

## 前方後円墳形状計測システムの構築

梁昌允 小澤一雅

大阪電気通信大学大学院  
〒572-8530 大阪府寝屋川市初町 18-8  
e-mail : yana@ozlab.osakac.ac.jp

本論文は、前方後円墳の形状計測を支援するシステムについて述べる。前方後円墳はいくつかの形式があり、その形式をもとに築造時期の推定を行うことが出来る。しかし、現状の墳丘は、多くの場合破損が多く推定操作を加味した形状計測を行う必要がある。本論文では、電子化された実測図(ビットマップイメージ)にもとづいて形状計測を支援するシステムについて述べる。とくに、前方後円墳の形態研究の基礎となる7部位のうち、平面形に属する4つの部位の形状計測操作の支援、計測データによる築造時期の推定、高さの推定、その他墳形のCG復元機能について述べる。

### Implementation of a Support System

#### for Measuring Dimensions of a Keyhole-shaped Tomb Mound

Masamitsu Yana and Kazumasa Ozawa  
Graduate School of Engineering  
Osaka Electro-Communication University  
Neyagawa, Osaka 572-8530, Japan.

This paper presents a support system for measuring four dimensions of a Keyhole-shaped tomb mound. All of the four dimensions belong to the floor plan of the mound, which include length of the mound, diameter of the round-back, width of the neck-like part and maximum width of the square-front. Measuring process begins with displaying a contour map of a given tomb mound and follows to find an optimal fitting situation of the contour map and the controllable keyhole-shaped template. Our system also provides some intelligent functions including dating, estimation of dimensions belonging to the vertical plan and visualization of the whole mound by three-dimensional CG.

## 1 はじめに

考古学は、古代の人々の生活や文化を発掘した遺物・遺構から追究しようとする科学である。考古学的にコンピュータを導入することは昨今当然のことと考えられるようになった。本研究の目的は、日本古代の墳墓である前方後円墳の形状計測及び、築造時期の推定を簡易的に行うことのできるシステムを開発することである。

前方後円墳は、約 1500 年前(3 世紀～6 世紀後半)に築造された当時の権力者の墓であり、権力を象徴する巨大モニュメントである。前方後円墳は様々なかたちをしており、個々に特徴を有している。ところが、同時期に築造された前方後円墳を比べると、そこには時代ごとの類似性が見られる。これは、前方後円墳が適当に土を積み重ねただけのものではなく、整然とした企画の上で築造されたためだと考えられる。しかし、前方後円墳は現在に至るまでに様々な要因(風雨・地震・都市開発など)による損傷をうけており当時の形状を保っているものは極めて少ない。このため、前方後円墳の研究にあたっては、まず実測図から原形を推定することが不可欠な前提になる。本論文では、前方後円墳の原形を推定し、いくつかの主要な部位の大きさを計測することを主目的としたシステムの構築について述べる。

## 2 前方後円墳

### 2.1 前方後円墳の築造と現状

3 世紀末あるいは 4 世紀のはじめ頃、非常に広範囲を支配する強力な権力が登場した。その権力を象徴するために築造された巨大な墓が前方後円墳である。

前方後円墳は 6 世紀後半ごろまで築造され、墳上や周りで祖先神信仰にもとづいた様々な祭祠が行われていたと考えられる。

前方後円墳は、一説には周溝墓の通路部分が発達してできたものとも考えられている。注目すべきことは、築造するための土木技術の基礎さえあれば、かなりの自由度があるにもかかわらず、前方後円墳という特殊な形をした古墳が日本全土で、しかも画一的に築造されたということである。

前方後円墳は、その名が示すとおり、前方に方形部、後方に円形部をもつ。さらに、段築によるテラス部の発生や祭祠のための造出、そして前方後円墳を水域で囲った周濠など、数多くの形態的特徴を持っている(図 1 参照)。反面、設計思想や築造方法については、残念ながら殆ど判っていない。しかし、

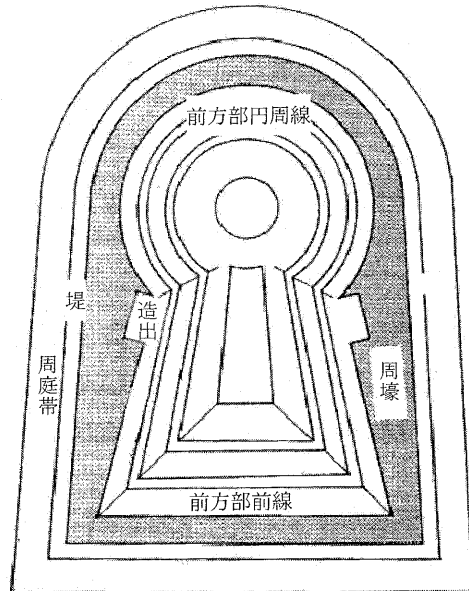


図 1 前方後円墳の基本構成

前方後円墳は、時代を経るごとに前方部が高くなるという特徴がある。土盛で前方部を高くするためには、底辺を広くする必要があり、この結果として前方部が大きくなったと考えられている。こうした特性を詳細に分析することによって、築造された時代の推定や型式の判定などが可能となった[1]。

前方後円墳が築造されたのは、今から約 1500 年前である。前に挙げた自然災害という要因に加え、風化や近代化に伴う都市開発により、前方後円墳の多くは、形状が崩壊し、当時の姿を保つことはなくなっている。前方後円墳の原形を推測するためには、墳丘のいくつかの部位の値を計測によって取得する必要がある。この計測にあたっては、人間のパターン認識能力を最大限活用した高度な推測操作が必要になる。ここで、奈良県橿原市の見瀬丸山古墳を手作業で形状計測の前提となる原形を作図した例を示す(図 2 参照)。

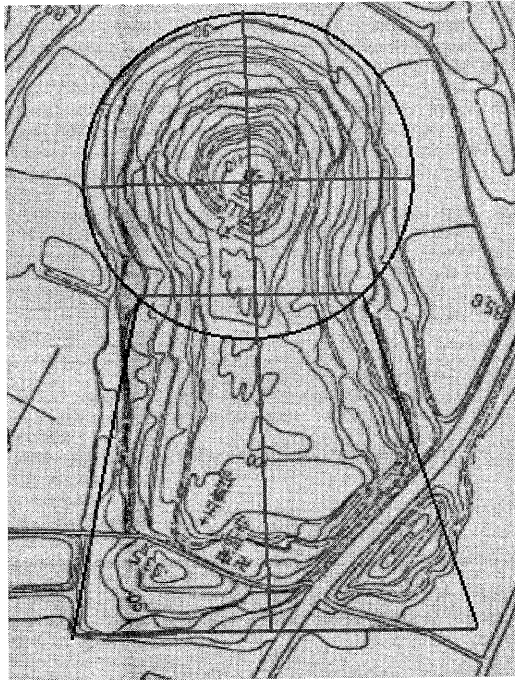
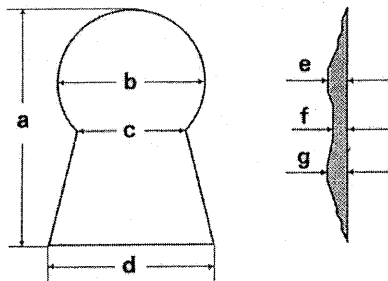


図 2 見瀬丸山古墳

## 2.2 データの計測



- |         |         |
|---------|---------|
| a 墳丘長   | e 後円部高  |
| b 後円部径  | f くびれ部高 |
| c くびれ部幅 | g 前方部幅  |
| d 前方部幅  |         |

図 3 前方後円墳の 7 部位

本研究が目標としている墳丘形状の計測は、墳丘長・後円部径・くびれ部幅・前方部幅の 4 つの部位の計測である。一方、図 3 に示す 7 部位がそろふことにより、形状の復元が可能となることは、先行研究によって明らかになっている[1,2,5]。本研究では 7 つの部位のうち、高さのデータ(図 3 e, f, g)は 4 つの部位から統計的に導き出すこととする。統計の基礎として、畿内に存在する 34 基の大型前方後円墳に 5 基を加えた 39 基のデータを用いる。前方後円墳は畿内を発祥の地としており、畿内を中心に全国に広まり、北は岩手県から南は鹿児島県まで広く分布している。筆者らは、現在約 5000 基を前方後円墳データベースとして確保している。

畿内に存在する 34 基の前方後円墳は代表的な前方

後円墳であり、それぞれが形態研究の基礎となる特徴をもった形状を有している。

### 3 形状計測システム

#### 3.1 概要

前章で述べたように、前方後円墳の多くは墳丘に多かれ少なかれ損傷を受けている。したがって、前方後円墳の形状計測を適正に行うには、一般にかなりの経験と時間を要する作業となる。

実際、実測図にもとづく伝統的な形状計測は、定規やコンパスによる手間のかかる手作業であって、損傷をうけた状態の前方後円墳の現形を計測するため、熟達した技術も要求される。本研究はこうした手作業による計測の負担を軽減し、適確な計測を行える支援システムの構築をめざしている。

本システムの概要であるが、まず前方後円墳の実測図をスキャナで取り込み、電子化する。そして、電子化したデータをディスプレイ上に表示し、計測過程に入っていく。

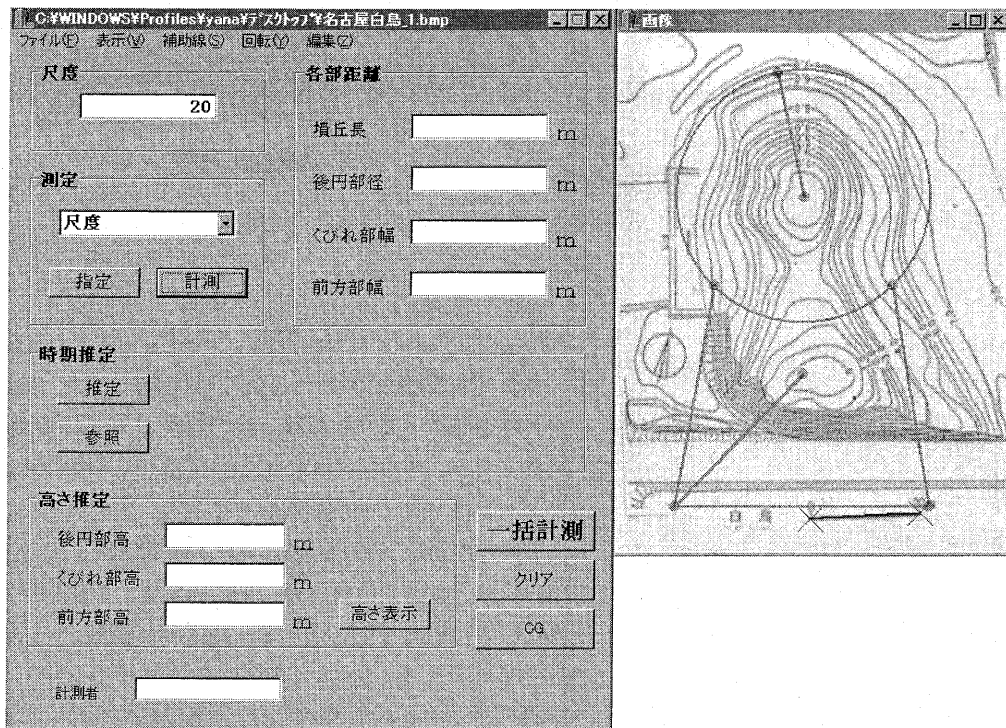


図4 形状計測システム

#### 3.2 計測の方法

本システムでは、平面形の4つの部位(図3上のa, b, c, d)の計測を行うにあたり、実測図上の尺

度（縮尺）を利用している。その方法として、まず尺度の長さが何ピクセルで、それが何メートルに相当するのかをシステムに読み込ませる。そして、尺度と平面形の各部位とのピクセルの比をとり、その比をメートルに換算する。

### 3.3 築造時期の推定方法

古墳時代の時期区分の考え方にはいくつかの見解があるが、本研究では、4世紀を前期、4世紀終盤～5世紀はじめを前期～中期（過渡期）、5世紀を中期、6世紀以降を後期とした4区分法(図5)を採用している。

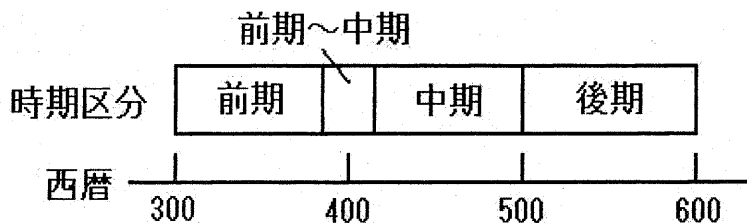


図5 4期区分

前方後円墳の形状計測によって平面形のデータが得られれば、築造時期の推定が可能である。その推定方法であるが、編年座標図を用いる[3,4]。編年座標図とは次に挙げる2つの相対値：

$$\text{相対くびれ部幅} = \text{くびれ部幅} / \text{後円部径}$$

$$\text{相対前方部幅} = \text{前方部幅} / \text{後円部径}$$

を座標とする座標図である(図6)。

前期から中期への過渡期は多くの前方後円墳が築造され、しかも判別が困難である。よって本研究では、前期～後期という区分を用意し、相対くびれ部幅の範囲を0.60～0.65、相対前方部幅の範囲を0.80～1.00とした。本論文で採用する時代区分法に照らしあわせてみると、図7の編年座標図を得る。本システムの築造時期の推定は、図5に従って行っている。ちなみに、図上のいくつかの点は畿内34基の大型前方後円墳を表している。

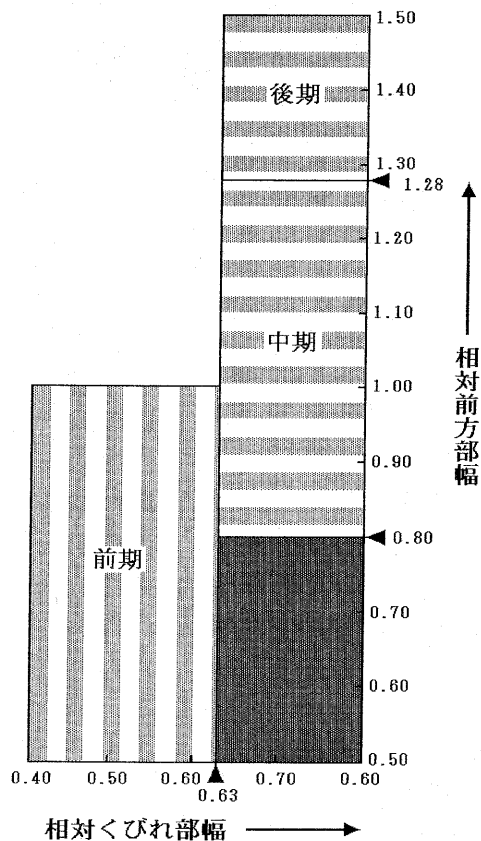


図6 編年座標図

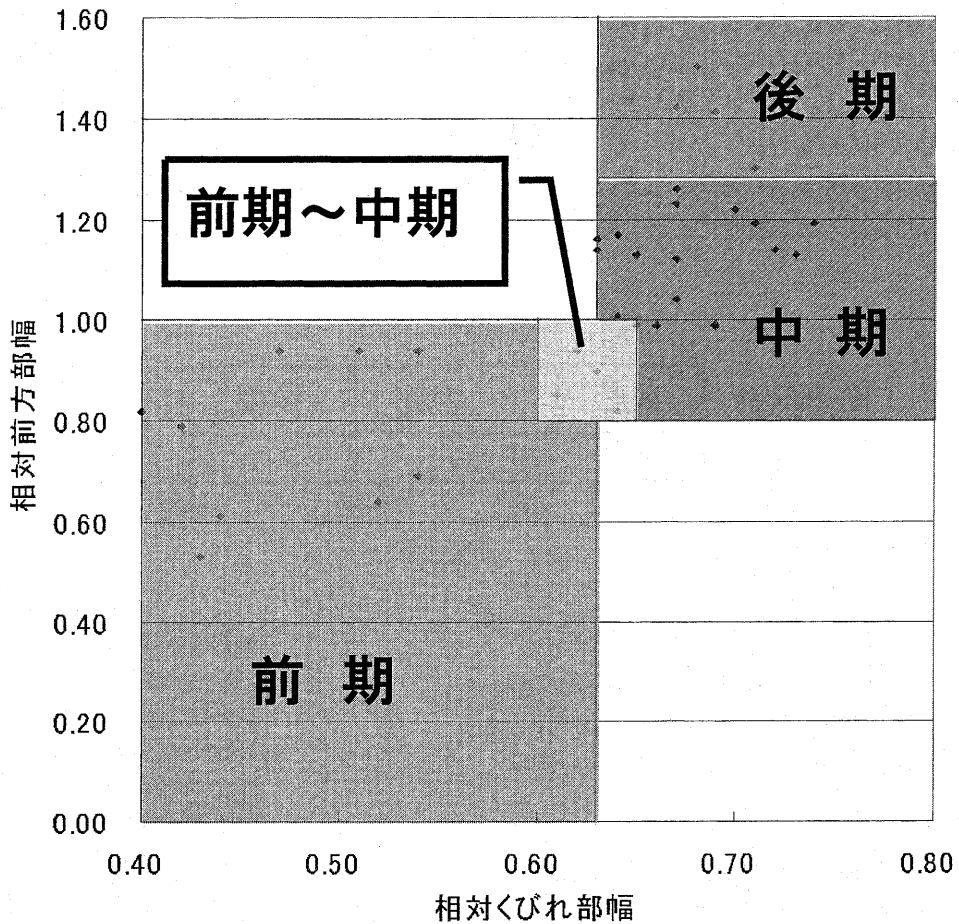


図7 編年座標図における39基の古墳の分布

### 3.4 高さの推定

高さ(図3上の e, f, g)の値は、前章にあるように39基の前方後円墳から回帰直線を求め、それによる推定値を採用している。この理由は、実測図から得られる高さのデータに信頼性がないためである。前方後円墳の計測は、崩壊している図を使用しているため、築造当時の高さよりも低くなっている可能性が非常に高い。むしろ、回帰直線による推定値を採用する方が、原形に近い高さデータが得られると判断している。

### 3.5 システムの諸機能

#### A) 補助線機能

形状計測を行う上で一番の問題は、各部位の位置を決めることである。計測に用いる実測図に

は経年変化した現状の墳形が記載されているため、位置決めは難しい。

本システムでは、図8のような前方後円墳形の定規を用意し、任意の墳丘の崩壊部分が、もとはどのような形だったのかという予想を立てやすくした。この定規は、図上の5つの点をドラッグすることで、形を変形させることができるようになっている。前方部を決定する点は2つであるが、これは前方後円墳が左右対称であるからである。また、実測図を電子化したときのことを考え、後円部の中心を軸に前方部を回転できる機能を用意している。

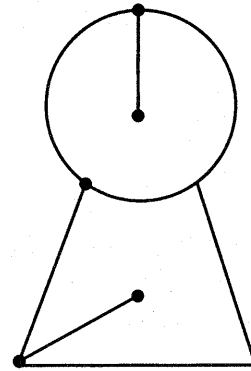


図6 方円定規

### B) 縮小・部分拡大機能

前方後円墳の実測図は、スキャナを用いてデータ化する段階で、任意のサイズに変更することができるが、必ずしも計測に最適なサイズに変更しているとは限らない。そのようなときに、画像サイズを変更できることは非常に便利である。

本システムでは、画像全体を縮小させることのできる機能と、画像上の任意の範囲を拡大させられる部分拡大機能を備えている。しかし、画像全体を拡大させる機能はあえて備えていない。その理由は、画像が小さすぎると計測が行いにくいことをユーザは分かっているため、スキャナでデータ化する際にサイズをある程度大きめに設定する傾向が強いからである。つまり、計測画像が小さくなりすぎることは考えにくいからである。

### C) 畿内34基の大型前方後円墳との比較

本システムでは、畿内34基の大型前方後円墳のうち、計測をした前方後円墳と同時期に築造されたと考えられる古墳を選択して、その古墳のデータを参照することができる。そうすることにより、古墳1基の単独の計測にとどまることなく、他の古墳との比較から、たがいの類似点や相違点の発見が可能となることが期待できる。

### D) 墳形のCG復元機能

前述の形状計測システムより導いた7部位の値をもとに、OpenGLをもちいて墳形の復元機能を実現している。復元形の大体の形状を把握できるように面の数を最小限に抑えた簡易表示形式と、多くの前方後円墳にみられる3段築成の表示形式の2種類の表示形式を用意した。また、マウス操作で復元墳形を任意の方向から見る事が可能である。こ

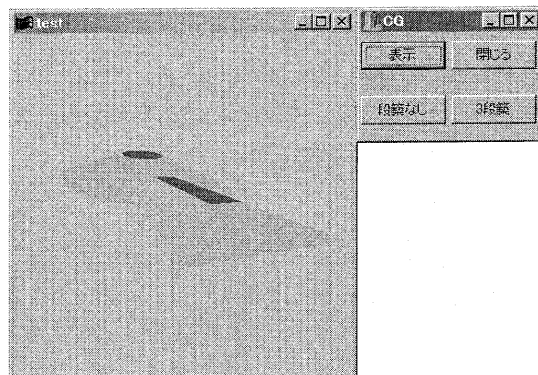


図9 墳形の復元CG

れにより墳形の各部の特徴の視覚的把握が容易で、数値情報ではわからない前方後円墳の形態の築造年代による差や型式の違いを視覚的に捉えることが可能となる。

#### E) 印刷・保存機能

数値データ・形状計測した BMP・日付・計測者のグループで保存・印刷する機能を追加した。

これは、形状計測の基本が人間による推測によっているため計測結果が違ってくることがあり、後日の参考のために計測過程を記録しておく必要があるからである。この機能を用意することで、複数の計測者による計測結果の違いも調整が可能であり、多数の計測者による結果を比較し総合することによって原形に近い推測値を得ることができると考えている。

#### 4 むすび

本論文では、前方後円墳の平面形に属する 4 部位の形状計測のための支援システムについて述べた。本システムは、実測図を用い方円定規で墳丘の原形を推測するなど実際に計測を行う過程を参考にして開発されているため、計測作業の効率化と計測値の精度向上に貢献でき、墳形の CG 復元機能や計測値と形状計測した実測図の保存機能を追加したので、多角的に計測結果の検討を行えるシステムでもある。

本システムに地理的分布図やヒストグラムなどのデータ表現機能を追加することで、前方後円墳の形態研究をさらに支援することができると考えている。

#### 参考文献

- [1]小澤一雅：「前方後円墳の数理」，雄山閣出版，1988
- [2]小澤一雅：「古墳の形状復元とシステム化」，『情報処理学会論文誌』，32 巻，6 号，756-765,1991
- [3]小澤一雅：「前方後円墳のための編年座標図の試作と検討」，情報処理学会「人文科学とコンピュータ」研究会資料，No. 45-3，17-24，2000.
- [4]小澤一雅：「前方後円墳の平面形にもとづく形式判定」，情報処理学会「人文科学とコンピュータ」研究会資料，No. 53-9，63-70，2002.
- [5]西風隆，小澤一雅：「前方後円墳の形態分析と復元形の生成」，情報処理学会「人文科学とコンピュータ」研究会資料，No. 47-5，2002.