

# 空間融合システムを利用した質問回答機能

濱野 優輝<sup>†</sup> 劉 渤江<sup>††</sup> 横田 一正<sup>†</sup>

<sup>†</sup> 岡山県立大学大学院情報系工学研究科

岡山県総社市窪木 111

<sup>††</sup> 岡山理科大学総合情報学部

岡山県岡山市理大町 1-1

E-mail: <sup>†</sup>hamano@c.oka-pu.ac.jp

あらまし 空間融合システムは複数空間を融合することにより新たな応用開発を目指している。本稿では、ウォークスルー中に抱く質問に対して、他空間を利用した質問回答機能を論じる。ここで対象とする IBR に基づく空間では、新たにオブジェクトの抽出機能が必要となり、これらについても議論する。

キーワード Q&A IBR

Yuki HAMANO<sup>†</sup>, Bojiang LIU<sup>††</sup>, and Kazumasa YOKOTA<sup>†</sup>

<sup>†</sup> Okayama Prefectural University, Graduate School of System Engineering

111, Kuboki, Soja, Okayama, 719-1197

<sup>††</sup> Okayama University of Science, Faculty of Infomatics 1-1, Ridai-cho, Okayama, 700-0005

E-mail: <sup>†</sup>hamano@c.oka-pu.ac.jp

**Abstract** We proposed Space Harmonizer based on Human Navigation Support Model by Mingling a Real and Virtual Spaces. Space Harmonizer is the system which using spaces synchronize some spaces meaningful. These spaces are whether real space or virtual space. You may wonder about any object in the sight when you walk through in one space. To solve the question, we need to recognize the object in the other spaces and the object in this space are the same one. We discuss how the way of recognize the object and, how deal with the object.

**Key words** Q&A IBR

## 1. はじめに

情報技術の発達に伴い、様々な方法により仮想空間の構築がされている。アニメやゲームなどの世界も一種の空間とみなせば、多種多様な空間が多数存在することになる。しかし、多種多様な空間が存在する中で、それら多種多様な空間は独立して存在し、空間同士の中で有用な関連付けが行われていることは少ない。

空間には実空間と仮想空間があるが、どちらの空間においても、全てのことを一つの空間で表現することは難しい。仮想空間で表現できることは、その仮想空間を構築する手法に依存する。そのため、仮想空間の種類によって表現可能なこと、表現不可能なことが生じる。また、実空間で表現できることは、物理的に可能なことに限られる。このようにある空間が表現できることには限界がある。しかし、仮想空間のように、ある空間では表現不可能なことも、別の空間では表現可能であることがある。また、表現の可能不可能までいかずとも、別の空間で表現する方がより効果的に表現できることもある。同じことは仮

想空間と仮想空間の関係だけでなく、実空間と仮想空間の関係にも当てはまる。

効果的な表現を行うために複数の空間を関連付けることを、我々は空間融合と呼んでいる。我々は、複数空間の融合を行うことにより新たな応用開発を目指している。

空間には、実空間・仮想空間とあるが、特に実空間では様々なことを表現したくとも、物理的制約により表現できないことが多い。我々は以前に空間融合型の歩行者支援モデル [1] にて、歩行者支援の観点から実空間と仮想空間の融合について述べた。ここで扱った仮想空間は主として、実空間と位置情報で対応付けられるものであった。仮想空間を利用して観光計画を立てること、実空間のウォークスルー中に仮想空間を利用したサポートを行うことなどを提案した。

ある空間をウォークスルーするとき、その過程で様々なオブジェクトを目にする。様々なオブジェクトを目にする中で「これは何」といった、特定のオブジェクトに対して疑問や興味を抱くことが考えられる。そういった疑問や興味を解消することができる、利用者にとって有意である。疑問や興味を質問と

という形で第三者に対して提示し、回答を得ることが考えられるが、空間の特徴によってはある特定のものに対して質問回答を行うことが困難である可能性がある。そこで空間融合を用いて、質問回答が可能な別空間で同じオブジェクトに対して質問を行い、別空間で得た回答を元の空間にフィードバックすることで解決を図る。

本稿では、ある空間のウォークスルー中に抱く疑問や興味を解消する機能として、空間融合システムを利用した質問回答機能を提案する。この質問回答機能では、ウォークスルー中に抱く疑問や興味を質問という形で第三者に対して提示し、回答を求める。本稿で扱う空間融合は、実空間と仮想空間の融合である。本稿では、実空間のウォークスルー中に抱く疑問や興味を、仮想空間を利用して解消することを中心として述べる。空間融合システム利用した質問回答機能のイメージを図1に示す。

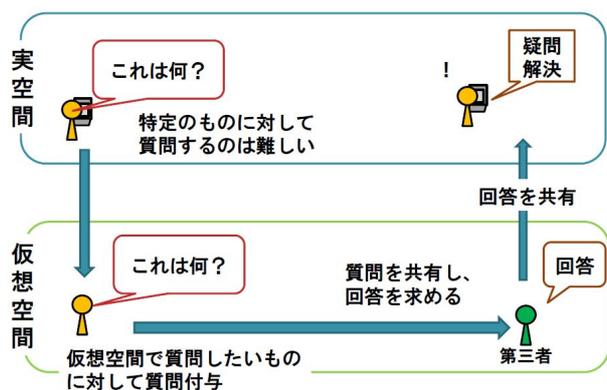


図1 空間融合システムを利用した質問回答イメージ

しかし、本稿で対象とする仮想空間はIBRに基づく仮想空間であるため、オブジェクトの情報は持っていない。そのため、新たに仮想空間中からオブジェクトを抽出する必要があり、この機能についても述べる。

## 2. 質問回答機能

実空間をウォークスルーし、様々なオブジェクトを目にすることで様々な疑問や興味を抱くことが考えられるが、その疑問や興味に対して答えを得ることは難しい。観光スポットでは、観光に関連するオブジェクトに対して説明が用意されていることがある。しかし、ウォークスルー中に抱く疑問や興味の対象となるオブジェクトは観光スポットに関連するものだけとは限らない。そのため、疑問や興味の内容を予測して、あらかじめ説明を用意するのは不可能である。

また、実空間において、誰かに直接質問することで回答を得ることも考えられる。しかし、質問に対して回答することができる人なのかどうかを見分けることは困難であり、また疑問や興味を抱いた場所付近に回答できる人がいることは保障できない。

携帯端末を利用して、Q&A サイトなどに質問することも考えられる。しかし、その質問の仕方は容易でない。例えば、実空間ではオブジェクトを指差して「これは何?」と聞けば済む質問も、Q&A サイトで質問し期待する回答を得ようと思うと

オブジェクトの画像を添付するなどの工夫が必要である。質問内容がオブジェクトの位置に関わることである場合だと、更なる工夫が必要とされる。

空間融合システムを利用した質問回答機能では、ある空間をウォークスルー中に抱く疑問や興味を、別空間を用いて、質問という形で提示し第三者に対して回答を求めることで解消する。空間融合システムは空間と空間の対応付けを行う。空間融合システムを利用した質問回答機能は、質問対象となるオブジェクトを対応付けが可能な形で表現する。そして、対応付けが可能な形で表現されたオブジェクトに質問や回答を付与することで、他空間を利用した質問回答を行う。

空間融合には、実空間と仮想空間の融合、仮想空間と仮想空間の融合が考えられるが、本稿では実空間と仮想空間の融合を利用した質問回答機能を中心として述べる。また、ここで空間融合の対象となる仮想空間は実空間と位置情報によって対応付けられる。

### 2.1 空間融合型の歩行者支援モデル

空間融合型の歩行者支援モデルでは、歩行者支援の観点から実空間と仮想空間の融合について述べた。空間融合型の歩行者支援モデルでは、特に仮想空間を実空間と位置情報により対応付けられるものを対象としている。屋外での移動などの実空間中のウォークスルー中に適切なサポートを行うためには、実空間中の歩行者の位置を特定する必要がある。

そこで、実空間と仮想空間の対応付けおよび適切な歩行者支援を行うために、空間融合型の歩行者支援モデルではスポットモデルを定義している。図2はスポットモデルの例である。

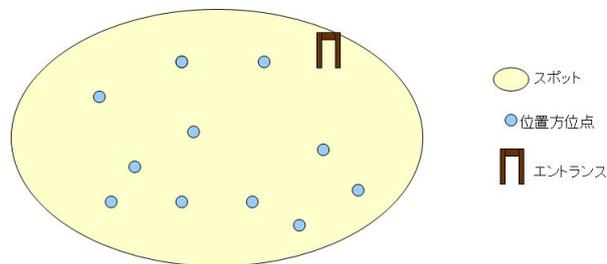


図2 スポットモデルの例

スポットモデルでは、歩行者支援を行う空間をスポットとして定義している。歩行者を対象とした支援では、通信によりサーバから歩行者支援に必要な情報を取得する方法が多い。しかし、この方法では通信インフラが整備されていない場所では、歩行者支援に必要な情報が取得できないため、歩行者支援を行うことができない。空間融合型の歩行者支援では、実空間における通信インフラの整備状況に依存しない歩行者支援を行う。

そこで、空間融合システムでは、エントランスという情報を取得・更新する地点を設けている。まず、利用者がスポット内でサポートを受けるとき、利用者はエントランスに行き、エントランスでそのスポットに関する情報を取得する。

このとき取得する情報は歩行者支援に必要な情報である。スポット内において通信インフラが整備されていない場合、必要な情報を通信により取得せずに済むように、ナビゲーションに

用いる地図や説明、仮想空間を構築するために必要な全てのデータなども含めて全て、エントランスで取得する。

スポット内の通信インフラが十分に整備されている場合、通信により必要な情報を取得すればよいので、全てのデータを取得する必要はない。エントランスでは、どこから歩行者支援に必要なデータを取得すればよいか、その情報の取得先を歩行者に通知する。

また、スポットには歩行者の位置を特定できる位置方位点が設けられている。位置方位点では、その位置・方位が取得できる。実空間中のウォークスルーでは、歩行者支援を行うために携帯端末をもつ。

## 2.2 質問提示・質問回答

空間融合システムを利用した質問回答機能では、ウォークスルー中に抱く疑問や興味を質問という形で提示する。その提示には他空間を用いるのであるが、他空間における質問の提示方法は質問の対象となるオブジェクトが一目でわかるような提示方法である必要がある。「これは何」のような質問の対象となるオブジェクトを言葉として表現することが難しいときにも、質問の対象となるオブジェクトが明確であれば「これ」といった表現でオブジェクトを示すことができる。また、質問回答を行う上で、質問に対して簡単に回答できることが求められる。

そこで、質問はオブジェクトに対してアノテーションのような形式で提示する。こうすることで、質問の対象となるオブジェクトとそのオブジェクトに付与された質問内容がわかりやすい形で提示することができる。また、提示される質問内容をクリックすることで、回答することや今までの回答を閲覧することができるようにする。そうすることで、利用者にとって、質問に対する回答や回答の閲覧を簡単に行うことができる。

## 2.3 質問・回答の共有

実空間のウォークスルー中に質問したいことができれば、歩行者が持つ携帯端末上で空間融合システムを利用した質問回答機能を利用し、質問を作成する。そうして作成された質問は質問作成者の携帯端末上にしかデータがない。そのため、作成した質問に対して第三者から回答を得るためには、作成した質問を質問作成者以外の人と共有する必要がある。

質問を共有する方法として、通信によりサーバを介して、共有することが考えられる。しかし、通信インフラの整備状況に関わらず歩行者支援を行う空間融合システムでは、単純にこの方法を用いることはできない。

そこで通信インフラの整備状況によって、共有する方法を変更する。通信インフラが整備されているスポットでは、エントランスで情報の取得先が通知される。作成された質問や回答のデータは、エントランスで通知される取得先に対してアップロードする。また、定期的に情報の取得先に対して通信を行い、必要とあれば歩行者が持つ携帯端末上のデータを更新する。こうすることで、第三者と質問と回答の共有を行うことができる。

通信インフラが整備されていないスポットでは、エントランスで質問や回答のデータを共有する。実空間をウォークスルー中に作成した質問や回答は携帯端末上に保持しておく。エントランスを訪れたときに、エントランスに対して、ウォーク

スルー中に作成した質問や回答のデータをアップロードする。また、エントランスを訪れた時にどうじに更新も行うことで、ウォークスルー中に変更された情報も更新でき、情報を最新の状態にすることができる。こうすることで、第三者と質問と回答の共有を行うことができる。

## 3. オブジェクト抽出機能

本稿で扱う空間融合は、実空間および仮想空間の融合である。仮想空間として、我々が研究開発している PasQ [2] を用いる。PasQ により構成される仮想空間は、位置情報によって実空間と対応付けることが可能である。PasQ はオブジェクトという情報を持っていない。そのため、質問回機能を実現するためには、質問対象となるオブジェクトを抽出する必要がある。

### 3.1 PasQ

PasQ では、全方位パノラマ写真をひとつの小空間とみなし、その小空間を集めることでひとつの大きな空間を構築するシステムである。それぞれのパノラマ写真には位置情報が付与されている。パノラマ写真の位置情報からそれぞれのパノラマ写真間の距離と方向を算出し、適切にズームングとパノラマ写真の切替を行う。全方位パノラマ写真のズームングとパノラマ写真の切替を適切に行うことで、ひとつの大きな空間をウォークスルーしているように見せている。

また、PasQ ではコンテンツを扱っている。コンテンツは緯度・経度、高さによって表現される点で表している。コンテンツにはコンテンツ名や説明が付与できる。PasQ 上でコンテンツを見たときは、アノテーションのようにコンテンツ名が表示され、表示されるコンテンツ名をクリックすることで詳細な説明文を閲覧することができる。コンテンツには LOD が設定可能である。これは有効距離で表され、PasQ 上に現在位置とコンテンツの位置の距離が有効距離内であれば、コンテンツ名がアノテーションのように表示され、有効距離外であれば表示されない。

### 3.2 オブジェクト指定

PasQ はパノラマ写真を用いて仮想空間を構築しているため、実空間と位置情報で対応付けられている。利用者が実空間をウォークスルー中に質問したいことができたとき、空間融合システムにより利用者の位置に対応して PasQ による仮想空間を提示することができる。利用者は利用者が見ている視界と PasQ により提示される写真の対応から簡単に仮想空間中での質問対象が特定できる。このように、実際に見る視界とパノラマ写真を比較することで、利用者は簡単に質問対象を特定できるため、PasQ により提示されるパノラマ写真に対して操作を行うことで質問対象を特定できる仕組みを考える。図 3 はその様子を表したイメージ図で、対象物を四角で囲むことで質問対象が特定できることが望ましい。

しかし、パノラマ写真の一部を指定するだけでは、閲覧しているパノラマ写真の位置からの方位しか推定することができない。これでは、指定したパノラマ写真中での質問対象の位置や大きさが特定できても、仮想空間中の質問対象の位置や大きさを特定することができない。質問対象を指定したパノラマ写



図 3 PasQ を用いて質問対象を特定する様子

真以外のパノラマ写真から見た時でも、同一のものとして特定できるために、質問対象を仮想空間中からオブジェクトとして抽出する必要がある。

オブジェクトを抽出してやりたいことは、質問内容をアンテーションのように表示することである。また、表示される質問内容をクリックすることで回答できることや回答を閲覧することも必要である。これと同じことは、PasQ におけるコンテンツの扱いに多少の変更を加えることで実現可能である。そこで、オブジェクトは PasQ 上ではコンテンツと同一視する。そのため、オブジェクトとして抽出するには、コンテンツとして成り立つために必要な情報である、位置情報(緯度・経度・高さ)を求める必要がある。

### 3.3 オブジェクト特定

PasQ では、各パノラマ写真に位置と方位が与えられている。オブジェクトの位置は二点のパノラマ写真から、図 4 のように三角測量により求めることができる。

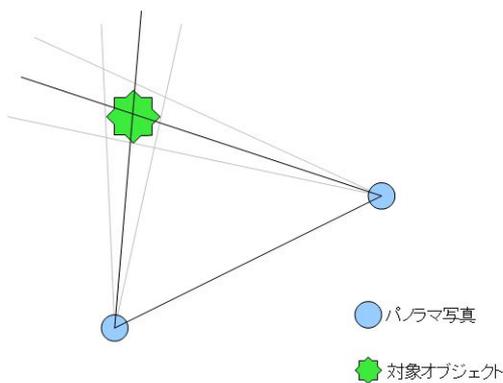


図 4 オブジェクトの位置の特定

三角測量によりオブジェクトの位置を特定するためには、二点のパノラマ写真でオブジェクトを指定してもらう必要がある。そのために、利用者に一度オブジェクトを指定した後に、PasQ 上で移動し、別のパノラマ写真上で再度同じオブジェクトを指定してもらう必要がある。しかし、二度のオブジェクト指定や一度目のパノラマ写真から別のパノラマ写真への移動は面倒なので、利用者への負担を考慮すると、可能な限り避けたい。

そこで、利用者がオブジェクトとして指定した範囲(図 3 における赤い四角内)をテンプレートとして抜き出し、指定に用いたパノラマ写真以外のパノラマ写真に対してテンプレートマッチングを行う。テンプレートマッチングを別のパノラマ写真に対して行うことで、別のパノラマ写真からのオブジェクトへの方位を特定することができる。テンプレートマッチングを行うことで、利用者に二度指定してもらう必要があったのを、一度指定してもらうだけでオブジェクトの位置を求めることができるようになる。

テンプレートマッチングを行うとき、その類似度が高いほど正確に対象オブジェクトが特定できていると考えられる。しかし、類似度が高く検出できるパノラマ写真の位置は図 5 に示すように、テンプレートを作成するパノラマ写真に位置的に近いものや対象オブジェクトとの間に存在するものである可能性が高い。対象オブジェクトとの直線上に存在する場合は三角測量によって位置を求めることができない。また、直線上になくともパノラマ写真二枚の位置が近すぎると、誤差が大きく発生することが考えられる。

そのため、テンプレートマッチングにより類似度が多少低くなることを見込まれても、ある程度離れた位置のパノラマ写真に対してテンプレートマッチングを行う。ただし、類似度が低すぎると正確にオブジェクトが抽出できていない可能性が高いため、類似度がある値よりも大きいときのみ、三角測量による位置特定に用いる。

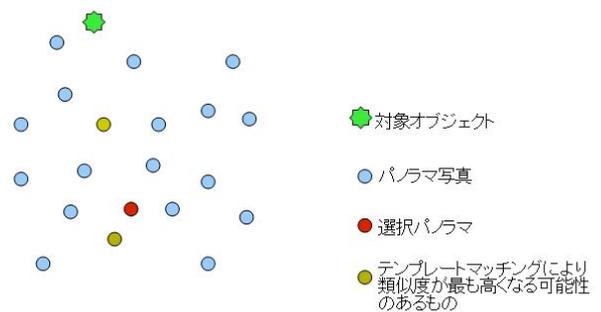


図 5 テンプレートマッチングを行う対象となるパノラマ画像候補

テンプレートマッチングを用いたオブジェクトの位置特定で、必ずオブジェクトの位置を求めることができるとは限らない。そこで二段構えをとる。まず、利用者にオブジェクトを指定してもらう。そこで指定された部分をテンプレートとして、適度に離れた位置に存在するパノラマ写真に対してテンプレートマッチングを行う。このとき、テンプレートマッチングを用いた位置特定がうまくできなければ、利用者に PasQ 上で移動してもらい、再度同じオブジェクトを指定してもらう。

### 3.4 LOD の自動設定

オブジェクトをコンテンツと同一視することは先に述べた。そのため、オブジェクト抽出のときに、コンテンツとして必要な情報である LOD(有効距離)を設定する必要がある。利用者に設定してもらうことが考えられるが、利用者にとって面倒で

あり、またどの程度に LOD(有効距離) を設定すればいいのかが利用者を悩ます原因になることが考えられる。そこで、オブジェクト抽出のときに、LOD を自動で設定する。

オブジェクト指定のときの四角で囲まれた範囲の大きさ(パノラマ画像における画素)とオブジェクト指定に用いられたパノラマ写真と対象オブジェクト間の距離の関係から、対象オブジェクトの大きさが大まかに求めることができる。あらかじめオブジェクトの大きさと LOD(有効距離) との関係を段階的に設定しておくことで、求められる対象オブジェクトの大きさを基に LOD(有効距離) を自動で設定することができる。

## 4. 評価

3.3 節で、テンプレートマッチングを用いたオブジェクトの位置特定について述べた。そこで、テンプレートを作成するパノラマ写真から、ある程度離れた位置のパノラマ写真に対してテンプレートマッチングを行うことを述べた。しかし、どの程度離れている位置のパノラマ写真に対して、テンプレートマッチングを行えば、正確にオブジェクトの位置を特定することができるのかわからない。そこで、どの程度離れている位置のパノラマ写真に対してテンプレートマッチングを行う必要があるのか評価を行う。

### 4.1 評価内容

今回は岡山県立大学を仮想空間化した PasQ を用いて評価を行う。対象となるオブジェクトは岡山県立大学の講堂であり、テンプレートを作成するパノラマ写真及びテンプレートマッチングの対象となるパノラマ写真は講堂の前の広場に位置するものである。その位置関係を図 6 に示す。赤のマーカで示された位置がテンプレートを作成するパノラマ写真の位置である。



図 6 講堂と位置特定に用いるパノラマ写真の位置の関係

図 6 に示される赤のマーカで示される位置のパノラマ写真からテンプレートを作成し、他のパノラマ写真に対してテンプレートマッチングを行い、そのパノラマ写真からの対象オブジェクトへの方位を求める。赤のマーカからのオブジェクトへの方位とテンプレートマッチングにより求められる別のパノラマ写真からオブジェクトへの方位を基に三角測量を行い、オブジェクトの位置特定を行う。

テンプレートマッチングを行うにあたり、OpenCV ライブラ

リを用いている。また、今回のテンプレートマッチングでは評価関数として NCC(正規化相互相関法)を用いている。その理由としては、PasQ で用いるパノラマ写真は撮影時の状況の違いから全体的な明るさに違いが生じる。そのため、全体的な明るさの変化に強い評価関数である NCC を利用した。

### 4.2 評価結果

テンプレートを作成するパノラマ写真とテンプレートマッチングの対象となるパノラマ写真間の距離、求められる位置と講堂の中心との距離、テンプレートマッチングの類似度の関係を表 1 に示す。

パノラマ写真間の距離	求められる位置と講堂の中心との距離	TM の類似度
3	10.669417687821579	0.844532
6	14.726327901869752	0.788634
9	15.2849072585064	0.753408
12	14.630063746902001	0.719074
15	16.03111812424688	0.675427
18	11.802351184536615	0.667084

表 1 評価結果

### 4.3 考察

テンプレートを作成したパノラマ写真の位置から離れば離れるほどテンプレートマッチングの類似度は落ちる。類似度が 0.75 以下になると、テンプレートマッチングによるオブジェクト抽出が信頼できない。よって、テンプレートを作成するパノラマ写真の位置から約 12m 以内の位置に存在するパノラマ写真に対してテンプレートマッチングを行う必要がある。また、3m 離れている位置に存在するパノラマ写真を用いて三角測量を行ったときは、パノラマ写真-対象オブジェクト-パノラマ写真で作られる角度が非常に小さくなる。そのため、3m 以内の位置に存在するパノラマ写真を用いて三角測量を行うときは誤差が生じる可能性が高い。よって、6m 以上 12 以内の位置に存在するパノラマ写真に対してテンプレートマッチングをし、位置を特定すると良い。

求められる位置と講堂の中心距離が全ての場合において 10m 以上離れてしまっている。これはテンプレートマッチングによるオブジェクトの位置特定で求められる位置がある方向からだけ見たオブジェクトの位置になるためである。位置特定によって求められた位置と講堂の中心位置との関係を図 7 に示す。赤のマーカがテンプレートを作成するパノラマ写真の位置、緑のマーカが講堂の中心位置、青のマーカが位置特定によりもとめられた位置である。図 7 に示されるように、パノラマ写真の位置から見たときの講堂の手前部分の位置が特定されている。

今回評価の対象とした講堂のように対象オブジェクトが大きい場合、テンプレートマッチングにより位置特定では、ある方向からだけ見た位置が求められる。そのため、オブジェクトを見る方向によって、特定される位置が大きく変化する。

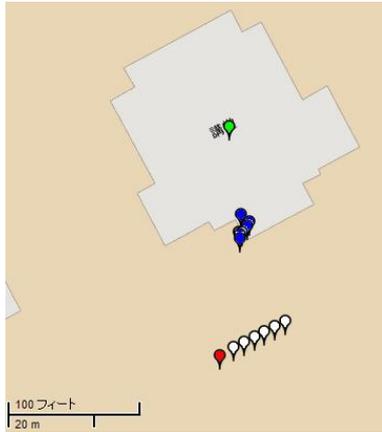


図 7 位置特定によって求められる位置と講堂の中心位置

## 5. まとめと今後の課題

本稿では、空間融合システムを利用した質問回答機能について提案した。空間融合システムを利用した質問回答機能により、質問や質問に対する回答を容易に行うことができる。また、提案内容の一部であるテンプレートマッチングによるオブジェクトの位置特定について評価を行った。

テンプレートマッチングによるオブジェクトの位置特定では、大きさが大きいオブジェクトを対象とするとき、求められる位置がある側面から見た位置になることが判明した。現在の PasQ のコンテンツはオブジェクトに対して全体を見た中心位置に設定されている。そのため、オブジェクト抽出においても、同じように全体を見た中心位置を特定できることが望ましい。こういった位置特定は今後の課題としてあげられる。

また、視界の考慮が現在の PasQ ではされていない。パノラマ写真の位置とコンテンツの位置の距離だけを見て、コンテンツ名の表示・非表示を決定している。そのため、PasQ 上の現在位置と対象オブジェクトの間に障害物があると、その障害部に対して質問があるように見えてしまう。視界を考慮したコンテンツ表示も今後の課題としてあげられる。

また、質問に対して回答が得られるかどうかはわからない。例えば、Q&A サイトなどでは回答することでポイントが得られるなどの回答に対するメリットが存在する。今後システムを開発し、実験を行うことで、回答のメリットの必要性についても検証する必要がある。

## 謝 辞

本研究の一部は科学研究費補助金基盤研究 C(#20500099) によるものである。

## 文 献

- [1] 松村, 濱野, 佐藤, 岡本, 劉, 横田: “空間融合型の歩行者支援モデル”, 第 1 回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム (DEIM2009) (2009).
- [2] 池田, 國島, 横田: “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, 5, 1, pp. 97-100 (2006).