

デジタル文化資料活用システムの設計手法

- 法帖研究支援の事例 -

Design Method for Digitalized Cultural Material Utilization System

中村 覚¹ 水野 遊大² 稗方 和夫³ 成田 健太郎⁴

Satoru Nakamura¹ Yuta Mizuno² Kazuo Hiekata³ Kentaro Narita⁴

¹ 東京大学 情報基盤センター

¹ Information Technology Center, the University of Tokyo

² 東京大学 工学部システム創成学科

² Department of Systems Innovation, Faculty of Engineering, the University of Tokyo

³ 東京大学大学院 新領域創成科学研究科

³ Graduate School of Frontier Sciences, the University of Tokyo

⁴ 埼玉大学大学院 人文社会科学部

⁴ Graduate School of Humanities and Social Sciences, Saitama University

Abstract: In this research, we propose a method for designing information systems for the purpose of utilizing digitalized cultural materials. This method follows the process of analyzing stakeholders and their interests, analyzing requirements, analyzing stakeholders' processes, and designing a system based on separation of functions and means, in accordance with the system design methodology. In the case study section, we designed a system to support calligraphy model research using this method. By constructing the designed system and verifying the usefulness of the system, it was confirmed that the method could be used in practice. This method is expected to serve as a guide when designing a digitalized cultural material utilization system for which a specific design method has not been established.

1 はじめに

デジタルアーカイブは、デジタル化された文化資料を保存・活用する技術的手段として位置付けられる[1]. 後者の活用の具体例として、学術研究、電子展示、地域振興、観光、防災などが挙げられる。デジタルアーカイブは、知識継承や資料へのアクセス手段として役立つと考えられているものの、物理的な資料保存・活用とは様相が異なり、デジタルデータの保存や情報システムとしての運用などの理由により、その持続性に大きな課題があるとされている[2][3]. また、活用目的で構築されるデジタルアーカイブは、利用者や所有者だけでなく、スポンサーとなる団体や二次的な利用者など、間接的に利害関係を持つ関係者も多い。そのため、情報システムとしてのデジタルアーカイブに求められる要求は多様なものとなる。

本研究は、デジタル文化資料を活用するデジタルアーカイブについて、多数の関係者の要求を整理し、

整理された要求を踏まえて、適切な情報システムを設計する手法を考案することを目的とする。

ケーススタディとして、学術研究を資料活用目的とした上で、人文学研究の1分野である法帖（ほうじょう）研究における研究支援システムを構築し、システムの有用性を検証する。

2 提案手法

2.1 概要

本研究の提案する設計手法は、システム設計方法論[4][5]に基づき、次の7段階のプロセスを踏む。

1. 目標の設定
2. 利害関係の分析
3. 利害関係者の要求分析
4. 内部プロセスの分析
5. 改善意図の分析
6. システムの基本設計
7. システムの詳細設計

このプロセスでは、1で設計・構築すべきシステムの目標を設定した後、資料活用システムに利害関係を持つ関係者を2で分析することで、利害関係者同士の関係性を把握し、システムの利用者や所有者など、設計にあたって検討すべき関係者を選定する。次に、利害関係から生じる、関係者の要求について3で分析し、システムに求められる要件の大枠を定める。この要件に直接関係する利害関係者の内部プロセスを分析し、その内部プロセスに対する改善意図を4,5で分析することで、要件を実現するにあたって必要な機能を列挙する。

この機能を実現する手段を6で検討し、検討した設計案の中から、構築するシステムの詳細設計を7で行う。以下、それぞれのプロセスの詳細を示す。

2.2 目標の設定

資料活用システムの設計にあたって、システムの目的を明確にするための目標の設定が必要となる。デジタル文化資料活用システムの場合、利用するアーキテクチャは情報技術に基づいたソフトウェアとなる場合が多く、このプロセスで確定すべきは活用方法となる。活用方法の例として、一般層に向けた電子展示、詳細なメタ情報を付加した研究支援などが挙げられる。

目標の設定することで、設計すべきシステム像が明確になり、設計に向けた以下の4つの分析をより具体的に行うことができる。

2.3 利害関係の分析

この分析では、資料活用システムに利害関係を持つ関係者を列挙し、その関係性を可視化することで、設計にあたって特に検討すべき関係者を抽出する。

関係者の列挙は、文献調査やインタビューを通して関係者を整理することで行う。関係性の表現は、利害関係者分析手法である Stakeholder Value Network (以下 SVN と記す) を用いて行う。SVN は、利害関係者と関係者間で授受される価値を1つの図に表現することで、利害関係者の関係性を定性的に表現する[6]。この表現から各利害関係者の目的を捉え、次の要求分析の基礎とする。

2.4 利害関係者の要求分析

SVN に表現される利害関係者間の価値の流れに基づき、利害関係者の要求分析を行う。各関係者の要求は、価値の受け手側である関係者が、送り手である関係者に対して、価値提供のあり方について持つもの、として定義される。この要求を、価値提供を実現するために不可欠な要求と、価値提供をより望ましい形にする要求にわけ、それぞれ機能要求、

非機能要求として表現する。

このようにして導出した要求から、特にシステムの目標に関係する要求に注目し、次の内部プロセス分析に接続させる。

2.5 内部プロセスの分析

要求分析によって整理された、資料活用システムに対する要求の実現に直接関係する利害関係者を、SVN に基づいて特定する。特定された利害関係者について、その利害関係者が SVN 上で行うとされる活動（研究者であれば、調査研究を行う、など）を、内部プロセスとして詳細に分析を行う。この内部プロセス分析をもとに、次のステップである改善意図の分析を行う。

内部プロセスの具体的内容については、該当する利害関係者へのインタビューや文献などを通して調査し、内部プロセスの表現にあたっては、Object Process Methodology (OPM) [7]などのシステムモデリング言語を用いる。システムモデリング言語によって、分析対象である各活動について、何に対してどのような作用が与えられているかを明確に可視化することができる。

2.6 改善意図の分析

資料活用システムに対する要求は、その要求に関係する内部プロセスの改善によって実現される。そのため、各内部プロセスに対し、どのような改善意図が存在するか（例：資料閲覧に要する費用や時間の削減）を分析し、その改善意図を実現させる方法を検討することで、資料活用システムが持つべき機能・性質の案が明らかになる。改善意図の実現方法については、次節で検討する。本節では、システムモデリング言語によって分析・表現された内部プロセスに対する改善意図を分析し、その表現を同様にシステムモデリング言語によって行う。

各内部プロセスには、図1に示されるように、作用に伴う属性が存在する。それらの属性についてどのような作用が望まれているかを検討し、その作用を書き加えることで、改善意図が表現される。

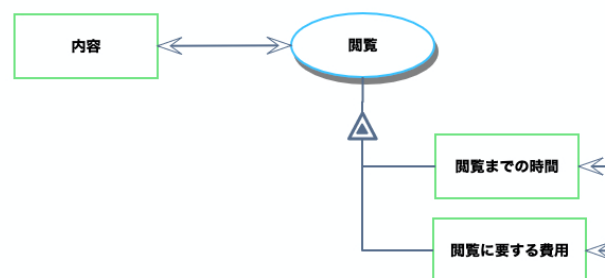


図1. 作用に伴う属性の例 (OPM による表現)

2.7 システムの基本設計

前節のようにして表現された改善意図に対して、情報技術によってその改善意図を実現する方法を検討し、デジタル文化資料活用システムの基本設計を行う。検討においては、①改善意図を実現するために必要な機能の列挙、②各機能を実現する手段の列挙と対応づけ、という段階を踏む。

機能とその実現手段の列挙は、対応する改善意図を持つ利害関係者に対するインタビューや、文献調査などを通して行う。このように列挙された、改善意図に対する機能とその実現手段が、システムの構成要素の候補となる。

2.8 システムの詳細設計

基本設計で列挙された、改善意図に対する機能とその実現手段を選択することで、構築するシステムの詳細な設計が行われる。選択する際は、投入可能な資源を考慮した上で、システムの達成すべき目標に沿った機能と、目標の達成をより円滑にする機能を中心に検討する。この際、類似する事例を踏まえて、システムの利点を明確化する必要がある。

3 ケーススタディ

本研究で提案した設計手法の適用事例として、人文学研究の1分野で、書道の資料である法帖を研究する法帖研究において、その活動を支援するシステムを設計する。また、その設計に基づいてシステムを構築し、その有用性を検証する。

3.1 システムの設計

3.1.1 目標の設定

設計するシステムの目標は、画像データとして公開されている法帖資料画像を、研究向けに情報を整理し、法帖研究をより効率的に行えるように支援するシステム、とした。以下、この設計するシステムを、「法帖研究支援システム」と呼ぶ。

3.1.2 利害関係者の分析

一般に、人文学研究向けのデジタルアーカイブに利害関係を持つ「ステイクホルダー」については、永崎[8]が整理している。このステイクホルダー像と、法帖研究者や学芸員に対するインタビューをもとに、法帖研究支援システムの利害関係者をまとめた。利害関係者は表1に示す通りとなる。

表1. 法帖研究支援における利害関係者

利害関係者	役割
資料機関	所蔵資料をデジタル化して公開
DH 研究者*	公開データを人文学研究支援に利用
法帖研究者	研究支援を享受し法帖を研究
スポンサー	資料活用システムに資金を提供
情報系学会	研究支援事例を共有, 研究基盤提供
人文系学会	法帖研究成果を共有, 研究基盤提供
国民	研究結果を展示を通して享受
国	資料機関などへの補助金支出

*デジタルヒューマニティーズ研究者の略

各利害関係者が他の利害関係者に提供する価値の流れ (Value Flow: VF) を、利害関係者とともに1つの図にまとめた図2のSVNに示す。

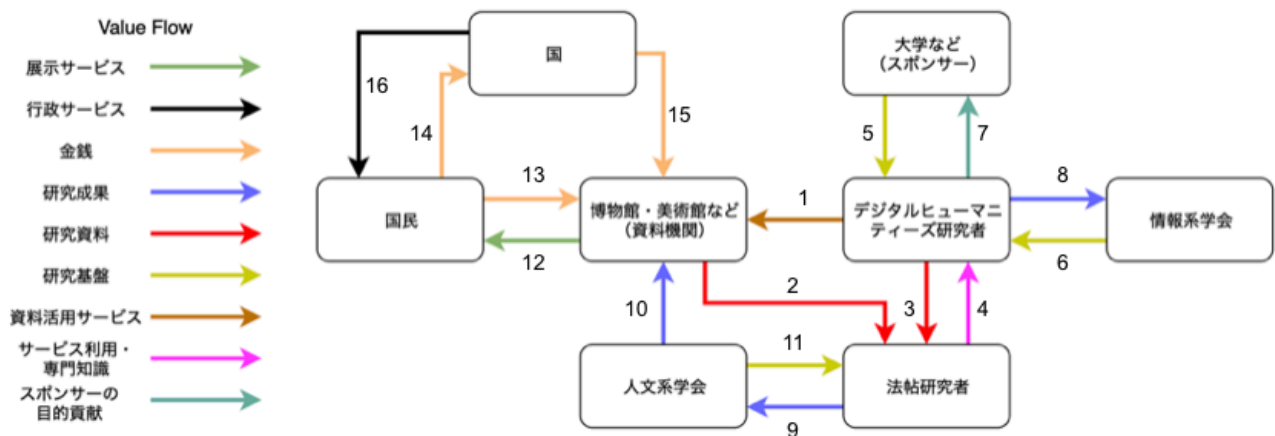


図2. 法帖研究支援における SVN

3.1.3 利害関係者の要求分析

SVN に示された VF における機能要求, 非機能要求を整理し, その中から特に研究支援システムに係る要求について, 表 2 にまとめた.

表 2. 要求分析の結果

	要求の種類	VF	要求する状態
1	機能要求	4	利用される
2	機能要求	7	有用である
3	非機能要求	3	使いやすい
4	非機能要求	1, 7	維持される
5	非機能要求	1, 4	利用率が高い

3.1.4 内部プロセスの分析

要求 1 から 5 までの実現に直接関係する利害関係者は, デジタルヒューマニティーズ研究者と法帖研究者となる. したがって, 両研究者について OPM によってその内部プロセスを具体的に記述し, 改善意図の分析の基礎を作る. 紙面の都合上, OPM による表現ではなく, 表によって内部プロセスを記述する. 表 3, 表 4 に, デジタルヒューマニティーズ研究者と法帖研究者の内部プロセスを示す. なお便宜のため, 表 3 にはプロセス名の列を設けている.

表 3. 法帖研究者の内部プロセス

	プロセス名	操作する対象	プロセス
1	調査	資料目録データ	確認
2	調査	資料内容	閲覧
3	資料整理	資料注記	追加
4	仮説検証	資料の知見	検証
5	仮説発見	資料の特徴	比較・発見

表 4. デジタルヒューマニティーズ研究者の内部プロセス

	操作する対象	プロセス
1	技術インフラ (ソフト)	継続的開発
2	技術インフラ (ハード)	維持管理
3	コンテンツ	入手
4	メタデータ	作成

3.1.5 改善意図の分析

表 3, 表 4 の各内部プロセスに存在する改善意図について, 表 5, 表 6 に整理した.

表 5. 法帖研究者の改善意図

	プロセス	操作する対象	改善意図
1	表 3-1	目録確認時間	削減
2	表 3-2	資料アクセス時間	削減
3	表 3-2	資料アクセス費用	削減
4	表 3-3	情報追加作業量	削減
5	表 3-4	検証の効率	向上

表 6. デジタルヒューマニティーズ研究者の改善意図

	プロセス	操作する対象	改善意図
1	表 4-1	開発作業量	削減
2	表 4-1	開発費用	削減
3	表 4-2	管理費用	削減
4	表 4-3	入手作業量	削減
5	表 4-4	作成作業量	削減

3.1.6 システムの基本設計

表 5, 表 6 の改善意図を実現するための機能とその実現手段について, 先行研究[9][10]をもとに列挙した. 詳細を表 7, 表 8 に示す.

表 7. 法帖研究者の改善意図を実現する機能と手段

	改善意図	機能	手段
1	表 5-1, 2	資料の検索	画像処理 Linked Data
2	表 5-1, 5	情報単位の細分化	Linked Data
3	表 5-4, 5	資料の並列表示	ビューア
4	表 5-2, 3, 5	保存場所の一元化	仮想化
5	表 5-4, 5	アノテーション共有	Open Data

表 8. デジタルヒューマニティーズ研究者の改善意図を実現する機能と手段

	改善意図	機能	手段
1	表 6-1, 2, 4, 5	ソフトウェア標準化	OSS 利用
2	表 6-1, 2, 3	ソフトウェア簡易化	活用目的
3	表 6-3	ハードウェア簡易化	の明確化

3.1.7 システムの詳細設計

本研究では, 法帖研究支援システムによって研究活動が効率的に行えるよう支援する方法として, 研究活動において時間的負担の大きい資料調査・資料整理を支援するアプローチをとった.

法帖研究の資料調査・資料整理を支援するにあたって, システムに採用した機能を表 9 に示す.

表 9. システムの機能と手段

システムの機能	手段詳細
資料の検索	特徴量比較
情報単位の細分化	行単位のメタデータ
アノテーション共有	共同編集可能メタデータ
ソフトウェア標準化	IIIF, Flask, Docker

3.2 システムの構築

設計に基づき、法帖研究支援システムを実装した。支援システムは Web アプリケーションとして実装され、IIIF（トリプルアイエフ）という画像流通規格のプラットフォーム[11]に準拠して動作する。システムの処理は Python によって行われ、Flask と Docker によって Web アプリケーションとして実装されている。また、システムは法帖資料画像とそのメタデータがデータベースを持ち、各資料画像は資料機関が公開する法帖拓本画像を前処理したもの、メタデータは同じく資料機関が公開する IIIF 準拠の記述ファイルをもとに策定したものとなっている。

この支援システムは、入力として法帖資料画像の部分領域を受け取り、システムのデータベースから、出力としてその画像と類似した画像及びそのメタデータを返す。これらの入出力は IIIF に基づき、Web 上で行われる。図 3、図 4 に検索領域選択を行うインターフェースと、システムが返す結果の表示インターフェースを示す。

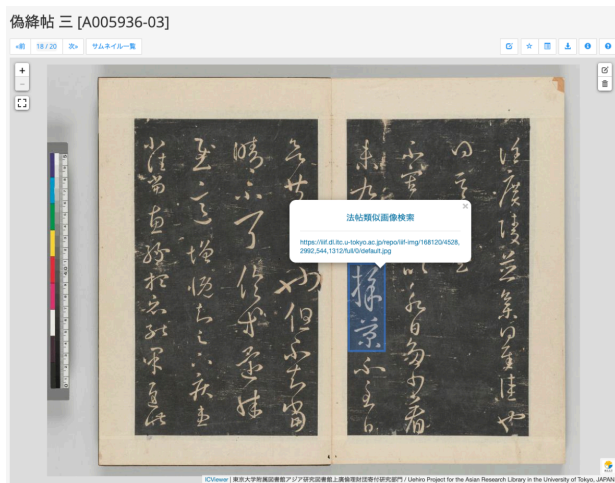


図 3. 検索領域の選択画面

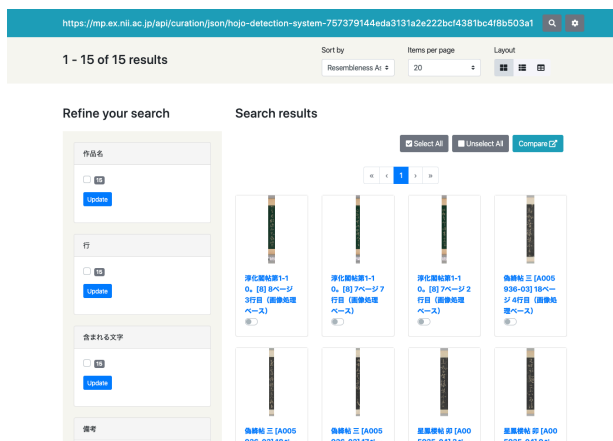


図 4. 検索結果表示画面

利用者は、法帖資料に対して類似画像検索を行う、検索した資料画像のメタデータを閲覧する・編集し共有する、などの利用方法によって、法帖研究の資料調査や資料整理の作業効率を向上させることができる。

3.3 有用性の検証

システムの有用性の検証項目として、システムの利用の有無による資料調査時間の比較、他の研究者が共有した情報をもとにした資料整理の実証を行った。また、システムについて法帖研究者による評価を受けた。簡易な実験の結果、調査時間の比較においては 50%程度の時間の削減が確認された。また、資料整理では、3 件のメタデータ付与されていない作品について、システムの利用によって類似作品を探し、その類似作品のメタデータをもとに各作品にメタデータを付与することで、資料整理を行うことができた。

法帖研究者からは、システムは法帖研究において資料調査や資料整理を支援するだけでなく、類似画像による仮説発見という点でも利用可能性がある、という評価が得られた。

4 考察

4.1 法帖研究支援について

本研究で開発した法帖研究支援システムは、提案手法をもとに設計を行い、法帖研究の資料調査プロセス及び資料整理プロセスを効率化するツールとして位置付けられる。

システムの有用性については、各プロセスの支援についての検証や法帖研究者からの評価を通して確認された。またこれによって、提案手法がデジタル文化資料を活用するシステムの設計において有用であることも確認できた。

法帖研究支援システムについては、さらなる利便性・有用性の向上のため、類似検索の精度や処理時間について改善を行う必要があると思われる。

4.2 提案手法の意義

一般的にデジタルアーカイブと呼ばれる、デジタル資料を利活用するためのシステムは、利用者や提供者だけでなく、二次的な利用者や権利者など、様々な利害関係者が存在する。しかし現状では、デジタルアーカイブを事業として継続する方法論は十分に確立しているとは言えない。そのため、資料利用者のニーズにのみ基づいたデジタルアーカイブ構築が多く、システムの運用まで設計段階で考慮されない場合がある。

本研究で提案した設計手法は、このような状況において、デジタル文化資料を活用するデジタルアーカイブを、より適切に構築する際の指針となると考えられる。また、文化資料の活用において、情報技術に精通していない人文系の専門家と、情報系の専門家や技術者とのコラボレーションにあたって、システムを設計する際の共通認識としても、提案手法を位置付けることが可能と考えられる。

4.3 分析手法の知識記述への応用可能性

ケーススタディにおいて、法帖研究に精通していない設計者が、法帖研究にとって有用なシステムを設計・構築できた理由を考察する。一般的なシステム開発モデルと比較して、提案手法では2.3から2.6までの関係者に対する詳細な分析を行っており、関係者が自身でしか知り得ない要求やプロセスについて、客観的に記述・可視化することに取り組んでいる。つまり、提案手法の分析方針は、関係者に関する暗黙的な事実を形式化することを指向していると言えることができ、この分析方針が他の事例における知識伝承や伝承支援において、知識を記述する際に有用であると考えられる。

5 結論

本研究では、デジタル文化資料を利活用するためのデジタルアーカイブについて、複雑な利害関係を考慮した上で、適切に文化資料活用を行うためのシステムを設計する手法を提案した。また、ケーススタディを通し、法帖研究における支援システムを設計・構築し、その有用性を検証することで、文化資料の研究を支援するシステムを設計するにあたり、提案した手法が適用できることを確認した。

本研究で提案した手法は、デジタル化された文化資料を利活用するシステムを設計する上で、1つの指針となると考えられる。

謝辞

本研究を行うにあたって、博物館運営や文化資料についてのご説明をしてくださった、東京国立博物館 阿児雄之様に感謝申し上げます。

参考文献

- [1] 柳与志夫, 井出竜郎, 岡本真, 遠藤ひとみ, 嘉村哲郎, 河合将彦, 中川紗央里, 松永しのぶ, 村尾優子: 入門 デジタルアーカイブ, 勉誠出版, (2017)
- [2] 川上一貴, 岡部晋典, 鈴木誠一郎: Web 上の地域映像アーカイブの調査と検証: デジタルアーカイブズの持続性に着目して, 情報知識学会誌, Vol.21, No.2, pp.245-250, (2011)
- [3] Kristin R. Eschenfelder, Kalpana Shankar, Rachel D. Williams, Dorothea Salo, Mei Zhang, Allison Langham: A nine dimensional framework for digital cultural heritage organizational sustainability: A content analysis of the LIS literature (2000–2015), Online Information Review, ISSN: 1468-4527, (2019)
- [4] National Aeronautics and Space Administration: NASA Systems Engineering Handbook Revision 2, 12th Media Services, (2018)
- [5] E.クロウリー, B.キャメロン, D.セルヴァ (著), 稗方和夫 (訳): システム・アーキテクチャ: 複雑システムの構想から実現まで, 丸善出版, (2020)
- [6] Edward R. Freeman: Strategic Management: A Stakeholder Approach, Harperrcollins College Div., (1984)
- [7] Dov Dori: Object-Process Methodology: A Holistic Systems Paradigm, Springer, (2002)
- [8] 永崎研宣: 人文科学のためのデジタル・アーカイブにおけるステイクホルダー -仏教文献デジタル・アーカイブを手掛かりとして-, じんもんこん 2007 論文集, pp.347-354, (2007)
- [9] 中村覚, 成田健太郎, 永井正勝: Linked Data 化した典拠データと IIIF を用いた法帖の異版比較支援システムの開発, じんもんこん 2018 論文集, pp.297-302, (2018)
- [10] 寺沢憲吾, 長崎健, 川嶋稔夫: 固有空間法と DTW による古文書ワードスポットティング, 電子情報通信学会論文誌, D, Vol.J89-D, No.8, pp.1829-1839 (2006)
- [11] About IIIF, Available at: < <https://iiif.io/about/>>, Accessed on: Feb. 28th 2020.