

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 2 年 7 月 2 日現在

機関番号：62501

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2019

課題番号：17K03226

研究課題名(和文)古墳時代鉄鏃の変化と地域性に関する数理解析

研究課題名(英文) Mathematical analysis on morphological transformation and variation of iron arrowheads in protohistoric Japan

研究代表者

松木 武彦 (Matsugi, Takehiko)

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：50238995

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：古墳から出土する武器のうち最主要器種の一つである金属製鏃の実測図を集成し、楕円フーリエ解析によってそれらの輪郭形状を数量化した。さらにそれを主成分分析と組み合わせることによって、古墳時代の金属製鏃の時間的変化と空間的変異を数量的に可視化した。そのうち5世紀の柳葉形鉄鏃250点については、時間的変化と、主として九州とそれ以外の地域との間にみられる空間的変異の両者を析出した。また、4世紀の柳葉形銅鏃350点については、存続時期の後半に当たる4世紀後半に急速な時間的変化が始まったことが明らかになり、主成分分析によってこの急速な形態変化が、複数のベクトルをもって多様に発生したことを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

古墳時代武器の形態の変化や変異は、これまでは実施者の主観や感覚によって認識・記述されたため、その背後の歴史事象も、研究者それぞれが自在に復元してきたために、そこから復元できる歴史事象はあいまいで客観性を欠く。本研究は、そのようなアナログ的で主観的な人工物の研究方向を、数理的で客観的な方向へと転回した新たな試みであり、これまでは気づかれなかった事象の発見したり、それらを組み合わせたりすることによって、より科学的で客観的な文化変化のプロセスとメカニズムの解明に根ざした新しい歴史叙述へと総合することができる。

研究成果の概要(英文)：In this project, we got 600 outline figures of metal arrowheads from the Kofun period protohistoric Japan (3-7c AD) as well as the Korean peninsula by an elliptical fourier analysis to illustrate their temporal transformation process and spatial variations. Especially we found significant variations of the willow-leaf-shaped iron arrowheads between Northern Kyushu and the other districts, as well as temporal transformation among them. Furthermore we discovered that willow-leaf-shaped bronze arrowheads began to change their shapes drastically in the late fourth century. It was proved to be multilineal diversification by main ingredient analysis. In doing so, we popularized a procedure to illustrate the process and mechanism of artifacts of the past objectively, quantitatively and more visually than ever.

研究分野：考古学

キーワード：楕円フーリエ解析 鉄鏃 銅鏃 柳葉式鉄鏃 柳葉式鉄鏃 古墳時代 武器

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

古墳時代の武器の研究は、21世紀に入ってから細密化した。具体的にいうと、各種武器の変遷は詳しくたどられ、製作技術も細部まで解明されて、生産や流通経路が高い精度で復元された。これらの成果の最大の到達点は、各種武器のうち、様々な部材を複雑に組み合わせて作った甲冑（よろい・かぶと）を中心に、形態や技術の変化の時間的（年代的）な推移や空間的（地域的）な変異がきわめて綿密に捉えられたことである。逆に、各種武器のうちでも、大量に生産され消費される鉄鏃（鉄の矢じり）は、膨大な出土量による資料の蓄積があるにもかかわらず、時間的変化と空間的変異が、甲冑ほどは細かく明らかになっていない。その理由は、鉄鏃は形が単純であるので、従来の手法や認識では、変化や変異の方向や内容を曖昧にしかつかめなかったことである。これを克服するために、武器の形態を精密に計測・表現する手法の適用が必要であることが認識されていた。

さらに、これまでの武器研究によって、武器の形態には、攻撃・防御という物理的な役割を満たす部分と、心理的役割ともいえるべき「デザイン」を反映した部分とがあることが明らかになった。本研究で主対象とする量産武器である鉄鏃には、その側縁のカーブなどに、日本列島と朝鮮半島とで、それぞれ特有の「くせ」が生じ、鉄鏃のデザインを形作っていることを指摘したけれども、その「くせ」の把握は主観的なものにとどまり、時間的な変化や空間的な広がりを明示するまでには至っていないが、実質的な機能を反映する部分よりも、この「くせ」において時間的変化や空間的変異が発現していることが予測された。「くせ」の形態の計測・分析によって、武器の時間的変化や空間的変異、製作や流通の背景、および「くせ」とつながる武器の「デザイン」が社会的意味の役割が倭・新羅・百済などの古代国家の形成や、倭人・韓人などのエスニック意識の発生とどのように関わっているかを明らかにしうる見通しが得られていた。

### 2. 研究の目的

古墳時代の武器のうちでも、量産武器であるがゆえに時空にわたって普遍的に分布する鉄鏃について、その発達がピークとなる5世紀の資料を中心に、日本列島と朝鮮半島とで広く集成する。集成したデータを最新の数理的手法によって解析し、年代による形態の変化（時間的変化）と地域色（空間的変異）とを、数量的・客観的に図上に明示する。このことによって、鉄鏃の形態のどこがどのように時間的な変化をとげ、空間的にどのように異なっていくのかを、客観的かつ詳細に示す。

上記の結果をもとに、鉄鏃に関する機能や技術の普及と発展の過程をたどる。また、「デザイン」としての形態が生み出されるプロセスを復元する。そのプロセスを、これまでの考古学で明らかになっている日本列島と朝鮮半島の国家形成過程と照合することにより、武器がデザインを通じて国家や民族の意識の形成に関連したことを実証し、その歴史的メカニズムについてモデルを提示する。

### 3. 研究の方法

分析の対象となる古墳時代中期（ほぼ5世紀に当たる）の鉄鏃のうち、「柳葉形鉄鏃」を対象として年代の明らかな一括出土資料を収集する。具体的な対象としては、中部～関東では東京都野毛大塚古墳、近畿では大阪府七観古墳・京都府恵解山古墳、中四国～九州では福岡県月の岡古墳などで出土したおよそ500点に達し、そのうちの欠損や摩耗のない150点を分析の対象とする。これらのほか、朝鮮半島の例も参考として収集する。集成するデータの形は平面図をデジタル化したものである。次に、収集したデータを対象に、楕円フーリエ変換を行い、身部の輪郭の平面形状を数量化し、数量化されたデータを一度に比較する。このことによって、これまで不明瞭であった「柳葉形鉄鏃」の列島規模での時間的変化や空間的変異を明示する。同様の作業を、古墳時代中期の九州地方に主な分布域を持つ「圭頭形鉄鏃」約100点を対象にして実施し、九州という歴史的空間の中での時間的変化や空間的変異を明らかにする。

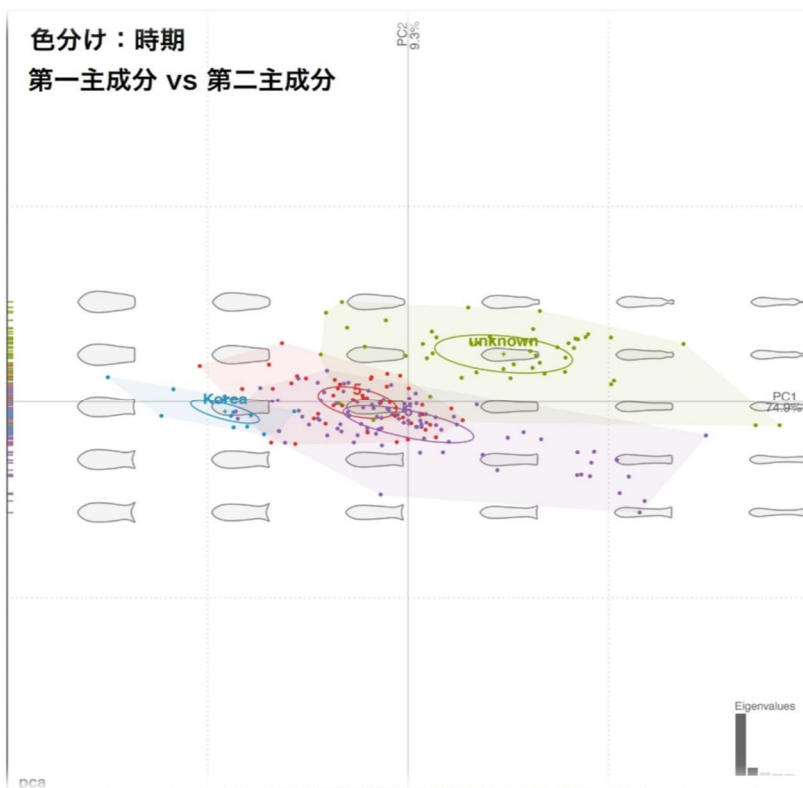
次に、古墳時代前期（ほぼ4世紀に当たる）の銅鏃のうち、「柳葉形銅鏃」を中心とした年代の一括出土資料を収集する。具体的な対象としては、中部～関東では福島県会津大塚山古墳、新潟県城ノ山古墳、静岡県松林山古墳、近畿では滋賀県雪野山古墳、奈良県メスリ山古墳、中四国では岡山県用木1号墳、山口県竹島御家老屋敷古墳などで出土したおよそ500点のうち、欠損や摩耗のない250点を分析の対象とする。平面図をデジタル化したものデータを対象として楕円フーリエ変換を行い、身部の輪郭の平面形状を数量化し、数量化されたデータを一度に比較する。「柳葉形銅鏃」の時間的変異の大枠はこれまでの研究で明らかにされているので、本研究では変異の幅と速度ならびに方向性を数量的に明示することを目的とした。「柳葉形銅鏃」は、「柳葉形鉄鏃」のような実用武器ではなく、大和政権から各地有力者に流通した政治的な象徴財と考えられているので、実用武器と象徴財の間で変化や変異の具体相やメカニズムの異同を把握することも併せて目的とされる。

以上の作業から、これまでの古墳時代の政治・社会の発展プロセスの考察結果に照らしながら、国家や民族の形成期に、武器やそのデザインが果たした社会的役割についての新しいモデルを提示する。とくに、これまでの研究では「くせ」として主観的に扱われて客観的な計測や記述のできなかった変化や変異こそがデザインを構成する重要な要素であることを前提に、それを数量的に計測し、その時間的変化や空間的変異を明示した結果をもとにして、武器の「デザイン」が、倭・新羅・百済などの政治組織の形成や、倭人・韓人などのエスニック意識の発生に役割を

果たしていくプロセスを記述する。

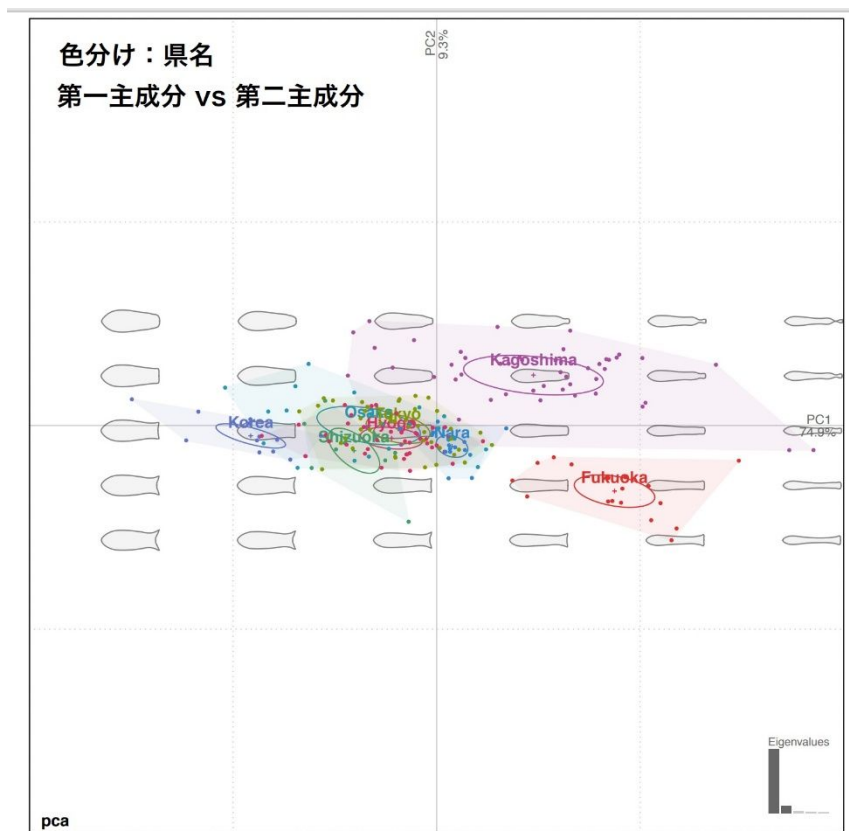
#### 4. 研究成果

「柳葉形鉄鏃」150点について、楕円フーリエ解析を実施した結果が下図である。



グラフ上の点がデータ各個の形態上の布置で、グレーで示した「鏃形」はグラフ上のその位置がどのような形態に相当するかをビジュアルにイメージ化したものである。この図によって、「柳葉形鉄鏃」の主要個体群は「5」の領域から「6」の領域へと時間的に変化したことがわかり、その方向性はこれまでの主観的認識では判別されないほどの「細長化」である。なお「5」は5世紀前葉、「6」は5世紀中葉に当たることがこれまでの年代研究から明確になっているので、「細長化」は約30年の時間幅で生じたことがわかる。

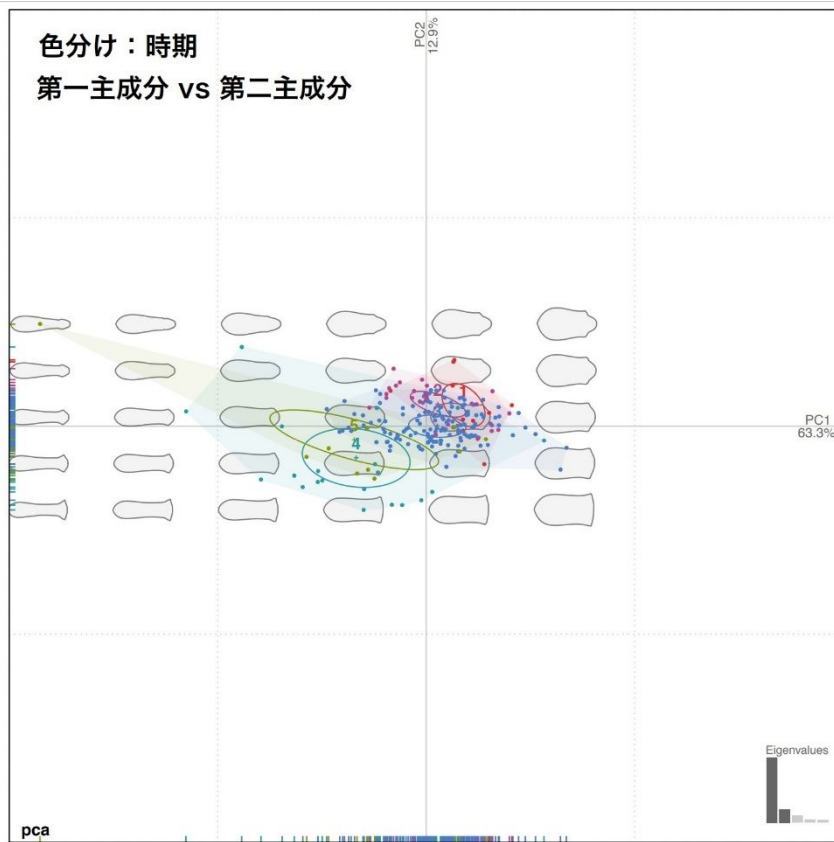
次に、同じ「柳葉形鉄鏃」のデータ群に対して行った解析の結果を空間別に区分けしたものが左図である。上の図においても、「5」から「6」へと時間的に変化する領域から外れる形で、その右上の「unknown」とした領域と、左側の「Korea」と記した領域がある。これらを含め、あらためて空間別に区分けした下図をみると、右上の「unknown」領域は鹿児島を中心とする南九州地方の資料群であり、左側の「Korea」とともに列島主要域から外れた空間であることが知られる。



上の図で「5」から「6」への時間的変化がみられた領域は、左図に示したように、大阪・奈良・兵庫などの列島中央部の資料からなる領域であり、「細長化」は、空間的には列島中央域で生じた現象であることがわかる。つまり、列島中央部の資料群は共通した製作と流通の背景をもち、その中で「細長化」という変化が生じたことがうかがえる。これに対し、鹿児島を中心とする南九州、右下の福岡、左側の韓国などの資料群は、列島中央部の資料群とは製作と流通の背景を別にしていた可能性が高い。

「柳葉形銅鏃」についても、同様の楕円フーリエ解析によって時間的変化と空間的変異を明らかにした。

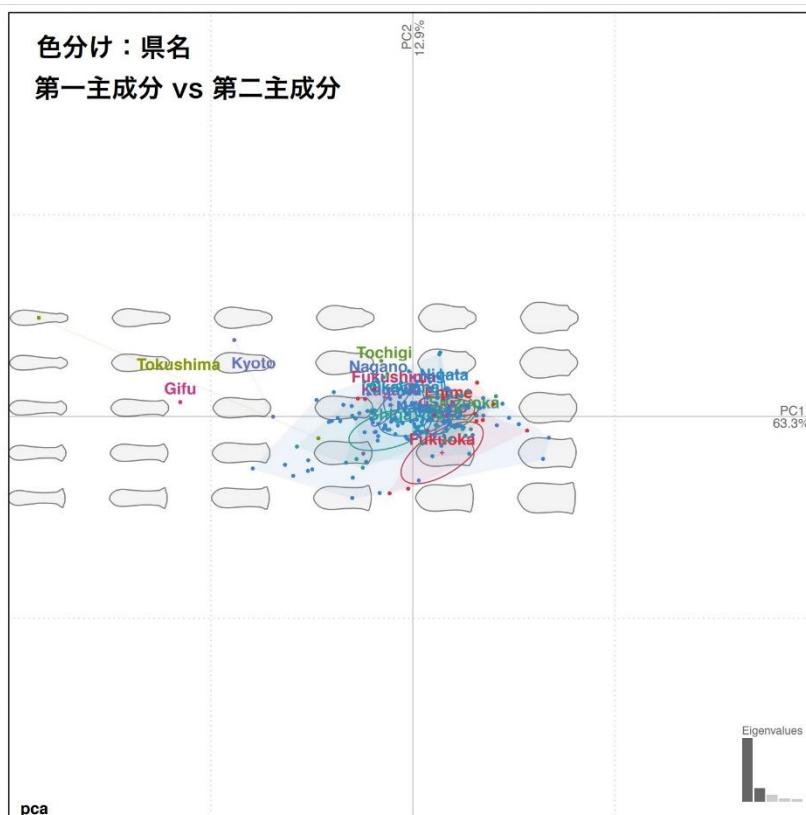
下図は、その結果を時期別に示したものである。



これまでの古墳の年代研究をもとに、「1」は3世紀後半、「2」は4世紀前葉、「3」は4世紀中葉の古い段階（4世紀前半の新しい段階）、「4」は4世紀中葉の新しい段階（4世紀後半の古い段階）、「5」は4世紀後葉の古墳から出土した資料である。「1」「2」「3」は中央付近で分布領域がほぼ重複しているのに対し、「4」はそこから左下方方向に外れた領域をもち、さらに「5」は「4」の上半部を中心にしつつそこからさらに左右に逸脱した領域をもち、このことから、「柳葉形銅鏃」は、製作が始まった3

世紀後半から4世紀中葉の新しい段階までは形態に変化が表れず規格性を保つにの対して、4世紀中葉の新しい段階から急速に規格性が崩れて変化することがわかる。この変化は、上図に表現されているように「細長化」であり、さらに4世紀後葉には、さらに「細長化」が進んだり「太短化」が生じたりして、多様な方向に形態が分散していくことを明示することができた。

次に、同じ解析の結果に空間的情報を付与したものが下図である。



この図からは、上図の「1」「2」「3」のみならず、時間的に変容が進んだ「4」「5」も含め、空間的には有意な区分ができないことが読み取れる。「5」の段階に大きく逸脱（変化）した資料も、岐阜・徳島・京都と、空間的な連関はうかがえない。このことは、「柳葉形銅鏃」にみられるヴァリエーションは、全体的にはもっぱら時間的変化によるものであり、空間的変異には帰さないことを示す。「柳葉形銅鏃」は上記のように大和王権から各地に流通した象徴財とみなされているが、本研究での検討結果はそれと矛盾するものではなく、王権下

における象徴財の、製作場面での形態変容が4世紀中葉の新しい段階に生じたことが名良化したといえる。

上記の鉄鏃や銅鏃の分析の結果、「柳葉形鉄鏃」の作業からは、これまでに認識されていなかった形態の時間的変化を数量的に明示することができ、また列島の中央域と周辺域とでは、政策や流通の背景に違いがあることも明らかになった。「柳葉形銅鏃」の作業からは、これまでに認識されていた時間的変化の方向と程度とを数量的に提示することができ、象徴財特有のデザインの変化が生じるプロセスを具体的に記述することによって、その歴史的背景に迫るための有効な手掛かりを得た。

以上の作業から、武器やそのデザインが果たした社会的役割についての新しいモデルを組み立てるための有効な認識が得られた。これまでの研究では「くせ」として主観的に扱われて客観的な計測や記述のできなかつた変化や変異こそがデザインを構成する重要な要素であることを数量的に計測し、その時間的変化や空間的変異を明示した結果を示すことができた。このことが、倭・新羅・百済などの政治組織の形成や、倭人・韓人などのエスニック意識の発生に役割を果たしていくプロセスを総合的に復元する作業に入っている。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 2件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 田村光平
2. 発表標題 楕円フーリエ記述子に基づく考古遺物の輪郭形状解析
3. 学会等名 考古形態測定学ワークショップ#01
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 松木武彦
2. 発表標題 「型式学」の脱構築化 - 古墳時代の鏃を対象とした提言 -
3. 学会等名 南山大学考古・人類学セミナー「形ノ理：モノが語る物語」第2回（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 田村光平
2. 発表標題 古墳時代鉄鏃・銅鏃の楕円フーリエ解析
3. 学会等名 南山大学考古・人類学セミナー「形ノ理：モノが語る物語」第2回（招待講演）
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 吉村武彦・和田晴吾・下垣仁志・松木武彦・申敬澈・禹在柄	4. 発行年 2019年
2. 出版社 岩波書店	5. 総ページ数 326
3. 書名 前方後円墳 - 巨大古墳はなぜ造られたか -	

1. 著者名 田村光平	4. 発行年 2020年
2. 出版社 森北出版	5. 総ページ数 256
3. 書名 文化進化の数理	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	橋本 達也 (Hashimoto Tatsuya) (20274269)	鹿児島大学・総合科学域共同学系・教授  (17701)	
研究分担者	中尾 央 (Nakao Hisashi) (20720824)	南山大学・人文学部・准教授  (33917)	
研究分担者	田村 光平 (Tamura Kohei) (60725274)	東北大学・学際科学フロンティア研究所・助教  (11301)	
研究協力者	高田 貫太 (Takata Kanta)		
研究協力者	野下 浩司 (Noshita Koji)		