

# 博士論文要旨

## 論文題名：実世界を対象とした時空間映像データの 高度利用システムに関する研究

立命館大学大学院情報理工学研究科  
情報理工学専攻博士課程後期課程

ヤマザキ ケント  
山崎賢人

将来、いたるところに設置された監視カメラや自動車の車載カメラなどによって、実世界を観測した映像が常時記録される社会が訪れようとしている。今後も我々の暮らす社会に存在するカメラの数は、増加の一途をたどるであろう。増加するのはカメラだけではない。近年の自動運転を見据えた自動車には、実世界を2次元的に観測するカメラだけでなく、3次元的に観測するLiDARが搭載されている。この一例からも実世界を常時観測するセンサは多種多様化することは必須である。さらに、今までカメラから得られる映像はクローズドなデータとして、カメラの所有者などの特定の組織でのみ活用されてきた。しかし、近年ではオープンデータ化の機運が高まっている。

これらの背景から、街中に多種多様なセンサが遍在する社会において、得られた観測データはオープンデータ化する時代が来ると予想できる。本研究では、先見した社会を見据え、これらの観測データをオープンデータとして収集・蓄積するアプリケーションフレームワークSIGMA(Spatiotemporal Images with Generalized Management Architecture)の研究開発に着手した。本論文では、SIGMAフレームワークの設計と実装について述べるとともに、本フレームワークを用いた観測データの高度な利用についても述べる。

本フレームワークの開発目標は、時間的かつ空間的に遍在する大量の観測データを一元管理し、ネットワークを介して様々なアプリケーションで利用可能にする仕組みを提供することである。この観測データを本研究では時空間映像データと称した。時空間映像データを共有するために、主に登録・蓄積・検索・利用の4つの機構を検討してきた。この4つの機構の中でも本フレームワークを実現する上で核となる機構のひとつである検索機構“SIGMA Retriever”を設計し、時空間映像データに対して、センサの特徴を活かした検索手法を提案を試みた。ただしセンサは多種多様であり、全てを網羅するようにシステムを構築することは不可能である。そのため、センサをカメラに限定した。また、利用方法は多視点幾何を用いたコンテンツ生成手法であるイメージベースドモデリング・レンダリング(Image-based Modeling and Rendering; IBMR)を想定しているため、一般的なIBMRを概観し、これらの処理の流れを抽象化した上で、検索手法を体系的にまとめた後に、カメラで撮影した画像に対して、カメラの特徴を活かした検索手法を提案するとともに、それを可能とするデータベースの設計した。設計した検索手法は鎌倉駅旧駅舎時計台を撮影した画

像を蓄積したデータベースから **IBMR** の例である **3D** モデルやパノラマ画像の生成に必要な画像を抽出することで、有用性を確認した。

同時に、本論文ではシステム設計からのアプローチだけではなく、利用方法からのアプローチについても検討している。利用方法の一例として、視野角によって生じる死角と遮蔽物によって生じる死角を、複数視点のカメラ映像を接合することで同時に解消する画像接合手法を提案する。視野角によって生じる死角は特殊な光学系を採用する方法や複数視点からのカメラ画像を接合する方法などで解消できる。一方、遮蔽物によって生じる死角については、隠背景を観測して、遮蔽物が占める領域に投影・合成する隠消現実感技術によって解消できる。しかし、これらの死角は同時に発生し得るため、各々を個別に解決すると非効率になる可能性がある。そこで本研究では、画像接合技術と隠消現実感技術に共通する考え方を整理し、両者を同時に解決する手法について検討した。その結果、画像接合のための境界線決定時に、遮蔽物を基に生成したマスク画像を用いることで、広視野画像から遮蔽物を除去した画像を生成できることを確認した。

最後に、生成したパノラマ画像中の外灯に対して、試作した **SIGMA** フレームワークを用いて、隠背景画像を検索し、外灯を視覚的に除去できることも確認した。

# **Abstract of Doctoral Dissertation**

## **Title : System for Advanced Use of the Spatiotemporal Imagery Data in the Real World**

Doctoral Program in Advanced Information Science and Engineering  
Graduate School of Information Science and Engineering  
Ritsumeikan University

ヤマザキ ケント  
YAMAZAKI Kento

In the future, I will live in a society in which images of the real world are constantly being recorded by surveillance cameras installed everywhere and in-vehicle cameras in automobiles. The number of cameras in our society will continue to increase in the future. However, it is not only the number of cameras that will increase. In recent years, cars that are designed for automated driving are equipped with not only cameras that observe the real world in two dimensions, but also LiDAR that observes it in three dimensions. This example shows that it is essential to have a wide variety of sensors to constantly observe the real world. Furthermore, until now, images obtained from cameras have been used as closed data only by specific organizations such as the owner of the camera. In recent years, however, there has been a growing trend toward open data.

With this background, I can expect that the era of open data will come in a society where a wide variety of sensors are ubiquitous in the city. In this research, I have started development of an application framework SIGMA (Spatiotemporal Images with Generalized Management Architecture), which collects and stores observation data as open data. In this paper, I describe the development of SIGMA. In this dissertation, I describe the design and implementation of the SIGMA framework, and the advanced use of observation data using this framework.

The goal of this framework is to provide a mechanism to centrally manage a large amount of observation data that is spatially and temporally ubiquitous, and to make it available to various applications via networks. This observation data is called "spatiotemporal imagery data" in this research. In order to share the spatiotemporal imagery data, I have studied four main mechanisms: registration, storage, retrieval, and utilization. I designed a retrieval mechanism "SIGMA Retriever", which is one of the core mechanisms to realize our framework, and attempted to propose a retrieval method

for spatiotemporal imagery data using the characteristics of sensors. However, there are many kinds of sensors, and it is impossible to construct a system that covers all of them. Therefore, I limited the sensors to cameras. The proposed method is based on image-based modeling and rendering (IBMR), which is a content generation method using multi-view geometry. After systematically summarizing the methods, I proposed a retrieval method for images captured by a camera that takes advantage of the features of the camera, and designed a database that enables the method. The usefulness of the designed retrieval method was confirmed by extracting images necessary for generating 3D models and panoramic images, which are examples of IBMR, from a database of images taken of the clock tower of the old Kamakura Station.

Simultaneously, in this dissertation, I study not only the approach from the system design perspective but also the approach from the usage perspective. As an example, I propose a photo stitching method to solve two kinds of blind spots on a camera image at the same time. Blind spots due to the viewing angle can be eliminated by employing a special optical system or by stitching multiple viewpoint images. On the other hand, blind spots due to occluding objects can be eliminated by diminished reality (DR) technology, which visualizes occluded areas by replacing occluding objects with hidden area images. However, these blind spots could occur at the same time, so that it is inefficient to solve two problems separately. Therefore, I considered a method for solving both types of blind spots simultaneously by extracting common ideas between photo stitching and DR technologies. As a result, I found that the method which defines stitching seams with a mask images of occluding objects can generate a wide-field image without occluding objects.

Finally, I used the prototype SIGMA framework to search for hidden background images for the exterior lights in the generated panoramic images, and confirmed that the exterior lights can be visually removed.