

全方位映像の 2.5 次元俯瞰表示による広域管理

宇都木 契[†] 小林 美保[†] 荒 宏視[†]

概要：工場や倉庫、店舗など、広域空間の状況管理のため、3Dマップに複数の全方位カメラの映像情報をマッピングする画面デザインについて発表する。提案手法では、複数の全方位画像を三次元環境内の仮想スクリーンにマッピングすることで、環境の一望俯瞰が直感的に行なう画面を構築する。この手法はシンプルな実装で実現可能であり、時間変化を伴う全体状況を俯瞰するための使い勝手の良いUIを提供する。

Monitoring System Using Multiple Spherical Images

KEI UTSUGI[†] MIHO KOBAYASHI[†] KOJI ARA[†]

Abstract: In this article, we introduce 'the multi-perspective dome projection method', which monitors huge indoor space by using multiple spherical cameras. Our proposed method consists of a three-dimensional map and spherical images and movies projected into multiple virtual cylindrical screens in the map. The method enables interactive scene representation by simple implementation.

1. はじめに

本発表では、複数の全方位カメラの映像情報を元に、広域の屋内空間の状況を提示するインタラクティブな画面構築する手法を紹介する。本提案手法では、三次元マップの画面内に筒状の投影スクリーンを複数配置してその上に全方位画像をマッピングする。三次元再構築よりも簡便かつ低コストでリアルタイムな処理も実現可能という実用性の高さが特徴である。

1.1 本稿の構成

第2章では過去の関連研究としてマルチカメラを用いた環境の俯瞰方法のニーズと関連する従来技法を比較検討し、本手法の狙いを説明する。第3章で提案手法であるマルチパースペクティブを用いた表現のコンセプトについてのべ、4章ではこの適用事例を紹介する。第5章ではまとめと今後の方針について記載する。

2. 関連研究

関連研究としてカメラ映像の情報を用いて、広域空間の物理状況を可視化する問題を取り扱う。ここでは議論整理のため、高い位置においた視点から俯瞰する表現の例を俯瞰型三人称、人間の視点高さから状況を見る表現の例を没入型一人称と呼ぶ。前者は空間全体の把握に向いた表示方法で、各場所の局所状況の確認には後者が用いられる。

俯瞰型の三人称映像を構築するもっとも直裁的な方法は、映像情報や空間計測情報から環境の三次元モデルを再構築することである。このパターンとして市街地環境の3Dモデルなどが構築された例[1][2]がある。だが、計測と再構築計算が高コストになるため、現時点ではリアルタイムな

モニタリングなどの運用は実用的に難しい。

一方、近年増加しつつある全方位カメラ等を用い、インタラクティブな見回し[3]を伴う没入型一人称の運用例も増えている[4][5]。全方位カメラが撮影した観察点を視点位置として選び見回すことが出来る。先行研究[4][5]では、この観察点を"Bubble"と呼んでいる。このような画像ベースの状況確認は、臨場感も高く、詳細状況の把握にも向いている。その一方、自分が見ている場所が全体空間の中でどの位置なのか背景コンテキストの理解が困難になる傾向がある。

本発表で提案する映像提示手法は、この二つの表現をつなぎ合わせて、空間の状況を俯瞰的に見てコンテキスト全体を理解するモードと、没入的に状況を確認するモードをシームレスに連結する表現を特徴としている。また、3Dマップ内に配置された簡易3Dモデルによって、観察点からみた映像に情報を追加するAR的效果も兼ね備えている。

3. 提案手法:マルチパースペクティブ投影表現

3.1 手法の概要

提案システムは主に三次元マップと全方位画像から構成される。撮影点の周囲に、仮想的なスクリーンオブジェクトを配置し、表示を行なう。このように複数のBubbleを3Dマップ上に配置する表現をマルチパースペクティブ投影表現(MP表現)と呼び、映像を投影するオブジェクトを仮想スクリーンと呼ぶ。

図1はこの仮想スクリーンの形状を円筒型にして表示した例である。この表現ではマップ観察の視点位置ではなく各撮影地点での視聴風景が並ぶ、擬似的な俯瞰映像が示される。また3Dマップの描画視点位置を特定の一つのBubbleの中心位置に併せて観察すると見回し表示[4]に近い表現となり、この仮想的なスクリーンとして被写体付近

[†]1 (株)日立製作所
Hitachi Ltd.

の平面を選ぶと、先行研究[5]に近い表現となる。

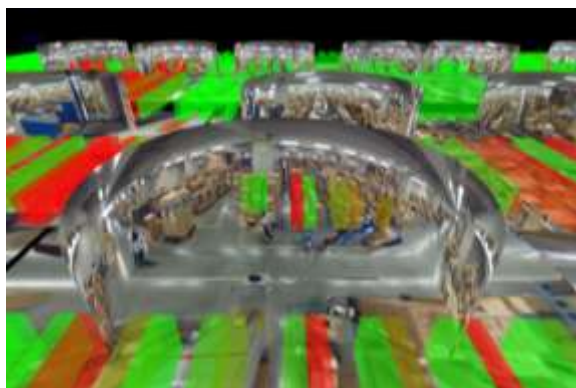


図 1 円筒状スクリーンによる映像の提示例

Figure 1. Proposed method using cylindrical screen.

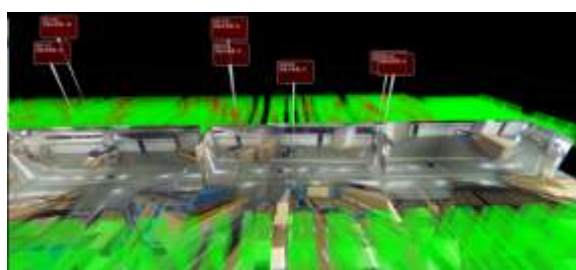


図 2 方形状スクリーンによる映像の提示例

Figure 2. Proposed method using rectangle screen.



図 3 観察点付近からの表示例

Figure 3. Display image observed from center of “bubble”.

3.2 映像のマッピング

図 4 に仮想スクリーンと投影方法の基本例を示す。三次元マップ上での各撮影点に相当する地点を点 p とする。各点 p の周囲に投影用の筒形状の仮想スクリーン面を 3D オブジェクトとして配置し、スクリーン面の内側に、全方位画像の映像を投影表示する。仮想スクリーンの外側は非表示かまたは薄い透明度で描画を行なう。このようなデザインにすることで、撮影点付近では映像とその方向を併せて理解することが出来るようになる。

三次元マップ内には、複数の仮想スクリーンを配置するので、一つの被写体が複数の仮想スクリーン上にそれぞれ像をもつ事もある。

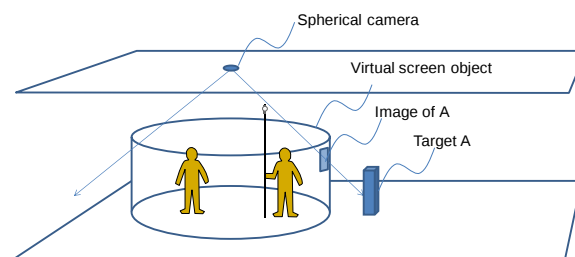


図 4 柱形状への投影

Figure 4. Projected image onto cylindrical screen.

半球面または全球面画像から、撮影点を中心とした方向に対応する画像色情報のテクスチャマッピング処理を行う。このテクスチャは筒形状の内側にのみ描画し、外側は透過状態にする。この手法では 180 度を超える高視野角の映像を見ることができ、また映像と三次元位置の対応が理解しやすい。

3.3 視点位置のインタラクション

本システムでは視点位置移動の基本的な UI 操作方法として、以下の二種類を提供する。

注目視点の選択

俯瞰状態で任意の撮影点を選択する(図 3)。当該カメラの撮影点を、レンダリングの中心となるようにカメラパラメータを移動させる。

角度と距離の制御

選択した撮影点を中心として、視線方向の回転と、視距離の調整を行う。また、注目すべき対象物があらかじめ位置が決まっている場合、後述のプリセット操作を用いることも出来る。

3.4 スクリーン形状の比較と変形

本手法では、視聴の対象と用途に応じて仮想スクリーンの形状を変化させることで、目的に応じた映像を提供する。以下に、代表的な形状と特徴を述べる。

円筒形状

円筒形状を用いた場合には、各仮想スクリーンにおいて横方向 180 度の広視野角の映像が視聴可能となる。この場合、画像上に大きな歪みが生まれるが、仮想スクリーンの形状が認識可能なため状況を理解しやすく、また注目する特定の被写体を歪の少ない表示領域である前方に移動させるインタラクションが可能である。

床面形状

床平面への映像投影は、上方向からの俯瞰状態で、移動物体の存在を確認する場合に効果的な表現となる。平面モザイクと同様に、カメラの存在位置から離れた物体は大きな歪を見せることになる。

方形形状

平面状に並んだ棚の状況確認など、対象の位置があらかじめ定まっている場合には、仮想オブジェクトの投影面を当該位置に配置すると、三次元再構築されたように歪

みの少ない映像を視聴することが出来る。ただし、その棚の前を通り過ぎる人間など、想定される面と一致していないイレギュラーな物体ははずんだ像として写ることになる。また多角形の角における映像は大きな歪みを見せる。

複合形状

また、これらの形状特性を組み合わせることも出来る。図 5 は円筒形状の一部を平面形状で置き換えた例である。注視対象となる箇所を平面で定義して三次元オブジェクトの関係を分かりやすく示すと同時に、それ以外の箇所については広角を見渡すことに適した円筒形状を用いている。

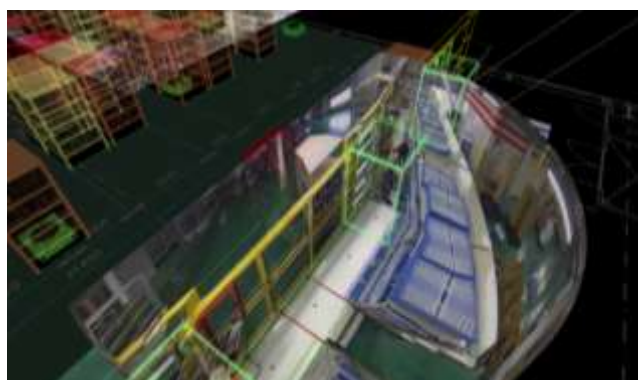


図 5 複合形状の利用例

Figure 5. Proposed method with general convex screen.

3.5 プリセット設定

あらかじめ視聴する可能性の高い対象の位置が決まっている場合には、選択カメラと角度、及び適切なスクリーン形状をセットとして登録しておき、その設定を呼び出す操作をまとめてある。この際、プリセット設定に至る視点位置とスクリーンの変化過程をアニメーションとして再生することによって、全体環境と映像の観察個所の関係性が直感的に示される。

3.6 手法の効果

複数のカメラ映像を並べただけの表現や、インタラクティブな見回し表示などの一人称的な表現では、環境の絶対座標系でのカメラと被写体の位置関係を直感的に理解することが難しい。提案手法では、三次元マップと各撮影画像の位置と方向が一致するため、画像の向きや画像内の被写体の位置関係が理解しやすくなる。また各カメラの撮影位置と被写体を同時に視聴するため、俯瞰的な位置に置いた視点を連続的なアニメーションで移動させると、各カメラに写った被写体の存在位置や視聴角度の関係を把握することが容易となる。この全方位画像間の関係把握は、特に画像をまたがった移動体の行動軌跡を確認する目的に効果を発揮する。

また環境を三次元再構築する手法と比較すると、映像生成コストが低い点と、奥行き情報の精度不足による映像の

異常な変形が発生しないため、安定して映像が視聴できる点が長所である。また、MP 映像表現では複数の視点位置の画像を一度に眺めることにより、3 次元的に正確な再現では本来見えなくなるアングルからの映像が一度に視聴でき、シーンが理解しやすくなる効果もある。

4. 運用例

本提案手法をベースとして、物流倉庫の環境を可視化するインタフェースのプロトタイプを開発した。本章ではこの開発内容について説明する。

4.1 運用例：情報コックピットへの俯瞰状況追加

提案手法に基づいて物流倉庫の状況把握と分析を目的として、情報管理を行なうシステムを試作した。このシステムでは、生産性などの分析情報結果と、現場の物理状況の俯瞰を連結した画面を提供する。CAD 図面から作成した三次元モデルと提案手法の全方位画像で構成される。三次元モデルで構成されたマップ部分に、業務情報の KPI を反映し、該当時刻の物理状況を表す映像と合わせて視聴することで、広域の屋内空間の状況を直観的かつインタラクティブに可視化する。このような現場情報と分析情報を融合した状況管理画面を「実世界志向コックピット」と呼んでいる。実世界志向コックピットでは、業務状況を管理・分析するための各種指標と、物理的状況を確認する映像を一つの画面に収め、問題の発見から、詳細状況と事象理由の把握を行って指示を実施するまでの工程を連続的に実施することを目標として構築されている。

4.2 ハードウェアと実装例

研究対象とした倉庫は、数十名の作業者が活動する縦横数百メートルの広域空間であり、各種の作業最適化の研究[6]が行なわれている。図 6 に、この倉庫内に設置した各種設備を示す。コックピットは Web アプリケーションとして動作し、図 6 の三面大型ディスプレイに情報が表示される。施設天井に設置された全方位カメラによる定点観測画像などを組み合わせて、計 33 箇所の観測点で擬似的な俯瞰画像を構築した。



図 6 表示システムの例 [7]

Figure 6. Monitoring system of warehouse [7]

4.3 デモンストレーション環境

本シンポジウムインタラクショナル 2016 では、提案手法を用いたシステムのデモ展示を行い、インタラクティブに状況の確認を体感できる環境を設置する予定となっている。

5. まとめ

本発表では、全方位映像を用いた議事俯瞰表示デザインの実施例について発表し、具体事例のデモ展示を行なう。提案手法は、複数の全方位画像を三次元環境内の仮想スクリーンにマッピングすることで、環境の一望俯瞰が直感的に行なう画面を構築する。時間変化を含めて全体を俯瞰することのできるUIを提供する。

参考文献

- 1) Lisle, J. Richard: Google Earth: a new geological resource; *Geology today* 22.1 p.p. 29-32. (2006)
- 2) S. Agarwal, Sameer et al: Building rome in a day; *Communications of the ACM* Vol.54 No.10, pp105-112, (2011)
- 3) S. Chen et. al.: Quicktime VR: An image based approach to virtual environment navigation; *SIGGRAPH* 95, (1995).
- 4) D. Anguelov et al.: Google Street View: Capturing the world at street level; *Computer* Vol.6 pp.32-38. (2010)
- 5) Kopf, Johannes, et al. Street slide: browsing street level imagery." *ACM TOG*. Vol. 29. No. 4. (2010)
- 6) 多田 和子: 倉庫の渋滞解消に AI 活用, 生産性を最大 10%向上させた日立, 特集「アルゴリズムは現場が磨く」(1); <http://business.nikkeibp.co.jp/atclbdt/15/258673/080500014/>, 日経 BigData (2015)
- 7) 日立物流: 先端物流システムの活用事例紹介, ロジスティクスソリューションフェア 2015, (2015), <http://www.hitachi-hbsoft.co.jp/news/20150624.html>

謝辞 本研究の実証実験は日立物流の協力の下に行なわれた。本研究にご協力頂いた関係者に、謹んで感謝の意を表する。

著者紹介



宇都木 契 (正会員)

2000 年 3 月東京大学計数工学専攻修士課程修了。同年 4 月に日立製作所に入社、同社システム開発研究所勤務。現在、日立製作所中央研究所に勤務。

2011 年東京大学学際情報学府にて博士号(学際)を取得。大画面表示や立体ディスプレイを用いた情報可視化の研究業務に従事。



小林 美保

2002 年 3 月東北大学情報科学研究科情報基礎科学専攻修士課程修了。同年 4 月に日立製作所に入社、同社システム開発研究所勤務。現在、日立製作所東京社会イノベーション協創センタ勤務。

可視化・UI 技術を活用したデータ理解と分析支援の研究業務に従事。



荒宏 視 (正会員)

1998 年 3 月早稲田大学理工学研究科電子情報通信工学専攻修士課程修了。同年 4 月に日立製作所に入社、同社中央研究所勤務。現在、日立製作所中央研究所に勤務。2012 年早稲田大学大

学院基幹理工学研究科にて博士号(工学)を取得。サービス革新のための大量データ活用・人工知能・可視化技術の研究に従事。