【土木史研究　第10号　1990年6月　自由投稿論文】

畿内の遺構配置にみる古代の土木技術（その1）
― 都市計画基本線の存在 ―

㈱建設技術研究所　正会員　須股　孝信

The Ancient Civil Engineering on Ruins Arrangement in Kinai Area (Part 1)
―― Existence of Trunk Survey Lines for Urban Planning ――

by Takanobu Sumata

要　　旨

古代の前方後円墳は、その形状からみて幾何学と高度な施工技術によって築造された土木構造物であり、その技術と同レベルの測量技術も古墳時代に存在したと考えられる。それらを裏付ける事象として、古代の著名遺跡や古墳を結ぶ線分には正しく東西・南北を指すもの、それらの方位に対して30°、60°の角度を振った方位を指すものの事例が多い。

本稿は、それらの事象の中から同一子午線上に置かれた陵と都宮の一例を示し、古代の都宮の配置にみられる幾何学的な特性から、それらの方位あるいは角度が用いられた理由を考察した。結果では、30°、60°角をもつ直角三角形の相似特性を利用した測量行為であったと結論するに至り、点在する古代の著名遺跡や古墳の位置相互の関係から、古代の畿内に東西・南北の直交座標軸が設定され、この座標軸を基準にした都市計画基本線ともいえる雄大な計画線の存在を提唱し、座標軸設定の方法を明らかにした。（古代・測量・都市計画）

1．はじめに

原島礼二氏[1]は、畿内の王陵級の前方後円墳相互の位置について、後円部中心点を結ぶ線で作られる夾角に30°、45°、60°、90°が多いことを指摘し、これらの角度をもつ三角形が古墳の位置決定に用いられたと考え、古墳築造の順序と大王の系図を組み合わせ古代王朝の解明を試みた。しかし根本の問題、それらの角度をもつ三角形が何故用いられたかについての考察はされておらず、未解決のままである。文明進歩の過程からみれば、巨大前方後円墳の築造と形状にみる技術と幾何学の存在は、天文学・測地学の発展を促すに十分であったと考えられ、原島氏の指摘した特殊な角度出現の事象は、天文・幾何・測地学的観点からの考察が必要である。

2．高度な天文学・測地学の存在を思わせる事例

(1)　同一子午線上に置かれた天智陵と藤原宮

京都市山科区御陵上御廟野町にある山科陵は被葬者が天智天皇確かな陵とされる。この陵の置かれた位置は、約55km南の奈良県橿原市醍醐町に置かれた藤原宮と同じ子午線上にある。両者の位置関係を詳しく説明すると、藤原宮大極殿の中心を通る子午線は山科陵中心の東36m地点を通り、この子午線と藤原宮・山科陵の中心を結ぶ南北線との角度の振れは2′15″である（算定法－1　参照）。

これは、天文学的に精緻を誇るギゼの大ピラミッドの底辺の方位誤差（東辺5′30″、西辺2′30″、南辺1′57″、北辺2′28″）[2]に比較すると、優るとも劣らぬ高精度である。この事実を偶然の事象とみるか計画的な設置とみるか、畿内には多くの古墳があるとはいえ、目的を異にした陵と宮室が、しかも天智天皇の陵と実弟天武天皇自らが位置を定めたとみられている藤原宮が、これ程の高精度で南北線上に置かれる

偶然性は全くと言ってよい程に起り得ない。ところで、この事実を計画的な設置とするには少なくとも、子午線上の設置を意図した目的・理由、さらにどのような方法によって斯様に高精度の設置ができたのかなどを明らかにする必要がある。

偶然か企画かの判定の一つの方法として、このように特異な事象の多くの事例から共通の普遍的論理か思考を位置相互の間に見出すことができれば、それらが計画的に位置設定されたことの証だけでなく、文献に直接見ることのできない当時の信仰・思想・政策・文明等の一端を知ることも可能になろう。

算定法－1

藤原宮大極殿を通る子午線は次のようにして求められる。

奈良国立文化財研究所の1/2,000藤原宮跡図により、大極殿中心の座標値を計測すると、

$$X_1=-166,490.5\text{m},\quad Y_1=-17,425\text{m}$$

この座標値は、公共座標とも呼ばれる国土地理院設定第VI系（南北方向にXをとり、X軸を東経136°00′、東西方向にYをとり、Y軸を北緯36°00′としている）の平面直角座標上の値である。地表は球面のため、X軸上以外の点を通る子午線はX軸に平行にならない。そのため任意の点を通る子午線をX，Yで表示するには、X軸と子午線のなす角度（子午線収束角）を求めなければならない。藤原宮大極殿中心の座標値を用いて、その点の子午線収束角を求めると、$\alpha=6'26.09''$となる。よって大極殿中心を通る子午線は次式で表わされる。

$$X=534.2397Y+9,142,636 \quad\cdots\cdots\cdots\cdots\quad (1)$$

この子午線と天智陵の隔りは次のように求められる。京都市発行の1/2,500地形図により、天智陵（上円下方墳）の中心点座標を計測すると、

$$X_2=-111,545\text{m},\quad Y_2=-17,358\text{m}$$

このX_2を(1)式に代入してYを求めると、$Y=-17,322$mとなる。よって天智陵中心との隔り$\triangle Y$は、

$$\triangle Y=Y-Y_2=36\text{m}$$

また、藤原宮と天智陵を結ぶ直線と、子午線とのなす角度θはつぎのように求められる。

$$\tan\theta=\frac{\triangle Y}{X_2-X_1}=\frac{36}{-111,545-(-)166,490.5}=6.5519\times10^{-4}$$

$$\therefore\quad \theta=2'15''$$

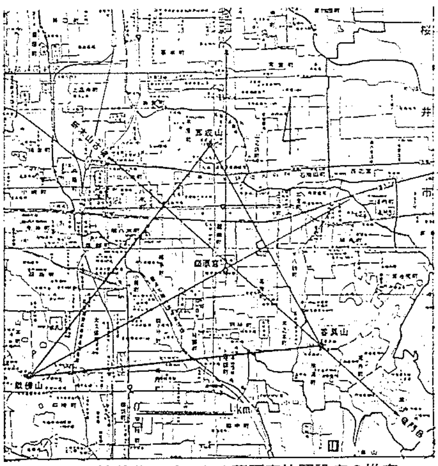
(2) 天智陵と藤原宮の位置設定の順位

両者がなぜ同じ子午線上に置かれているのか、その解明には先ず位置設定の順位を明らかにしておかねばならない。『紀』によれば、天智天皇崩御の翌年、天武元年(672) 5月の条に、近江朝が宣したとされる「山陵造らむが為に、予め人夫を差し定めよ」の記述が見える。これは天智陵築造工事に従事する人夫徴発であり、この時点で陵地は既に決定されていたと考えられる。『万葉』155 には、「山科の御陵より退り散くる時に額田王の作れる歌一首」として次を載せている。

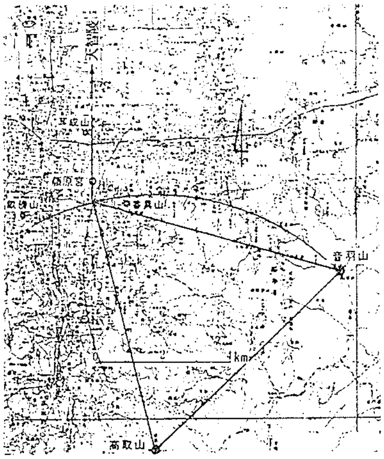
やすみしし　我ご大君の　畏きや　御陵仕ふる　山科の　鏡の山に　夜はも　夜のことごと
昼はも　日のことごと　哭のみを　泣きつつありてや　ももしきの　大宮人は　行き別れなむ

この歌は、都が近江のときに山科の陵地で殯宮儀礼が行われた時の挽歌であり[3]、673年天武天皇が飛鳥浄御原宮で即位する前に山科陵の位置は決定されていたことがわかる。『続紀』文武3年(695) にも山科山陵造営の記述が見えるが、これは越智山陵（斉明陵）と山科山陵修造の記述である。

一方、藤原宮の位置設定の時期については明確にする史料がない。藤原京遷都(694) の前、天武5年(676) から13年にかけて、新都造営の位置探索に関する記述が『紀』に見え、岸　俊男氏[4]は天武13年3月の記述「天皇京師に巡行し宮室の地を定む」の宮地が藤原宮であるとする。岸説に従い、京師の宮地が藤原宮であるとしても、造営場所を最終的に決定したのが天武13年であって、京師の地が都の候補としてとりあげられたのは何時の頃かわからない。しかし、近江大津宮・飛鳥浄御原宮に続く遷都の中で採用された候補地の一つであれば、藤原宮の候補地採択は天武即位後と予想され、天智陵の位置決定は藤原宮に先行したと考えて間違いないであろう。



図・1　渋谷茂一氏による藤原宮位置設定の推定



図・2　木村俊晃氏による藤原宮位置設定の推定

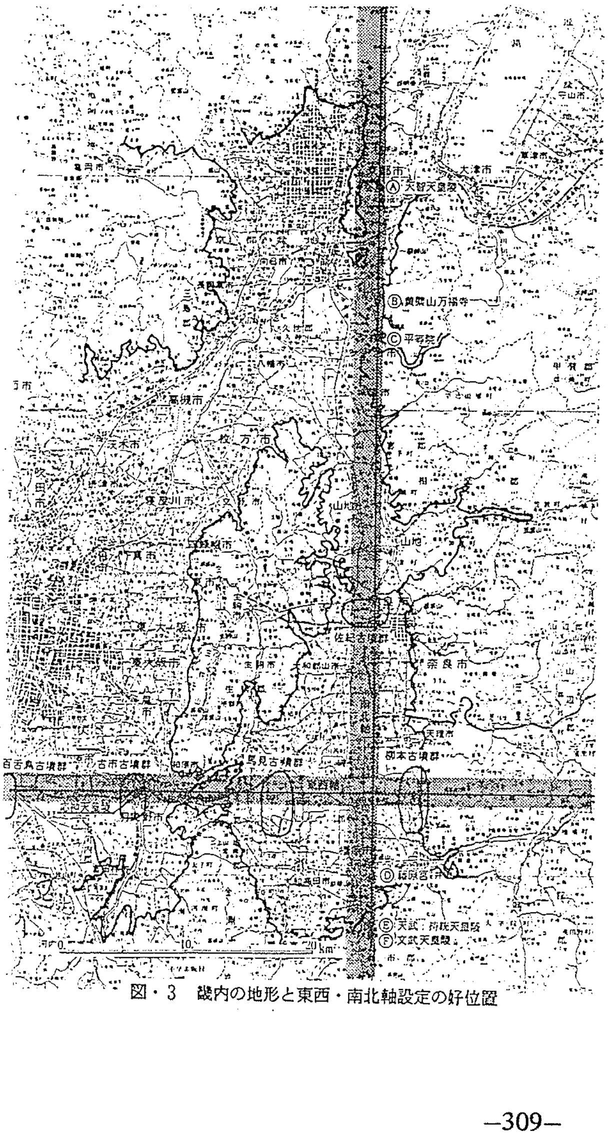
ところで、藤原宮の位置設定については幾つかの試案が提示されている。渋谷茂一氏[5]は、大和三山を結んでできる三角形の一つの頂点・

畝傍山から対辺に引いた垂線と、香具山の南東にある竜門岳(904m）と香具山を結ぶ延長線との交点に藤原宮を置いたと推定する（図・1　参照）。木村俊晃氏[6)]は、音羽山(851.7m）と高取山(583.9m）の山頂でできる双山線上の正三角形の頂点を藤原宮位置設定の基準にしたと推定する（図・2　参照）。これらの案に従うならば、天智陵は偶然に藤原宮の真北方位に置かれていたとみなすか、藤原宮の位置を定めたとする図示の点を天智陵設定の基準にしたと考えるしかない。しかし、藤原宮周辺の山頂によって遥か55km離れた北方の天智陵の位置設定を説明するには無理がある。

3．都京の配置にみる幾何学的特性

(1)　座標軸設定の好位置

天智陵築造後に藤原宮の位置が設定されたとなれば、天智陵の位置はどのようにして定められたかが問題になる。距離を隔てた両者の位置関係にみる特徴から、両者の間には天文・測地学的な配慮のあったことが予想される。図・3は 150m等高線によって、両者をとりまく周辺地形を山地と平地に区別けして示した。図によれば天智陵と藤原宮を結ぶ南北線は、畿内の南北方向のうち山地のもっとも少ない網目で示したゾーンにあり、 150mを超える山地は平等院の南方に僅かに見られるだけである。この僅かな山岳地を詳しく見ると、標高 150〜170 m範囲の低い山地であり、天智陵（標高約75m）の置かれた「鏡の山」の山頂(220m）に登れば、真南の方向大和盆地南端までを直接見通すことができる。



図・3　畿内の地形と東西・南北軸設定の好位置

地勢図にみる地形と天智陵の置かれた位置の両者から考えると、天智陵は陵築造に適した地形・地質等の条件から此の地が選ばれたのではなく、もっと大局的な他の見地、すなわち、都市計画もしくは地図作成を意図した測地学上の座標軸を意識して置かれたのではないかと考えられてくる。そのように考えると、さらに、直交するもう一つの座標軸・東西線が存在しても不自然なことではない。

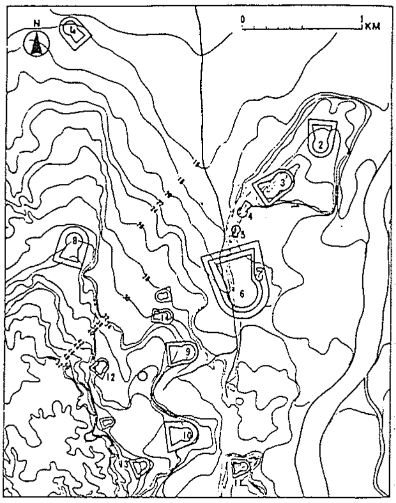
図には、畿内の東西方向に座標軸を設ける場合を想定し、その適地ゾーンを網目で示した。このゾーンに注目して古代の遺跡をみると、東から柳本古墳群・馬見古墳群・古市古墳群・百舌鳥古墳群がゾーン上にある。さらにゾーン内で正東西方位に一直線に並ぶ遺跡等を調べると、かの有名な応神陵があり、その後円部中心を通る東西線上に、東から「並名神大社・大和坐大国魂神社」の最初の鎮祭地とされる現長岳寺の在る天理市柳本町上長岡の地、天理市海知町の「倭恩智神社」、磯城郡田原本町八尾の「大社・鏡作坐天照御魂神社」、孝霊天皇の黒田廬戸宮の跡とされる磯城郡田原本町富本に「富都神社」がある。いずれも式内社であり、創祀不詳とされる富

都神社の他は崇神天皇６年または７年の創祀とされる古社である。

これらからみても注目される東西線であるが、次に示す「応神陵の不自然な選地」からみると、この東西線は畿内の縦・横の座標軸の一つであった可能性が極めて強いといわねばならない。

(2)　応神陵の不自然な選地

大阪府羽曳野市誉田に造営される応神陵は、陵築造の地質条件からみると古市古墳群中最悪ともいえる場所が選ばれている。古市古墳群の大型古墳は、旧氾らん原上に築造された城山古墳など一部の例外はみられるものの、殆どが堅牢な段丘礫層上に築造されている。ところが応神陵の位置は段丘礫層と氾らん原の境界にあり、陵本体の西側約 1/3が段丘礫層の誉田台地からはみ出し[7]、旧大乗川の上に築造されている（図・4　参照）。しかも陵の近くには陪塚・二ツ塚古墳があるため、兆域はシンメトリーにとれず歪になっている。

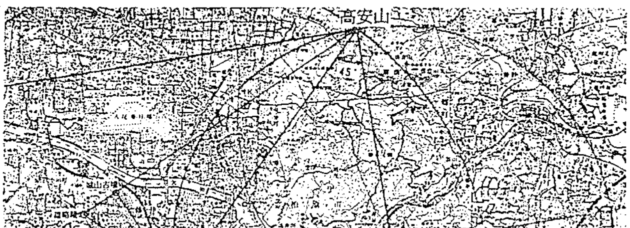


図・4　古市古墳群原地形復原図（白石太一郎氏原図）

この応神陵の基礎にみられる平面的に不連続の地盤は、盛土構造物の不等沈下を招く惧れがあるため極力避けるのが普通である。まして応神陵のように超大型の墳墓では絶対に避けねばならない土木工事の常識である。この場所以外に適地がないかといえばそうではない。仮りに、古市の他の古墳が総て造られていたとしても、現在の場所より優れた条件の地は幾らでもある。

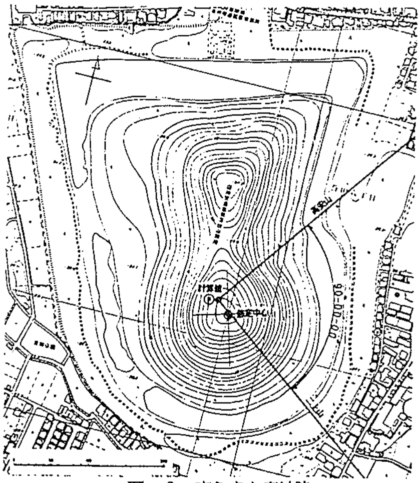
それでは何故常識外の選地が行われたのであろうか。その理由について「誉田台地の陵築造の最適地に后・仲津姫陵が築造されていたため」[8),9)] とする意見がある。はたしてそうであろうか。応神陵ほどの大土木事業を行うのに、台地上の適地が墳墓で占められていたという単純な理由で最悪の場所が選ばれるとは考えにくい。もし理由付けをするならば「この地点でなければならない何らかの事情があった」とするほうが、考えかたとして理にかなっており、また自然である。

さらに応神陵の不自然な選地の事情を示唆する一つの事象がある。木村俊晃氏[10)] の展開した聖山論にもとづく双山線、すなわち、二つの山頂を結ぶ線の垂直二等分線上に聖なる構築物を設けたとする意見に従えば、この応神陵後円部中心点は、高安山[11)]（487.6m）と二上山雌岳[12)]（474.2m）の両山頂の双山線上にあり、しかも、両山頂と陵中心点でできる三角形は直角二等辺三角形になり、応神陵はその直角点である。



図・5　高安山と二上山で作られる直角二等辺三角形頂点Ｐｏ

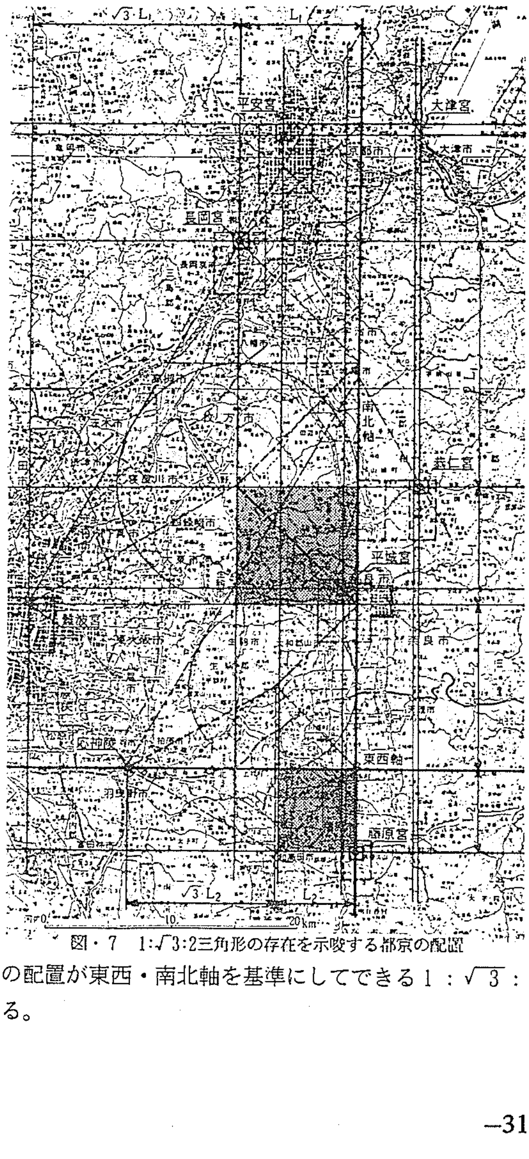
国土地理院設定の現三角点の座標値によって直角点を算出し、1/2500図にプロットして図・6に示した。図には測量図から想定される後円部中心も示してあり、計算による直角点と約25mの隔りがある。一方、図から想定される後円部中心から両山頂に引いた線分の夾角は90°１′51″となり、直角90°との差は僅かである。双山線上と



図・6　直角点と応神陵

いい、直角二等辺三角形の直角点といい、いずれも造形学あるいは幾何学の基本的な要線・要点である。このような特異な場所に偶然に陵が置かれる可能性はゼロに近く、特定された地点に応神陵が築造された可能性の強いことを示している。

この応神陵と高安山・二上山の関係を測地学的な観点からみてみよう。座標軸は方位線で与えられるため実感として捉えることが難しい。現在では経緯度原点（東京都麻布飯倉にある旧東京天文台子午環中心点）から目的の座標軸を現地に正しく設けることができる。しかし、このような設置が容易にできなかった古代では、経緯度原点に相当する基準点をより明瞭な方法で座標軸上に固定する必要があったと考えられる。したがって此の基準点は移動したり消失することのないように、より確かな方法で設定されねばならない。応神陵の置かれた位置が東西座標軸設定の好位置であることからみれば、視覚的に明瞭な高安山と二上山の両山頂を引照点にしたポイントを定め、このポイントを座標軸の基準点とし、応神陵はこの基準点上に置かれた可能性が強い。



図・7　1:√3:2三角形の存在を示唆する都京の配置

(3)　1：$\sqrt{3}$：2三角形を用いた都京の配置

天智陵・藤原宮を通る南北方位線と応神陵後円部中心を通る東西方位線が、都市計画上の座標軸に選ばれたと考えるならば、他の都京や古墳の配置にも此の座標軸を利用した形跡が見出されて然るべきであろう。図・7は7～8世紀造営の都京を通る東西・南北線を座標軸に平行に引いたもので、一見不規則に見える東西・南北線に次の注目すべき関係を見出すことができる。すなわち、図中に示す網目はほぼ正方形の方格になっている。大きいほうの方格は一辺が約9.5㎞あり、南北軸から難波宮までの距離は方格一辺のほぼ（1＋$\sqrt{3}$）倍である。また難波宮から長岡宮までの正南北方向の距離は方格一辺のほぼ3倍になっている。同様の事象が小さいほうの方格にも見られる。小さい方格は一辺が約6.7㎞あり、南北軸から応神陵までの距離は方格一辺の丁度（1＋$\sqrt{3}$）倍であり、東西軸から、難波宮までの南北方向の距離は方格一辺のほぼ2倍である。

方格の一辺に対し（1＋$\sqrt{3}$）倍・2倍・3倍の長さをもつ位置は、図から明らかなように、方格一辺の長さを半径にもつ円を内接する三角形、すなわち、30°を内角にもつ直角三角形（1：$\sqrt{3}$：2三角形）の幾何学的な要点である。これは重要建造物の配置が東西・南北軸を基準にしてできる1：$\sqrt{3}$：2三角形の幾何学的要点で決定されたことを示している。

4．$1:\sqrt{3}:2$三角形使用の理由に関する考察

(1) 辺の比が単純な整数になる直角三角形

三角形は形状が多様なため実用的には角度か辺の比が単純な整数になる三角形が多用される。なかでもコンパスと定規で簡単に作図できる直角三角形は利用価値が高く、任意の三角形の面積算定など対辺に垂線を引いて直角三角形２箇を作り、底辺長×高さ÷２として計算している。

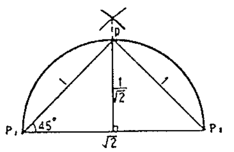
直角三角形の作図は、一辺を直径とする半円上の一点と直径の両端を結べば作られる。内角の比あるいは辺の比が単純な整数になる三角形は図・８に示す(a)〜(c)だけである。ここでは、古くから有名な三辺の比が３：４：５の三角形も加えて夫々の特徴と実用性を簡単に示しておこう。

(a)　$1:1:\sqrt{2}$三角形（直角二等辺三角形）

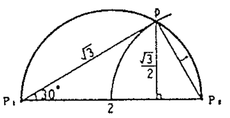
直角点から対辺に下した垂線で二分される三角形は合同である。斜辺（弦）を軸に折り返せば正方形であり、円から得られる最大の四方形（円方図）である。丸太材からとれる最大面積の角材として柱材等に利用される。

(b)　$1:\sqrt{3}:2$三角形

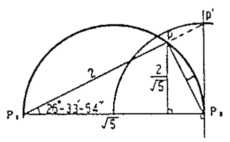
直角を奇数３で完全に等分できる。30°角作図の方法は他にあるが定規だけでは作れない。垂線で作られる２つの相似三角形のうち小さいほうは相似比が½となり、数多い三角形の中で垂線で二分される三角形の相似比が、単純な整数値になるのはこの三角形だけである。直角を挟む二辺（鈎・股）の比が$1:\sqrt{3}$のため定規による作図・造作は不便であり、建造物の設計や資材等に用いられることはない。



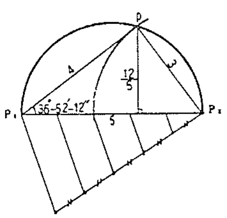
(a) 1：1：√2（直角二等辺）三角形



(b) 1：√3：2三角形



(c) 1：2：√5 三角形



(d) 3：4：5三角形

図・８　辺の比が単純な整数になる直角三角形と作図法

(c)　$1:2:\sqrt{5}$三角形

円からの作図は面倒だが定規による作図は容易である。鈎・股の比が１：２のため利用し易く建造物の設計や資材など利用範囲は広い。また作図によって辺の比を黄金分割できる基礎三角形であり、古代エジプト・ギリシヤの芸術・建築に多用されている。

(d)　３：４：５三角形

円からの作図は面倒だが定規による作図は容易である。辺の比は３，４，５と語呂はよいが各辺の比は整数にならず、ピタゴラスの定理（鈎股弦の法）の説明など数学・幾何学での利用価値はあるものの、実用面で用いられることは殆どない。

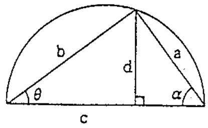
(2) $1:\sqrt{3}:2$三角形のみが有する特長

(a)〜(d)の三角形について辺および垂線の長さの比、内角の比などを表・１に示した。直角三角形にしか見ることのできない大きな特徴の一つは「垂線で二分される三角形が相似形」になることにある。表・１のａ：ｃ，ｂ：ｃの値は三角形の辺の比を示すだけでなく、垂線で二分した二つの小さな三角形の弦と、二分する以前の三角形の弦の比、すなわち三角形の相似比を示す値でもある。

表から明らかなように、辺の比に１か２の単純な整数が見られる三角形は(a)、(b)、(c)３つの三角形であり、その中でも相似比を示すａ：ｃの値が単純な整数になるのは$1:\sqrt{3}:2$三角形だけである。したがって、30°、60°角の三角形が何故利用されたかを考察するには、この三角形のみが持つ特長「垂線で二分される三角形の相似比が単純な整数」になることに注目しなければならない。

(3) $1:\sqrt{3}:2$三角形利用の目的

畿内を縦貫するほどの長距離に、辺の比と相似比が単純な整数になる三角形が、なぜ、どのように利用されたのであろうか。三角形の規模から当然に予想される



表・1　三角形の辺・垂線・内角等の比

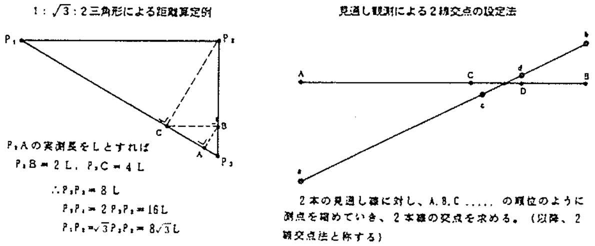
三角形	a : b	a : c	b : c	d : b	d : a	d : c	$\theta : \alpha : 90°$
$1 : 1 : \sqrt{2}$	$1 : 1$	$1 : \sqrt{2}$	$1 : \sqrt{2}$	$1 : 1/\sqrt{2}$	$1 : \sqrt{2}$	$1 : 2$	$1 : 1 : 2$
$1 : \sqrt{3} : 2$	$1 : \sqrt{3}$	$1 : 2$	$1 : 2/\sqrt{3}$	$1 : 2$	$1 : 2/\sqrt{3}$	$1 : 4/\sqrt{3}$	$1 : 2 : 3$
$1 : 2 : \sqrt{5}$	$1 : 2$	$1 : \sqrt{5}$	$1 : \sqrt{5}/2$	$1 : \sqrt{5}$	$1 : \sqrt{5}/2$	$1 : 5/2$	$1 : 2.4 : 3.4$
$3 : 4 : 5$	$1 : 4/3$	$1 : 5/3$	$1 : 5/3$	$1 : 5/3$	$1 : 5/4$	$1 : 25/12$	$1 : 1.4 : 2.4$

のは測地学への利用であり、その可能性をみるため三角測量について原理と手順を考えてみよう。

三角測量の利点は、距離の実測を最小限におさえ、角度の観測を主体にして広範囲の測量を行うことにある。一般に角度の測定は距離の測定に比べると作業が容易なうえに高精度を得やすい。その手法は三角点を結んで作られる三角網の各夾角を測定し、既知の一辺長から三角形各辺の距離と三角点座標値を求め、各三角形の相対的位置を明確にする。その原理は、三角形の頂点から対辺に垂線を引いて直角三角形２箇を作り、既知の一辺の長さと夾角から、三角関数を用いて他の二辺の長さを求める。

既知の一辺と夾角から次々と隣接の三角形の辺長を求め得るのは、直角三角形を利用した「角度と辺の比の関係を表す三角関数」の賜物であり、また、桁数の多い乗除の計算が能率よく処理できるからである。三角測量における「三角関数」の恩恵はそれだけではない。任意の三角形の辺長を容易に求められるため、三角点は測量に都合のよい場所を選んで設置することが可能となる。

現在のように完全なかたちの三角関数が無かった時代を考えると、山地の多い日本の宿命として、実測困難な地域の測量を可能にするため、角度の観測を主体にした測量方法が考案されたと考えられる。その方法が30°、45°、60°、90°角をもつ単純な三角形の使用であり、図・９に示す僅かな距離の実測と２方向からの見通し線の交点設定により、交点間の距離を相似比・辺の比の利用によって効率的に算出することにあったと予想される。これらの予想に大過なければ、これはテコの応用にも匹敵する「直角三角形の測地への利用」であり、「原初形の三角関数の応用」ということができる。



図・9　相似三角形利用による距離算定例

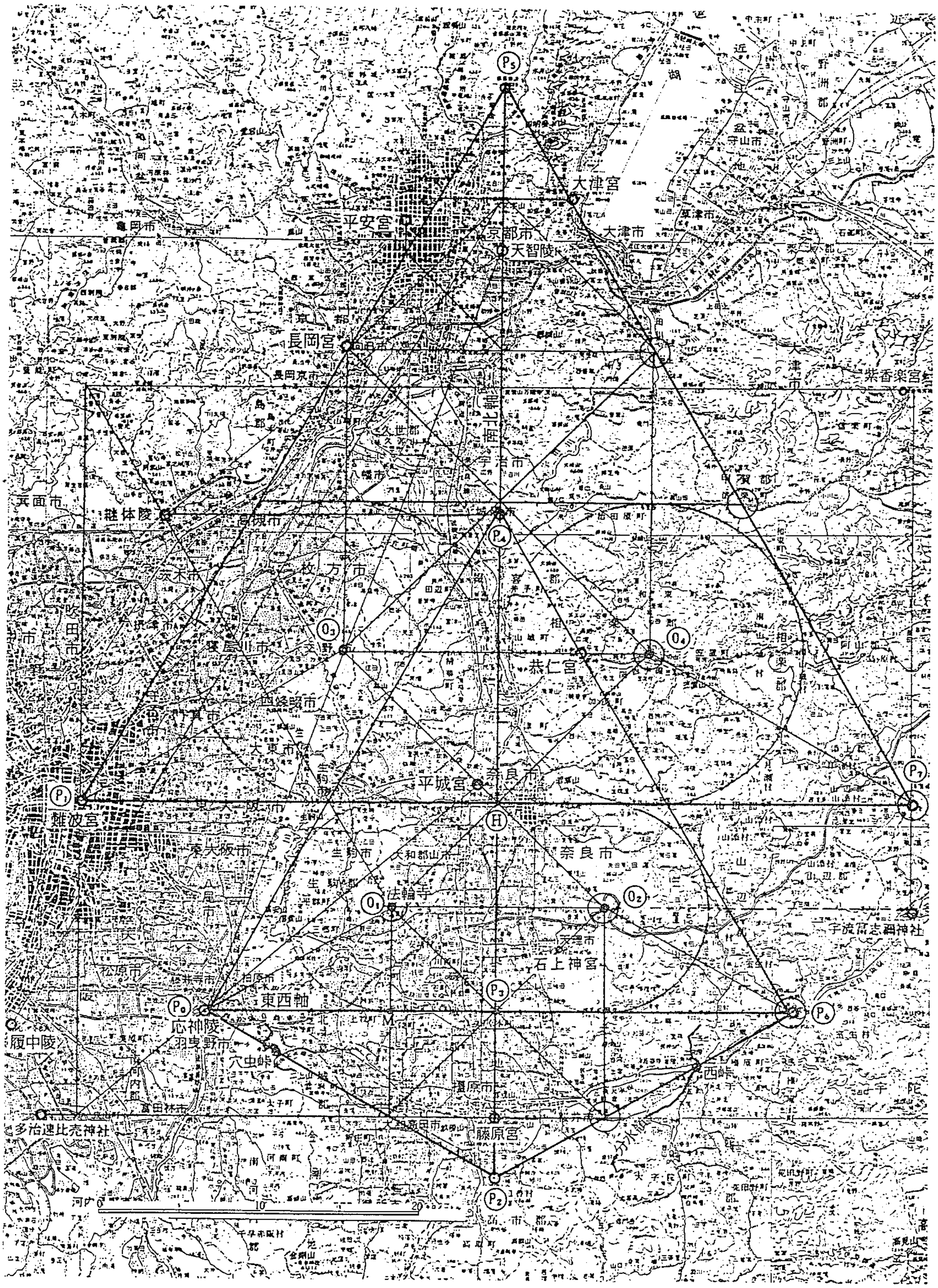
図・７から予想される雄大な $1 : \sqrt{3} : 2$ 三角形の存在は、人の為せる技として常識的にそれ以外のことは考えにくい。

５．都市計画基本線存在の提唱

古代の畿内には、図・10に示す大和盆地中央を南北に通した線を対称軸として、６つの $1 : \sqrt{3} : 2$ 三角形からなる都市計画基本線が設定された可能性がある。これらの三角形は起点を P_0 とし、P_0 を通る東西線を一つの座標軸とし、南北座標軸を対称軸として設定されたと考えられる。この南北座標軸は東西座標軸と高安山・二上山を利用して幾何学的に定められた軸であり、両軸の交点は東経135° 48′ 37″、北緯34° 33′ 31″、公共座標値X＝－159,854m、Y＝－17,412mである。

これらの基本線を利用して設定されたとみられる遺跡等主要な建造物は、(イ)基本線上に直接設置されたとみられるもの：北より、天智陵，長岡宮，恭仁宮，難波宮，応神陵，藤原宮、(ロ)基本線の要点の東西・南北方位に設置されたとみられるもの：北より、近江大津宮，紫香楽宮，継体陵，宇流冨志禰神社（名張市）、多治速比売神社（堺市）等、(ハ)基本線の要点を利用（要点上あるいは要点から30°、45°、60°方向線）して設置されたとみられるもの：北より、平安宮，平城宮，法輪寺，石上神宮，履中陵等がある。

さらに、山中にくる基本線上の要点（図中の○印）には道が通じ、注目される事蹟として、基本線の最南線 P_0 P_2 と河内・大和の国境にあたる分水嶺との交点には穴虫峠（別名・田尻峠）が、最南線 P_2 P_6 と大和川・宇陀川流域の分水嶺との交点には西峠があり、この両峠は崇神天皇九年に、黒の盾八枚・矛八竿を以って大坂神を、赤の盾八枚・矛八竿を以って墨坂神を祠った峠である。このように基本線の最南線と大和



図・10　古代の畿内に設けられたと予想される都市計画基本線

盆地東西両側の分水嶺との交点に道が通じ、この道を東方・西方から大和へ入る要路とし[13]、交点すなわち峠に墨坂神・大坂神を祭ったことは基本線の性格を考えるうえで注目される。

6．座標軸設定の解明

(1) 東西座標軸設定の方法とその事跡

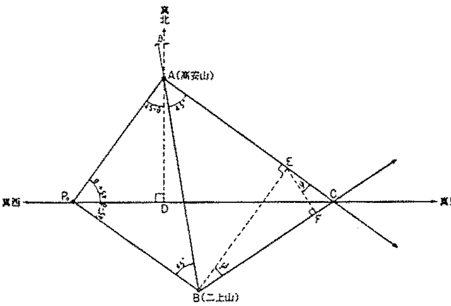
東西軸の起点と考えられる応神陵の置かれたP_0点は、直ぐ東側に金剛山地の山々が南北方向に連なり、P_0点から東方の大和盆地を直接見通すことができない。したがってP_0点から真東の方位線を設けるには見通しの効く方位線上の山の尾根に補助測点を設け、そこから東方位を見通すか、あるいは他の方法によらねばならない。重畳する山地の傾斜した尾根ごとに補助測点を設けるのは不可能にちかく、現実的には他の方法を選ばざるを得ない。

もっとも実際的かつ賢明な方法は、東西を一望できる高安山と二上山の両山頂を利用し三角形の幾何学的な性質を用いて設定することである。図・11に示す作図がその方法であり、三角形についての初歩的な知識と乗除の計算能力さえあれば容易に見出すことができる。図においてＣ点さえ特定できれば、あとは、Ｃ点を出発点にして真東の方位線を見通せばよい。問題はこのＣ点をどのようにして現地に落し、どのようにしてP_0点からＣ点までの距離を知るかである。この作図の右端に描いた小さな三角形△ＥＦＣは、相似比を利用して距離を求めるための実測用三角形を示した。

算定法－２は、図・12に示す三角形の要点を1/2500図にプロットするため現在の解析法を示した。この結果を1/2500図にプロットし、その位置を 1/5万、1/2.5万図に転記して図・13〜図・15に示した。これらの図によれば驚嘆すべき次の事実が発見される。

(イ) 主要測線ＡＣ線上に第７代孝霊陵が築造されている。この天皇は歴代天皇のうち最初に大和中央へ進出した天皇で、先に述べたように宮室を東西軸上に置いている。

(ロ) 主要測線ＢＥ線上に第23代顕宗陵が築造されている。

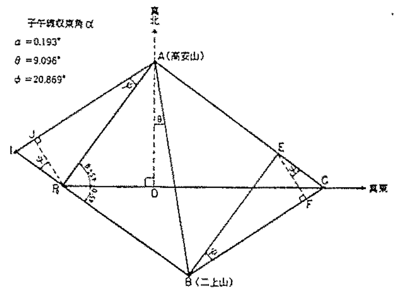


図・11　Poを通る真東方位線設定法

(ハ) 要点Ｅの真南には牧野古墳が築造され、その位置はＢＭ線上である。（注：このＢＭ線のＭ点は図・10に示した$\triangle P_0P_3P_4$の内接円中心O_1点を通る南北線と東西軸の交点で、$1:\sqrt{3}:2$三角形設定において重要な役割をもつ点であったと考えられる）これは牧野古墳の位置設定に際し、Ｅ点の引照点の役を課すと同時にＢＭ線の存在を示す意図があったものと考えられる。

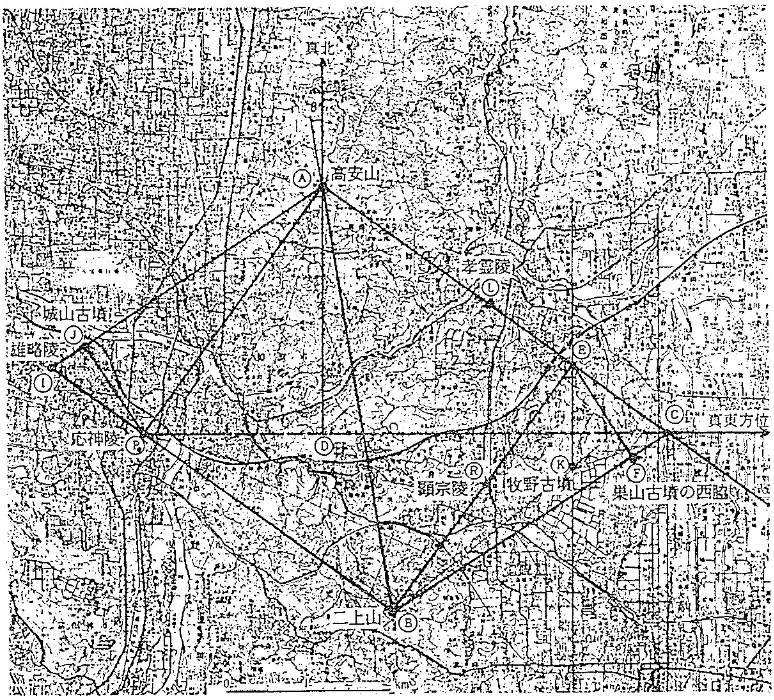
(ニ) さらに、ＢＭの見通し線上は牧野古墳の他に帆立貝式の乙女山古墳が築造されている。

(ホ) さらに驚くべきことに、応神陵の西側に△ＢＥＣと合同の$\triangle AP_0I$が作られている。この$\triangle AP_0I$のＩ点には雄略陵が置かれ、Ｊ点には城山古墳が置かれている。このＪ点によって作られる小さな三角形$\triangle P_0IJ$は$\triangle AP_0I$と相似の三角形である。この付近の地形は比較的平坦なため距離を測るには都合がよく、距離実測用もしくは距離チェック用として設けられたと予想される。

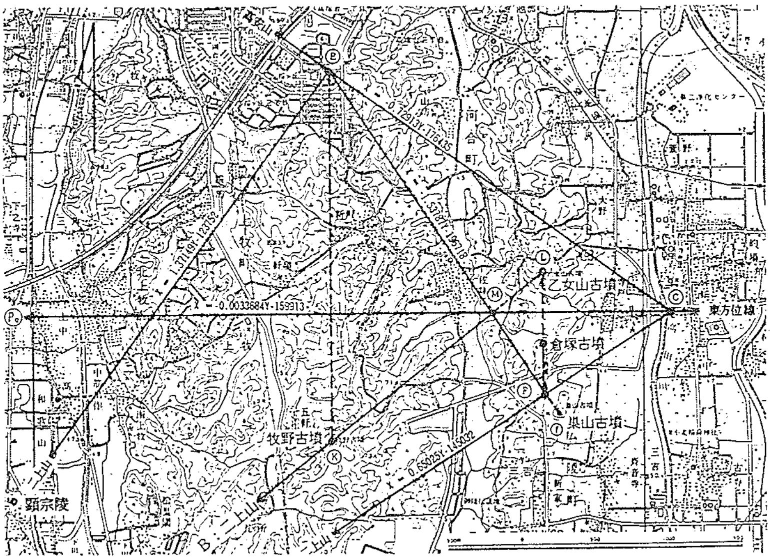


図・12　測線と記号

金剛山地の東と西は馬見古墳群・古市古墳群と呼ばれるように、多くの陵・古墳が造営されているが、1/5万図上で無造作に多数の点を落としても陵や著名古墳上に点を落とすことは難しい。まして方位線設定法の最善策と考えられる幾何学的な基本図形の主



図・13　Poを通る真東方位線設定の証拠事跡



図・14　C，EおよびM点設定を示す引照点跡の古墳

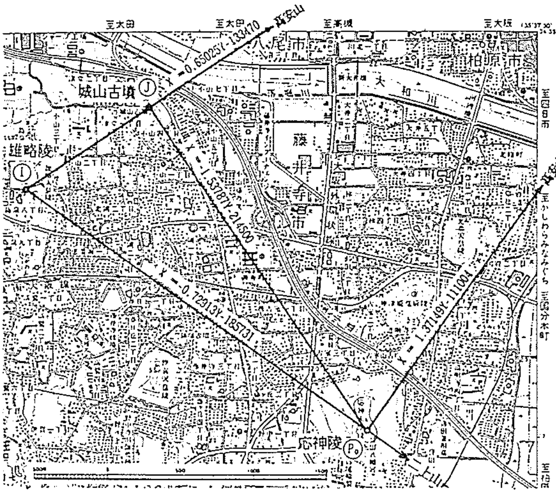
要測線・要点上に、陵や著名古墳が偶然に置かれる確率はゼロに近い。すなわち、これらの陵・古墳の位置は図・12に示す幾何学的な方法によって東西軸を設定したことを示す事蹟として、計画的に置かれた可能性が強い。

測点上の古墳設置を示唆するもう一つの事例がある。J点上に置かれた城山古墳は古市古墳群の中で、一つだけ離れて北方の旧氾らん原上に築造されている。何故このような隔地に置かれたかの疑問は、「測点上への計画的設置」の結果であったと考えれば納得できる。

ところで、図・12に示す測線をどのようにして現地へ設定したのであろうか。図・12の測線ＢＣを設けるには少なくとも角度ϕを知らなければならない。角度を未知数とする問題は三角関数を用いなければ解析的に解くことができない。測線が設定された当時、古代中国の数学および測量学書『九章算術』『海島算経』を仮りに入手していて、それらの知識を有していたと考えても、それらの書に見られる例題に使用されている知識は、乗除・開平方の計算，比例式の応用，１元２次方程式，５元１次の連立方程式の応用などであり[14]、三角関数を応用する知識はなかったように見受けられる。

それでは、どのようにして角度ϕを求めたのであろうか。もっとも可能性のある方策は図・12を広い平板上に正確に作図し、図から角度ϕを定め、さらに三角形各辺の長さを求めて辺の比を算出しておき、作図どおりの測線を現地に設けることである。その実行手順は次のように予想される。

(ｲ)　高安山山頂から真北を観測し、二上山の方向とのなす角度θを定める。



図・15　応神陵西側に作られた△ＥＣＦと合同の△ＰｏＩＪ

算定法－２

○高安山山頂Ａから、二上山山頂Ｂを見通す方向線の方眼北（公共座標のＸ軸方向）とのなす角度γは次のように求められる。

Ａ点：高安山三角点座標　$X_1=-153{,}724.03$m　$Y_1=-31{,}148.51$m

Ｂ点：二上山三角点座標　$X_2=-164{,}217.73$m　$Y_2=-29{,}504.66$m

よってＡＢ線と方眼北とのなす角度γは

$$\tan\gamma=\frac{Y_1-Y_2}{X_1-X_2}=(-)0.15665$$

$\therefore\ \gamma=(-)8.903°$　（方眼北に対し西へ8.903°の角度）

○図・12のθは真北とＡＢ線のなす角度であるから、Ａ点の子午線収束角を求めねばならない。

Ａ点の子午線収束角は　$\alpha=11'\,34.665''=0.193°$　（真北に対し西へ0.193°）

よって　$\theta=8.903°+0.193°=9.096°$ となる。

○図・12の角度ϕは次のように求められる。△ＰｏＡＣと△ＰｏＡＤは相似であるから

$$\frac{AC}{PoA}=\frac{AD}{PoD}\quad\therefore\ AC=\frac{AD}{PoD}\cdot PoA\ \cdots\cdots\ ①$$

一方、ＥＣ＝ＡＣ－ＡＥであるから　ＡＣ＝ＥＣ＋ＡＥ、これを①式に代入すれば、

$$EC=\frac{AD}{PoD}\cdot PoA-AE\ \cdots\cdots\ ②$$

ＰｏＡ＝ＡＥ＝ＥＢ＝ＰｏＢであるから、②式は

$$EC=\frac{AD}{PoD}\cdot EB-EB=EB\left(\frac{AD}{PoD}-1\right)$$

$$\therefore\ \frac{EC}{EB}=\left(\frac{AD}{PoD}-1\right)\ \cdots\cdots\ ③$$

$\dfrac{EC}{EB}=\tan\phi$，$\dfrac{AD}{PoD}=\tan(45°+\theta)$ であるから③式は$\tan\phi=\tan(45°+\theta)-1$

$\therefore\ \phi=\tan^{-1}\{\tan(45°+\theta)-1\}$、$\theta=9.096°$ を用いてϕを求めると

$\phi=20.869°$ となる。

○△ＥＣＦの辺ＣＦの距離を求める。高安山Ａと二上山Ｂの距離は、

$$AB=\sqrt{(X_1-X_2)^2+(Y_1-Y_2)^2}=10{,}621.7\text{m}$$

$$EB=\frac{1}{\sqrt{2}}\cdot AB,\qquad EC=EB\cdot\tan\phi=\frac{1}{\sqrt{2}}\cdot AB\cdot\tan\phi$$

$$CF=EC\cdot\sin\phi=\frac{1}{\sqrt{2}}\cdot AB\cdot\tan\phi\sin\phi$$

よって　$CF=\dfrac{1}{1.4142}\times10{,}621.7\times0.3812\times0.3562=1{,}020$m

○三角形各辺の直線式を求めて交点座標を算定し、主要のもののみを次に示す。

ＰｏＣ方位線（東西軸）：$X=-0.0033684Y-159.913$

交点座標値　：	Ｃ点（－159.836，－22.766）	Ｅ点（－158.149，－25.080）
	Ｆ点（－160.392，－23.621）	Ｉ点（－158.106，－37.887）
	Ｊ点（－157.550，－37.032）	

(ロ)　角度θがわかればＰｏＣを正確に東へ向けた図・12の作図が可能になり、ここで正確な作図を行う。

(ハ)　高安山山頂ＡからＡＣ方向と、二上山山頂Ｂから測線ＢＥ・測線ＢＣ方向を見通し、交点ＥとＣを現地に定める。

(ニ)　Ｅ点から測線ＡＣに対して角度ϕを振ったＥＦ線を設け、△ＢＥＣと相似の△ＥＦＣを設ける。

(ホ)　△ＥＦＣの辺ＦＣの距離を実測する。三角形各辺の距離は先に図上で求めた辺の比を利用し、ＦＣの実測値から求める。

(ヘ)　ＦＣの距離実測の正確を期すため、△ＢＥＣと合同の△ＡＰｏＩを辺ＡＰｏの西側に設け、さらに相似の△ＰｏＩＪを設け、辺ＩＪの距離を実測する。

当時の数学的知識から想定される比例式を用い、距離算定の一例を算定法－３に示した。

以上の測量要点に置かれた陵・古墳の事例からは、これらの建造物は東西軸設定の事蹟を示すものと考える以外に理解のしようがない。しかし何故測量の要点に陵・古墳を置いたのか、他の代替施設ではいけなかったのかなどの問題が残される。この問題については（その２）以降で履中陵・継体陵の位置設定法を示した上で考えたい。

(2)　南北座標軸設定の方法

南北軸の好位置は図・３に示す網目のゾーンである。このゾーンに座標軸を設けるとき、設定法がわかり易くＰｏ点またはＣ点からの距離を容易に算出できる方法を選ぶとすれば、図・16に示すようにＣ点から見通す真南の方位線と、Ｂ点から見通すＰｏと逆方向の方位線との交点Ｇを定め、Ｇ点からＣＧ線に対し角度30°を振った方位を見通し、東西軸との交点P_3を定めるのが賢明である。

図・16に示す△Ｐｏ ＡＣの各辺の距離は、東西軸設定時に既に求められている。したがって辺ＣＧの距離は△Ｐｏ ＣＧと△Ｐｏ ＡＣが相似形であるから容易に求められる。ＣＧの距離が定まれば△CGP_3は$1:\sqrt{3}:2$三角形であるから各辺の距離も容易に算出される。（算定法－４　参照）

以上の方法で求められるP_3点は、Ｐｏ点から

の距離が18,160m、経緯度は北緯34°33′31″、東経135°48′37″となり、この子午線上には天智陵、藤原宮が置かれ、またP₃点から北45°東の方位線上には石上神宮、北45°西の方位線上には法輪寺が、またCG線の南延長上には第6代孝安天皇陵が置かれている。さらに基本線全体の説定とそれらを用いて設定されたとみられる諸遺跡の位置を、三角形の基本図形によって無理なく説明することができる。これらはP₃点を原点とする平面直角座標系を用いての検証結果であり高精度の測量によって位置が定められたことが確かである。

位置相互間の測線の規模、三角形利用の精度等からみて、これらは決して偶然の事象ではなく、単に位置設定だけを目的にした行為とも思われない。少なくとも高度な技術と厖大な労力を伴った科学的思考に基づく行為であり、強大な権力の存在を示唆するとともに都市計画もしくは地図作成を意図した国家的施策であった可能性が強い。

算定法－3

△ECFの辺FCを実測し、三角形の他の辺の距離は辺の比を用いて算定する。

FCの実測距離はm単位で1.020mとする。△ECFと△BECは相似であるから

$$\frac{EC}{FC}=\frac{BC}{EC}\quad \therefore EC=\frac{BC}{EC}\cdot FC \cdots\cdots ①$$

辺の比 $\frac{BC}{EC}=2.807 \quad \therefore \quad EC=2.863\mathrm{m}$

また $\frac{BE}{EC}=\frac{BF}{EF}\quad \therefore BE=\frac{BF}{EF}\cdot EC \cdots\cdots ②$

辺の比 $\frac{BF}{EF}=2.623 \quad \therefore \quad BE=7.511\mathrm{m}$

PoA＝PoB＝AE＝BEであるから、いずれも7.511mである。

また、AC＝AE＋ECであるから　AC＝7.511＋2.863＝10.374m

△PoACと△ACDは相似であるから、

$$\frac{PoC}{PoA}=\frac{AC}{AD}\quad \therefore \quad PoC=\frac{AC}{AD}\cdot PoA \cdots\cdots ③$$

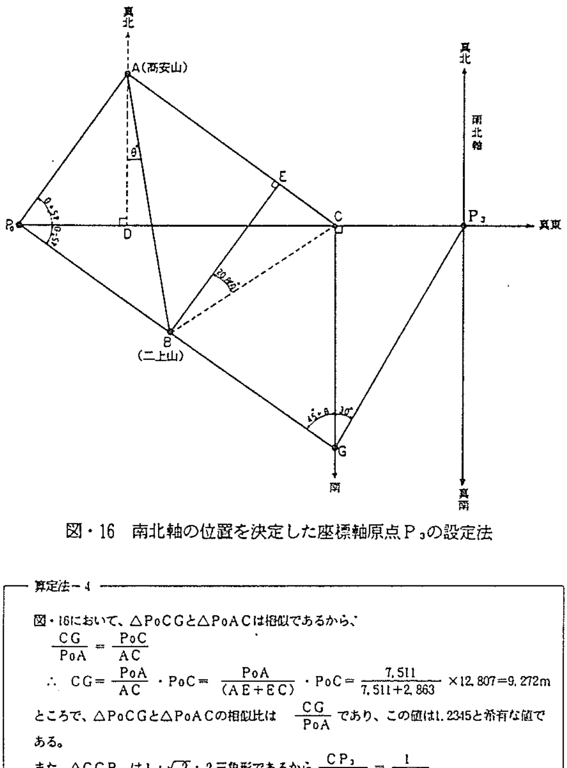
辺の比 $\frac{AC}{AD}=1.705 \quad \therefore \quad PoC=12.807\mathrm{m}$

また、$\frac{DC}{AC}=\frac{AD}{PoA}\quad \therefore \quad DC=\frac{AD}{PoA}\cdot AC \cdots\cdots ④$

辺の比 $\frac{AD}{PoA}=0.810 \quad \therefore \quad DC=8.402\mathrm{m}$

PoD＝PoC－DCであるから　　PoD＝12.807－8.402＝4.405m

④式より　$AD=\frac{DC}{AC}\cdot PoA=\frac{8.402}{10.374}\times 7.511=6.083\mathrm{m}$



図・16　南北軸の位置を決定した座標軸原点P₃の設定法

算定法－4

図・16において、△PoCGと△PoACは相似であるから、

$$\frac{CG}{PoA}=\frac{PoC}{AC}$$

$$\therefore \quad CG=\frac{PoA}{AC}\cdot PoC=\frac{PoA}{(AE+EC)}\cdot PoC=\frac{7.511}{7.511+2.863}\times 12.807=9.272\mathrm{m}$$

ところで、△PoCGと△PoACの相似比は $\frac{CG}{PoA}$ であり、この値は1.2345と希有な値である。

また、△CGP₃は1：$\sqrt{3}$：2三角形であるから $\frac{CP_3}{CG}=\frac{1}{\sqrt{3}}$

$$\therefore \quad CP_3=\frac{CG}{\sqrt{3}}=\frac{9.272}{1.732}=5.353\mathrm{m}$$

$\therefore \quad PoP_3=PoC+CP_3=12.807+5.353=18.160\mathrm{m}$

このP₃点の座標値を求めるためにCG線、GP₃線をX、Yで表せば

CG線：X＝296.8795Y＋6.598.941　　GP₃線：X＝1.71865Y－129.929

よって、P₃点座標値はGP₃線と東西軸の両式を連立に解いて次のように求められる。

P₃点座標値　X＝－159.954　,　Y＝－17.412

この座標値から経緯度を求めると、東経135°48′36.824″　北緯34°33′31.410″

また、子午線収束角は6′27.53″、よってP₃点を通る南北座標軸は次式で表される。

X＝532.25455Y＋9.108.028.3

註

1）原島礼二『大王と古墳』学生社・1971
2）薮内　清『中国の科学と日本』朝日新聞社・P52・1978
3）『萬葉集一』新潮日本古典集成　校注・新潮社・P120・1976
4）坪井清足・岸　俊男編『古代の日本・5近畿』角川書店・P258・1970
5）渋谷茂一「大和の古道と藤原宮の聖定」『東アジアの古代文化』52号・1987
6）木村俊晃「古代地域計画の原理・その4・聖山論」『第五回日本土木史研究発表会論文集』土木学会・P237・1985
7）原　秀禎「古代の古市大溝に関する地理学的研究」の古市古墳群地域の地形分類図を参考にした。『人文地理』第31巻第1号・P30・1979
8）白石太一郎「畿内における大型古墳群の消長」『考古学研究』第16巻1号・P10・1969
9）野上丈助「摂河泉における古墳群の形成とその特質」『考古学研究』第16巻3号・P66・1970
10）前出　6）P232
11）実地検証によると、現在の三角点は大和盆地と大阪湾方面を観測する絶好の場所にあり、この付近に観測場所を設けるとすれば、時代に関係なくこの場所を選ぶであろう。
12）二上山は雄岳（約520m）と雌岳（474.2m）から成り、雄岳のほうが約50m高く、両岳の隔りは約400mある。国土地理院設定の三角点は標高の低い雌岳に設けられており、何故低い雌岳に設けられたかは明らかでないが、北々東の観測以外では高い雄岳が障害になることはない。
13）『日本書紀』（上）校注　日本古典文学大系・岩波書店・P242・1965，前出　4）P100
14）薮内　清編『科学の名著2・中国天文学・数学集』朝日出版社・1980

参考文献・資料

1　『日本書紀』（上・下）日本古典文学大系・岩波書店・1965
2　『続日本紀一』新日本古典文学大系・岩波書店・1989
3　末永　雅雄『日本の古墳』朝日新聞社・1961
4　土木学会編『土木工学ハンドブック上巻』・1974
5　式内社研究会『式内社調査報告』（第三・第四・第五巻）皇学館大学出版部・1977
6　井上光貞『日本の歴史1』（神話から歴史へ）中央公論社・1973
7　泉森　皎・河上邦彦・伊藤勇輔『大和の古墳を語る』六興出版・1984
8　『日本歴史地図（原始・古代編〈下〉）』柏書房・1982