

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 23 日現在

機関番号：62501

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23300332

研究課題名(和文)超精細画像による博物館資料の高度比較表示方式の研究

研究課題名(英文)A Study on an Advanced Comparison Method of Museum Materials 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・大学共同利用機関等の部局等・教授

研究者番号：30321540

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 9,400,000円、(間接経費) 2,820,000円

研究成果の概要(和文)：歴史資料の研究と展示において有用な非常に高精細な画像を適用した資料間の比較表示法の高度化を図った。同一題材が位置関係を変えて描かれている屏風などにおいて、同じ対象を比較できるように表示するため、対応する領域と非対応領域に分け、前者ではその内部にさらに対応点を取って連動する方法を実現した。企画展示で公開し有用性を確認した。紙の両面に文字が記されている巻物資料の表裏の比較において、資料のたわみに起因する表裏の画像のずれを補正するための対応点の取り方とその必要数を明らかにした。

研究成果の概要(英文)：Advanced comparison methods of historical materials using super-high-definition images have been studied to improve effectiveness of exhibition and historical researches. A method that displays the same objects simultaneously according corresponding areas defined to include the objects has been introduced for comparison of same objects. Corresponding points are also set to adjust the position in the corresponding areas. Effectiveness of this method was evaluated through a special exhibition, flexure of an old scrolling document causes difference between front and back sides of the images. Setting method and number of corresponding points to reduced the difference on a comparison display of front and back sides has been revealed.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：博物館学

キーワード：歴史情報システム 展示システム 閲覧システム 歴史資料 閲覧特性

1. 研究開始当初の背景

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資料において，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．そして，資料を相互に比較することが研究と展示の双方において重要であることから，可視光と X 線の写真のように比較的単純な完全な対応関係のある画像の比較表示に引き続き，科学研究費補助金基盤研究(B)18300086 により，製作年代の異なる古地図間のように連続的な対応関係はあるがその位置関係が非線形な対象間の比較表示と，完全な対応関係とみなせる料紙の両面に文字が記されている紙背文書の表裏の比較表示を実現してきた．

さらに，比較表示できる対象を拡大しようとして，同一題材が描かれ，その位置関係が異なっている屏風のような絵画資料間の比較表示を実現することが求められた．また，一見完全な対応関係があると考えられる紙背文書の表裏の比較において，高精細な画像を適用すると，資料のたわみに起因する表裏のずれが拡大した際に無視できなくなる点を解決することが求められた．

2. 研究の目的

博物館における展示や資料の調査研究において，有用な手段となる非常に高精細な画像を適用した画像閲覧による資料間の比較表示に関し，これまでの研究で浮かび上がった課題を解決し，比較できる対象を拡大できる利用者にとって自然で分かり易い高度な比較表示方式を確立することを目的として，以下の実現を図る．

(1) 対応関係が不連続な資料間の比較表示

同一題材を描いた絵画資料に見られる，描かれた対象の位置関係が異なる資料間では，対応関係が不連続と言える．このような資料として，洛中洛外図屏風の歴博甲本と同乙本を例にとり，点字での利用者の理解の一助となるよう同一の対象を比較できるよう連動して並べて表示することを実現する．そして，企画展示において公開し，その方法の有用性を評価する．

(2) 横長資料の表裏の比較表示

表裏に文字が記された紙背文書として，正倉院文書を具体的な対象とする．資料のたわみに起因した表裏の画像のずれが，表裏を対応して表示する際の表示誤差となる．少ない対応点で，表示誤差を抑えるための対応点の取り方と，表示誤差を許容値以下にするために必要な対応点の数を，資料が非常に細長い

ことを勘案して明らかにする．また，正倉院文書の元あった並びに仮想的に復元して，表裏を対比して表示するための手法を検討する．

3. 研究の方法

対応関係が不連続な資料間の比較表示および横長資料の表裏の比較表示について，既来实现してきた比較表示機能を有する画像資料自在閲覧ソフトウェアを基とするソフトウェアの施策により，動作確認と評価を行う．前者では，この比較表示方法を搭載した閲覧システムを，国立歴史民俗博物館の企画展示において公開した際の利用記録を分析し，利用状況から有用性を評価する．後者の表示誤差の評価は，モデル画像による検討を行うとともに，正倉院文書正集複製（国立歴史民俗博物館蔵，現品は宮内庁正倉院事務所蔵）の全 45 巻のデジタル画像を適用したシミュレーションにより行う．

4. 研究成果

4.1 対応関係が不連続な資料間の比較表示

(1) 資料の状況と比較表示の基本的な方法

同一題材が描かれた絵画史料の一つとして，洛中洛外図屏風の歴博甲本と同乙本の一部を図 1 に示す．A1 と A2 は清水寺，B1 と B2 は三十三間堂である．それぞれ両資料で対応しているが，二つの対象は，甲本では斜め，乙本では上下の位置関係にある．このように，同一題材が描かれた二つの資料において，対応関係が不連続となっている．

このような対応関係が不連続な資料間の比較表示を，連続で完全な対応関係がある資料間の比較表示と違って，次の 2 つの段階の処理により実現する．第一は，不連続な対応関係の存在により，当然ながら資料全体での連続的な対応関係を取ることができないことに対し，対応関係がある領域とない領域に分け，前者を対応領域として矩形で与え，対応領域毎に連動させる．この矩形の四隅の点を外点とする，第二は，対応領域の相互で，対応する点が比例関係にあるとは限らないことである．このときには，対応領域内に一つ

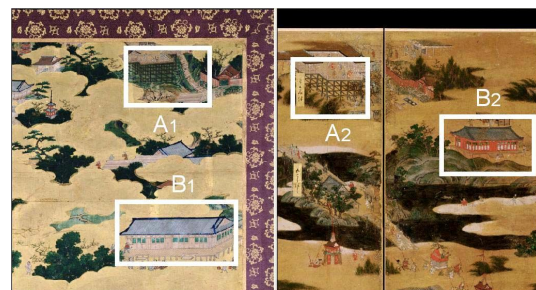


図 1 洛中洛外図屏風（右隻 1~2 扇上）
（左：歴博乙本，右：歴博甲本）

以上の対応点を取り（これを内点とする）、外点を合わせて三角形分割を行う。三角形内は線形であるとして、利用者が操作する側の主画面の中心に当たる画像の座標から、他方の主画面の中心に表示すべき画像の座標を算出する。以上により、対応領域内で連動した比較表示を行う。

非対応領域での動作については、幾つかの方法が考えられる。複雑な動きとなって利用者が混乱しないよう、対応領域を外れた所で、操作しない側の画像は移動を停止するよう実装した。但し、倍率は連動させる。

この方法を全ての倍率に適用すると、対応領域が、資料全体に対して小さいことから、全体が表示されるような倍率で、連動側が全く動かないように見える。これを避けるため、一定の倍率以下では、資料全体で連動するようにする。

以上の方法による比較表示の例を図2に示す。ここでは、図1の三十三間堂が対応して表示されている。なお、同図の比較表示画面において、資料画像を表示する左右の主画面のいずれかのドラッグ操作で画像が移動する。操作があった方を操作側、他方を連動側と呼ぶことにする。

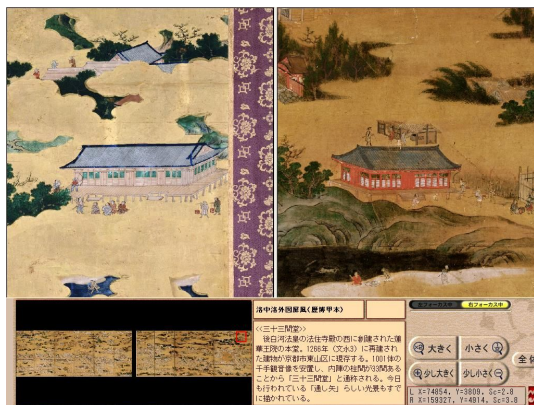


図2 対応関係が不連続な資料間の比較表示の例
(左：洛中洛外図屏風歴博乙本，右：同甲本)

(2) 対応領域と解説表示領域

図2に示した比較表示画面の下中央は解説表示エリアで、操作側の主画面に表示される画像に応じて解説を表示する。これは、資料画像上に縦、横、および倍率方向に解説表示領域を設定しておき、主画面の中心がこの領域に入ったときに該当する解説を表示する。左右の画像が連動する対応領域は、この解説表示領域と一致していることが分かりやすい。そこで、洛中洛外図屏風の甲本と乙本の対応領域は、既に作成済みの解説表示領域の縦と横の座標を使用して設定した。

このように対応領域を設定して動作させ

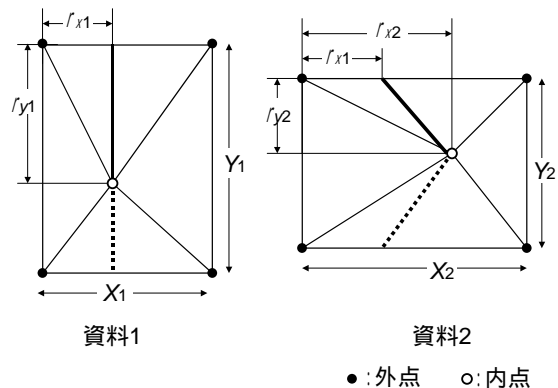


図3 対応領域の関係

ると次の現象が生ずる。

操作側で画像を移動した量に対する連動側の移動量が異なる。特に、操作側の移動より連動側の移動量が多いと、不自然さが目立つ。

操作側で画像を上下に移動すると、連動側で画像が“く”の字の折れ曲がった軌跡を描く。左右の移動では“へ”の字の軌跡を描く。

第1の現象は、比較表示される二つの対応領域の画面上の大きさが同一でないことによる。この主たる原因は、甲本と乙本の設定した解説領域の対象物に対する大きさが異なることによる。これは設定を適正にすれば解決する。しかし、一方の資料だけ対象に別の対象が隣接する場合や、一方だけ対象が資料の端にある場合、並びに、対象の資料全体に対する大きさが極端に違う場合は、対応領域の大きさや形状が異なることが避けられない。

第2の現象は、以下に説明するように、対応領域内の内点の相対的な位置が、二つの資料で異なることによる。資料1と資料2の画面上の対応領域が図3の関係にあるとする。内点は1点として、同図のように対応領域が三角形分割されるとする。このとき、資料1が操作側として主画面1の中心が太い実線および破線の上を縦に移動すると、連動側の資料2では実線と破線の上を主画面2の中心が通るように移動し、折れ曲がった軌跡を描く。連動側の横方向の移動量の操作側の縦の移動量に対する比を求め、その許容値を評価すると、二つの対応領域の大きさが2倍であっても設定可能な範囲にあることが示される。

(3) 利用記録の分析による比較表示の評価

対応関係が不連続な比較表示において、非対応領域で連動を停止することが、利用者に分かりづらく、その閲覧行動に影響しないかを、企画展示「洛中洛外図屏風と風俗画」(2012年3~5月)において公開した閲覧システムの利用記録を基に検討する。

同企画展示では、5点の洛中洛外図屏風の実資料を展示するとともに、それぞれ閲覧システムに超高精細画像を適用して公開した。その中で、乙本については、甲本との比較表示によった。甲本は単独の公開も行った。

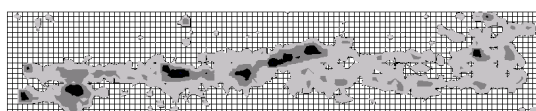
5代の閲覧システムそれぞれによる超高精細デジタル資料の、1日当たりの閲覧回数と閲覧時間の推定値を求め、展示の導線に沿って配置された順にみると、先にあるものが高く、後方程低くなる一般的な傾向を示している。すなわち、提案した比較表示による甲乙比較が、他と比べて低いことはない。

次にどのように閲覧されているかの観点から検証する。閲覧される倍率について、その分布を単独で公開した甲本と甲乙比較の甲本を比べてみると大きな差はない。閲覧される個所の頻度分布について利用記録より求めたものを、資料画像とともに図4に示す。ここで閲覧箇所の頻度分布については、甲乙比較の甲本と乙本それぞれと、これと比べるため甲本単独による公開の結果を示している。なお、甲乙比較の甲本と乙本は、それぞれが操作側にある時の集計である。

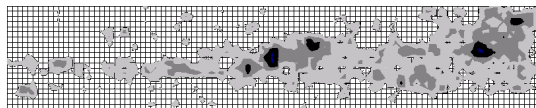
閲覧箇所の頻度分布は、資料画像の小区画毎に値を示しているが、頻度の大きさは、全ての小区画が平均して閲覧される時の頻度に対して、1倍未満の区画を白、以下1~2倍、2~4倍、4倍以上で、段階的に濃く表している。



(a) 洛中洛外図屏風 歴博甲本



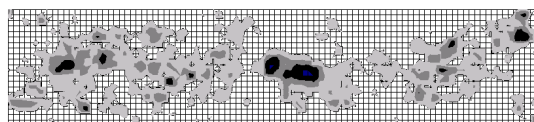
(b) 単独公開の甲本



(c) 甲乙比較の甲本



(d) 洛中洛外図屏風 歴博乙本



(e) 甲乙比較の乙本

図4 閲覧箇所の頻度分布

閲覧箇所の頻度分布について、単独の公開と甲乙比較の甲本同士を比べると、前者は資料全体に渡っていることに対し、後者は左隻で頻度が低い個所がある。これは、以下の理由による。甲乙比較では、対応領域を設定しようとする、その範囲が広がる通りや川は連動の対象外とした。連動の対象外では、解説を表示しない。このことが影響して、単独公開の甲本で頻度が高い左隻の小川通りや町通りでの閲覧頻度が低くなっている。これは逆にみると、比較表示で解説が表示される個所、すなわち連動する箇所が頻度高く閲覧されていることを示している。

乙本でも閲覧頻度の高い右隻第1扇の清水寺、三十三間堂などは、連動の対象である。連動の対象外である甲本右隻の鴨川や乙本左隻第5扇下部の室町通りなどで閲覧頻度が高い個所がある。このように、利用者は、連動する箇所だけを閲覧している訳ではない。しかし、多くは連動表示される個所で閲覧頻度が高くなっている。

以上より、ここで提示した比較表示は、利用者に問題なく使用されていると言える。

4.2 横長資料の表裏の比較表示

(1) 表裏画像のずれと比較表示

横長資料である紙背文書の閲覧システムとして図5に示すように、表裏の一方を180度回転して上下で対応させる上下表示、表裏とも回転せず左右に対応させる左右表示、表裏の一方を画面いっぱいに表示する単一表示の表示モードを具備した。

ここに表示する画像データは、資料を分割撮影し、必要に応じてトリミングしたものを接合して作成している。具体的な対象である正倉院文書は、横に非常に長い上、たわみがあるため、接合した画像では極端に図示すると図6のように表裏のずれが避けられない。同図は片方を裏返して重ね合わせた状態で示している。このずれは接合の作業上、縦方向に起こりやすい。このため、特に左右表示

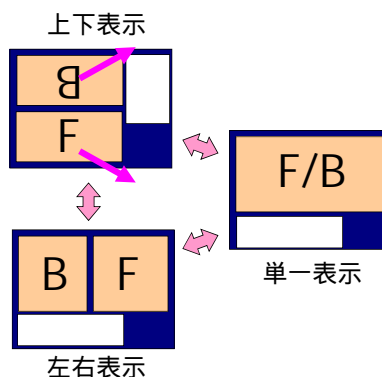


図5 紙背文書閲覧システムの表示モード

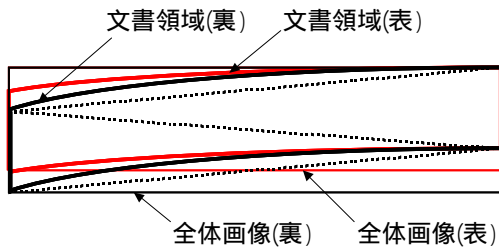


図6 資料画像の表裏のズレの様子

において、拡大した際に、ずれが目立つことになる。

上記のようなずれを補正し、表裏を対応させて表示するには、対応関係が不連続な資料間の比較表示と同様に、資料画像中に対応点を取り、三角形分割して、その内側は線形な対応関係があるとし、操作側の主画面の中心に当たる資料画像の座標から、連動側の主画面の中心に表示すべき資料画像の座標を算出し表示する。

紙背文書の表裏の画像では、資料全体で連続的な対応関係があると考えてよいから、全体画像の四隅と画像中の文書領域の右端と左端の上下に、計8点の対応点を取ることが基本となる。図6の場合、画像と文書領域の右上と左下の点はそれぞれに重なるから6点となる。このときの裏側の三角形分割を波線で示す。この場合、文書の両端では表示誤差はなくなるが、横長の資料の途中で表示誤差が残る。正倉院文書の正集45巻について調べると、60pixel程の表示誤差が残るものがある。さらに表示誤差を抑えるには、文書の途中に対応点を取る必要がある。

対応点を設定する手間を考慮すると少ない方がよい。しかし、1点だけの追加では、例えば図6において、画像の上方あるいは下方の少なくとも一方に構成される三角形は変わらないから、表示誤差は改善されない。そこで、横方向の座標が同じ文書領域の上辺と下辺に対応点を対で取ることが必要となる。

(2) 表示誤差の性質と誤差の評価

対応点对を追加する方法として、表示誤差が目立つ箇所の上辺と下辺に取り、これによっても表示誤差が目立つ場合は、さらにその箇所に対応点对を取ることが繰り返すことを考える。この方法により表示誤差を抑えるために必要となる対応点对の数を適正に評価するため、簡単なモデルにより、表示誤差の性質について検討した。その結果、文書の縦方向の位置により誤差が異なること、表が操作側である時の裏の誤差と、裏が操作側であるときの表の誤差が異なること、並びに、対応点对を追加すると誤差が増えることがあるという、細長い資料に特有な複雑な振

舞いをする事が明らかとなった。

資料の全体画像と文書領域の四隅以外に追加する対応点对の数に対する、最大誤差の評価対象史料全てに関する平均値と最大値を図7に示す。ここで、対応点对の追加により誤差が増加することがあることに対し、最大表示誤差が所定の値以下になったところで追加を停止している。同図より、資料画像を拡大した際にも表示誤差が目立たないよう10ないし5pixel以下にするには、平均的には2あるいは7対の対応点を取ればよいことが示される。但し、同図の最大に見られるように、誤差がなかなか収まらず20対を要する資料もある。

最大表示誤差をある値以下にするために必要な最小の対応点对数を、評価対象資料全てに対する累積分布として表したものを図8に示す。8割の資料で、対応点对を2あるいは7取れば、最大表示誤差を10ないし5pixel以下にすることができる。また、対応点对の横方向の位置は、厳密にとる必要はないことが確認された。

(3) 透過画像との重畳比較

正倉院文書では、料紙と料紙が直接繋ぎ合わされ、その繋ぎ目に文字が存在し、読めない箇所がある。これを読み取るため、透過光により撮影した画像を、通常反射光による撮影画像と比べて観察するための透過度を

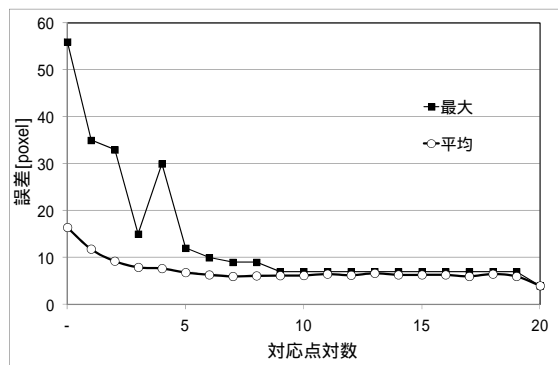


図7 追加対応点对数に対する最大表示誤差

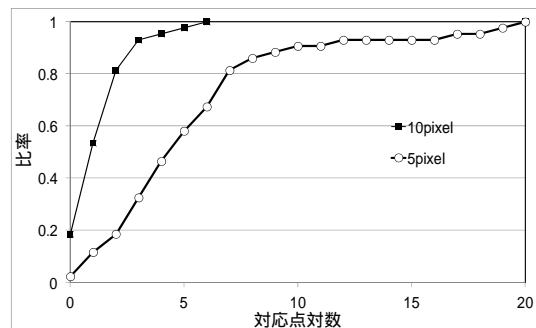


図8 最大表示誤差の累積分布

替えた重畳比較について検証した。透過光と反射光の撮影における角度の微妙な差が避けられず、重畳した画像にわずかではあるがずれが生じる。重畳比較より、両者に連続した対応関係があるとする比較表示が適していることを確認した。

(4) 正倉院文書の仮想的再構成のための領域切り分け

正倉院文書の表裏の比較のそもそもの目的は、並び買えられた料紙の接続関係を確認し、当初の形に仮想的に再構成して表示することである。このための前段階として必要な料紙と繋紙の領域の切り分けを、色相に基づいて行う方法について検討を進めた。料紙に対応する赤のピークと繋紙に対応する蒼のピークの値から閾値を動的に定める方法が固定の方法より切り分けの精度を高められることを明らかにした。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 1 件)

[1] 安達文夫, “超高精細デジタル資料「洛中洛外図屏風」の閲覧特性 利用者の閲覧行動からの分析”, 国立歴史民俗博物館研究報告, vol.1139, pp.173-208 (2014). (査読あり)

〔学会発表〕(計 9 件)

[1] 脇 正宏, 安達文夫, 米村俊一, 徳永幸夫, “正倉院文書の料紙と繋紙の切り分けと並べ替え”, 画像電子学会第 12 回画像ミュージアム研究会予稿集, pp. 1- 6 (2014-2-28).

[2] 安達文夫, 鈴木卓治, 仁藤敦史, 平野清典, 米村俊一, 徳永幸夫, “高精細画像を用いた正倉院文書の調査研究支援自在閲覧システム”, 情報処理学会シンポジウムシリーズ, vol.2013, No.4. pp.217-224 (2013-12-14).

[3] 脇 正宏, 安達文夫, 米村俊一, 徳永幸夫, “正倉院文書の並び替えのための断簡と台紙の領域分離方法”, 画像電子学会第 41 回年次大会予稿集, T3-1 (CD-ROM) (2013-6-23).

[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) (2013-6-23).

[5] 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設定方法の検討”, 情報処理学会第 75 回全国大会講演論文集, 5ZF-4, pp.4-835-836 (2013-3-8).

[6] 脇 正宏, 安達文夫, 徳永幸夫, 米村俊一, “色相情報に基づく正倉院文書の切り

分け位置の検討”, 情報処理学会第 75 回全国大会講演論文集, 6U-2, pp.2-621-622 (2013-3-8).

[7] 安達文夫, 鈴木卓治, 徳永幸夫, “大型絵画資料の比較表示と解説表示”, 画像電子学会第 40 回年次大会予稿集, T1-1 (CD-ROM) (2012-6-23).

[8] 脇 正宏, 安達文夫, 徳永幸夫, 杉山精, “正倉院文書における画像処理を用いた切り分け位置の検出手法の検討”, 画像電子学会第 10 回画像ミュージアム研究会予稿集, pp. 51-55 (2012-3-2).

[9] 川北明, 安達文夫, 徳永幸夫, 杉山精, “歴史資料画像の任意の対応点に基づく比較表示と対応点設定手法の検討”, 画像電子学会第 10 回画像ミュージアム研究会予稿集, pp. 25-30 (2012-3-2).

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 幸夫 (TOKUNAGA YUKIO)
芝浦工業大学・工学部・教授
研究者番号: 70317361

(平成 25 年度は連携研究者)

米村俊一 (YONEMURA SHUNICHI)
芝浦工業大学・工学部・教授
研究者番号: 60631033

(平成 25 年度)