

超高精細画像自在閲覧方式を適用した 正倉院文書の調査研究支援閲覧システム

A Research-Support Viewing System for Shoso-in Documents
Adapting a Free Viewing Method of Super-High Definition Images

ADACHI Fumio, SUZUKI Takuji and NITO Atsushi

安達文夫・鈴木卓治・仁藤敦史

はじめに

正倉院文書は、奈良時代に、諸国からの報告が記された紙の裏側に東大寺の写経事業の記録が帳簿として記され、これが繋がれて卷子あるいは一部は冊子の形で正倉院で保管されてきた。幕末および明治になって、公文と呼ばれる印が押された箇所を中心とした整理が行われ、並びが入れ替えられ現在に至っている。正倉院文書研究において、料紙の前後関係を正しくして記された内容を読み解くため、元あった並びに復元することが大きな課題となっている。一応の並び順は明らかにされているが、精度を高めることが求められている。文書の接続関係の確認は、表裏の一方を見て行うことができる。しかし、表と裏を同時に見て繋がりを確認の方が精度が高まる。また、記録された時期の同定にも表裏の対応は有効である。

正倉院文書は800巻にも及ぶ。これまでの調査研究は、紙焼きの写真を基に行われてきた。文書の表裏の突き合わせを、それぞれの写真を探すことから始めていた作業を効率的に行うには、表裏を対応させて表示するシステムが有効と考えられる。正倉院文書を電子的な手段で自由に見ることのできるシステムとしてSOMODAが提案され [1]、Webで公開されている。しかし、文書の表裏を対応させて表示する機能は提供されていない。

国立歴史民俗博物館（以下、歴博と記す）では資料の非常に高精細な画像を自由に拡大・縮小、移動して見ることができる超高精細画像自在閲覧方式の研究を進め、これを適用した超高精細デジタル資料を多くの展示で公開するとともに、資料の調査研究の場で使用してきた [2]。そして、この方式を基として、二つの資料画像を比較表示する方法について研究を進めてきた。正倉院文書の表裏を対応させて表示することを、比較表示の延長と捉え、人間文化研究機構の連携研究「正倉院文書の高度情報化の研究」において、共同研究者の意見を聞きながら、調査研究支援自在閲覧システムの実現を図ってきた。

同閲覧システムには、表裏の画像の表示方法に関して幾つかのモードを設けている。この中の一つである上下表示モードにおける画像の反転および表示モードの切替を分かりやすく実現するかが課題となった。また、接続確認を行うための表示方法について検討を加えた。

本稿では、1章で本調査研究自在閲覧システムを研究開発するまでの背景を記し、2章で文書の表裏を対応させて表示する方法を実現する上での考え方を中心に述べる。3章で接続関係を確認するための資料間の比較表示方法について記す。

1. 調査研究支援自在閲覧システムの研究開発の背景

1.1 研究開発の経緯

本論の基となっている連携研究「正倉院文書の高度情報化の研究」が始まるまでの調査研究支援自在閲覧システムに関連する研究開発と展示への適用を次のように進めてきた。

(1) 超高精細画像自在閲覧方式の導入

屏風や古地図など大型で対象や文字が細かく記されている資料は、展示では照明の制限やガラスケース越しになるなどの制約から細部が見えないことが多い。絵巻等の長大な資料は一部だけの公開となることが多い。このような資料を細部まで自由に見ることができるよう超高精細画像自在閲覧方式の研究を進めた。汎用のPCで動作する閲覧システムを構成し、これに非常に高精細な画像を適用したものを超高精細デジタル資料と呼んでいる。

歴博の企画展示としては「天下統一と城」(2000年10～11月)において初めて超高精細デジタル資料を公開し、その有用性を確認した。その後、幾つかの企画展示に適用するとともに、研究の場での利用を進めた。また、資料群を構成する資料の各画像を配列して1枚にした画像を適用することを試みた。

(2) 企画展示「古代日本文字のある風景」での公開

歴博の企画展示「古代日本文字のある風景」(2002年3～5月)において、正集45巻(複製)、続修50巻(複製)、および、天平十三年度周防国正税帳(複製)の超高精細デジタル資料を公開した。

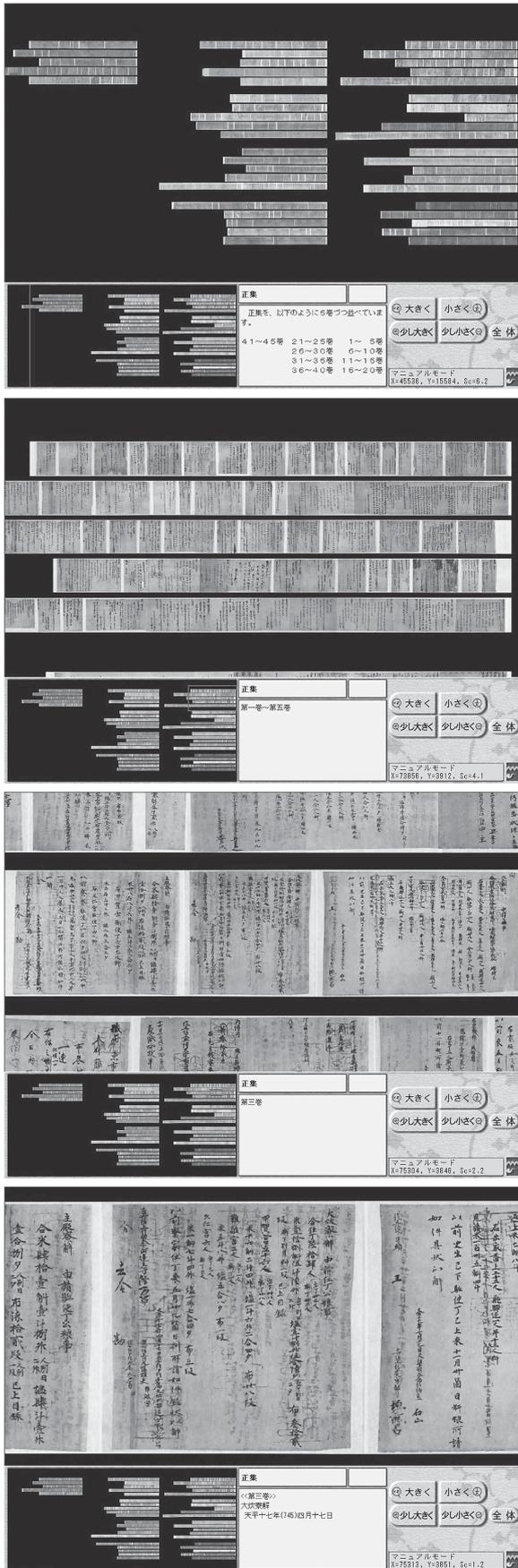
正倉院文書は上記(1)において横に長大であると同時に資料群を構成している。正集と続修は、図1(a)と(b)に示すように、それぞれに全ての巻の表面を並べて一つの画像として提示した。同図(a)のとおり、資料画像の拡大に応じて、全体、群、巻、料紙の情報を表示する。展示での提示として有効性を確認した。

正税帳の図1(c)は、裏面を反転し、表面と上下に並べて一つの画像として提示した。拡大すると、どちらか一方が画面から消える。拡大しても表裏を対比して見ることができる閲覧システムの実現が課題となった。

(3) 比較表示方式の研究

二つの画像を比較できるように対応させて表示することは、完全な対応関係があるものを対象として、初期の閲覧システムから実現し、江戸図屏風の可視光とX線による画像の比較に適用した。

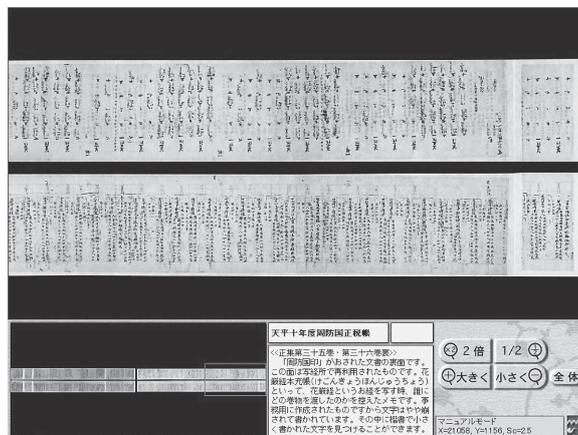
これを応用して、額田寺伽藍並条里図の現品と復元複製の比較を企画展示「歴史を探るサイエンス」(2013年10～11月)で公開した。両者は完全に対応するよう見える。しかし、現品にたわみがあることから、拡大すると対象物の位置ズレが目立ち、何らかの対応が必要なことが分かった。



(a) 正集 (複製)



(b) 続修 (複製)



(c) 天平十三年度周防国正税帳 (複製)

図1 企画展示「古代日本文字のある風景」での正倉院文書デジタル資料の公開画面

これと本質的に同一の問題が、製作年代の異なる古地図同士の比較表示の際に生ずる。対応関係が連続であるが非線形な資料画像間の比較表示について検討を進めた [3]。

正倉院文書の表裏を対応した表示は、一方を逆方向に移動する点が上記と異なるが、完全に対応するとして基本的な検討を進めた。しかし、資料にたわみがあるため、拡大すると表裏のズレが目立つ。対応関係が連続だが非線形な事象の扱いが必要なことが明らかとなった [4]。

(4) 総合展示向け閲覧システムの実現

歴博の総合展示「近世」のリニューアル（2008年3月）に合わせ、超高精細画像自在閲覧方式を適用し、Webブラウザであるインターネットエクスプローラから呼び出す構成としたByobu32xと呼ぶ閲覧プログラムを実現した。これは、最大4画像を連動して表示でき、画像の回転も可能である。表示する画像にリンクを張り、関連する情報や画像を表示する機能を有している。画面構成の変更にも自由度があり、様々な利用への適用が可能となった。

以上の研究開発の背景の基、正倉院文書高度情報化のため、連携研究において、高精細なカラー画像を適用し、表裏が対応するよう連動して表示するとともに、表示される画像に応じた文書の情報を表示できる閲覧システムをByobu32xを基に実現することとした。なお、コンピュータの動作環境は、これまでの閲覧システムと同様に、広く適用できるよう通常に入手できるPCで動作するものとした。

1.2 作成画像データ

正倉院文書複製の画像について、これまで公文と呼ばれるものを中心に作成してきた。その一覧を表1に示す。これらは歴博が所蔵する正倉院文書複製（原品は宮内庁正倉院事務所蔵）の撮影フィルムを基にしている。全体画像は全て表と裏の画像を作成している。全体画像は、分割冊襟され64BaseのProPhotoCDに収められたカラー画像データを、1巻が一つの画像となるようトリミングし接合して作成している。文書の裏面に文字が記載されていない個所は、写真が撮影されていない。この場合には、白の画像を挿入し、表裏が対応するようにしている。

正倉院文書の複製は一斉に作成されていない。したがって、その写真の撮影時期も異なる。このため資料画像の料紙部分の縦の大きさは巻によって異なっている。平均は

表1 正倉院文書作成画像データ一覧

文書名	巻番号	全体画像	詳細部分画像	
			表	裏
正集	1~45	○		
続修	1~50	○		
続修後集	2	○		
続修別集	35	○		
塵芥	1	○		
	7	○		
	26	○		
	32	○		
続々修	19-7	○		
	19-8	○		
	28-8	○	○	○
	28-9	○	○	○
	32-5	○		
	34-3	○		
	35-5	○	○	○
	35-6	○		
44-4	○	○	○	
46-7	○			
47-4	○			

1260pixel, 最小が1060pixel, 最大が1550pixelである。

表1に示すように, 一部の巻については, 軸の部分などの詳細部分画像を作成している。

2. 表裏対応表示

2.1 表示モード

正倉院文書の調査研究支援自在閲覧システムの表示モードとして, 以下に示す理由により, 上下表示, 単一表示, 左右表示の3種類を設けた。従来の紙焼き写真による調査研究では, 表裏の一方を倒立して上下に並べ, 突き合わせる事が行われている。研究者が慣れている手法と同等の手段を提供するため上下表示を設ける。ここでは, 資料画像の表裏に関して, 倒立した画像と正位の画像の関係を入れ替える反転機能を必要とする。上下表示は, 表裏を同時に表示するため資料画像の表示される範囲が狭い。広い範囲で読み取れるよう表裏の一方だけを表示する単一表示を用意する。裏写りした文字を見るには, 上下逆転せずに表示する方がよいという研究者からの意見がある。また, 展示で一般の人に提示する際には, 逆転しない方が分かり易いと考えられる。このため, 左右表示を設ける。

上下表示では, 資料画像の左右の移動に対して表裏同方向に, 上下の移動に対して表裏逆方向に移動する。左右表示では, 資料画像の左右の移動に対して表裏逆方向に, 上下移動に対して同方向に移動する。

以上, 三つの表示モード間で, 図2に示すように, 相互に画面遷移する。

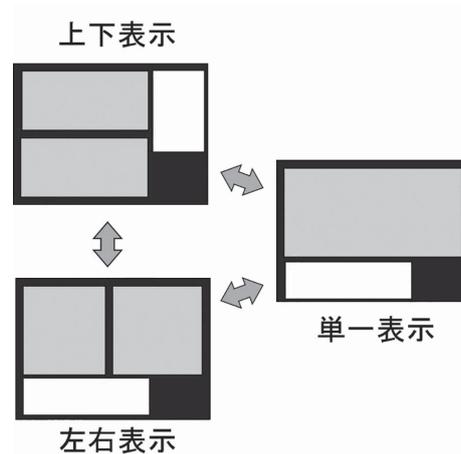
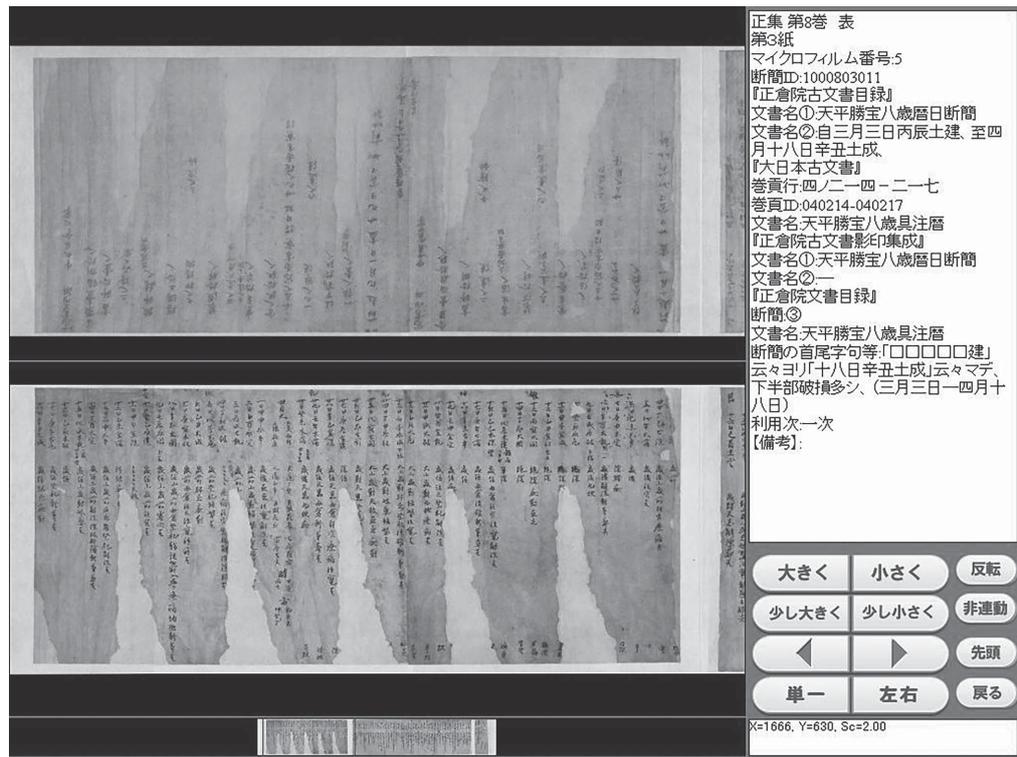


図2 表示モードの切替

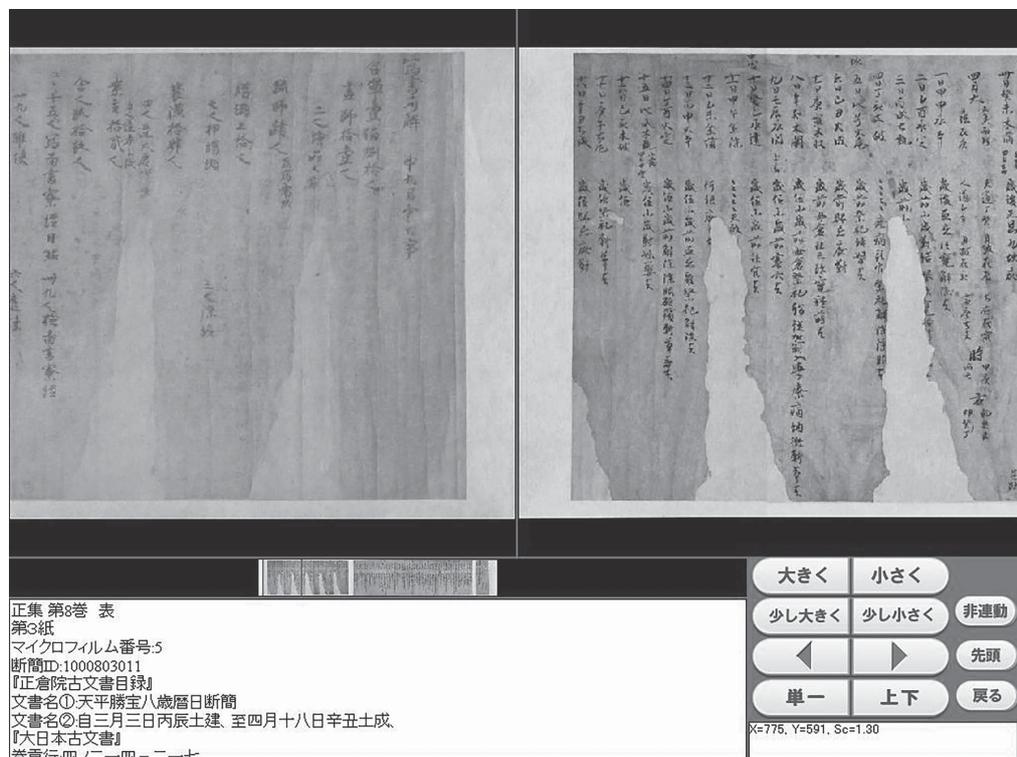
2.2 画面構成と基本動作

各表示モードの画面構成を図3に示す。共通して, 資料画像を表示する主画面, 資料画像全体を表示しその上に主画面に表示される箇所を示す全体マップ, 主画面に表示される画像に応じた説明を表示する解説表示エリア, および表示制御ボタン群から構成している。主画面は画面の上または左上に大きく取り, 全体マップは主画面の下としている。表示制御ボタン群は画面右下に, 表示モードが切り替わってもボタンの位置が変わらないよう配置している。解説表示エリアは, 表示する説明が多いため, 残りのエリアを広く使用している。

本研究支援自在閲覧システムは, 展示向けのシステムを元にしており, 全画面表示を基本としている。但し, 画面配置の変更は比較的自由であり, ディスプレイの解像度に合わせた設定が可能である。図3は, ノート型を含めた多くのPCが有すると考えられる1024×768のサイズにおける画面である。主画面の縦の大きさは, 上下表示が360pixel, 左右表示と単一表示が554pixelである。

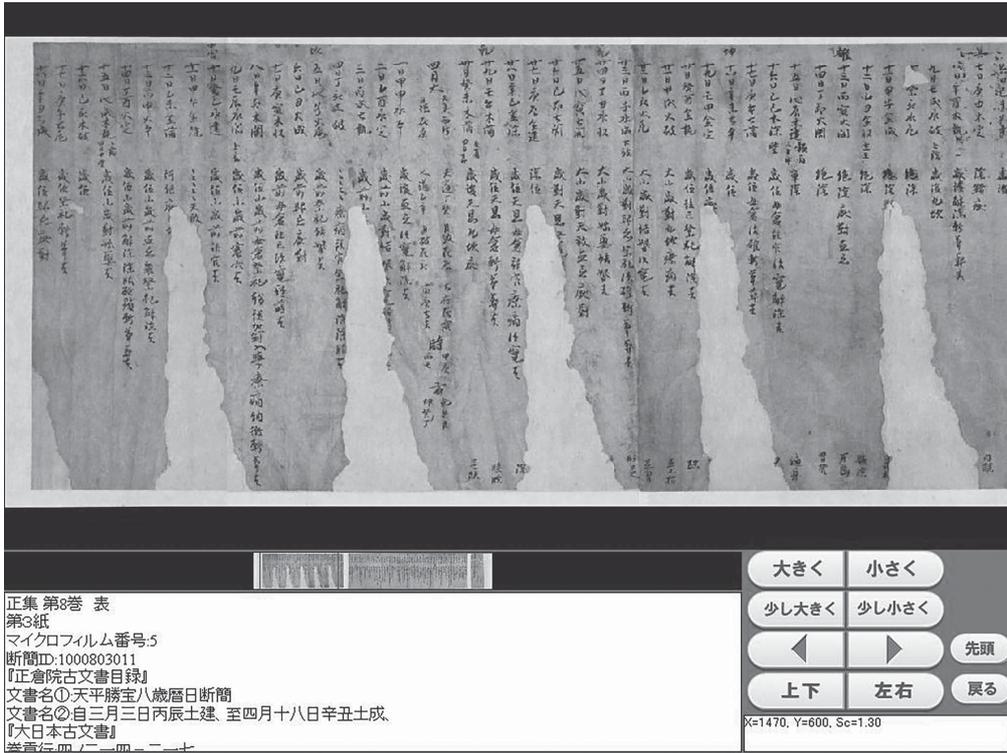


(a) 上下表示

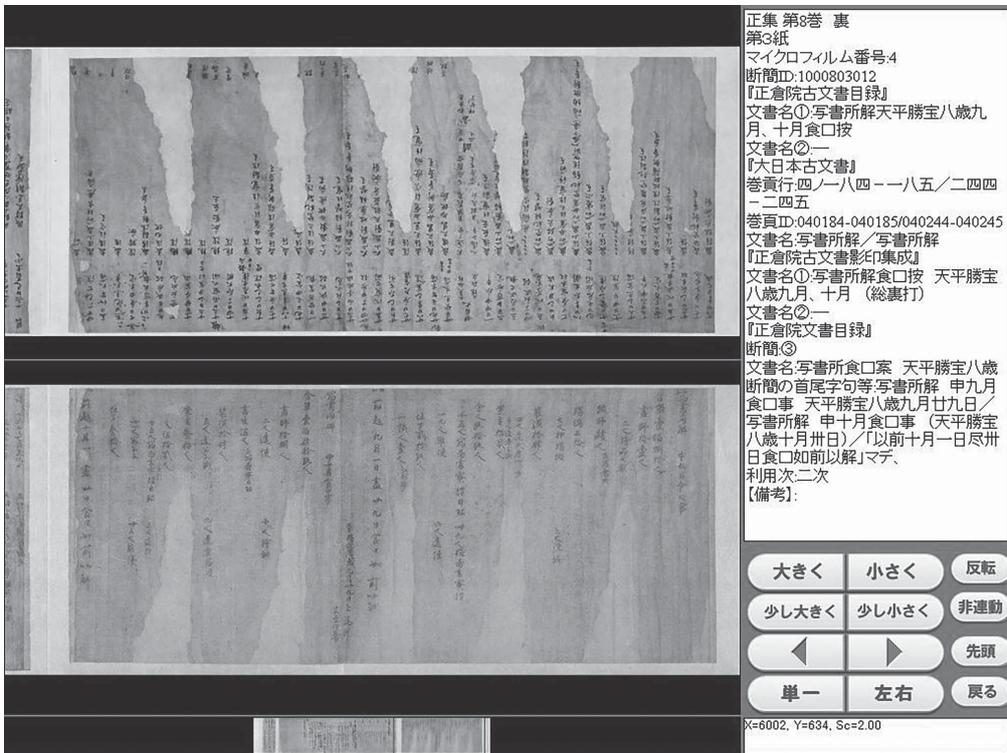


(b) 左右表示

図3 画面構成(1/2)
(正集第8巻)



(c) 単一表示



(d) 上下表示 (a)の反転

図3 画面構成 (2/2)
(正集第8巻)

本閲覧システムの基本的な動作は次のとおりである。

- (1) 主画面のドラッグで画像を移動する。
- (2) 左および右横矢印ボタンで横に移動する。
- (3) “大きく”, “小さく” の拡大, 縮小ボタンで, 主画面の画像を2倍, 1/2倍にする, “少し大きく”, “少し小さく” の微少拡大, 微少縮小のボタンで対数的に2を10等分した幅で小刻みに倍率を変更する。
- (4) 主画面のダブルクリックで, その点が主画面の中心となるよう2倍に拡大する。
- (5) 全体マップをクリックすると, これに相当する資料画像の点が主画面の中心となるよう移動する。
- (6) 上下表示と左右表示において, 主画面上の操作が最後にあった側をフォーカス画面として管理し, 全体マップと解説表示エリアに, フォーカス画面の情報を表示する。

上下表示と左右表示において, 倍率変更に対して表裏同一に変化する。画像の移動に関し, 上下または左右逆方向に移動することが, 表裏を対応して表示する本閲覧システムの特有な動作である。

2.3 画面遷移

上下表示における画像の反転と三つの表示モード間の切替において, これらの主画面に表と裏の画像を適切に配して表示しないと分かりづらいシステムとなる。また, 画面遷移時の全体マップと解説表示エリアの表示が分かり易いようフォーカス画面を制御することが求められる。以下に, これらの画面遷移の際の動作について検討する。

2.3.1 画像の反転

左右表示は, 当然ながら正位での表示が自然であり, 左右の主画面と表裏の対応は固定の方が分かりやすい。文書研究の慣例から, 表を左側に表示する。一方, 上下表示では, 画像を反転することから, 上下の主画面と表裏の対応関係を定める必要がある。これには二つの方法が考えられる。一つは図4 (a) のように, 表裏を表示する主画面は固定しておき, その中で反転する方法である。もう一つは, 同図 (b) のように, 下側が正位となるように固定し, 表示する画像を入れ替える方法である。従来の写真による手法に倣うことが分かり易く, 後者の方法とする。但し, 上下の主画面と表裏が固定しないことにより, 表示モードの切替動作に検討課題を生じさせた。図3 (d) は同図 (a) を反転させた画面である。

次にフォーカス画面について考える。画像の反転の際に, フォーカス画面を変えないことが考えられる。この場合, 全体マップと解説表示エリアの表示は変わらないことから, 反転を繰り返すと, 表裏の画像が主画面の上下のどちらに表示されているか分からなくなる状況が生ずる。このため, 反転の場合は, 正位で表示される下側の主画面をフォーカス側とすることが分かり易い。

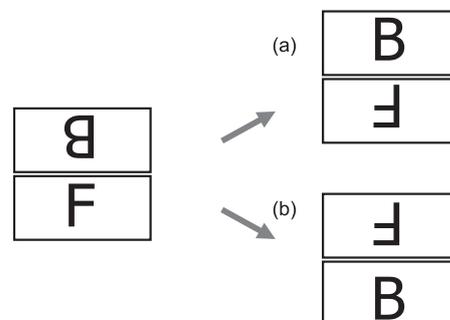


図4 上下表示における画像の反転

2.3.2 表示モードの切替時の動作

上下表示, 左右表示, 単一表示の表示モードの切替における表裏の画像の主画面への表示とフォーカス画面の制御について記す。

(1) 左右表示と単一表示の切替

左右表示から単一表示への表示モードの切替では, 切替え前にフォーカス側の画像を単一表示することが分かり易い。

この逆の切替えは, 表示する主画面については固定であるから問題はない。

フォーカス画面については, 表示モードの切替によって全体マップと解説表示エリアの表示が変わると分かりづらいから, 単一表示していた画像を表示する側をフォーカス画面とする。

(2) 上下表示と単一表示の切替

上下表示から単一表示への切替において, 上記と同様に, フォーカス側であった画像を単一表示することが考えられる。この場合, 逆方向の切替は, 上下表示の元の位置に画像を表示することが適切であろう。しかしながら, 単一表示に切り替えて長時間閲覧した後に, 切り替えるような場合では, 上下の主画面のどちらに表示されたか分からなくなる。単一表示から切替後に表示する画面は, 上下の一方に固定する方が分かりやすく, 正位で表示する下側が適切である。単一表示への切替後に表示する画像も上下で固定する方が統一性がある。そこで, 下側の主画面の画像と単一表示の画像が同一となるよう切替を行う。

単一表示から上下表示でのフォーカス画面については, 全体マップと解説表示エリアの表示が変わらないよう単一表示していた画像を表示する下側の主画面をフォーカス側とする。

(3) 左右表示と上下表示の切替

左右表示と上下表示の切替は, 上記(1)と(2)の延長で考えればよい。

左右表示から上下表示への切替は, 左右表示でフォーカスされていた側の画像を上下表示の正位で表示する下側の主画面に表示するとともに, これをフォーカス側とする。

上下表示から左右表示への切替は, 左右表示で表裏が固定であるので主画面の表示の問題はない。

フォーカスについては, 単一表示への切替えの画像の表示に倣い, 上下表示で正位で表示されていた画像を, 左右表示のフォーカス側とすることが適切であろう。

2.4 解説表示の内容

従来, 正倉院文書の研究をおこなうためには, モノクロマイクロ写真だけでなく, 多くの関係文献を比較参照しなければならなかった。できるだけその労力を減らすために料紙単位の情報を網羅するようデータベース化を図りつつある。正倉院文書画像表示用の説明文として, この集成したデータから最低限必要な情報を以下のように抜粋した。

冒頭に,

「種類」(正倉院文書の正集などの種類と巻帙号),

「料紙番号」(正倉院文書の巻ごとの物理的に切断されている料紙の通番),

「表裏」(正倉院文書の表裏)を記した。

次に, 正倉院文書の料紙ごとの諸目録等のデータを表示した。

『正倉院古文書影印集成』(八木書店)

「文書名①」(文書の概要)

「文書名②」(文書名の詳細),

『正倉院文書目録』(東京大学出版会)

「文書名」(文書名の概要)

「首尾字句等」(文書名の詳細や首尾の字句)

「利用回数」(表裏利用の際, 一次・二次利用の別)

『大日本古文書』編年(東京大学出版会)

「巻頁行」

「文書名」

『正倉院古文書目録』(文献出版)

「文書名①」(文書名の概要)

「文書名②」(文書名の詳細)

さらに末尾に【備考】を付し, 画像閲覧に必要な事項を記した。

2.5 調査研究支援システムとしての機能

本閲覧システムは, 展示にも適用できるように製作しているが, ここでは調査研究向けに設けた機能について記す。

(1) 非連動表示

正倉院文書は横に非常に長く, たわみがあることから, 分割撮影した写真を基とする画像を繋いで作成した画像では表裏でズレが生ずることが避けられない。図5にこの例を示す。文書の巻頭(表の右側)でズレがないように合わせても, 巻尾で同図のようにズレが生ずる。このように極端な例でなくとも拡大するとズレが無視できなくなるものがあり, 裏映りした箇所を観察に支障が生ずる。

本閲覧システムは, 上下表示と左右表示において, 表裏の画像を連動して移動することを基本としているが, 上記の状況に対応できるよう非連動の機能を設けている。すなわち, 非連動のボタンを押して, 一方だけを移動あるいは倍率変更し表示を合わせる。同ボタンはトグルになっており, 連動に戻すと調整した状態で連動して動作する。なお, このボタンは非表示にすることができ, 展示の際に使わないようにすることができる。

(2) 極微小拡大, 極微小縮小

正倉院文書複製の画像データは, 2章に記したように, 巻によって料紙の部分の高さが異なる。また, 同一の巻で表裏の高さが異なるものもある。対比させる画像の高さを合わせて表示するには微少拡大・微少縮小の機能を使用できる。しかし, この倍率変化の刻みは2倍, 1/2倍の対数的に

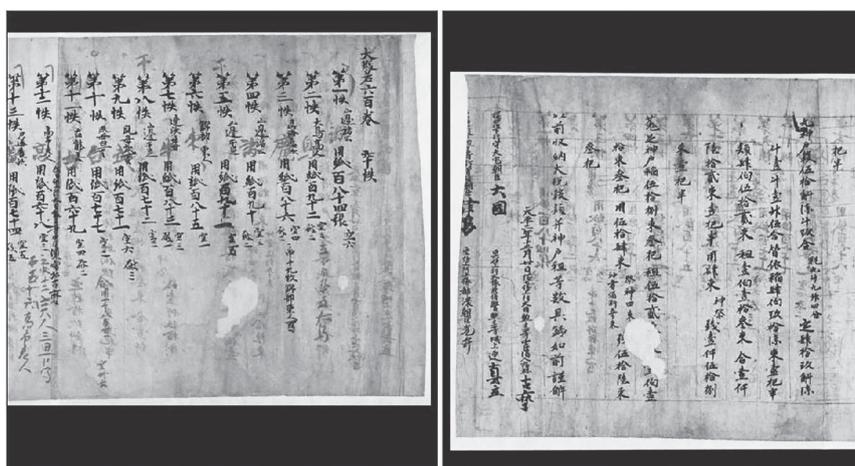


図5 表裏の画像のズレの例
(正集第10巻)

1/10 であって、高さの不一致が目立たない程度までにはすることはできない。微妙な調整向けに倍率の刻みをさらに対数的に1/10とする極微小拡大と極微小縮小の機能を設けた。

この機能は調査研究支援用であり、利用者の操作環境としてキーボードがあることを前提としてよいから、新たなボタンを設けるのではなく、コントロールキーを押しながら微小拡大、微小縮小のボタンを押すことで機能するようにした。同一の巻の表裏の高さの調整には、上記の非連動表示の機能と併用する。

(3) 矢印キーによる移動

正倉院文書は横に長い資料であるため、画像を横方向に移動する操作が多いと考えられる。画像を移動する機能のうち、主画面のドラッグは画像を見ながらの細かな移動、全体マップのクリックは見る箇所が明確なときの大きな移動に適し、見る箇所を探しながらの移動は矢印ボタンが使われると考えられる。初期表示で文書の先頭が表示される。見たい箇所まで矢印ボタンをマウスで押し続けるより簡便な操作手段として、矢印キーにより画像を移動する機能を設けた。左右だけでなく、上下にも移動する。

上記の他、本閲覧システムには調査研究向けであって展示には不要な機能がある。展示用にはボタンが少ない方が操作が簡明でよい。例えば、展示に左右表示だけを適用するなら、上下と単一への表示モード変更のボタンは不要である。本閲覧プログラムは、上記の非連動/連動のボタンと同様に個別に表示と非表示を指定でき、調査研究用と展示用に使い分けができる。

3. 資料間の比較方法

前章では一つの巻の表裏を対応して表示するシステムについて記した。正倉院文書の料紙の接続関係を確認するためには、二つの巻、場合によっては同一の巻の異なる箇所を対比して表示する必要がある。このためには、主画面を四つ設けた閲覧システム、あるいは主画面の数は2のままとし、接続関係を替えた画像を容易に作成できる一種の編集システムを構成することが考えられる。しか

しながら、同閲覧システムを動作させるプログラムである Byobu32x が以下に記す機能を持つことから、新たな開発が不要なマルチウインドウ表示を、連携研究の共同研究者の賛同を得て、適用することとした。

Byobu32x は、マイクロソフト社製の Web ブラウザであるインターネットエクスプローラから起動する ActiveX モジュールとして実現しており、Byobu.exe と異なり、同時に複数のウインドウを生成して、異なる資料の画像を同一のディスプレイ上に表示することができる。

図6に、Byobu32x のマルチウインドウ表示を行う手順を示す。

- (1) 表示できる正倉院文書の一覧からなるメニューの html ファイルを全画面表示ではなく開く(同図(a))。
- (2) メニューの中から一つの巻を選び表示する。画像を接続確認する一方の料紙位置に移動する(同図(b))。図3とは異なり、ブラウザのメニューバー等も表示される。
- (3) 二つ目のウインドウを開くため、メニューのファイルをもう一度開く(同図(c))。
- (4) メニューから対比するもう一方の資料を選んで表示し、接続確認する料紙の位置に移動する(同図(d))。

図6(d)は接続関係があると言われている正集第21巻第1紙と続修第2巻第1紙を並べて表示している。このように、表裏を併せた接続確認が、比較的簡単な操作で可能となる。

なお、上記の手順(3)において、インターネットエクスプローラのバージョンによっては、別ウインドウが開かず、同じウインドウの中に画像が重なっているというメタファーで表示され、画面上部のタブによって表示を切り替えることになる。これでは比較には不便であるので、メニューバーから「ファイル→新規ウインドウ」を選び別ウインドウを表示することになる。

Byobu32x は展示用に設計されたシステムのため、レイアウトの修正が可能な反面、表示サイズをあらかじめ固定しておかなければならない。そのため、環境によっては、適正な表示が行えないことになる。図は解像度が1600×900のディスプレイに表示しているため、この問題は生じていないが、小型のノート型PCの解像度が低いディスプレイでは、ブラウザのメニューバー等を表示した状態では制御ボーン群が表示されない。このため、マルチウインドウ表示用にレイアウトした画面を用意する予定である。

おわりに

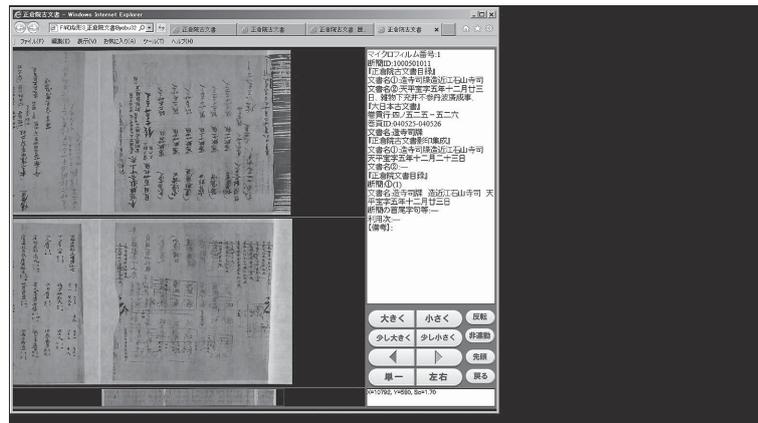
正倉院文書の表裏を対応させて上下、左右に、そして単一に表示する調査研究支援自在閲覧システムの構成法について述べた。上下表示における画像の反転および表示モードの切替時における主画面、全体マップおよび解説表示エリアへの表裏の画像とその説明の表示動作について配慮し分かり易い操作機能とした。また、正倉院文書の以前あった並びを確認するため、表裏を対応させて表示しつつ、文書の異なる箇所を並べて表示するマルチウインドウ表示について記した。

今後、マルチウインドウ表示に適したレイアウトの画面を用意するとともに、主画面に表示される画像に関連する詳細部分画像などを呼び出し表示する機能の拡充を行う。また、原資料のたわみに起因する表裏の画像のズレの自動補正と、接続関係確認後の再構成画像の生成について連携研究と関連して進めてきた研究の成果と併せて、展示に向けた閲覧システムとしての整備を図る。

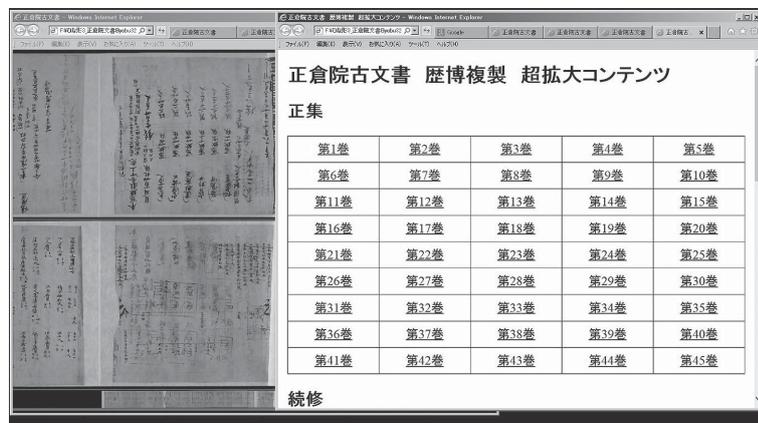
(a) メニュー表示 1



(b) 文書画像表示 (左)



(c) Dメニュー表示 2



(d) 文書画像表示 (右)

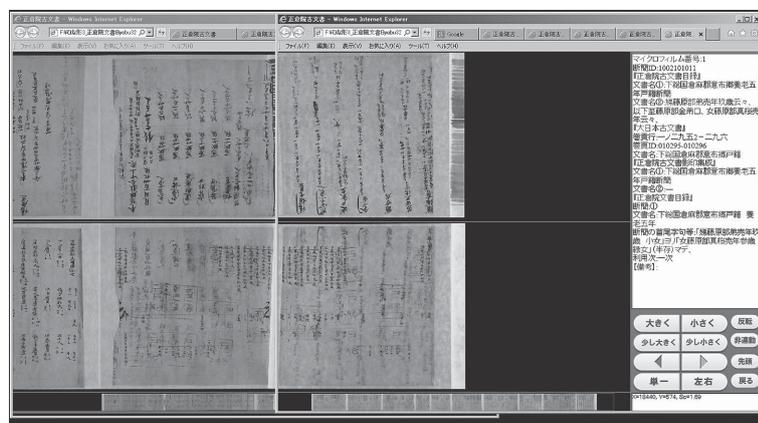


図6 マルチウィンドウ表示の手順(左: 続修第2巻第1紙, 右: 正集第21巻第1紙)

参考文献

- [1] 後藤 真, 柴山 守, “正倉院文書復原過程のXML/XSLTによる記述 (〈特集〉人文科学における情報知識処理),” 情報知識学会誌, 11(4) 2-16, 46 (2002) .
- [2] 安達文夫, 鈴木卓治, 徳永幸生, “超高精細画像自在閲覧方式の利用記録による評価,” 国立歴史民俗博物館研究報告, vol.178, pp.237-259 (2013) .
- [3] 川北明広, 安達文夫, 徳永幸生, 杉山 精, “歴史資料画像の任意の対応点に基づく比較表示手法の検討,” 情報処理学会第72回全国大会講演論文集, 3ZM-7, pp.4-863-864 (2010) .
- [4] 平野清典, 安達文夫, 徳永幸夫, 米村俊一, “正倉院文書の表裏比較表示における対応点の最適配置の検討,” 画像電子学会第41回年次大会予稿集, S4-3 (CD-ROM) (2013) .

安達文夫 (国立歴史民俗博物館研究部)

鈴木卓治 (国立歴史民俗博物館研究部)

仁藤敦史 (国立歴史民俗博物館研究部)

(2014年1月7日受付, 2014年5月26日審査終了)