

前方後円墳の設計理念と使用尺度*

須股孝信**、坪井基展***

The technique for the Design of Keyhole-shaped burial mound*

by T. Sumata** and M. Tuboi ***

要 旨

巨大な前方後円墳は3世紀の古代日本に突如として建造された。これらの古墳がどのような人達によって、どのような技術内容と思想・理念を背景に設計されたのか、未だ明らかにされていない。本稿は18の古墳を検討の対象に選び、設計者が図面に最初に描く古墳天端の平面形状から、設計の理念・使用尺度について検討、考察した。

1. はじめに

3～5世紀に築造された巨大な前方後円墳は、日本土木史上最古の盛土建造物である。近年、古墳の土質工学的調査によって、盛土材の性質、施工技術が解明されつつある¹⁾。しかし、巨大古墳の多くは宮内庁管理下であって、兆域内の調査は限られ、多くは未知の状態に置かれている。前方後円墳の築造企画、使用尺度に関しては、古墳の等高線図を用いた歴史学、考古学、数理統計学分野の方々による型式学的研究があるが²⁾、技術面からみた設計手法、理念、使用尺度の研究例は皆無である。

2. 検討・考察の基本方針

古墳設計理念の検討・考察では、①. 設計者が古墳の何処に重点を置き、どのような手法・手順で設計を進めたかの把握、②. 設計図に記入された施工寸法を知る、の2点が重要と考えられる。前方後円墳は築後1700～1300年を経ており、現状の等高線は施工誤差以外に長年の間に生じた変形が入っている。

そのため現状の立体形状から計測される寸法を、そのまま使用するのは適切ではない。検討・考察は、古墳形状からみた盛土構造物としての設計手順を踏み、設計に際して特段の制約がない限り遵守すべき約束ごと、遵守したと考えられる事項を配慮のうえ、現状等高線から原設計の形状を想定し、想定図から求められる形状と諸元の寸法を使用する。

検討の対象は選地決定後の古墳本体だけに着目し、等高線が比較的明瞭な墳墓と著名古墳を『古墳の航空大観』³⁾『日本の古墳』⁴⁾から選定して使用する。古墳の名称は資料に用いられている名称によった。

3. 原設計形状の想定

3.1 立体形状の特徴からみた設計手法と手順

前方後円墳形状の特徴は、天端と墳裾の平面形が異なる巨大盛土構造にある。高さ方向の平面形状が相似でない盛土構造は、天端の形状決定から設計を進めざるを得ず、設計に着手するには、天端から下方の形をどのようにするか、築後の変形が小さく、図面とおりの施工ができるか否かを見極めねばならない。

(1) 細部の特徴

* Keywords : 前方後円墳、古代土木設計の理念、尺度

** 正会員 (株)建設技術研究所大阪支社 (〒540 大阪市中央区大手前1-2-15)

*** 正会員 (株)建設技術研究所 (〒103 東京都中央区日本橋本町4-9-11)

- i. 法面勾配：盛土法面は後円部と前方部の側面を同じ勾配に、前方部の前面は側面より若干緩い勾配で設計されている。
- ii. 前方部と後円部の境界：境界にはアールが挿入されている。これは断面の急変による構造的な弱点補強を意図したものと考えられる。多くの古墳では単一の同心円のアールを用い、同心円の中心点を小段上に置いている。これより次の事項が想定される。
 - ①. 後円部と前方部は別々に施工されたものではなく、同時に施工された構造である⁵⁾。
 - ②. 法面に設けられた小段は基壇天端の一部であり、基壇築成から上部盛土着手には「圧密沈下待ち、あるいは排水施工」のための時間のズレがあった可能性を示唆している。
- iii. 基壇天端の傾斜：基壇天端には括れ部に向かって下りの傾斜があるものと無いものが見られる。傾斜は5世紀以降の築造と思われる古墳に多く見られ、勾配は約1/50で基壇の端から括れ部までの高低差は2～3mである。高低差の大きさからは不等沈下とは考えにくく、排水路敷設を意図したものと想定される。
- iv. 基壇の法肩と基壇上の盛土法面傾斜方向：基壇法肩線と基壇上の盛土法尻線は並行であるが、法尻線と盛土の法面傾斜は直角ではない。これは盛土施工において、丁張りを法尻線に直角にとらず、基壇の傾斜を考慮した丁張りによって法面を定めたことを示し、次の事項が明らかである。（図・3-2 参照）
 - ①. 基壇法肩の位置は、法尻から必要な小段巾をとって決定された。
 - ②. 設計段階では基壇天端高と法尻位置の計算が、施工段階では基壇天端高の水準測量が実施された。

(2) 設計の手法と手順

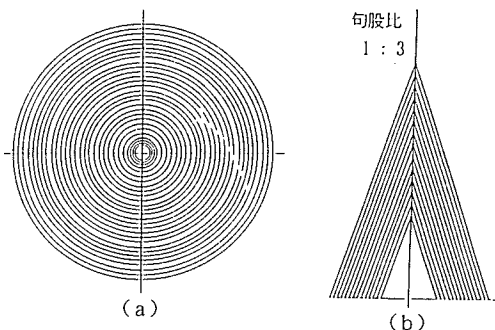
- i. 設計・施工の遵守事項：施工を確実かつ容易にするための知恵は、古代も現代も変わらないと考えられる。以下、古墳の原設計図の想定に際し考慮した基本事項を示す。
 - ①. 設計図には縮尺があり、図面には施工寸法が記入された。
 - ②. 図面に記入する長さの原単位は分、寸、尺で、施工の尺度単位も設計と同じく尺、歩、丈、里が使用された⁶⁾。
 - ③. 設計・施工とも角度の使用は考えられない。角度に替えて三角形の勾股の比が使用され、比の数値は2～3桁までを、有効数字として使用された。
 - ④. 法面の傾斜は勾＝1に対する股の値で示す丁張りをを用い、一つの傾斜面の法勾配は原則として横方向とも同じ勾配が使用された。
- ii. 設計の手順：図面作成の前作業として、設計者は古墳完成時の形状と構造を矛盾のないように脳裏で組立て、図上設計に着手した筈である。設計者の立場からみた図面作成の手順は以下のように推定される。
 - ①. 後円部の高さや法勾配、括れ部の高さ、基壇の高さを決定し、完成時墳丘の総延長の概略寸法を考慮して、天端の前方部先端を基準とする基線（＝設計上の基準線）を図上に引く。
 - ②. 基線に直交する長軸線を引き、後円部天端の円径を定め、線上に中心点を落とし円を描く。
 - ③. 括れ部の天端高と同じ高さの円径を求め、後円部に円を描く。
 - ④. 前方部先端を基線上に取って高さを定め、その高さと括れ部の高さとの差から、基線上に勾の点を落とし、括れ部天端の概略予定巾を勘案して、前方部三角形の基本形状「勾股比」を定める。
 - ⑤. 括れ部天端を高さを基準として描かれる後円部の円形と、前方部の三角形を重ねた形状を前方後円墳の基本形状とし、基壇天端の傾斜を考慮して、各基壇の平面形状、墳裾の平面形状を定める。
 - ⑥. 墳丘の基壇および墳裾の長軸上の位置と延長は、施工しやすい歩の完数になるように、前方部前面の法勾配と小段巾で調整し、施工時の基線は基底部（＝最下基壇天端）の前方部先端とする。

3.2 原設計形状の想定方法

古墳の等高線図は変形が大きいので、次の方法で後円部中心点、前方部の勾股比、長軸線を定めた。

- i. 図・3-1(a)および(b)に示す同心円図と勾股比別の三角形を描いた OHP紙を作り、それを等高線図に重ね、線分の方角との整合がよい位置から、後円部中心点および勾股比と長軸線位置を決定した。

- ii. 法勾配は後円部法面の等高線間隔が比較的揃った場所を選び、計算で求められる数値の小数点以下2桁めを四捨五入して決定した。
- iii. 後円部天端の円形は法勾配が急変する位置で定め、基本形状の半径は、天端円形の高度と、括れ部天端高の差と法勾配から求められる値に、天端円形の半径を加えて決定した。
- iv. 前方部天端の先端巾とその位置および長軸線の基線上通過位置は、前方部前面の法勾配が急変する位置で基線の位置を、法面の左右にできる稜線と基線の交点で先端巾を、左右稜線の延長線が交わる点と先端巾の中央位置の両者から長軸線位置を定めた。
- v. 括れ部高の等高線が通る基線上の位置は、前方部天端の先端高と括れ部高の差と法勾配から求められる値を、天端先端巾の端に加えて決定した。



図・3.1 形状想定に用いた資料

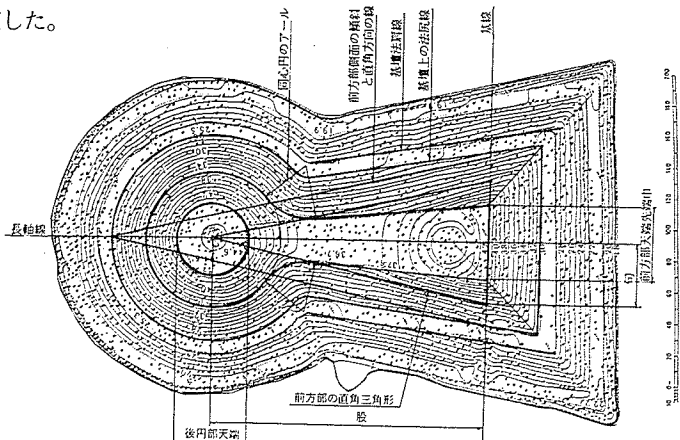
3.3 原設計想定図と諸元の説明

以上の方法で18基の古墳の原設計図を作成し、等高線が明瞭な履中陵を選び主要諸元の説明を図・3.2に示した。

3.4 想定図の主要諸元計測値

各古墳の原設計想定図を作成し、著名古墳と等高線が明瞭な古墳を選び図・3.2～図・3.14に示した。

また想定図による主要諸元の計測寸法を表・3.1に示した。



図・3.2 履中陵と原設計形状想定図の諸元説明図

表・3.1 古墳別主要諸元の記号と計測値表

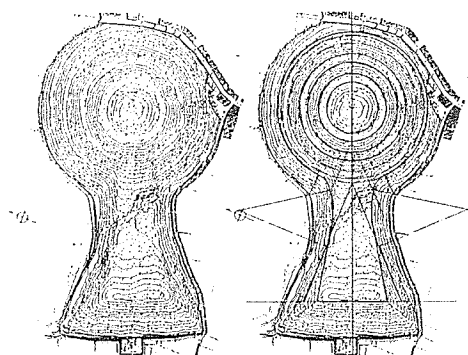
単位: m E.L.: 等高線図による地盤高 (m)

古墳の名称	法勾配	後円部 (径)		前方部 (巾)		長軸方向の長さ		天端法面高 (E.L.)			括れ部天端 (E.L.) 等高線の三角形			基壇天端高			
	1:n	R ₀	R ₁	B ₀	B ₁	L ₀	L ₁	H ₀₀	H ₀₁	H ₀₂	勾	股	L ₀	B ₀	H ₀₃	H ₀₄	
青森古墳	1:2.0	45	133	61	85	193	237	98	81	87	42.5	104	75	35	不明	不明	
常陸古墳	1:2.2	42	117	44	44	164	202	129	110	110	22.0	122	65	21	不明	不明	
直仁古墳	1:2.0	38	74	42	54	150	168	92	83	86	27.0	122	83	17	81	81	
日置酸ヶ谷古墳	1:2.3	34	96	21	21	123	139	102	95	95	10.5	105	60	9	101	101	
景行古墳	1:2.0	42	111	41	41	187	221	126	113	113	20.5	246	102	24	107	107	
成那古墳	1:2.5	28	68	35	35	114	134	102	94	94	17.5	88	48	16	89	89	
仲原古墳	1:2.5	28	63	22	42	119	137	53	46	50	21.0	84	56	14	不明	不明	
神功古墳	1:2.1	44	82	40	40	165	184	115	106	106	20.0	100	74	10	不明	不明	
応神古墳	1:2.4	53	96	58	92	210	232	58	49	57	46.0	184	110	35	38	40	
神山山古墳	1:2.5	31	71	43	63	159	179	50	42	46	31.5	127	93	12	38	40	
仁徳古墳	1:2.5	74	134	73	118	295	325	50	38	47	59.0	236	160	49	31	33	
磐之坂古墳	1:2.5	40	60	50	60	130	140	90	86	88	30.0	120	69	26	80	82	
堀中古墳	1:2.5	47	87	48	78	200	220	44	36	42	39.0	176	112	31	26	29	
反正古墳	1:1.9	20	34	25	41	84	91	27.5	21	28	20.5	51	43	7	20	22	
允彦古墳	1:1.9	29	52	21	51	120	131	44	38	46	25.5	81	55	16	32	35	
龍体古墳	1:2.2	37	63	36	62	126	139	49	43	47.5	31.0	124	69	28	38	39	
白鳥古墳	1:1.9	29	44	33	56	108	115	53	49	55	28.0	70	54	13	43	45	
土師古墳	1:2.9	40	64	34	69	158	170	46	40	48.5	34.5	105	83	15	32	33	

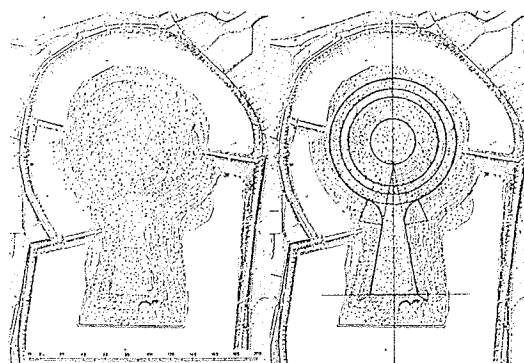
記 号 説 明 図

勾 = $B_0/2 + (H_{00} - H_{01}) \cdot n \times (\text{勾/股})$
 $\approx B_0/2 + (H_{00} - H_{01}) \cdot n = B_1/2$

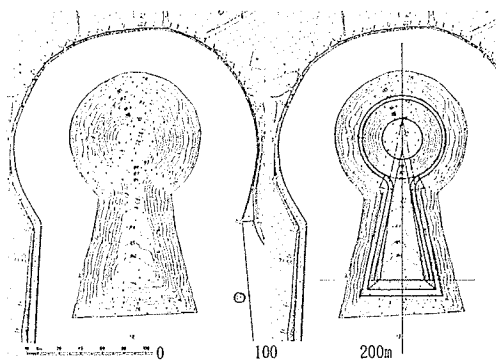
1. H₀₀は前方部と後円部の境界地点。H₀₁は前方部天端先端の位置の基準高さE.L.を示す。
 2. 堀は前方部の盛土勾配は1:1.3mから下は1:2.2土は約1:2.9で盛土工されたと推定される。



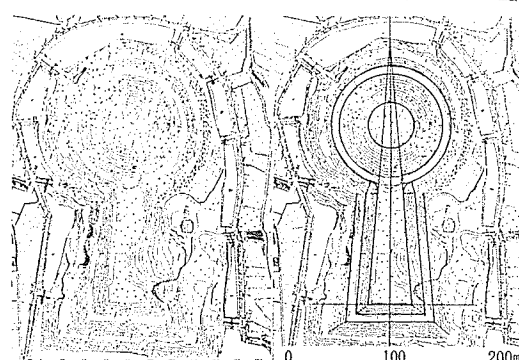
図・3.3 箸墓古墳と原設計形状想定図 0 100



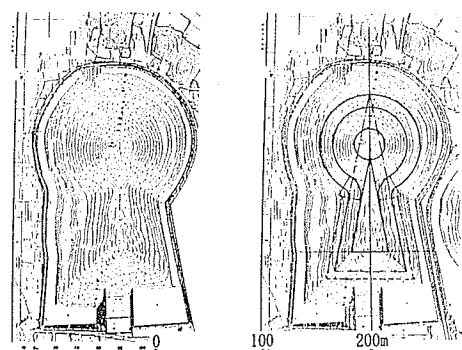
図・3.4 崇神陵と原設計形状想定図 0 100 200m



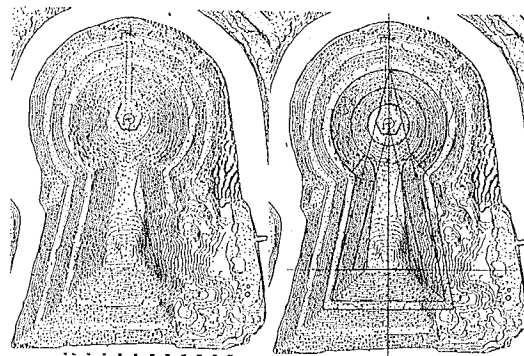
図・3.5 垂仁陵と原設計形状想定図 0 100 200m



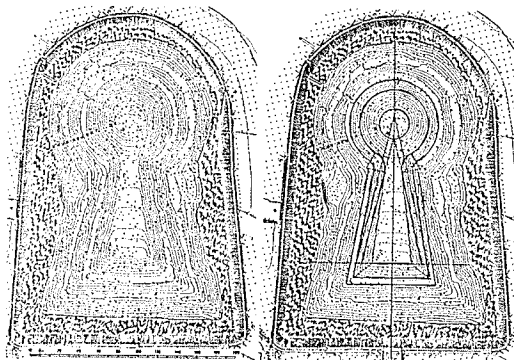
図・3.6 景行陵と原設計形状想定図 0 100 200m



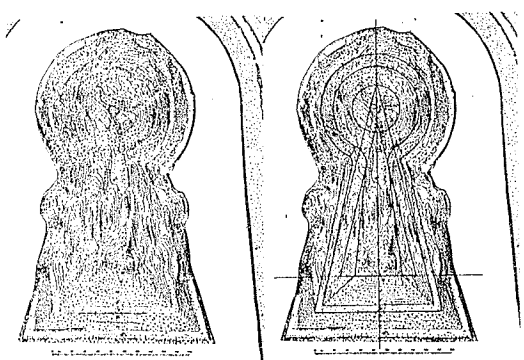
図・3.7 成務陵と原設計形状想定図 0 100 200m



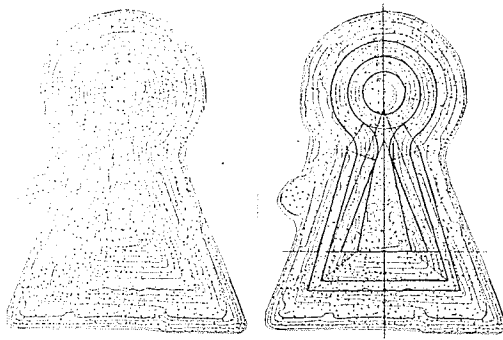
図・3.8 応神陵と原設計形状想定図 0 100 200m



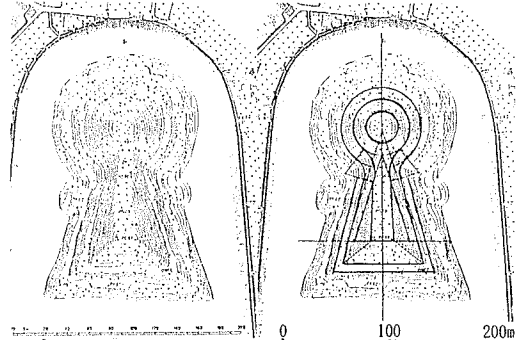
図・3.9 仲津山陵と原設計形状想定図 0 100



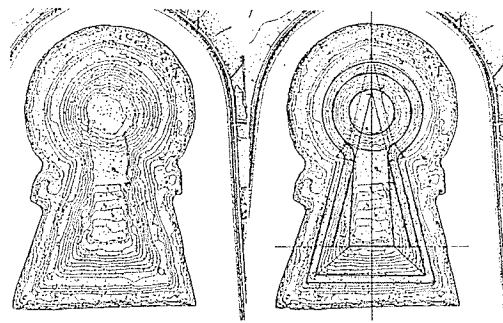
図・3.10 仁徳陵と原設計形状想定図 0 100 200m



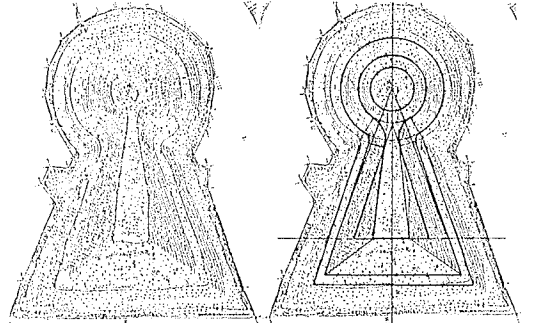
図・3.11 反正陵と原設計形状想定図 0 50



図・3.12 允恭陵と原設計形状想定図



図・3.13 継体陵と原設計形状想定図 0 100



図・3.14 土師古墳と原設計形状想定図 0 100 200m

4. 主要諸元の数値比に見られる古墳の特徴

4.1 想定図による諸元計測の誤差

古墳の等高線図は縮尺1/2000（他の縮尺が数基ある）による1mまたは2mコンターで描かれ、等高線には乱れがあるため形状の想定には誤差を免れない。後円部の天端高50cmの想定誤差は、法勾配1:2.5の場合で天端下方の円径は2.5mの誤差となる。また1/2000図上で0.5mmの誤差は実長1mの誤差となる。

したがって表・3.1の計測値には誤差を考慮する必要がある。想定図を作成した実感から、後円部の円径（表の R_0 、 R_1 ）には±2mの誤差を、前方部の先端巾（表の B_0 、 B_1 ）には±3mの誤差を見込み、長軸方向は寸法が大きいため誤差率は小さいと考え、計測値をそのまま使用して図・4.1、図・4.2を作成した。

4.2 主要諸元の数値比

古墳の天端形状と基本形状の両者について、特徴を表しやすい数値比を図化した。検討の対象古墳は僅か18基であるが、前方後円墳築造の初期以降の巨大古墳が主体であり、巨大前方後円墳の特徴として、図よりおおよそ次のことが言えるであろう。

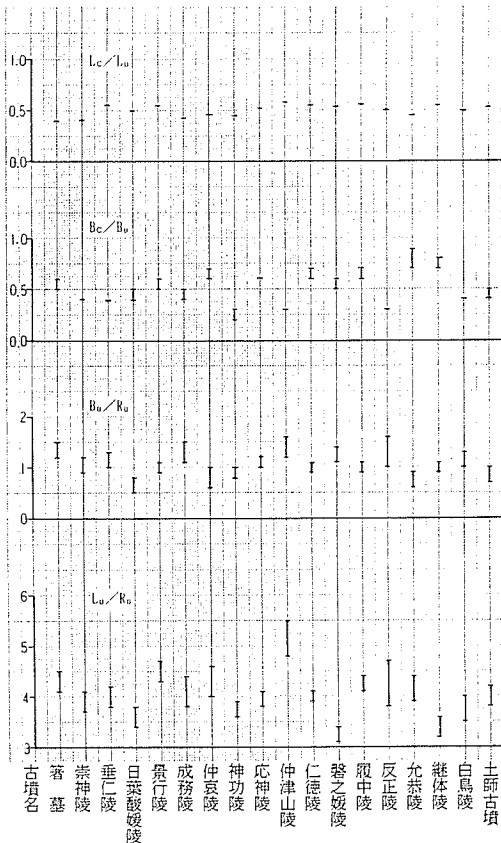
(1) 古墳天端の形状について：図・4.1より

- ①. 長軸方向の長さは、後円部円直径の約4倍で設計された古墳が多い。
- ②. 前方部先端巾は、後円部円直径とはほぼ等しく設計された古墳が多い。
- ③. 括れ部巾と前方部先端巾の比にはバラツキが見られるが、0.5付近が多く見られる。
- ④. 括れ部の位置は長軸方向天端の中央付近である。

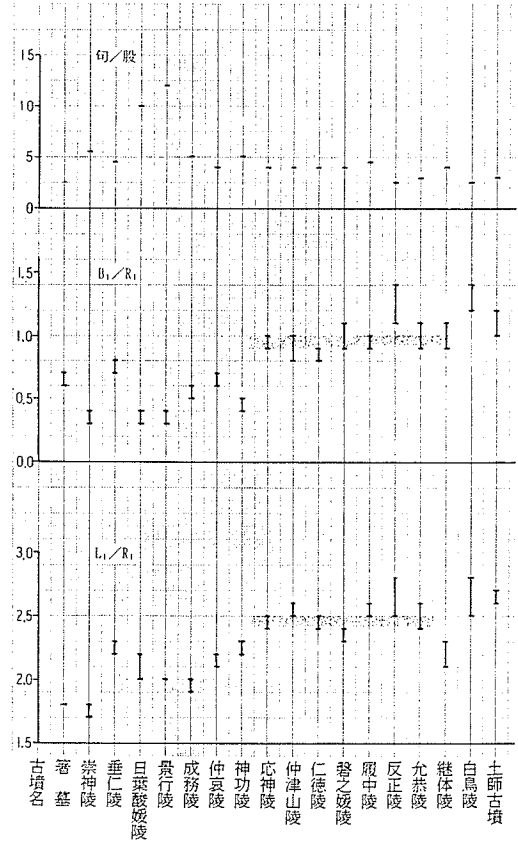
(2) 基本形状について：図・4.2より

- ①. 応神陵に治定されている古墳を境に、先代の陵と後代の陵（継体陵を除く）には、長軸方向の長さとは後円部円直径の比に変化が見られ、応神陵以降は約2.5の場合が多く、先代の陵は値が小さい。
- ②. 同様に前方部巾と後円部円直径の比にも変化が見られ、応神陵以降は円径に比し前方部巾が大きい。

- ③. 前方部の形を作る三角形の開き度の逆数「句股比」は、崇神、日葉酸媛、景行陵は値が大きく、箸墓古墳、反正、白鳥陵は値が小さい。多くの場合「句股比」は1：4である。



図・4.1 天端平面形状に特有の計測値比



図・4.2 基本形状に特有の計測値比

5. 設計の理念に関する考察

5.1 幾何学と前方後円墳の設計者

古墳立体形状の細部の特徴から、設計には予想以上の幾何学的知識と緻密な計算が駆使されていることが明らかになった。

洋の東西を問わず、幾何学は天文⇒数学⇒測量⇒幾何の順序で発展する。古代中国では農業と直接緊密の関係にある天文暦術と数学が発展し、田畑の測定・土木事業の必要性から測量学が発達した。それらは周から後漢にかけて『周髀算経』『九章算術』として大成し、九章算術は数学・測量等の実用的諸問題が網羅されている。しかし実用性に乏しい数学のための数学を発展させる条件を欠いていたこと、古典重視の官吏登用策等によって、古代中国の高度な数学⁷⁾は次第に中央から忘れ去られた。

自国で発展した数学が没落した16世紀、天文、暦術、測量の必要から、徐光啓はイタリア人宣教師・科学者マテオ・リッチからユークリッド幾何学を学び、『幾何原本』(1607)を刊行した。このとき幾何学(geometry)の geo(土地)に中国南部の発音チオ(幾何)の文字をあてたのが、幾何学名称の始めである^{8) 9)}。

現状では天文・数学・測量・幾何の発展過程を古代の日本に求めることは困難である。巨大前方後円墳が築造された3～5世紀は中国における数学・測量の隆盛期であること、前方後円墳が兆候もなく突如として

古代の日本に出現したこと、の両者から想定すれば、測量・幾何学の素養ある中国、朝鮮半島からの渡来技術者によって前方後円墳は設計された、と考えるのが至当であろう。

5.2 古代中国における天円地方と陰陽思想の観念

『周髀算経』の「句股の法と矩を用いるの道」に記す周公と商公の問答には、「正方形は地に、円は天に特徴的のもので、正方形に基づいて円の形が導き出せる」とし、「数を取り扱う術は、円と方からでてくるもの」としてしている。¹⁰⁾ これより天円地方に関する数術の基本形は、方円図あるいは円方図であることが分かる。

前漢以前では円周率 π は3とされたから、方円図の円直径を1とした場合、円の周長は3、方の周長は4となり、方円図は同時に句股の比が3:4の直角三角形にも対応させた。陰陽思想において天と地、円と方、3と4、奇数と偶数を陽と陰に対応させる考え方は春秋の頃には存在し^{11) 12)}、この陰陽思想は古代中国文化の中核であり、思想・学術など総てにとり入れられた。

その配慮のしかたを以下の事例に示す。

- i. 新嘉量：新王莽のとき劉歆が作ったとされる秤の標準器・嘉量は、斛・斗・升・合・龠の5種の大きさの秤を一体に組合せている。『漢書』律歴志には嘉量の作り方と形状の説明を次のように記す。

「その法、銅を用い、法尺にして其の外を円にし、旁に庌有り。その外は斛と為し、その下は斗と為し、左耳は升と為し、右耳は合・龠と為す。其の状、爵に似、以て爵禄を縻す。上三下二は、參天兩地なり。円にして方を函れ、左一右二は、陰陽の象なり。」¹³⁾

この説明は嘉量が天円地方・陰陽思想に則った形状であり、製作の理念として両観念が配慮されていることの説明である。

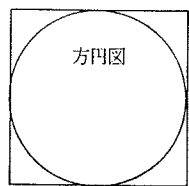
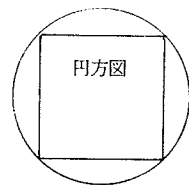
- ii. 木主（位牌）：『後漢書』による「高祖崩三日小斂室中牖下作栗木主長八寸前方後圓圍一尺……」¹⁴⁾より、関野雄は木主を図・5.3のように復原している¹⁵⁾。

後漢書に記す寸法と字句および図・5.3より、次のような解釈が可能である。すなわち、長八寸は『周礼』考工記の「人長八尺」によるもの。前方後円の文字は天円地方と陰陽の両観念を配慮したことを示し、同時に人の形を模した木主の形状が陰陽の象であることの説明。圍一尺は後円の径と前方の方の比を陰陽の数値3:4と考えれば、長八寸であるから3.4寸:4.6寸、円周は直径の3倍であるから3.4寸 $\times$ 3 $\approx$ 1尺とした。

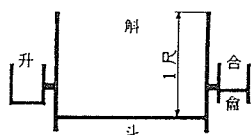
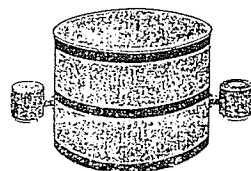
一方、後漢の頃の円周率 $\pi = \sqrt{10}$ を用いて圍一尺の径を求めれば、3.16となり、この径と長八寸の比は3.16/8 $\approx$ 0.4である。

- iii. 前漢の明堂：明堂とは漢代では古代の夏・殷・周王朝の帝王が典礼を行う殿堂で、漢の明堂は上円、下方、九宮十二堂、四方に向って五つの室があったとされる¹⁶⁾。

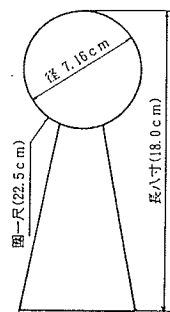
- iv. 鏡：新王莽の時代に作られた方格規矩鏡は、中央に円形の盛り上がり鈕があり、その外を方にした所謂方円図の模様である。この種の鏡の銘文には「陰陽に順ずる」との語が頻見される¹⁷⁾と言われ、天円地方と陰陽思想の両観念が配慮されていることは、新嘉量の製作理念と同じである。



図・5.1 方円図と円方図



図・5.2 新莽嘉量原器



図・5.3 木主の復原図



図・5.4 方格規矩鏡（倭製）

5.3 古墳の形状からみた設計の理念

(1) 天端形状から予想される設計の理念

図・4.1によれば、天端長は後円部天端円径の約4倍が多い。いま天端円径を1とすれば、陰陽思想の觀念より周長は3であるから天端円径と天端長の比1:4は3:4と置き換えられる。これは方円図の円と方の周長比を示し、天円地方と陰陽思想の兩觀念をとり入れたものと想定される。

しかし天端円径と天端長の比には3から5までの開きがある。天端円形の位置を定める場合、基線から円直径の4倍の位置に円の端を置くか中心点を置くかによって、1:4、1:4.5、1:5になるケースがあり、設計者によって異なることが考えられる。

(2) 基本形状からみた設計の理念

図・4.2によれば、長軸方向の長さとは後円部円径の比(L_1/R_1)は応神陵を境に、以降大きくなり約2.5(0.40の逆数)の場合が多く見られる。この数値は木主の前方後円の比と同じである。この一致が偶然か否かを知ることは困難であるが、応神から允恭陵までは第15代から第19代の陵に治定されていること、約半世紀の間の築造と考えられることから、同じ理念で設計されたと予想され、木主の形状との一致はあり得る。

この時期は馬具、金銅製の装身具、鉄製の武器や武具、生産用具、陶質土器など、それまでに見られなかった文物・技術が朝鮮半島から入ってくる。これらの社会情勢の変化から推量すれば、応神天皇の頃、新知識が導入され、全く異なる渡来技術者をリーダーとする設計陣によって、古墳の基本形状に変化がもたらされたと考えられる。

(3) 形状の選定について

前項までの考察と下記に示す推論と事実を総合して考えれば、前方部と後円部の境に意図的に括れ部を設け、人の形を模した天端または基本形状にしたと想定される。

- ①. 天端の平面形状は天円地方と陰陽思想の兩觀念がとり入れられている。しかし兩觀念だけでは現実に見られる形、円と三角形を重ねた形状を採択する必然性は考えにくい。
- ②. 前方後円墳の被葬者は全葬形式である。この形式から予想される死霊復活もしくは永生思想と、「万物は3から生じる」とする中国古代の兩觀念によって、天端形状を定める場合を考えれば、天端を円形にすることで目的は達成されるであろう。
- ③. 天円地方と陰陽思想の觀念を表現するには、上円下方墳にするのが最も分かりやすい。もし莊嚴さ、権力の誇示を付加するのであれば、墳墓を巨大化することも考えられる。現実に巨大前方後円墳の脇に同じ形の陪塚が築かれている例からも予想しうることである。
- ④. 初期に築造された崇神陵、景行陵の前方部の天端は、先端付近が僅かに高いが水平にちかい。時代を経るにつれて前方部先端が高くなり、天端の縦断形は二山形状となる。これは古墳の縦断形を二山にすることに形状選定本来の主目的があるのではなく、趣向によって変化した可能性を示唆している。
- ⑤. しかし前方部天端が水平にちかい場合でも、前方部は後円部より高さが低く、前方部巾はその高さの後円部円直径より小さい。これより形状選定の目的は、後円部と前方部の界に意図して括れを設けたと考えざるを得ない。
- ⑥. 設計技術面からみた場合、括れ部の高さを前方部先端より低くし、同時に括れ部の巾を前方部先端巾より狭くしようとすれば、前方部盛土の平面形状は三角形にせざるを得ない。
- ⑦. 古墳の立体形状からみた平面基本形状は、応神陵古墳から画期的な変化が見られ、『後漢書』の記事による木主の前方と後円の長さの比と同じ場合が出現する。この一致が偶然であるにせよ前方後円墳の性格から予想すれば、形状選定に関わる意見・発想が御霊代に相応しい木主の形に帰着することは十分に考えられる。

5.4 設計理念のまとめ

前方後円墳設計の理念には、中国古代の社会思想である天円地方と陰陽思想の兩觀念と、葬送儀礼の慣習

の両者が配慮されたと想定される。配慮のされ方には全古墳とも基本的な違いはないが、古墳の形状には設計者の裁量による違いと思われる差がある。とくに応神陵を契機として前方部と後円部の比率に画期的な変化が見られ、従前とは全く異なる渡来技術者によって設計されたと考えられる。

6. 使用尺度の検討

6.1 検討の方法

図・3.2～図・3.14に示した原設計図、ならびに図・4.1～図4.2から見た古墳諸元の特徴によって、表・6.1のように分類し、次の方針で検討する。

- ①. 3～5世紀の1尺は20～30cmの範囲にあったと想定される。したがって尺度の10倍程度の誤差が予想される諸元計測値から使用尺度を見出すには、何らかの条件を設定する必要がある。
- ②. 等高線が比較的明瞭な古墳の「天端の円径」と「基線から天端の円中心点までの距離」の両者を重視して、古墳の諸元計測値の相対比較から推定される「確からしい尺度」を真値と仮定し、仮定値と常識的な歩数から求められる計算値が、天端円直径の計測値との差±1.5m以内、基線から円中心点までの計測値との差±2.5m以内であれば、仮定値を真値と見做す。
- ③. 常識的な歩数とは「物以三生」¹⁸⁾とする中国古代の思想より、30歩を基本に3の倍数で増減する数値もしくは10歩単位で増減する数値とする。

6.2 使用尺度の想定結果

想定結果を表・6.1に示す。天端形状の諸元数値によれば、天端の円径を1とした場合の天端長は表の右欄に示すA～Dのパターンに分類できる。表中分類Ⅰの箸墓古墳は他の古墳の形状決定パターンに属さないため、事項において尺度検討の考え方と使用尺度想定方法を示す。

表・6.1 使用尺度の想定結果

分類	古墳の名称	パターン 分類	確からしい尺度 歩(=6尺)m	後円部天端円径 R ₀			基線～円中心距離 L ₀ =R ₀ /2			想定使用尺度		備考	パターンの分類図
				計測値 m	想定値	誤差 m	計測値 m	想定値	誤差 m	歩 (m)	尺(cm)		
I	箸墓古墳	分類外	1.386	不明	—	—	170.5	123歩	±0.0	1.386	23.1	図・ を参照	
II	崇神陵古墳	A	1.383	42	30歩	+0.5	143.0	105歩	-2.2	1.383	23.1	等高線明瞭	
	垂仁陵古墳	A	1.383	38	27歩	+0.7	131.0	94.5歩	-0.3	1.383	23.1		
	日葉飯媛陵古墳	D ₁	1.383	34	24歩	+0.8	106.0	78歩	-1.9	1.383	23.1		
	景行陵古墳	B	1.383 算定古墳	42	30歩	+0.5	166.0	120歩	+0.0	1.383	23.1	等高線明瞭	
	成務陵古墳	A	1.383	28	21歩	+1.0	100.0	73.5歩	-1.7	1.383	23.1		
	仲哀陵古墳	A	1.383	28	21歩	+1.0	105.0	73.5歩	+3.3	1.383	23.1	基線の誤差可能性大	
	神功陵古墳	A	1.383	44	30歩	+2.5	143.0	105歩	-2.2	1.383	23.1	2m等高線、誤差大	
III	応神陵古墳	A	1.766 算定古墳	53	30歩	+0.0	183.5	105歩	-1.9	1.766	29.4	等高線に1mの誤差有	
	仲津山陵古墳	C	1.766 算定古墳	31	18歩	-0.8	143.5	81歩	+0.5	1.766	29.4	等高線明瞭	
	仁徳陵古墳	A	1.766	74	42歩	-0.2	258.0	147歩	-1.6	1.766	29.4		
	磐之坂陵古墳	D ₁	1.440 算定古墳	40	27歩	+1.1	110.0	76.5歩	-0.2	1.440	24.0		
	蔵中陵古墳	D ₂	1.766 算定古墳	47	27歩	-0.7	176.5	100歩	-0.1	1.766	29.4	等高線明瞭	
	反正陵古墳	A	1.766	20	12歩	-1.2	74.0	42歩	+0.2	1.766	29.4		
	允恭陵古墳	D ₂	1.407 算定古墳	29	21歩	-0.5	105.5	75歩	-0.0	1.407	23.5	等高線明瞭	
	継体陵古墳	D ₁	1.762 算定古墳	37	21歩	-0.0	107.5	61.5歩	-0.9	1.762	29.4		
IV	白鳥陵古墳	D ₁	1.385 算定古墳	29	21歩	-0.1	93.5	67.5歩	+0.0	1.385	23.1		
	土師古墳	A	1.460 算定古墳	40	27歩	+0.6	138.0	94.5歩	+0.0	1.460	24.3	等高線明瞭	

古墳全体の形状からみて設計・施工とも優れた技術を有していたことが窺える。天端形状とその諸元寸法は他の古墳と異なり、後円部に平坦な天端円形をとくに意識したように思われない。検討は図・3.3を参考に基本形状から考察する。

-
- (A)
- (B)

すなわち前方部長は仮想円直径の2.5倍、75歩である。

- #### 6.4 使用尺度想定結果の考察

この使用尺度のうち23.1cmは、表・6.1に示す等高線明瞭な景行陵によって「確からしい尺度」を求め、

他の古墳は「確からしい尺度」による想定値と、計測値との差が許容誤差（約2%）以内のとき、使用尺度を23.1cmとしている。したがって23.1cmの値には、古墳により±2%程度の差があると見做さなければならない。

(1) 使用尺度について

- ①. 23.1cmの尺度：『中国度量衡史』によれば、中国の尺には「法定尺」「木工尺」「衣工尺」の3系統があるとしている¹⁹⁾。「法定尺」は歴代王朝が律用尺として制定する尺で、漢尺は図・5.2に示す新莽嘉量の斛升の深さ23.09cmと同じとされている。したがって、前方後円墳の設計・施工に用いられた尺度23.1cmは漢法定尺である。
- ②. 23.5～24.3cmの尺度：漢法定尺は時を経るにしたがい伸長する。九章算術の劉徽「註」（263年）によれば、今尺は24.2cmと記している。古墳の形状から想定した23.5～24.3cmの使用尺度は、漢法定尺の伸長過程の尺と想定される。
- ③. 29.4cmの尺度：度量衡史にいう「木工尺」は30cmにちかい尺で、木工の聖と讃えられた魯班の名に因んで「魯班尺」とも呼ばれている。応神陵以降の陵墓に多く見られる29.4cm尺は、所謂「魯班尺」が用いられたと想定される。
この魯班尺と呼ばれる「ものさし」は遺存しない。しかし4世紀の頃、畿内の広域測量に魯班尺が使用された兆候が存在すること²⁰⁾、4世紀後半の築造²¹⁾とされる奈良県新山古墳の副葬品の一つ、面径29.1cmで製作された倭製の規矩獣文鏡（図・5.4）の事例²²⁾などから、この時期、約23cmと約29cm尺度の二つの「ものさし」が存在した可能性がある。

(2) 箸墓古墳について

箸墓は他の前方後円墳と異なる独特な形状である。図・6.1に示した古墳平面形状の計画と設計は、単純にして明快、極めて優れた技術的着想と言えよう。箸墓の建造について『日本書紀』崇神朝10年の条では「昼は人が造り、夜は神が造った。大坂山の石を山から墓まで人民が連なって手渡しにして運んだ。」と簡単に説明しているが、現実には、古代中国の文明と社会思想に基づいた技術と理念を拠りどころとし、現代の予想を遙かに超える知恵と知識を駆使した建造物であることが明らかになった。

これらは、崇神紀に見られる天神地祇の祀り、陰陽の重視、依網池、苺坂池、反折池築造、等の社会的背景からも、箸墓築造の技術内容を推測することができる。

7. おわりに

前方後円墳は他国に類例のない形状で、3世紀中葉から6世紀末にかけて築造された。前方後円墳の名称は、蒲生君平の『山陵志』の中で用いられたのが初見である。古墳の起源・形状に関する論考には諸説（宮車表象説、前方部祭壇説、前方部装飾説、円墳・三角形墳結合説、主墳・円墳結合説、丘尾切断説、広口壺土器模倣説、前方部宣命場説、家屋模倣説、漢高祖木主説、丘陵突端自然発生説、身分的表現説、前方部象徴的祭壇説、中国郊壇説、人形採石墳説、天円地方説、弥生時代祭場説等）²³⁾がある。

何れの説も、古墳築造の立地・形態・機能・発掘遺物・中国古代の慣習等と、古墳の形状を関連づけた想定であり、設計の手順からみた形状と社会思想、数字による思想の表現等に視点をあてた論考はない。古墳の造形には、確実な施工をするための知恵と、目的に相応しい機能・思想に配慮した幾何学的思考が要求される。しかし幾何図形は往々にして、造形の奥に隠されている場合が多く、数値・数式はそれらを発掘する重要な手段となる。

本稿は、設計者がもっとも苦慮したと考えられる古墳天端の形状決定に着目し、天端と基本形状の諸元数値を基に、思想を数値・形状で示す中国古代の幾何学的思考法から、前方後円墳設計の理念と使用尺度を想定し、それらを通して、前方後円墳設計の背後にある古代日本の文化・思想が、中国古代の文化・思想と同じであることを明らかにした。

註)

- 1) 西田一彦, 笠井敏光, 荒井 仁, 中沢重一, 井上啓司「峯ヶ塚古墳の盛土構造と施工法の推定」『土木史研究・No13』土木学会・1993・P287
- 2) 例えば、①宮川 渉「前方後円(方)墳の設計と尺度」『季刊, 考古学・第3号』雄山閣・1983・PP22～27。②梶 国男『古墳の設計』築地書館・1975、『古代の土木設計』六興出版・1983。③堅田 直『情報考古学』ジャストシステム・1996。④上田宏範『前方後円墳』学生社・1969
- 3) 末永雅雄『古墳の航空大観』学生社・1974
- 4) 末永雅雄『日本の古墳』朝日新聞社・1961
- 5) 大塚初重「古墳の築造と技術」『季刊, 考古学・第3号』雄山閣・1983・P17 によれば、群馬県王山古墳では後円部から前方部へ、大阪府富木車塚古墳では前方部から後円部にかけて墳丘が築かれた、との調査報告事例が紹介されているが、本稿で対象とした古墳は前方部と後円部は同時施工と推定される。
- 6) 中国古代の数学・測量学書『九章算術』では、長さの単位に分, 寸, 歩, 里, 丈を用いている。前方後円墳の形状・土質工学的調査事例から想定される設計・施工の知恵と技術は現代を凌駕するもので、そのルーツを古代中国以外に求めることは考えにくい。
- 7) 『九章算術』によれば、2次方程式, 5元1次連立方程式などを扱う問題例もあり、現代の予想を遙かに超える高度な数学が実用化されている。
- 8) 小倉金之助『数学史研究・第一輯』岩波書店・1935・P210
- 9) 吉澤孝和『江戸時代中期の測量術』建設省・天竜川上流工事事務所・1990・P7
- 10) 藪内 清編 科学の名著2『中国天文学・数学集』朝日出版社・1980・PP300～301
- 11) 註10) のPP312～313
- 12) 鈴木由次郎『易経・下(繫辭伝・上)』・集英社・1974・P338
- 13) 註10) のP177☆6
- 14) 重松明久『古墳と古代宗教』学生社・1978・P99
- 15) 茂木雅博『前方後円墳・埋葬されない墓をもとめて』同朋舎出版・1992・P5
- 16) 貝塚茂樹『中国の歴史・上』岩波書店・1994・P160
- 17) 註14) のP148
- 18) 楠山春樹『淮南子・上(卷三・天文訓)』明治書院・1979・PP173～1755
- 19) 呉 承洛『中国文化史叢書・中国度量衡史』商務印書館・1962・PP58～61
- 20) 須股孝信「古代日本の広域測量と使用尺度」『計量史研究 Vol. 17 No. 1』日本計量史学会・1995
- 21) 泉森 皎『大和の古墳を語る』六興出版・1984・PP222～223
- 22) 田中 琢(日本の原始美術8)『古鏡』・講談社・1979・PP10～11
この倭製の鏡は、新王莽(8～23)の時代に作られた面径23.2cmの方格規矩四神鏡の構図を模写して、鋳型に彫りこみ作られたもので、文様の左右が逆転している。漢製の鏡は外区の外側円径が面径の約0.79倍(鏡の円周に等しい周長の正方形に内接する円径)で製作され、陰陽の配慮のしかたは箸墓の設計と同じ幾何図形が用いられたように見受けられる。一方、倭製鏡の外区外側円には陰陽の配慮を説明できる幾何図形は内在せず、内区の外側円径を尺29.1cmの6寸にしたように見受けられる。
- 23) 註15) のPP26～47