パルテノン神殿の設計手順

DESIGN PROCEDURE OF THE PARTHENON

五島利兵衛*
Rihee GOSHIMA

This study employs the grid method to examine the design procedure used in the Temple of Parthenon (built 447-432 B.C.). The grid method is a new point of view : it has recently been applied in analyzing the design by J.J. Coulton, R. Tobin and K. Horiuchi. This study started by regarding the grid in round number 15 doric feet proposed by Horiuchi as a 1st plan grid (7×15 units) and the grid in intercolumnar units proposed by Coulton as a 2nd plan grid (8×18 units, each unit measures 13 1/8 doric feet). Both grids were also employed to analyze the facade design.

Keywords : design procedure, grid method, grid symmetry

序

本研究は、グリッド法にもとづいてパルテノン神殿(前447-432)の設計手順について考察したものである。

グリッド法とは碁盤目状の図形を用いた設計方法のことで、その設計手順とは、グリッドからグリッドを派生させながら順を追って設計することで、その手順は、現場で施工する際の作業手順とも対応している^{注1)}。

パルテノン神殿は、アテネのアクロポリスに位置し、前面8柱・側面17柱のドリス式周柱神殿で、守護神アテナを祀ったものである。規模的には基壇矩形30.88m×69.60m、柱高10.43mの大神殿である。建設工事は、フェイディアスの総監督のもとにイクティノス、カリクラテスが設計施工した^{注2)}。

ギリシア人の一族ドーリア人がバルカン半島に定着したのは前12世紀であった。この時期から前9世紀までは「暗黒時代」であった。ミュケーネのメガロンを範として神殿をつくり始めたのは前9世紀頃で、周囲に円柱をめぐらした周柱形式を採用したのは前8～7世紀頃である^{注3)}。柱が軒を支える構造形式を建築美として追求する造形方法は、古拙期(前7,6世紀)、古典期(前5,4世紀)を通じて一貫した。そして、建築を構成する基壇、柱、梁(エンタブラチュア)、切妻屋根(ペディメント)の各部分、及び全体を美的にするために、寸法計画を比例と調和の法則に従わしめた。比例と調和という考え方は、当時の自然科学や哲学、宇宙秩序の考え方と結びついていた^{注4)}。造形的には、神像を理想的人間像として制作する美術的方法と軌を一にしていた^{注5)}。ローマ

時代の建築家ヴィトルヴィウスは書築書(前50年頃)を著わし、「神殿の構成はシュムメトリアから定まる……。これはギリシア語でアナログアという比例から得られる……。シュムメトリアまたは比例を除外しては、すなわち、容姿の立派な人間に似るように各肢体が正確に割付けられているのでなければ、いかなる神殿も構成の手段をもちえない」と述べている^{注6)}。

ギリシア人にとって美とは調和(シュムメトリア又はシンメトリー)であり、それは比例の法則によって達成されたと考えた。古典期にギリシア本土、ペロポネソスおよび南イタリア、シシリーでは数多くのドリス式周柱神殿が、比例の法則にもとづいてつくられた。その造形美の頂点に立つのがパルテノンである。後にギリシア神殿は古典建築と呼ばれ、その造形理念はヨーロッパ建築の根本を形づくった。しかし、比例法則の全容は未だ明らかではない。

パルテノンその他ギリシア神殿建築について多くの考古学的調査や実測が行われ、比例に関する研究は今日まで数多くなされている。だが、その成果について、ディンズムアが「ギリシア神殿、特にパルテノン神殿の平面を、一連の同心円・同心正方形;5角形又は星形5角形;6角形又は星形6角形(正三角を2つ逆さに重ねたもの);8角形;10角形;『回転正方形』;『黄金分割』などのようなやや複雑な幾何学から導こうとする現代の多くの試みには、その論拠に一言警告をせねばならないであろう」^{注7)}と述べているように、「今なお、満足な方法は得られていない。」^{注8)}

本論文の一部は注14の書及び本学会大会梗概「パルテノン神殿の設計手順」(H. 1. 10)において既に発表したものである。

* 大同工業大学 教授・工博

Professor of Daido Institute of Technology, Dr. Eng.

こうした中で、近年パルテノンを含むドリス式周柱神殿の設計法に関してグリッド法という新しい方法論が展開されている。それはJ.J. クールトン、R. トビン、堀内清治の3者による研究である^{註9)}。クールトンの研究について、トビンは「ドリス式神殿設計を合理的に説明する重要なステップである」と述べている^{註10)}。クールトンは、提案される設計方法が実際に使われたかどうかは、その方法が簡単であること、遺構の実測値に一致すること、同じ地域・時代の一群の建物に共通することの3つの判断基準で測られるとしている^{註11)}。上記3者の研究は、このような基準のもとに実測値から設計方法を復原することを課題としているが、その場合、クールトンは基壇比（基壇上面の正面幅と奥行の比）に、トビンはギリシア数学の平面数^{註12)}に、堀内は完数尺単位に注目した。そして、いずれも平面設計に限定されるがグリッドを採用している。グリッドは設計施工上最も簡単で、分りやすいだけでなく、遺構の柱や柱間数と対応し、当時のモジュールの考え方とも一致している^{註13)}。

ギリシア神殿の設計には平面設計だけに限定しても、柱間寸法が先か基壇寸法が先かという決定順序の問題、同じく、神室が先か周柱が先かという問題、更に、基壇比の実現法、隅柱間の短縮法などの問題がある。クールトンやトビンはこれらの問題を解決する方法として、最初に柱間単位のグリッドが設定され、次にそのグリッド寸法を修正して柱間や基壇の大きさが決定されたと考えた。グリッドの設定は最初の一回だけである。

堀内は、パルテノンの設計手順の研究で、平面グリッドの単位が間であるという考えを捨て、1単位（これをMと略記）15尺の完数尺で、7M×15Mの平面グリッドから設計がスタートしたと説いた^{註14)}。堀内もクールトン、トビンと同じくグリッドの設定は一回だけである。本研究は、グリッドの設定は一回に限定せず、堀内の提案を第1の平面グリッド、そしてクールトン、トビンの柱間単位のグリッドを第2の平面グリッドと考えることから出発している。堀内においてグリッドは実測寸法すなわち施工寸法とは直接関わってこない。その意味でグリッドは設計法上非本質的である。しかし、本研究ではグリッドが設計施工寸法を決定する方法であり本質的役割をもっている。そのグリッドは単一のものではなく、複数のグリッドからなり、グリッドの単位、グリッドの派生（分割・倍数）、グリッドの組み合わせなどが設計法上の検討課題である。そしてこの派生関係や組み合わせも調和の法則にもとづいていると考える^{註15)}。

グリッドによる設計方法を推定復原する場合、当然ながら推定寸法値が実測値と一致しなければならない。本研究は、この点でディンズムアや堀内ら先学が提示したドリス尺で表現された設計施工寸法を踏襲し、その寸法値と完全に一致することを考察の基準とした。そのドリ

ス尺寸法値を示すと次の通りである。

主要各部寸法^{註16)}

1 尺=0.3275 m, 実測値はペンローズによる, 1 ft=0.3048 m	推定寸法値	実測値	誤差
身廊内法幅=30 尺=9.825 m		9.825 m	0.000 m
標準柱間 $I=13\frac{1}{8}$ 尺=4.298 m		4.297 m (東・平均)	0.001 m
隅柱間 $I_A=11\frac{1}{4}$ 尺=3.684 m		3.668 m (東北隅)	0.016 m
柱径 $D=5\frac{5}{6}$ 尺=1.910 m		1.903 m (東・平均)	0.007 m
柱高 $H=31\frac{7}{8}$ 尺=10.439 m		10.430 m	-0.009 m
基壇幅 $W=94\frac{1}{2}$ 尺=30.949 m		30.889 m (東)	0.060 m
基壇奥行 $L=212\frac{5}{8}$ 尺=69.635 m		69.541 m (北)	0.094 m
$OW=103\frac{1}{8}$ 尺=33.773 m			
$OL=221\frac{1}{4}$ 尺=72.459 m			
$PW=88\frac{1}{8}$ 尺=28.861 m			
$PL=206\frac{1}{4}$ 尺=67.547 m (記号は注 44 参照)			
エンタブラチュア高=42 尺=13.755 m			

本研究で、グリッド法の出発点が身廊内法幅（スタイロベート内法間）の30尺という解釈にあり、この点から1ドリス尺=0.3275 mという堀内説を採用するとともにペンローズの実測値を上記以外の実測値においても利用した^{註17)}。

上記のドリス尺寸法値の中で、ディンズムアと堀内の尺寸法値が異なっている W , L , I_A についてディンズムアのものを採用した。それは、両者とも許容誤差内にあるが^{註18)}、クールトンの平面公式 $W=I_w(N_w+\frac{1}{5})$, $L=I_L(N_L+\frac{1}{5})$ 及び筆者の双正方形の適用による $I_A=\frac{6}{7}I$ の式に合致するからである^{註19)}。また、 W , L についてディンズムアの尺寸法は4対9の比例でできているからである。

本研究は先ず、パルテノン神殿の設計法に関する研究と問題点を述べる（第1章）。この中で特にグリッド法に関するクールトン、トビン、堀内の研究について詳論する。これらの研究はドリス式周柱神殿の設計法として考察されているのでそのような視点から論ずる。次いで、本稿のテーマであるパルテノン神殿の設計手順について図解しながら論ずる。この設計手順を第2章とした。第3章でまとめた。

本研究の目次は次の通りである。

1. パルテノン神殿の設計法に関する研究と問題点
 - (1) 数学的比例法
 - (2) 幾何学的比例法
 - (3) グリッド法
 - ① クールトンの平面公式

- ② トピンの平面数
 - ③ 堀内の平面グリッド
 - ④ 本研究のグリッド法：グリッド・シンメトリー
2. グリッド法にもとづくパルテノン神殿の設計手順
- (1) 神室平面の設計手順
 - (2) 平面の設計手順
 - (3) 立面の設計手順
3. 結び

1. パルテノン神殿の設計法に関する研究と問題点

パルテノン神殿の設計法の研究史の詳細な考察は別の機会に譲り、重要な研究を歴史的に列挙すると次の通りである。

- ① 1751-54年 2人のイギリス人リヴェットとスチュアートによる調査^{注20)}
初めての科学的調査、その後の設計法研究の出発点となる。
- ② 1840-47年 ペンローズによる実測調査^{注21)}
前記の調査をより完全なものにした。比例の指摘、曲線の原理の発見。その後の比例法研究の科学的資料として活用される。
- ③ 1857年 ワトキス・ロイドの数学的比例理論^{注22)}
5の差でつくられた比例(1:6, 2:7, 3:8, 4:9, 5:10など)と1の差でつくられた比例(1:2, 2:3, 3:4, 4:5など)で設計されたと説く。
- ④ 1924年 ハンビッジのダイナミック・シンメトリー^{注23)}
神殿正面は4つの正方形と6つの $\sqrt{5}$ 矩形で構成して設計されたと説く。
- ⑤ 1925年 R. W. ガードナーの $\sqrt{5}$ の比例理論^{注24)}
柱頭成→柱径→柱間→柱身→神室幅→神室奥行は、柱頭成を1としてこれに $\sqrt{5}$ を次々と乗じて設計されたと説く。
- ⑥ 1950年 デインズムアの4対9の比例の重視^{注25)}
基壇比、柱径・柱間比、オーダー総高・基壇幅比が同一の4対9の比例は偶然ではなく、検討すべき内容であると説く。
- ⑦ 1974年 クールトンの平面公式^{注26)}
パルテノンの平面は、 $W:L=C_w:(C_L+1)$;
 $W=I_w(N_w+\frac{1}{5})$, $L=I_L(N_L+\frac{1}{5})$ の公式により設計された、と説く。 W :基壇幅、 L :基壇奥行、 C_w , C_L :柱数(W は正面、 L は側面)、 I_w , I_L :柱間(同)、 N_w , N_L :柱間数(同)。
- ⑧ 1988年 堀内の平面グリッド^{注27)}
パルテノンの平面は、 $1M=15$ 尺とすると、 $7M \times 15M$ のグリッドより出発して設計されたと説く。

以上を設計方法論として分類すると(1)数学的比例理論、(2)幾何学的比例理論、(3)グリッド法の3つに分類できる。これらの方法論の特徴、問題点について以下検討する^{注28)}。

(1) 数学的比例理論

L. D. カスケイは、パルテノン神殿の比例法に関する研究について次のように述べている。

「文献記録がないので(比例システムが各寸法に合致しているかどうか)究極の疑問には答えられない。パルテノンの建築家が数学的比例を使って設計したかどうかさえわからない。仮りに、その比例を使っただとしてもそれを再発見する手がかりもない。ヴィトルヴィウスの諸規則は、ギリシア建築の実際の比例を反映していると言われるが、5世紀以後のイオニアの建築でさえ正確に適合していない。ドリス式周柱神殿には明らかに当てはまらない。この問題を解決する唯一の方法は、現存する建物に色々な設計システムを適用し、適合度の強さを判定することである。

過去に多くの試みがなされたが、その結果は残念ながら著者の思い違いである。これまでの分析方法には2つある。1つは、ワトキス・ロイドによるパルテノンの比例の研究であり、もう1つは幾何学的なもので、その代表的なものはハンビッジのダイナミック・シンメトリーによる比例理論である」^{注29)}

ワトキス・ロイドの比例理論の要旨は次の通りである。

「パルテノンには、厳密な比例で施工された。その比例は、1:6, 2:7, 3:8, 4:9, 5:10など5つの差の比例関係と、4:5, 5:6, 6:7などの1の差の比例が用いられた。比例には同一又は平行する直線内での直線的比例と、直交関係にある長方形比例の2種類がある。上記の比例は、ある時は直線的比例として、ある時は長方形比例として用いられた。」^{注30)}

ワトキス・ロイドの比例理論についてカスケイは、
「彼は、この比例に合致するいくつかの例をあげているが、彼の理論はほとんど顧みられなかった。不完全な調査が支持を得られなかったのである。また、円柱高と隅柱のアバクス幅は1:5などにみられるようにこのような数列に属さない比例が実際に使われている。パルテノン神殿の基壇比4対9は簡単な比であるが、ロイドの理論では、その比の美学的重要性や設計実務上の有用性は明らかではない。」^{注31)}と述べている。最後の「美学的重要性」とはハンビッジのダイナミック・シンメトリーの意義を念頭においている言葉である。基壇比の4対9などその後理論的考察の上で重要な指摘を含んでいる。更に重要なことは比例の数列はギリシア数学の平面数の理論と結びつくことである^{注32)}。

(2) 幾何学的比例

1924年、ハンビッジは、パルテノンに「ダイナミック・シンメトリ」と命名される比例理論にもとづいて設計されていると主張した。ハンビッジの主張は、ロイドの数学的比例理論に対して幾何学的比例理論を示している。

幾何学的比例理論についてカスケイは次のように述べている。

「ギリシア建築の比例を分析するもう1つの方法は、幾何学的なもので……これは描き方で一致性が変わるので……正確な数値的資料にもとづかない限り意味がない。」

そして、ハンビッジのダイナミック・シンメトリについて次のように述べている。

ハンビッジは、ギリシア人は数学的であると同時に幾何学的であるシンメトリを知っていたということを喚起したのである。ルート矩形が使われていたことはプラトンのテアイテトス^{註33)}やユークリッドの黄金分割^{註34)}によって知ることができる。

「ハンビッジの理論に対して、芸術家は数学者ではない、ダイナミック・シンメトリーはギリシアの職人には理解できない、イクティノスのような建築家にさえ実施できない、などの批判がある。しかし、幾何学は土地測量法から漸次発展してきたもので、ハンビッジによるパルテノンの比例は直角をつくる方法と同じように簡単に杭と縄で施工できる。

唯一、彼の理論への批判は、比例が無理数であるということである。それは、万物がそのような調和(analysed in accordance with it)をもっているということである。そして、今まで不明であったことは、正方形から簡単に求められる($\sqrt{5}$ 矩形、その逆数、黄金比など)わずかの無理数比を繰り返し利用している点である。」^{註35)}

カスケイは、ハンビッジの説について「ペンローズの実測値が正しいと仮定するならばユークリッド幾何学によって証明されたとしなければならないであろう」^{註36)}としながらも、今後の検討に付す問題として次の点をあげている。

- ① この理論は、前5世紀のギリシア人に知られていた数学的比例と一致するか。
- ② これらの原理は、数学者と同様芸術家にも理解されるほど簡単であるのか。幾何図形は定規とコンパス、あるいは地面上での杭とロープで、そして数学的計算なしで作れ得たか。
- ③ 幾10尺、幾100尺として実測されているパルテノンの最も重要な寸法がこれらの幾何図形と正確に一致するか。
- ④ これらの幾何図形の採用は、設計を実施する実際の助けとなっているのか。
- ⑤ このような設計システムの利用は、パルテノンの

至高の特性と讃えられる比例と調和をつくりだす上で寄与しているか」^{註37)}

以上、カスケイの主張で特徴や問題点は言い尽されている。カスケイの主張の中で数学的比例との関係が問題点として指摘されているが、R. カーペンターは、ギリシアつばに関してであるが、ダイナミック・シンメトリの比は、スタティック・シンメトリの比とほとんど変わらず、 $\sqrt{5}$ は4対9に、 $\sqrt{3}$ は4対7に、黄金比1.618は5対8に、黄金比系列の1.309は3対4に置換できることを明らかにしている^{註38)}。

ハンビッジの理論が公刊された翌年の1925年、R. W. ガードナーが $\sqrt{5}$ の連続比例論を発表している。すなわち、パルテノン神殿は、柱頭成を1として、柱径、柱間、柱身、神室外法幅、神室外法奥行は $\sqrt{5}$ を次々と乗じた寸法で設計されたという^{註39)}。

柱頭成を a 、柱径を b 、柱間を c 、柱身を d 、神室外法幅を e 、神室外法奥行を f とする。 a は実測値 0.8589 m (以下、すべてペンローズによる。フィートをメートルに換算) で、 $b = \sqrt{5} a = 1.9206$ m (実測値 1.905 m)、 $c = 5 a = 4.2945$ m (実測値 4.2968 m)、 $d = 5 \sqrt{5} a = 9.6028$ m (実測値 9.58 m)、 $e = 25 a = 21.4725$ m (実測値 21.484 m)、 $f = 25 \sqrt{5} a = 48.0140$ m (実測値 48.349 m) である。以上で f のみが 30 cm 以上の誤差をもち、他はすべて実測値と一致している。 e に対して4対9の比を用いると $f = 21.4725 \times \frac{9}{4} = 48.313$ m で実測値と一致する。

ガードナーの説は比の連続性という点で興味深い、柱頭成が出発点ではなく柱間(これを I と略記)を出発点として前後に連続したと考えた方が合理的である。そして、カーペンターが指摘するように $\sqrt{5}$ は4対9の比に置き換えることができる。このようにしてガードナーの説を練り直してみると次のようである。柱間 $I = 4.2968$ m である。柱径 $= \frac{4}{9} I = 1.91$ m (実測値 1.905 m)、柱身 $= \frac{9}{4} I = 9.668$ m (実測値 9.58 m)、神室外法幅 $= 5 \times \frac{9}{4} I = 48.339$ m (実測値 48.349 m) である。柱頭成 $= \frac{1}{5} I = 0.8597$ m (実測値 0.8589 m)、神室外法奥行 $= 5 I = 9.612$ m (実測値 9.58 m) である。この中で柱身については $\sqrt{5}$ の比例(柱身 $= \sqrt{5} I = 9.608$ m)が実測値に対して正確であるが、他の寸法では4対9の比例の方が実測値に一致している。

ガードナーの説で残念なことは、基壇比の4対9、正面比(基壇上面よりコーニス上端までと基壇幅の比)の4対9が、上記の連続比例と結びついていないことである。

ガードナーの説について、滝沢真弓は、ハンビッジ説への批判を行ないながら次のように評価している(一部要約・構成・かなづかいも現代風に修正)。

「混沌たるパルテノン論の渦中において1つの期を画した人はハンビッジである。彼はパルテノン研究の上に

数の適用と解釈し、そこから算術的に $W, L; PW, PL$ などを演えき・決定するのである。これには3つのグループに分けられる^{註50)}。

第1のグループ(列柱拡大型)の設計手順
オリンピア・ヘラ神殿の例、柱数 6×16

$$\begin{aligned} a \times b &= 6 \times 16 \longrightarrow W \times L = 6 \times 16 \\ &\quad \uparrow \\ &\quad X \text{を1単位とする} \\ &\longrightarrow PW \cdot PL = 5 \times 15, X = 3.129 \text{ m} \\ &\quad \uparrow \\ &\quad \text{両項1減算} \end{aligned}$$

実測値との対応から PW, PL はともに 1.69 m 拡大される。

第2のグループ(列柱短縮型)の設計手順
セリヌス D 神殿の例、柱数 6×13

$$\begin{aligned} a \times b &= 6 \times 13 \longrightarrow OW \times OL = 18 \times 39 \\ &\quad \uparrow \\ &\quad X \text{を3単位とする} \quad (6 \times 13) \\ &\longrightarrow W \times L = 16 \times 37 \longrightarrow PW \times PL = 15 \times 36, \\ &\quad \uparrow \quad \quad \quad \uparrow \\ &\quad \text{両項1減算} \quad \quad \text{両項1減算} \quad (5 \times 12) \\ X &= 4.57885 \text{ m} \end{aligned}$$

これらはすべて実測値に対応して修正される。 OW, OL はともに 3.9 cm 拡大, W, L はともに 7.8 cm 縮小, PW, PL はともに 1 m 05 cm 縮小される。このグループは3単位その他2, 5単位が用いられる。

第3グループ(等間隔柱間型)の設計手順
パルテノン神殿の例、柱数 8×17

$$\begin{aligned} a \times b &= 8 \times 17 \longrightarrow OW \times OL = 24 \times 51 \\ &\quad \uparrow \\ &\quad X \text{を3単位とする} \quad (8 \times 17) \\ &\longrightarrow W \times L = 22 \times 49 \longrightarrow PW \times PL = 21 \times 48 \\ &\quad \uparrow \quad \quad \quad \uparrow \\ &\quad \text{両項2減算} \quad \quad \text{両項1減算} \quad (7 \times 16) \\ X &= 4.2916 \text{ m} \end{aligned}$$

これらはすべて実測値に対応して修正される。 PW, PL はともに 64 cm 拡大, W, L はともに 60 cm 縮小, PW, PL はともに 1 m 20.5 cm 縮小される。このグループは3単位その他, 2, 4単位が用いられる。

トビンの平面数による平面の設計手順は、数学的技巧の美しさとは裏腹に実測値との対応による修正を施さざるを得ない。トビン自身も認めるように円柱の位置は試行錯誤によらねばならないのである^{註51)}。

③ 堀内の平面グリッド

堀内はクールトンとトビンから出発している。 W, L の実測値から柱間や柱間の再配分に関する厳密な公式をつくる。その公式は次の通りである。

$$\text{Rule 1} \quad I = \frac{L - W}{C_L - C_W}$$

$$\text{Rule 2} \quad K_2 = \frac{2(N_L \cdot W - N_W \cdot L)}{L - W}$$

$$\text{Rule 3} \quad K_3 = \frac{2(C_L - 3) \cdot W - (2C_W - 3) \cdot L}{2(L - W)}$$

ここで、 K_2, K_3 は Rule 2, Rule 3 の常数であるがクールトン第3公式の kI の k を K_2 と K_3 に細分したものである^{註52)} つまり、 $K_1 = N_W - 1$ とおくと、 $W = (K_1 + K_2 + K_3)I$ によって基壇幅(及び奥行)を求めようとしたものである。 $K = K_1 + K_2 + K_3$ として $W = K \cdot I$ とおく。設計手順の上で $K \rightarrow K_1 + K_2 + K_3$ の順序と考えるのが自然であるから、 K と I が先に決定され、それに伴って W が後で決定されたことになる。しかし、この方法で基壇比が成立するのであろうか。基壇に比例を与えるためには基壇が予め決定され、それを柱数で割って柱間を決定する順序を踏まねばならないであろう。この矛盾のためにクールトンは柱間(I)を想定し、 $W = K \cdot (I)$ を考えた。トビンは(I)を数値的計算のために X とし、 $(K_1 + K_2 + K_3)X \rightarrow (K_1 + K_2)X \rightarrow (K_1)X$ というような手順を構想し、これが W, PW などの規模決定として対応させた。

堀内は(I)や X を実在性のないものとして否定し、単位として実在している古代尺に注目し、基壇寸法や柱間寸法が古代尺としてどれだけの大きさを施工されているかを重視した。古代尺による寸法計画を通して当時の設計技法を推定しようというのである。しかし、基壇寸法と柱間寸法の順序問題は棚上げされた。

堀内による古代尺の換算^{註53)}の過程で重要なことは、指尺、掌尺、尺の各段階で端数尺をどう丸めるかであり、その過程で、クールトンの平面グリッドの単位が端数尺であることに疑問が生じたことである。そして、最初に設定されるグリッド単位は完数尺と考え、パルテノン神殿では1単位(これを M と略記)15尺で、 $7M \times 15M$ の平面グリッドより設計がスタートとしたと説いた^{註54)}。この完数尺単位はクールトン、トビンらの、柱間単位への固執を打ち破っている。また、この単位は、神室と周柱の設計順序について、神室の設計を先とする考えを表明している。このことについては次項で論ずる。

堀内の設計手順は、

- (1) 最初に完数尺単位の平面グリッドを設定する。
- (2) 柱間、基壇寸法などは上記グリッドと古代尺の加減乗除(端数をまるめることを含む)によって決定する、という2段階で構成されている^{註55)}。

堀内において、柱間単位の平面グリッドが完数尺単位の平面グリッドに置き換えられただけで、柱間寸法、基壇寸法の決定順序が設計法の問題として考察されていない。また、(2)の段階は試行錯誤的で、その方法は次のような問題点をもっている。

- 1) 比例との関係が不明である。
- 2) 古代尺の加減乗除は設計者しかわからない。
- 3) 古代尺の施工寸法の指示は、膨大な量にのぼり、混乱や間違いを起こしやすい。
- 4) 部材寸法表をつくっておけばこのような混乱は防

止できるが、そのような資料は今のところ存在しない。

以上の問題を回避又は軽減するためには、ヴィトルヴィウスの言うモジュール（モデュラー）・システムを採用されていたと考えなければならないであろう^{註56)}。モジュール・システムを施工の作業法としてみた場合、作業の各段階毎に、柱間寸法、柱径などを現寸大で製作しておき、それに対して、何分の1で製作という指示を与える。施工者は、それをもとに現寸製作定規をつくる。例えば、後述の計算式で、エンタブラチュア（成）製作の現寸定規をつくり、それを9:9:4に分割してアーキトレイズ、フリーズ、コーニス（成）を製作したと推定される。

④ 本研究のグリッド法：グリッド・シンメトリー

本研究のグリッド法は円形より出発する。古代ギリシアでは、万物の根源は円形（又は球体）と考えられた^{註57)}。従って建築の形態も、力学的法則も円形をもとに考えていたであろう。そして、力学的法則にもとづく形態の作図法として、円形に外接、内接する2つの正方形（これを双正方形という）^{註58)}を利用したと推定する。更に、ギリシア人はこの双正方形を7×7のグリッド図形に還元して用いたであろう（図-1参照）^{註59)}。このグリッド図形は単位寸法のない点集合と考えれば平面数であり、単位寸法を導入すればモジュール・システムとなる^{註60)}。

図-1 グリッド・シンメトリーの基本図形：双正方形と7×7

ギリシア神殿では柱数が先に決定された。この柱数決定法は上記グリッドを用いて次のように決定されたであろう。6×13柱の場合を考えてみよう。双正方形のグリッド図形で、内接正方形は5×5グリッドである。外接正方形の7×7グリッドと組み合わせて、幅5×奥行6単位のグリッドの平面比ができる。これが、ギリシア神殿の影響を受けたエトルリア神殿である。これより推測して奥行6単位の2倍の12単位、すなわち5×12グリッドが6×13の柱数決定法であろう。この場合、円柱はグリッド交点に建てられる^{註61)}。次にパルテノン神殿の8×17柱の決定法を考えてみよう。上記の幅と奥行の構成に対応して幅7×奥行8のグリッドをつくり^{註62)}、奥行8単位を2倍して16単位とする。かくしてできた7

×16グリッドが、8×17の柱数を決定する。ここではグリッドの単位の大きさは問題にしない。

基壇比は柱数比（正面柱数と側面柱数の比）に連動する。 $W:L=C_w:(C_l+1)$ というクールトンの平面公式において、奥行の柱数単位が1単位増加していることに注目する。このことは基壇規模と、周柱軸線の長方形がおおむね合致することを考えると、 $C_w \times (C_l+1)$ として初めに構成された基壇が、 $W \times L$ の基壇（実施された規模）に比例縮小（比例を維持しながら縮小すること、縮小相似形をつくること）されたことを推定させる。このことは基壇 W, L の実測値を等分割してもグリッド単位はでてこないことを示す。トビンの分類する第3グループのみが柱間にグリッド単位を保持している。パルテノン（第3グループ）の基壇規模は8対18（4対9）の比になっているので、これを柱数決定の7×16のグリッドとの関係でみると、幅において1単位、奥行において2単位増加している。つまり、この分量だけ基壇規模に比例縮小がかかっている（厳密には幅において0.8単位、奥行きにおいて1.8単位縮小）。ここで、4対9は、 $9=4 \times 2 + 1$ であることに注目する必要がある。 $W:L=C_w:C_l$ という関係が幾何学的に実現不可能な状況下で、 $L=W \times 2 + 1$ （ W, L を4と9の単位数とする）の関係式と、 $C_l=C_w \times 2 + 1$ という関係式の形の一致ということを実現している^{註63)}。つまり、比の一致が関係式の一致に置換されたのである。しかも、4対9は、 $1:\sqrt{5}$ 、（2つの正方形の辺長と対角線の比）の整数近似解という絶妙の比を示している。

次に、基壇寸法と柱間寸法の先決問題である。この点で、パルテノンにおいて堀内の発見した平面グリッドが画期的意義をもっている。前述の堀内の公式は

$$W = K_1 I + K_2 I + K_3 I = (K_1 + K_2 + K_3) I \dots\dots\dots ①$$

K_1 = 柱間数 $N_w - 1$; $K_2 = \frac{1}{2}$, $K_3 = 1$ のとき Rule 1; $K_2 \neq \frac{1}{2}$, $K_3 = 1$ のとき Rule 2; $K_2 = \frac{1}{2}$, $K_3 \neq \frac{1}{2}$ のとき Rule 3; $K_2 \neq \frac{1}{2}$, $K_3 \neq 1$ のとき Rule 4 である。

$$\text{先に、} W = KI \dots\dots\dots ②$$

とおいた。同時、この公式は矛盾をもっていることを指摘した。そこで、クールトンの（ I ）の代りに堀内の M を置いて前述のクールトンの設計手順を書き換えると、

$$\begin{array}{ccccc} \text{柱数 } C_w & \longrightarrow & \text{基壇規模 } (W) & \longrightarrow & \text{実際の柱間 } I \\ \uparrow & & \uparrow & & \\ \text{完数尺単位 } M & & \text{柱数 } C_w \text{ で分割} & & \end{array}$$

（注）神殿正面だけに注目する。（ W ）の（ ）は修正前を示す。となる。この図式で問題が起こらないだけでなく、決定法が秩序立ったものになる。これをグリッドとの関係で図式化すると、次のようになる。

$$\begin{array}{ccccccc} C_w & \longrightarrow & M & \longrightarrow & (W) & \longrightarrow & I \longrightarrow W \\ \uparrow & & \uparrow & & \uparrow & & \uparrow \\ \text{7×16の柱数} & & \text{第1平面グリッド} & & \text{第2平面グリッド} & & \\ \text{決定のグリッド} & & \text{(7×15グリッド)} & & \text{(8×18グリッド)} & & \\ \text{(8柱×17柱)} & & & & & & \end{array}$$

ここで、柱数決定のグリッドの単位は第2平面グリッドと一致させる。基壇幅 W は $(W) \rightarrow W$ として決定されたことを示す。ここでも第1平面グリッドは $15=7 \times 2+1$ の関係式となっていることが注目されよう。

以上の図式の正当性を実測値で検討してみよう。

第1平面グリッドで $(W)=7 \times M=7 \times 15=105$ 尺、 $(W) \div C_w=105 \div 8=13 \frac{1}{8}$ = 柱間 I (実測値に一致) である。この柱間単位をもとに8対18の第2の平面グリッドを組む。このグリッド内で W, L を決定する。

以上から②の式は $(W)=K'M$, K' は単位数を示す整数、と書き直すことができる。これが第1平面グリッドの正面幅の公式である。次に、 $(W)=C_w I$ で、この式より I を求め、 I による平面グリッドがつくられる。最後に、 $W=(K_1+K_2+K_3)I$ で、隅柱間の位置、基壇の大きさを決定する^{注64)}。

万物の根源は球体であるとするれば、平面に使用した円形は、立面にもそのまま適用できる。そこで、パルテノンの平面グリッドをそのまま立面にも適用する。立面では、 $7M \times 3M$ (第1立面グリッド) を出発点として、柱間 I のグリッドを併用する。ここでも $7=3 \times 2+1$ の関係式となっていることに注目される。柱間 $I=13 \frac{1}{8}$ 尺であるから柱高 $=3M$ - 柱間 $=45-13 \frac{1}{8}=31 \frac{7}{8}$ 尺 (実測値に一致) となる。更に、ペディメント成が柱間 I となっているので、柱間 I の第2の立面グリッドは $8I \times 5I$ とし、高さ $3M$ と $4I$ の水平線を一致させる。地

盤から基盤面までの高さを大体に於いて10.5尺 (3.44 m, $4I=42$ 尺) の高さ^{注65)}として考えると、8対5は黄金比の近似整数比であることは注目すべきことである。正面比 (基壇幅と、基壇上面からコーニス上端までの比) には基壇比の4対9を適用して修正される。以上の詳論は次章で行なう。

以上、グリッド法の適用においてパルテノンの形態が決定されたとすれば、(3) 節の冒頭で述べた第3の美的形態をつくりだす条件をもグリッド法は満足していることになる。簡単・正確につくることなどの施工条件を技術、美しい形態をつくることを芸術と考え、グリッド法は技術と芸術を統一した方法である。古代の設計法はシュメトリアと称されることは前述したが、本研究のグリッド法は、グリッドのシュメトリアまたは、グリッド・シンメトリーと総称できよう。

2. グリッド法にもとづくパルテノン神殿の設計手順

グリッドの共約 (シンメトリー、幾何学図形に対応した整数比例で構成された) 的図形を繰り返し使いながらパルテノン神殿の各部寸法を決定してゆく。この設計手順は大きく3つに分けることができる。

第1は、神室 (セラ又はセコス) の平面設計で、その内法規模、身廊規模、境壁による内陣 (ナオス、主室とも邦訳される) と西室 (パルテノンと呼ばれた後部の部屋) の間仕切り、前室 (プロナオス)、後室 (オピストモス) の規模などがこれに含まれる。

第2は、神殿の平面設計 (単に平面設計と略す) で、周柱 (柱の位置、柱径、柱間、隅柱間の短縮) の決定と基壇規模、階段 (クレピス) の幅の決定がこれに含まれる。

第3は、神殿の立面 (正面) の設計で、柱高、柱頭成、エンタブラチュア高 (基壇からコーニス上端まで、オーダー総高とも言う)、エンタブラチュア成、ペディメント成などがこれに含まれる。

本章において実測値は前記の主要寸法の推定値のことである。神室前後の壁厚など一部不足している寸法値はペンローズの実測値に基づき尺寸に換算した。その時はその都度明記した。堀内の論考^{注66)}を参照した時は、堀内によると明記した。その他必要と思われる事項は注記した。

(1) 神室の平面の設計手順

第1手順: 神室内法平面グリッドの設定、図-2 参照。

$1M=15$ 尺、幅 $4M^*$ 、奥行 $9M$ の

図-2 神室内法のための平面グリッドの設定 $4M \times 9M$, $1M=15$ 尺, 4対9の比例の源泉 *印は修正される寸法値, 以下、略号、印の意味は同様

図-3 神室内法の平面グリッドによる平面設計 (堀内による)

図—4 神室外法平面の決定
4対9の比例を利用

図—5 側壁厚の決定
神室内法幅を $\frac{1}{10}M$ 縮小

図—6 境壁の位置と厚さの決定その1
(堀内の説を図化)

平面グリッドを設定する。これが神室平面内法を決定する。ここで*印は後で修正される寸法を意味する。4×9の平面グリッドの比は、その後の4対9の比例の源泉である。

第2手順：神室内法平面グリッドによる間仕り

図—3 参照。

4M×9Mの平面を、奥行き方向に2:1に分け、前部のものを内陣(ナオス)、後部のものを西室とする。従って、内陣奥行きは6M*、西室奥行きは3M*である。内陣には、身廊(列柱に囲まれた部分)を設け、スタイロバート内法間で幅2M、奥行きを5M*とする。4M×9Mの平面グリッド前後には1.5Mの奥行きの前室(プロナオス)、後室(オピストモス)をとりつけ、内陣、西室との壁厚を0.5M*とする。以上、図・説明(筆者構成)ともに堀内による。

第3手順：神室外法平面の決定、図—4 参照。

第3～6手順は柱間単位の平面グリッドの決定後に行なわれるものであるが、ここでまとめて説明する。

4対9の矩形を比例拡大(比例を維持しながら拡大すること、拡大相似形をつくること)し、外法幅を5柱間(5Iと略記)、外法奥行をその $\frac{9}{4}$ に相当する11.25Iの大きさとする。外法幅5Iは実測値 $65\frac{5}{8}$ 尺に一致する。側面壁厚は2.8125尺*となるが、次の手順で拡張される。

前後出入口の壁厚は、6.328尺で、ペンローズによる

実測値は6.29尺(6.760ftのドーリア尺換算)に0.038尺(1cm2mm)の誤差で一致する。外法奥行11.25I=147.656尺(図で、 $147\frac{2}{3}$ 尺と記す)は、ペンローズの実測値147.413尺(前後の出入口の壁厚6.76×2+内陣内法奥行98.080+境壁厚3.025+西室内法奥行43.767=158.3925ftのドーリア尺換算)に0.243尺(約8cm)の誤差で一致する。ちなみに、外法奥行を5I× $\sqrt{5}$ =11.18I=146.7375尺で、147.413尺に0.6755尺(22cm)の誤差である。

第4手順：側壁厚の決定、図—5 参照

神室内法幅を $\frac{1}{10}M$ だけ縮小。その結果、内法幅は3.9M=58 $\frac{1}{2}$ 尺で、ペンローズ実測値58.64尺(63.01ftのドーリア尺換算)に0.14尺(4cm6mm)で一致する。側壁厚は3.56尺(2.81+0.75)はペンローズ実測値3.56尺(3.83ftのドーリア尺換算)に一致する。ちなみに、堀内は側壁厚を3.5尺に修正、その結果内法幅は58 $\frac{5}{8}$ 尺になったとする。

第5手順：境壁の位置と厚さの決定、その1

図—6 参照

同上：同上 その2 図—7 参照

内陣と西室を仕切る境壁は、概略的に述べると柱間数を5対3(10対6)に分ける円柱の位置に対応している。その正確な位置と境壁厚の決定法は今後の検討の余地もあるが、1つは堀内説を図化(図—6)、もう1つはワトキス・ロイドの比例説を前述のグリッドに適用して図化

図—7 境壁の位置と厚さの決定その2
(ワトキス・ロイドの比例説を適用・図化)

$$a = \frac{12}{19} M \div 9.47 \text{ 尺}$$

(図—7) したものを紹介する。

堀内説(図—6 参照)を解説すると次の通りである。

内陣奥行を西室側に 94 尺に拡大する。境壁厚を $2\frac{3}{4}$ 尺とし、94 尺の内側にとる。その結果、内陣内法奥行は $91\frac{1}{4}$ 尺となる。西室内法奥行は 41 尺となる(堀内の論考 p. 8)。内陣総奥行(出入口、境壁厚を含めた奥行)は 100.3 尺(94+6.3)である。

ワトキス・ロイドの比例説(図—7 参照)は、神室基壇(通常の基壇とは異なる)の幅と西室奥行(後室玄関、出入口壁厚、境壁を含む)とが同一寸法(1 対 1)であることに注目し、この寸法を 79 とおくと内陣奥行(前室玄関、出入口壁厚、内陣奥行の和)は $12a$ になると言う^{註67)}。これを $4M \times 12M$ グリッドに適用して図化したのが図—7 である。 $\frac{12M}{19} = 9.47 \text{ 尺} (=1a \text{ とおく})$ 、内陣奥行 $12a = 113.68 \text{ 尺}$ で、図—7 の計算値 113.75 尺に 0.07 尺(2 cm)の誤差で一致する。また、西室奥行 $7a = 66.32 \text{ 尺}$ は、図—7 の計算値 66.25 尺に同じく 0.07 尺(2 cm)の誤差で一致する。なお、神室基壇の幅と長さはペンローズの実測値でそれぞれ、66.386 尺(71.330 ft のドーリア尺換算)、180.305 尺(193.733 ft のドーリア尺換算)である。

第 6 手順：身廊の奥行の決定、図—8 参照

身廊奥行を 3 尺後退して 48 尺とした。身廊列柱スタイ

図—8 身廊の奥行の決定(堀内の説を図化)

ロベート幅は $\frac{1}{4}M = 3\frac{3}{4}$ 尺とした。以上堀内による(p. 8)。

(2) 平面の設計手順

第 1 手順：7M×15M の平面グリッドの設定

図—9 参照

この平面グリッドは堀内による。堀内は、神室内法を定めている平面グリッドを拡張して、7M×15M、1M=15 尺のグリッドがパルテノン神殿平面の出発点であると説いた。既往の研究では柱間単位の平面グリッドが出発点と考えられた。設計の出発点の単位は完数尺であることが自然で、もし、柱間を完数尺と考えると、同じギリシアの中で、場所によって建物によって 1 尺の長さがばらばらとなる問題が生じる。そこで、堀内は、柱間単位は完数尺ではなく、端数のついた非完数尺としなければならないとし、そのために、柱間を設計の出発点とするグリッドを放棄した。ここで、改めて完数尺単位の平面グリッドを出発点に置いたのである。

7M×15M は、OW×OL の大きさに完全に一致しないが、概略的大きさにおいて一致している。この大きさは $15 = 7 \times 2 + 1$ という関係式になっている点が注目される。

第 2 手順：柱間単位の 8I×18I の平面グリッドの生成

図—10 参照

堀内の新説は、柱間単位の平面グリッドの欠点(非完数尺)を克服したが、その設計上の利点も失なった。そのため、完数尺単位の平面グリッドから柱間単位の平面グリッドを派生させることができれば、柱間寸法の非完数尺問題も解決され、設計上の利点も生かすことができる。今、正面 7M=105 尺を 8 等分すると柱間 $I = \frac{105}{8} = 13\frac{1}{8}$ 尺で実測値に一致する。このことは M グリッドから I グリッドへの派生関係を示している。M グリッドを I 単位で改めて組み直したのである。側面は 4 対 9 の比で 18I とする。ここで 15M=225 尺、18I=

図-9 7M×15Mの平面グリッドの設定(堀内による)

最初に設定される平面グリッドは神室平面グリッド(図-2)の拡張であること、グリッド単位が完数尺であることなど設計法研究に画期的意義をもっている。ここで平面とは神殿全体の平面のことである。

図-10 柱間単位の平面グリッドの生成

正面幅7Mを8等分して柱間(Iと略記)を割り出し、正面8Iに対して、4対9の比例を適用して奥行を18Iとするグリッドをつくる。図中の太線は4対9の比例と周柱軸線(修正前)を表示。寸法線と対応している太線と細線が柱間単位のグリッド線。点描部分は図-11参照

図-11 隅柱間の短縮と基壇規模の決定

図-10の点描部分に双正方形を適用して隅柱間を短縮する。基壇の大きさは、4対9の矩形(柱間単位の平面グリッド)の対角線と、点描部分の正方形の対角線の交点により4つ角を決定する。

図-12 OW, OLの決定

$OW = PW + M$, $OL = PL + M$ により決定

236.26 尺で側面の長さは一致しない。グリッドの派生には正面幅を重視していることがわかる。派生関係は、 $105 \text{ 尺} = 15 \text{ 尺} \times 7$, $\frac{105}{\text{柱数 } C_w} = \frac{105}{8} = 13\frac{1}{8} = \text{柱間 } I$ である。ここで 4 対 9 は、 $9 = 4 \times 2 + 1$ の関係式でできていることが注目される。

本研究の柱間単位グリッドは、実際の柱数と直接関係しない。クールトンは、柱数に応じて、例えば 8×17 の平面グリッドをつくる。本研究は、基壇比 4 対 9 に対応する 8×18 の平面グリッドをつくり、この平面グリッドが比例縮小されて柱数 8×17 になると考える。これが柱間単位の平面グリッドにおける本研究とクールトンとの違いである。

第 3 手順：隅柱間の短縮と基壇規模の決定

図—11 参照

筆者は、古代ローマ・パルテオンの設計法の考察で、双正方形（双正方形双円形接合図形）の幾何学図形が利用されていることを推定した^{註68}この双正方形をパルテノン神殿の隅柱間の短縮法として利用した。双正方形は 7×7 グリッドに置き換えられ、その 1 単位 ($\frac{1}{7} I$) が短縮されたと考える。短縮量 $= \frac{1}{7} I = 1\frac{7}{8} \text{ 尺}$ で実測値に一致する。また、隅柱間は $\frac{6}{7} I = 11\frac{1}{4} \text{ 尺}$ で実測値に一致する。その結果、 $PW = 5I + \frac{6}{7} I \times 2 = 88\frac{1}{8} \text{ 尺}$, $PL = 14I + \frac{6}{7} I \times 2 = 206\frac{1}{4} \text{ 尺}$ でともに実測値に一致する。

次に基壇規模の決定についてである。柱間単位の平面グリッドの 4 対 9 の比が維持されるように、4 対 9 の矩形に対角線を描く。基壇の 4 隅がこの対角線上にあれば 4 対 9 の基壇比が成立する。一方、基壇の端部は、隅柱の中心より等距離に位置するために周柱軸線の矩形の 4 隅から 45 度（矩形の辺に対して）の線上に基壇の 4 隅がなければならない。この 45 度の線は、図—10 に示した点描部分の正方形の対角線である。両対角線の交点が基壇の 4 隅である（図—11 も参照）。かくして、縮小前の周柱軸線矩形に対して周囲 $\frac{1}{10} I$ だけ拡大した大きさが基壇規模の決定法である。 $W = 7I + \frac{1}{10} I \times 2 = \frac{36}{5} I = 94\frac{1}{2} \text{ 尺}$, $L = 16I + \frac{1}{10} I \times 2 = \frac{81}{5} I = 212\frac{5}{8} \text{ 尺}$ で、実測値に一致する。 $\frac{1}{10} I$ に相当する部分を x として、計算で x の大きさを求めてみよう。 $x : (x + \frac{1}{7} I) = 4 : 9$ である。 $x = \frac{4}{35} I = 0.1143 I \approx 0.1 I = \frac{1}{10} I$ となる。クールトンは、パルテノンについて $W = I(N_w + \frac{1}{5})$ としている。この $\frac{1}{5}$ は、 $\frac{1}{10} \times 2$ として得られる。

第 4 手順：OW, OL の決定、図—12 参照

周柱軸線の矩形の周囲に $\frac{1}{2} M$ の幅を巡らして OW, OL とする。従って、 $OW = PW + 1M = 88\frac{1}{8} + 15 = 103\frac{1}{8} \text{ 尺}$, $OL = PL + 1M = 206\frac{1}{4} + 15 = 221\frac{1}{4} \text{ 尺}$ で実測値に一致する。以上、OW, OL の計算式は堀内による (p.5)。

(3) 立面の設計手順

第 1 手順：7M×3M の立面グリッドの設定

図—13 参照

1M=15 尺の単位のグリッドを出発点とすることは平面の場合と同じである。このグリッドは $7=3 \times 2 + 1$ の関係式をもっており、第 1, 第 2 平面グリッドにみられた関係式の形と同じである。

第 2 手順：柱高とペディメント成の決定

図—14 参照。

前述の立面グリッドの 3M の高さの水平線の上・下に柱間 I の幅の水平線を描く。立面の柱割りは、左右

図—13 立面設計のために幅 7M×高さ 3M の立面グリッドの設定

図—14 柱高 H とペディメント成の決定

3M の高さの水平線の上・下に柱間 I の幅の水平線を描く。

柱高 $H = 3M - I = 31\frac{7}{8} \text{ 尺}$, ペディメント成 $= I$

図—15 エンタブラチュア成の決定

基壇幅 9 に対してオーダー総高さを 4 とする。

エンタブラチュア成 = オーダー総高さ - 柱高 = $42 \text{ 尺} - 31\frac{7}{8} = 10\frac{1}{8} \text{ 尺}$

に $\frac{1}{2}I$ をとった形で 8 等分する (図-10 も参照)。

ペディメント成は柱間 I とする^(注69)。ペディメントの成を傾斜角でみると、 $\tan \theta = \frac{1}{4}$ 、 $\theta = 14^\circ$ で、 13.5° の実測値^(注71) に一致している。柱高 H は、 $H = 3M - I = 45 - 13\frac{1}{8} = 31\frac{7}{8}$ 尺で実測値に一致する。基壇の高さ h は、 $h = 2.5M - H = 37.5 - 31\frac{7}{8} = 5.625$ 尺で、ペンローズの実測値 5.638 尺 (6.08 ft^(注71)) のドーリア尺換算) に 0.013 尺 (4 mm) の誤差で一致する。5.625 尺を 50 等分し、下方より、7, 14, 14, 15 の比で 4 層の階段の高さを構成した^(注72)。柱径 (底部) は 4 対 9 の比を用いて、 $\frac{4}{9}I = 5\frac{5}{6}$ 尺 (実測値に一致) とした^(注73)。

柱高について R. W. ガードナーの説 (本文 1-(2) 参照) を用いると $H = \sqrt{5}I + \frac{1}{5}I = 10.47$ m という決定法が生じる。この値は、実測値 10.43 m に 4 cm の誤差で一致する。本稿の $H = 3M - I$ の決定法 (この決定法では $H = 10.4391$ m で 9 mm の誤差) とどのように両立しうるのであろうか。 $H = 3M - I$ の決定後に、柱身 $\sqrt{5}I$ 、柱頭成 $\frac{1}{5}I$ に割り振ったと考えられる。

柱高決定に関してゼウス神殿 (オリンピア, 前 470～456 年頃) の柱高との同一性の問題がある。これについてカーペンターは、旧パルテノンの柱高をまねたとし、現在の新パルテノンの柱高も旧パルテノンの円柱の高さをそのまま移して決められたと言う^(注74)。パルテノン神殿の設計手順の中で、柱高が先に決定されたとは到底考えられない。それで旧パルテノンがペルシア軍によって焼き払われた前 480～479 年後からゼウス神殿着工の前 470 年までの間に新パルテノンの設計図面が完成し、その図面から柱高寸法をまねてゼウス神殿ができたと考えなければならない。一方、ゼウス神殿は柱高 2 単位として柱間を 1 単位とする簡単なグリッド法が適用されているので柱高が先に決定されたとしても問題は起らない^(注75)。

第 3 手順: エンタブラチュア成の決定, 図-15 参照。

平面の第 3 手順で基壇の大きさが決定された。この基壇幅を 9 として、コーニス上端の高さ (第 1 手順の 3 M の高さ) を 4 の比に縮小する (正面比 4 対 9 の成立)。その結果、コーニス上端の高さは $94\frac{1}{2} \times \frac{4}{9} = 42$ 尺でエンタブラチュア成は、42 尺-柱高 $H = 10\frac{1}{8}$ 尺となり、それぞれ実測値に一致する。

3. 結 び

パルテノン神殿は、グリッド法にもとづいて次のような設計手順で設計された。既往の研究で示されている項目、内容については**印を付した。

① 神室平面設計のために 1 単位 15 尺 (これを 1 M と略記) の、4 $M \times 9 M$ のグリッド**を設定した。これが完数尺単位の平面グリッドで、周柱よりも神室が優先的に設計されたことを示す (図-2 参照)。

② 神室をとり巻く周柱や基壇などの神殿平面設計の

ために上記完数尺単位グリッドを拡張し、正面幅 7 $M \times$ 奥行 15 の単位数をもったグリッド**を設定した (図-9 参照)。

③ 上記 7 $M \times 15 M$ グリッドの正面幅 7 M を 8 等分し、この 1 単位を柱間 (I と略記) とする。1 柱間 (1 I) は $13\frac{1}{8}$ 尺となる。正面幅 8 I に対して奥行を 18 I の 4 対 9 の比のグリッドをつくる。これが柱間単位の平面グリッドである (図-10 参照)。

④ 隅柱間は、双正方形の幾何学図形より生成した 7 $\times 7$ グリッドを利用して、正面幅方向及び奥行方向ともに 1 単位ずつ減少して、 $\frac{6}{7}I$ の大きさに短縮された。その結果、隅柱間は正面・奥行ともに $11\frac{1}{4}$ 尺となった (図-11 参照)。

⑤ 基壇規模は、正面・奥行の隅柱間で構成される正方形の対角線と、上記 4 対 9 の柱間単位の平面グリッドの輪郭矩形の対角線との交点を 4 隅とするように幾何学的に決定された。この決定法は、短縮前の隅柱中心より正面幅方向及び奥行方向に $\frac{1}{10}I$ ずつ張り出した矩形を基壇規模とする決定法に置換できる。これらの決定法により基壇正面幅は $94\frac{1}{2}$ 尺、同奥行は $212\frac{5}{8}$ 尺となった (図-11 参照)。

⑥ 基壇外回りの階段を含めた正面幅 OW と奥行き OL は、短縮移動された隅柱中心 (すなわち周柱軸線) より正面幅方向、奥行方向ともに $\frac{15}{2}$ 尺 ($=\frac{M}{2}$) ずつ張り出した規模で決定された。その結果、 $OW = 88\frac{1}{8} + 15 = 103\frac{1}{8}$ 尺**、 $OL = 206\frac{1}{4} + 15 = 221\frac{1}{4}$ 尺**、階段幅は正面・側面ともに $4\frac{5}{16}$ 尺となった (図-12 参照)。

⑦ 立面設計の第 1 段階として、正面幅 7 M に対して高さ 3 M とするグリッドを設定した (図-13 参照)。

⑧ 立面設計の第 2 段階として、上記グリッドの 3 M の高さの上・下に、1 柱間単位 (1 I) の幅をとる。こうして、柱高 H は、 $H = 3M - I = 45 - 13\frac{1}{8} = 31\frac{7}{8}$ 尺として決定された (図-14 参照)。ペディメント成は柱間の大きさで $13\frac{1}{8}$ 尺** として決定された。柱径 (底部の直径) は、柱間の $\frac{4}{9}$ として $5\frac{5}{6}$ 尺** に決定された。

⑨ 立面設計の第 3 段階として、上記⑤の基壇幅 $94\frac{1}{2}$ 尺の $\frac{4}{9}$ となるように上記⑦の 3 M を縮小する。その結果、オーダー総高さは 42 尺とった。エンタブラチュア成は 42 尺-柱高 $31\frac{7}{8}$ 尺 $= 10\frac{1}{8}$ 尺として決定された。

謝 辞

本稿を作成するにあたり熊本大学の堀内清治、伊藤重剛両先生より助言を得ました。記して御礼申し上げます。

注

- 1) 設計手順 design procedure or design process が施工の作業手順と対応するということは、現場で各部寸法を現寸大で 1 つ 1 つ順番に決定してゆくことを考慮した設計図のつくり方という意味である。この方法論的思考方はグ

リッド法特有のものである。グリッド法については本文1—④参照。

- 2) イクティノス Iktinos が設計、カリクラテス kalikrates が施工を担当したと一般に言われる。しかし、R. カーペンターは、バルテノン神殿の再建工事について新しい説を提出し、その中で、旧バルテノンの再建がカリクラテスを建築家として、現在のバルテノンの再建がイクティノスを建築家として行われたとしている。
Vicent J. Bruno: The Parthenon and the theory of classical form, The Parthenon edited by Vicent J. Bruno, 1974, W.W. Norton & Company, Inc. p. 59.
R. カーペンター著松島道也訳: バルテノンの建築家たち, SD, pp. 75-76.
- 3) 周柱式神殿の成立に関する参考文献
A. W. Lawrence: Greek Arkitecture, The Pelican History of Art, Third edition, pp. 88-98, 1973.
William Bell Dinsmoor: The Architecture of Ancient Greece, New York, pp. 36-68.
J.J. Coulton: Greek Architects at Work, London, pp. 30-50, 1977.
- 4) 比例と調和に関する本邦の参考文献
森田慶一: ウィトルヴィウスの建築論的研究, 森田慶一建築論集, 昭和 33 年.
元良勲: ギリシアに於ける建築的秩序原理の研究, 昭和 30 年, 私家版.
調和シュムメトリアとは sym-metros, 共に測られるという意味である。そして、その共約量がいくつであるかは「幾何学の方法と理論によって得られる」(ウィトルヴィウス, I, 1, 4, 4)。それは、モズルスの適用における技術の問題である。森田同上書 pp. 48~49。シュムメトリアはモズルス, プロボルチオ (注 15) 参照, 幾何学的 (注 41) 参照) と結びついて技術的方法としての側面をもっていることを重視したい。
- 5) 前 5 世紀後半の彫刻家ポリュクレイトスは「カノン」(規準) を著わし、その中で理想的な人間像の比例が細かく規定されていたと言う。ウィトルヴィウスはポリュクレイトス以外にも praecepta symmetriarum (均斉の訓へ) を著わした芸術家 9 人をあげており、その中のポリリスをピュタゴラス時代の人と推定している。
ディールス著・平田寛訳: 古代技術, 創元科学叢書, pp. 17-18 (SD 選書で再販), 昭和 22 年.
- 6) 森田慶一訳注: ウィトルヴィウス建築書, 東海大学古典叢書, 第三書第 1 章, p. 131.
- 7) Dinsmoor 前掲書 p. 161.
- 8) 注 9 の Tobin の書 p. 379.
ウィットコウアの「モジュールから発展する有機的構造, 『均質尺度』には不通約性の数の余地がない」(中森義宗訳: ヒューマニズム建築の源流, 彰国社刊, p. 206, 1971), という考えに見られるように、種々の幾何学の適用は、バルテノンが不通約性でできているという考えに立脚している。しかし、本研究は通約的グリッド法の適用という考えに立脚して「不通約性」を検討している。
- 9) J. J. Coulton: "Towards Understanding Doric Design: The Stylobate and Intercolumniations", BSA 69, pp. 61-86, 1974.
J. J. Coulton: Towards Understanding Greek Temple Design: General Considerations", BSA 70, pp. 59-99,

1975.

- R. Tobin: The Doric Groundplan, AJA 85, pp. 379-427, 1981.
- 堀内清治: 柱間寸法と基壇長さの分析方法 ドーリア式神殿の設計技法に関する研究 (1), 日本建築学会論文報告集第 349 号, pp. 101-112, 昭和 60 年 3 月.
- 10) Tobin 前掲書 p. 379.
 - 11) Coulton 前掲書 p. 61 (1974).
 - 12) 平面数は two-dimensional number (又は plane number) の訳語 (堀内による)。その数は、「例えば、6×16 の平面数は、幅で 6 点、奥行きで 16 点で描かれる。この点描で神殿平面を視覚的に表わすことは分かりやすい。初めの頃、設計者が基壇上に平面数の点を描き、その点の数が正面、側面の柱数と一致していた。点の間隔は柱間であった。」(Tobin 前掲書 p. 381).
 - 13) Coulton 前掲書 (注 3), p. 53.
 - 14) 堀内清治: 「バルテノンの設計手順」地中海建築の設計技法の研究 (昭和 62~63 年度科学研究費補助金, 総合研究 (A) 研究成果報告書, 課題番号 62302051, 平成元年 3 月, 研究代表者 熊本大学工学部堀内清治) pp. 276-282. 昭和 63 年 9 月 10 日, 熊本大学堀内研究室が提唱して「西洋建築史における設計技法に関するシンポジウム」(於京都工芸繊維大学) が開催された。同シンポジウムで上記研究が発表された。
 - 15) 調和シュムメトリア (均整とも邦訳) をどのように解釈するかは諸説がある。数的比例関係プロポーシオン (プロボルチオ) に対してシュムメトリアは美的統一原理, 美的価値観の概念としてみなされている。森田慶一建築論集 (前掲書) pp. 18-68, pp. 131-145.
森田はシュムメトリアに対してプロボルチオ (比例) は没価値観の概念であるとしている。森田同書 p. 60.
パノフスキーは、プロボルチオは「尺度への換算」で、建築技術の一方法であるとしている。アーウィン・パノフスキー著中森義宗他訳: 視覚芸術の意味, 岩崎美術社, p. 344, 1984.
シュムメトリアと比例アナログア analogia (ana と logia の複合語, on the ratio の意味) との関係の考察は、元良前掲書 pp. 60-70 参照。
 - 16) 本文後述のように実測値はペンローズのものを利用した。本文記載数値は隅柱間を除いて実測値が直接記述されているものを掲げた。従って、本文に記載がないものは実測値として掲載がないものである。また、複数の寸法については煩雑になるため本文掲載を省略したが、その直接明記の実測値は次の通りである。
I=4.292 m (北・平均)
D=1.905 m (西・平均)
D=1.905 m (北・平均)
L=69.537 m (南)
以上、本文掲載の実測値も含めて 1 foot=0.3048 m として換算したものである。
隅柱間は、実測値がなく、東北隅の隅柱について基壇端からその反対の隅柱面 (南側) が実測されているので、これより計算式 $15.356 - \left(6.340 - \frac{6.017}{2}\right) = 12.0335 \text{ ft} = 3.668 \text{ m}$ より算出した。ペンローズの、この実測値掲載の方法はクールトンの第 3 公式を示唆するものである。
注 20 の F. C. Penrose の書参照。

- 17) 1 ドリス尺=0.3275 m について堀内は側面列柱真々 APL (本研究では PL と略記) $206\frac{1}{4}$ 尺=67.552 m (南), 67.546 m (北) より 1 尺=0.3275248 又は 0.3274958 = 0.3275 m を導いている。しかし、この導き方は、APL の尺寸法値が $206\frac{1}{4}$ 尺と端数尺であるため、端数尺の根拠を示さない限り納得しがたい。堀内はパルテノン神殿の設計法は身廊内法幅 30 尺よりスタートしたと述べているのであるから (注 14 の書参照), この 30 尺と実測値との関係から 1 尺の寸法値を導くことが理論的に整合性をもっている。本文にも示したようにベンローズの身廊内法幅 (スタイロベート内法) の実測値が 9.8246 m (32.233 ft のメートル換算) であるから 1 尺=0.32749 $\approx$ 0.3275 m となる。ちなみに、オルランドスの身廊内法幅の実測値 9.815 m を 30 尺とすると 1 尺=0.3272 m となる。ディンズムアは前 409 の碑文断片より推定して 1 ドリス尺=0.32685 m と推定している (注 3 の書 p. 161, n. 1)。ディンズムアはもう 1 つの推定寸法値として 1 尺=0.3272 m を示している (注 3 の書 p. 199, n. 3)。これは上述のオルランドスの実測値からの推定寸法値と一致している。本稿では、1 尺=0.3275 m が、柱間や隅柱間および PL によく適合しているので、この方を採用し、実測値もベンローズのものを採用した。オルランドスの実測値で不思議なのは、下記のように、基壇実測値と、神室基壇実測値+周柱廊部分実測の合計値が一致していなければならないのが幅 (西) で 8 cm, 奥行 (北) で 6 cm の誤差があることである。

	合計値	実測値
基壇幅: (東) $21.710 + (4.5765 + 4.581) = 30.8675$ m	30.8675 m	30.88 m
(西) $21.720 + (4.568 + 4.589) = 30.877$ m	30.877 m	30.961 m
基壇奥行: (南) $59.020 + (5.227 + 5.262) = 69.509$ m	69.509 m	69.503 m
(北) $59.066 + (5.210 + 5.275) = 69.551$ m	69.551 m	69.609 m

- 18) 許容誤差は 1000 分の 1 (10 m につき 1 cm) 以内と筆者は考えるが、ここでの許容誤差は基壇幅は東西両面で 8 cm, 同奥行は南北両面で 10 cm の相違 (オルランドスの実測値による) をもっている。幅では 4 cm, 奥行きでは 5 cm の誤差を差し引いて考える。
- 19) クールトンの平面公式 (第 3 公式) は Coulton 前掲書 (注 9, 1974) による。双正方形による計算式は本文参照。クールトンの平面公式 $W = I_w \left(N_w + \frac{1}{5} \right)$, $L = I_l \left(N_l + \frac{1}{5} \right)$ において, $I_w = 13\frac{1}{8}$ 尺, $N_w = 7$, $I_l = 13\frac{1}{8}$ 尺, $N_l = 16$ を代入すると,
- $$W = 13\frac{1}{8} \left(7 + \frac{1}{5} \right) = \frac{105}{8} \times \frac{36}{5} = 94\frac{1}{2} \text{ 尺}$$
- $$L = 13\frac{1}{8} \left(16 + \frac{1}{5} \right) = \frac{105}{8} \times \frac{81}{5} = 212\frac{5}{8} \text{ 尺となる。}$$
- 双正方形の計算式によると $I_w = \frac{6}{7} I_l = \frac{6}{7} \times \frac{105}{8} = 11\frac{1}{4}$ となる。
- 20) M. コリニョン著富永惣一訳: パルテノン, 岩波書店, p. 38, 1978 (改版) Dinsmoor 前掲書 XIX 参照: 2 人の調査は、ディレクタント協会の後援の下でなされ、Artiquities of Athens として刊行された。その第 1 巻は 1762 年に、第 2 巻 (Newton 編) は 1788 年に、第 3 巻 (Reveley 編) は 1797 年に、第 4 巻 (Joseph Woods 編) は 1816 年に出版された。
- 21) F. C. Penrose: An Investigation of the Principles of Athenian Architecture, published by the Society of

Dilettanti, London, 1888 (初版不詳)。

同書のまえがきによると、スチュアートやリヴェットの調査をより完全なものにすることによって湾曲や傾斜 deviations の実態を解明し、その理論について論ずることであった。同書によって各部寸法の比例関係の実態が科学的に解明され、その成果がワトキス・ロイド、ハンビッジ、ガードナーなどの説を生んでいる。

- 22) ワトキス・ロイドの主張はベンローズの著 (注 21) に Appendix として掲載されている。

W. Watkiss Lloyd: On the General Theory of Proportion in Architectural Design, and Its Exemplification in Detail in the Parthenon, an abstract of a Paper read at the Royal Institute of British Architects, 13th June 1859.

ワトキス・ロイドの主張はベンローズの調査結果に対する最初の比例理論である。この理論についてベンローズは、問題を完全に解決したと絶賛している。

- 23) Jay Hambidge: The Parthenon and other Greek Temples, their dynamic symmetry, 1924, Yale University Press.

ハンビッジの解析はベンローズの資料にもとづいている。一部自身で実測して補っている。

ハンビッジと同じ頃、同様な幾何的比例論者にエルンスト・メーゼルがいる。彼は円周分割による幾何図形クライス・ジェオメトリーを提唱し、その図形を用いてパルテノン神殿の平面及び正面を $\sqrt{5}$, $\sqrt{5}+1$, $\sqrt{5}-1$ などの適用として解析している。詳細な検討は別稿に譲るが、円周の分割点・線のみの各部寸法の決定法は施工上誤差が大きく無理のように思われる。

Ernst Moessel: Die Proportion in Antike und Mittelalter, München, 1926.

同上・第 2 巻, 1931 年, パルテノン解析図は第 2 巻 pp. 24-34, Abb. 8, 9, 10, 11, 参照。

- 24) R. W. ガードナーの説は、滝沢真弓著「パルテノンとピタゴラス学派」(板垣鷹穂・堀口捨己編: 建築様式論叢, 天文館, pp. 67-98, 1932) の紹介による。

R. W. Gardner: The Parthenon-its Science of Forms, (発行所不詳, 発行年 1925 は推定)。ガードナーの説も「厳正無比なるベンローズの実測図に拠ったのである」(滝沢同書 p. 90)。

- 25) Dinsmoor 前掲書 p. 161 本文及び注 1

同所においてドリス 1 尺を 0.32685 m として柱間 $13\frac{1}{8}$ 尺, 基壇幅 $94\frac{1}{2}$ 尺, 基壇奥行 $212\frac{5}{8}$ 尺, オーダー総高 42 尺で設計されたと言う。パルテノンに関する資料は現地アテネでの数年間の研究にもとづくもので、その考古学的事実の堅さ、明解さ、精確さは秀れていると言われる (Vicent J. Bruno 前掲書 p. 171)。

- 26) Coulton 前掲書 (1974), Table 2. クールトンの資料は主に Dinsmoor 前掲書 (注 3) に基づいている。

- 27) 堀内前掲書 (注 14),

- 28) パルテノンに関する最近の概説書としてオルランドスの著書がある。ΑΝΑΣΤ. Κ. ΟΡΛΑΝΔΟΥ: Η ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΟΥ ΓΑΡΘΕΝΩΝΟΣ, ΑΘΗΝΑΙ 1978. (A. K. Orlandos: H Architektonike toy Parthenon, Athenai, 1978) 同書は最近では最も詳しい概説書であろう。同書は設計法に関して記述しているが、ハンビッジやメーゼルの他、マイラル Mailard, ヴォルフ Wolff の研究

を紹介している。これらは一連の幾何学的比例理論を形成している。同書では、数学的比例論やクルトンのグリッド法は省かれている。

- 29) Hambidge 前掲書 p. Xiii.
L. D. Caskey の論考は Hambidge 前掲書序文として書かれたもの。
- 30) Watkiss Lloyed 前掲書 (注 17)。
- 31) Hambidge 前掲書 p. XIV.
- 32) Tobin は平面数を援用しているが、ワトキス・ロイドの比例理論には言及していない。しかし、例えば、Tobin の $W \times L = 6 \times 16 \rightarrow P_w \times P_L = 5 \times 15$ という考え方はワトキス・ロイドの考え方と一致している。
- 33) テアイトスの五で平方根について述べている。「共通の単位で計りきることができない (すなわち通約できない) けれども、その平方によって平面をもってすれば通約できるという意味で、これを正方形の辺 (平方根) としてしか取扱えないものとししました」。田中美知太郎訳：テアイトス，プラトン全集 2，岩波書店，pp. 193-196，1974 (上記引用 p. 195)
- 34) 黄金分割を幾何学の命題として提起したのはユークリッドである。その命題は「ひとつの線分を大小に分ち、小さい方の線分と全線分とで出来た矩形を、大きい方の線分で出来た正方形に等からしめること」である。大小の線分の比は $1 : \frac{1+\sqrt{5}}{2}$ で表わされる。(柳亮著：黄金分割，ピラミッドからル・コルビュジェまで，美術出版社，1965 年初版)
- 35-37) Hambidge 前掲書 XV—XXii.
- 38) Rhys Carpenter : *Dynamic Symmetry : A Criticism*, *American Journal of Archaeology*, Second Series, *Journal of the Archaeological Institute of America*, Vol. XXV (1921), No. 1, pp. 18-36,
この批評は，Jay Hambidge : *Dynamic Symmetry : the Greek Vase*, Yale University Press, 1920 に対してなされた。
- 39) 注 24 参照。
- 40) 注 24 参照。ガードナーの説について滝沢は次のようにも言っている。「ガードナー説については、しかしながら、種々の不可解な事情が付随している。第 1 には彼自身が一言もハンビッジに閑説していない事だ。(中略)。第 2 には、彼に対する学会の冷淡な事だ。(中略)。彼と同国の斯界の権威ハムリンが、ガードナーの出版後 2 年余をすぎてギリシア建築の比例論を発表した時においてさえ一言もこの新説に閑説しなかったとは、何と奇異な事であるか。」
- 41) グリッド法の実際的作用や起源は 2 つの面から捉えなければならぬであろう。すなわち、語源的に土地測量を意味する geometry (geo 土地—metria 測量の複合語、幾何学という意味に転じた) と、単位の倍数 (又は分数) による形態の構成を意味する symmetry (symmetros—sym と metros <metri, 上記測量と同じ用語) とに共通する実践的方法 (芸術をも含む) を提供しているということである。
土地測量 geometry に関してヘロドトスの「歴史」の中に、「この王(セソストリス)はすべてのエジプト人に平等に、等面積の土地を分け与え、この土地から生ずる物産を年貢として納めるよう命じた。(中略) このようにして土地

測量術が発見され、これがギリシアに渡来したのだと思われる」とある (中村幸四郎著：数学史，共立出版株式会社，基礎数学講座 12，昭和 31 年 p. 15)。ここでいう等面積の土地測量術はグリッド法を意味しているのは明らかである。

古代ギリシアでは都市計画にグリッド法を採用している。これをヒッポダモス式という。ギリシアの都市計画については

ウィッチャリー著・小林文次訳：古代ギリシアの都市構成，相模選書，昭和 55 年。

J. B. ワード＝パーキンズ著北原理雄訳：古代ギリシアとローマの都市—古典古代の都市計画，井上書店，1984。
Junko Ito : *The Site Planning of Greece and Rome, Theory and Practice of Architectural Planning in the Sanctuaries of Classical Antiquity*, Kumamoto, 1988 (私家版) を参照。

エジプト人は石や壁面に正方形格子の網目模様 (グリッド) を描き、この網目を利用して人間や動物を描写した。ギリシア美術の原理はエジプト美術を起源としているが、古典期のギリシアでは人間の有機的機能を映し出す美的観念性の領域に高められている。「美とは構成要素にあるのではなく、各部分の調和的比例……あらゆる部分と他のあらゆる部分との比例の中にこそ美があるのだ」(ガレノスの「ヒュボクレイトスとプラトンの金言集」) パノフスキー前掲書 (注 14) pp. 67-102。

クルトンは、ギリシア神殿の平面はエジプト、メソポタミアで発達した正方形グリッドを採用したと述べている。Coulton 前掲書 (注 3) p. 53。

グリッドを用いて神殿の各部を決定してゆく造形法の洗練はギリシアの人体彫刻の洗練と歩調を合わせている。ギリシア美術の特色ともなる人体彫刻は古拙期に基盤ができ、前 5 世紀に入ってもまもなく前 480 年頃を境にして黄金時代を迎え、ギリシア的理想の人間像が確立する。正しい均合と比例を通じて生まれる調和のある安定感と、純粋で明確な形式に整えられた折り目正しい造形性がその本質的性格となっている。この 5 世紀の美術活動の主軸をなすのはフェイディアスで、パルテノン神殿の建設事業にも総監督として関わっている。富永惣一：古典期の美術，図説・世界文化史大系 ギリシア，角川書店，pp. 169-195，昭和 35 年初版。

- 42) グリッド法で美しい形態が造れるのかどうか最大の難問である。この難問に本研究は、複数のグリッドの組み合わせ、特に完数尺単位グリッドと柱間単位グリッドとの組み合わせ法で考えた。
- 43) Coulton 前掲書 (注 9, 1974) による。平面公式は design rule for the stylobate proportion to the number of columns $W : L = C_w : C_L$ or $W : L = C_w : (C_L + 1)$ and the stylobate size to the intercolumniation $W = I(N_w + k)$, $L = I(N_L + k)$ の邦訳総称。
- 44) クルトン，堀内に従って本論文で使用する記号をまとめる。クルトンは注 9 (1974 年) の書 p. 63，堀内は注 9 の前掲書 pp. 108-109，注 4 参照。
W : Width over stylobate 基壇幅 (正確には基壇上面の幅)
L : Length over stylobate 基壇奥行 (側面の長さ)
OW : Over-all Width 基壇下面幅 (階段クレピスを含む幅)
OL : Over-all Length 基壇下面奥行 (側面の長さ)
C_w : Number of Columns in Width 正面の柱数

C_L : Number of Columns in Length 側面の柱数

I : Axial Intercolumniation 柱間寸法 (真々寸法)

(I): 柱間が正面と側面で異なる場合, 最初に想定された
等間隔柱間寸法

N : 柱間数, C_w-1 , C_L-1 と同じ。 N_w は正面柱間数,
 N_L は側面柱間数

PW : Axial Peristyle Width 正面左右の隅柱真々寸法

PL : Axial Peristyle Length 奥行前後の隅柱真々寸法

M : 完数尺の設計単位

- 45) Coulton 前掲書 (注 3) pp. 59-62. 17, 18 図に設計手順が
図解されている。

- 46) 第 3 公式が成立しているもののうち側面を欠いているも
のを除くと 25 棟で, そのうち 21 棟は基壇比 ($OW:OL$
を含む) が成立し, その中で 7 棟は正面・側面の柱間が
異なっている。

- 47) Coulton 前掲書 (注 3) p. 63.

- 48) 同上書 p. 65.

- 49) Tobin 前掲書 (注 9) 参照。 X は original or canonical
axial spacing の略号で求め方は次の注 50 参照。

- 50) 3 つのグループにおける X の求め方は次の通りである。

Group I: Peristyle Expansion

$$I a: a-1(av. fr. - X) = b-1(av. fl. - X)$$

$$I b: a-1(av. fr. - X) = b-1(X - av. fl.)$$

Group II: Peristyle Contraction

$$II a: a-1(X - av. fr.) = b-1(X - av. fl.)$$

$$II b: a-1(X - av. fr.) = b-1(av. fl. - X)$$

Group III: Full Corner Contraction

$$a-1(X - av. fr.) = b-1(X - av. fr.)$$

$av. fr.$ (average frontal spacing), $av. fl.$ (average
flank spacing) は, PW , PL の実測値を柱間数で割った
正面・側面の平均柱間寸法。Tobin 前掲書 chart IV 参照。
Group III の Full Corner Contraction は隅柱間のみ短縮
し, 当初の等間隔柱間を保持する型式。

- 51) 同上書 p. 380, p. 384. note 23.

- 52) 堀内前掲書 (注 9) 参照。堀内は柱間 I を 2 分して $I=2$
 M として公式を求めている。従って, 正確には $\frac{k}{2}$ を K_2
+ K_3 に細分したものである。

- 53) 古代尺の換算は「 W , L , C_w , C_L より I , S (隅柱真より
基壇端までの距離, 筆者注) を計算し, これを古代尺に
換算した」「その際, 考えられる尺数×尺度で計算された
柱間寸法や S の長さが容認できる誤差範囲で実測値と一
致し, $\sum I_w + S_w$, $\sum I_L + S_L$ として算出される W , L の
尺数×尺度が mm 単位の誤差で一致することを判断基準
とした」(一部筆者構成)。堀内同上書 p. 105.

- 54) 堀内前掲書 (注 14)

- 55) 堀内研究室の伊藤重剛は設計手順を次のようにまとめて
いる。「寸法計画をする場合, 基本設計, 実施設計, 詳細
設計の 3 つの段階がある。基本設計は完数を用い, 寸法
の比が簡単な整数比となるように完数尺単位のグリッド
を設定する。」「次に実際の建物の実測図と実測寸法を検
討して, 寸法決定の過程というストーリーを作る。」(筆者
構成), 注 14 の前掲書 p. 299 参照。

- 56) ヴィトルヴィウス書築書, 第 3, 4 書参照。

- 57) エレア学派のバルメニデス Parmenides (前 540-470 年頃)
は, 究極の存在は球形であると考えた。「されど究極の限
界はあるものゆえ, まんまろき球の魂の如く, 凡ゆる方

向において完結していて, 中心より凡ゆる方向において
均衡を得ている。」(山本光雄訳編: 初期ギリシア哲学者
断片集, 岩波書店, p. 42, 1958)

その他参考文献, 田中美知太郎訳: プラトン全集 4 パル
メニデス, 岩波書店, p. 36-40, 1975.

ヒルシュベルガー, 高橋憲一訳: 西洋哲学史 [I 古代],
理想社, p. 67, 昭和 46 年。

プラトンの球形説は, 種山恭子訳: プラトン全集 12, ティ
マイオス, 岩波書店, p. 38, 1975 を参照。

ティマイオスの建築論的研究として本邦の元良勲前掲書
(注 4) pp. 143-176 がある。

- 58) 双正方形については拙稿: 古代ローマ・バンテオンの幾
何学的比例について—設計図法の考案とその適用に関す
る研究, 日本建築学会計画系論文報告集, 第 356 号,
pp. 113-126, 昭和 61, 当研究においてバンテオンの求厚
図法として, すなわち力学的図法として双正方形 (双円
形接合図形) の幾何学図形が利用されていることを推定
した。

- 59) 双正方形の辺長比は $1:\sqrt{2}$ で, これは 5 対 7 と置換でき
る。 $1.4142 \approx 1.4$ である。このことは双正方形が 7×7 グ
リッド図形に置換できることを示している。

- 60) 古代ギリシアでは, 数学は幾何学的に発達した。そして,
数値は点を三角形や四角形に幾何学的に配列した図形で
研究された。これが本文で前述した平面数である。

野田哲夫著: 科学世界史上巻, 丸善, pp. 75-79 参照。

- 61) 双正方形の 7×7 グリッド図形を用いた柱数決定法につ
いては拙稿: 双正方形グリッド図法による基壇比・柱数決
定法—ドリス式周柱神殿の設計法に関する研究, 日本建
築学会北陸支部研究報告, pp. 345-348, 1989 年及び, 同
名の拙稿 (大同工業大学紀要, 第 25 巻, 1989,
pp. 171-181) を参照。

- 62) 7×7 グリッドから 9×9 グリッドをつくり, この両グリ
ッド図形から幅 7 単位, 奥行 8 単位を選びだす。注 61) の
拙稿を参照。

- 63) 柱数比が, 6×13 , すなわち, $13 = 6 \times 2 + 1$ の場合, 基壇
比は, 6 対 13 (1 棟), 6 対 13.5 (2 棟), 6 対 14 (2 棟)
 $OW:OL$ が 6 対 13 (4 棟) となっている。従って, 幅・
奥行が 5×12 単位に対して, おおよそ, とともに 1 単位, 1
単位と 1.5 単位, 1 単位と 2 単位が縮小される以前の大き
さを示している (OW , OL は除く)。正面 6 単位を 5
単位に縮小した時, 側面は $\frac{13}{6} = 2.2$ 単位縮小される。そ
れで基壇比が 6 対 13 の例 (Assos, T. of Athena) では
正面柱間が大きい。基壇比が 6 対 13.5 の例 (Akragas,
T. of 'Juno Lac') でも正面柱間が大きい。基壇比が 6 対
14 の例 (Akragas, T. of Concord) では正面・側面の柱
間が一致している ($I_w: 3.195$ m, $I_L: 3.206$ m)。6 対 14
は 3 対 7 で, $7 = 3 \times 2 + 1$ の関係式の形が $13 = 6 \times 2 + 1$ と
一致している。詳細は別稿で検討予定。

- 64) 基壇の大きさはクールトンの第 3 公式で定まる。従って,
 K_2 又は K_3 のどちらかが定まれば隅柱の位置が決まる。
 K_3 の決定には双正方形が適用される。本文及び拙稿:
九・九正方形格子システムによるパルテノン神殿の作図
—西洋建築史研究, 日本建築学会近畿支部研究報告集,
pp. 857-60, 昭和 60 年。参照。

- 65) 基壇の高さは 1.85 m (6.058 ft のメートル換算) で, 地
盤面までがこの 2 倍弱である。ペンローズ前掲書西正面

Plate 9, chap II, sheet 3 参照。なお、本文の 10.5 尺は $4I-3M=7\frac{1}{2}$ 尺の修正値。基壇の高さについては注 71 参照。

- 66) 堀内前掲書 (注 14), p. 8
 67) Penrose 前掲書 p. 115. 神室境壁決定の比例について FLAG Flag によると、神室内法幅：内陣内法奥行=9：14 の比で決定されたという。Ernst Flag: The Parthenon Naos; 1928, New York, p. 31, 69 参照。
 68) 注 58 の拙稿参照。
 69) Penrose 前掲書 p. 16 シーマを加えて 1 柱間 14.078 ft としている。
 70) フレッチャー建築史に 13.5° と明記されている。Sir Banister Fletcher's A History of Architecture, Eighteenth Edition revised by J. C. Palmes, University of London, The Athlone Press, 1975. p. 219. この角度は、Penrose 前掲書 plate 18, Chap. VI でも確認される。ハンピッジは、「ペンローズのペディメントの高さを実測し

ていないが、その高さは柱軸間距離に等しいと推定できる」(注 18 の前掲書 p. 11) と述べている。

- 71) Penrose 前掲書 p. 17. 同書 p. 17 の注 2 によると、4 つのステップの高さは、下から 7：14：14：15 の比になっている。(それぞれの実測値は 0.858, 1.693, 1.693, 1.814 ft).
 72) 注 71 参照。
 73) Watkiss Lloyd 前掲書 (注 22) 柱径と内法柱間を 4 対 5 と指摘している。Dinsmoor はこれを柱径・柱間比 4 対 9 と言いかえている。Watkiss Lloyd は同書で、コーニスとアーキトレイヴ・フリーズ各成の比は 4 対 9 であると指摘している。
 74) Carpenter 前掲書 (注 2) pp. 52-53
 75) オリンピア・ゼウス神殿の設計手順は別稿で詳論予定である。

(1989 年 3 月 6 日原稿受理, 1990 年 1 月 29 日採用決定)

英文要約 (Summary)

The author reports as follows :

- (1) First, a 4 unit×9 unit grid was set, with one unit equal to 15 doric feet in order to design the inner cella plan (Fig. 2).
- (2) The grid (prepared in step 1) was extended into a grid comprising of a front width of 7 units and a depth of 15 units, in order to design the plan of the temple (Fig. 9).
- (3) The 7 unit front width involved in the grid (prepared in step 2) was divided into 8 equal units, and the depth into 18 units, based on a ratio of 4 : 9, thus obtaining another plan grid. So each unit measures $13\frac{1}{8}$ doric feet which equals the axial intercolumniation on both fronts and flanks (Fig. 10).
- (4) The axial intercolumniation between corner columns was reduced to $\frac{6}{7}$ of the original by using a 7×7 unit grid originating from a geometrical double-squared figure. This resulted in a distance of $11\frac{1}{4}$ doric feet between corner columns (Fig. 11).
- (5) The size of the stylobate was determined by proportionally reducing the grid (obtained in step 3) to geometrically position the four corners at 45°(to the colonnade) to the point of intersection among the four corner column centers. The resulting front width of the stylobate was $94\frac{1}{2}$ doric feet and the depth $212\frac{5}{8}$ doric feet (Fig. 12).
- (6) The size of the profile : OW and OL, including stairs along the stylobate circumference, was determined by adding $\frac{15}{2}$ doric feet to the line running through the center of the colonnade on each side. A frontage OW of $88\frac{1}{8}$ doric feet and a depth of $206\frac{1}{4}$ doric feet thus resulted.
- (7) Using the grid (obtained in step 2), a grid 7 units wide×3 units high was set in order to prepare the facade (Fig. 13).
- (8) Increased width for the intercolumnar unit was provided to above and below the top of the 3rd unit with the upper intercolumnar unit being equal to the pediment height. Subtracting the lower intercolumnar unit from the top of the 3rd unit produced the column height of $31\frac{7}{8}$ doric feet (Fig. 14).
- (9) The diameter of the column (at the bottom) was $5\frac{5}{6}$ doric feet which is equal to $\frac{4}{9}$ of the axial intercolumniation.
- (10) The height of the entablature was determined by reducing the said 3 units into 4 units in relation to the 9 unit width of the stylobate. This reduced the overall height of 3 units to 42 doric feet from which the height of the column was subtracted, thus obtaining $10\frac{1}{8}$ doric feet as the height of the entablature (Fig. 15).