

江別市の歴史的建造物の空撮による
デジタルアーカイブ化とLODによる情報発信

長尾 光悦 齋藤 一

北海道情報大学

Digital Archive of Historic Buildings in Ebetsu City by Aerial
Shoot and Information Transmission by LOD

Mitsuyoshi NAGAO and Hajime SAITO

Hokkaido Information University

平成28年11月

北海道情報大学紀要 第28巻 第1号別刷

〈研究ノート〉

江別市の歴史的建造物の空撮による デジタルアーカイブ化と LOD による情報発信

長尾光悦* 齋藤 一†

Digital Archive of Historic Buildings in Ebetsu City by Aerial Shoot and Information Transmission by LOD

Mitsuyoshi NAGAO* Hajime SAITO†

要旨

本研究では、小型 UAV を利用した空撮による歴史的建造物のデジタルアーカイブ化を行う。高精細カメラを搭載した小型 UAV (Unmanned Aerial Vehicle) を利用した空撮を行うことにより、効果的に歴史的建造物のデジタルアーカイブ化を行う。更に、撮影したデジタルアーカイブデータと共に歴史的建造物に関する情報を LOD (Linked Open Data) に基づき発信する。LOD に基づき歴史的建造物に関する情報を公開・発信することによって、他の情報と連携した新たなコンテンツを生成することが可能となる。

Abstract

In this paper, we perform digital archive for historic buildings by filming from the air using small UAV. We realize effective digital archive of historic buildings by using UAV having high-definition digital video camera. Moreover, we transmit the information about historic buildings including digital archive data on the basis of LOD. New contents can be made by combining other LOD information because LOD is a framework for sharing information in a format which computer can easily process.

キーワード

歴史的建造物 (Historic building) 空撮 (Aerial shoot) UAV LOD

* 北海道情報大学経営情報学部システム情報学科教授, Professor, Department of Systems and Informatics, HIU

† 北海道情報大学情報メディア学部情報メディア学科准教授, Associate Professor, Dept. of Information Media, HIU

1. はじめに

近年、美術館や博物館において、収蔵品のデジタルアーカイブ化が進められている。収蔵品をデジタルアーカイブ化することによって、時間や地理的な制約を受けずに収蔵品を鑑賞することが可能な環境が実現可能になるだけでなく、経年劣化が避けられない美術品などを後世に継承していくことができる。

その一方で、屋外に存在し、経年劣化が激しい歴史的建造物については、その大きさの問題等からデジタルアーカイブ化を実施している事例は少ない。その中で、山田らは、産業遺産として知られる横須賀市浦賀地区に存在する浦賀船渠をレーザレンジスキャナによりデジタルデータ化している[1]。また、大石らは、デジタルレンジスキャナにより奈良の大仏のCG化を行っている[2]。更に、内藤は、旧帝国ホテルライト館をデジタル写真によりデジタルアーカイブ化する試みを行っている[3]。

地域には後世に残すべき歴史的建造物が多々存在し、これらを高精細なデジタルデータとして保存することが必要であると考えられるが、現在、手がつけられていないのが現状である。北海道情報大学が存在する江別市にも北海道林木育種場旧庁舎、旧ヒダ工場、旧岡田倉庫、野幌屯田兵第二中隊本部、旧北陸銀行江別支店など歴史的に価値の高い建築物が多々存在しているが、これらのデジタルアーカイブ化は行われていない。

本研究では、小型 UAV を利用した空撮による歴史的建造物のデジタルアーカイブ化を試みる。小型 UAV (Unmanned Aerial Vehicle) は、マルチコプターやドローンの呼称で知られる近年注目されている技術の一つである。これは、法律整備などの問題もあるが、その技術的価値の高さから多く

の分野で利用や応用が実施され始めている。例えば、河川環境のモニタリング、アクセス困難地の地形変化調査、樹木系果実の収穫予測のためのデータ収集などが小型 UAV により行われている[4][5][6]。また、小型 UAV を利用して産業遺産や遺跡を撮影する取り組みが、近年、少数ではあるが実施されつつある[7]。

歴史的建造物のデジタルアーカイブとしては、多様な角度から高精細な情報を提示可能とすることが必要であると考えられる。そこで、本研究においては、高精細カメラを搭載した小型 UAV を利用した空撮を行うことにより、4K に対応した歴史的建造物のデジタルアーカイブ化を実施する。

更に、本研究では、撮影したデジタルアーカイブデータと共に歴史的建造物に関する情報を LOD (Linked Open Data) に基づき発信する。LOD は、Web の情報を意味的に関連づけて、直接的に関連する情報を迎えるようにする技術である。LOD に基づき歴史的建造物に関する情報を公開・発信することによって、歴史的建造物に関する情報を効果的に公開・提供できるだけでなく、他の情報と連携させることにより、新たなコンテンツの実現も可能となる。

2. 江別市における歴史的建造物

江別市にはデジタルアーカイブデータとして後世に残すべき歴史的建造物が多々存在する。以下、本研究においてデジタルアーカイブ化の対象とした二つの歴史的建造物について記述する。

2-1 旧ヒダ工場

江別市は、レンガの生産地として知られており、市内にはレンガ造りの建造物が数多く存在する。その中で、旧ヒダ工場は、江別市東野幌にある平成 10 年に自主廃業した窯業



図1 旧ヒダ工場（改修中）



図2 北海道林木育種旧庁舎

会社「株式会社ヒダ」の工場跡である。旧ヒダ工場は、その構造にレンガを使用している建造物であり、江別を代表する歴史的建造物の一つである。また、窯業の歴史と歴史的レンガ建造物を保存するため、市によって保存事業が行われているものである。これまでは歴史的建造物として保存されていたが、平成28年3月から建物の形状を残したまま、江別市の魅力を伝えるための商業施設 EBRI（アプリ）として新たに利活用が開始されている。図1に旧ヒダ工場の外観を示す。図1は、EBRIとしてオープンする前の改修工事中的のものである。

2-2 北海道林木育種場旧庁舎

北海道林木育種旧庁舎は、江別市文京台に存在する昭和2年に建築され庁舎として利用されていた歴史的建造物である。この建造物は、石材と木材を巧みに組み合わせたハーフティンバーという構造、外観を持った歴史的建造物であり、建築当時の状態が多く残っているものである。大正、昭和初期の庁舎建築物の中で現存するものが少ない点から価値が高く、更に、明治年代から野幌国有林において北海道林業に係わる研究が広く行われており、昭和年代には林業研究の要となっていたことから、江別市の歴史的背景を特徴づける上でも重要性の高い建築物である。図2に北海道林木育種場旧庁舎の外観を示す。

3. LOD

本研究では、歴史的建造物に関する情報を LOD に基づき情報発信する。LODとは、セマンティック Web 技術のひとつで、Web上でコンピュータが処理可能なデータを普及させるための技術である。WWWの考案者であるティム・バーナーズ・リーは、LODの原則を、「あらゆるデータの識別子としてURIを利用する」、「識別子には HTTP URI を使用し、参照やアクセスを可能にする」、「URI にアクセスされた際には有用な情報を標準的なフォーマット（RDF 等）で提供する」、「データには他の情報源における関連情報へのリンクを含め、ウェブ上の情報発見を支援する」と定義している[8]。

近年、政府や自治体が公共のデータをオープンデータとして公開するために LOD を利用する事例が増えている。例えば、横浜市が、イベントや施設等に関する情報を LOD により情報発信している[9]。また、函館の観光地情報を LOD 化する試みや北海道の観光に関する情報を LOD 化する試みが行われている[10][11]。

情報を LOD として発信することで、異なる多様なデータを相互にリンク・共有し、新たな情報を生成することが可能となる。

4. 空撮による歴史的建造物のデジタルアーカイブ化

4-1 使用機材

本研究では、空撮による歴史的建造物のデジタルアーカイブ化を実施するにあたり、空撮機材として DJI 社が販売する民生用マルチコプターである Inspire1 を採用した。Inspire1 は、縦 438 ミリ、横 451 ミリ、高さ 301 ミリの大きさの無人自動空撮システムであり、機体、及び、送信機から構成される。機体は、最大で約 18 分間の飛行が可能であり、GPS に基づく位置制御機構の搭載、最大風速抵抗 10m/秒と安定した飛行が可能である。更に、Sony 社製 CMOS センサー EXMOR1/2.3 を搭載しており、高精細な静止画、及び、4K に対応した動画を撮影することが可能である。送信機は、最大通信距離が 2km であり、タブレット端末と組み合わせ、飛行状況、及び、撮影状況を確認しながらの空撮が可能となっている。Inspire1 の概観を図 3 に示す。



図 3 空撮用機材の外観



図 4 撮影の様子

4-2 空撮の実施

本研究では、平成 27 年 10 月 22 日に、旧ヒダ工場、及び、北海道林木育種場旧庁舎の空撮を実施した。また、空撮は、事前に関係機関から許可を得た後に実施した。撮影日である平成 27 年 10 月 22 日は、我が国において「ドローンやラジコン等を含む無人航空機に関して航空法の一部を改正する法律」が施行された平成 27 年 12 月 10 日より前である。法律施行後、旧ヒダ工場近隣は飛行禁止区域に指定されている。

撮影日は、上記の法律が施行される前であり、空撮を実施することが可能であった。しかしながら、旧ヒダ工場は、鉄道路線沿いに存在し、北海道林木育種旧庁舎は近隣に住宅地が存在している。本研究で採用している Inspire1 は、安定した飛行が可能ではあるが、風などの影響により突発的に意図しない挙動

を起こす可能性は否定できない。そのため、安全対策として 25m の飛行高度上限の設定、機体の上下のみの移動制限、機体への安全紐の設置を行った上で撮影を行った。撮影の様子を図 4 に示す。また、撮影された建造物の空撮データ例を図 5 に示す。図 5 における上図が、旧ヒダ工場、下図が北海道林木育種旧庁舎の空撮データ例である。

5. LOD に基づく歴史的建造物の情報発信

5-1 データの RDF 化

本研究では、撮影したデジタルアーカイブデータの利活用を意図し、空撮データを含む歴史的建造物に関する情報を LOD に基づき発信する。歴史的建造物の情報を LOD により



図5 歴史的建造物の空撮データ例

発信するためには、データの RDF 化を行う必要がある。RDF (Resource Description Framework) は、データモデルの一つであり、XML と呼ばれるマークアップ言語によって情報に関する情報を記述することが可能な規格である。

本研究では、歴史的建造物のために必要であると考えられる情報を表 1 に基づき RDF 化することとした。表 1 におけるフィールドは、歴史的建造物のための発信情報の項目、スキーマは発信情報のための定義情報を表す。表 1 に示されるように、江別市内だけではなく、他地域の歴史的建造物に関する情報も発信可能となるよう、建造物の緯度経度情報を含む所在情報や、設計者、様式、面積など建築物の詳細情報を設定した。更に、本研究における歴史的建造物の空撮動画データや静止画像データは、高精細なデータのためデータ容量が非常に大きなものとなる。このようなデータを LOD により発信した場合には、データを連携する場合のレスポンスが遅くなり、有効性の低減につながるものと考えた。そこで、本研究では、動画や画像の解像度を低く設定したサンプル動画、及び、サンプル画像を発信し、実際の高精細データについては、

表 1 歴史的建造物の RDF

フィールド	スキーマ
建造物名	Rdfs:label
郵便番号	Schema:postalCode
都道府県	Dbc:prefectures
市	Schema:city
住所	Schema:address
緯度	Geo:lat
経度	Geo:long
建築年 (西暦)	Hiu:opening
設計者	Hiu:designer
文化財区分	Hiu:culturalProperty
登録年月日	Hiu:registrationDate
用途	Hiu:intendedUse
管理者	Dbr:ownership
構造	Dbc:structure
階数	Dbc:floors
様式	Dbc:design
素材	Dbc:building_materials
面積	Dbc:area
建坪	Hiu:building_area
延べ床面積	Hiu:totalFloorSpace
歴史	Dbc:history
図面	Dbc:drawing
立面図	Hiu:elevationDesign
サンプル写真	Hiu:samplePhoto
写真	Schema:photo
サンプル動画	Hiu:SampleMoive
空撮動画	Schema:movie

データが格納されている場所の URL 情報のみを提供し、それに基づきダウンロードを行う形式を採用した。

5-2 SPARQL エンドポイント

歴史的建造物に関する RDF データを、ネットワークを通して入出力可能とするためには SPARQL エンドポイントが必要となる。SPARQL とは、SPARQL Protocol and RDF

Query Language の略で、RDF 形式で記述されたデータを検索・操作するコンピュータ言語のひとつである。これは、2008 年 1 月に W3C によって標準化されたものである。SPARQL による問い合わせは、SQL に似た構文であり、WHERE 句により取得したいパターンを指定し、SELECT 句により WHERE 句内で使用されている変数のうち、取得したい値を参照する変数を指定する。問い合わせのパターンは論理積、論理和、その他様々なパターンの指定が可能である。また、SPARQL エンドポイントは、この SPARQL により RDF の検索・取得を行える WebAPI を指す。

本研究では、SPARQL エンドポイントの構築にあたり Fuseki を利用する。Fuseki は、Apache Jena プロジェクトによって提供された SPARQL エンドポイントを構築するためのオープンソースソフトウェアである。Fuseki は、TDB というデータベースシステムを同梱しており、RDF を格納するための RDF ストアにも対応している。

5-3 LOD サーバ

撮影した歴史的建造物のデジタルアーカイブデータを含む情報を LOD として発信するためのサーバとして、Dell 社製 PowerEdge T320 タワーサーバ（OS:Ubuntu, CPU:Pentium 1403v2 2.6GHz, メモリ:8GB, ハードディスク:500GB）を採用した。図 6 に本サーバを示す。また、ここでは、仮想化技術を利用して LOD サーバを実現している。仮想化のためには、VMware vSphere Hypervisor ESXi5.5、及び、VMware vSphere Client を使用した。vSphere Hypervisor は VMware 社の製品であり、ハイパーバイザ型仮想環境構築ソフトウェアである。LOD は、複数の情報を連携させることにより新しい情報を生み出す技術である。このため、本研究においても、複数の LOD サーバを利用することを想定し、仮想化技術を利用することとし



図 6 LOD サーバ外観

た。これにより、一つの機体内に複数の LOD サーバを実現することが可能となる。収集した空撮データを含め、歴史的建造物に関する情報を RDF 化し、LOD サーバ内に格納した。

6. 動作確認

歴史的建造物のための情報を LOD サーバから引き出すことが可能か否かを確認した。確認にあたり、LOD 用のアプリケーションの構築を行った。更に、引き出した情報を別の LOD サーバへの問い合わせに利用することで、関連性のある情報を取得・表示し、新たなコンテンツが生成可能か否かを確認するためのアプリケーションも構築した。図 7、及び、図 8 に LOD アプリケーション例を示す。

図 7 は、単一の LOD サーバに対してリクエストを送信し、歴史的建造物に関する情報を取得するアプリケーションとその実行例である。図 7 上に示されるように、アプリケーションでは、コード情報、建築物名、住所、サンプル画像、サンプル動画の情報をリクエストしている。その結果、図 7 下に示されるように、旧ヒダ工場、北海道林木育種旧庁舎に関する情報が取得できることが確認された。また、歴史的建造物のための LOD サーバには、テスト用として札幌に存在する歴史的建築物に関する情報が蓄えられている。このため、

Endpoint

Method: GET POST

Query:

```

prefix schema: <http://schema.org/>
prefix rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
prefix hiu: <http://history-bld-lod.do-johodai.ac.jp/>
prefix dbr: <http://dbpedia.org/resource/>
prefix geo: <http://www.w3.org/2003/01/geo/wgs84_pos#>
prefix dbc: <http://dbpedia.org/>

select ?code ?建築物名 ?住所 ?サンプル画像 ?サンプル動画 where {
  ?code rdfs:label ?建築物名 ;
  schema:address ?住所 ;
  hiu:samplePhoto ?サンプル画像 ;
  hiu:sampleMovie ?サンプル動画 ;
} limit 2
    
```


id	建築物名	住所	サンプル画像	サンプル動画
http://history-bld-lod-do-johodai-ac.jp/od/	旧三子工場	東野町町田5番地4-1		
http://history-bld-lod-do-johodai-ac.jp/od/	北海道庁本庁舎旧庁舎庁舎	支庁庁舎旧庁舎		
http://history-bld-lod-do-johodai-ac.jp/od/	札幌時計台	中央区南一条西1丁目1-1		

図 7 LOD アプリケーション例

図 7 下の三つ目の項目として札幌時計台に関する情報が表示されている。

図 8 は、異なる二つの LOD サーバを利用し、情報連携が可能かを検証するためのアプリケーション例である。ここでは、北海道の代表的な観光地に関する情報を格納している LOD サーバを別に用意し、これに対して江別市に存在する観光地の情報をリクエストする。続いて、この江別市の観光地に関する情報を利用し、歴史的建造物の LOD サーバに対して、江別市に存在する建築物の情報をリクエストするものである。図 8 下から確認されるように、まず、観光地情報を蓄えている LOD サーバから江別市に存在する観光地であるセラミックアートセンターとトンデンファームの情

報が取得、表示されている。その後、江別市の歴史的建造物に関する情報が表示されている。ここでは、江別市に存在する建造物の情報をリクエストしているため、図 7 に示されたように、札幌時計台の情報は表示されない。これらの結果から、本研究における歴史的建造物のデジタルアーカイブ情報を LOD に基づき発信・取得可能であることが確認された。更に、複数の LOD サーバを利用することにより情報連携が可能であることも確認された。

7. おわりに

Query for Historical Buildings

```

prefix rdfs: <http://www.w3.org/2000/01/rdf-schema#>
prefix schema: <http://schema.org/>
prefix dbc: <http://dbpedia.org/>
prefix hiu: <http://hiu-lod2.do-johodai.ac.jp/>

select ?code ?観光地名 ?都道府県 ?市 ?住所 ?カテゴリ ?詳細 where {
?code rdfs:label ?観光地名 ;
dbc:prefectures ?都道府県 ;
schema:city ?市 ;
schema:address ?住所 ;
schema:category ?カテゴリ ;
hiu:detail ?詳細 ;
filter regex (?市, "江別") .
} limit 20
    
```

Send

code	観光地名	都道府県	市	住所	カテゴリ	詳細	サムネイル画像	サムネイル動画
http://hiu-lod2.do-johodai.ac.jp/...		
http://hiu-lod2.do-johodai.ac.jp/...		

図8 連携 LOD アプリケーション例

本研究では、歴史的建造物を多種多様な角度から高精細にデジタルアーカイブ化することを目指し、4Kカメラを搭載した小型 UAV を利用したデジタルアーカイブ化を実施した。また、歴史的建造物に関する情報を取得したデジタルアーカイブデータと共に LOD に基づき発信可能かを確認した。

実験結果から、歴史的建造物に関する情報を LOD として発信可能であることが確認された。また、他の LOD データと連携することにより新しい情報を生成可能であることも確認できた。

本研究では、江別市に存在する歴史的建造物として旧ヒダ工場、及び、北海道林木育種旧庁舎の空撮を行い、LOD に基づき情報発信可能かを確認した。しかしながら、江別市には、まだ数多く、デジタルアーカイブとして保存すべき歴史的建造物が存在する。更に、他地域においてもこのような歴史的建造物が

多く存在するため、これら建造物の空撮に基づくデジタルアーカイブ化を実施したい。また、このように収集した情報を LOD として発信することにより、観光等の分野で利活用可能な新たな情報を生み出すことが可能になると考える。これらは今後の課題である。

参考文献

- [1] 山田修, 高瀬裕 (2004) 文化財の三次元デジタルアーカイブの実践的活用に関する事例研究, 人文科学とコンピュータシンポジウム.
- [2] 大石岳史, 増田智仁, 倉爪亮, 池内克史 (2005) 創建期奈良大仏及び大仏殿のデジタル復元, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.10, No.3, pp.429-436.
- [3] 内藤旭恵 (2015) 写真を用いた歴史的現像物のデジタルアーカイブに関する研究

- ー旧帝国ホテルライト館の事例を通して
ー, 静岡産業大学研究紀要, No.17,
pp.285-342.
- [4] 長井正彦, 柴崎亮介, アーメッド アフザル (2009) 無人ヘリコプターによる河川環境モニタリング手法の開発, 水文・水資源学会誌, Vol.22, No.5, pp.401-408.
- [5] 小花和宏之, 早川裕弐, ゴメス クリストファー (2014) UAV 空撮と SfM を用いたアクセス困難値の 3D モデリング, 日本地形学連合機関誌, Vol.35, No.3, pp.283-294.
- [6] 劉子揚, 杉浦巧美, ムハマド ハリス, 苗キ, 石井健登, 延原肇, 清水徳朗, 吉岡照高 (2014) マルチコプターを用いたカンキツ樹木のデジタルマップ・アーカイビングとその育種支援への応用, ロボティクス・メカトロニクス講演会 2014, pp.1P2-V2(1)-(3).
- [7] 鈴木恵二, 山内翔, 川嶋稔夫 (2016) ドローンによる産業遺産・遺跡撮影の試み, 観光情報学会第 13 回研究発表会講演論文集, pp.29-32.
- [8] Tim Berners-Lee (2006) Linked Data -Design Issues, <http://www.w3.org/DesignIssues/LinkedData.html>.
- [9] ヨコハマ・アート・LOD プロジェクト, <http://yan.yafjp.org/lod> (平成 28 年 7 月 4 日参照)
- [10] 奥野拓 (2013) Linked Open Data を用いた地域観光情報コンテンツ活用の試み, 第 8 回観光情報学会研究発表会講演論文集, pp.53-56.
- [11] 斎藤一, 長尾光悦, 諸岡卓真 (2015) LOD (Linked Open Data) による地域情報の発信と活用に関する研究, 北海道情報大学紀要, Vol.27, No.1, pp.113-117.