

機関番号：87106

研究種目：基盤研究（A）

研究期間：2007～2010

課題番号：19202026

研究課題名（和文）VR画像を活用した装飾古墳デジタルアーカイブの構築

研究課題名（英文）Making Digital Archive of Decorated Tumulus by Using VR Techniques.

研究代表者 河野 一隆 (KAWANO KAZUTAKA)

独立行政法人国立文化財機構九州国立博物館 学芸部企画課文化交流展室長

研究者番号：10416555

## 研究成果の概要（和文）：

古墳の墓室に彩色や彫刻によるさまざまな文様を描いた装飾古墳は北部九州を象徴する古墳文化のひとつであり、全国では500～800基に達する。本研究ではVR画像の特長である写真の持つ情報量と図面が持つ位置関係の明示を活かし、装飾古墳の異常の観察・対処、保存策にも大きく寄与する研究方法を開発し、各地の装飾古墳で実践、普及に努めた。また、装飾のある部分は4×5サイズの高解像度写真を撮影し、現状記録に充てた。

## 研究成果の概要（英文）：

In decorated tumulus, various symbols and motifs were painted or engraved on the stone slabs used to construct the burial rooms in tumulus. Such decorated tumulus, which are 500 to 800 sites nationwide, spread throughout Japanese archipelago, constitute one element of the culture in Kofun period, emblematic of the northern Kyushu region. Using the feature of the VR images which possessed both the information of the pictures and the specification of the spacial relationship of the drawings, we developed the study method which also contributes to the monitoring of the abnormalities observed in decorated tumulus and the preservation of the decorated tumulus.

And using high-resolution 4x5" film, we took photos of decorated section to accumulate the records of the present condition of the decorations.

## 交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	8,200,000	2,460,000	10,660,000
2008年度	7,400,000	2,220,000	9,620,000
2009年度	13,400,000	4,020,000	17,420,000
2010年度	6,500,000	1,950,000	8,450,000
総計	35,500,000	10,650,000	46,150,000

研究分野：考古学

科研費の分科・細目：史学・考古学

キーワード：日本史・東洋史・美術史・デジタルアーカイブ・コンテンツ・文化財学・VR

## 1. 研究開始当初の背景

高松塚古墳壁画問題を契機として、装飾古墳についても経年変化を科学的に常時監視するための方策が提言されるようになってきた。装飾古墳とは、天然に産出する鉱物や粘土などを磨り潰して作られた顔料を使用

して、石室の壁に幾何学文様や具象的な画像を描いた古墳のことである。装飾古墳は、福岡県・熊本県内にも300基を超える装飾古墳が存在し、全国では500～800基に達する。まさに九州を代表する古墳文化の一つである。そのいくつかの古墳については、壁画の

ために保存施設が備えられており、大半は公開が春と秋に限定されている。しかし、経年変化については目視により測量図に書き込んできたのが現状だ。しかし、この方法だと個人の観察力に頼る限界があり、記録資料の管理・分析も難しい。これらのデータをデジタルアーカイブとして管理すれば、装飾古墳の管理・対策の飛躍的な効率化が期待されることは、要請はあったけれども具体的な方法は試みられてこなかった。

装飾古墳は、彩色文様の褪色や経年変化を客観的にモニタリングする方法が無く、博物館でも写真か模型以外に装飾古墳を展示することは出来なかった。写真と実測図面の長所を併せ持つ VR データを活用することによって、装飾古墳、ひいては不動産文化財の革新的な記録方法が開発できると着想した。

## 2. 研究の目的

従来、装飾古墳の保存のための経過観察作業は、目視した観察結果を写真および石室実測図に書き込むことで行われてきた。写真は情報量が高く異常の確認にも適しているが、二次元情報しかないために、装飾と石室の相対的位置が分からない。一方、図面は石室全体の構造を掴むことには適しているが、写真のもつ情報量には及ばず、異常を主観的に記述するしかない。両者の長所(写真の持つ情報量と図面が持つ位置関係の明示)を兼ね備えた新たな画像が作成できれば、装飾古墳の異常の観察・対処、保存策にも大きく寄与することになるだろう。その画像とは、VR 画像である。VR 画像とはコンピュータのデスクトップ上に再現された、位置情報を持つ写真の



図 下馬場古墳 調査風景(器財搬入)

ことであり、さまざまな角度や部分の拡大・縮小も自在である。この画像上に装飾古墳で観察された異常を記入し、数年次にわたって結果を蓄積すれば、それが装飾古墳の異常の経過観察の基礎となるデジタルアーカイブとなる。そして、VR 画像作成の前提となる VR データは、博物館や WEB における映像コンテンツとしての活用も可能となる。

装飾古墳、特に彩色壁画を持つ古墳の場合は、人の出入りが直接・間接的なカビや汚染の発生原因となることがかねがね指摘されてきた。したがって、一度石室内に入ったならば、その時点で可能な限りの記録を取得しておくことが望ましい。その時点での現状記録という貴重なデータとなるからだ。撮影する写真は、装飾のある部分は 4×5 サイズの高解像度写真(併せて劣化防止のための Photo CD 焼付)を撮影し、現状記録とした。

要するに、本研究は装飾古墳の基礎的データを取得し、コンピュータ上に装飾古墳を再現し、研究・保存のためのデジタルアーカイブを構築することを具体的な目的として、日本全国の装飾古墳を対象として、遂行してきた。それ以外には、WEB 配信のためにパノラマ VR をも同時に作成してきた。これは、魚眼レンズで撮影された画像を球体の内面に貼り付けて、パノラマ画像を構成したものだ。元の石室の形態が失われるけれども、非常に軽量なパノラマコンテンツが構成できるから、WEB 配信により、彩色壁画の全体像をざっとつかむ、といった用途に活用できよう。また、装飾古墳の立地環境を簡便に見せる時に、大変有効な手段となった。これらを総合してデジタルアーカイブに格納し、用途・目的に応じた活用を進めることが重要であると考えた。

## 3. 研究の方法

装飾古墳のような立体構造物でかつ計測対象に非接触で正確な VR 画像を取得するために、写真測量の方法を応用する。これは、石室内に方格座標を設定し、その基準線に沿って 60% の重複で撮影する。対象物には事前に着脱可能な対標(待針など)を打ち、それを写し込んだ画像をコンピュータ上で立体画像(VR モデル)へと合成する。VR モデルは VRML や Flash などの動画コンテンツへと加工する。また、記録保存に適した型式として正斜投影画像へ加工し、定点観測の基礎資料として用いる。

### (1) 現地調査

対象となる古墳を選定し、調査着手前に現地調査を行う。これは現在の保存状況、将来的な保存・整備計画を考慮に入れた上で、各管理団体や地元教育委員会との密接な協議と調整を行う。また、現地訪問前に、過去の調査記録や詳細な図面などの情報を極力取

集し、開口方向や墳丘の樹木繁茂状況、機器の搬入方法や安全のための対策を講じる。

### (2) 機材搬入

計測機材を搬入し、電源を確保する。石室および保存施設内に持ち込む機器は、事前にアルコールによって入念にふき取る。また、石室内は一般に湿度が高く、入室後も直ちには撮影に着手できないことが多い。このため、石室内作業の効率化をはかるためにもカメラは実際の作業前に石室内にて「慣らし」を行っておくことが望ましい。石室内の作業および機材搬入時には作業衣・靴・帽子についても清潔なものを準備し、アルコール消毒を行っておく。

### (3) 標点設定

墓室内の要所に標点としてマチ針を打つ。標点は計測範囲をカバーするように設定する。石室の場合はマチ針を打つことができるが、横穴や保存施設、修復部分など隙間のない場合は、的を設けた小さなシールで代用する。この場合、シールは弱粘性のものとする。また、野帳に設定部位を記録し、測量後に回収漏れが無いようにする。

### (4) 写真撮影

石室内にコンベックスやテープによって撮影のための軸線を設定し、約60%ずつオーバーラップさせながら撮影する。撮影範囲は墓室全体であり、石棺の隙間や石積みの上部も極力工夫を凝らして撮影する。石室内など暗所の場合にはミュージアムライトによってモデリングを行い、フラッシュ撮影を行う。

### (5) 測量

計測範囲内に設定した標点をトータルステーションによって計測する。計測後の標点は必ず回収する。また、絶対座標がある場合

は、それを座標内に取り込んでおく。

### (6) 位置合わせ

オーバーラップさせて撮影した2つの画像を画面上で並べ、写し込んだ標点を基準として位置合わせを行う。

### (7) TIN変換

位置合わせをした2つの画像から標点をあわせて、ソフトウェアによってTINを発生させ、ポリゴン化する。あわせて、テクスチャとなる画像処理によって色合わせを下処理として行っておく。

### (8) 立体図形化

TIN図形どうしを合一させることで立体図形を生成します。要所要所を結合し、墓室を大きなブロック状のいくつかにまとめる。

### (9) 画像統合・断面図作成

個別図形を全体統合する。その後、軸線を任意に設定し、断面図を作出する。その後、平面図・断面図と合成する。

本研究ではVRデータの作成、活用などの面において成功裏に実証実験を行うことができ、その有効性を検証、確認することができた。

また、装飾古墳の高解像度(4×5フィルム)による撮影も実施した。対象古墳の選択は、管理団体である地元教育委員会と協議のうえ、要請のあったものを中心に選択した。装飾古墳は、一度開口すると室内環境が激しく変動し、室内の温湿度に大きな影響を及ぼし、再度平衡状態に落ち着くまでには一定度の期間を要する。したがって、撮影前と撮影後にはデータロガーで温湿度を計測し、撮影中にも大きな変化が観測されれば室外にて待機した。また撮影に当たっては、文様をクローズアップした「寄り」の写真を別にすれ

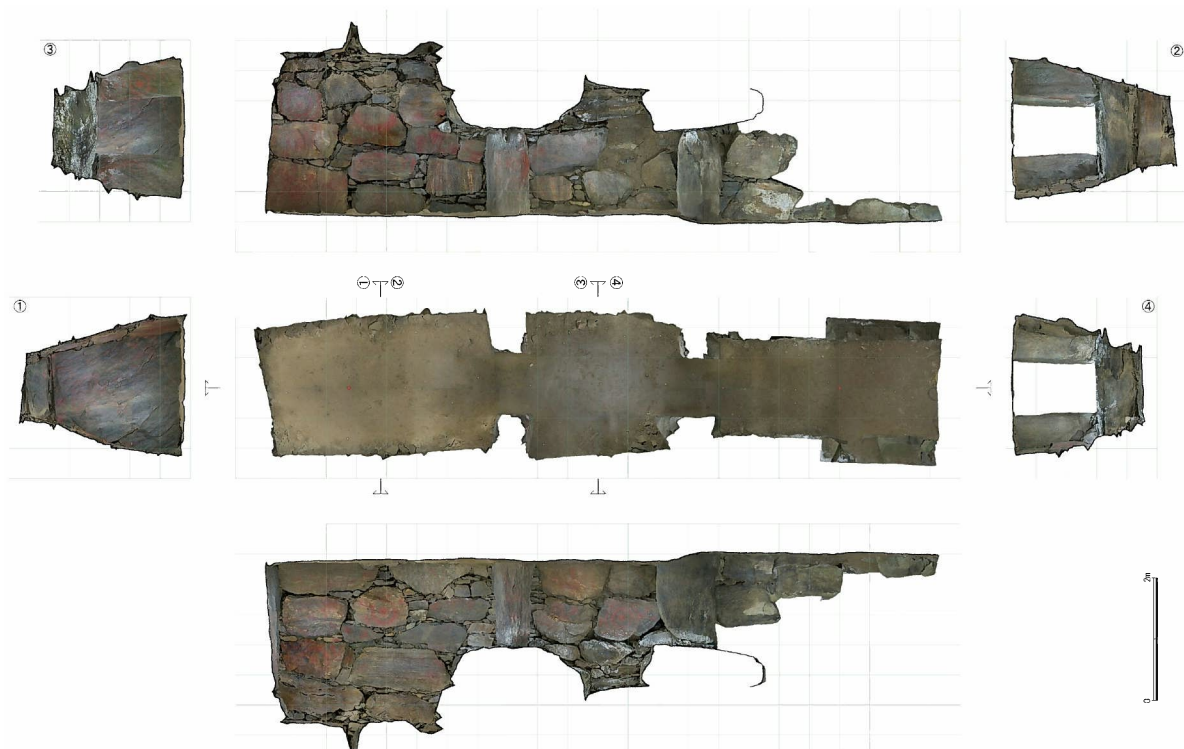


図 下馬場古墳正斜投影図

ば、極力、「引き」の写真を加えて、施文部位が表現できるようにした。さらに、4×5サイズの写真では重要な部分に限り、その他の部分は手持ちの6×6サイズの写真を多用することで、カバーすることにした。

#### 4. 研究成果

福岡県・佐賀県・熊本県・大分県・大阪府・福島県に所在する22基の装飾古墳と横穴墓のVRデータの作成、福岡県・熊本県・大分県に所在する4基の高精細画像撮影、8回の学会・研究会での発表(口頭またはポスター)、1本の論文執筆(雑誌)、1本の書籍での紹介文、2回の展覧会での紹介を行なった。その過程を、時系列を追って説明を加えたい。

平成19年度 平成19年度には、福岡県教育委員会・久留米市教育委員会・うきは市教育委員会・筑紫野市教育委員会の全般的な協力を得て福岡県内の装飾古墳の調査を実施した。久留米市内下馬場古墳(平成19年7月18日～7月23日)、前畑古墳(平成19年7月23日～7月29日)、寺徳古墳(平成19年7月31日～8月6日)は、本研究の先行研究が久留米市中原狐塚古墳で行ったことを契機に、その継続的なプロジェクトとして着手した。梅雨から盛夏にかけての時期であり、石室内は密閉されていないとはいえ、湿度がかなり高く、特に最初に着手した下馬場古墳では壁体表面を水膜が覆い、撮影用の照明が反射して計測凶化の際に障害が出るほどであった。加えて、本研究最初の調査古墳ということもあり、必要機材も調査手順も手探りの中で着手することとなった。また、前畑古墳の調査では梅雨末期の豪雨の直撃を受け、寺徳古墳では台風の影響によって公共交通網が混乱する中での調査となった。次にフィールドをうきは市域に移し、江戸時代から装飾古墳として著名な塚花塚古墳(平成19年10月10日～10月15日)と重定古墳(平成19年10月16日～10月24日)の査を実施した。塚花塚古墳は石室が小さく計測作業自体は容易なことが予測されたが、保存施設によって密閉された初めての装飾古墳であり、作業中はもちろん、機材の搬入にも細心の注意を必要とした。この経験を踏まえて、より大きな石室墳である重定古墳の調査を実施した。特に重定古墳は複室構造で、奥壁には高い位置に石柵が設えてあり、一部は計測を諦めざるを得なかったが、本調査方法の限界が明らかになった点でも収穫となった。年度の最後に着手したのは筑紫野市五郎山古墳であった。この古墳は羨道部分が狭小で石室本体部よりも計測の困難さが予測されたが、5基目ということもあって大きな障害もなく、完了することができた。

高精細画像撮影では熊本県釜尾古墳と福岡県桂川王塚古墳を対象とした。釜尾古墳

(平成20年3月5日)は装飾文様の写真は以前から知られているけれども、近年には撮影されていなかったため、熊本県・熊本市の管理機関との調整を経て実施した。桂川王塚古墳(平成20年3月6日)は、石室内の支柱が設けられてから後の内部撮影が行われておらず、現状の記録として行うこととなった。特に、桂川王塚古墳は特別史跡として石室内への立ち入りは厳しく制限されており、関係各位の特別の配慮をもって内部撮影が可能となった。作業は1日が条件で、かつ湿度100パーセントに近い環境下での撮影作業は、石室内環境に少しでも変化が生じれば直ちに作業を中止するというデリケートな配慮を要しつつ完了した。

平成20年度 平成20年度は、福岡県以外の調査の遂行を目的として、大分県教育委員会・日田市教育委員会・熊本県教育委員会・熊本県装飾古墳館・山鹿市教育委員会の全面的な協力を得て、大分県・熊本県の装飾古墳および横穴6基の調査を完了することができた。日田市ランドヤ1号墳(平成20年7月6日～7月13日)、同2号墳(平成20年6月29日～7月13日)については、前年度、久留米市内装飾古墳調査中に将来的な史跡整備を前提とした発掘調査が行われるため、それに合わせて調査を実施する運びとなった。本古墳は、古くから墳丘封土が流出して石室が剥き出しの状態であった。装飾古墳の保存の観点からは必ずしも望ましいとは言えないが、本研究のように3Dデータを記録する調査方法にとっては石積みの方法を記録するまたとない好機と言える。ただ、石室内外面を全て記録することは、本研究の趣旨に外れ、かつ経費的にも嵩むため、内部を本研究で、外部を日田市教育委員会にて計測調査を遂行する方向で調整した。調査は、初夏から盛夏にかけての時期で、蒸し風呂のような状態になることもしばしばであったが、市教育委員会によって設置されたデータロガーを参照しつつ、石室への環境変化を最小にするように留意しつつ作業を進めた。

熊本県内の装飾古墳は着手に難航した。その原因は、熊本県内の装飾古墳は、独自に皆悉調査に基づいた管理基準が設定されており、その結果、本研究の様な先事例の少ない装飾古墳への影響評価が見積もれないため、密閉した古墳および彩色壁画のある古墳の調査が全て不可とされた。これは、本研究にとって大きな痛手となったが、他方で横穴墓や彫刻・線刻による装飾を以下に3D計測するかを実証実験する機会となった。また、本調査を遂行するにあたって、事前の環境影響評価を行うことの重要性を改めてクローズアップさせることになった。かくして、小原浦田横穴墓(平成20年12月21日)、小原大塚横穴墓(平成20年11月16日)の調査を

実施することができた。この場合、2つの問題が持ち上がった。第1は、石室内の調査であったためモデリングライトやフラッシュなどの人工照明によって行っていたため、光源から放射状に照度が低下するが、横穴墓の前庭部では外光が直接入り込み木漏れ日の様な不均一な影が発生する。このため、人工照明を当てた後に画像処理を行うこととした。第2は彫刻や線刻による装飾の場合には、正斜投影画像を作出する段階で装飾自体が見えなくなってしまうという障害が発生したため、これは部分的に斜光線を加えて文様を浮き出させるようにしたが、根本的な解決方法は今後の課題となる。

高精細画像撮影は大分県鬼の岩屋1・2号墳を対象とした。この2基は以前から装飾古墳であることは知られていたが、写真が無く、また有っても部分的なものであったため別府市教育委員会の協力を経て石室内外の撮影を行った。

平成21年度 平成21年度は九州以外の装飾古墳を射程とし、特に九州と画題的にも共通性が指摘されている東北南部の装飾横穴墓について実施を計画した。そこで前年度に事前調査を行い、福島県中通り地方に所在する泉崎横穴(平成21年10月1日～10月2日)を対象として、調査に着手した。本横穴は、遺跡管理者である泉崎村教育委員会が入念な温湿度管理やIPMなどの先進的な遺跡管理が実施されており、その指導を受けつつ調査を実施した。おおむね九州内の装飾古墳と比較してもはるかに遺存状況が良好であることに驚かされた。また、本調査実行中に南相

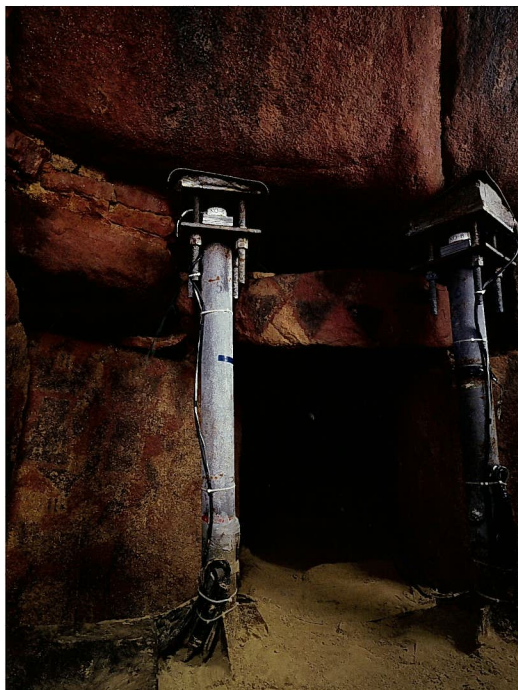


写真 王塚古墳 高解像度写真

馬市の羽山横穴墓の調査依頼を受け、その年末(平成21年11月17日)に東北南部2基めとなる調査を遂行することができた。

また、九州では調査を行っていなかった佐賀県の3基の装飾古墳の調査にも着手した。白石町竜ヶ崎6号墳(平成21年11月7日)は古墳群中の盟主墳であり、天井石を失った大形横穴式石室の袖石部に線刻装飾が施され、斜光線で図文を浮き出させる技術向上を目指して本計測を成功裏に完了した。また、西隈古墳(平成22年1月14日～1月19日)は石棺の周囲を鞘堂のように構築した石室が古くから知られており、本研究で行ってきた計測方法でも計測できるかの検証のため、実施した。石棺蓋に亀裂が入っており、石棺上部には乗れないため、奥壁および側壁最下段付近の壁体石積みの記録はかなわなかったが、それ以外は石棺内も含めて記録ができたことは大きな収穫であった。佐賀県で3基目に実施した勇猛山古墳群2号墳(平成22年1月29日～2月4日)は、調査前には詳細な実測図等の記録が少なく、かつ崩壊の危険もあるため実施した。本年度末にかけて、福岡県内の桜京2号墳(平成22年1月22日～1月27日)、皆見大塚古墳(平成22年2月15日～2月17日)は発掘調査に伴う記録作業の一環として実施したものである。桜京2号墳は古くから装飾古墳として良く知られてはいたが、再発見直後より入口部が閉鎖保存されており、今回、史跡整備を見越した発掘調査と連動して東京大学池内研究室・凸版印刷によるレーザー計測調査と、本研究による方法の2つの方法によるVR調査を実施した。皆見大塚古墳は発掘調査で新たに発見された、豊前地方では数少ない彩色壁画古墳であった。石積み1個1個に大きく描かれた幾何学文様は特異であり、発見直後の装飾古墳を記録できるといった得がたい経験を得た。

平成22年度 本研究の最終年度に当たり、調査基数を制限して報告書作成に向けた事業を進めることを目的としたため、調査遺跡は大阪府高井田横穴群の3基のみとなった。この遺跡を選んだ理由は、本研究では近畿地方を対象とした調査を実施しておらず、線刻装飾についても一定度の計測実績を積んでいたからでもあった。特に、熊本県内で実施した阿蘇凝結凝灰岩に掘り込んだ横穴と比べて壁体が脆弱であり、そして何よりも夏の記録的な酷暑が調査の進行を阻んだ。しかし、関係諸氏のご協力も得て、ほぼ当初通りの計画で進めることができた。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計1件)

・河野一隆・赤司善彦、「九州国立博物館による装飾古墳のデジタルアーカイブ」、『月刊文化財』、査読有り、4月号、2009年、28-33頁

〔学会発表〕(計7件)

- ① 河野一隆・赤司善彦・武廣正純、「装飾古墳の記録とVR画像の活用」、『日本文化財科学会第26回大会』、2009年7月11・12日、名古屋大学
- ② 河野一隆、「装飾古墳の記録方法の変遷」、福岡県装飾古墳連絡協議会、2008年12月11日、九州歴史資料館
- ③ 河野一隆・赤司善彦・武廣正純、「VR画像を活用した装飾古墳の壁画保存・展示のためのデジタルアーカイブ」、『日本文化財科学会第25回大会』、2008年6月14・15日、鹿児島国際大学
- ④ 河野一隆・赤司善彦・武廣正純、「VR画像を活用した装飾古墳デジタルアーカイブの構築」、『日本文化財修復学会第30回大会』、2008年5月17・18日、九州国立博物館
- ⑤ 河野一隆、「北部九州の装飾古墳―北部九州の考古資料に見る色世界 10000年」、『日本色彩学会 第39回大会』、2008年5月17日、福岡工業大学
- ⑥ 河野一隆、「九州国立博物館の文化財デジタルデータの活用」、『3次元映像のフォーラム第83回研究会』、2008年3月20日、九州国立博物館
- ⑦ 河野一隆、「古墳研究と新技術の応用」、『進化する博物館―デジタル・アーカイブの可能性を探る～迫真のアンコール遺跡 尊顔とバイヨン寺院展シンポジウム～』、2007年10月20日、九州国立博物館

〔図書〕(計1件)

・「装飾古墳研究の新展開」、河野一隆(岸本直文・菱田哲郎編：共著)、『史跡で読む日本の歴史』第2巻、139-148頁、吉川弘文館、2010年

〔その他〕

【ホームページ】

- ① (株)とっぺん デジタルアーカイブス (<http://toppen.jp/da/index.html>)
- ② 九州国立博物館 装飾古墳データベース (<http://kyuhaku.jmc.or.jp>)

【展示】

- ① 「進化する博物館 ～迫真のアンコール遺跡 尊顔とバイヨン寺院展～」九州国立博物館 (2007年10月2日～10月20日)
- ② 九州国立博物館文化交流展室 トピック展示「進化する博物館Ⅱ～みる、きく、ふれる神々の青銅器へのいざない～」(2010年2月9日～3月28日)

③ 「測る、知る、伝える―平城京と文化財―」奈良文化財研究所平城宮跡資料館(2010年11月26日～2011年1月16日)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

河野 一隆 (KAWANO KAZUTAKA)

独立行政法人国立文化財機構九州国立博物館・学芸部企画課文化交流展室長  
研究者番号：10416555

### (2) 研究分担者

赤司 善彦 (AKASHI YOSHIHIKO)

福岡県立アジア文化交流センター・展示課長  
研究者番号：00446882