

平成21年4月17日現在

研究種目：基盤研究(B)
 研究期間：2006～2008
 課題番号：18300086
 研究課題名（和文） 超精細画像による歴史資料の研究・展示のための高度閲覧方式の研究
 研究課題名（英文） A Study on an Advanced Viewing System for Historical Research and Exhibition using Super-High-Definition Images
 研究代表者
 安達 文夫 (ADACHI FUMIO)
 国立歴史民俗博物館・研究部・教授
 研究者番号：30321540

研究成果の概要：

非常に高精細にデジタル化した画像を適用して、古文書の表裏を簡単な操作で比較表示する方法と、古地図同士のように対応関係があっても一致しないものを、予め対応づけた幾つかの点をもとに比較表示する方法を実現した。対象物が画面上のどの位置にあるときにその解説を表示すべきかを評価実験により求めた。解説を付けた箇所と実際の展示で見られている箇所との関係を明らかにし、自由に見ることとシナリオに沿った提示を融合する方法を実現した。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	3,500,000	1,050,000	4,550,000
2007年度	3,900,000	1,170,000	5,070,000
2008年度	4,200,000	1,260,000	5,460,000
年度			
年度			
総計	11,600,000	3,480,000	15,080,000

研究分野：情報工学

科研費の分科・細目：情報学・情報図書館学・人文社会情報学

キーワード：歴史情報システム、展示閲覧システム、比較表示、閲覧特性、ナビゲーション

1. 研究開始当初の背景

歴史資料の中には屏風や古地図、あるいは卷子体の文書のように、大型でそこに対象物や文字が細かく記されたものがある。この対象物や文字を明瞭に読み取ることができるよう資料の画像を非常に高精細にデジタル化し、任意の箇所を任意の大きさで見ることのできる画像閲覧方式が資料の研究や展示に有用であることを示してきた。細部を自由に閲覧できるだけでなく、表示する箇所に応じた解説を提示できる点が有効である。また、資料を相互に比較することは研究とに展示の双方において重要であることから、可視光

とX線の写真のように完全な対応関係のある画像の比較表示を最初の実現し、科学研究費補助金（特定領域研究(2):16018222）により主として研究利用を想定して、完全な対応関係がない資料画像を手動で対応させる比較表示を実現してきた。

しかしながら、資料間には様々な対応関係があること、展示はもちろん研究においても簡便な比較表示が望まれること、資料画像の表示箇所に応じた的確かつ自由度の高い解説の提示が求められることから、より高度な画像閲覧方式の実現を必要とされた。

2. 研究の目的

本研究は歴史資料の様々な特性と研究方法を勘案した歴史資料の調査研究支援のための非常に高精細な画像を適用した高度な画像閲覧方式を確立するとともに、研究成果公開の一つの形態である展示において、資料中の対象画像とこれに関連する説明を利用者に自然に分かりやすく提示できる画像閲覧方式を確立することを目的として以下を明らかにする。

(1) 資料画像提示方式：歴史資料の様々な特質を比較表示の観点から整理する。そして、完全な対応関係の一種である紙背文書の表裏の比較について、資料研究に適した比較画像の提示方式を明らかにする。さらに、実物と復元複製や同一題材を描いた絵画資料のような緩やかな対応関係のある資料の比較表示について、資料相互の組織的な対応付けが不要なことを前提に、対応付けの方法を含め実現方法を明らかにする。

(2) 閲覧ナビゲーション：対象物が画面上のどの位置にあるときに解説が表示されると適切かを、対象物の画面上の大きさやその周囲の表示物との関係として明らかにし、解説表示領域の半自動設定に向けた検討を行う。そして、解説表示領域の適切な与え方の検討として、利用者が資料画像中のどの箇所を閲覧しているかの特性を資料に描かれた内容ならびに解説表示を付与した箇所との関係として明らかにする。これらの検討を合わせ、展示を企画する側からの提示と、利用者の自由な閲覧とを融合する統合的な閲覧方式を明らかにする。

3. 研究の方法

資料画像提示方式：紙背文書を対象とした表裏の比較閲覧方式および緩やかな対応関係のある資料の比較表示方式について、既の実現している画像資料自在閲覧ソフトウェアを基とするプロトタイピングにより検討を進める。後者では、対応点の設定操作の簡便さを考慮するとともに、少ない対応点で対応した表示が可能かを評価する。

閲覧ナビゲーション：解説提示方式について、画面上の対象物とその周辺の表示物の位置、大きさ等をパラメータとする基本モデルに対する解説表示の要否の評価実験により、適切な解説表示領域を統計的モデルとして求め実資料による評価と比較する。画像閲覧システムを適用した展示の際に収集した利用記録を分析し資料画像中の閲覧特性を明らかにする。自由な操作による表示とシナリオに基づく表示を融合する閲覧ナビゲーションをプロトタイピングにより検証する。

4. 研究成果

(1) 表裏資料の比較閲覧方式

表裏に文字が記された紙背文書の研究では、その表裏を比較することが求められる。二つの面を比較できるように表示するには、印刷物による閲覧の慣例にならい、図1(a)のように画像表示領域を上下に分けて配置し、一方を倒立して表示する上下比較と、同図(b)のように左右に並べて配置する左右比較が考えられる。左右比較表示は、裏書のように反対面と直接関係する記載を読み取る際に有効である。この他、一方の面を広範囲に読み取ることができるよう図1(c)の単一表示に切り替えられることが有効である。

左右比較表示は、表裏の画像を、上下は同方向に、左右は逆方向に移動することで対応した箇所の表示ができる。上下比較表示は、一方の画像を180度回転し、上下を逆方向、左右を同方向に移動させる。上下比較表示では、表示中の画像を反転させる機能が求められる。これには、上下の画面全体を反転する方法と、各面の表示領域は変えずにその中で



(a) 上下比較



(b) 左右比較



(c) 単一表示

図1 紙背文書の表裏の比較表示
(正倉院文書正集第八巻複製)

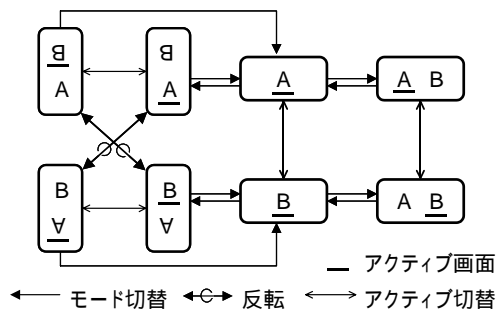


図2 表裏の比較の状態遷移

反転する方法が考えられる。試作システムによる評価から、前者では反転を繰り返すと表裏がどちらか分からなくなることから、表裏の位置が固定した後者の方法が適切である。

超精細な画像を適用した閲覧システムでは、資料のどの箇所を表示しているかを示す全体マップと、表示中の画像に応じた解説の表示が有用である。これらは、図1(a)ではそれぞれ右上部と右中央、同図(b)と(c)では下左と下中央に当たる。比較する二つの画像のうち、全体マップおよび解説を表示する方をアクティブ画像とする。この切替も比較表示に必要とする。

操作性のよい比較表示を実現するには、表示モードの切替、上下比較での画像の反転、アクティブ画像の切替を適切にする必要がある。試作システムの評価から得られた切替に関する状態遷移を図2に示す。ここでは基本的な遷移を明らかにするため、上下比較と左右比較の直接の遷移は示していない。特記すべき点は次のとおりである。上下比較から単一表示への遷移では、アクティブ画像であるかではなく、倒立していない画像を表示する。単一表示から上下比較への遷移では、アクティブ画像が変わらないよう表示する。上下比較の回転で、アクティブ画像が変わらないようにする。単一表示でのアクティブ切替を有効とし、比較表示と同じ操作による画面の切替を可能とする。

(2) 対応関係が緩やかな資料の比較表示

原資料と復元複製では完全に対応しているように見えるが、原資料は長い間の経年変化による弛み等があるため、超高精細画像による比較では拡大してゆくと図3(a)のように位置のずれが無視できなくなる。また図4(a)の古地図の比較では、二つの画像の大きさが異なり、対象が回転していることから、画像を平面方向に同じ量だけ移動して表示する方法では、対応する箇所を表示することができない。そこで、次の方法を実装した。

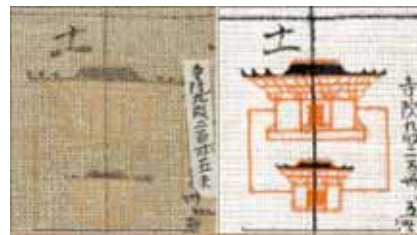
二つの画像で対応する幾つかの点の座標を対応テーブルとして取得しておく。二つの画像の間に部分的に線形写像の関係があると見なし、表示しようとする一方の画像の表示領域中心にあたる点に対して対応テーブ

ル中の最近傍の3点を求める。この3点に対応する他方の画像の座標を得て、その画像の表示領域の中心にあたる座標をアフィン変換により求めて表示する。対応テーブルの作成は、既の実現している手動による比較表示の機能を基に、対応点の追加、削除、および設定済み対応点の画像上での確認を簡易に行えるツールを実現している。

図3(b)は画像の四隅に加え建物(金堂)の箇所に対応点を取ったものである。対応を取った位置だけでなく、広い範囲で左右の画像が対応するようになる。図4(a)において、本州北端、紀伊半島南端、大隈半島南端の3点

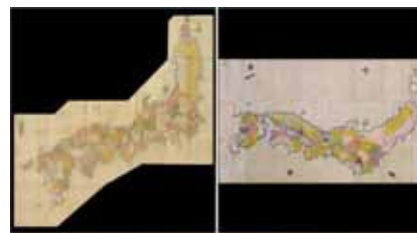


(a) 対応表示前



(b) 対応表示後

図3 原資料と復元複製の比較表示
(額田寺伽藍条里図：
国立歴史民俗博物館所蔵)



(a) 全体の表示



(b) 拡大表示

図4 古地図の比較表示
(左：正保日本図、右：享保日本図
国立歴史民俗博物館所蔵)

を対応付けて表示すると、同図の画像を4倍に拡大した状態で、佐渡、能登半島、房総半島などが左右対応して表示される。さらに拡大すると位置ずれが目立つが、例えば、仙臺、佐渡北東端、房総半島南端を対応点に加えた状態で、図4(b)に示すように、原画像の等倍に近い倍率に拡大しても、□印で記されている江戸城が近い位置関係で表示される。

このように、比較しようとする画像に対して組織的な対応付けを行わなくとも、必要な箇所の対応をとることにより、その周辺を含めて実用的な比較表示ができることが示された。但し、同一題材を描いた屏風の比較のように、ある大きさを持つ対象物が複数あって、その相互の位置関係が資料によって異なる場合には、表示位置によって対応がとれなくなる。表示しようとする位置での対応点の選択方法に改善の余地があることが明らかとなった。

(3) 解説提示方式

超高精細な画像による閲覧では、利用者の操作によって表示される資料中の対象物や場面に応じた解説を提示できる。これは、図5に示すように、資料平面に表示倍率の軸を加えた3次元空間上に解説表示領域を設定し、表示画面の中心が解説表示領域にあるときに該当する解説を表示することで実現できる。対象物の表示位置に対して解説を適切に表示するには、解説表記領域の適切な設定が重要となる。図5では解説表示領域を直方体で記しているが、上面と下面の大きさは同一ではなく、倍率軸方向に切った形状は台形ではないことが経験的に分かっている。解説表示領域の適切な設定法を評価実験より明らかにする。

基本的な特性を明らかにするため、図6に示すような白地の背景に正方に切り抜いた対象物と表示物を配したモデル画像を被験者に提示し、対象物の解説を表示することが適切となる位置、すなわち、解説表示領域の境界を求める。表示物がなく対象物だけの場合の境界および倍率方向の境界も求める。

評価結果の一例を図7に示す。ここでは、解説表示領域の表示画面上での境界を横軸にとっている。その大きさは表示画面の縦の高さを600としたときの値である。縦軸は表示倍率が 2^{-n} であるときの n を倍率指数として示している。対象物が表示画面のほぼ一杯に表示される状態を倍率指数0としている。評価結果の分析より、以下が明らかとなった。

- (i) 対象物の中心からの距離で取った解説表示領域の境界と倍率指数の間に直線的な関係が見られる。これは人が対象物と表示物との配置を見る上で、これらの端ではなく中心との関係で見ていることによると考えられる。
- (ii) 倍率指数が大きくなる（対象物が小さく

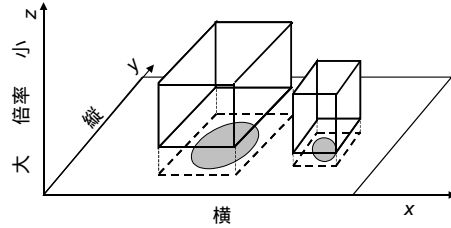


図5 解説表示領域の構成



図6 評価画像の例

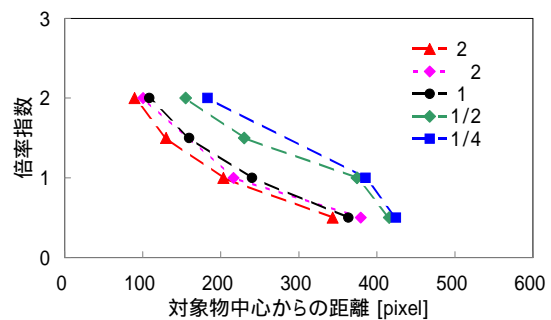
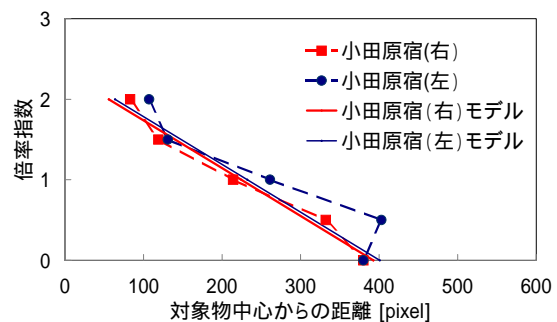


図7 解説表示領域の境界と対象物に対する表示物の大きさの関係（距離：2）



(a) 評価画像（東海道五十駅画卷：国立歴史民俗博物館所蔵）



(b) 解説表示領域の境界

図8 実資料による評価結果の例

- 表示される）と表示画面上の境界は対象物の中心に寄る。
- (iii) 表示物が大きくなると、境界は対象物の中心に寄る。
- (iv) 対象物と表示物の距離が短くなると、境界は対象物の中心に寄る。

(v) 画像表示領域の縦に対する横の比が小さくなると境界は、対象物の中心に寄る。

(vi) 上下方向の境界は、縦横比が 1:1 のときの左右方向の境界の関係と等しい。

(vii) 倍率方向の境界は倍率指数で 1.6 である。これは、対象物が表示画面の縦の高さの 1/3 で表示される大きさである。

得られた結果より、解説表示領域の境界の位置を与える重回帰式を求めると

$$y = -169x_1 - 129x_2 + 74.8x_3 + 287. \quad (1)$$

を得る。ただし

x_1 : 倍率指数で表した対象物の大きさ

x_2 : 表示物の大きさの対象部に対する比の対数

x_3 : 対象部と表示物の中心間距離の対象物の大きさに対する比

である。

実資料を対象にした評価画像と評価結果の一例を図 8 に示す。同図(a)の黄色の枠で記した部分を対象物とし、左右各々の赤の枠で記した部分を表示物と見なして、(1)式から求めた重回帰直線を同図(b)に同時に示している。右側の表示物では実測とモデルはほぼ一致しているが、左側は実測よりモデルが対象物中心に寄っている。左の対象物をより小さく見なすなど、実資料への適用にあたってはより詳細な検討が課題となる。

(4) 閲覧特性の分析

前項で述べた解説表示は、展示テーマとの関係で説明を要する箇所が付与される。入館者が実際に見る箇所がこれと一致しているかを明らかにし、解説の付与が適切かを評価する。

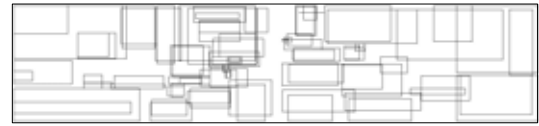
歴史資料自在閲覧システムでは、資料画像の移動や拡大・縮小の操作が行われる毎に、操作の種別、時刻、および画像表示領域の中心に当たる資料画像の座標と表示倍率を記録している。国立歴史民俗博物館の幾つかの企画展示において収集した利用記録を基に、資料画像のどの位置でどれだけの時間閲覧されているかを分析した。

その結果の一つを図 9 に示す。これは特別企画「歴史を探るサイエンス」(2003 年 10 ~ 11 月、会期 6 週間)において、江戸図屏風を展示した際に収集したものである。同図(c)および(d)は、時間で見た閲覧の頻度を $x-y$ および $x-z$ の小領域に投影したもので、平均頻度に対して 1 倍未満の領域を白とし、以下 1 ~ 2 倍、2 ~ 4 倍、4 倍以上の順に濃く表している。 $x-z$ 閲覧分布の縦軸は倍率指数で、下から 2 番目が 0 に当たる。

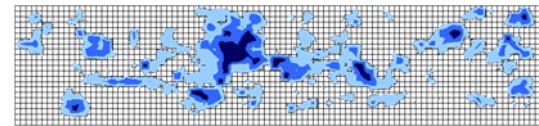
$x-y$ 閲覧分布より、資料画像の中央付近(右隻第 2 扇: 江戸城)だけでなく、右上隅(右隻第 1 扇: 仮屋での宴)を含め、資料全体に渡り平均の 4 倍を超える閲覧があることが分かる。解説表示設定領域と $x-y$ 閲覧分布を比較すると、解説が付いた箇所と閲覧頻度が高



(a) 資料 g 増



(b) 解説表示設定領域



(c) x-y 閲覧分布



(d) x-z 閲覧分布

図 9 閲覧特性

(江戸図屏風:
歴史民俗博物館所蔵)

い箇所は、概ね一致している。ただし、日本橋の左下(左隻第 3 扇下: 築地・八丁堀)のように、解説が付されていても、閲覧頻度が平均以下の箇所も存在する。逆に、閲覧されているが解説が付いていない領域も存在する。 $x-z$ 閲覧分布の中央にくさび状に現れる分布は、初期表示状態から見ようとする箇所へ移るまでの過渡的な閲覧である。これを除いた全閲覧中で解説が付いていない領域の閲覧の率は 0.44、このうち資料平面への投影では解説表示領域と重なるが倍率方向で外れる率は 0.22 である。同様な評価を毎年秋に行われる洛中洛外図屏風甲本の公開の際に収集した利用記録(総公開期間 8 週)を基に分析すると、それぞれ 0.32、0.12 である。これより、閲覧者のためには解説表示領域を適切に設置するとともに、展示テーマに沿って閲覧を適切にナビゲートする手段を実現することが必要であることが分かる。

(5) 統合閲覧方式

超精細な画像を適用した閲覧では、これまで記した利用者の自由な操作による画像と解説の表示とともに、用意したシナリオに沿って画像と解説を表示することも有効である。歴史資料自在閲覧システムでは両者をマニュアルモード、シナリオモードとして具備してきた。この切替はボタン操作で行うが、誤操作による混乱や、意図した切替であっても画面が変わり連続した閲覧ができないことが課題となっていた。このため、切替を行うことなく、利用者の自由な操作による閲覧



図 10 統合モードの操作ボタン

とシナリオに沿った閲覧を統合化するモードの実現を図る。

操作ボタンは少ない方が利用者にとって分かりやすいことから、図 10 に示すように、マニュアルモード用の画面の拡大・縮小と初期表示への復帰（全体ボタン）、シナリオモード用の場面切替、ならびにシナリオの選択の代わりにメニューに戻るための閲覧の終了のボタンを配置する。この他、画面のドラッグによる画像の移動、ダブルクリックによる拡大の画面操作がある。

統合モードにおいて、画面および拡大・縮小ボタンの操作が繰り返される状態、および次へ／戻るのボタン操作が繰り返される状態をそれぞれマニュアル状態、シナリオ状態とする。これらの状態を遷移する際の利用者にとって分かりやすい動作を明らかにする。

シナリオ状態で画面操作や拡大・縮小のボタン操作がある場合は、これに応じた画像と解説を表示すればよい。マニュアル状態で戻るボタンが押されたら、マニュアル状態に入る直前に表示していたシナリオの場面を表示することが自然である。これにより、誤った操作でマニュアル状態に入っても元のシナリオに復帰できる。マニュアル状態で次へボタンが押された場合は、直前のシナリオの表示位置からの移動距離が短い場合と長い場合とで扱いを変えた方がよい。前者では直前のシナリオの次の場面を表示し、後者ではそのときの表示位置に近いシナリオの場面を表示することが自然と言える。移動距離の短長は、次へボタンが押される時点のマニュアル解説表示領域に直前のシナリオの表示位置が含まれているか否かの判定に置き換えることができる。

マニュアルモードとシナリオモードは展示における自由導線と強制導線に対応する。入館者は実際にはその中間の行動をとる。統合モードにより自由な操作とシナリオナビゲーションを融合した閲覧を提供できる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 8 件)

- [1] 早野浩章, 安達文夫, 鈴木卓治, 徳永幸生, 杉山 精, “歴史画像閲覧システムにおける解説表示領域の設定法の検討,” 情報処理学会第 71 回全国大会講演論文集, 2F-5, pp. 4-21-22 (2009).

- [2] 西郷智気, 徳永幸生, 杉山 精, 安達文夫, “歴史資料における解説表示設定のための領域抽出法の検討,” 情報処理学会第 71 回全国大会講演論文集, 1Y-5, pp. 4-151-152 (2009).
- [3] 安達文夫, 鈴木卓治, “歴史資料の超高精細画像による提示方式の検討 —自由操作とシナリオナビゲーションの統合—,” 画像電子学会第 7 回画像ミュージアム研究会予稿集, pp. 1-6 (2009).
- [4] 早野浩章, 安達文夫, 鈴木卓治, 徳永幸生, 杉山 精, “歴史画像閲覧システムにおける解説表示法の検討,” 第 7 回情報科学技術フォーラム論文集, J-012, pp. 429-430 (2008).
- [5] 早野浩章, 徳永幸生, 安達文夫, 鈴木卓治, “歴史画像閲覧システムの解説表示に関する利用者特性の評価,” 情報処理学会第 70 回全国大会講演論文集, 2JZ-2, pp. 4-819-820 (2008).
- [6] 早野浩章, 安達文夫, 鈴木卓治, 徳永幸生, “画像閲覧システムによる博物館資料の閲覧特性の分析,” 画像電子学会第 35 回年次大会予稿集, pp. 123-128 (2007).
- [7] 早野浩章, 徳永幸生, 鈴木卓治, 安達文夫, “画像閲覧システムによる博物館資料画像の閲覧箇所の評価法の検討,” 情報処理学会第 69 回全国大会講演論文集, 4ZA-4, pp. 4-406-407 (2007).
- [8] 安達文夫, 早野浩章, 鈴木卓治, 徳永幸生, “超高精細画像による博物館資料の閲覧箇所の分析,” 画像電子学会第 5 回画像ミュージアム研究会予稿集, pp. 31-38 (2007).

6. 研究組織

(1) 研究代表者

安達 文夫 (ADACHI FUMIO)

国立歴史民俗博物館・研究部・教授

研究者番号: 30321540

(2) 研究分担者

鈴木 卓治 (SUZUKI TAKUZI)

国立歴史民俗博物館・研究部・准教授

研究者番号: 70270402

徳永 幸生 (TOKUNAGA YUKIO)

芝浦工業大学・工学部・教授

研究者番号: 70317361

(3) 連携研究者