈が見えやすいように描画方法を工夫する必要がある。次節ではコンテンツ同士の重なり合いを避ける等してユーザが見やすいようにコンテンツを再配置するビューマネージメントに関する従来研究について述べる。

2.3 拡張現実感のためのビューマネージメント

本節では、位置依存情報のビューマネージメントに関する従来研究について述べる。本論文においてビューマネージメントとは、注釈に関連付けられた位置情報と、ユーザの位置・姿勢情報を用いて作成されるユーザ視界画像内において、ユーザにとって認識しやすいように注釈の描画方法を工夫することを指す。

- Azuma らの手法 [23]

Azuma らは、注釈の対象物体に対して注釈を重畳表示してユーザに提示する際に、注釈同士の重なりあい避ける注釈の再配置アルゴリズムを提案した。このアルゴリズムを用いて注釈を提示した結果を図 10 に示す。この図では、対象をミキサーの操作スイッチとし、各スイッチの名称を注釈で表示している。この手法において、注釈は操作スイッチから一定距離離れた同心円上のみを移動可能であると限定し、最初に配置した位置からどのくらい同心円上を回転すればよいかを決定している。

- Bell らの手法 [24]

Bell らは注釈同士の重なりあいや、注釈とその注釈の対象でない物体との重なり合いを避けた注釈の提示を行うため、注釈付加画像内における対象物体の存在を考慮した注釈の提示方法を提案した。図 11 にこの手法を適用してビューマネージメントを行った注釈の提示例を示す。この図では仮想空間内に注釈を提示しているが、本手法は拡張現実感に対しても適用することができる。この手法では、まず視界画像を「物体の写っている領域」と「空の領域」にわけ、対象物体に重畳して注釈を提示できるなら提示位置を変えず、できないなら「空の領域」から対象物体の写っている領域に一番近く大きい領域を探索し、そこに注釈を提示して対象物体に指示線を引いて注釈を提示する。

以上のように、注釈の位置情報とユーザの位置・姿勢情報を用いてユーザに提示された AR 画像内において注釈同士の重なりあいを防ぐ等してユーザに直感的に認識しやすくするビューマネージメントの研究が盛んに行われている。これらの



図 10 Azuma らの手法 [23] を用いて注釈を提示した画像例

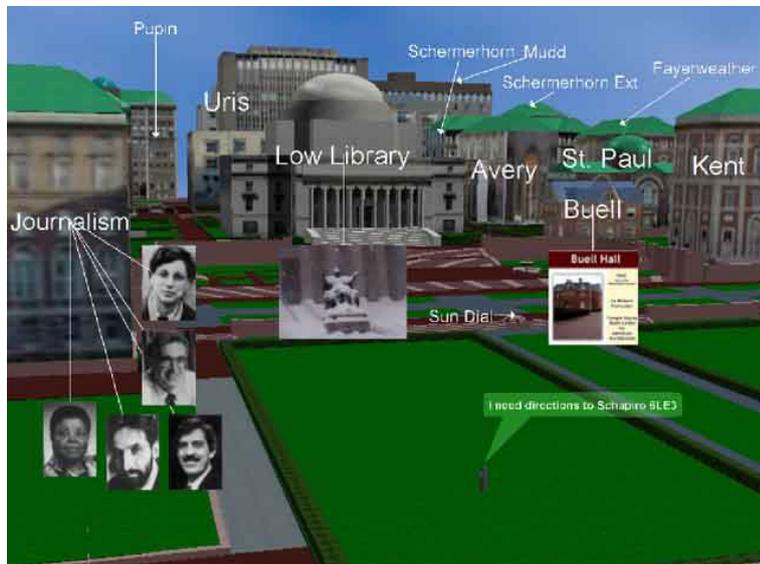


図 11 Bell らの手法 [24] を用いて注釈を提示した画像例

ビューマネージメントを行う対象となる注釈は3次元空間中の1点と関連付いたものと3次元形状に関連付いたものがある。どちらを利用してもビューマネージメントを行うことが可能であるが、建造物等が注釈の対象物体である場合には、3次元空間中の1点として関連付いた注釈に対してビューマネージメントを行うよりも、形状に関連付いた注釈のほうがより対象物体と直感的に関連付けて認識できるビューマネージメントが行える。

2.4 本研究の位置付け

前節までに概観したように、ユーザの位置・姿勢に依存して注釈や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が多くなされている。一般的な拡張現実感を用いた位置依存情報提示システムにおいてユーザに提示されるコンテンツは、注釈や3次元モデル等様々であるが、本論文では注釈を対象とする。

ユーザに提示される画像は、コンテンツに関連付けられた3次元空間中の位置・姿勢情報とユーザの位置・姿勢情報に基づいて作成される。3次元モデルの描画は、ユーザにあたかも実際に存在するように提示される必要があるため、3次元空間中のある1点に、ある姿勢で描画される必要がある。これに対し、注釈は3次元空間中の姿勢に関係なく、ユーザの視線方向に対して垂直に提示されたほうがユーザにとって直感的に理解しやすい提示を行うことができる。そのため、注釈は3次元空間中における姿勢情報とは関連付けられず、位置情報のみと関連付けられているが多い。しかし、注釈は3次元空間中の1点に存在するとして提示された場合、図1の例のように注釈の対象物体の視界画像中の見え方を考慮されずに提示されてしまうため、注釈の提供者の意図したような注釈の提示が十分には行えない。そのため、対象物体との関連性が直感的にわかるように視界画像内で提示位置を変更する等の描画の工夫を行う必要がある。注釈のユーザに提示される画像内での描画位置の工夫の際に、文献[24]において述べられているように対象物体の形状を用いることで、ユーザに提示される画像内における対象物体の存在領域を認識することができるため、注釈を3次元空間中の1点と関連付けた場合より、ユーザにとって注釈と対象物体を直感的に関連付けて理解できる注釈の

ユーザへの提示を行うことができる。また、コンテンツを位置・姿勢情報と関連付けるためのオーサリングシステムが多く開発されている。オーサリングシステムは3つに分類されることは2.2節に示したが、その中でも地図情報と拡張現実感を用いたシステム[21]は、広範囲の実環境に効率よく多くのコンテンツのオーサリングが可能であると言える。

しかし、これらのオーサリングシステムは、コンテンツを3次元空間中の任意の1点に、ある姿勢で関連付けることを前提としている。そのため、モバイルARシステムを利用して提示される画像内において対象物体の存在する領域を用いた注釈のビューマネージメントを行うには、注釈と対象物体の形状とを関連付けるオーサリングシステムが必要である。そこで本論文では、注釈と対象物体の形状を関連付けるオーサリングシステムを提案する。対象物体を考慮した形状を設定することで、モバイルARシステムはユーザからの対象物体の見え方を認識することができる。そのため、設定した形状を利用した注釈の提示を行うことで、従来行われてきた注釈の位置を3次元空間中の1点として設定する手法よりも、注釈と対象物体とをユーザが直感的に関連付けて認識できるような注釈の提示が可能になる。また、提案するオーサリングシステムは、2.2節に示した伊東らの手法[21]を基盤にし、地図情報と拡張現実感の両方を利用したものを設計する。地図情報を利用して広範囲の環境に効率のよいオーサリングを行い、拡張現実感を利用して地図と現実環境の違いを考慮したオーサリングを行う。本論文において提案するオーサリングシステムと類似したオーサリングシステムとして、Jasonらの航空写真と拡張現実感を用いたオーサリングシステム[22]が挙げられる。提案システムは2つのオーサリングを組み合わせたものであるが、Jasonらのオーサリングシステムは航空写真はあくまで拡張現実感を用いたオーサリングにおけるユーザ視点からの奥行き方向の距離を設定するためのみに用いられていることに違いがある。

3. 注釈対象の形状を考慮した位置依存情報のオーサリング

本章では、注釈の対象物体に対して形状を設定するオーサリングについて述べる。提案システムは、注釈を3次元空間中の1点として位置と関連付けるのではなく、関連付ける対象の形状を設定することが目的である。また、システムは地図情報によるオーサリングと拡張現実感を用いたオーサリングとを併用したオーサリングシステムとして構成する。地図を用いたオーサリングと拡張現実感を用いたオーサリングとを併用することで、地図情報を用いることによる広範囲の環境に対して効率よく形状設定が可能な面と、拡張現実感を用いることによる地図と現実との違いを考慮した形状設定が可能な面を持ち合わせたシステム設計が可能となる。

以降、3.1節では本論文で提案するオーサリングシステムの概要を述べ、3.2節と3.3節ではシステムを構成する2つのフェーズについて詳しく述べる。最後に3.4節で本論文で提案するオーサリングシステムの動作例を示す。

3.1 注釈の対象物体の形状を考慮したオーサリングシステムの概要

本節では、提案するオーサリングシステムの概要について述べる。提案システムはユーザに提示される視界画像中においてユーザが注釈を対象物体と直感的に関連付けた理解を可能とすることを目的としたオーサリングシステムである。提案システムの概要を図12に示す。提案システムは文献[21]において提案されている地図情報と拡張現実感とを併用したオーサリングシステムにおける設計方針を採用する。第1フェーズではデスクトップPCやノートPC等の通常の計算機を実行環境として想定しており、すべての操作をマウスやキーボード等の一般的なインタフェースを利用して行う。このフェーズでは地図情報を用いる。地図上に形状を設定することで、広範囲な環境に効率よく形状を設定することが可能である。本論文では地図情報に地形を詳細に表したものとして航空写真を用いている。第2フェーズではウェアラブルPC等のモバイル機器を実行環境として想定

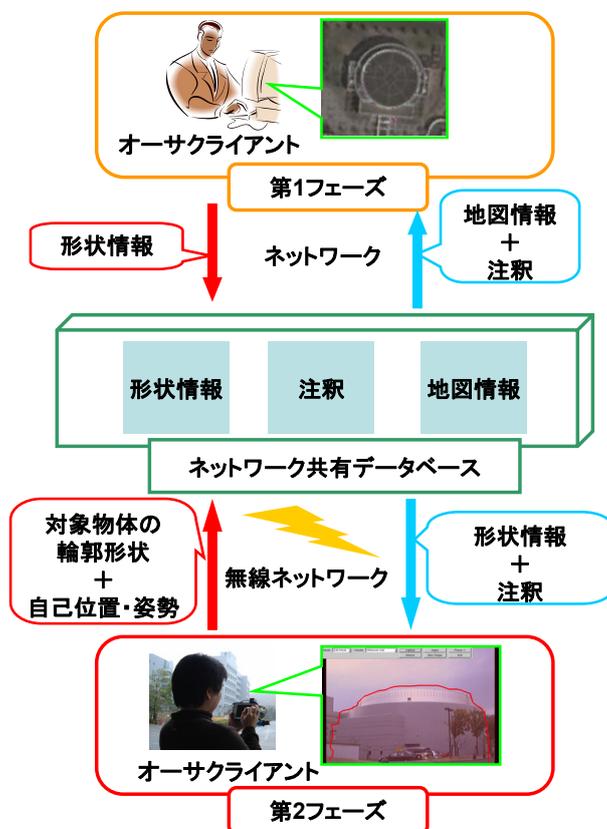


図 12 提案システムの概要

している．図 13 に第 2 フェーズにおいてオーサクライアントが行う作業による形状の修正の例を示す．オーサクライアントはモバイル機器を持ち，第 1 フェーズで設定した形状を基に現実環境中で実際に対象物体の見え方を確認しながら対象物体の輪郭形状を指定することで形状の編集を行う．この作業を図 14 に示すように複数地点で行うことで，視体積交差法の原理を用いた形状の設定を行う．このような手法で形状の編集を行うことで，現実環境を考慮した形状の設定が可能となる．

提案システムはサーバクライアント方式のシステムを想定している．オーサクライアントは全てのデータをサーバ上のネットワーク共有データベースと共有し，また全てのユーザとこのネットワーク共有データベースを用いてデータを共有す

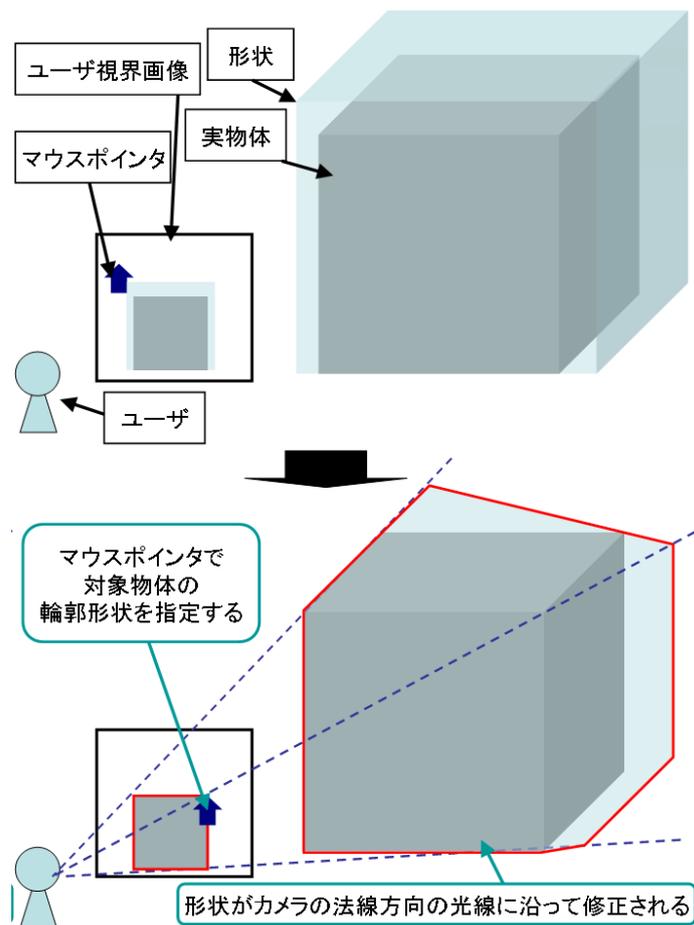


図 13 輪郭形状の指定による形状の編集

る．また，ネットワーク共有データベースを用いることでユーザは常に最新の情報を共有することができる．

3.1.1 システムの設計方針

- サーバクライアント方式

本論文において提案するシステムは注釈の対象物体の形状を設定するオーサリングシステムである．このオーサリングシステムを用いて注釈に関連

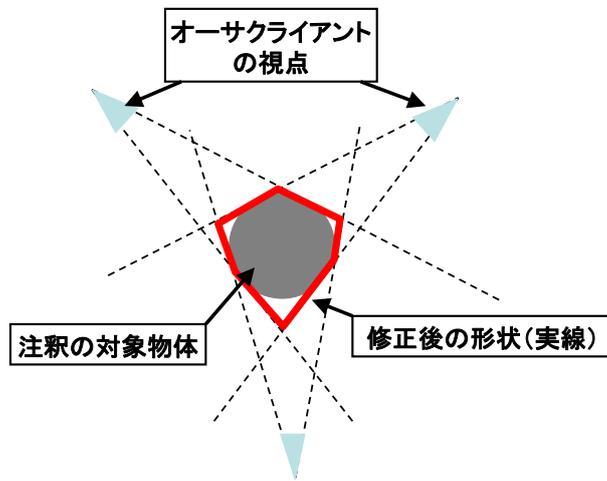


図 14 視体積交差法の原理を用いた形状の編集

付ける形状の設定を行うと、形状の設定を進めるにつれてその情報量は莫大なものになる。そのため、莫大な情報を管理する目的と全ユーザに最新の情報が共有可能であるようにする目的で、提案するシステムはサーバ・クライアント型システムとする。以下に、サーバで保持するデータについて述べる。

－ 形状情報

本論文において提案するシステムにおいて、第2フェーズでは視体積交差法を用いる。このため、形状の表現にはボクセルを用いる[26]。しかし、第2フェーズにおいてオーサクライアントに形状を提示する際、形状をボクセルで表現するとデータ量が多くなりすぎ、オーサクライアントの持つモバイルPCでは提示画像の更新頻度が悪くなる。よって、第2フェーズにおいてオーサクライアントにサーバから送信される形状と注釈提示の際にユーザに送信される形状は、ボクセルで表現するよりもデータ量の小さいポリゴンで表現されたデータとする。

－ 注釈

ネットワーク共有データベースは形状と関連付いた注釈と、形状とは

関連付いていないが地図情報中の点と関連付いた注釈を保持している。サーバはオーサクライアントが第1フェーズを用いている場合、オーサクライアントが閲覧している地図情報の範囲に関連付いている注釈をオーサクライアントに送信する。オーサクライアントが第2フェーズを用いている場合は、オーサクライアントの位置・姿勢に応じてオーサクライアントの視界内に入る可能性のある注釈を送信する。

– 地図情報

提案システムにおいて地図情報とは、位置情報を含んだ2次元地図のことを指す。第1フェーズにおいてオーサクライアントは2次元地図上に形状を設定することで、地図情報に含まれた位置情報と形状を関連付ける。

• 2つのフェーズを用いたオーサリングシステム

オーサクライアントは注釈と関連付けるための形状を設定し、設定した形状のデータはサーバ内に存在するネットワーク共有データベースに保存される。また、オーサクライアントが使用するシステムは、文献[21]に述べられているような2つのフェーズを用いたシステムを設計する。

オーサは、地図情報を用いたオーサリングフェーズと拡張現実感を用いたオーサリングフェーズの2つのフェーズを切り替えながらオーサリングを行う。地図情報を用いたオーサリングフェーズでは環境の大局的な俯瞰を行いながら多数の形状の設定を効率的に行うことを目的とし、デスクトップPC等の通常の計算機と入力インタフェースを用いて2次元地図上に注釈と関連付いた形状を設定する。モバイルARシステムを用いたオーサリングフェーズでは、地図と現実環境の不一致による対象物体の見え方の違いに対応することを目的とし、実環境内において、無線ネットワークが利用可能であり、かつ自己位置・姿勢の計測が可能な状況でモバイルARシステムを用いて形状を設定する。これらの2つのフェーズを組み合わせることで、効率的かつ対象物体の形状を考慮した形状の設定を実現する。

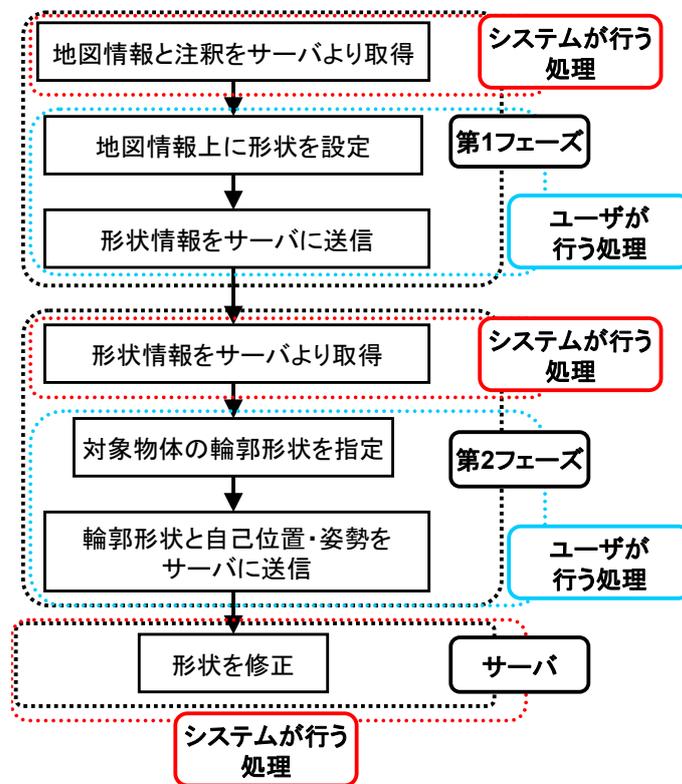


図 15 システム全体の処理の流れ図

3.1.2 システムの処理の流れ

提案するシステムでは、オーサクライアントは前述のように地図情報を利用した第1フェーズと、モバイルARを利用した第2フェーズとを切り替えながらオーサリングを行う。図15に処理の流れを示す。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上の1点と関連付けされた注釈の情報を取得する。取得した後、オーサクライアントは注釈と関連付けるための形状を2次元地図上に設定する。また注釈が存在しない対象物体については注釈を設定した後、この注釈に関連付けるための形状を設定する。オーサクライアントにより形状の編集が行われると、形状の情報はサーバ内のネットワーク共有データベースに保存される。第2フェーズでは、オーサクライアントは形状の情報のデータを小さくした

ものをネットワーク共有データベースより取得する．取得した形状を拡張現実感を用いて提示されたものを見ながら，オーサクライアントは対象物体の輪郭形状を指定し，指定した輪郭形状のデータをサーバに反映する．またこのとき，オーサクライアントは自分の現在の位置・姿勢の情報も同時にサーバに送信する．サーバは輪郭形状のデータとオーサクライアントの位置・姿勢のデータを用いて形状の修正を行う．

3.1.3 システムの機器構成

図 16(a) に第 2 フェーズにおけるシステムの機器構成を，図 16(b) にユーザ概観を示す．また，表 1 に第 2 フェーズで用いる計算機と 3 つのセンサの詳細について示す．

本論文において構築したプロトタイプシステムで用いた GPS の誤差は数メートルであり，姿勢センサの誤差は 1 度 RMS である．

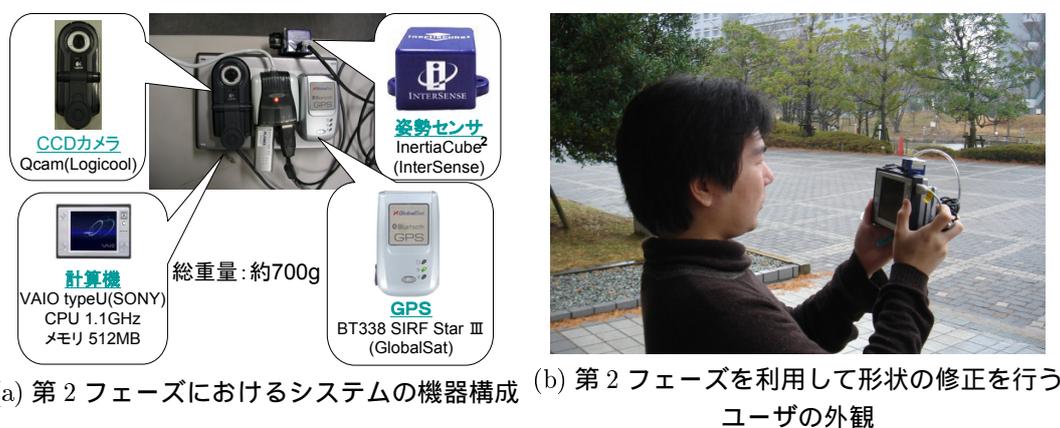


図 16 第 2 フェーズにおけるモバイル AR システムの機器構成

表 1 第 2 フェーズにおけるシステムの機器構成

種類	名称	詳細
計算機	SONY: VAIO type U VGN-U71P CPU : Pentium M 1.1GHz 512Mbyte memory	各センサから得られるデータを参照してサーバから形状情報を取得しオーサ提示する画像の生成と対象物体の輪郭形状の指定を行う。
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、また計算機の鉛直上方とカメラの鉛直上方も一致するように装着する。
GPS	GlobalSat: BT338 SIRF Star III	毎秒1回、誤差数メートルの精度でのユーザの位置(緯度・経度)が測定できる。
姿勢センサ	InterSense: InertiaCube 2	カメラの姿勢を計測する目的で、カメラ付近に取り付ける。姿勢センサは、方位角(ヨー)、傾斜角(ピッチ・ロール)の3軸周りの回転角を0.002°の分解能、256Hzの更新レートで測定可能である。

3.2 第 1 フェーズ：地図情報を用いたオーサリング

本節では提案するオーサリングシステムの第 1 フェーズについて詳述する。第 1 フェーズは地図情報を用いてオーサリングを行うフェーズであり、地図情報上に形状を設定することで広範囲の環境に効率よく形状を設定することを目的としている。なお、本論文で提案するオーサリングシステムでは地図情報として航空写真を用いている。

3.2.1 処理の概要

第1フェーズにおいて、オーサクライアントはデスクトップPCやノートPC等の通常の計算機を用い、キーボードやマウス等の通常の入力インタフェースを利用して形状の設定を行う。第1フェーズでは地図情報を用いて注釈の対象物体の形状を設定することで、周囲の環境を大局的に俯瞰しながらオーサリングを行う。そのため、第1フェーズは以下の3つの機能を有する必要がある。

- 地図の自由な閲覧を行う機能
- 注釈と関連付けるための形状を設定する機能
- 注釈の追加を行う機能

また、図17に第1フェーズのGUIの例を示す。第1フェーズは地図の自由な閲覧と設定した形状の任意の位置・視点からの確認を行う「ビューモード」、2次元地図に対して形状を追加・削除を行う「形状編集モード」、及び注釈の存在しない地点に対しての注釈の追加を行う「注釈編集モード」の3つのモードから成る。オーサは図17に示されたモード選択リストボックスを用いて各モードを切り替えて、形状の設定や注釈の編集を行う。

3.2.2 第1フェーズにおける各モードの説明

以下に第1フェーズにおいて形状の設定を行うため用いる3つのモードについて述べ、それらを利用した形状の設定方法について述べる。

(1) ビューモード

ビューモードは、設定した形状の任意視点からの確認を目的としている。ビューモードのGUIの例を図18に示す。このモードでは、ユーザの視点位置・姿勢の変更は地図画面上でのマウสดラッグを用いて行うことができる。左ドラッグがユーザ視点の平行移動、中央ドラッグの上下方向がズームイン・ズームアウト、右ドラッグの上下方向がユーザの姿勢の上下に、左右方向がユーザの姿勢の左右の回転にそれぞれ対応している。

(2) 形状編集モード

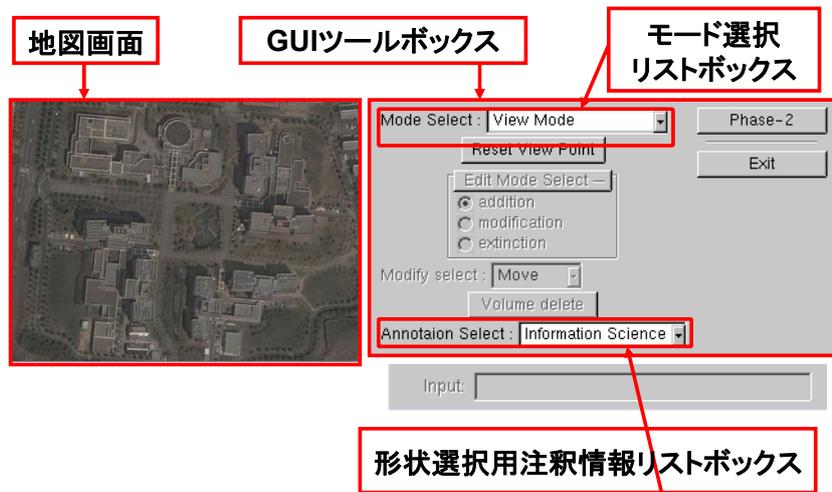


図 17 第 1 フェーズの GUI の例

形状編集モードは、2次元地図上に注釈と関連付いた形状を設定することを目的としている。そのため、形状編集モードには形状の追加機能及び削除機能がある。図 19 に形状編集モードの GUI の例を示す。

まず、形状の追加について述べる。形状の追加作業の流れを図 20(a) に示す。形状を追加するためにはまず図 19 に示されている作業選択ボタンより“addition”を選択する。選択した後、形状選択用注釈リストボックスより注釈を選択することで追加する形状が対応する注釈を指定し、2次元地図上に矩形を描くことで形状を設定する。矩形を描くには地図画面上でマウスの左ボタンをクリックしながらドラッグする。各注釈に対する形状は何度でも設定し直すことが可能である。

次に、形状の削除について述べる。図 20(b) に形状の削除作業の流れ図を示す。形状を削除するためには、まず作業選択ボタンより“extinction”を選択する。選択した後、対象とする形状を形状選択用注釈リストボックスより選択し、図 19 に示されている削除ボタンを押すことで形状の削除を行う。

(3) 注釈編集モード

注釈編集モードでは、サーバ内のネットワーク共有データベースより取得した地図情報に含まれていない注釈と関連付けた形状の設定を行う際に、注釈を新規

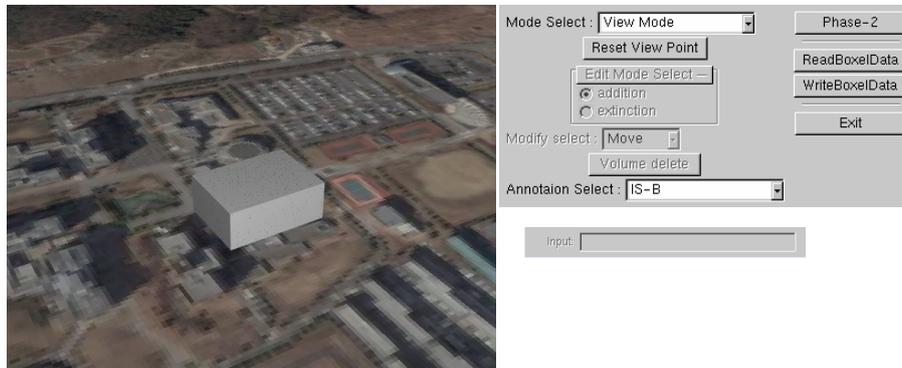


図 18 ビューモードの GUI の例

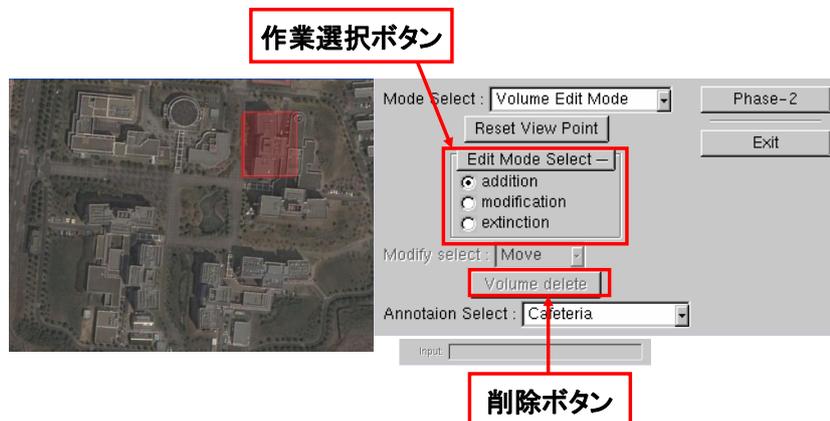


図 19 形状編集モードの GUI の例

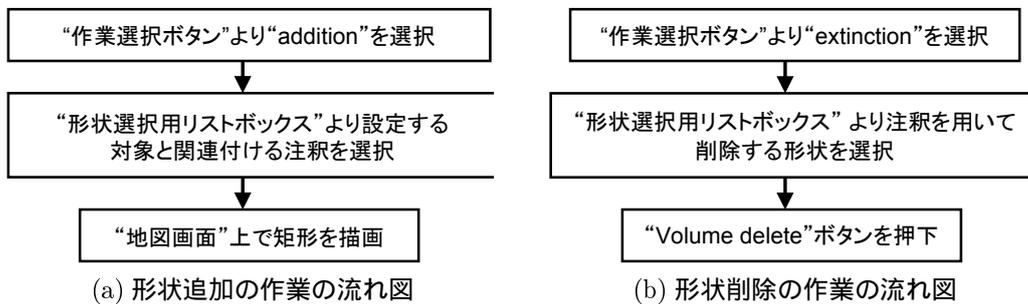


図 20 形状の追加・削除における作業の流れ図

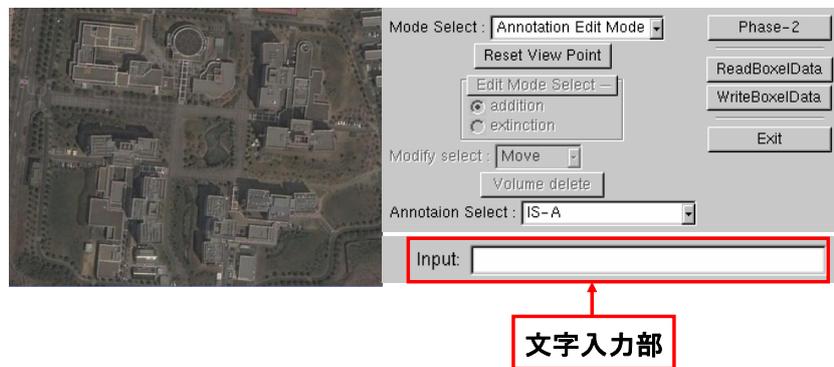


図 21 注釈情報編集モードの GUI の例

に追加することや、既存の注釈の修正・削除を目的としている。図 21 に注釈情報編集モードの GUI の例を示す。注釈用の文字列の追加は、文字入力部に文字列を新規に入力することで行う。文字列の入力にはキーボードを用いる。

3.3 第 2 フェーズ：拡張現実感を利用したオーサリング

本節では提案するオーサリングシステムの第 2 フェーズについて詳述する。第 2 フェーズは拡張現実感を用いて実環境内において形状の編集を行うことでオーサクライアントの意図した形状の設定を可能とすることを目的としている。また、

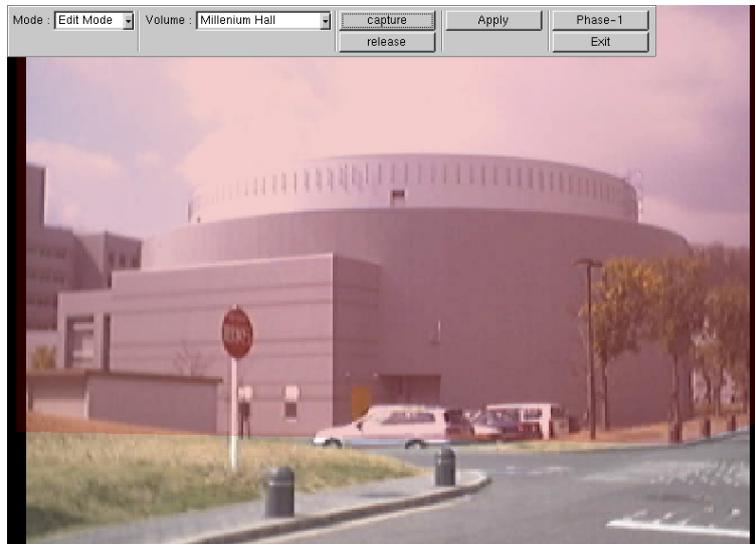


図 22 第 2 フェーズの GUI の例

形状設定終了後は形状をネットワーク共有データベースに送信することを送信しているが、本システムではローカルに保存している。

3.3.1 処理の概要

第 2 フェーズでは、現実環境中でモバイル AR システムを用いて実際の注釈の対象物体の見え方と設定した形状とを確認しながら、オーサクライアントの意図した通りに形状の修正を行う。オーサクライアントの持つモバイル AR システムでは、オーサクライアントの位置・姿勢、及び第 1 フェーズにおいて設定された形状を用いて AR 画像が作成され、オーサクライアントに提示される。

3.3.2 オーサリングの手順

第 2 フェーズは第 1 フェーズで設定した形状を修正することを目的としている。図 22 に第 2 フェーズの GUI の例を示す。以下に、各モードについて詳しく述べ、それらを用いた形状の設定について述べる。

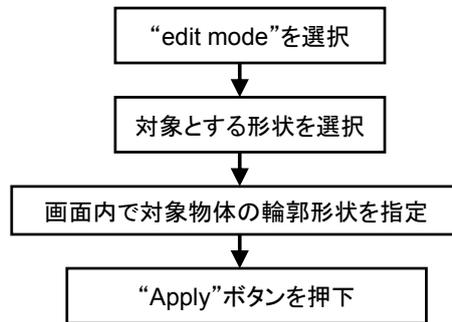


図 23 第 2 フェーズでの形状設定の流れ

第 2 フェーズにおける作業の流れを図 23 に示す。まずオーサクライアントは、注釈の対象物体とする形状を形状選択用注釈リストボックスより選択する。その後、修正作業を効率的に行うため、注釈の対象物体が画面に写った状態でキャプチャボタンを押して画面をキャプチャし、その際のシステムの位置・姿勢情報を保存する。以降はキャプチャした画面を用いて修正を行うことができるため、システムの位置・姿勢情報を保つ必要がなく、任意の位置・姿勢での形状の修正が可能である。修正は画面中の形状の輪郭形状を指定することで行う。画面をドラッグすると、画面上においてドラッグしたポイントより形状の外側と判定された領域が削除される。この作業を複数地点から行うことで、視体積交差法 [25] の原理により形状の修正を行う。外側判定は、第 1 フェーズにて設定した形状の重心点を求め、その重心点を画面座標系に投影し、投影された重心点とマウスで指定した画面上での座標との比較により行う。

3.4 提案システムの使用動作例

本節では、2つのフェーズを用いた形状の設定における提案システムの使用動作例を示す。

ここでは、本学内の建造物であるミレニアムホールに対して形状を設定することを目的とした2つのフェーズを用いて行った形状設定実験について示す。以下に、各フェーズについて行った作業の詳細について述べる。



図 24 形状を 1 つ追加した際の例

- 第 1 フェーズ

デスクトップ PC を用いて、予め用意されていた注釈に対して形状を 2 次元地図上に 3.1.2 節で述べた手順を基に設定した。また、ビューモードを利用し、オーサは設定した形状の確認を行った。第 1 フェーズを利用して環境内に 1 つ設定した形状を俯瞰している様子を図 24 に示す。

- 第 2 フェーズ

第 1 フェーズで配置された形状を現実の環境中において拡張現実感を用いて表示し確認を行った結果、対象物体と形状に違いが生じていた。第 2 フェーズでは、この違いを考慮した形状の編集を行った。設定対象と今回修正を行った地点を上から俯瞰した様子を図 25 に示す。また、地点 I からの編集前の形状と対象物体の様子を図 26(a) に、また編集後の形状と対象物体の様子を図 26(b) に示す。また、地点 II からの編集中の形状の様子を図 27(a) に、編集後の形状の様子を図 27(b) に示す。なお、編集の様子に示されている赤い線はオーサクライアントの指定した対象物体の輪郭形状であり、編集・編集後それぞれの様子に示されている赤い半透明の領域がその時点での設定を行っている形状の様子である。最後に、編集後の形状の様子を図 28 に示す。



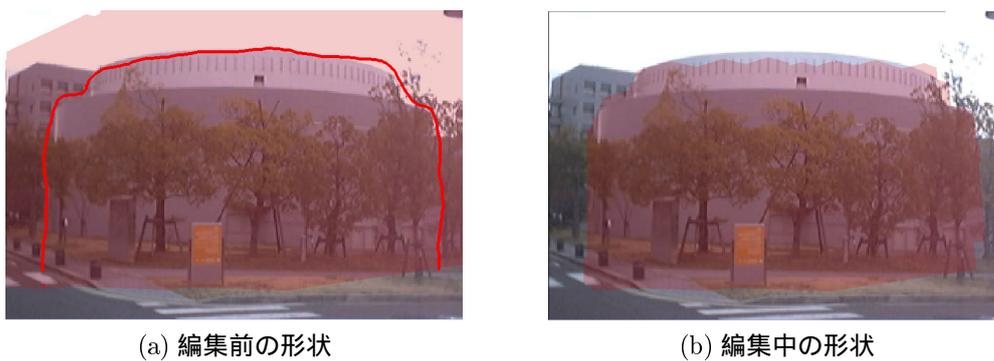
図 25 形状の設定対象と修正地点を上から俯瞰した図



(a) 編集前の形状

(b) 編集中の形状

図 26 地点 I からの形状の編集



(a) 編集前の形状

(b) 編集中の形状

図 27 地点 II からの形状の編集



図 28 編集後の形状を第 1 フェーズを用いて俯瞰した様子

4. プロトタイプシステムを用いた形状設定及び注釈提示実験

本節では実装したプロトタイプシステムを用いて行った形状の設定と、設定した形状を用いた注釈の提示実験について述べる。まず、提案システムを用いて注釈対象の形状を設定できることを確認するために行った、本学内の建造物に対してオーサクライアントの意図した形状を設定するオーサリング実験について述べる。なお、本実験においてデータは各フェーズを行ったそれぞれの計算機内に保存し、データの共有は手動で行った。また、本実験において第2フェーズでオーサクライアントに提示される形状はボクセルで表現されている。ボクセルの大きさは用いたモバイルPCの性能を考慮し、できるだけボクセルの1辺を短くするために、経験的に1辺の長さを1.3mとした。第2フェーズにおいて作業を行う地点は、視体積交差法を用いているため対象物体の全体像が視界画像内に入るほど対象物体との距離が離れていることとボクセルの大きさから考えて、ユーザの位置が真値に対して数メートル誤差があり姿勢に1度RMSの誤差が生じていても、設定できる形状は位置・姿勢が真値であった場合と比較しても差がないと考えられる。よって、本実験で用いたGPSと姿勢センサは十分な精度を持っていると考えられる。次に、従来手法[24]を実装し、設定した形状を用いて行った注釈の提示実験について述べる。今回の実験では注釈の提示位置を決定する際に用いる形状をボクセルで表現している。

以降、4.1節に本実験のタスクの内容を、4.2節に実験の結果を示す。最後に本実験の結果に対する考察を4.3節で述べる。

4.1 形状設定及び注釈提示実験のタスク内容

本節では2つのフェーズを用いた形状の設定実験について述べる。形状の設定実験ではオーサクライアントが意図した形状が設定できることを確認するために、既知の形の建造物である、本学内の7棟の建造物に対して提案システムを用いて形状を設定するタスクを用意した。今回、設定する形状は、形状がオーサの意図

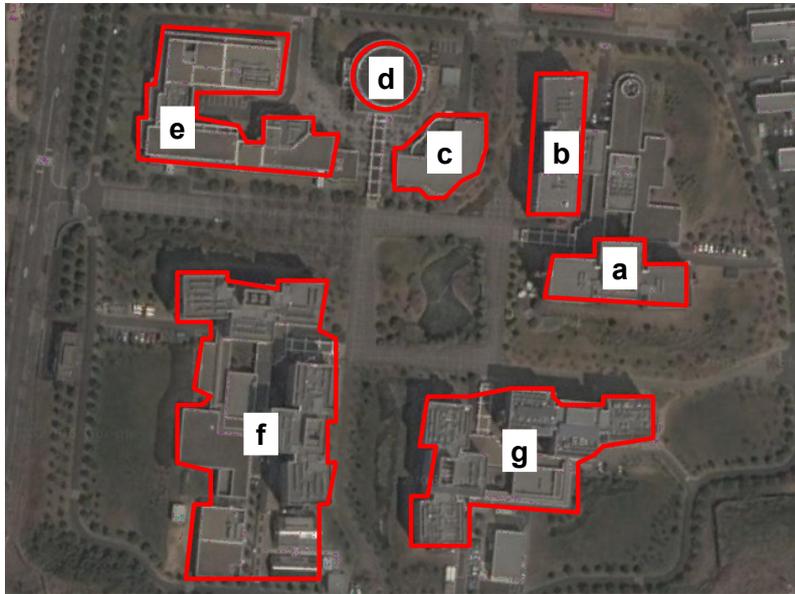


図 29 形状の設定対象とした建造物の例

した形に設定できているかどうかの確認のため理想とする形状を実物体の形とする．設定する形状の理想的な輪郭を上から見た図を図 29 に示す．また図 29 に示した記号 a, ..., g で示した各施設の名称，関連付ける注釈の対応を表 2 に示す．

最後に，設定した形状を用いて行った注釈提示実験について述べる．図 30 に示した機器構成のモバイル AR システムを用いて注釈の提示を行うためにビューマネージメント手法 [24] を実装し，形状を用いてユーザ視界画像内において注釈同士の重なり合いや注釈と他の対象物体の重なり合いを避けて注釈の提示を行った実験について述べる．

4.2 実験結果

- 第1フェーズ

デスクトップ PC を用いて，本学内の 2 次元地図を利用して予め用意した各対象物体についての注釈に対応した形状を設定した．設定した形状の輪郭

表 2 図 29 に示した記号と施設の名称の対応関係表

記号	施設の名称	提示する注釈
<i>a</i>	情報科学研究科 A 棟	InformationScience-A
<i>b</i>	情報科学研究科 B 棟	InformationScience-B
<i>c</i>	学生会館	Cafeteria
<i>d</i>	ミレニアムホール	Millenium Holl
<i>e</i>	事務局棟	Administration Bureau
<i>f</i>	バイオサイエンス研究科	Biological Sciences
<i>g</i>	物質創成科学研究科	Materials Science

を上から俯瞰した様子を図 31 に示す。

- 第 2 フェーズ

第 2 フェーズでは、第 1 フェーズで配置された大まかな形状を現実の環境中でモバイル AR システムを用いて表示し、オーサクライアントの意図した形状が設定できることを確認するために、設定した形状が実際の注釈の対象物体と一致するように 3.3.2 に示した手順に従い 7 つの形状に対して 7ヶ所から修正を行った。修正を行った 7 地点 A, ..., G を図 32 に示す。図 32 に示された各地点において行った形状の修正のうち、D 地点から行った修正の様子と F 地点から行った修正の様子を図 33 と図 34 を用いて示す。D 地点から図 29 に示した形状 *d* に対して、形状の修正を行う前の対象物体と形状の様子を図 33(a) に、形状修正後の様子を図 33(b) に示す。また、F 地点から図 29 に示した形状 *g* に対して、修正を行う前の形状と対象物体の様子を図 34(a) に、形状修正後の様子を図 34(b) に示す。最後に、第 2 フェーズで設定した形状を第 1 フェーズのビューモードを用いて確認した様子を図 35 と図 36 に示す。図 35 は設定終了後の形状の鳥瞰図であり、図 36 は設定後の形状で特徴のあった形状 *c* と形状 *d* を斜め上から見回した図である。



図 30 注釈提示のために用いたモバイル AR システムの機器構成

- 注釈の提示実験

第 1 フェーズ, 第 2 フェーズを用いて設定した形状を用いて注釈の提示を行った。実装したアルゴリズムは文献 [24] に述べられている手法を参考にした。しかし, 文献 [24] の手法では注釈の大きさの変更を許している。注釈の大きさの変更を許した場合, 注釈が小さくなってしまいユーザにとって読みづらくなる場合が存在する。そのため, 注釈の大きさは固定するように実装を行った。そこでアルゴリズムは, 注釈はユーザに提示される画像内において自身が対象としていない形状が投影されている領域に重畳して表示されるのを避け, 自身が対象としている形状が投影されている領域か, 画面上に形状が投影されていない領域に重畳されて提示されるようにしたものである。

以下に, 今回実装したビューマネージメントのアルゴリズムを示す。まず, ユーザに提示される画像に設定した形状を投影する。そして投影された領



図 31 第 1 フェーズを利用して設定した形状の様子

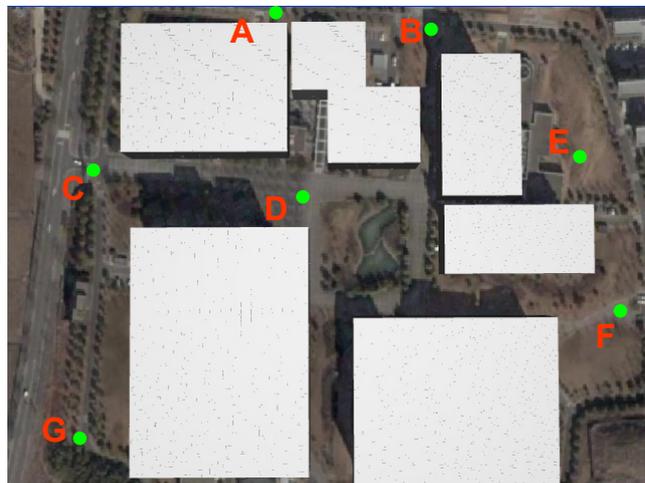


図 32 修正を行った地点の様子



(a) 修正前の形状



(b) 修正後の形状

図 33 地点Dからの形状dの編集



(a) 修正前の形状



(b) 修正後の形状

図 34 地点Fからの形状gの編集

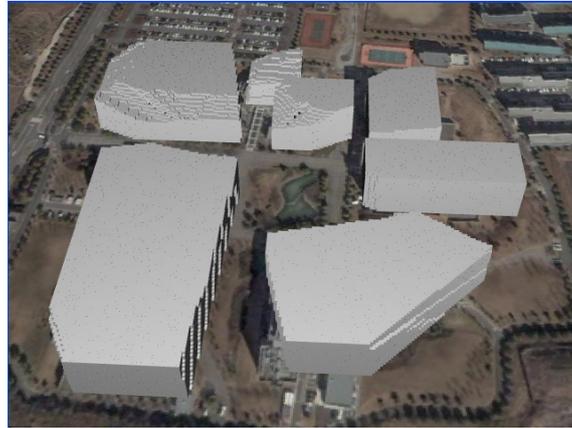


図 35 設定終了後の形状

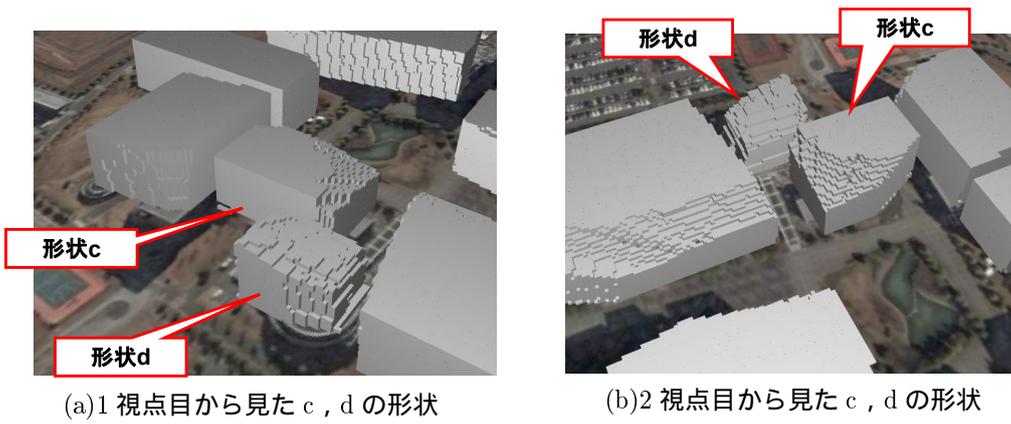


図 36 設定終了後の c, d の形状

域の 2 次元的な重心を計算し、その重心を注釈の提示位置とする。このとき、提示される注釈が他の注釈の対象物体に対して設定された形状が投影されている領域に重なる場合、注釈の提示位置を移動させて注釈を他の形状の投影された領域に重ならないようにしたものである。注釈の移動はまず上に、その後視界画像の最上部まで移動したがまだ重なる場合は対応付いている形状が画面内の右側にあるなら右へ、左側にあるなら左へと移動する。

以上のようなアルゴリズムを用いて注釈の提示実験を行った。図 37 に注釈の提示実験を行った地点とその地点からユーザの視界に入る対象物体を上から見た例を、図 38 にモバイル AR システムの画像内に注釈の対象物体が存在する領域の例を示す。図 38 において、赤い線は画面内に存在する注釈の対象物体の輪郭形状を手動で示したものである。このような注釈の対象物体に対して、注釈の提示位置を 3 次元空間中の 1 点として設定した位置情報を用いてユーザに提示される視界画像の例を図 39 に示す。また、本実験において設定した形状を利用し、ビューマネージメントを行った注釈の提示例を図 40 に示す。



図 37 ユーザ視点と視界内の対象物体を上から見た図

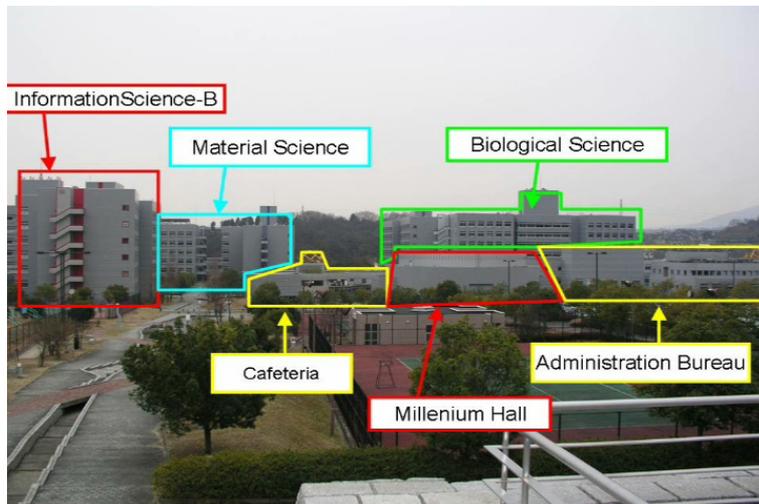


図 38 注釈提示画像内の対象物体の例

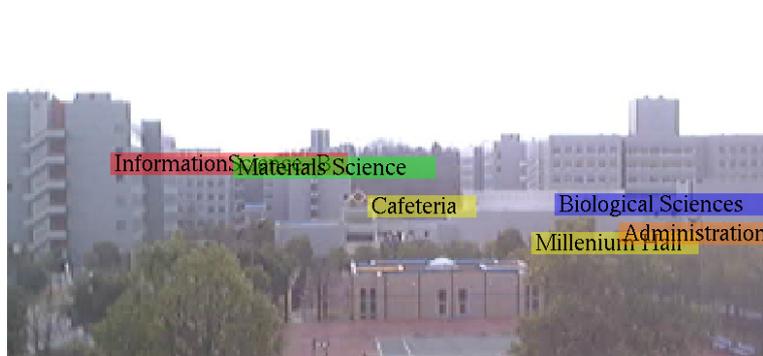


図 39 3次元空間中の点として位置を設定された注釈の提示画像例

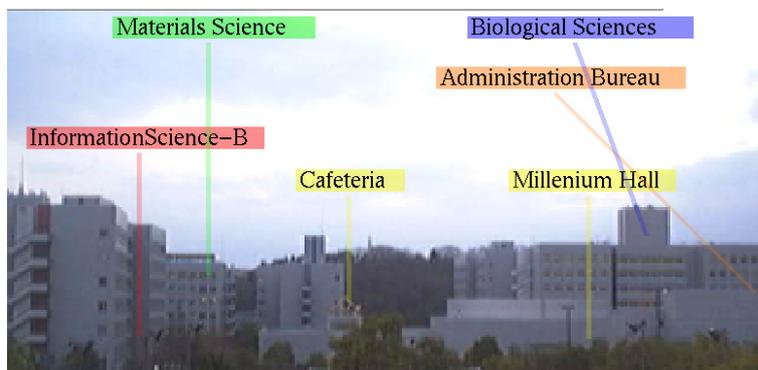


図 40 設定された形状を用いた注釈の提示画像例

4.3 考察

本実験では、提案システムのプロトタイプを実装し、本学内の建造物を注釈の対象物体とした形状の設定実験を行った。本実験により、地図を用いることで設定された注釈の存在領域を、モバイル AR システムを用いてオーサの意図した形状に修正できることを確認した。第 2 フェーズでは、現実環境における実際の注釈の対象物体の見え方を確認した上で形状の修正が行えるため、地図情報にない詳細な形状を考慮した形状の修正が行える。

また、本実験において設定した形状の有効性を確認するため、形状を用いた注釈の提示実験を行った。図 39 を見ると、注釈 “InformationScience-B” と関連付けられている対象物体に注釈 “Materials Science” が重なって提示され、また注釈同士も重なり合っており、ユーザにとって注釈がどの対象物と関連付けられているか直感的に認識しづらい注釈の提示となっている。また、注釈 “Administraion Bureau” は一部しか提示されておらず、オーサの意図した情報をユーザに提示できていないとは言えない。これに対し、図 40 では注釈の対象物体の形状が設定されているため、視界画像内に存在している注釈の対象物体については全ての対象物体に対して注釈が提示されており、また存在しない対象物体の注釈については提示されていないことがわかる。また、図 40 中の “Materials Science” という注釈に代表されるように他の注釈や対象物体と重なって提示されてしまう注釈は、重ならないように移動し対象物体との関連性が直感的に認識できるように線で形状と注釈をつないで表示されている。図 40 には形状と注釈をつなぐ線が他の注釈に重なっている場合が存在するが、注釈の視認性には影響が少ないと考えられる。このように、注釈と対象物体との隠蔽関係を考慮した注釈の提示ができていたことも確認できた。しかし、注釈が対象物体や注釈同士の隠蔽関係を考慮してユーザに提示されているが、注釈は全て画面上方へ避けて提示されている。注釈のよい提示場所が画面上方だけとは限らない場合が多いため、ビューマネージメントとしてはよいものとは言えない結果となっている。

最後に、本実験では注釈の対象物体とした実物体に対してのみ形状を設定した。しかし実環境中には必ずしも対象物体とならない樹木や車庫等の実物体も存在する。図 41 にこのような状況の例を示す。しかし注釈の対象物体としない実物体も

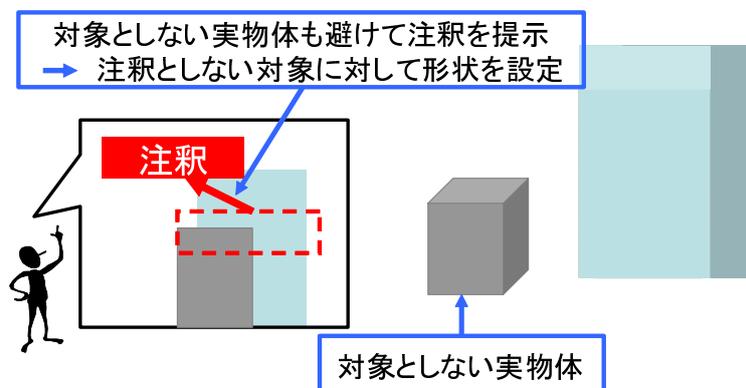


図 41 注釈の対象としない実物体存在した場合の例

ユーザの視界内において，ユーザに提示される視界画像を作成する上で注釈の対象物体とした実物体との隠蔽関係を見逃すことができない場合がある．このことより，よりよい注釈の提示を行うことができるような形状の設定のためには，注釈の対象物体としない実物体への形状の設定が必要であると考えられる．そのためには，第2フェーズのみで形状を容易に設定できるようなシステムの設計が必要であると考えられる．

また，本実験では設定した形状は7個であり，注釈提示実験の際にも視界内には7個しか形状は存在しなかった．しかし，実際には多くの形状が存在する場合も容易に考えられる．視界画像内に形状が多く存在する場合，ユーザに提示する形状をボクセルで表現すれば，ユーザに提示される視界画像の更新頻度が今回の実験より悪くなることは自明である．このことから，本実験では行わなかったが形状をポリゴンで表現する等のデータ量削減は必要である．

5. むすび

本論文では，AR 画像を作成する際に注釈と対象物体とを直感的に正しく関連づけることが可能な注釈提示が行えるように，対象物体の形状を設定するオーサリングシステムの構築を行った．また，オーサリングシステムは伊東らの手法を基に2つのフェーズを利用して設計を行った．2つのフェーズを利用することで，効率的かつオーサクライアントの意図した形状の設定が可能である．

- 第1フェーズ

第1フェーズでは形状の設定を行う環境の地図情報をもとに形状を配置する．これにより，広域な環境に対して効率的に形状を設定できる．

- 第2フェーズ

第2フェーズではモバイル AR システムを利用し，現実環境中における地図情報と現実環境との違いを考慮した形状のオーサリングを目的とし，AR を用いて第1フェーズで設定した形状をオーサクライアントに提示し，視体積交差法の原理を用いた形状のオーサリングを行う．拡張現実感を用いることで，実際の対象物体の見た目を考慮した形状の設定が可能となる．

また，ビューマネージメントを実装し，実際に設定した形状を利用して注釈をユーザに提示される画像内に配置した．これにより，設定した形状を利用して注釈をユーザに提示した方が，従来の位置を3次元空間中の1点として設定した場合の注釈の提示より対象物体と直感的に結びつけやすい注釈の提示が行えたことを確認した．

今後の課題として，注釈の対象物体としない実物体に対する形状の設定を行う必要がある．4.3でも述べたとおり，対象物体としない実物体への形状の設定を行うことで，より注釈の対象物体と注釈とを直感的に結び付けやすい注釈の提示が可能になると考えられる．また，どんなに精度の良いGPSや姿勢センサを用いても必ず誤差は生じる．よって，正確に対象物体を再現するような形状の設定は不可能である．しかしセンサの精度がよければ設定した形状の信頼度は精度が悪い場合と比較して高いということが考えられる．このことから，オーサクライ

アントが指定した輪郭形状をボクセル空間に投影する際に、輪郭形状を用いてセンサの信頼度に応じた確率をボクセル空間に投票し、輪郭形状の外側と判断された空間にも対象物体が存在する確率を持たせるような形状の設定を行うことで、センサの誤差に関わらず信頼度の高い形状設定が可能になると考えられる。

謝辞

本研究の全過程を通じて親切なるご指導，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，有益なご助言，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。本研究を通じて暖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御助言，御指導を賜った視覚情報メディア講座牧田孝嗣氏に心より深く感謝いたします。牧田氏には研究の序盤からシステム設計，開発および論文の執筆，発表にいたる全てのプロセスにおいて細やかで暖かい御指導を頂きました。研究室において物心両面において常に暖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。最後に，研究活動だけでなく日々の生活においてもお世話になりまし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] G. King, W. Piekarski and B. Thomas: "ARVino - Outdoor Augmented Reality Visualisation of Viticulture GIS Data," Proc. 5th Int. Symp. on Mixed and Augmented Reality, pp.52-55, 2005.
- [3] "Signpost," http://studierstube.icg.tu-graz.ac.at/handheld_ar/signpost.php
- [4] R. D. Vaul, M. Sung, J. Gips and C. Efstatiou: "Developing a context-aware electronic tourist guide: Some issues and experiences," Proc. CHI2000, pp. 17-24, 2000.
- [5] M. Kouroggi and T. Kurata: "A Wearable Augmented Reality System with Personal Positioning based on Walking Locomotion Analysis," Proc. Int. Symp. on Mixed and Augmented Reality, pp. 342-343, 2003.
- [6] F. Melchior, T. Laubach and D. de Vries: "Authoring and User Interaction for the Production of Wave Field Synthesis Content in an Augmented Reality System," Proc. 5th Int. Symp. on Mixed and Augmented Reality, pp.38-47, 2005.
- [7] G. Lee, C. Nells, M. Bilinghurst and G. J. Kim: "Immersive Authoring of Tangible Augmented Reality Applications," Proc. 3rd Int. Symp. on Mixed and Augmented Reality, pp. 224-230, 2004.
- [8] A. Stafford, W. Piekarski and B. H. Thomas: "Implementation of God-like Interaction Techniques for Supporting Collaboration Between Outdoor AR and Indoor Tabletop Users" Proc. 5th Int. Symp. on Mixed and Augmented Reality, pp. 165-172, 2006.

- [9] Y. Balliot, D. Brown and S. Julier: "Authoring of Physical Models Using Mobile Computers," Proc. 5th Int. Symp. on Wearable Computers, pp. 39-46, 2001.
- [10] 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. 497-507, 2004.
- [11] 天目隆平, 神原誠之, 横矢直和: "ウェアラブル拡張現実感システムのための注目オブジェクトへの直感的な注釈提示手法," 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.10, No.3, pp. 305-312, Sep. 2005.
- [12] J. Christensen, J. Marks and S. Shieber: "An Empirical Study of Algorithms for Point-Feature Label Placement," ACM Transactions of Graphics, 1995.
- [13] A. Leykin and M. Tuceryan: "Automatic determination of text readability over textured backgrounds for augmented reality systems," Proc. 3rd Int. Symp. on Mixed and Augmented Reality, pp. 224-230, 2004.
- [14] 中本浩之, 柴田史久, 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 (5)-応用事例によるフレームワークの機能検証-," 電子情報通信学会技術報告, MVE2006-60, 2006.
- [15] 加藤博一: "拡張現実感システム構築ツール ARToolKit の開発," 信学技報, PRMU 01-232, pp.79-86, 2002.
- [16] R. Tenmoku, M. Kanbara and N. Yokoya: "Nara Palace Site Navigator, " Device-indepent Human Navigation Using a Networked Shared Database, Proc.10th Int. Conf. on Virtual Systems and Multimedia, pp. 1234-1242, 2004.
- [17] D. stricker, J. Karigiannis, I. T. Christou, T. Gleue and N.Ioannidis: "Augmented reality for visitors of cultural heritage sites, " Proc. Int. Conf. on

- Cultural and Scientific Aspects of Experimental Media Spaces, pp. 89-83, 2001.
- [18] M. Gandy, B. MacIntyre, P. Presti, S. Dow, J. Bolter, B. Yarbrough and N. O'Rear: "AR Karaoke: Acting in Your Favorite Scenes" Proc. 4th Int. Symp. on Mixed and Augmented Reality, pp. 114-117, 2005.
- [19] 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.
- [20] W. Piekarski and B. H. Thomas : "Augmented Reality Working Planes : A Foundation for Action and Construction at a Distance, " Proc. 3rd Int. Symp. on Mixed and Augmented Reality, pp.162-171, 2004.
- [21] 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報告, MVE2005-56, Jan. 2006
- [22] J. Wither, S. DiVerdi and T. Höllerer "Using Aerial Photographs for Improved Mobile AR Annotation" Proc. 5th Int. Symp. on Mixed and Augmented Reality, pp. 159-162, 2006.
- [23] R. Azuma and C. Furmanski: "Evaluating Label Placement for Augmented Reality View Management," Proc. 2nd Int. Symp. on Mixed and Augmented Reality, pp. 66-75, 2003.
- [24] B. Bell, S. Feiner and Tobias Höller: "View Management for Virtual and Augmented Reality," ACM Symp. on User Interface Software and Technology, pp.101-110, 2001.
- [25] H. Baker: "Three-dimensional modeling," Proc. Int. Joint Conf. on Artificial Intelligence, Vol. 2, pp. 649-655, 1977.

- [26] 飯山 将晃, 亀田 能成, 美濃 導彦: “ 4π 計測システム: 複数カメラを用いた動物体の 3 次元形状計測,” 情報処理学会 第 65 回全国大会, 4T7A-1, No.5, pp.411-414, 2003.