1　幾何図法の基礎

現図作業においては、基本的な幾何図法の知識が要求される。図形の世界は、点、線、面及び立体で構成されるが、ここでいう幾何図法では平面上にある線によって形成された図形を扱うこととする。

図形を形成する線は直線と曲線に分けられ、更に曲線は円とその他の曲線に分けられる。これらのうち、直線と円は定規とコンパスにより簡単に描け、これを基にして種々の図形が描かれる。

これらの図形の多くは、特に三角形と深い関わりをもつ。例えば直線図形は総て三角形を基本単位として構成されているし、円、楕円及び抛物線等の２次曲線は３点（三角形）が与えられれば、その形状が決定される。

したがって、本章の冒頭に当たって幾何図法の基礎ともいえる三角形の性質について簡単に触れることとする。三角関数等の詳細については、別途参考書等を参照されたい。

三角形は２角と１辺、２辺と１角又は３辺のいずれかが与えられればその形状が決定され、それぞれ次のような関係がある。

(1)　２角 α，γ と１辺 a が与えられるとき

$$\beta = 180^\circ - (\alpha + \gamma)$$

$$b = \frac{a \sin\beta}{\sin\alpha}$$

$$c = \frac{a \sin\gamma}{\sin\alpha}$$

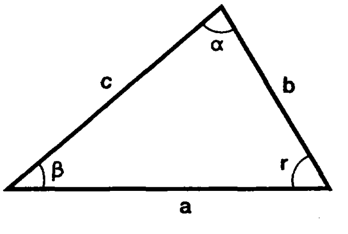

図1. 1

(2)　２辺 a，c と１角 β が与えられるとき

$$\tan\alpha = \frac{a \sin\beta}{c - a \cos\beta}$$

$$\gamma = 180^\circ - (\alpha + \beta)$$

$$b = \frac{a \sin\beta}{\sin\alpha}$$

$$b = \sqrt{a^2 + c^2 - 2ac\cos\beta}$$

(3)　２辺 a，c と１角 α が与えられるとき

$$\sin\gamma = \frac{c \sin\alpha}{a}$$

$$\beta = 180^\circ - (\alpha + \gamma)$$

$$b = \frac{a \sin\beta}{\sin\alpha}$$

(4)　3辺a，b，cが与えられるとき

$$\cos\alpha=\frac{b^2+c^2-a^2}{2bc}$$

$$\sin\beta=\frac{b\sin\alpha}{a}$$

$$\gamma=180^\circ-(\alpha+\beta)$$

以降に、現図場で使用する器具を用いた一般的な幾何図法について説明する。

2　直　線

2.1　直線に垂線を描く方法

2.1.1　直線上の定点に垂線を描く

(1)　直線$\overline{AB}$上の定点Cを中心として任意の半径の弧を描き、$\overline{AB}$との交点D，Eを求める。

(2)　D，Eを中心として任意の同一半径の弧を描き、2つの弧の交点FとCを結べば、$\overline{CF}$は$\overline{AB}$の垂線となる。

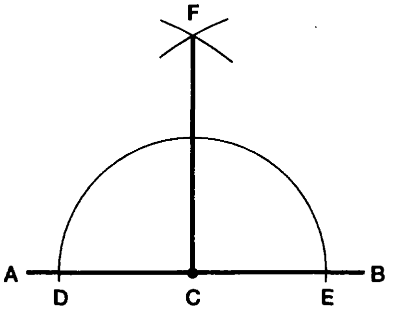

図1.2

2.1.2　直線外の定点から垂線を描く

(1)　直線$\overline{AB}$から離れた定点Cを中心として任意の半径の弧を描き、$\overline{AB}$との交点D，Eを求める。

(2)　D，Eを中心として任意の同一半径の弧を描き、2つの弧の交点Fを求める。CとFを結ぶ$\overline{CF}$は$\overline{AB}$の垂線となる。

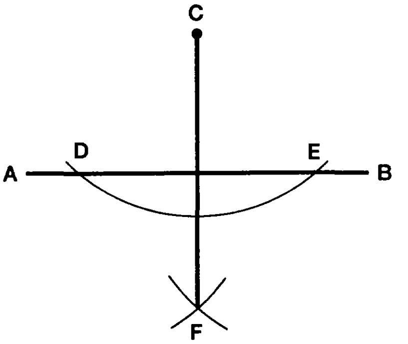

図1.3

2.1.3　直線の端点に垂線を描く（その1）

(1)　直線$\overline{AB}$外の任意の点Cを中心として$\overline{CB}$を半径とする弧を描き、$\overline{AB}$との交点をDとする。

(2)　D，Cを結び、その延長線と弧との交点をEとすれば、$\overline{EB}$は$\overline{AB}$の垂線となる。

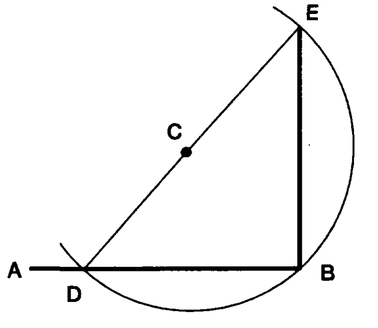

図1.4

2.1.4　直線の端点に垂線を描く（その２）

(1)　端点Ｂを中心として任意半径の弧を描き、$\overline{AB}$との交点をＣとする。

(2)　Ｃを中心として同一半径の弧を描いて交点Ｄを求め、更にＤを中心に同一半径の弧$\overset{\frown}{EF}$を描く。

(3)　Ｃ，Ｄを結んで延長した線と$\overset{\frown}{EF}$との交点Ｇを求めれば、$\overline{GB}$は$\overline{AB}$の垂線となる。

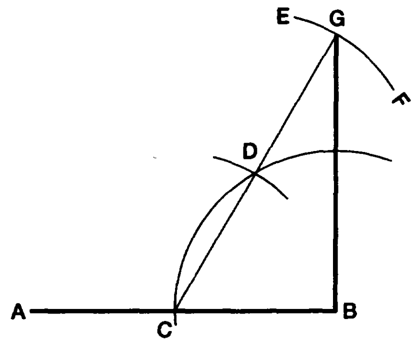

図1.5

2.1.5　直線の端点に垂線を描く（その３）

(1)　端点Ｂを中心として任意半径の弧を描き、$\overline{AB}$との交点をＣとする。

(2)　Ｃを中心として同一半径の弧を描いて交点Ｄを求め、更にＤを中心に同一半径の弧$\overset{\frown}{EF}$を描いて交点をＧとする。

(3)　Ｇを中心に同一半径の弧を描いて$\overset{\frown}{EF}$との交点Ｈを求めれば、$\overline{HB}$は$\overline{AB}$の垂線である。

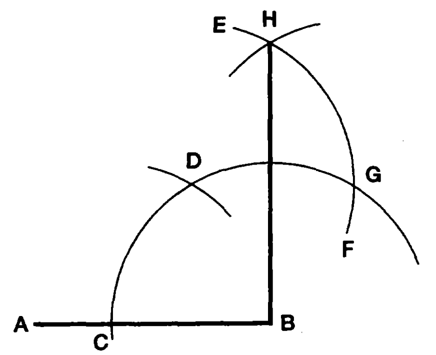

図1.6

2.2　直線を分割する方法

2.2.1　直線を２等分する

(1)　直線$\overline{AB}$の端点Ａ，Ｂを中心として任意の同一半径の弧を描き、２つの弧の交点をＣ，Ｄとする。

(2)　Ｃ，Ｄを結ぶ直線$\overline{CD}$は$\overline{AB}$の垂直２等分線であり、その交点Ｅは$\overline{AB}$を２等分している。

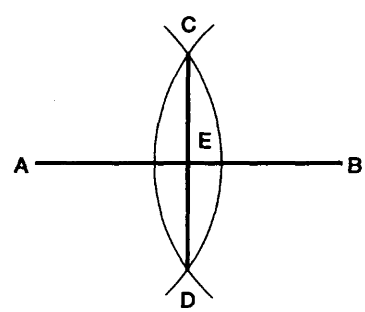

図1.7

2.2.2　直線を任意の数に等分する

(1)　直線$\overline{AB}$の端点Ａより任意の直線$\overline{AC}$を引く。Ａを中心として任意の半径の弧を描き$\overline{AC}$との交点をＤとし、次いでＤを中心に同一半径の弧の交点Ｅを求める。

以下、等分したい数だけこれを繰返す。ここでは４等分するものとし、交点Ｇまでを求める。

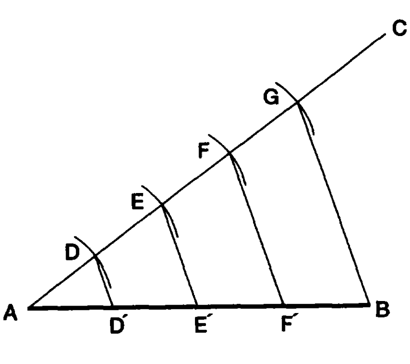

図1.8

(2)　ＧとＢを結び、各等分点Ｆ，Ｅ，Ｄから$\overline{GB}$に平行線を引き、$\overline{AB}$上の交点F′，E′，D′　を求めれば、これらは$\overline{AB}$を４等分する点となる。

2.2.3　直線を任意の比に分割する

(1)　直線$\overline{AB}$を例えば $x:y:z$ の比で３分割するものとする。Ａより任意の直線$\overline{AC}$を引き、$\overline{AC}$上に$\overline{AD}:\overline{DE}:\overline{EF}=x:y:z$ となるような点Ｄ，Ｅ，Ｆを求める。

(2)　ＦとＢを結び、$\overline{FB}$に平行に$\overline{EE'}$，$\overline{DD'}$を引けば、$\overline{AB}$はＤ′，Ｅ′により $x:y:z$ の比に分割される。

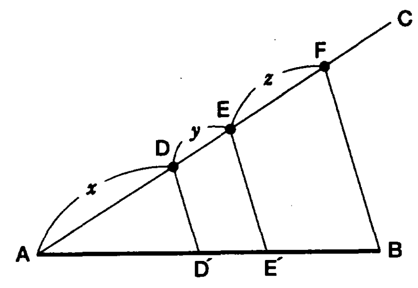

図1.9

3　角　度

3.1　角度の等分方法

3.1.1　任意の角度を２等分する

(1)　任意の角∠ＡＢＣのＢを中心として任意半径の弧を描き、$\overline{BA}$，$\overline{BC}$との交点Ｄ，Ｅを求める。

(2)　各点Ｄ，Ｅを中心として任意の同一半径の弧を描き、両弧の交点Ｆを求める。ＢとＦを結ぶ直線$\overline{BF}$は∠ＡＢＣを２等分する。

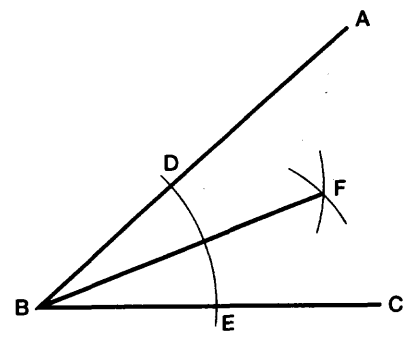

図1.10

3.1.2　直角を３等分する

(1)　直角ＡＢＣのＢを中心として任意半径の弧$\overset{\frown}{DE}$を描き、$\overline{BA}$，$\overline{BC}$との交点Ｄ，Ｅを求める。

(2)　Ｄ，Ｅを中心として$\overset{\frown}{DE}$と同一半径の弧を描き、$\overset{\frown}{DE}$との交点をそれぞれＧ，Ｆとする。$\overline{BG}$，$\overline{BF}$は直角ＡＢＣを３等分する。

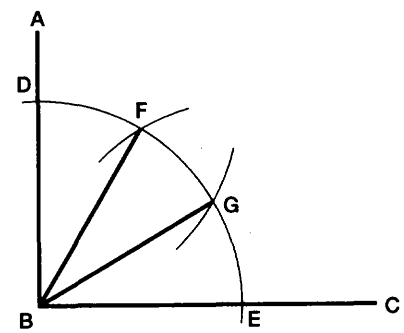

図1.11

3.2　定角に等しい角度を描く方法

(1)　定角∠ＡＢＣが与えられ、これを他の直線$\overline{B'C'}$上に描くものとする。先ず、Ｂを中心として任意半径の弧を描き、$\overline{BA}$，$\overline{BC}$との交点Ｄ，Ｅを求める。

(2)　Ｂ′を中心として$\overline{BE}$に等しい半径の弧を描き、$\overline{B'C'}$との交点をＥ′とする。Ｅ′を中心として$\overline{DE}$を半径とする弧を描き、前記弧との交点をＤ′とする。

　Ｄ′、Ｂ′を結んで構成される∠Ｄ′Ｂ′Ｅ′は∠ＡＢＣに等しい。

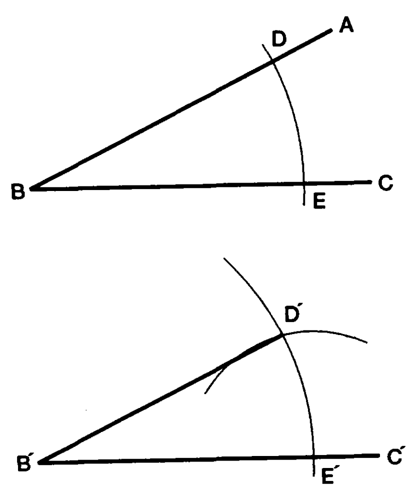

図1.12

4　円及び円弧

4.1　円周及び円弧の等分方法

4.1.1　円弧を２等分する

(1)　弧$\overset{\frown}{AB}$の端点Ａ，Ｂを中心として任意の同一半径の弧を描き、両弧の交点Ｃ，Ｄを求める。

(2)　Ｃ，Ｄを結ぶ直線は$\overset{\frown}{AB}$の中心を通り、その交点Ｅは$\overset{\frown}{AB}$を２等分している。

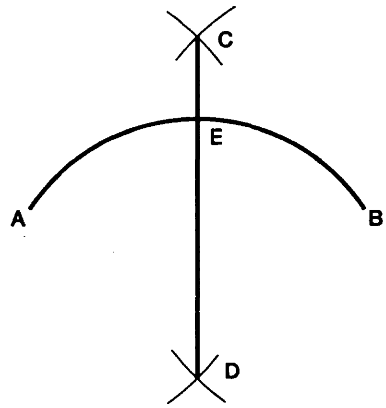

図1.13

4.1.2　円周を３等分又は６等分する

(1)　円Ｏにおける円周上の任意の点Ａを中心として円Ｏと同一半径の弧を描き、交点をＢ，Ｆとする。

(2)　Ｂ点より同一半径の弧を描いてＣを求め、順次Ｄ，Ｅを求める。

　Ａ，Ｃ，Ｅ点は円周を３等分し、Ａ，Ｂ，Ｃ，Ｄ，Ｅ，Ｆ点は６等分する。これらの等分点を直線で結べば、それぞれ正三角形と正六角形が描ける。

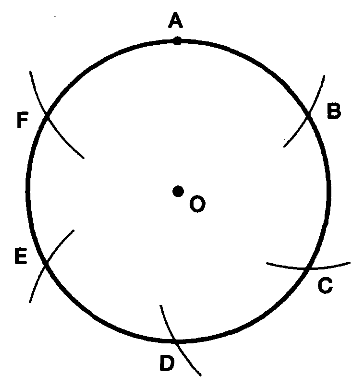

図1.14

4.1.3　円周を任意の数に等分する

(1)　直径$\overline{AB}$を任意の数に等分する。例えば５等分するものとし、その等分点をＣ，Ｄ，Ｅ，Ｆとする。

(2)　Ａ，Ｂ点を中心として$\overline{AB}$を半径とする弧を描き、両弧の交点をＧとする。Ｇと第２分割点Ｄとを結ぶ延長線が円周と交わる点をＨとすれば、$\overset{\frown}{AH}$は円周を５等分する弧である。

(3)　$\overline{AH}$を半径とする弧で円周を順次等分すれば、Ａ，Ｈ，Ｉ，Ｊ，Ｋは円周を５等分する。この方法により、任意の正多角形を描くこともできる。

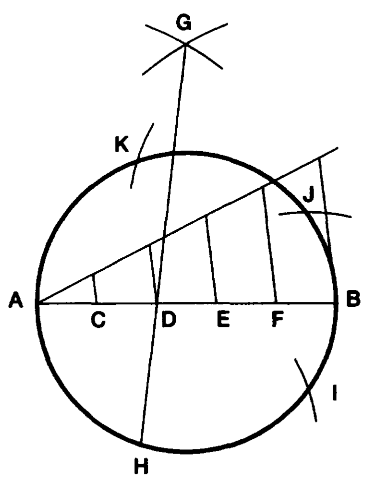

図1.15

4.2 円及び円弧を描く方法

4.2.1 任意の3点を通る円又は円弧を描く

(1) 任意の3点Ａ，Ｂ，Ｃにおいて、直線$\overline{AB}$，$\overline{BC}$を描き、それぞれの垂直2等分線の交点をＯとする。

(2) Ｏを中心としてＯＡを半径とする円又は円弧を描けば、これらはＢ，Ｃを通る。

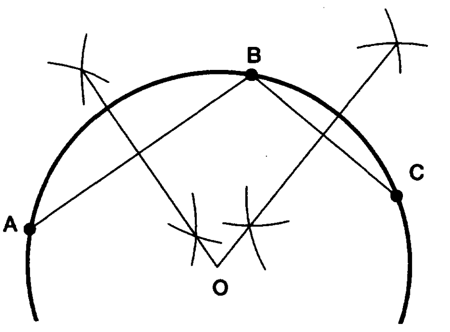

図1.16

4.2.2 等分の3点を通る円弧を描く（その１）

(1) 3点Ａ，Ｂ，Ｃの間に$\overline{AB}=\overline{BC}$の関係があるものとする。$\overline{AC}$の中点をＯとすれば、$\overline{OB}$は$\overline{AC}$の垂直2等分線である。

Ａ，Ｃから$\overline{OB}$に平行な直線$\overline{AD}$，$\overline{CD'}$（又はＡ，Ｃから$\overline{AC}$の垂線$\overline{AD}$，$\overline{CD'}$）を描き、$\overline{OB}$に等しく$\overline{AE}$，$\overline{CE'}$をとる。

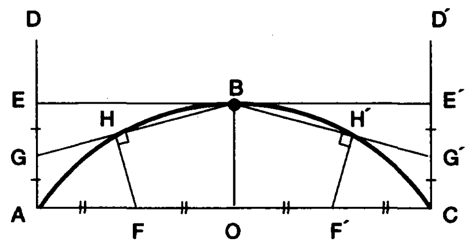

図1.17

(2) $\overline{AO}$を任意の数に等分するが、仮に2等分することとし、その2等分点をＦとする。同様$\overline{AE}$の2等分点をＧとし、Ｆから$\overline{BG}$に垂線を下し、その交点をＨとする。

同様にして、Ｆ′、Ｇ′、Ｈ′を求める。

(3) ここにＨ，Ｈ′は円弧ＡＢＣ上の点となるので、Ａ，Ｈ，Ｂ，Ｈ′、Ｃをバッテンにより結べば、求める円弧が得られる。

4.2.3 等分の3点を通る円弧を描く（その２）

(1) 4.2.2と同様$\overline{AB}=\overline{BC}$の関係があるものとする。Ａ，Ｃを中心として$\overline{AC}$を半径とする弧を描き、$\overline{AB}$，$\overline{CB}$の延長線との交点をＤ，Ｄ′とする。

(2) 弧$\overset{\frown}{CD}$を任意の数に等分する。例えば4等分するものとし、その等分点をＥ，Ｆ，Ｇとする。Ｄ点より弧上にＥ，Ｆ，Ｇと同じ等分点Ｈ，Ｉ，Ｊを求め、これらＥ～Ｊ点とＡ点とを直線で結ぶ。

同様にして$\overset{\frown}{AD'}$上に同じ等分点Ｅ′～Ｊ′点を求める。

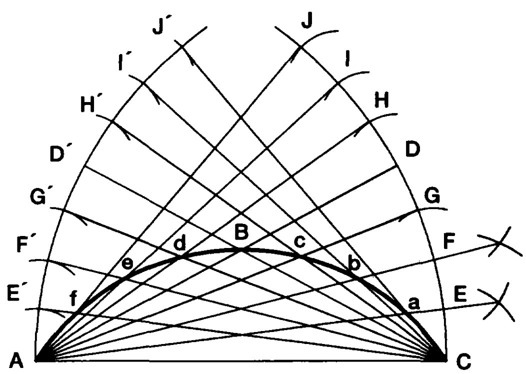

図1.18

(3) Ｅ～Ｊの内側の線$\overline{AE}$とＥ′～Ｊ′の外側の線$\overline{CJ'}$との交点をａとする。同様に順次$\overline{AF}$と$\overline{CI'}$から$\overline{AJ}$と$\overline{CE'}$までのそれぞれの交点をｂ～ｆとする。Ａ，ｆ，ｅ，ｄ，Ｂ，ｃ，ｂ，ａ，Ｃをバッテンで結べば、求める円弧となる。

4.2.4　2直線に接する円又は円弧を描く

(1)　2直線$\overline{\mathrm{AB}}$，$\overline{\mathrm{CD}}$に接する半径Rの円を描くものとし、$\overline{\mathrm{AB}}$，$\overline{\mathrm{CD}}$からそれぞれ距離Rの平行線$\overline{\mathrm{A'B'}}$，$\overline{\mathrm{C'D'}}$を引く。

(2)　$\overline{\mathrm{A'B'}}$，$\overline{\mathrm{C'D'}}$の交点Oより半径Rの円を描けば、$\overline{\mathrm{AB}}$，$\overline{\mathrm{CD}}$に接する円となる。

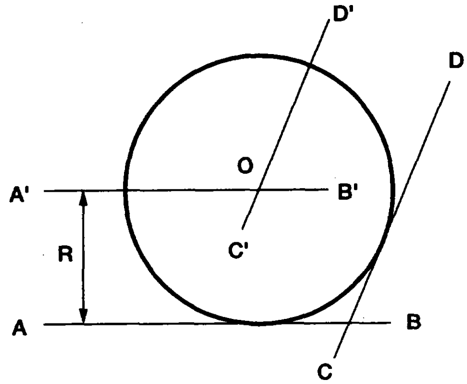

図1.19

5　正 多 角 形

5.1　正 五 角 形

5.1.1　円に内接する正五角形を描く

(1)　円Oに直交する2直径$\overline{\mathrm{AB}}$，$\overline{\mathrm{CD}}$を描き、$\overline{\mathrm{OB}}$の中点をEとする。

(2)　Eを中心として$\overline{\mathrm{EC}}$を半径とする円弧を描き、$\overline{\mathrm{OA}}$との交点をFとすれば、$\overline{\mathrm{CF}}$は円Oに内接する正五角形の一辺の長さである。

(3)　Cを中心として半径$\overline{\mathrm{CF}}$の円弧を描き、円Oとの交点G，Hを求める。同様にして順次I，Jを求めてC，H，I，J，G，Cを結べば正五角形が得られる。

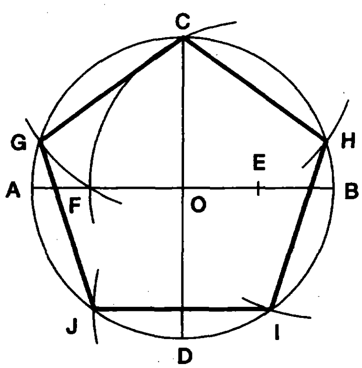

図1.20

5.1.2　一辺が与えられた正五角形を描く

(1)　与えられた一辺$\overline{\mathrm{AB}}$のA，B点各々を中心として半径$\overline{\mathrm{AB}}$の弧を描き、2弧の交点C，Dを結ぶ直線と$\overline{\mathrm{AB}}$との交点をEとする。

(2)　Eから$\overline{\mathrm{EC}}$の延長線上に$\overline{\mathrm{AB}}$に等しくFをとる。A，Fを結んでその延長線上に$\overline{\mathrm{AE}}$の長さに$\overline{\mathrm{FG}}$をとり、Aを中心とした半径$\overline{\mathrm{AG}}$の弧とECの延長線上との交点をHとする。

(3)　Hを中心として半径$\overline{\mathrm{AB}}$の弧を描き、A，B各々を中心とした弧との交点をそれぞれJ，Iとする。A，J，H，I，Bを結べば正五角形となる。

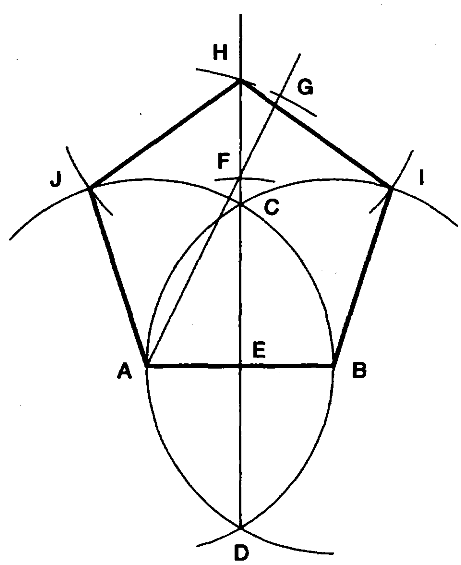

図1.21

5.2 正六角形

5.2.1 円に内接する正六角形を描く

(1) 円Oの円周上の任意の点Aを中心として円Oと同一半径の弧を描き、交点をB，Fとする。

(2) Bより同一半径の弧を描いて交点Cを求め、同様にして順次交点D，Eを求める。A，B，C，D，E，F，Aを順次直線で結べば正六角形となる。

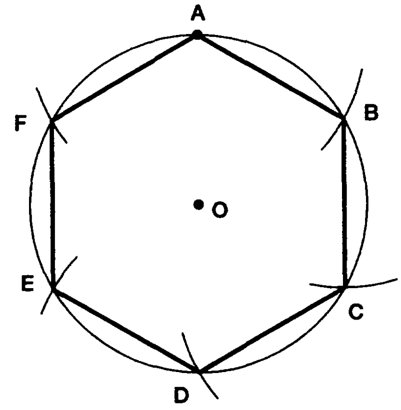

図1.22

5.2.2 一辺が与えられた正六角形を描く

(1) 与えられた一辺$\overline{AB}$のA，B点各々を中心として半径$\overline{AB}$の弧を描き、その交点をOとする。

(2) Oを中心として半径$\overline{AB}$の円を描き、その円周を半径$\overline{AB}$で分割した点をC，D，E，Fとすれば、B，C，D，E，F，Aを結ぶ図形は正六角形となる。

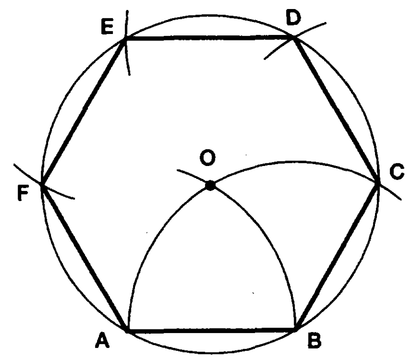

図1.23

5.3 任意の正多角形

5.3.1 円に内接する任意の正多角形を描く

4.1.3で述べた「円周を任意の数に等分する」方法と同様である。円周の等分点を順次直線で結べば、求める正多角形が得られる。

5.3.2 一辺が与えられた任意の正多角形を描く

(1) 与えられた一辺$\overline{AB}$のAを中心として半径$\overline{AB}$のの弧を描き、$\overline{AB}$の延長線上の交点をCとする。

(2) B，C各々を中心とする半径$\overline{BC}$の弧を描き、両弧の交点をDとする。

(3) $\overline{CB}$を求める正多角形の辺数に等分する。ここでは例えば7等分するとする。

(4) Dと第2等分点2とを結び、その延長線と弧$\overset{\frown}{BC}$との交点をEとすれば、$\overline{AE}$は求める多角形の第2辺となる。

(5) $\overline{AB}$と$\overline{AE}$の垂直2等分線の交点をOとして$\overline{AO}$を半径とする円を描き、その円周を$\overline{AB}$で等分割すれば、求める正多角形が得られる。

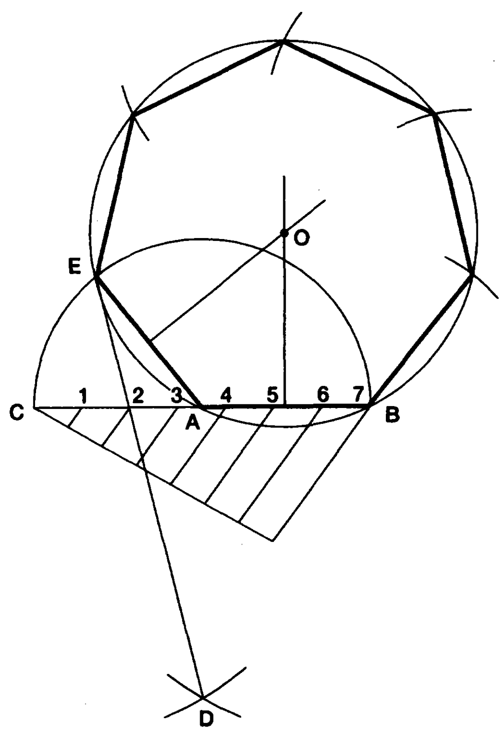

図1.24