

デジタルアーカイブのための 3次元オンラインミュージアムの半自動構成

近藤 悠太郎^{†1} 川 嶋 稔 夫^{†1}

地域の歴史的資料を高精度にデジタル化することが可能となったが、大量の歴史的資料を鑑賞に耐える形で公開する手段は十分に検討されて来なかった。本稿では展示のあらすじとなるテキストに対して、メタデータを利用した画像の推薦を行うことで、オンライン3次元ミュージアムの展示をインタラクティブに構成する手法を提案すると共に、試作したシステムについて報告する。

Semi-automatic Construction of 3-D Online Museum for Dirigal Archives

YUTARO KONDO ^{†1} and TOSHIO KAWASHIMA^{†1}

Massive images of a local community are stored in digital archives to record the community history. However, effective exhibition method of these massive images has not been well studied enough for understanding the meanings of the collection. In this paper, we propose an interactive exhibition design method for three-dimensional online museum of massive images using storyline based recommendation approach.

1. はじめに

近年はデジタルアーカイブの試みが盛んに行われており、記録した資料を広く市民にむけてインターネットで公開する例も出てきている。しかし現状のデジタルアーカイブの公開には2点の問題があり、有効に活用されているとは言えないと考えられる。

1点目の問題は、デジタルアーカイブが公開されていたとしても、資料を俯瞰的に鑑賞したり、複数の資料を相互に見比べたりする手段が乏しいことである。デジタルアーカイブの公開にはWebサイトが広く利用されているが、これらのサイトはアーカイブの内容の一覧が記されたページから、鑑賞したい資料の詳細ページに進み、個別の資料を鑑賞する形態が一般的である。これでは利用者は興味がある資料を一覧ページの内容から判断しなければならないが、デジタル化された資料は膨大な数に登ることが予想され、興味のある資料を探すのは手間がかかるし、細部を見られれば興味が沸くかもしれない資料は見逃されてしまう可能性が高い。また複数の資料を見比べようにも、同じ手順を何度も繰り返す必要があり、現実的ではない。つまりアーカイブの公開には、資料を俯瞰した上で、個々の資料の細部に至る鑑賞を手間なく行える仕組みが必要である。

2点目の問題は、個々の資料が文脈を帯びずに独立した状態で提示されていることである。それらの資料は分類され目録順に並べられているか、キーワード検索によって検索結果として一覧されるだけで、デジタルアーカイブが一般に向けて公開されたとしても、まとまった展示物に対して、知識のないユーザが気軽にアクセスし、鑑賞できる形で公開されているとは言えない。これを補うために一般のミュージアムでは、キュレーターが個々の展示物があるストーリーの中でどのような意味持つか解説を加えることで、一般の利用者でも多くの展示物に触れ、アーカイブの内容を理解できるようにしている。デジタルアーカイブを公開していく場合も、個々の資料を個別に公開するだけに止まらず、現実のミュージアムにおいてキュレーターが構成した展示のように、資料相互の関係を明かにし個々の資料を引き立たせる有機的なストーリーが不可欠である。しかし、デジタルアーカイブにおいて展示すべき資料の数は数千点、数万点に及ぶことが考えられ、しかも資料のデジタル化により日々多くなっていくため、これらをすべてキュレーターの手で構成するのは難しい。何らかの形で展示の構成を自動的に行う必要性がある。

本稿では、これらの問題を解決し大規模なデジタルアーカイブを効率的に公開してゆくための手法を提案する。まず鑑賞のためのシステムとして、俯瞰的な鑑賞から資料の細部に至る鑑賞までが自在に行える3次元オンラインミュージアムを用いる。加えて実際の博物館・美術館における展示が構成される過程を参考に、展示対象全体に関連する書籍等のテキストを元に、データベースから展示する資料の推薦を行うことで、半自動的にミュージアムの展示を構成する。この手法に基づいて地域を記述した一般向け書籍「函館町物語」のテキストに対してデジタルアーカイブ「函館の絵葉書」の画像を推薦してミュージアムの構成を試みたので、その結果について述べる。

^{†1} 公立はこだて未来大学
Future University-Hakodate

2. アプローチ

この節では、実際のミュージアムにおいて展示が構成されるまでの過程を参考に、システムによってデジタルミュージアムを構成する方法を考える。続いてデジタルアーカイブのための望ましい鑑賞システムと、著者らの作成したミュージアムシステムについて説明し、ミュージアムを構成するための具体的なアルゴリズムについて述べる。

2.1 実際のミュージアムの構成方法

実際のミュージアムで展示が構成される過程¹⁾は、概ね次のようなものと考えられる。

- (1) キュレーターが自身の知識を元に情報を収集しながら展示のアイデアを考案する。
- (2) それを展示の企画書、アウトライン、収集品の一覧、解説のテキストからなるストーリーラインの形にまとめる。
- (3) ストーリーラインを元に展示に必要な資料が収集される。
- (4) 建築物の制約や展示物の性質を考慮して展示がデザインされる。
- (5) 展示の実施に至る。

2.2 システムによる半自動構成への応用

実際のミュージアムの構成方法を参考に、デジタルミュージアムを自動的に構成する過程を示したのが図1である。

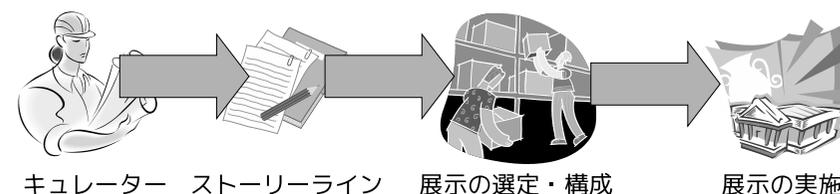
- (1) キュレーターが考案するストーリーラインに相当する展示対象全体に関する書籍等のテキストを用意する。
- (2) テキストを節や段落といった意味単位に分割したパッセージに対して、目録のような個々の資料が持つ僅かな情報を利用して、展示すべき資料の推薦を行う。
- (3) 展示の構成では、テキストの章構成や推薦された資料の傾向を元に、展示空間となる3次元空間そのもの、そして空間内部での資料のレイアウトを自動的に決定する。
- (4) デジタルミュージアムを公開する。

これらの行程で資料の推薦やレイアウトの決定を完全に機械的に行うことは困難なので、随時ユーザが決定された結果がより適切な物になるように変更を加えられる仕組みを導入する。

2.3 3次元オンラインミュージアム

著者らは大規模なデジタルアーカイブの鑑賞手段を検討する中で、独自の3次元オンラインミュージアムシステムを作成した。このシステムはZoomifyで利用される高精細な画像フォーマットを扱うことができ、高精細画像を無数に展示した3次元空間をウォークスルー

ミュージアムの展示の構成



半自動的に行うアプローチ

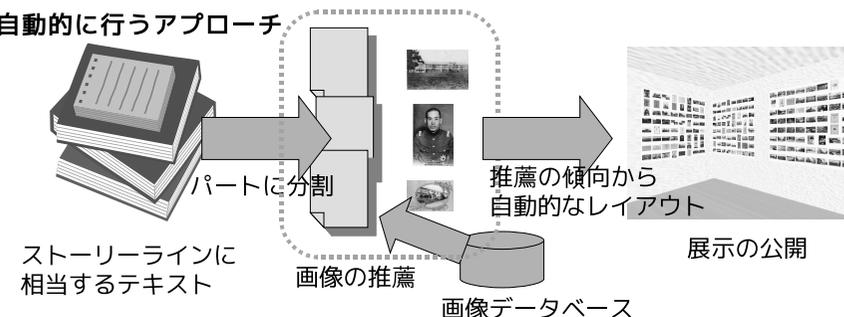


図1 半自動構成のコンセプト

Fig.1 The Concept of Semi-automatic Construction

しながら、俯瞰的な鑑賞から画像の細部に至る鑑賞をシームレスに行える。インターネットを通じた画像アーカイブの公開を強く意識したものとなっており、実装はJavaとJOGLにより行ったためプラットフォームに依存せず、動作に必要な全てのデータをネットワークから取得できる仕組みである。本研究では、このシステムを対象にミュージアムの構成法を検討する。

2.4 半自動構成のアルゴリズム

2.4.1 方針

一般にある事柄についてまとめた書籍等の文書は、章や節といった構造に分割されて記述されている。それぞれの章は大きさが概ね同じ程度の別のテーマについて扱っている。また、章の中の節は章のテーマの中でさらに細分化されたテーマを扱っており、章の中で節は相互に異なったテーマを扱っている。しかも個々の章や節は独立して存在しているのではない。分類上少しだけ違った事柄の話、時間が少し経った後の話、わずかに場所が離れた話など、前節の内容を受け継いで、先頭から終わりまで、扱う話題を少しずつ変化させながら、

順序だてて作られているのが普通である。

以上の事から、ミュージアムの半自動構成は次の方針で行う。

- テキストの章立てを、展示のアウトライン、ひいてはミュージアム自体の構造に利用する。
- 節のように細かく分割されたテキストの局所的な特徴は、ミュージアム中の展示の一部分に直接対応する形で利用する。

博物館・美術館における資料の収集、すなわち資料の推薦の行程では、まずテキストを節などの単位で展示を構成するのに適切と思われるパッセージに分割する。このパッセージと資料の目録をすべて比較し、類似する目録を持つ資料を、このパッセージの展示とすべき資料として推薦する。

一般に文書に付属する索引は、文書の内容において重要な単語であると考えられる。そのため資料の推薦の行程では、索引の単語が利用できる可能性がある。特に文書を特徴づける未知の固有名詞の推定は一般に難しく、索引に含まれる語を固有名詞として扱うことで推薦の精度を向上させられると考えられる。しかし、索引は文書によって性質が異なるので、実際に索引を推薦に利用する際には、索引語がかえって推薦を妨げないか、十分に検討する必要がある。

続いて収集した資料を展示としてレイアウトデザインする行程（デジタルミュージアムにおいては、展示のみならず展示の入れ物となるミュージアムの建築そのものを決定することでもあり）では、章立てと推薦された資料の量や内容といった傾向を建築物の構造に反映させながら、個々の展示を連続する形でミュージアムを構成してゆく。以降ではこれらの方針に基づいて、実際にミュージアムを構成するアルゴリズムについて述べる。

テキストデータ、物語から情報や規則を取り出すため分析を行った関連研究として、赤石²⁾の研究がある。この研究では、語の出現依存度と語の吸引力を定義し、語彙の連鎖から物語の情報を分解し、別の文脈の情報として、再構成する手法を検討している。テキストを展示の文脈として扱い、資料の推薦を行う本研究においても、このような物語の分析は参考になると考えられる。

何らかの方法で画像の選別とレイアウトを行う研究としては、メタデータや画像の特徴量を元に半自動的にアルバムを作成する研究³⁾が広く行われている。しかし、このような研究はデジタルカメラで取られた新しい写真を対象としている。またアルバムは写真を平面上に構成することで出来上がるが、テキストを元に自動的に推薦を行った資料を元に3次元空間を構成しようという試みはされていないのが現状である。

2.4.2 資料の推薦

パッセージに対する資料の推薦にはTFIDF法とベクトル空間モデル⁴⁾を用いる。まず文書のパッセージ、資料の目録の文書群で、それぞれ文書 D_i における語 T_j の出現回数 tf_j^i と、語 T_j を含む文書数 df_j を求める。続いて、それぞれの文書中に出現した単語のTFIDF値 w_j^i を計算しておく。用いるTFIDF値の定義は以下の通りである。

$$w_j^i = tf_j^i \cdot \log \frac{N}{df_j} \quad (1)$$

文書の特徴を比較可能な形で記述するため、文書をベクトル空間内で表現し、個々のパッセージと資料の文書の類似度を計算する。文書のベクトル表現は、簡単化のためテキストのパッセージ D_r と資料の目録クエリ Q_s どちらも、文書と目録で出現する t 個の単語に直行かつ線形独立の t 個のベクトルを割り当て、文章をこのベクトルの線形結合で表す。

$$D_r = \sum_{i=1}^t a_i^r V_i \quad (2)$$

$$Q_s = \sum_{i=1}^t q_i^s V_i \quad (3)$$

テキストのパッセージ D_r と資料の目録クエリ Q_s のベクトル表現で、単語 t に対応するベクトルの重み a_i^r と q_i^s はそれぞれ D_r と Q_s における単語 t のTFIDF値を用いる。

パッセージと資料の類似度は、それぞれのベクトル表現の内積とする。今回は簡単化しているので、類似度は以下の通り全ての単語 t に対するTFIDF値の積の総和である。

$$\text{sim}(D_r, Q_s) = D_r \cdot Q_s = \sum_{i,j=1}^t a_i^r q_j^s V_i V_j \quad (4)$$

$$V_i \cdot V_j = \begin{cases} 0 & (i \neq j) \\ 1 & (i = j) \end{cases} \quad (5)$$

$$\text{sim}(D_r, Q_s) = \sum_{i=1}^t a_i^r q_i^s \quad (6)$$

2.4.3 展示空間の構成

展示空間の構成は、文書の各パッセージで推薦された資料を、テキストの構成に基づいて3次元空間に配置することで実現する。テキストの構成と配置には、例えば次のような対応関係が考えられる。

- 章立て、内容鑑賞通路の曲がり角を章の切れ目や内容の変化に対応させる
- パッセージ 細分化した文書を個々の展示室に対応させる
- 資料の量 空間の広さや部屋の奥行きに対応させる
- 単語の出現位置 資料をパッセージと紐つける単語の出現位置を部屋内での資料の位置に対応させる

これらは3次元空間に反映させられる要素の一例であり、もちろん他にも考えることができるだろう。またこれらの構造は必ずしもすべて自動的に決定される必要はない。章立てを展示空間に反映する場合、ユーザが適切だと思う章の切れ目を入力するという方法が考えられるし、推薦内容の変化から章の切れ目と思われる箇所を見つけて、ユーザの確認を経てミュージアムを構成することもできる。

3. 実 験

本手法の有効性を確認するため、ストーリーラインのテキストとして函館の町の由来と沿革を紹介する「函館町物語」^{*1}の一部を、展示する資料として函館市中央図書館がWebで公開している「函館の絵葉書」^{*2}を用いて、ミュージアムの構成を試みた。本節ではそれぞれの性質と、手法を適用するにあたって考慮した点について述べる。

3.1 函館町物語

新編＝函館街物語は、函館の町の由来や沿革、エピソードをまとめた書籍で415ページある。章構成は下記のようになっている。このうち(三)町物語にあたる26ページから86ページまでがタイトル通り本書の中心となる部分で、昭和36年にNHK函館放送局で郷土昔話として町名の由来や沿革を放送した際の放送原稿が元になっていて、函館の町について網羅的に解説を加えている。他の部分は、大正5年から昭和30年前後までの函館の新聞記事からの転載である。

- (一) はこだての うつりかわり
- (二) はこだての 町のおこり
- (三) 町物語
- (四) 余録
- おらが町内を語る

- 町から町へ
- 翼賛の春 わが街の新発足
- 半世紀の変貌
- 町会廃合のいざこざ
- 函館奉行所の太鼓番人
- 町内自慢
- 函館町名興亡史

実験では(三)町物語のテキストを用いた。構成は図2の通りである。(三)町物語は全46節からなっており、節ごとに函館の町の歴史を紹介している。1節から10節で函館の十字街以西の町を紹介し、21節から46節で十字街以東、さらに北側、東側の町を紹介している。ただし11節から20節の間は町ではなく、函館に存在する川や山、坂などに注目したエピソードが紹介されている。個々の節は独立しており、19節と20節の2節からなる「坂のいわれ」と、最後の44節から46節の3節にわたる「湯の川」以外には、重複や相互の関連はない。しかし、町の紹介の順番は、函館の西端からはじまって、当時の函館の中心部(十字街近郊)に向かい、エピソードを挟んで、今度は中心部から北側、東側へと向かう流れで、全体の傾向としては地理的に近い町を選んで進んで行く流れとなっている。

本書には索引が付属しているが、これには意味の重複する語や一般名詞が含まれており、必ずしも質の良い索引とは言えない。TFIDFによる比較で語として利用できるよう正規化すると全体で1916語あるが、実験ではこのうち1782語を用いた。問題のある項目としては、地名で末尾に町をつけると町名になる語と町名自体(幸と幸町、海岸と海岸町)が重複して含まれている点あげられる。これらの省略形は本文中にほとんど出現せず、画像推薦時にノイズになるので除外した。また索引は一般的に固有名詞のみを含むことが期待されるが、本書の索引には学校や公園といった一部の一般名詞が含まれており、これらの一般名詞のうちテキスト、目録双方に多く出現してノイズとなるものは個別に除外する必要があった。またテキストと目録の間で、表記揺れがある単語、例えばテキスト側の「遊郭」と目録側の「遊廓」はあらかじめ表記を統一する必要がある。

3.2 函館の絵葉書

「函館の絵葉書」は公立はこだて未来大学と函館市中央図書館によるWebサイト「デジタル資料館」中の絵葉書のアーカイブである。このアーカイブでは絵葉書8350点(2010年2月現在)が高精細な画像データと共に公開されている。その多くは函館の古い写真を用いたものだが一部に函館以外の絵葉書が含まれており、今回はこのうち函館の写真を用いた

*1 元木省吾著, "新編＝函館町物語", 幻洋社, 昭和62年発行

*2 <http://archives.c.fun.ac.jp/postcards/>

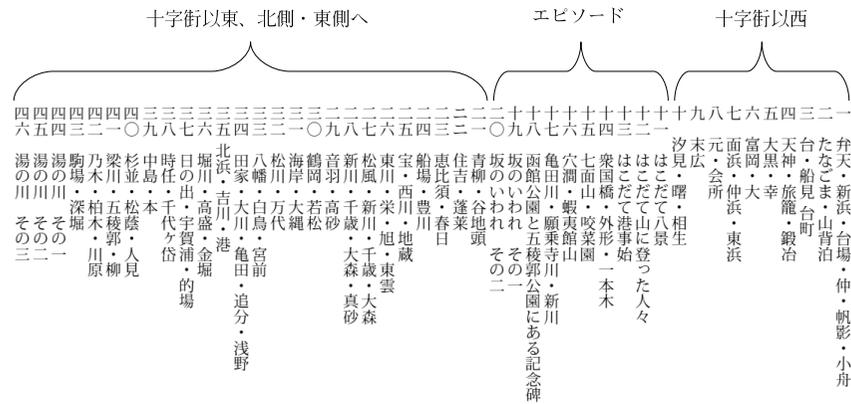


図 2 (三) 町物語の節構成
Fig. 2 Sections of (3)MATIMONOGATARI

6351 点だけを推薦対象の絵葉書とした。すべての絵葉書には表 1 の形式で目録が付加されている。しかし、戦前の絵葉書には出自がわからないものも多くあり、これらすべての項目が入力されているとは限らない。今回はテキストに対応する絵葉書の推薦を行うので、タイトルと解説を連結した文字列を絵葉書のクエリとして用いることにした。

4. 実験結果

図 3 は各節ごとに設定した閾値を越える類似度で推薦された画像の数を示したものである。閾値を 80 ポイントとしたところ、推薦画像の合計は 1138 件であった。

表 1 目録の例
Table 1 An Example of Catalog Data

タイトル	函館市柏野尋常小学校校舎前景
西暦	1928
和暦	昭和 3 年
解説	末広堂高田製 函館市柏野尋常小学校 昭和三年十月 開校記念絵葉書 函館市柏野尋常小学校 (3 枚中 1 枚)
資料番号	pc000001-001
地域	北海道 (函館)

この例で生成されるクエリは「函館市柏野尋常小学校校舎前景 末広堂高田製 函館市柏野尋常小学校 昭和三年十月 開校記念絵葉書 函館市柏野尋常小学校 (3 枚中 1 枚)」となる。

グラフを見ると全体が 3 つの山に分かれており、(a)9 節、(b)23 節、(c)44~46 節にピークが見られる。それぞれ (a) のピークは「末広」、(b) は「恵比須・春日」、(c) は「湯の川」である。末広町は明治の函館の中心であり、恵比須・春日も繁華街で昭和初期に栄えた、湯の川は今日にも残る温泉地で、これらの地域はかつての繁栄や観光地であるが故に、アーカイブに該当する絵葉書が多く存在すると考えられる。

またグラフのピーク周辺が山に見えるのは、以前述べたように町物語の節の構造は地理的に近い町を順に取り上げていく構成であり、絵葉書が多く残る繁栄した地域の周辺の町を取り上げた節に対しても、相対的に推薦される絵葉書が多くなっているためである。

逆に 16 節「穴澗・蝦夷館山」の周辺は、推薦された絵葉書が少ない。そもそも 16 節を含む網掛け部 11 節から 20 節は町ではなく、函館の景色や山や川といったエピソードを取り上げており、これらのテーマでは写真が残されていないため、推薦数が少ないと考えられる。例外的に 13 節「はこだて港事始」は画像の推薦数が多いが、これは函館が港町であることが影響しての事だろう。

推薦数から見る全体の傾向は、節の順序性を裏付けるものとなっており、町ごとの盛衰を反映した結果となった。また 11 節から 20 節の網掛け部については、本来は章を分けて語られるべき内容だったとも考えられる。

続いて個々の推薦結果について述べる。良好な推薦結果として、14 節「栄国橋・外形・一本木」がある。この節では函館町物語の挿絵と同様の画像「明治十年前後の栄国橋 函館史料一ノ四 函館図書館所蔵版、函館史料 (5 枚中 1 枚)、封書に内容目次あり、葉書裏面に資料解説あり、大型絵葉書」が絵葉書の中にあり、それが類似度の最も高い推薦結果として現れた。

逆のパターンの推薦結果としては、28 節「新川・千歳・大森・真砂」があった。同様に函館町物語の挿絵と同様の画像「函館遊廓の景」1 枚、切手貼付・消印あり、裏面岡田健蔵宛文面」が目録中に存在したが、類似度は 45 で閾値を下回り、推薦の順位も 45 位であった。文書中では遊廓の名前が「大森遊廓」と記されていたが、絵葉書ではタイトルが「函館遊廓」となっており、このテキストと目録の用語の揺れが推薦が失敗した原因だと思われる。

また 38 節「時任・千代ヶ岱」も望ましくない推薦結果で、推薦画像として適切だと思われる函館中学校や遺愛女子高等学校に関連する何点かの画像は、類似度が 40 以下と低くなっていた。これは文書中の TF 値が低い事が原因だと考えられるが、函館中学校は略称の函中、遺愛女子高等学校は遺愛女子校と表記揺れの単語が含まれており、これが推薦結果に影響を与えたと考えられる。

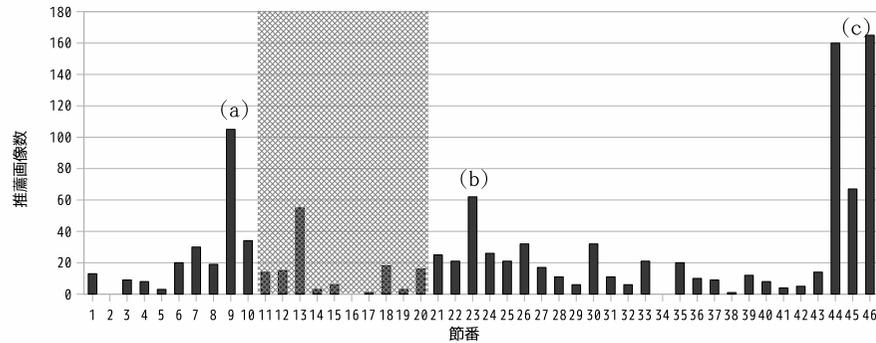


図 3 類似度 80 以上の推薦画像数

Fig. 3 Number of Postcards Suggested for each Section

不適切な結果とは言えないが単語に依存する画像の推薦アルゴリズムでは改善が困難と思われた例が 17 節「亀田川・願乗寺川・新川」にあった。この節の話題は亀田川の氾濫と治水工事で、亀田川が名前と場所を変えてきたエピソードである。この節の話題は明治 22 年以前の話だが、推薦結果に現れた唯一の画像「函館市第一回林間学校 (五稜郭) 亀田川水遊、大正十五年八月 第一回夏期林間学校絵葉書 函館市役所 (8 枚中 1 枚)」は大正時代の写真で、場所も時代も、節の内容とはずれがあった。

5. 考 察

函館町物語と函館の絵葉書を用いた実験では、節ごとの内容の違いが推薦画像に反映された結果が得られること、節の中には函館町物語の挿絵と同様の画像が推薦されたケースもあり、画像の推薦結果は概ね良好であること、推薦結果のグラフからエピソードが挿入されている箇所は推薦画像が特に少なく、節の内容の違いを推薦画像から検出できる可能性があることが明らかになった。

しかし、本稿で行った実験は、ある狭い地域に対する大規模なアーカイブと、同様の地域について述べた大きな文書群を用いた。これは一般的なアーカイブと関連する文書よりやや特殊な例であり、本手法の有効性は必ずしも一般的であるとはいえない。

今後はさらに他の文書がどのような構造で記述されているか、他のアーカイブでも同様のアプローチでミュージアムを構成可能か、といった点について検証を進め、より一般的に活用できるミュージアムの半自動構成の手法を模索していきたいと考えている。テキストそし

て対象の性質に依存する傾向があるので、それらについては今後検討していきたい。

6. おわりに

本稿では、デジタルアーカイブを市民に向けて公開する際の問題点を指摘し、3 次元ミュージアムを半自動構成することで、アーカイブを効率的に公開してゆくアプローチを提案した。またアプローチが実際のアーカイブで有効かを確認するため、函館町物語と函館の絵葉書を用いた実験を行い、本手法が有効に利用できる可能性を検討した。

現時点では簡単な 3 次元構造しか作成できていないが、今後は文章の特徴を考慮したより複雑なミュージアムを構成してゆく。推薦に用いた TFIDF 法とベクトル空間法は簡易的なものであったので、より高度な自然言語処理の手法を活用して、推薦の精度を高めていく必要もある。加えて本研究の手法で、インタラクティブにミュージアムを構成するためのシステムについても同時に作成を進める予定である。

参 考 文 献

- 1) デビッド・ディーン：美術館・博物館の展示，丸善株式会社 (2004). (山地秀俊，山地有喜子 訳)。
- 2) 赤石美奈：文書群に対する物語構造の動的分解・再構成フレームワーク，人工知能学会論文誌 = Transactions of the Japanese Society for Artificial Intelligence : AI, Vol.21, pp.428-438 (20061101)。
- 3) Xiao, J., Zhang, X., Cheatle, P., Gao, Y. and Atkins, C.B.: Mixed-initiative photo collage authoring, *MM '08: Proceeding of the 16th ACM international conference on Multimedia*, New York, NY, USA, ACM, pp.509-518 (2008)。
- 4) 佐藤理史ほか：言語情報処理 情報検索，秀和システムレーディング (1996)。岩波講座 言語の科学シリーズ 9。