



Figure 3-1 Two-dimensionally periodic pattern. (Reproduced, with permission, from the work of M. C. Escher in *Symmetry Aspects of M. C. Escher's Periodic Drawings*, by C. H. MacGillavry. A. Oosthoek, Utrecht, The Netherlands, 1965.)

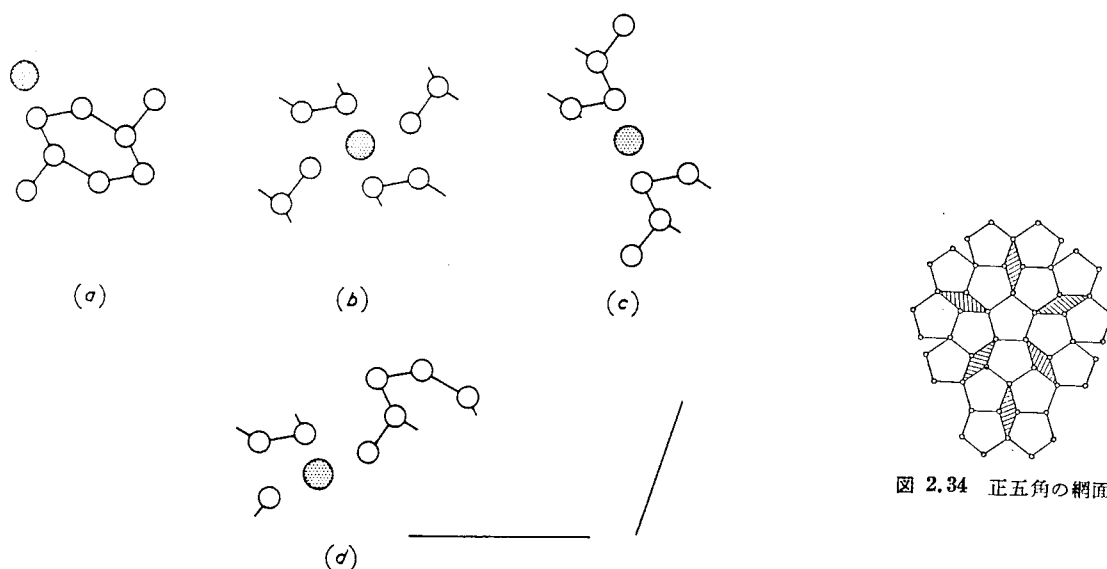


図 2.34 正五角の網面

Figure 3-9 Different choices of lattice complex for the same hypothetical structure, with lattice vectors as shown by the straight lines at bottom right. In (a) and (b) the lattice complex fits within the unit cell; in (c) and (d) the translation-repeat unit is a different shape.

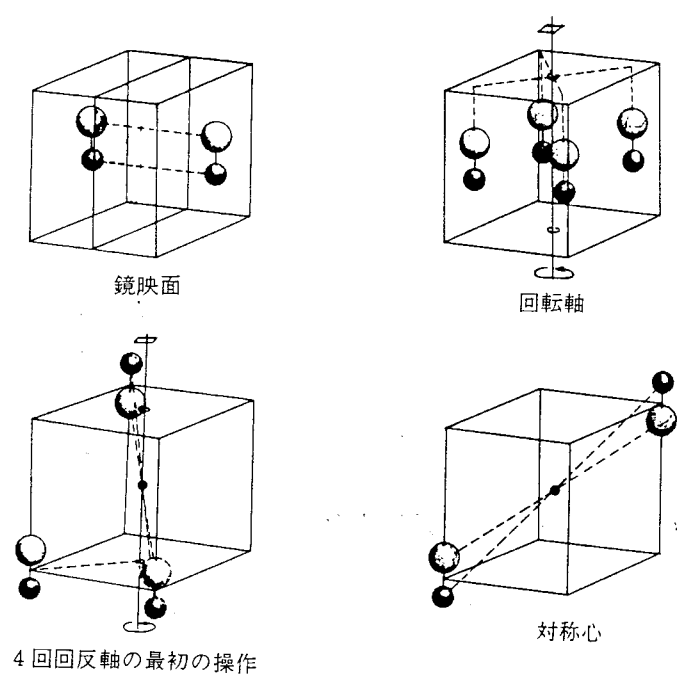


図1.1b 対称の要素

表 2.1 対称操作の記号と符号

対 称 操 作	H. M. の記号	S. の 記 号	符 号
回転 $\frac{2\pi}{1}$ 360°	1	C_1	なし
$\frac{2\pi}{2}$ 180°	2	C_2	●
$\frac{2\pi}{3}$ 120°	3	C_3	▲
$\frac{2\pi}{4}$ 90°	4	C_4	◆
$\frac{2\pi}{6}$ 60°	6	C_6	●
回反 $\frac{2\pi}{1}$ 360°	$\bar{1}$	C_i	○
$\frac{2\pi}{2}$ 180°	$\bar{2} \equiv m$	C_s	—
$\frac{2\pi}{3}$ 120°	$\bar{3}$	$S_6 \equiv C_{3i}$	▲
$\frac{2\pi}{4}$ 90°	$\bar{4}$	S_4	◆
$\frac{2\pi}{6}$ 60°	$\bar{6} \equiv \frac{3}{m}$	$S_3 \equiv C_{3h}$	▲
反射	$m \equiv \bar{2}$	C_s	—
反転	$\bar{1}$	C_i	○

注 H. M. の記号 Hermann-Mauguin の記号.
S. の記号 Schoenflies の記号. (以前もっぱら用いられていた)
本文に説明したように, この分類では同一のもの, 対称の要素の組合せからなるものも含まれるが, それにしても, 回転とか回反の型式に分類した方が整理の上では便利である.
反転の符号はステレオ図形では記さない.
 $\bar{6}$ の符号は古い出版物では白黒逆の $\bar{3}(S_6)$ の符号が用いられている.

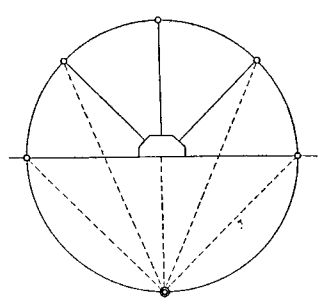


図 2.6 ステレオ投影

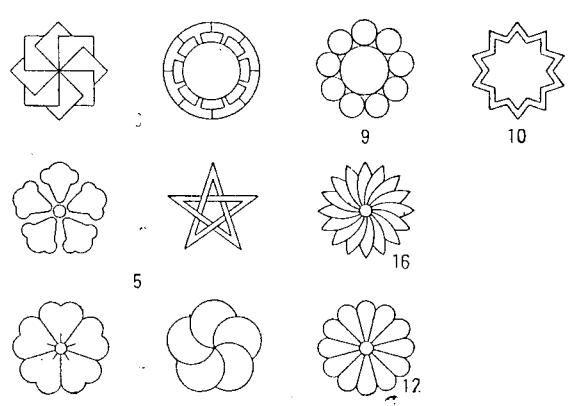


図 2.35 (a) 紋章にみられて結晶にない対称の例 (数字は対称の回数)

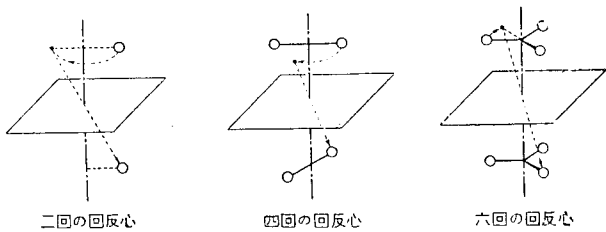


図 2.8 回反心

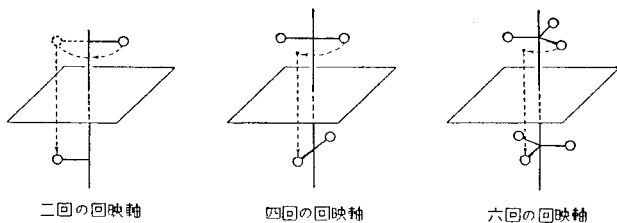


図 2.7 回 映 軸

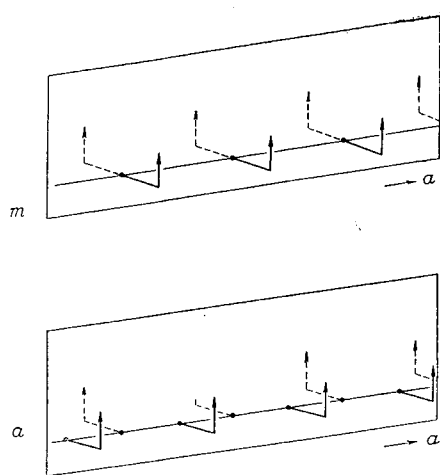
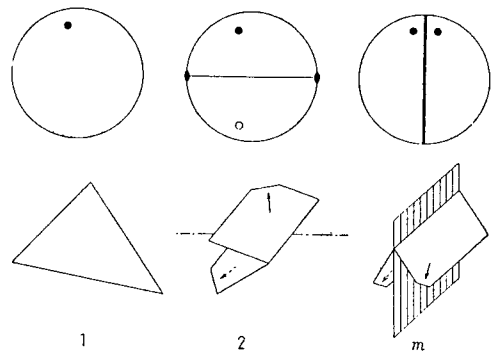


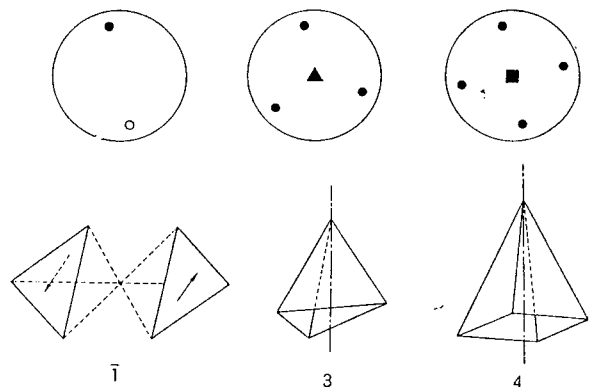
図 2.51 対称面の分化 (鏡面 m と映進面 a)



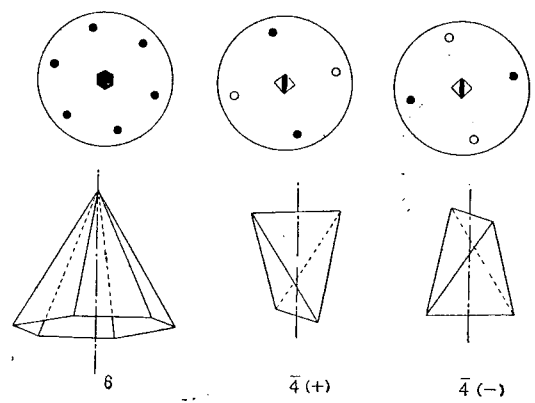
図 2.53 映進操作を含む模様 (法隆寺の金堂のらんかん)



(a)



(b)



(c)

図 2.9 対称の要素のステレオ図形と対応する多面体 ($\bar{4}$ については軸の位置により正負の向きの区別ができる)

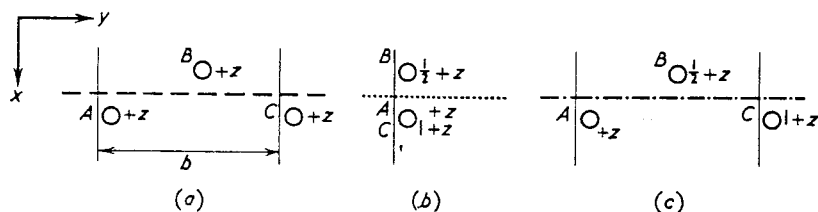


Figure 8-1 Glide planes. (a) Axial glide: the glide direction is horizontal across the page. (b) Axial glide: the glide direction is perpendicular to the page. (c) Diagonal glide, with components in both horizontal and perpendicular directions. In each case the normal to the plane is up and down the page, and the trace of the plane is shown by a heavy line—broken for (a), dotted for (b), and dot-dash for (c).

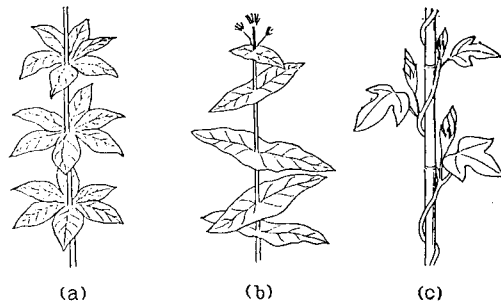


図 2.48 天然における回転軸 (a)
とらせん軸 (b, c)

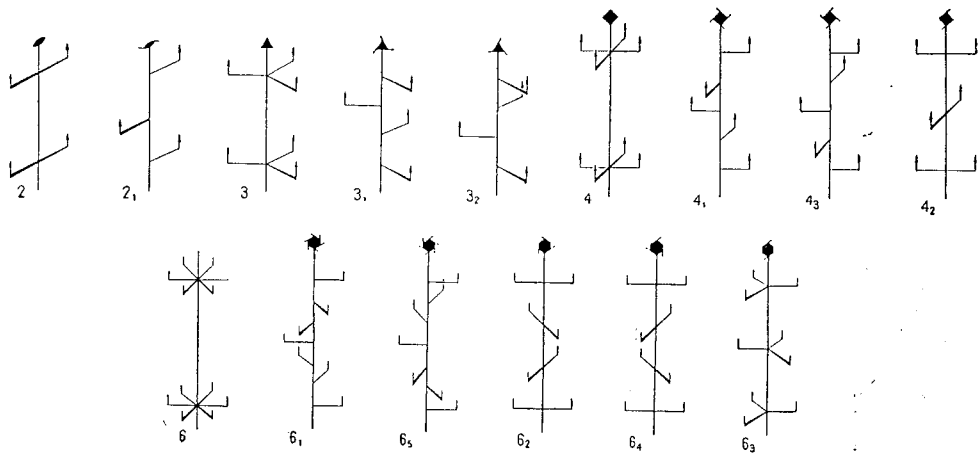


図 2.50 対称軸の分化

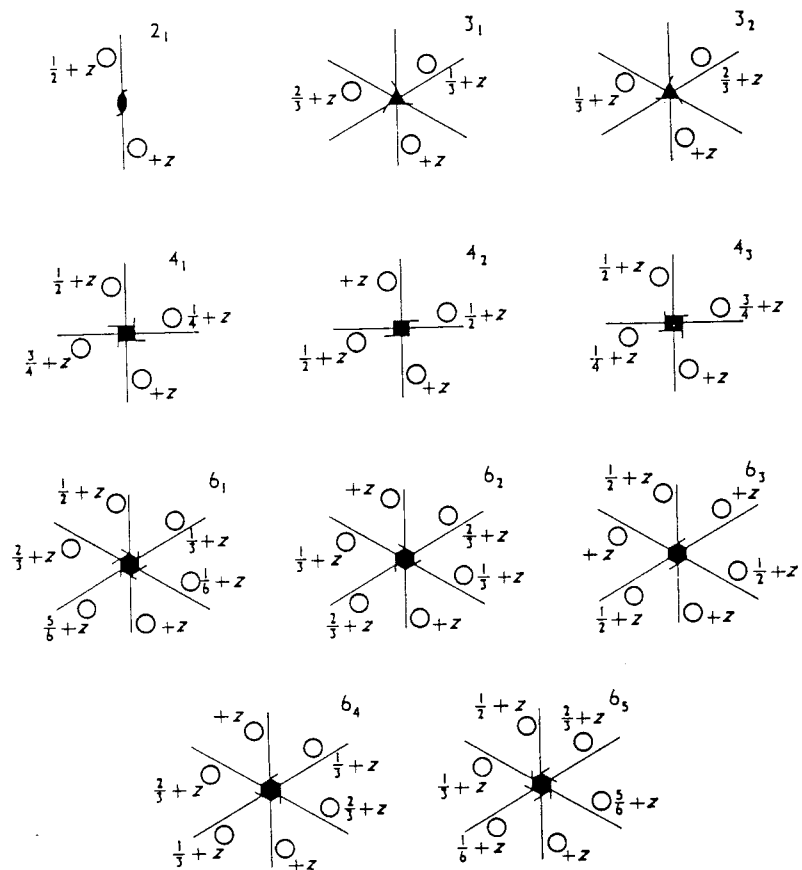


Figure 8-2 Screw axes. Axes are perpendicular to the paper. The symbols used for the axes are the conventional ones.

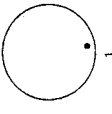
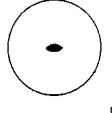
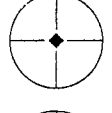
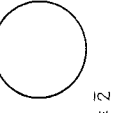
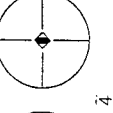
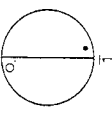
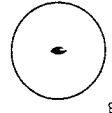
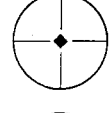
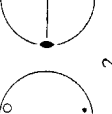
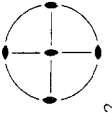
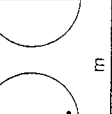
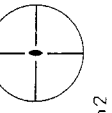
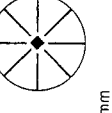
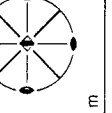
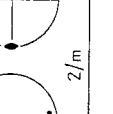
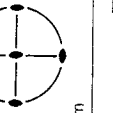
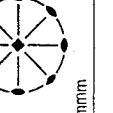
	三 斜	単 斜 (第一のおき方)	正 方
X	 1	 2	 4
$\bar{X}$ (偶)	—	 $m \equiv \bar{2}$	 $\bar{4}$
X (偶) + 中心 X (奇)	 $\bar{1}$	 $2/m$	 $4/m$
$\sum X2$	 2	 222	 422
Xm	 m	 mm2	 4mm
$\bar{X}2$ (偶) または $\bar{X}m$ (偶)	—	—	 $42m$
$X2$ または $Xm +$ 中心 Xm (奇)	 $2/m$	 mmm	 $4/nmm$

図 2.16 (1) 32 晶族のステレオ図形

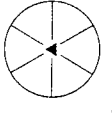
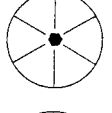
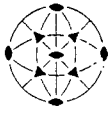
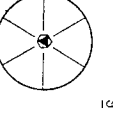
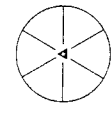
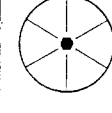
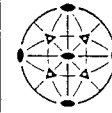
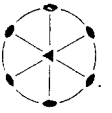
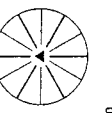
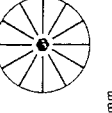
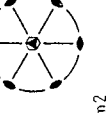
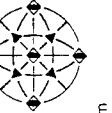
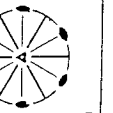
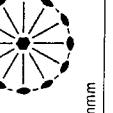
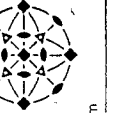
	三 方	六 方	等 軸 (立方)
X	 3	 6	 23
X (偶)	—	 $\bar{6}$	—
X (偶) + 中心 X (奇)	 $\bar{3}$	 $6/m$	 m3
$X2$	 32	 622	 432
Xm	 3m	 6mm	—
$\bar{X}2$ (偶) または $\bar{X}m$ (偶)	—	 $6m2$	 $43m$
$X2$ または $Xm +$ 中心 Xm (奇)	 $\bar{3}m$	 $6/nmm$	 m3m

図 2.16 (2) 32 晶族のステレオ図形

記号	回数	符号	右手系らせん並進	記号	回数	符号	右手系らせん並進
1	一回回転	なし	なし	4	四回回転	◆	なし
$\bar{1}$	一回反転	○	なし	4 ₁	四回らせん	◆	$c/4$
2	二回回転	●	なし	4 ₂	"	◆	$2c/4$
		(紙面に直交) →		4 ₃	"	◆	$3c/4$
		(紙面に平行)		$\bar{4}$	四回反転	◇	なし
2 ₁	二回らせん	●	$c/2$	6	六回回転	●	なし
		(紙面に直交) →		6 ₁	六回らせん	●	$c/6$
		(紙面に平行)	$a/2$ または $b/2$	6 ₂	"	●	$2c/6$
		以下紙面に直交		6 ₃	"	●	$3c/6$
3	三回回転	▲	なし	6 ₄	"	●	$4c/6$
3 ₁	三回らせん	▲	$c/3$	6 ₅	"	●	$5c/6$
3 ₂	"	▲	$2c/3$	$\bar{6}$	六回反転	⊗	なし
$\bar{3}$	三回反転	△	なし				

図 2.49 対称軸の符号

記号	対称面	符号		映進の内容
		投影面に直交	投影面に平行	
m	鏡面(反射面)	—	└┐	投影面からの高さ(z)を示すため $z = \frac{1}{4}$ のときはこれを $\frac{1}{4}$ と付記する
a, b	軸映進面	- - - - -	└┐└┐└┐	$[100]$ に $a/2$; $[010]$ に $b/2$; $\langle 100 \rangle$ に $a/2$ または $b/2$
c			なし	z 軸に $c/2$; または菱面体の軸では $[111]$ に $(a+b+c)/2$
n	対角映進面	- . - . - .	└┐	$(a+b)/2$, $(b+c)/2$, $(c+a)/2$; あるいは正方または立方では $(a+b+c)/2$ もある
d	ダイヤモンド映進面	— . — . — . — . — . — .	└┐└┐	$(a \pm b)/4$, $(b \pm c)/4$, $(c \pm a)/4$; 正方または立方では $(a \pm b \pm c)/4$ もある

図 2.52 鏡面と映進面の符号

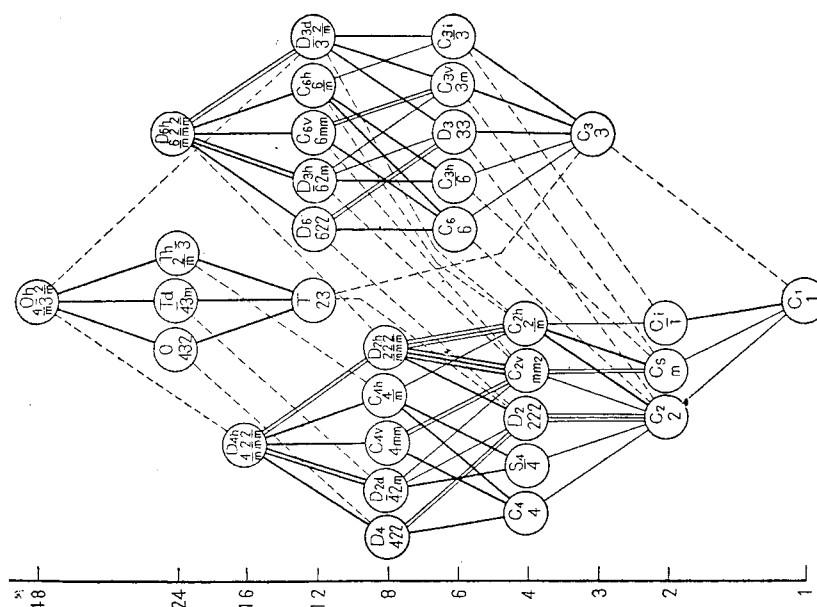
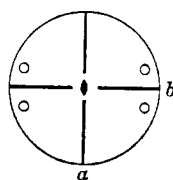
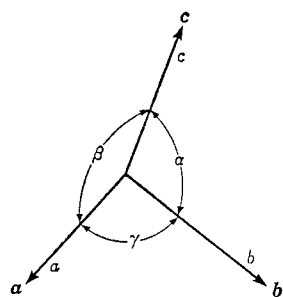
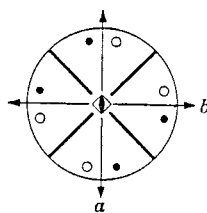


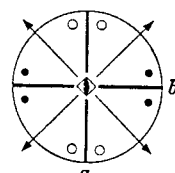
図 2.17 点群の対称の高低関係



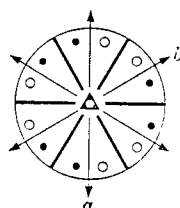
$mm2$
 a, b に垂直な鏡面があり
 c が2回軸になる。



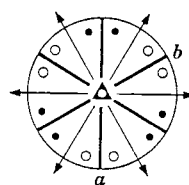
$42m$
 a, b 軸が2回軸で対角線
上に鏡面がある。



$4m2$
 a, b 軸を含む鏡面があり
対角線が2回軸となる。



$3m1$
 a, b 軸に垂直な鏡面がある。



$31m$
 a, b 軸を含む鏡面がある。

2.2-1 表付図 (1)
 α は b 軸と c 軸のなす角
 β は c 軸と a 軸のなす角
 γ は a 軸と b 軸のなす角
 a, b, c はそれぞれの軸の長さ

$2/m, 4/m, 6/m$ 等はそれぞれ
の回軸軸に垂直な鏡面のある
ことを意味する。

2.2-1 表付図 (2)
これらの図で太い線は鏡面を示
す。(○は紙面上, ●は下にある
点を示す。)

2.2-1 表 晶 系 と 晶 族

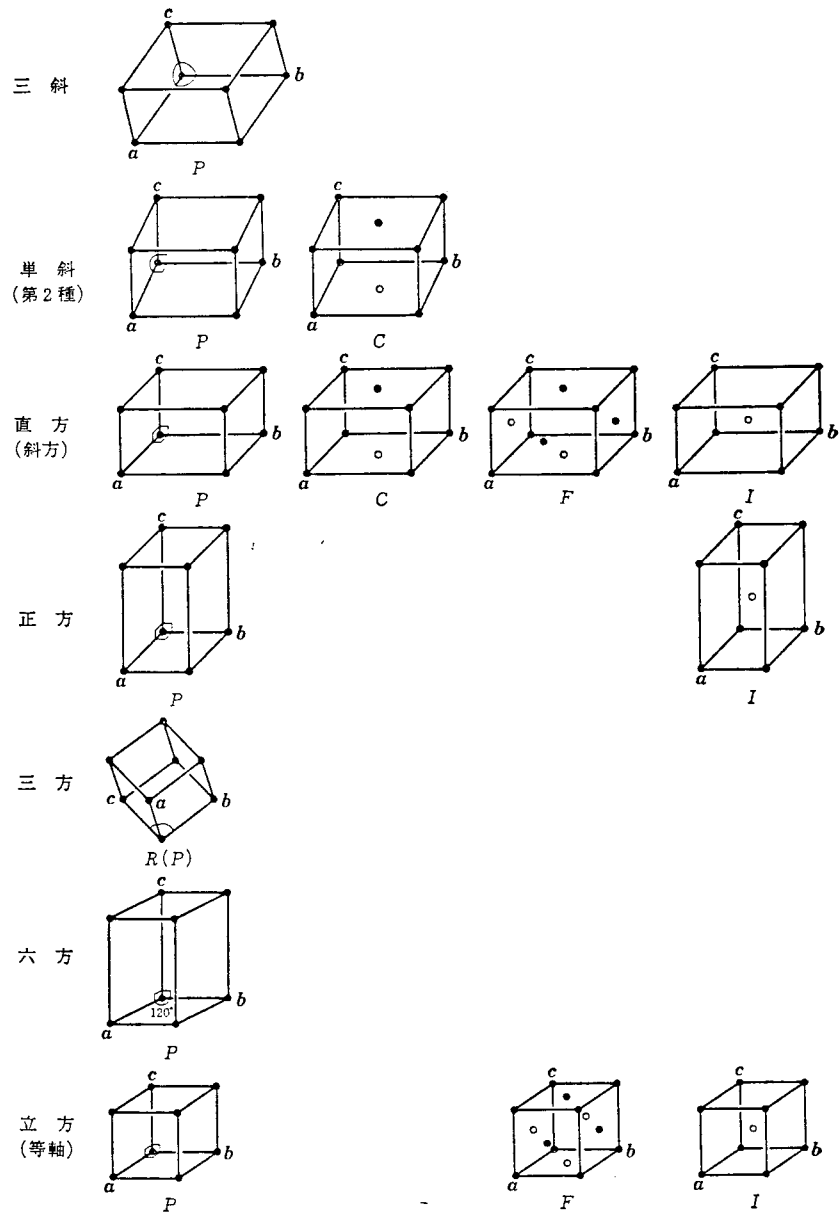
結 晶 系	格 子 定 数		複合格子	晶 族			逆結晶の 対称
	必要条件	命名の約束*		対称心なし		対称心 あり	
				左右像 なし	左右像あり		
三 斜		$c < a < b$ $\alpha \cong 90^\circ$ $\beta \cong 90^\circ$		1		I	I
單 斜 (第2種)	$\alpha = \gamma = 90^\circ$	$c < a,$ $\beta \cong 90^\circ$	C^{**}	2	m	$2/m$	$2/m$
(第1種)	$(\alpha = \beta =$ $90^\circ)^{***}$		(B)				
直 方† (斜 方)	$\alpha = \beta = \gamma$ $= 90^\circ$	$c < a < b$	$C(A, B)$ F, I	222	$mm\ 2$	mmm	mmm
正 方	$a = b$ $\alpha = \beta = \gamma$ $= 90^\circ$		I	4 422	$\bar{4}$ $4mm, \bar{4}2m,$ $\bar{4}m\ 2$	$4/m$ $4/mmm$	$4/m$ $4/mmm$
三 方	$a = b = c$ $\alpha = \beta = \gamma$			3 321 312	$\bar{3}$ $3m\ 1$ $31m$	$\bar{3}$ $\bar{3}m\ 1$ $\bar{3}1m$	$\bar{3}$ $\bar{3}m\ 1$ $\bar{3}1m$
(三 方 (六方格子)	$a = b,$ $\alpha = \beta = 90^\circ$ $\gamma = 120^\circ$						
六 方	$a = b$ $\alpha = \beta = 90^\circ$ $\gamma = 120^\circ$			6 622	$\bar{6}$ $6mm$ $\bar{6}2\ 2, \bar{6}2m$	$6/m$ $6/mmm$	$6/m$ $6/mmm$
立 方 (等 軸)	$a = b = c$ $\alpha = \beta = \gamma$ $= 90^\circ$		F, I	23 432	$\bar{4}3m$	$m\ 3$ $m\ 3m$	$m\ 3$ $m\ 3m$

* 軸の長さによる命名の約束は絶対的なものではなく、後に示す空間群との対応等で適当に変更する場合もある。ただ、格子定数だけで他のデータと比較するような場合 (§8.3 参照) には必ずこの規則にしたがって軸を変換した上で行わなければならない。

** 底心格子では軸の選び方によって A, B, C のどれかに変換することがある。また、単斜晶系で I が現われたときは必ず底心に変更できる。

*** 単斜晶系では対称の軸は一方向だけである。これを c 軸に選ぶのを国際的な規約として第1種と呼ばれている。しかし、古くから b 軸を選ぶ習慣がありこれを第2種と呼んで現在でも使われている。本書でも第2種を使うことが多い。 a 軸を選ぶことは行われていない。

† 斜方晶系が普通の用語であるが、本書では直方晶系の用語を用いた (序文参照)。



2.2-1 図 晶系と空間格子の形
(○ は ● と等価な点であるが、表面から見えない位置にある.)

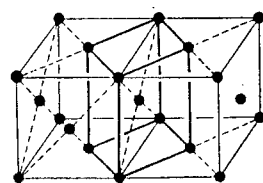


図 2.41 正方面心格子
を正方体心格子で表わ
す軸のとり方

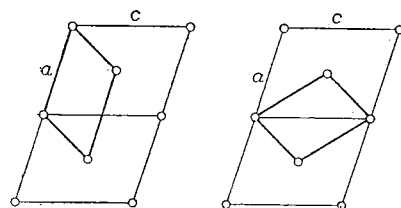


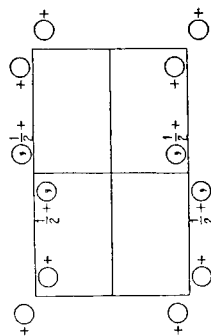
図 2.40 底心単斜格子としての B 格子
をとる必要がない理由 (細い線がとな
り合う 2 個の B 単位格子で、太い線が
単純格子)

$Pnc2$ C_6^{2v}

No. 30

$Pnc2$

$m\bar{m}2$ Orthorhombic



Origin on 2

Number of positions,
Wyckoff notation,
and point symmetry

4 c 1

$x,y,z; \bar{x},\bar{y},z; x,\frac{1}{2}-y,\frac{1}{2}+z; x,\frac{1}{2}-y,\frac{1}{2}+z.$

Co-ordinates of equivalent positions

Conditions limiting
possible reflections

General:

hkl : No conditions
 $0kl$: $k+l=2n$
 $h0l$: $l=2n$
 $h\bar{h}0$: No conditions
 $h00$: No conditions
 $0k0$: $(k=2n)$
 $00l$: $(l=2n)$

Special: as above, plus

hkl : $k+l=2n$

2 b 2 $\frac{1}{2},0,z; \frac{1}{2},\frac{1}{2}+z.$
2 a 2 $0,0,z; 0,\frac{1}{2}+z.$

Symmetry of special projections

(001) pgm ; $a'=a, b'=b$

(100) $cm1$; $b'=b, c'=c$

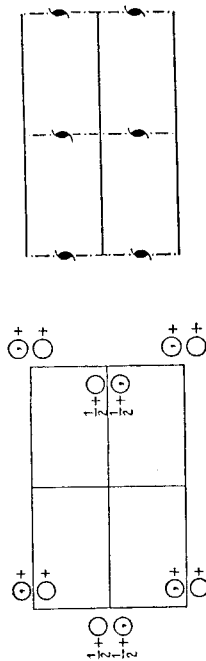
(010) plm ; $c'=c/2, a'=a$

$Pmn2_1$ C_7^{2v}

No. 31

$Pmn2_1$

Orthorhombic $m\bar{m}2$



Origin on $m\bar{m}$

Number of positions,
Wyckoff notation,
and point symmetry

4 b 1

$x,y,z; \bar{x},\bar{y},z; \frac{1}{2}-x,\bar{y},\frac{1}{2}+z; \frac{1}{2}+x,\bar{y},\frac{1}{2}+z.$

Co-ordinates of equivalent positions

Conditions limiting
possible reflections

General:

hkl : No conditions
 $0kl$: No conditions
 $h0l$: $l+h=2n$
 $h\bar{h}0$: No conditions
 $h00$: $(h=2n)$
 $0k0$: No conditions
 $00l$: $(l=2n)$

Special: as above only

2 a m $0,y,z; \frac{1}{2},\bar{y},\frac{1}{2}+z.$

Symmetry of special projections

(001) pmg ; $a'=a, b'=b$

(100) $pg1$; $b'=b, c'=c$

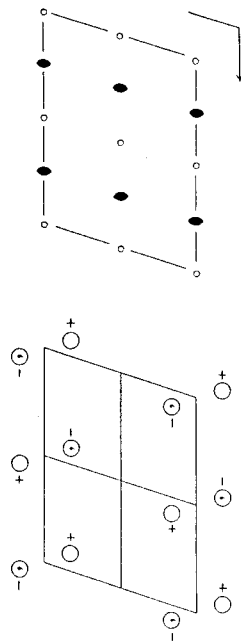
(010) clm ; $c'=c, a'=a$

$P2/b$
 C_{2h}^4

No. 13

$P 1 1 2/b$

$2/m$ Monoclinic



1ST SETTING

Number of positions,
Wyckoff notation,
and point symmetry

Origin at $\bar{1}$; unique axis c

Co-ordinates of equivalent positions

Conditions limiting
possible reflections

General:
 hkl : No conditions
 $hk0$: $k=2n$
 $00l$: No conditions

4 g 1 x,y,z ; $\bar{x},\bar{y},\bar{z}$; $\bar{x},\frac{1}{2}-y,z$; $x,\frac{1}{2}+y,\bar{z}$.

2 f 2 $\frac{1}{2},\frac{1}{2},z$; $\frac{1}{2},\frac{3}{2},\bar{z}$.

2 e 2 $0,\frac{1}{2},z$; $0,\frac{3}{2},\bar{z}$.

2 d $\bar{1}$ $\frac{1}{2},0,0$; $\frac{1}{2},\frac{1}{2},0$.

2 c $\bar{1}$ $0,0,\frac{1}{2}$; $0,\frac{1}{2},\frac{1}{2}$.

2 b $\bar{1}$ $\frac{1}{2},0,\frac{1}{2}$; $\frac{1}{2},\frac{1}{2},\frac{1}{2}$.

2 a $\bar{1}$ $0,0,0$; $0,\frac{1}{2},0$.

Symmetry of special projections

(001) $p2$; $a'=a, b'=b/2$

(100) pmg ; $b'=b, c'=c$

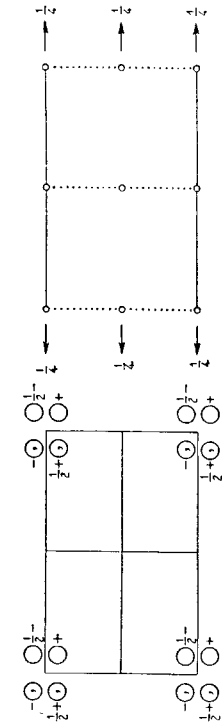
(010) $pm\bar{m}$; $c'=c, a'=a$

$P2/c$
 C_{2h}^4

No. 13

$P 1 2/c 1$

Monoclinic $2/m$



Origin at $\bar{1}$; unique axis b

Co-ordinates of equivalent positions

Conditions limiting
possible reflections

General:
 hkl : No conditions
 $hk0$: $l=2n$
 $0k0$: No conditions

4 g 1 x,y,z ; $\bar{x},\bar{y},\bar{z}$; $\bar{x},y,\frac{1}{2}-z$; $x,\bar{y},\frac{1}{2}+z$.

2 f 2 $\frac{1}{2},y,\frac{1}{2}$; $\frac{1}{2},\bar{y},\frac{3}{2}$.

2 e 2 $0,y,\frac{1}{2}$; $0,\bar{y},\frac{3}{2}$.

2 d $\bar{1}$ $\frac{1}{2},0,0$; $\frac{1}{2},0,\frac{1}{2}$.

2 c $\bar{1}$ $0,\frac{1}{2},0$; $0,\frac{1}{2},\frac{1}{2}$.

2 b $\bar{1}$ $\frac{1}{2},\frac{1}{2},0$; $\frac{1}{2},\frac{1}{2},\frac{1}{2}$.

2 a $\bar{1}$ $0,0,0$; $0,0,\frac{1}{2}$.

Symmetry of special projections

(001) $pm\bar{m}$; $a'=a, b'=b$

(100) pgm ; $b'=b, c'=c$

(010) $p2$; $c'=c/2, a'=a$

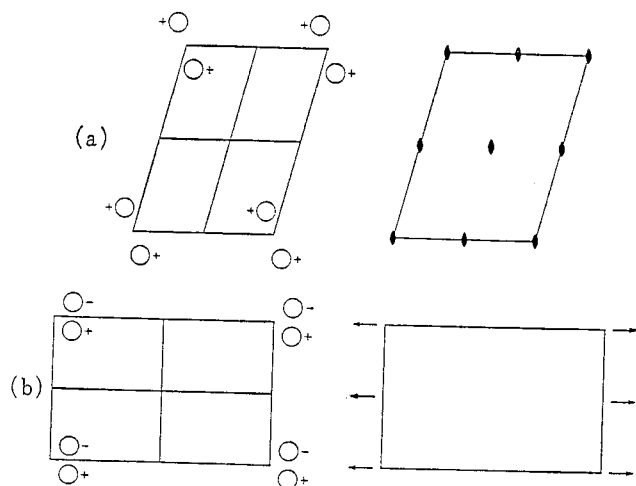


图 3-11

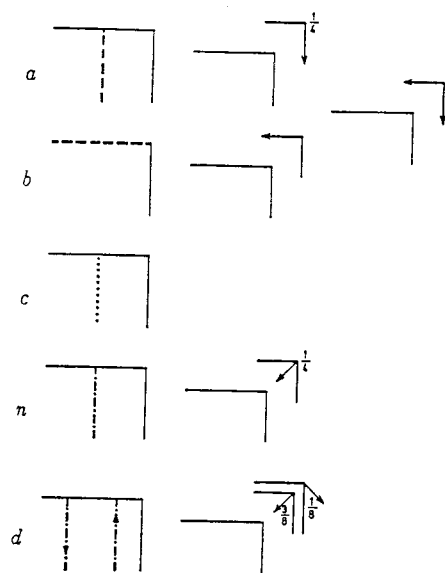


图 3-13

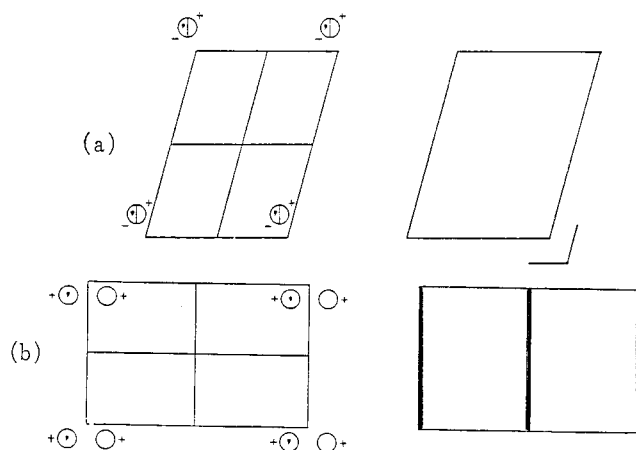


图 3-12

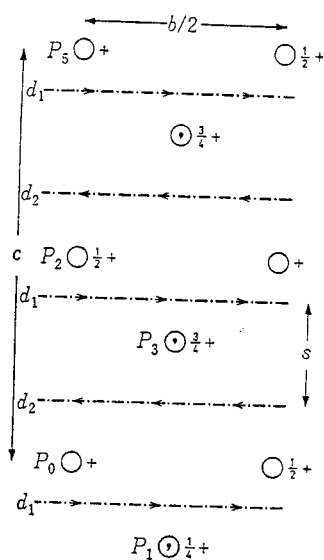


图 3-14

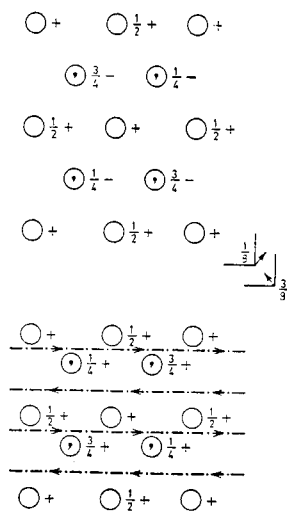


图 3-15

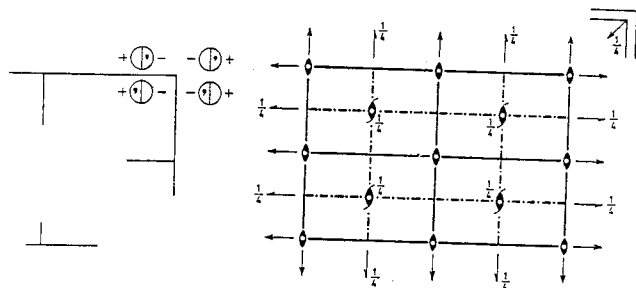


图 3-16

Immun No 71.

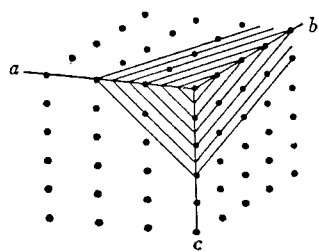
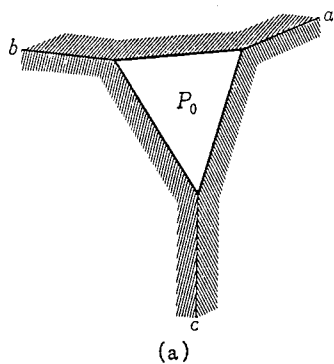
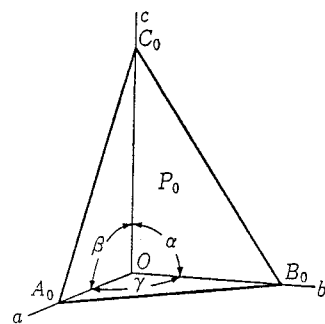


図 1.10 格子面 (312)



(a)



(b)

図 1-9

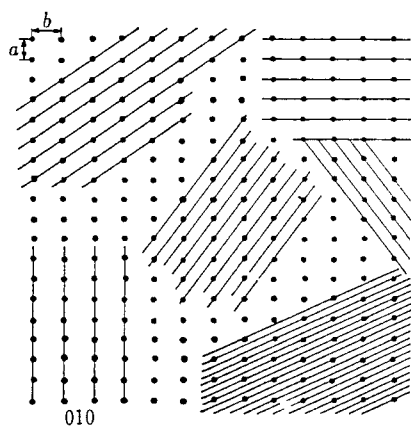
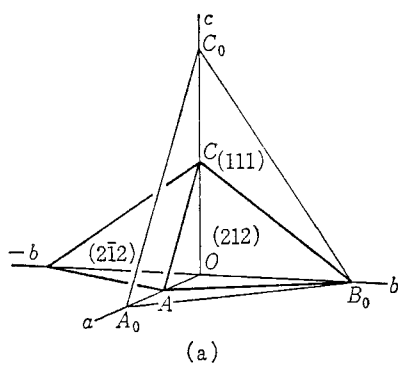
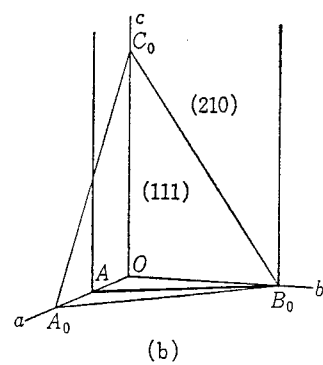


図 1.9 格子面の分割



(a)



(b)

図 1-11

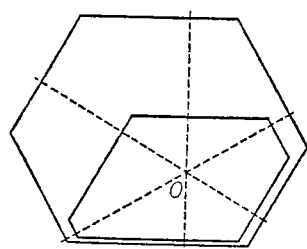


図 1-8

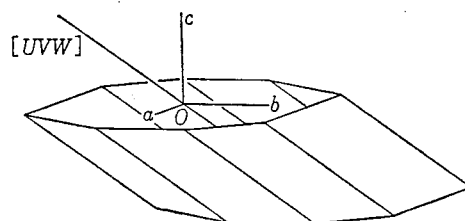


図 1-12

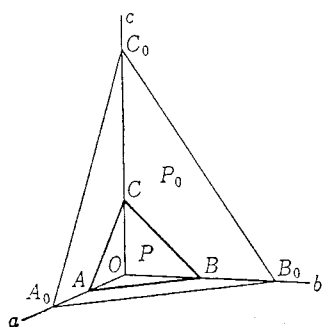
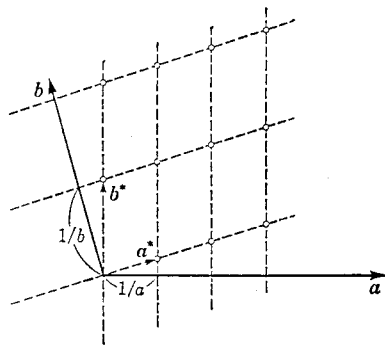


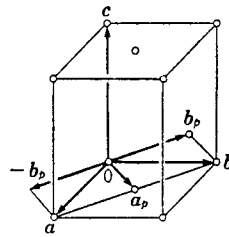
図 1-10



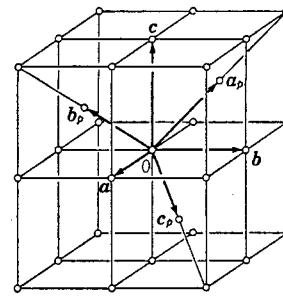
図 1-13



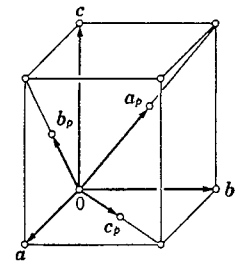
1.7-1 図 結晶格子と逆格子



(a) C底心格子

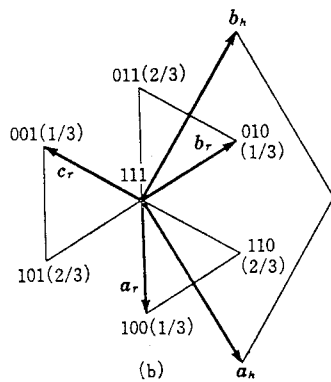
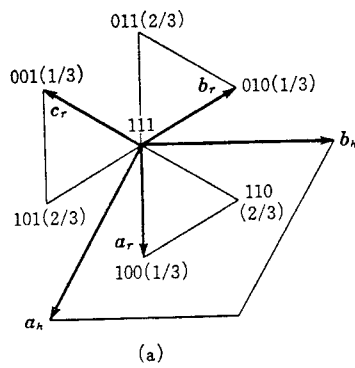


(b) 体心格子

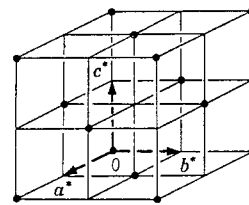


(c) 面心格子

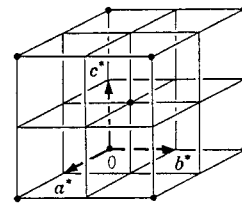
2.3-1 図 複合格子と単純格子



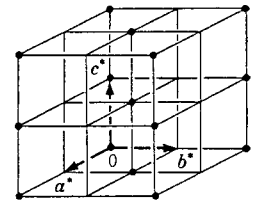
2.2-3 図 三方晶系の六方格子
(a) 順設定, (b) 逆設定



(a)

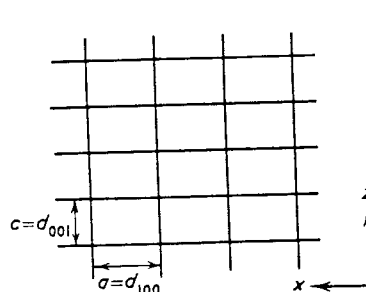


(b)

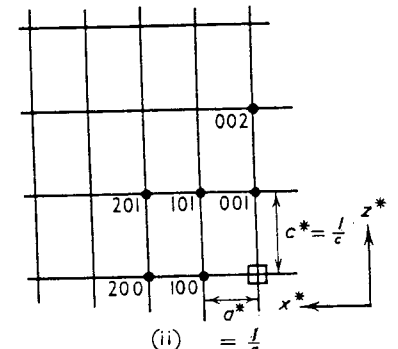


(c)

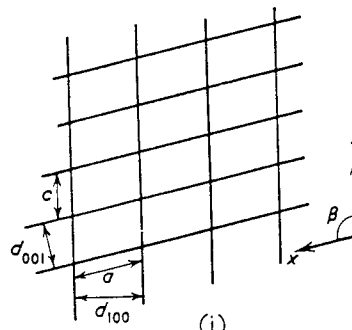
2.3-2 図 複合格子の逆格子
(a) 体心格子 (I) の逆格子
(b) 面心格子 (F) の逆格子
(c) 底心格子 (C) の逆格子



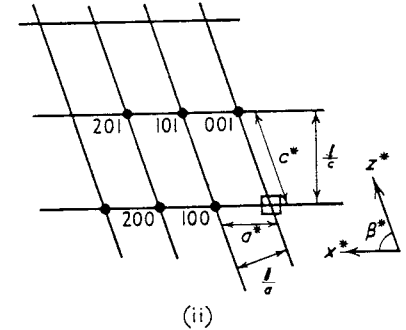
(i)



(ii)



(i)



(ii)

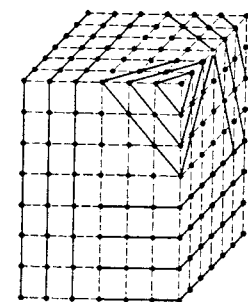
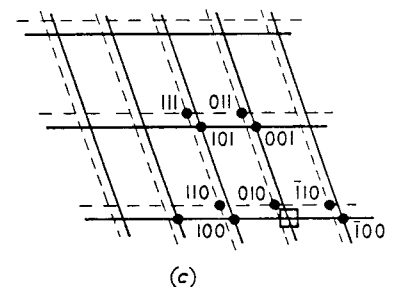


図 1.8 空間格子の分割

Figure 5-5 Sections of direct and reciprocal lattices. (a) Axes orthogonal: (i), direct lattice; (ii), reciprocal lattice. (b) Axes monoclinic, $\alpha = \gamma = 90^\circ$: (i), direct lattice; (ii), reciprocal lattice. (c) Reciprocal lattice with all angles oblique: section at height of first layer (broken lines) projected orthogonally on to plane of zero layer (solid lines).



(c)

体積 V の関係

$$V = a \cdot (b \times c) = b \cdot (c \times a) = c \cdot (a \times b) \quad V^* = a^* \cdot (b^* \times c^*) = b^* \cdot (c^* \times a^*) = c^* \cdot (a^* \times b^*)$$

$$V = \frac{1}{V^*}$$

ベクトルとしての関係

$$a = \frac{b^* \times c^*}{V^*}, \quad b = \frac{c^* \times a^*}{V^*}, \quad c = \frac{a^* \times b^*}{V^*}, \quad c = \frac{b \times c}{V}, \quad b^* = \frac{c \times a}{V}, \quad c^* = \frac{a \times b}{V}$$

$$a \cdot a^* = 1, \quad a \cdot b^* = 0, \quad a \cdot c^* = 0$$

$$b \cdot a^* = 0, \quad b \cdot b^* = 1, \quad b \cdot c^* = 0$$

$$c \cdot a^* = 0, \quad c \cdot b^* = 0, \quad c \cdot c^* = 1$$

数値的關係

$$V = abc\sqrt{1 - \cos^2 \alpha - \cos^2 \beta - \cos^2 \gamma} \quad V^* = a^* b^* c^* \sqrt{1 - \cos^2 \alpha - \cos^2 \beta - \cos^2 \gamma}$$

$$+ 2 \cos \alpha \cos \beta \cos \gamma \quad + 2 \cos \alpha \cos \beta \cos \gamma$$

$$a = \frac{b^* c^* \sin \alpha^*}{V^*}, \quad b = \frac{c^* a^* \sin \beta^*}{V^*}, \quad c = \frac{a^* b^* \sin \gamma^*}{V^*}$$

$$a^* = \frac{bc \sin \alpha}{V}, \quad b^* = \frac{ca \sin \beta}{V}, \quad c^* = \frac{ab \sin \gamma}{V}$$

$$\cos \alpha = \frac{\cos \beta^* \cos \gamma^* - \cos \alpha^*}{\sin \beta^* \sin \gamma^*}, \quad \cos \beta = \frac{\cos \gamma^* \cos \alpha^* - \cos \beta^*}{\sin \gamma^* \sin \alpha^*}, \quad \cos \gamma = \frac{\cos \alpha^* \cos \beta^* - \cos \gamma^*}{\sin \alpha^* \sin \beta^*}$$

$$\cos \alpha^* = \frac{\cos \beta \cos \gamma - \cos \alpha}{\sin \beta \sin \gamma}, \quad \cos \beta^* = \frac{\cos \gamma \cos \alpha - \cos \beta}{\sin \gamma \sin \alpha}, \quad \cos \gamma^* = \frac{\cos \alpha \cos \beta - \cos \gamma}{\sin \alpha \sin \beta}$$

特に簡単な場合

(a) 直交軸の場合

$$a = \frac{1}{a^*}, \quad b = \frac{1}{b^*}, \quad c = \frac{1}{c^*} \quad a^* = \frac{1}{a}, \quad b^* = \frac{1}{b}, \quad c^* = \frac{1}{c}$$

 $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$ (b) 2つの角 (α, γ) が直角の場合 (単斜晶系, 第2種)

$$V = abc \sin \beta \quad V^* = a^* b^* c^* \sin \beta^*$$

$$a = \frac{1}{a^* \sin \beta^*}, \quad b = \frac{1}{b^*}, \quad c = \frac{1}{c^* \sin \beta^*} \quad a^* = \frac{1}{a \sin \beta}, \quad b^* = \frac{1}{b}, \quad c^* = \frac{1}{c \sin \beta}$$

$$\alpha = \gamma = 90^\circ, \quad \beta = 180^\circ - \beta^* \quad \alpha^* = \gamma^* = 90^\circ, \quad \beta^* = 180^\circ - \beta$$

(c) 六方格子

$$V = \frac{\sqrt{3}}{2} abc \quad V^* = \frac{\sqrt{3}}{2} a^* b^* c^*$$

$$a = b = \frac{2}{a^* \sqrt{3}} = \frac{2}{b^* \sqrt{3}}, \quad c = \frac{1}{c^*} \quad a^* = b^* = \frac{2}{a \sqrt{3}} = \frac{2}{b \sqrt{3}}, \quad c^* = \frac{1}{c}$$

$$\alpha = \beta = 90^\circ, \quad \gamma = 120^\circ \quad \alpha^* = \beta^* = 90^\circ, \quad \gamma^* = 60^\circ$$

結晶軸の変換にともなう各種のパラメータの変換

$$\begin{pmatrix} Q \\ \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} q_{11} & q_{12} & q_{13} \\ q_{21} & q_{22} & q_{23} \\ q_{31} & q_{32} & q_{33} \end{pmatrix}$$

によって座標軸 a_0, b_0, c_0 が座標軸 a_n, b_n, c_n に変換されるとする。

$$\begin{pmatrix} a_n \\ b_n \\ c_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Q \\ \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_0 \\ b_0 \\ c_0 \end{pmatrix}$$

するとこれにともなう各種の量に変換される。

$$\begin{pmatrix} R \\ \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \tilde{Q}^{-1} \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} a_n \\ b_n \\ c_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Q \\ \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_0 \\ b_0 \\ c_0 \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} a_0 \\ b_0 \\ c_0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \tilde{R} \\ \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_n \\ b_n \\ c_n \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} h_n \\ k_n \\ l_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Q \\ \end{pmatrix} \begin{pmatrix} h_0 \\ k_0 \\ l_0 \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} h_0 \\ k_0 \\ l_0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \tilde{R} \\ \end{pmatrix} \begin{pmatrix} h_n \\ k_n \\ l_n \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} a_n^* \\ b_n^* \\ c_n^* \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} R \\ \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_0^* \\ b_0^* \\ c_0^* \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} a_0^* \\ b_0^* \\ c_0^* \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \tilde{Q} \\ \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_n^* \\ b_n^* \\ c_n^* \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} x_n \\ y_n \\ z_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} R \\ \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_0 \\ y_0 \\ z_0 \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} x_0 \\ y_0 \\ z_0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \tilde{Q} \\ \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_n \\ y_n \\ z_n \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} n_n \\ m_n \\ p_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} R \\ \end{pmatrix} \begin{pmatrix} n_0 \\ m_0 \\ p_0 \end{pmatrix} \quad \begin{pmatrix} n_0 \\ m_0 \\ p_0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \tilde{Q} \\ \end{pmatrix} \begin{pmatrix} n_n \\ m_n \\ p_n \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} B_{n11} & B_{n12} & B_{n13} \\ B_{n12} & B_{n22} & B_{n23} \\ B_{n13} & B_{n23} & B_{n33} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} R \\ \end{pmatrix} \begin{pmatrix} B_{011} & B_{012} & B_{013} \\ B_{012} & B_{022} & B_{023} \\ B_{013} & B_{023} & B_{033} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \tilde{R} \\ \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} B_{011} & B_{012} & B_{013} \\ B_{012} & B_{022} & B_{023} \\ B_{013} & B_{023} & B_{033} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \tilde{Q} \\ \end{pmatrix} \begin{pmatrix} B_{n11} & B_{n12} & B_{n13} \\ B_{n12} & B_{n22} & B_{n23} \\ B_{n13} & B_{n23} & B_{n33} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} Q \\ \end{pmatrix}$$

非等方性温度因子