

前方後円墳の設計原理と 墳丘大型化のプロセス

Construction Design of the Keyhole-shaped Burial Mounds
and the Process of Increase in their Size

新納 泉

NIIRO Izumi

はじめに

- ① 設計原理検討の方法
- ② 個々の古墳の設計原理
- ③ 設計原理の変容
- ④ 相似墳論の問題
- ⑤ 設計原理の系列と継承

おわりに

【論文要旨】

レーザー計測などの新しい技術の採用によって、前方後円墳の立体的な形状をきめ細かく把握することが可能になってきた。本稿では、そうしたデータにもとづいて、大規模な前方後円墳を例に設計原理とその系列の復元を行う。

主として取り上げるのは、近年レーザー計測などが実施された、大阪府藤井寺市仲津山古墳（仲姫皇后陵古墳）、同堺市上石津ミサンザイ古墳（履中陵古墳）、岡山市造山古墳、大阪府羽曳野市誉田御廟山古墳（応神陵古墳）の4基であり、それぞれの古墳の設計原理の解明と相互の関係を検討した。設計原理を読み解くにあたっては、主として、コンピュータのプログラムを用いて描画される復元図を、測量図に重ね合わせるという手法を用いた。

設計原理に用いられた長さの単位を知るには、後円部の中心点と、前方部の隅角の各段を結ぶ後線が主軸と交わる前方部中央交点（P点）との間の距離が最も信頼性の高い手がかりとなる。これらの点は少ない誤差で絞り込めることと、その2点間の距離が後円部の半径の1.5倍となる例が多く、墳端の位置がはっきりしない場合でも、後円部の半径を推定しやすいからである。

以上の方法を用いることにより、次のような点を明らかにすることができた。(1) 歩を長さの単位とし、直角三角形の底辺と高さの比で角度を決定している、(2) 0.5歩の倍数で段築のテラスの幅を決定し、それを長さの基本単位としていたが、基本単位の長さは後円部と前方部前面で異なるのが普通である、(3) 設計原理のままでは要請された墳丘長に合わないことが多いため、実施設計において墳丘を引き伸ばすなどの一定の調整がなされていた、(4) それぞれの古墳の築造に際しては、既存の設計原理を適用するのではなく、そのたびに新たに設計原理が構想されていた、(5) 設計原理の継承には系統性が存在するが、その内容は複雑なものである。

【キーワード】 前方後円墳, 設計原理, レーザー計測, 尺度

はじめに

航空レーザー計測や地上レーザー計測による古墳の測量が、しだいに定着してきている。大型の古墳でも従来の測量図を凌ぐ25cm間隔や20cm間隔の細かさで等高線図を作成できることや、きわめて迅速に計測が可能であることと、天皇陵などの通常は立ち入りが認められていない古墳でも計測が可能であることが支持を広げてきている理由であろう。

筆者も、岡山市造山古墳でトータルステーションを用いたデジタル測量を実施して以降、岡山県総社市作山古墳の航空レーザー計測や、その他のやや小規模な古墳の地上レーザー計測を実施してきており、そこから前方後円墳や前方後方墳の設計原理を読み解こうという試みを続けている。現在は、大規模な古墳の設計原理の大枠をほぼ把握することができた段階であり、本稿では古墳時代中期の仲津山古墳から誉田御廟山古墳にいたる墳丘の大型化のプロセスを、設計原理の細部にわたる検討を通じて論じていきたいと思う。

しかし、今のところ、設計原理の大枠を把握することができたとはいえ、まだ畿内を中心とする地域の大型古墳の後円部と前方部前面の段築のあり方や、設計原理と墳丘長のかかわりが明らかになったに過ぎず、中期古墳が中心で時期的にも限られたものである。それでも、こうした設計原理の復元が広く認められるようになれば、多くの研究者の手によって、さまざまな方向に向かって研究が展開されていくことと予想される。そうした研究の展開へのひとつのステップとして、本稿が一定の役割を果たすことができればと願っている。

①……………設計原理検討の方法

1 三次元計測技術の発達と設計原理検討の過程

遺跡の形状を記録するために等高線図にかかわって三次元計測が用いられるようになったのは1990年代の中ごろのことである。海外では、アイルランドの中心的遺跡である「タラの丘」をトータルステーションを用いて計測するという事業が1992年以降に始められ、その後の研究に大きな影響を与えたといわれている [English Heritage 2011]。日本でも同じころに奈良大学のグループが名古屋市断夫山古墳をトータルステーションを用いて計測し、点群を可視化し解析をおこなう方法が検討されており、こうした方式の先駆的な試みとなっている [太田・碓井 1994]。

そのころ筆者は前方後円墳の立体的な形状を比較することが重要であると考え始めており [新納 1992]、いくつかの古墳でメッシュ状に標高を計測するような試みを続けていたが、2005年になって、岡山大学考古学研究室が岡山市造山古墳の測量調査を実施することになり、伝統的な等高線測量とともに、トータルステーションを用いた点群によるデジタル測量を試みることになった [新納・寺村 2006, 新納編 2008]。この測量は、延べ70日ほどを費やし、たいへんに負担が大きかったが、すべての点で地表面を確認したうえで計測されており、精度において高い信頼性を備えるものであった。3年度にわたる調査期間中にトータルステーションの機能が上がり、自動追尾でターゲッ

トを捉えることができるようになってスピードは向上した。こうした造山古墳の測量によって、前方後円墳の後円部の段築が、テラスの幅を基本単位としてその倍数で構成され、高さもそうした基準でつくられていることが明らかになり、新しい設計原理に関する研究を展開させる足がかりを得ることができた [新納 2011]。

続いて、2010年になって橿原考古学研究所とアジア航測株式会社が大阪府堺市百舌鳥御廟山古墳と奈良市コナベ古墳の航空レーザー計測を実施している [西藤・藤井 2010]。航空レーザー計測は、地表の落ち葉や草などを確実に除外することはできないので一定の誤差は避けられないが、ほぼ1日で計測を終わらせることができるという利点が大きく、岡山大学考古学研究室でも、レーザー計測の精度を検証する目的もあって、2011年2月に岡山県総社市作山古墳の航空レーザー計測を実施した [新納 2012]。また、2013年には百舌鳥・古市古墳群の世界遺産登録を進める過程で、大阪府、堺市、羽曳野市、藤井寺市で構成される「百舌鳥・古市古墳群世界文化遺産登録推進本部会議」が誉田御廟山古墳（応神陵古墳）をはじめとする7基の前方後円墳の航空レーザー計測を実施しており、その結果が、20cm間隔の等高線図の形で公表された [大阪府立近つ飛鳥博物館編 2013]。さらに、同じ年に奈良県桜井市箸墓古墳と天理市西殿塚古墳のレーザー計測にもとづく段構成についての研究が発表されている [西藤 2013]。

一方で、堺市は2014年2月開催の第4回百舌鳥古墳群講演会で、上石津ミサンザイ古墳（履中陵古墳）を中心的な議論の対象とすることになり、筆者に造山古墳との比較を行うよう依頼があった。そこで、上石津ミサンザイ古墳の計測データの提供を希望したところ快諾をいただき、三次元データによって検討を加えることが可能となった。上石津ミサンザイ古墳は墳丘の残存状態がきわめて良好であるために、造山古墳ではよくわからなかった前方部の設計原理を検討することが可能となったのである [新納 2015a]。

2013年に公開された誉田御廟山古墳などの測量図は、巨大な墳丘を20cm間隔の等高線で表現したもので、設計原理を検討するうえで十分な精度をもっていたが、スケールの表記が伝統的なものにとどまっており、十分な信頼性を保証するものではないという問題があった。しかし、正規の手続きを踏めば詳細な等高線図のデータを有償で入手できることを知り、それによって正確な縮尺を確認することができたので、手始めに誉田御廟山古墳の設計原理について検討を加えることにした。誉田御廟山古墳は前方部の一方に大きな崩落があるが、その他の部分は良好に残存しており、少ない計測誤差で検討を行うことのできる条件が揃った最大の古墳である。誉田御廟山古墳の検討により、後円部と前方部前面で異なった長さの基本単位を用いていることや、要請された墳丘長に合わせるために、主軸方向に引き伸ばすという調整が行われていることを確認でき、これによって設計原理の大枠を明らかにすることが可能となったのである [新納 2015b]。

本稿では、以上の成果を踏まえ、仲津山古墳から上石津ミサンザイ古墳・造山古墳を経て誉田御廟山古墳にいたる墳丘大型化のプロセスを、設計原理の変化を追う形で追跡してみたいと思う。

2 設計原理解析の方法

a. 平面的設計原理

前方後円墳の築造規格の研究においては、他の多くの考古資料のように客観的な検討が積み上

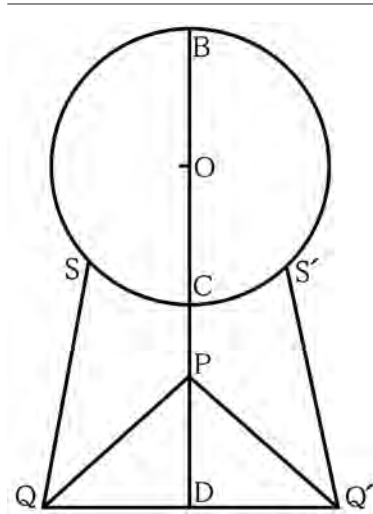


図1 基準点の名称

げられ理解が進んでいくという方向をあまりみせてこなかった。それは、墳丘そのものが崩壊や流土の堆積によって築造時の形態を十分にとどめていないという問題と、等高線によって形態を記録し表現するという手法的な限界によって、議論のもとになるデータの質が十分なものになっていなかったことが理由となっているのであろう。1mや50cm間隔の等高線では、傾斜の変換点を正確に認識することができず、そのために恣意的な資料操作を排除することが難しかったのである。

もちろん、新しい計測データを用いても、現在の墳丘の表面が築造時のものと違うという問題が解消されるわけではないが、正確な測量図を用いることによって残存状態が良好な部分とそうでない部分を峻別することは、ある程度可能に

なっている。ここでは、できるかぎり客観的な検討を進めていくために、次の二つの方法を採用することにした。

第1の方法は、基準となる尺度の長さを推定するために、後円部の中心点(図1, O点)と、前方部の隅角の各段を結ぶ稜線が主軸と交わる前方部中央交点(P点)を求めることである。後円部の中心点は、墳頂に近い部分の等高線に円を重ねることによって、それなりの精度で求めることができるため、研究者ごとの偏差も少ないものと思われる。前方部中央交点は、前方部の角の稜線をどのように求めるかで多少の違いは出てくるが、あまり大きな差になることはない。そして、後円部中心点から前方部中央交点までの距離は、多くの古墳で後円部半径の1.5倍などの一定の倍数でつくられていることが明らかになっているので、逆にそこから後円部の半径を求めることができる。墳端の位置は、周濠を伴う古墳の場合は水位によって異なってくる可能性があり、周濠がない場合でもこの部分は一般的に流土の堆積が著しい。さらに、そもそもどこをもって墳端とするかは、必ずしも解決済みの問題ではないのである。

第2の方法は、こうして求めた尺度をもとに一定の設計原理を復元し、それをコンピュータで描画し、等高線図に重ね合わせて適合性を判定するというものである(表1)。ここでは、等高線図はあらかじめ1mが10ピクセルになるように縮尺を調整しておく。10cmが単位となるので、それより細かい議論をすることはできないが、大型の古墳であれば10cmの精度は問題にならないであろう。この方法であれば、プログラム上で1尺の長さを微妙に変えてさまざまに試してみることが容易であり、図の水平移動も自在である。個別の点が適合するかどうかというよりも、図の全体で適合性を判断できるので、客観性を高めることができると思われる。

その場合に重要となってくるのは、先にもふれたように、用いる等高線図の縮尺の精度である。三次元計測のデータをそのまま用いる場合は何の問題もないが、三次元計測にもとづいてつくられた図であっても、新たにスケールが付されている場合には十分な注意が必要である。ここでは、できる限りスケールに頼らず、国土座標の方眼が付されている場合にはそれを用い、そうでない場合でも元の計測データを確認するなどの手続きを踏んでいる。

表 1 Python による設計原理の描画プログラム

```

# -*- coding: utf-8 -*-
from PIL import Image, ImageDraw

BU = 1.42      # 1 歩の長さ
UNIT1 = BU * 4.5 * 10 # 後円部段築基本単位
UNIT2 = BU * 4.0 * 10 # 前方部前面段築基本単位
OPR = 1.5      # 後円部半径に対する OP の距離の比
FRONT = 5.0 / 4.0 # 前方部稜線角度 (前方部前端幅の半分 / PD)
FSR = 1.0 / 5.0  # 前方部隅角側線角度
SL = 1036      # 前方部側線の長さ (X 軸, 手作業)

Ox = 1000     # 後円部中心 X 座標
Oy = 1000     # 後円部中心 Y 座標
WIDTH = 3000  # 画像の幅
HEIGHT = 2000 # 画像の高さ

# 段築の比の設定
step1 = [0.5, 1, 1, 1, 4, 2.5] # 後円部の段築 (墳端側から)
step2 = [1, 1, 2, 1, 3, 2]    # 前方部前面の段築 (墳端側から)

# 円を描く関数オブジェクト
def Draw_Circle(val):
    r = int(val * UNIT1)
    draw.ellipse([(Ox - r, Oy - r), (Ox + r, Oy + r)], outline = "red")

# 線を描く関数オブジェクト
def Draw_Line(sx, sy, tx, ty):
    draw.line((sx, sy, tx, ty), fill = "red")

im = Image.new("RGB", (WIDTH, HEIGHT), (255,255,255))
draw = ImageDraw.Draw(im)

# 移動用ドットの描画
draw.ellipse([(Ox + 40, Oy - 60), (Ox + 60, Oy - 40)], outline = "red", fill = "red")

# 後円部段築の描画
steps = 0
step1.reverse()
for i in step1:
    radius = float(i) + steps
    Draw_Circle(radius)
    steps = radius

# P 点の X 座標を求める
r = 0
for len in step1:
    r = r + len
Px = Ox + int(r * UNIT1 * OPR)
R = int(r * UNIT1) #R: 後円部半径

# D 点の X 座標を求める
F = 0
for len2 in step2:
    F = F + len2
Dx = Px + int(F * UNIT2)

# 主軸ラインの描画
Draw_Line(Ox - R, Oy, Dx, Oy)

# 後円部主軸直交ラインの描画
Draw_Line(Ox, Oy - R, Ox, Oy + R)

# 稜線
Draw_Line(Px, Oy, Dx, Oy - int((Dx - Px) * FRONT))
Draw_Line(Px, Oy, Dx, Oy + int((Dx - Px) * FRONT))

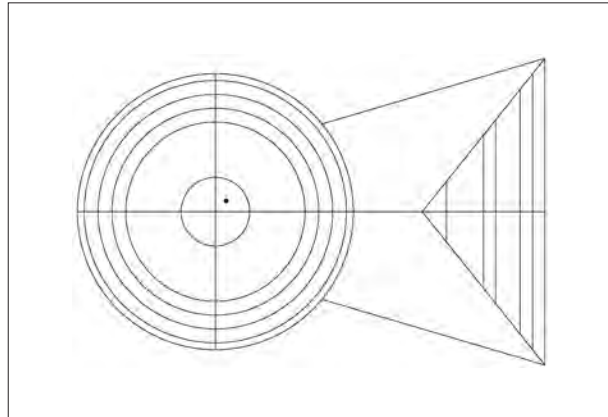
# 前端線
Draw_Line(Dx, Oy - int((Dx - Px) * FRONT), Dx, Oy + int((Dx - Px) * FRONT))

# 前方部段築の描画
step2.reverse()
H = 0
for j in step2:
    Draw_Line(Px + int(UNIT2 * H), Oy - int(UNIT2 * H * FRONT), Px + UNIT2 * H, Oy + int(UNIT2 * H * FRONT))
    H = H + j

# 前方部側面の描画
Draw_Line(Dx, Oy - int((Dx - Px) * FRONT), Dx - SL, Oy - int((Dx - Px) * FRONT) + int((Dx - Ox) * FSR))
Draw_Line(Dx, Oy + int((Dx - Px) * FRONT), Dx - SL, Oy + int((Dx - Px) * FRONT) - int((Dx - Ox) * FSR))

im.show()
#150510

```



b. 立体的設計原理

前方後円墳の立体的な形状を正確に把握することは、従来の等高線図にたよる手法では非常に困難であった。平坦面の所々に記された標高の数値や、斜面から平坦面にかわる部分の等高線の屈曲などを頼りに高さを推定してきたが、やはり限界は大きかったといわざるをえない。それでも、そうしたやり方によって、段築の高さの比が下から1:1:3となるような例があることを指摘した甘粕健の観察力には優れたものがあると思われる〔甘粕1965〕。

三次元計測のデータをそのまま用いることができる場合には、平坦面を統計的な手法で認識することができる。造山古墳の場合は側面形として投影した点群からテラスや墳頂平坦面の高さを求めることができ、段築の段が6.25mを単位としているという結果を導き出すことができた〔新納2011〕。造山古墳の場合には墳丘の残存状況が良好であるという好条件に恵まれたためであるかもしれないが、流土の堆積による影響をあまり大きく考える必要がないということを感じさせる結果であった。

三次元計測にもとづくものであっても等高線図のみが公表されている場合には、いくつかの代替的な方法を用いる必要が出てくる。もちろん、大規模な古墳であって20cmないし25cm間隔の等高線であることが条件となるが、ひとつの方法は、一定の設計原理にもとづいて推定した断面形状を、等高線図から起こした断面図に重ね合わせるというものである〔新納2015b:図8・図11〕。もうひとつの方法は、後円部の段築と前方部前面の段築の平坦面の高さを比較するというもので、その差が意外に歩を単位とするものとなることが多く、立面形による設計原理の全体像を読み解く場合に有効な手がかりとなることがわかった。本稿では紙幅の関係から、前者の図を逐一提示することはできなかったことをお断りしておく。

そうして、最も重要なのは、平面的な設計原理と立体的な設計原理が、矛盾なく組み合わさっていくことである。そうしたものが全体として矛盾なく説明できる場合に、設計原理を読み解くことができたと判断されるのである。

表1は、コンピュータ上で設計原理を描かせる際のプログラムの例を示したものである。Pythonという言葉を用いており、Pillow (PIL) というモジュールを追加して、画像を取り扱えるようにしている。1歩の長さや、段築の基本単位の歩数、段築の平面形での長さの比などを指定して前方後円墳の基本的な形状を描かせている。この例で描かれる画像は、表1の中に示されているものである。ちなみに、後円部中心点近くに描かれている黒い丸は、画像を水平移動する際にうまくドラッグするための便宜的なものである。

②……………個々の古墳の設計原理

1 仲津山古墳(仲姫皇后陵古墳)

大阪府藤井寺市の古市古墳群中にある、墳丘長約290mの前方後円墳である。宮内庁によって「応神天皇皇后仲姫命仲津山陵」とされている。「百舌鳥・古市古墳群世界文化遺産登録推進本部会議」が実施した航空レーザー計測による等高線間隔20cmの詳細な測量図が公表されている〔大阪府立

近つ飛鳥博物館編 2013：図 63] が、スケールに不安が残るため、同会議の承諾を得てアジア航測株式会社から等高線図のデータを入手し確認を行った。段築が良好に残存しており、設計原理の復元に適した古墳である。

まず設計の基本となる尺度を明らかにするために、後円部中心点 (O) から前方部中央交点 (P) までの距離を求めることとした (図 2, 表 2)。後円部の墳頂付近の等高線は正円に近いので、後円部中心点をほぼ誤差なく求めることができる。前方部も角の稜線がかなりシャープであるため、前方部中央交点の位置もほとんど誤差はない。そうして求めた O 点と P 点との間の距離は 129.3m で、測定誤差は 1% 以内に収まるだろうと思われる。この時期の前方後円墳は、後円部の半径の 1.5 倍が OP 間の距離となる例が多いので、129.3m の 1.5 分の 1 である 86.2m を後円部の半径の値と考えると、墳端の位置が測量図に非常によく合致する。

後円部の半径を 86.2m とし、テラスの幅を基本単位として同心円を描いて重ね合わせると、段築の基本単位が 4.0 歩で 15 単位を半径とするものが最もよく適合することがわかる。そうすると、1 歩の長さは、小数点以下 4 桁まで求めると 1.4367m で、1 尺は 0.2394m となる。段築の構成は 4.0 歩を基本単位として、墳端から 3 : 1 : 2 : 1 : 5 : 3 の比となる。

後円部の墳頂の標高は、局所的には 50.5m が記録されているが、安定的に広がるのは 50.2m の等高線であり、それを後円部墳頂平坦面の高さと考えておきたい。2 段目テラスの平坦面の標高は、内側に近い部分は流土がたまっている可能性を考え、外側に近い部分の等高線を重視すると、36.2m あたりになると思われる。同じようにして求めた 1 段目のテラスの標高はおおよそ 30.6m である。墳端は当然流土に埋もれていると考えられるが、現状では 22.8 ~ 23.2m という値を読み取ることができる。3 段目の墳丘の高さは、いま読み取った数値に従うと 14.0m で、2 段目の墳丘の高さは 5.6m となる。20cm 間隔の等高線から読み取った数値であるのであまり厳密な議論をすることはできないが、1 歩をおおよそ 1.4m とすると、3 段目の高さは 10.0 歩、2 段目は 4.0 歩という、きわめて切りのよい値が得られる。同じような比が 1 段目にも適用できると仮定し、設計上の墳端の標高を 22.2m とすると、段築の高さの比は下から 6.0 歩 : 4.0 歩 : 10.0 歩 (3 : 2 : 5) となり、平面的な比とも整合する。傾斜は、基本単位である 4.0 歩に対して 2.0 歩上がる、1 : 2.0 である。

前方部前面の段築は、テラスの幅が後円部より狭いようであり、基本単位 3.5 歩で 15 単位となり、外側から 4 : 1 : 3 : 1 : 4 : 2 の比となる。3.5 歩 × 15 単位 = 52.5 歩となり、やや切りの悪い数値であるが、後円部の半径 (60 歩) と OP 間の距離 (90 歩) に 52.5 歩を加えると墳丘長は 202.5 歩となる。要請されたであろう墳丘長 200 歩を若干超えているが、2.5 歩分の調整が行われているのか否かは、墳端部の状況があまり良くないので判別することができない。

前方部の段築の高さは、やや複雑である。前方部頂の標高は、47.1m を記録する地点もあるが、安定した等高線がみられるのは 47.0m である。2 段目のテラスは 39.0m、1 段目のテラスは 32.0m ないし 32.2m で、ひとまず 32.0m の値を用いておきたい。さきほど後円部で求めた墳端の標高の 22.2m に従うと、1 段目の高さは 9.8m、2 段目は 7.0m、3 段目は 8.0m となり、1 歩を 1.4m とすると、7 : 5 : 5.7 となる。ちなみに、1 段目の後円部と前方部前面の標高の差は 1.4m で 1 歩、2 段目の後円部と前方部前面の標高の差は 2.8m で 2 歩、後円部頂と前方部頂の標高差は 3.2m で 2.29 歩となる。前方部頂が元々はもう少し高かったと考えれば、これらの比はさらに切りのよいものに近づい

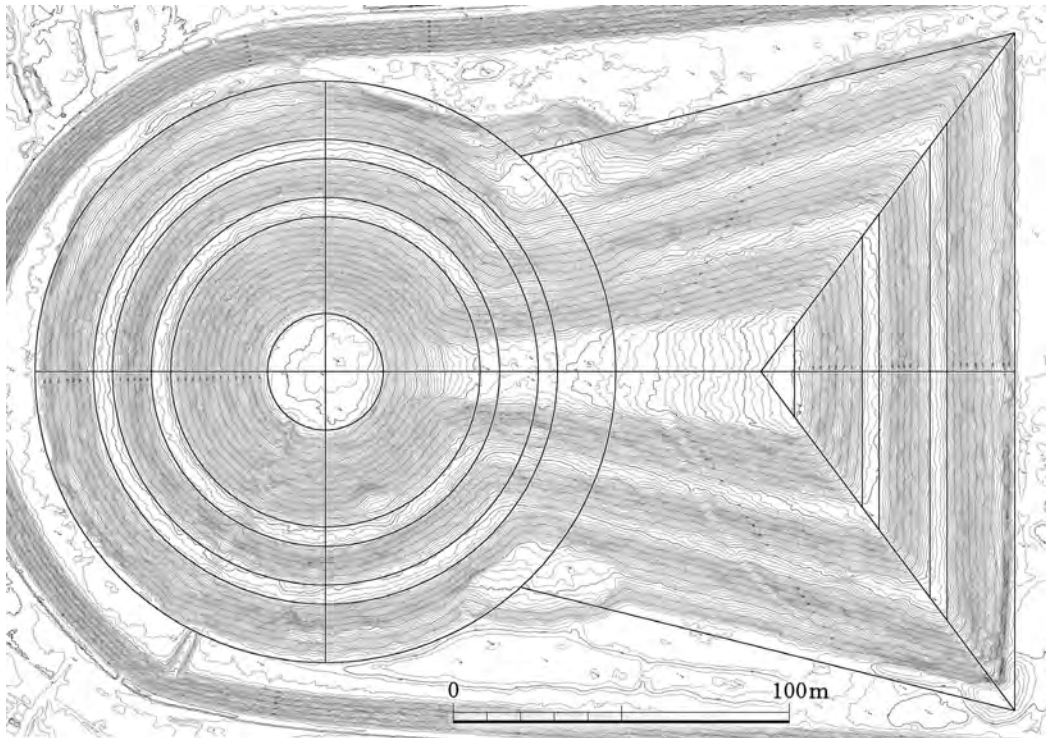


図2 仲津山古墳の設計原理

表2 仲津山古墳の設計原理数値

後円部	基本単位長	40歩
	段築平面比	3:1:2:1:5:3
	段築立体比	3:2:5
	半径の基本単位数	15
	基本単位に対する斜面高	2.0歩
	傾斜	1:2.0
	高さ	20歩
前方部	基本単位長	35歩
	段築平面比	4:1:3:1:4:2
	段築立体比	7:5:(6)
	前面の基本単位数	15
	基本単位に対する斜面高	1.75, 1.67, 1.5歩
	傾斜	1:2.0, 1:2.1, 1:2.33
	高さ	18歩
尺度	稜線角度 (PD:DQ)	3:4
	側線角度	1:4
	1尺の長さ	0.2394m
墳丘長	1歩の長さ	1.4367m
	要請墳丘長	200歩
	基本設計墳丘長 BO:OP:PD	202.5歩 60歩:90歩:52.5歩
	調整長	2.5歩

てくるであろう。前方部前面の高さをもう一度推定を含めて復元すると、下から7歩:5歩:6歩で、1段目のテラスの標高は後円部より1歩高く、2段目のテラスは2歩高く、前方部頂は後円部頂より2歩低くなる。その結果、前方部前面では段築の斜面の傾斜が一定でなく、1段目は1:2.0、2段目は1:2.1、3段目は1:2.33と少しずつ緩やかになっている。斜面の傾斜を一定にするよりも、後円部と前方部との高さの関係や、歩を単位とする切りのよい数値が優先されたのであろう。

前方部の稜線は、PD:DXが3:4となる直角三角形で設定されているようである。また、前方部側面の墳端線はQSがQ点から墳丘主軸に平行に引いた線より内側に1:4の直角三角形の比で引かれていると推定される。

このように、仲津山古墳の築造にあたっては、墳丘長を200歩とすることが最初に要請

されたものと思われる。次に決定されたのは、後円部の形態であろう。段築の高さを下から6歩:4歩:10歩の計20歩とするのは、下二段を合わせたものと上段とが同じ高さになることを狙ったものであるかもしれない。テラスの幅である基本単位を4歩とするのは、この時期のこの規模の古墳としては、最も自然なものであった。傾斜を1:2.0とするのも、この規模のものとしては妥当であり、これ以上急になると崩壊の危険性が高まってくる。そうした点を踏まえて、外側から3:1:2:1:5:3の比で段築を構成し後円部の半径を15単位60歩とするのは、きわめてシンプルで完成度の高い設計原理ということができる。

続いて、前方部を設計する際に最も基本となるのは、後円部中心点から前方部中央交点までの距離が後円部半径の1.5倍となることで、これは、この時期の前方後円墳のひとつの標準形である。前方部中央交点の位置が決まると、要請される墳丘長は200歩であるから、前方部前端までの距離は、計算上は残すところ50歩となる。この時期の前方後円墳の標準的な形態として求められたのは、前方部頂が後円部頂より2歩低くなり、結果として前方部の高さが18歩となることと、段築の1段目のテラスにおいて前方部前面が後円部より1歩高くなること、および段築の2段目のテラスにおいて前方部前面が後円部より2歩高くなることである。これは、側面から見た際の美意識とかかわるものであろう。こうした条件を満たすものとして、段築は基本単位が3.5歩で、外側から4:1:3:1:4:2の比とされ、段築の高さは下から7歩:5歩:6歩とされた。結果として前方部中央交点から前方部前端までの距離は52.5歩となり2.5歩が余分となるが、それがどのように調整されたのかはよくわからない。仲津山古墳の設計原理がその後の古墳と異なっているのは、段築の基本単位の長さが後円部より前方部が短いことと、前方部の段築が一定の傾斜ではなく高さを優先していることであろう。しかし、そうした特徴はあるとしても、前方後円墳の設計原理の根幹は、仲津山古墳の段階までにはほぼ固まってきているということができるであろう。

2 上石津ミサンザイ古墳

大阪府堺市の百舌鳥古墳群中にある、墳丘長365mの前方後円墳である。宮内庁によって「履中天皇百舌鳥耳原南陵」とされている。「百舌鳥・古市古墳群世界文化遺産登録推進本部会議」が実施した航空レーザー計測のデータを堺市教育委員会のご厚意で提供を受け、等高線間隔25cmの等高線図を作成し検討を行った[新納2015a]。造り出しの多くの部分が周濠の水面下にあるために、墳端はさらに深くなるものと思われるが、墳形そのものは大型古墳のなかでは最も良好に残存しており、設計原理の復元には最適の古墳ということができるであろう(図3, 表3)。

まず設計の基本となる尺度を明らかにするために、後円部中心点(O)から前方部中央交点(P)までの距離を求めると、158.9mという値を得ることができ、後円部の半径と後円部中心点(O)から前方部中央交点(P)までの距離の比は1:1.5と推定され、後円部の半径は105.8mと考えることができる。上石津ミサンザイ古墳の段築のテラスの幅は、基本単位が5.5歩の13単位で後円部の半径を構成するという復元が最も適合性が高い。そうすると、1歩の長さは小数点以下4桁まで求めると1.4797mで1尺は0.2466mとなり、次に検討する造山古墳よりは、やや長くなっている。この時代は漢尺の0.23m程度からしだいに長くなる傾向にあるので、仲津山古墳の0.2394mから伸びているのはそれを反映しているのかもしれないが、そうであるならば造山古墳の0.2315mは

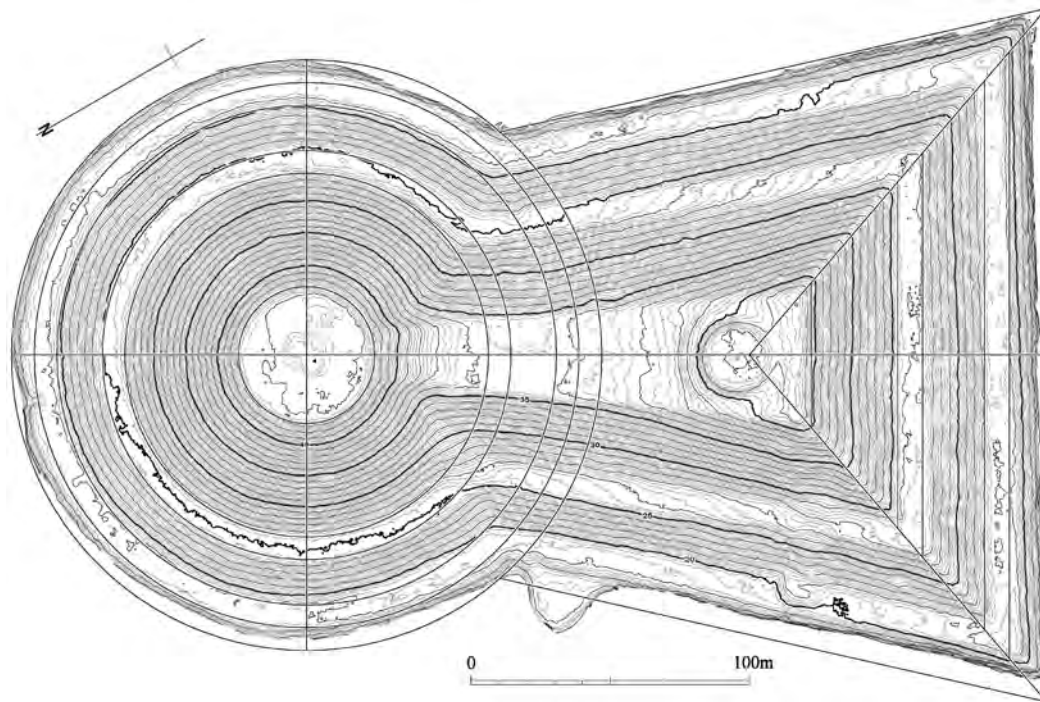


図3 上石津ミサンザイ古墳の設計原理

表3 上石津ミサンザイ古墳の設計原理数値

後円部	基本単位長	5.5歩
	段築平面比	1:1:2:1:5:3
	段築立体比	1:2:5
	半径の基本単位数	13
	基本単位に対する斜面高	2.5歩
	傾斜	1:2.2
	高さ	20歩
前方部	基本単位長	6.0歩
	段築平面比	1.5:1:2.5:1:3.5:2.5
	段築立体比	1.5:2.5:3.5
	前面の基本単位数	12
	基本単位に対する斜面高	2.5歩
	傾斜	1:2.4
	高さ	18.75歩
	稜線角度 (PD:DQ)	6:7
側線角度	1:6	
尺度	1尺の長さ	0.2466m
	1歩の長さ	1.4797m
墳丘長	要請墳丘長	250歩
	基本設計墳丘長	250.75歩
	BO:OP:PD	71.5歩:107.25歩:72歩
	調整長	0.75歩

古い伝統に従っているということになるの
であろうか。

後円部の段築は、平面的には基本単位5.5歩で外側から1:1:2:1:5:3の比となり、高さは2.5歩を単位として1:2:5となる。したがって、傾斜は1:2.2で、仲津山古墳や造山古墳の1:2.0より緩やかとなっている。その結果、後円部の高さは仲津山古墳の20.0歩と同じで、造山古墳の22.5歩より低くなっている。テラスの幅を広げ傾斜を緩くしており、より安全な勾配を求めたものと考えられる。後円部の半径は5.5歩13単位で71.5歩となり、後円部後端から前方部中央交点までの長さは、178.75歩となる。

前方部の前面は、後円部よりもテラスの幅が広く傾斜も緩やかとなっている。最も適合する段築の比は、平面的には基本単位6.0歩で外側から1.5:1:2.5:1:3.5:2.5、

高さは2.5歩を単位として下から1.5:2.5:3.5の比となり、傾斜は1:2.4となる。そうすると、1段目のテラスの高さは後円部に対して前方部が1.25歩高く、2段目は2.5歩高くなり、後円部頂に対して前方部頂は1.25歩低いという設計原理になる。また、前方部中央交点から前方部前端までの長さは6.0歩12単位で72歩となり、先に求めた178.75歩を加えると250.75歩で、要請された250歩をわずかに上回るが、やはりきわめて巧妙な計算であるといえよう。

3 造山古墳

岡山市北区新庄下にある、墳丘長350mの前方後円墳である。いま述べた上石津ミサンザイ古墳に次ぐ全国第4位の規模をもつ。さきに検討を加えた仲津山古墳よりは新しく位置づけられるが、上石津ミサンザイ古墳との先後関係ははっきりしていない。いずれにしても、誉田御廟山古墳(420m)や大仙古墳(仁徳陵古墳, 486m)よりは古く位置づけられるので、築造当時は、上石津ミサンザイ古墳とともに列島最大級の古墳であったといえることができる。墳丘の東側には民家が並び、中世には山城として利用されたほか、前方部の前面は開墾などで大きな改変が加えられているが、築造時の形態をよくとどめている部分も少なくない。岡山大学考古学研究室が、2005年からトータルステーションを用いたデジタル測量を実施し、墳丘上を中心に12万点あまりの測点による三次元計測データを取得した[新納・寺村2006, 新納編2008]。

造山古墳の設計原理については、すでに後円部を中心に詳細な検討を行ったことがある[新納2011]が、その段階では他に大型前方後円墳の良好な三次元計測データがなかったために、大幅な改変を受けている前方部前面については、十分な検討を行うことができなかった。

まずこれまでの古墳で行ったように、後円部中心点(O)から前方部中央交点(P)までの距離を計測してみることにしたい(図4, 表4)。造山古墳でも、OP間の距離は後円部の半径の1.5倍になると考えられる。後円部中心点と前方部中央交点を詳細な位置決め作業を行ったうえで測定すると、150.0mという偶然とはいえやや不思議な値が得られ、後円部の半径は100.0mとなる。続いてテラスの幅を基本単位としてその倍数を用いてコンピュータ上でさまざまに同心円を描いて重ね合わせてみると、後円部の半径を16分割した基本単位が最も高い適合性を示すことになる。つまり、基本単位が100.0mの16分の1の6.25mとなり、これは4.5歩に相当し、1歩が1.3902mということになる。後円部の半径が100.0mとなったのは、4.5歩の16倍だったからである。そして、段築の比は、外側から2:1:2:1:6:4となる。基本単位の長さとして、仲津山古墳の後円部は4.0歩を用いていたが、造山古墳は全体の規模が大きくなるので、4.5歩という値を採用したのであろう。さらに、段築の段の高さも4.5歩が単位となっており、勾配は4.5歩に対してその半分の2.25歩上がる1:2.0の傾斜で、傾斜そのものは仲津山古墳と同じとなった。

前方部前面の設計原理は、改変が激しいために当初はよくわからなかったのであるが、他の古墳の例に照らして、一定の納得がいくと思われる方式を復元することができた。それは、基本単位を5歩とし、外側から3:1:2:1:4:3とするもので、合計14単位となり、前方部中央交点から前方部前端までは70歩ということになる。このように復元すると、後円部の半径は4.5歩の16倍で72歩となるので、後円部後端から前方部中央交点までの長さは72×2.5で180歩となり、そこに前方部中央交点から前方部前端までの70歩を加えると、250歩となる。造山古墳の設計原理は、

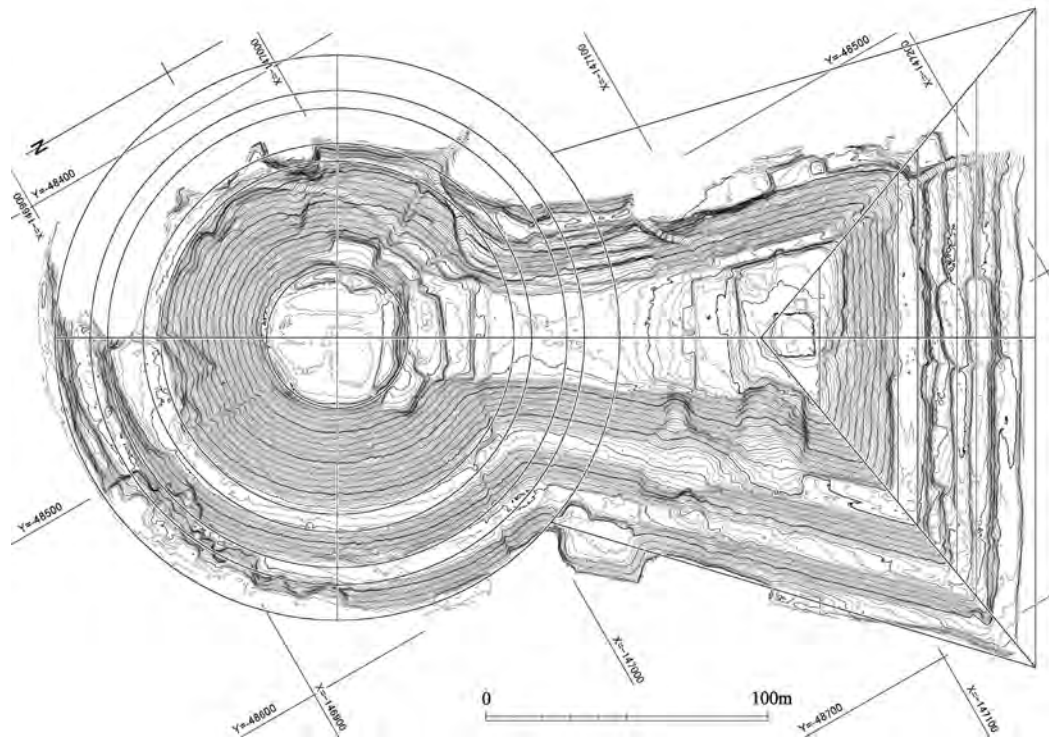


図4 造山古墳の設計原理

表4 造山古墳の設計原理数値

後円部	基本単位長	4.5歩
	段築平面比	2:1:2:1:6:4
	段築立体比(基本単位)	1:1:3(2:2:6)
	半径の基本単位数	16
	基本単位に対する斜面高	2.25歩
	傾斜	1:2.0
	高さ	22.5歩
前方部	基本単位長	5.0歩
	段築平面比	3:1:2:1:4:3
	段築立体比	1.5:2.5:3.5
	前面の基本単位数	14
	基本単位に対する斜面高	2.25歩
	傾斜	1:2.22
	高さ	20.25歩
尺度	稜線角度(PD:DQ)	5:6
	側線角度	(3:10)
	1尺の長さ	0.2317m
墳丘長	1歩の長さ	1.3902m
	要請墳丘長	250歩
	基本設計墳丘長 BO:OP:PD	250歩 72歩:108歩:70歩
	調整長	0歩

きわめて考えぬかれた計算によって構成されていたのである。

前方部の高さについては、信頼できるテラス面が少ないためにやや流動的などころがあるが、後円部と同じ2.25歩を基準にして、下から6.75歩(2.25×3)、4.5歩(2.25×2)、9.0歩(2.25×4)の計20.25歩とされたのではないかと考えておきたい。そうすると、1段目の標高は後円部より1.25歩高く、2段目は2.25歩高く、前方部頂は後円部頂より2.25歩低いことになる。この関係は、仲津山古墳と非常に近いものとみることができる。

しかし、以上の設計原理はあくまでも理論上の基本設計であって、実際に現地に即した実施設計は大きく変更されている。造山古墳が築かれた総社平野の近辺には平坦な台地が存在しておらず、丘陵の先端に近い緩傾斜地を選ばざるをえない。そこで、後円部が低く前方部が高い土地が選ばれているのである。

が、前方部の前面側は著しく堅固な地盤を掘削することになり、基本設計どおりの深さまで掘り下げることは避けているようである。前方部前面の周濠状部分の発掘調査では、標高 7.3m ほどで岩盤の平坦部分が確認できており、墳端はわかっていないので正確なことは不明だが、基本設計上の墳端より 3m 以上高いことになる。そこで減少した墳丘長を後円部の後端側を伸ばすことによって 250 歩に調整しているのではないと思われる [新納編 2012]。

造山古墳の築造にあたっては、墳丘長を仲津山古墳より 50 歩大きい、250 歩とすることが求められた。仲津山古墳の後円部の基本単位は 4.0 歩であったので、その比率に従えば基本単位を 5.0 歩とするのが自然であるように思われるが、造山古墳は 4.5 歩を採用している。段築の段の高さの比を下から 1:1:3 にするためには 5 歩では適切な配分ができなかったのかもしれない。基本単位の長さを 4.5 歩とし、後円部の半径を基本単位の 16 倍とすると、半径が 72 歩で非常にバランスのよい数値となる。後円部の段築は、外側から 2:1:2:1:6:4 となり、高さは下から基本単位で 1:1:3 の比となる。傾斜は仲津山古墳と同じ 1:2.0 であるが、この規模の前方後円墳としてはやや無理のある傾斜を採用しているように思われる。

4 誉田御廟山古墳

大阪府羽曳野市にある墳丘長 425m の前方後円墳である。前方部の一方の隅からくびれ近くにかけて大規模な崩落がみられるが、その他の部分はきわめて残存状態が良好で、大仙古墳の変形が著しいことを考えると、前方後円墳の設計原理を検討するうえで最も大規模な古墳といえるであろう。なお、墳丘長では誉田御廟山古墳は第 2 位に位置づけられるが、使用された土量では大仙古墳をしのぐともいわれている。

「百舌鳥・古市古墳群世界文化遺産登録推進本部会議」が実施した航空レーザー計測による詳細な測量図が公表されており [大阪府立近つ飛鳥博物館編 2013: 図 63] それをもとにすでに詳細な設計原理の検討を行っている [新納 2015b]。設計原理の内容についてはとくに変更はないが、改めてその概要を記しておこう (図 5, 表 5, 図 6)。

これまで取り上げてきた古墳は、後円部中心点 (O) から前方部中央交点 (P) までの距離を基準に、その 3 分の 2 を後円部の半径として尺度の基準を求めてきたが、誉田御廟山古墳は後円部の規模に対して前方部が短くつくられているので、まず後円部の平面形を同心円を重ねることによって求めることにした。その結果、テラスの幅である基本単位の長さが 6.0 歩 (8.4m) で、外側から 2:1:2:1:6:3 の 15 単位という復元が最も適合性が高いということになる。そうすると 1 歩の長さは 1.3998m で 1 尺は小数点以下 4 桁まで求めると 0.2333m となり、造山古墳よりわずかに長い値が得られる。また、これによって後円部の半径は 126.0m と復元できるが、一方で、後円部中心点 (O) から前方部中央交点 (P) までの距離を測量図から読み取ると、157.7m という値を得ることができ、 $126.0\text{m} \times 1.25$ が 157.5m であることを考えると、多少の誤差を含むとしても、驚くべき精度で築造時の計測がなされていることを再確認することができる。これまでの 3 基の古墳がいずれも半径の 1.5 倍を後円部中心点 (O) から前方部中央交点 (P) までの距離としていたのに対し、誉田御廟山古墳は 1.25 倍とし、前方部の長さを短くしたのである。なお、後円部の段築の高さは、下から 5 歩:5 歩:15 歩となり、傾斜は 1:2.4 と上石津ミサンザイ古墳よりさらに緩やかになっ

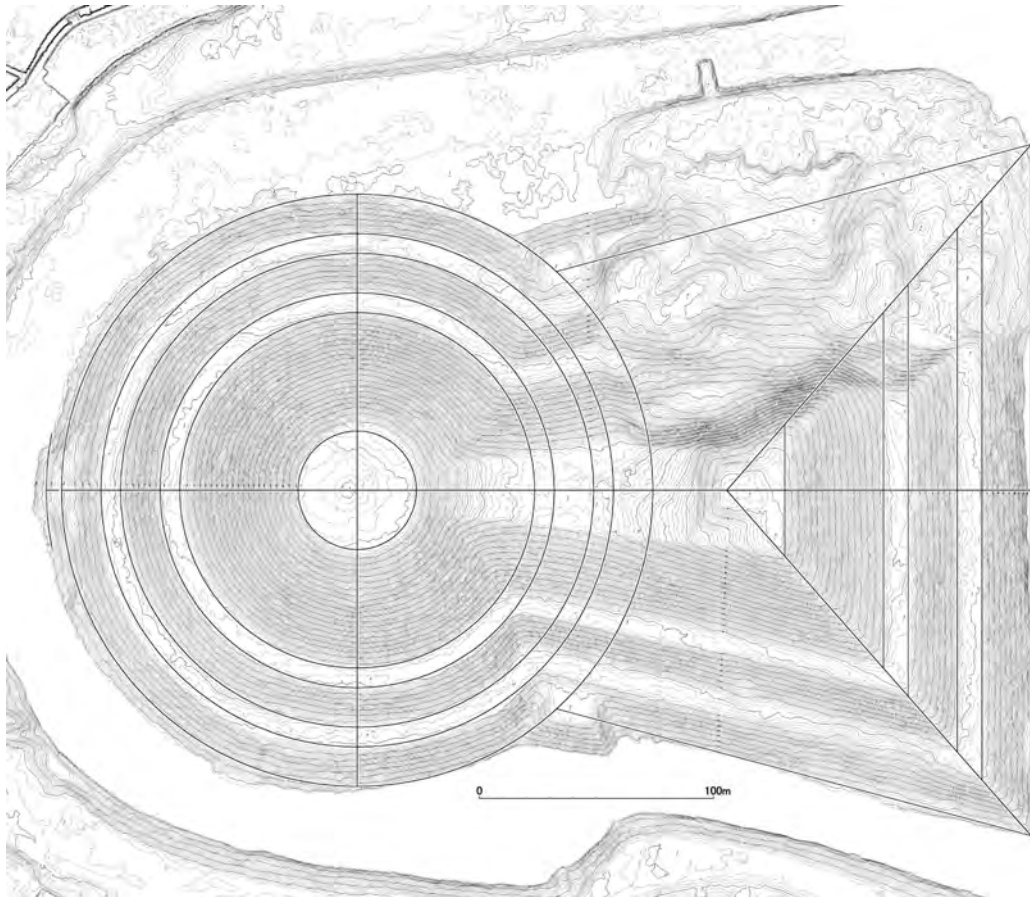


図5 誉田御廟山古墳の設計原理

表5 誉田御廟山古墳の設計原理数値

後 円 部	基本単位長	6.0歩
	段築平面比	2:1:2:1:6:3
	段築立体比(基本単位)	1:1:3(2:2:6)
	半径の基本単位数	15
	基本単位に対する斜面高	2.5歩
	傾斜	1:2.4
	高さ	25歩
前 方 部	基本単位長	7.5歩
	段築平面比	2:1:2:1:4:2
	段築立体比(基本単位)	1:1:2(3:3:6)
	前面の基本単位数	12
	基本単位に対する斜面高	3.0歩
	傾斜	1:2.5
	高さ	24歩
尺 度	1尺の長さ	0.2333m
	1歩の長さ	1.3998m
墳 丘 長	要請墳丘長	300歩
	基本設計墳丘長	292.5歩
	BO:OP:PD	90歩:112.5歩:90歩
	調整長	7.5歩

ている。

前方部の段築は、基本単位が7.5歩で、外側から2:1:2:1:4:2の比となり、高さは下から6歩:6歩:12歩の計24歩となっている。また、傾斜は1:2.5で、後円部よりさらに緩やかになっている。以上の結果、前方部中央交点から前方部前端までの長さは7.5歩×12で90歩となり、後円部の半径とまったく同じになる。そこで、基本設計による墳丘長は292.5歩となり、不足の分を主軸方向に伸ばす方向で要請された300歩に合わせたものと思われる。1段目のテラスの高さは後円部に対して前方部が1歩高く、2段目は2歩高くなり、後円部頂に対して前方部頂は1歩低くなっている。

誉田御廟山古墳の設計原理は、後円部の段築の高さの比などをみると、1:2:5の上石津ミサンザイ古墳よりも1:1:3の造山古墳

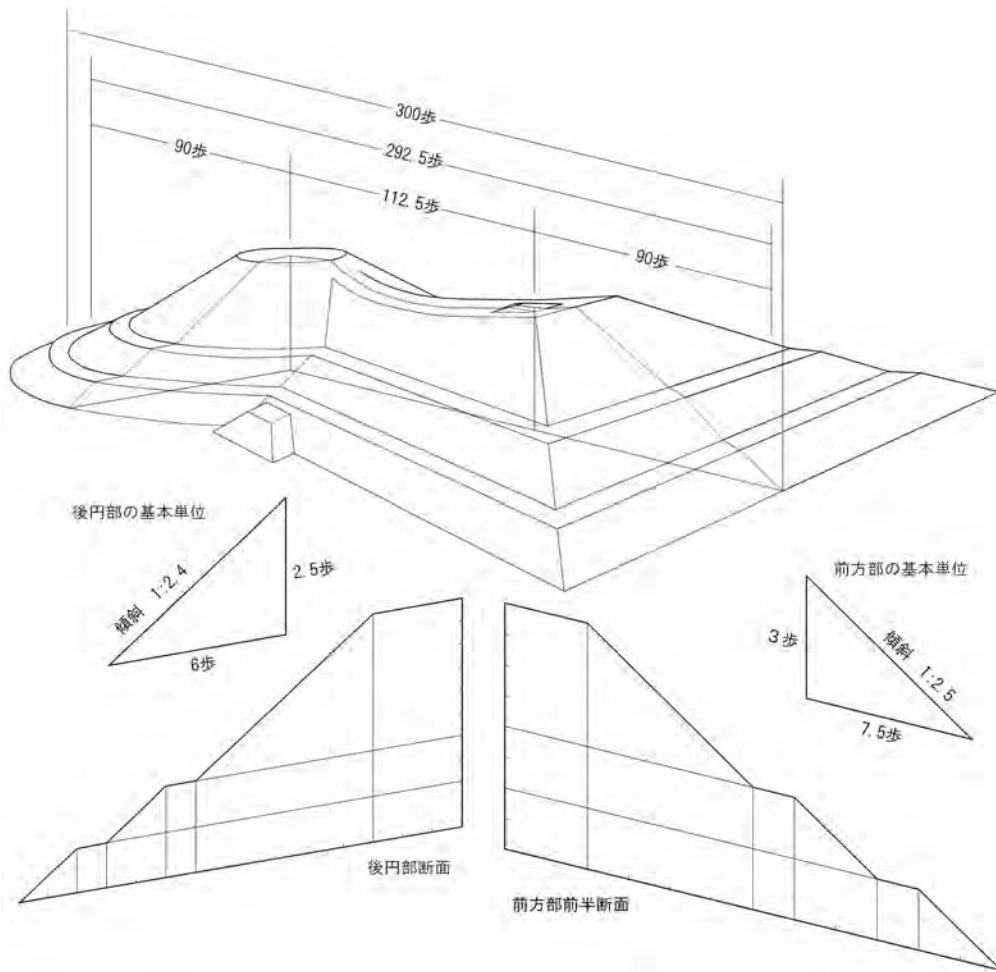


図6 誉田御廟山古墳の設計原理模式図 [新納 2015b]

に近い。後円部の高さは、上石津ミサンザイ古墳の20歩を大きくしので25歩に達し、造山古墳の22.5歩も凌駕している。墳丘長300歩で構築するというのであれば、後円部の半径に対する後円部中心点から前方部中央交点までの距離を1.5倍にするこれまでの手法を踏襲することで土量を節約することができたのであるが、あえて後円部を大きくしているのには一つの理由があった。大型化すれば斜面の崩壊の危険が増すために傾斜を緩やかにしなければならないが、それでもなお大型化をはかったのは、造山古墳の後円部の高さを超える必要があったからであろう。

③……………設計原理の変容

1 墳丘長

仲津山古墳（200歩）から誉田御廟山古墳（300歩）まで、50歩を単位に墳丘長の拡大が図られ、この動きはさらに大仙古墳（350歩）まで続く。造山古墳と上石津ミサンザイ古墳は同じ250歩の墳丘長をもつが、上石津ミサンザイ古墳のほうが単位となる1尺の長さが長くなっている。中国での尺度が長くなる傾向に従ったためであるかもしれないが、それより新しい誉田御廟山古墳は上石

津ミサンザイ古墳ほど長い尺度を用いていないので、なぜそれほど長い尺度を用いたのかは明らかではない。

2 後円部の段築

段築のテラスの幅を基本単位とし、その倍数で段築の平面形を決定するという手法は一貫して守られている。段築のテラスの幅は墳丘の規模が大きくなるにつれて広がるが、それは全体のプロポーシオンを維持するという目的のほかに、斜面の崩壊を防ぐ技術的な要因も存在していたと考えられる。現代の土木工事においても、一定以上の高さの法面には間に小段を設けることが通例となっている。仲津山古墳の後円部の基本単位は4.0歩であり、造山古墳は4.5歩、上石津ミサンザイ古墳は5.5歩で、誉田御廟山古墳は6.0歩であり、0.5歩を単位として設定されている（図7、図8）。段築の高さの比は、仲津山古墳では下から3:2:5で、上石津ミサンザイ古墳は1:2:5、造山古墳は1:1:3で、誉田御廟山古墳も1:1:3である。傾斜は、仲津山古墳では1:2.0で、上石津ミサンザイ古墳は1:2.2、造山古墳は1:2.0、誉田御廟山古墳は1:2.4である。斜面の高さが高くなるほど傾斜を緩くしなければならないのであり、造山古墳の場合は実際の構築にあたっては傾斜をやや緩く調整したようであるが、それでも基本設計の1:2.0というのは限界ともいえる数値であろう。ちなみに後円部の高さは、仲津山古墳と上石津ミサンザイ古墳が20歩、造山古墳が22.5歩、誉田御廟山古墳が25歩となっている（図7）。なお、後円部の段築において5.0歩という基本単位が用いられていないのは、直角三角形を用いて傾斜を決定する際に、高さも0.5歩を単位とする適当な組み合わせが存在していないからであろう。5.0歩に対して高さを2.5歩とすると傾斜が1:2.0で急になりすぎ、5.0歩に対して高さを2.0歩とすると傾斜が1:2.5で緩すぎるのである。

3 前方部前面の段築

段築のテラスの幅を基本単位とし、その倍数で段築の平面形を決定するのは後円部と同じであるが、後円部と前方部で同じ長さの基本単位が用いられる例は少ないようである。仲津山古墳の前方部の基本単位は3.5歩であり、造山古墳は5.0歩、上石津ミサンザイ古墳は6.0歩で、誉田御廟山古墳は7.5歩である。仲津山古墳だけが後円部より前方部の基本単位が短いのは、前方部があまり高くない前期古墳の伝統をとどめているからかもしれない。それ以外の古墳で前方部のほうが基本単位の長さが長いのは、前方部の角や側面などで崩壊の危険性が大きいためであろう。段築の高さの比は、仲津山古墳では下から7:5:6（7歩:5歩:6歩）、造山古墳は1.5:2.5:3.5（6.75歩:4.5歩:9.0歩）、上石津ミサンザイ古墳は1.5:2.5:3.5（3.75歩:6.25歩:8.75歩）、誉田御廟山古墳は1:1:2（6歩:6歩:12歩）となっている。仲津山古墳の場合は各段の傾斜を一定にせず高さを歩の切りのよい数値としているが、造山古墳と上石津ミサンザイ古墳の場合は傾斜を一定とし、さらに後円部の段よりもやや高くしなければならないという制約のために、いささか複雑な数値が用いられているのである。誉田御廟山古墳の場合は歩の切りのよい数値を用いながらそうした要請を実現しており、その計算力の高さには驚くべきものがあるといわなければならないであろう。なお、歩の値が整数とならない場合に、尺ではなく1歩の4分の1が単位となっている点は気になる点である。

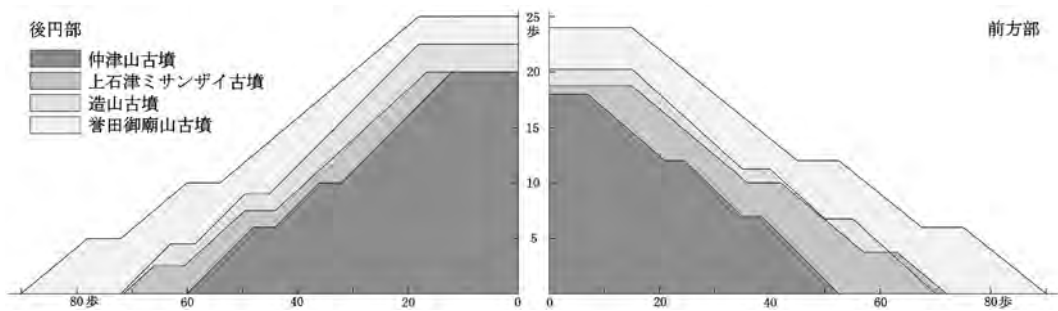


図7 段築断面の比較

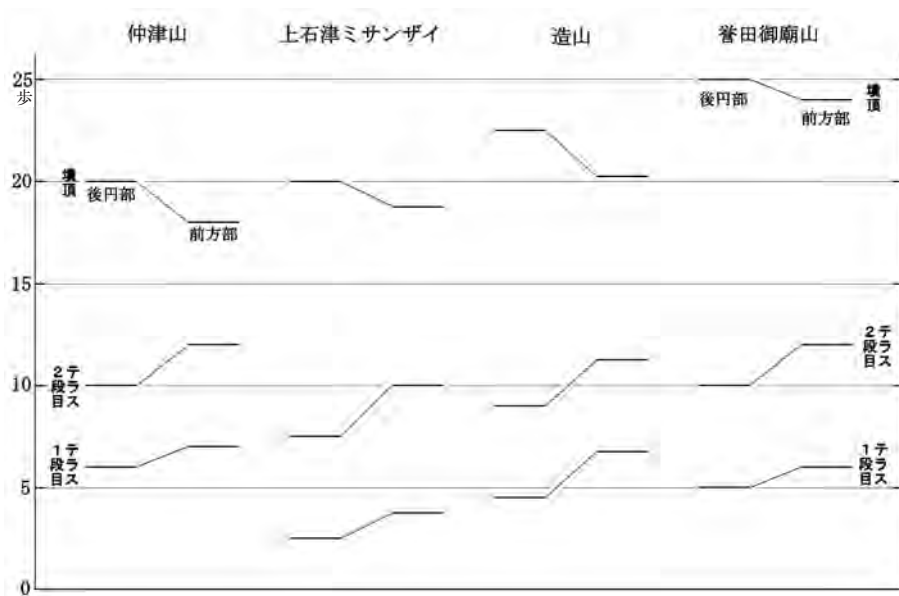


図8 テラスと墳頂の高さの後円部と前方部の比較

4 墳丘長の調整

先にも述べたように、本稿で取り上げた4基の古墳は、いずれも50歩を単位とする切りのよい墳丘長で築造されている。しかし、これまでに検討してきたように、基本単位の倍数で段築をつくりあげ、後円部の半径と、後円部中心点から前方部中央交点までの長さの比を1:1.5とするような規則性を守りながら要請される墳丘長に合わせるのは至難の業であったと思われる。そのために、仲津山古墳の場合は基本設計による墳丘長は202.5歩であり、造山古墳は250.0歩、上石津ミサンザイ古墳は250.75歩で、菅田御廟山古墳の場合は292.5歩となった。造山古墳の場合は基本設計では正しく250歩となっているが、実際には緩傾斜地に築造されているために前方部を短くし後円部を長くするという大きな調整が加えられている。菅田御廟山古墳の場合は、7.5歩だけ長くするために、後円部後端を主軸方向に引き伸ばすという調整を行っている。私たちの考え方からすれば、このような変則的な調整を加えなくても、後円部中心点から前方部中央交点までの長さを柔軟に設

定すれば難なく問題が解決するように思われるが、少なくともこの時期まではそうした調整は行われていないのである。

④……………相似墳論の問題

これまで、前方後円墳や前方後方墳の形態が類似するというを手がかりに、古墳相互の関係や系譜を論じる試みが続けられてきた。上田宏範の研究〔上田1963〕はその先駆的なものであり、後円部の直径を6等分した長さの単位を基準に墳丘の各部分の比率から型式が設定され、それぞれが盛行する時期や地域的な広がり論じられている。また、和田晴吾は、さらに細部にわたる形態的な比較が必要であると考え、五塚原古墳をはじめとした京都府向日丘陵の古墳が箸墓古墳と強い関係をもつことを指摘し〔和田1981〕、その後の研究に大きな影響を与えた。続いて、岸本直文は、前方後円墳の測量図を主軸で半裁して左右に並べることにより相似性を読み取るという手法を用い、前方後円墳の形態に大きく二つの系列があると考え、それが祭祀王と執政王という聖俗の二系列に対応すると論じている〔岸本2008〕。

形態が類似したこのような古墳は相似墳と呼ばれることが多い。白石太一郎は、上石津ミサンザイ古墳と造山古墳がほぼ並行する時期に築造されたとし、その類似性を検討している〔白石2001〕。その結果、「共通の造営企画をもつ部分も少なくない」とし、「わずかに上石津ミサンザイ古墳のほうが大きい、その差は僅少で、ほぼ同規模ともみなされる」としている。さらに、「ほぼ同規模に、よく似た企画で造営され」ており、「畿内の大王と吉備の大首長との関係は、『同盟』と表現するのが適当な関係」であったと考えている。

白石の評価はかなり慎重であるが、こうした規模や墳形の類似性をさらに踏み込んで評価する研究者も少なくない。岸本直文によると、「相似墳の存在は、王墓の設計をもとに複製されたものであり、独自には築きえないものであり、そこには中央の関与を考慮することができる」〔岸本2002:p.3〕ということであり、若狭徹は類似した墳丘規格を「王権との関わりを示す重要なアイテム」であると考えている〔若狭2015:p.173〕。また、「古墳設計論」を唱える沼澤豊も、一定の規格に則ってつくられた古墳の大きさは「倭王権による一元的な統制策にしたがって決定された」と考えている〔沼澤2011:p.28〕。沼澤はすべての前方後円墳の後円部や円墳の直径が基本単位の24倍となるという一元的な設計論を考えているので、こうした理解はある意味で当然であるかもしれない。このように、全体としてみると、古墳の規模と規格の類似性から、そこに倭王権の支配を読み取っていくという姿勢が広がっているのである。

しかし、そうした理解には、二つの点において検証を必要とする問題が含まれているように思われる。第1は、類似するとされる墳形が、実際にはどこまで似ているのかという事実認識の問題である。等高線図を重ね合わせるという手法が広く用いられているが、等高線から立体形を復元して類似性を認識する人間の能力には大きな限界があり、沼澤も「表面的な外形研究」ととどまると指摘するように〔沼澤2011:p.19〕、あまり厳密な方法とはいえない。相似を論じるのであれば、段築の立体形も含めて厳密な比較をおこなうべきである。第2に、類似しているからといってそれが必ずしも同盟や支配を示すという結果になるとは限らないという、解釈の問題がある。戦国時代の城

郭は、互いに覇を争う競合的な性格をもっていたが、城郭の構造にはそれでも一定の共通性がみられる。競い合うということはある意味では共通の土俵に立つことであり、一定のものを共有することにつながるからである。

では、上石津ミサンザイ古墳と造山古墳の間では、何が共通し何が異なっているのだろうか。図9左は、白石太一郎によって作成された墳丘の実測図の比較である。造山古墳の図は岡山県史の作成に際して実施された航空測量による図面であり、今日のみでみるとあまり正確なものではない。それでも、この図をみると、それなりに共通するところがあり、相似墳であるといわれると納得させられる場合もあるように感じられる。しかし、仔細に図を検討してみると、いくつもの違いが浮かび上がってくる。たとえば、上石津ミサンザイ古墳の後円部後端にあたる部分は、造山古墳では後円部の周りを迂回して流れる用水とその外側の自転車道およびさらに外側の斜面にあたって、古墳に直接かかわるものではなく、実際の墳端はそれらよりも内側になる。また、この図では後円部中心点の位置が主軸方向で互いに10m以上ずれているというのも大きな違いである。ほかに、くびれの位置が大きく異なっていることも気になる場所であり、これは前方部側面の墳端のラインと前方部前面のラインとがつくる角度の違いに起因しているところがあるように感じられる。さらに、前方部墳頂の前端側の位置が異なっており、前方部前面の2段目の形態もかなり違っている。結局のところ、確実に一致しているとみなすことのできる部分を探すのは相当に困難であり、等高線図を対比するこの方法の危うさを伺うことができるように感じられる。

そこで、こうした問題をもう少し正確に捉えるために、本稿で検討を加えてきた基本設計の図を対比してみたのが、図9右である。造山古墳と上石津ミサンザイ古墳において、上石津ミサンザイ

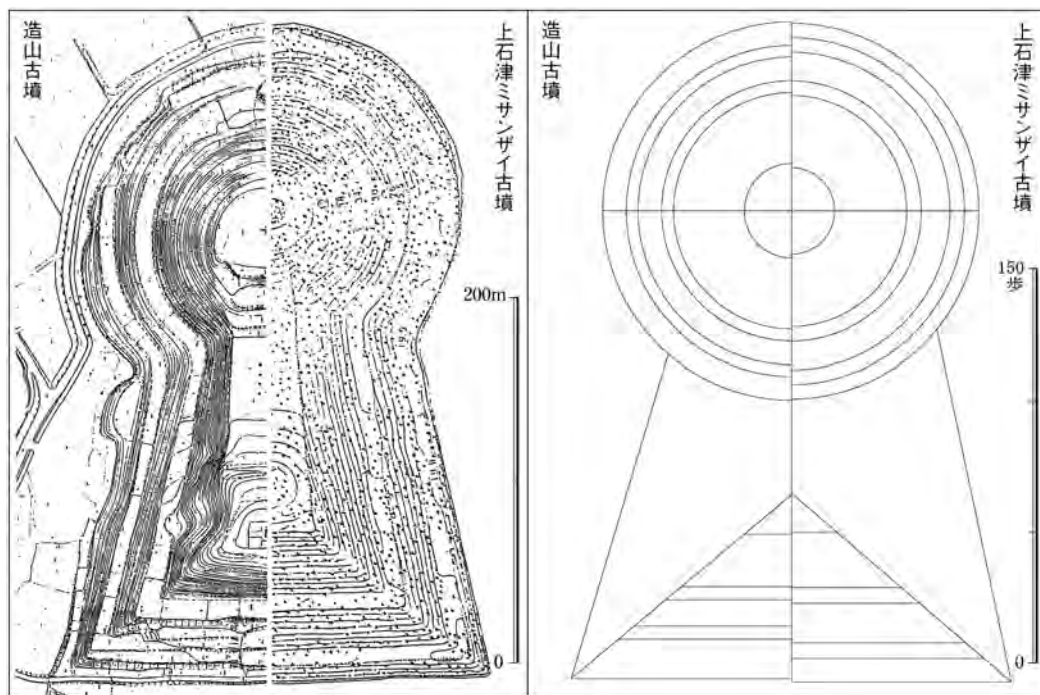


図9 造山古墳と上石津ミサンザイ古墳の設計原理の比較

古墳の1尺の長さが約6%長いので、実際の長さではなくそれぞれで用いられた歩を単位に対比している。この図をもとに、両者の共通点と相違点をまず整理してみよう。共通する点としては、

- (1) 中国由来の尺と歩を長さの単位として用いている。
- (2) 直角三角形の底辺と高さの比で斜面の傾斜などの角度を決定している。
- (3) 三段に築成し、その中で3段目をとくに高くしている。
- (4) 段築の平面形はテラスの幅を基本単位とし、その倍数を用いて構成している。
- (5) 規模に応じて安全な斜面の傾斜角度を採用している。
- (6) 後円部中心点から前方部中央交点までの距離を後円部半径の1.5倍としている。
- (7) 段築の1段目と2段目のテラスは後円部より前方部を高くし、墳頂は前方部を低くしている。

もちろんこれらの共通性は、その他のすべての時期の古墳に通じるものではなく、さらに細部の共通性を指摘していくこともできるが、ひとまずこのような類似点を確認しておくことにしよう。一方で異なっている点は次のとおりである。

- (1) 用いている尺や歩の長さが異なっており、とくに上石津ミサンザイ古墳のものは造山古墳より6%長い。
- (2) 段築の平面形の基本単位となる長さが異なっている。
- (3) 段築の高さの比が異なっている。
- (4) 前方部前面の墳端ラインと前方部側面の墳端ラインの間の角度が異なっている。

以上のように整理してみると、共通する点についてはやや一般的な原理が多く、設計図の配布などがなければありえないような特殊な部分での共通性はみられないように感じられる。

一見したところ似ているように感じられたこの2基の古墳であるが、共有された一般原理のもとで、限られた選択肢の中ではむしろ異なった設計原理を採用しているということになるのではないだろうか。つまり、墳丘長を250歩とすると、後円部の半径は70歩余りとなり、段築のテラスの幅である基本単位としては、この規模の古墳では4.5歩、5.0歩、5.5歩のいずれかを選択せざるをえないことになる。5.0歩は先にもふれたように後円部としては適切な傾斜の比がないので、選択肢はさらに4.5歩と5.5歩に絞られる。そこで、上石津ミサンザイ古墳は5.5歩を選択し、造山古墳は4.5歩を選んだ。少なくとも上石津ミサンザイ古墳と造山古墳の間では、設計図の配布や共有というような状況は認めにくく、当時の社会で共有されていた古墳づくりの作法のようなもののとって、それぞれ別個に設計原理を構想したと考えておきたい。

⑤……………設計原理の系列と継承

これまで論じてきたように、前方後円墳は、ひとつの共通の方眼をもとに設計されていたわけではなかった。しかし、方眼の原理に相当するものは、長さの基本単位として存在しており、それがこれまでの築造企画研究において、方眼が一定の役割を果たしてきた理由であろう。先にも紹介したように上田宏範は後円部の直径を6等分したものを単位と考え [上田1963]、石部正志や宮川渉らは8等分を単位と考えており [石部・ほか1979、宮川1984]、さらに沼澤豊は両者の最小公倍数で

ある 24 等分を単位と考えている [沼澤 2006]。

しかし、改めて本稿で取り上げた古墳の長さの基本単位を整理してみると、後円部の半径については、仲津山古墳が 15 単位、上石津ミサンザイ古墳が 13 単位、造山古墳が 16 単位、誉田御廟山古墳は 15 単位であり、前方部前面については、仲津山古墳が 15 単位、上石津ミサンザイ古墳が 12 単位、造山古墳が 14 単位、誉田御廟山古墳は 12 単位であって、基本単位はほとんどが古墳ごとに異なっており、しかも仲津山古墳を除くと、後円部と前方部前面で基本単位が違っているのである。この 4 基に限っても、12 から 16 のすべての値が揃っており、そこには 3 の倍数もあれば 4 の倍数もあるが、13 や 14 はいずれの倍数にもならない。結局のところ、基本単位の倍数の選び方に特別の法則性や制約はなく、その古墳に最もふさわしい固有の倍数が選ばれていたとみなすことができるのである。

それでは、設計図は存在し配布されていたのであろうか。筆者は、個々の古墳の設計原理が、当時の人びとにとって十分に記憶可能であり、設計図は必要でなかったと考えている。しかし、くびれのつくり方や、造り出しの形態のほか、周濠・周堤などを含めると、記憶しなければならない項目は多くなり、設計図がなかったとまではいい切れないかもしれない。しかし、この 4 基以外の例も含めて、これまで検討を加えてきた古墳のなかに、既存の設計図をそのまま拡大・縮小したような例は確認できていない。もちろん、単純に 2 分の 1 のサイズの古墳をつくろうとした場合に、そのようなことがなかったとまでは断定できないが、同じ墳丘長や 2 分の 1 の墳丘長の古墳の築造を依頼されたときに、基本単位の数値やその倍数の値の選択肢の幅はそれほど大きくならないので、完全な相似墳が確認されたとしても、偶然の一致の場合もないとはいえず、設計図の配布を示すとは必ずしもいえない可能性があるかもしれないのである。

設計原理の系列について最初に検討を行ったのは上田宏範である (図 10 上) [上田 1963]。上田は先にもふれたように、後円部の直径 (BC) を 6 等分したものを基準として捉え、前方部上で後円部の外周の円が主軸ラインと交わる点 (C) から前方部中央交点までの距離 (CP) と、前方部中央交点から前方部前端までの距離 (PD) の比 (BC : CP : PD) を墳形の型式として捉えて時期差や系列を検討した。いま述べたように、後円部の直径を 6 等分するという点については問題があるが、この比は前方後円墳の墳形を大づかみに把握する方法としてはうまく工夫されたもののように感じられる。この方法にしたがってここで取り上げた 4 古墳の比を求めると、仲津山古墳は 6 : 1.5 : 2.625、上石津ミサンザイ古墳は 6 : 1.5 : 3、造山古墳は 6 : 1.5 : 2.9 で、誉田御廟山古墳は 6 : 0.75 : 3 となる。上田が取り上げている上石津ミサンザイ古墳の数値は新しい実測図に照らしても問題がないが、誉田御廟山古墳は上田の 6 : 1 : 3 とは多少の違いが存在している。しかし、BC : CP が 6 : 1.5 となるように、この比には大きな意味があるのは確かであり、古墳を築造した人びともこの比には大きなこだわりをもっていただように思われる。一方で、後円部の直径と、前方部中央交点から前方部前端までの距離の比 (BC : PD) は、BC : CP のような形の固定的な比にはならないように思われるが、しだいに大きくなるという傾向はあると思われる。こうした上田の分類は、時期的変化をうまく捉えているところがあるが、時期差と系列の差が必ずしも分けられないというところは注意しなければならない。

そうした点で、系列差に焦点を絞って検討を加えたのが岸本直文である [岸本 1992]。岸本の議

論を正確に捉えるには前期古墳の検討が欠かせないが、ここでは4基の古墳に限って述べることにしたい。岸本は造山古墳の位置づけには言及していないが、仲津山古墳と本稿では取り上げていない大仙古墳がひとつの系列で、上石津ミサンザイ古墳と誉田御廟山古墳がもうひとつの系列に属しているということである。そして、仲津山古墳は主系列で、上石津ミサンザイ古墳と誉田御廟山古墳は副系列とされ、それぞれ祭祀王と執政王という二系列に対応するのだという。

しかし、これまで検討を加えてきた設計原理の違いから、仲津山古墳を一方の系列に、上石津ミサンザイ古墳と誉田御廟山古墳をもう一方の系列に帰属させるということが可能なのであろうか。図7をみると、仲津山古墳の段築は1段目が比較的高いという特徴をもつことがわかり、それが他の3基の古墳とは異なるのであるが、その特徴は1段目が低い大仙古墳には継承されていない。全体としてみると、仲津山古墳から造山古墳を経て誉田御廟山古墳に至るという系列が最も自然な流れであり、上石津ミサンザイ古墳はむしろ異質さが目立つように感じられる。そうであるとする

古市古墳群と百舌鳥古墳群の間で設計原理の系譜の差があるかもしれないということになるが、それでもあくまで流儀の差といった程度の違いであり、それ以上に截然と分けられるような差は認めにくいのである。

以上のように、前方後円墳の設計原理は、一般的なルールを共有しながら、少なくとも大規模な古墳においては、それぞれの築造に際して細部を新たに構想してつくられるもので、秘伝の設計図や技術を伝授するというような性格のものではないことがわかってきた。それでも細部を構想するにあたっては、一定の流儀の差のようなものが存在しており、それは古市古墳群と百舌鳥古墳群の間で異なるというような形をとっていた可能性が考えられる。また、そうであるとする、造山古墳の設計原理が誉田御廟山古墳に継承されていると考えられることから、両者に一定の強い結びつきがあったと考えることも可能になってくる

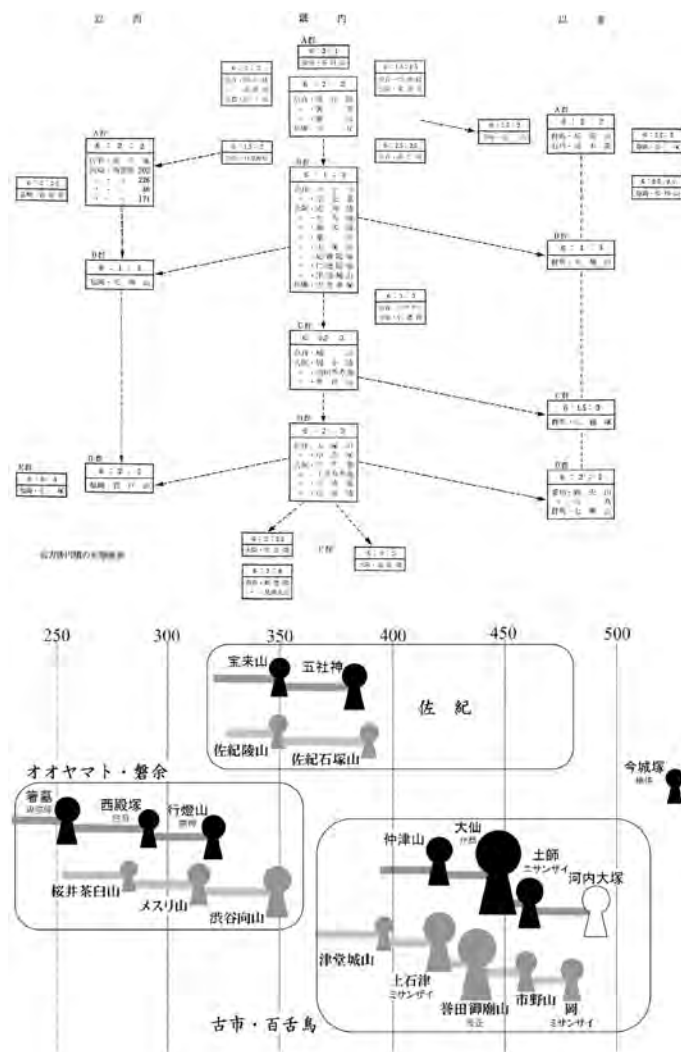


図10 前方後円墳の築造企劃の系列
上:上田宏範 [1963], 下:岸本直文 [2008]

かもしれない。

では、墳丘長はどのような形で決定されるのか。本稿では要請墳丘長という言葉を用いたが、その要請の主体は誰なのだろうか。上石津ミサンザイ古墳と造山古墳の先後関係は必ずしも明確ではないが、上石津ミサンザイ古墳が先行するとしても、先にも検討したように、上石津ミサンザイ古墳の設計原理が造山古墳に大きな影響を与えているとは考えにくい。それならば、造山古墳の墳丘規模を決定する主体を他に求めることは難しくなってくるのではないか。要請の主体は、被葬者を中心とする勢力と考えざるを得ないように思われる。しかし、古墳の築造にあたる技術者集団を、造山古墳の勢力が別個に持っていたとは考えにくい。造山古墳の設計原理が誉田御廟山古墳に継承されていくことを考慮すると、古市古墳群の勢力との関係のなかで古墳築造の技術者集団が編成されたと考えるのが自然であると思われる。

最後に、これまでの議論と多少重複するところもあるかもしれないが、墳丘大型化のプロセスを、設計を行った主体の意図を重視する形でまとめておきたいと思う。仲津山古墳から、上石津ミサンザイ古墳・造山古墳、誉田御廟山古墳、大仙古墳と、墳丘長を50歩単位で拡大していったのであるが、そこで求められたのは、墳丘長の拡大だけではなかった。墳丘長のほかに最も重要であったのは、後円部を高くすることであり、それと連動はするが、一定の独自性をもつ何らかの特別な意図にしたがって、前方部を高くすることであった。前期古墳では、後円部の高さに対して前方部は、かなり低いものが一般的であったが、この時期になると後円部をしのぐものはまだ登場しないものの、しだいに高さが接近することになる。どのような理由で前方部の拡大が求められたのかははっきりしないが、ほぼ一貫して少しずつ前方部の高さが増していくのは、そこに一気に高くすることを避けながら、絶えることがない高さを求める意図が働いていたものと思われる。

墳丘長の拡大の比率は、仲津山古墳から、上石津ミサンザイ古墳と造山古墳へは25%、そこから誉田御廟山古墳へは20%、誉田御廟山古墳から大仙古墳へは16.7%であり、前二者は比較的単純な比率であるが、それでも拡大にあたって設計原理の細部をその比率でそのまま拡大するという方法はとられなかった。各部分の数値に1.25や1.2を乗ずるとするのは当時の人びとにとって、不可能ではなかったかもしれないが、一般に用いられる方法ではなかったのであろう。さらに、そうした計算方法よりも制約が大きかったのは、後円部の高さを拡大することに伴う問題であった。後円部についてみると、同じ傾斜では法面が斜面の崩壊の危険性が大きくなるので、それを避けるために傾斜を緩くしなければならなかった。仲津山古墳と造山古墳は後円部において1:2.0の傾斜を採用したが、造山古墳においてはその傾斜は限界に近いものになっており、事実、前方部の側面では、いつ生じたのかはわからないが、崩落が発生している。上石津ミサンザイ古墳は、後円部の傾斜を1:2.2と緩くしているが、後円部の高さは仲津山古墳と変わらないままにとどめており、崩壊に対しては安全な設計原理となっている。

誉田御廟山古墳になると、後円部の傾斜を1:2.4とさらに緩くしながら後円部の高さを25歩というこれまでにないものとしているために、後円部の半径は90歩が必要となった。また、前方部中央交点から前端までの距離も90歩とされたので、後円部中心点から前方部中央交点までの距離を後円部の半径の1.5倍とするこれまでの方式を採用すると、墳丘長が315歩となってしまう要請された墳丘長を15歩上回ることになるので、後円部中心点から前方部中央交点までの距離を後円

部の半径の1.25倍にするという縮小方向での変更を行った。そうすると墳丘長は292.5歩となり、要請された墳丘長より7.5歩少なくなるが、その分を主軸方向に引き伸ばすという方法で解決を図っているのである。誉田御廟山古墳は、墳丘長の拡大と、後円部および前方部の拡大という3つの点において、すべて持てる力と技術を最大限に投入し、その実現をはかったものである。それに対して、大仙古墳の設計原理については、墳丘の残存状況が良好でないために正確な議論が難しいが、前方部を長くすることで墳丘長の拡大をはかったものの、後円部や前方部の拡大という点では、もはや壁に当たっているように感じられる。誉田御廟山古墳は、そういう意味で墳丘大型化の動きのピークにあったとみなすことができるであろう。

おわりに

以上の検討の結果をまとめると、次のようになるであろう。

- (1) それぞれの古墳の築造に際しては、既存の設計原理を適用するのではなく、そのたびに新たに設計原理が構想されていた。
- (2) 歩を長さの単位とし、直角三角形の底辺と高さの比で角度を決定して設計原理を組み立てていた。
- (3) 設計原理は二次元的なものではなく、三次元的な関係で記憶され継承されるものであった。
- (4) 0.5歩の倍数で段築のテラスの幅が決定され、それを長さの基本単位としていたが、基本単位の長さは後円部と前方部前面で異なるのが普通であった。
- (5) 設計原理のままでは要請された墳丘長に合わないことが多いため、実施設計において墳丘を主軸方向に引き伸ばすなどの一定の調整がなされていた。
- (6) 設計原理の継承には系統性が存在するが、その内容は複雑なものであって、二系列というようというような単純はあり方にはならないと思われる。

こうした設計原理の枠組みが明らかになってきたのであるが、今後の課題は大きい。本稿で取り上げたのは、設計原理の骨格の部分であって、くびれや造り出しなどの細部の設計原理や、周濠や周堤などについては検討が及んでいない。前方部側面のラインについては、後円部から前方部側面に屈曲する点の位置が、墳丘主軸からの規則的な距離で決定されているのではないかという可能性を考えているが、それを裏付ける資料はまだ十分ではない。また、仲津山古墳に先行する前期古墳や、誉田御廟山古墳以降の様相もまだあまり整理できていない。さらに、より小規模な古墳の設計原理や、前方後方墳、および各地域の様相の検討も今後の大きな課題である。より多くの古墳で三次元計測が実施されることにより、そうした課題が解き明かされていくことを期待したい。

謝辞

本研究はJSPS 科研費 JP20242021,JP15H03265 の助成を受けたものです。仲津山古墳、上石津ミサンザイ古墳、誉田御廟山古墳の設計原理の検討に際しましては、「百舌鳥・古市古墳群世界文化遺産登録推進本部会議」が作成している「百舌鳥・古市古墳群航空レーザ測量図の利用承認取扱要綱」に従って申請を行い、アジア航測株式会社から購入したデータを使用しています。堺市教育委

員会をはじめ関係のみなさまに厚くお礼申し上げます。

引用文献

- English Heritage 2011 *3D Laser Scanning for Heritage: Advice and guidance to users on laser scanning in archaeology and architecture.*
- 甘粕 健 1965 「前方後円墳の研究—その形態と尺度について—」『東京大学東洋文化研究所紀要』37, pp.1-110., 「前方後円墳の形態と尺度」として甘粕 2004 『前方後円墳の研究』同成社, 所収
- 石部正志・田中英夫・宮川 彦・堀田啓一 1979 「畿内大形前方後円墳の築造企画について」『古代学研究』89, pp.1-22.
- 上田宏範 1963 「前方後円墳における築造企画の展開」檀原考古学研究所編『近畿古文化論攷』吉川弘文館, pp.111-136.
- 大阪府立近つ飛鳥博物館編 2013 『歴史発掘おおさか 2012—大阪府発掘調査最新情報—』大阪府立近つ飛鳥博物館平成 24 年度冬季特別展図録
- 太田浩司・碓井照子 1994 「地理情報システムによる段夫山古墳の分析—ARC/INFO の TIN モデルと 3 次元可視化ツール・AVS を利用して—」『奈良大学情報処理センター年報』Vol.5, pp.45-59.
- 岸本直文 1992 「前方後円墳の築造企画の系列」『考古学研究』第 39 巻第 2 号, 考古学研究会, pp.45-63.
- 岸本直文 2002 「前方後円墳研究の課題」『市大日本史』第 5 号, pp.1-14.
- 岸本直文 2008 「前方後円墳の二系列と王権構造」『ヒストリア』第 208 号, 大阪歴史学会, pp.1-24.
- 西藤清秀 2013 「箸墓古墳・西殿塚古墳の墳丘の段構成について」『檀原考古学研究所論集』第 16, 八木書店, pp.41-51.
- 西藤清秀・藤井紀綱 2010 「新時代を迎えた大型古墳測量」『日本文化財科学会第 27 回大会』
- 白石太一郎 2001 『古墳とその時代』日本史リブレット 4, 山川出版社
- 新納 泉 1992 「巨大墳から巨石墳へ」『新版古代の日本』4, pp.115-132.
- 新納 泉 2011 「前方後円墳の設計原理試論」『考古学研究』第 58 巻第 1 号, pp.16-36.
- 新納 泉 2012 「作山古墳墳丘のレーザー計測」『岡山市造山古墳群の調査概報』科学研究費補助金基盤研究 (A) 研究成果報告書, 岡山大学大学院社会文化科学研究科, pp.67-71.
- 新納 泉 2015a 「履中天皇陵古墳と吉備の古墳」『巨大古墳あらわる～履中天皇陵古墳を考える』第 4 回百舌鳥古墳群講演会記録集, pp.107-131.
- 新納 泉 2015b 「誉田御廟山古墳の設計原理」一般社団法人日本考古学協会『日本考古学』第 39 号, pp.53-68.
- 新納 泉編 2008 『岡山市造山古墳測量調査概報』岡山大学大学院社会文化科学研究科
- 新納 泉編 2012 『岡山市造山古墳群の調査概報』岡山大学大学院社会文化科学研究科
- 新納 泉・寺村裕史 2006 「GPS を用いた墳丘デジタル測量—岡山県造山古墳を例に—」『日本考古学協会第 72 回総会研究発表要旨』pp.122-125.
- 沼澤 豊 2006 『前方後円墳と帆立貝古墳』雄山閣
- 沼澤 豊 2011 「古墳設計論の成果と展望」『東邦考古』第 35 号, pp.19-40.
- 宮川 彦 1984 「築造企画からみた前方後円墳の群集的構成の検討—巨大古墳の出現とその背景—」『檀原考古学研究所論集』第 6, 吉川弘文館, pp.187-255.
- 若狭 徹 2015 『東国から読み解く古墳時代』吉川弘文館
- 和田晴吾 1981 「向日市五塚原古墳の測量調査より」小野山節編『王陵の比較研究』, pp.49-63.

図表出典

- 図 1 : 上田 1963 を改変
- 図 2 : 大阪府立近つ飛鳥博物館編 2013 をベースに筆者作図
- 図 3 : 新納 2015a をベースに筆者作図
- 図 4 : 新納編 2008 をベースに筆者作図
- 図 5 : 大阪府立近つ飛鳥博物館編 2013 をベースに筆者作図
- 図 6 : 新納 2015b

図7：筆者作図

図8：筆者作図

図9左：白石 2001，同右：筆者作図

図10上：上田 1963 を一部改変，同下：岸本 2008

表1～表5：筆者作成

(岡山大学大学院社会文化科学研究科，国立歴史民俗博物館共同研究員)

(2017年3月23日受付，2017年7月31日審査終了)

Construction Design of the Keyhole-shaped Burial Mounds and the Process of Increase in their Size

NIIRO Izumi

The use of new technologies such as laser metrology has enabled us to reconstruct the detailed three-dimensional shape of keyhole-shaped burial mounds. Drawing on the data, this article elucidates the standard designs of huge keyhole tombs and classifies them by lineage.

The analysis of standard designs of tombs and their mutual relationships mainly focuses on the following four tumuli that were recently laser-scanned: Nakatsuyama Tumulus (Tomb of Empress Nakatsuhime) in Fujiidera City, Ōsaka Prefecture; Kamiishizu Misanzai Tumulus (Tomb of Emperor Richū) in Sakai City, Ōsaka Prefecture; Tsukuriyama Tumulus in Okayama City; and Kondagobyōyama Tumulus (Tomb of Emperor Ōjin) in Habikino City, Ōsaka Prefecture. Their standard designs are examined in detail, mainly by comparing computer-modeled images and survey maps.

In order to determine which unit of measurement was used for standard designs, we measure the length between the center of the round rear portion and the point P where the vertical axis of the tomb is intersected by the ridge lines connecting the corners of the steps in the quadrangular front portion. This is the most reliable method because the locations of these points can be determined with a minimum discrepancy. Moreover, when the edge of the burial mound is ambiguous, the radius of the round rear portion can be easily estimated from the length between the two points, which is often 1.5 times longer than the radius of the round portion.

Using the above-mentioned method, this study reveals the following five facts: (1) the unit of measurement for length is *bu*, and the angle was determined by the ratio of the base to the height of a right-angled triangle; (2) the widths of the stepped terraces were determined in multiples of 0.5 *bu*, which were the basic unit of measurement, although it usually varied between the quadrangular front and round rear portions; (3) because standard designs hardly met the requirements of those who placed the order, modifications were added in the actual designing process (e.g. extending the length of the burial mound); (4) each tumulus was built based on a new standard design, rather than existing ones; and (5) standard designs were passed down within the same lineage though they grew in complexity.

Key words: Keyhole-shaped burial mound, standard design, laser metrology, linear measure
