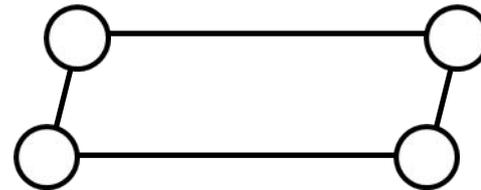


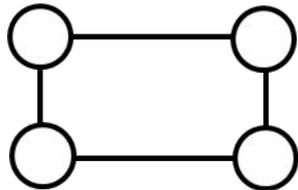
# 5個の2次元の格子(ネット)から 14個の3次元のブラベー格子を構築する

## 復習

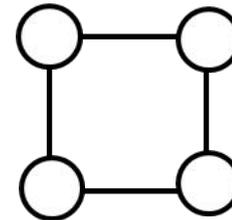
1: 斜交ネット  
(Oblique Net)



2-①: 長方形ネット

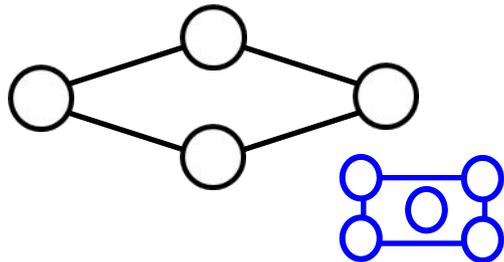


2-②: 正方形ネット



長方形ネットの特殊形

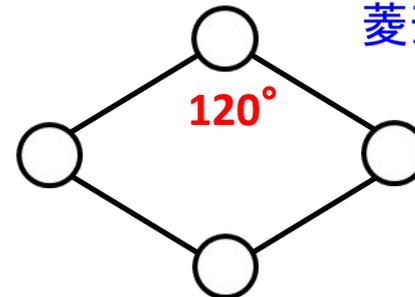
3-①: 菱形ネット



(面心長方形ネット)

3-②: 六方ネット(三方ネット)

菱形ネットの特殊形

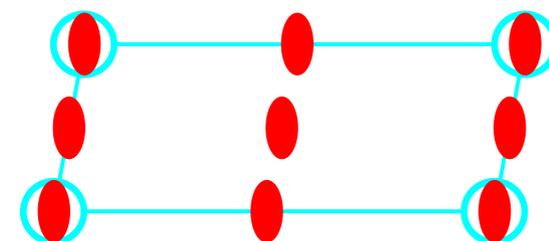


# 1. 斜交ネットを積み上げて、3次元の格子を作る

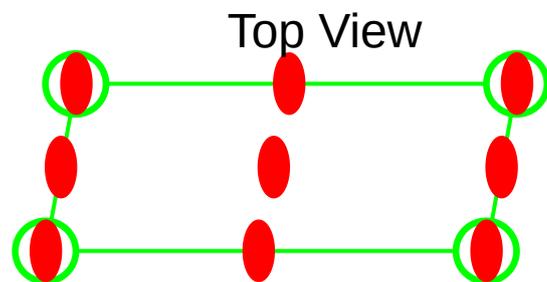
1枚目の格子面の上に2枚目、3枚目、....のように、**等間隔**に積み上げる

真上に積み上げる場合は、単純に等間隔に並べるだけ。  
主要な対称軸は保持される

真上でない積み方(“**Offset Stacking**”)では、  
対称性が保持される場合とそうでない場合がある。



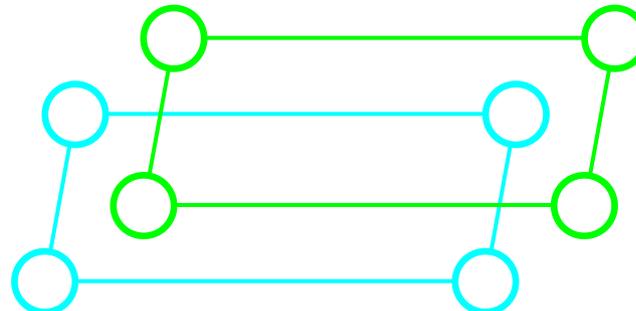
斜交ネット単位格子



Top View

1-1 真上に積み上げ  
対称軸は保持

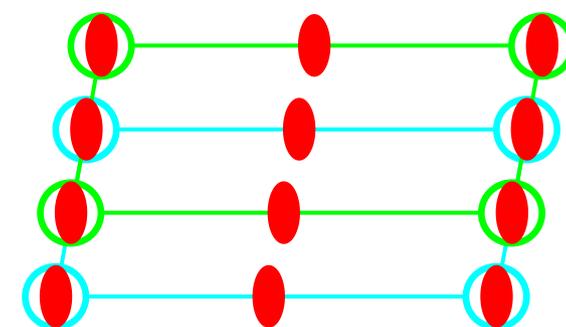
単斜晶



1-2 ずらして積み上げ-その1  
(**Offset Stacking**)

対称軸は消滅

三斜晶

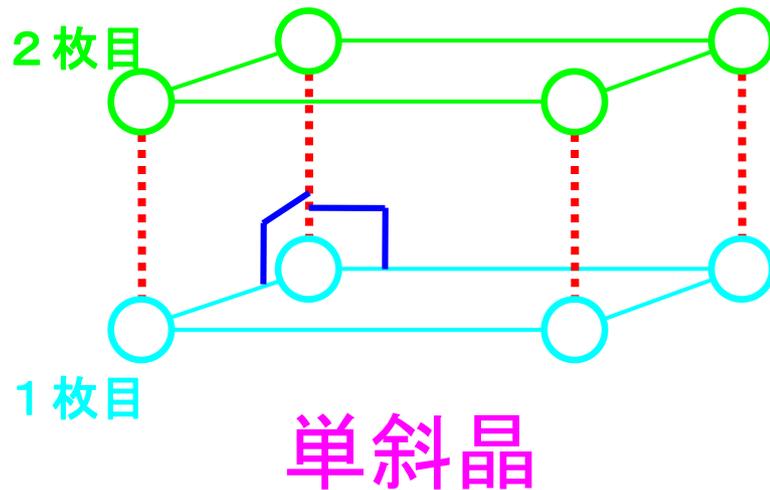


1-3 ずらして積み上げ-その2  
(**Offset Stacking**)

対称軸は保持

(→ 2枚あとのスライドで解説)

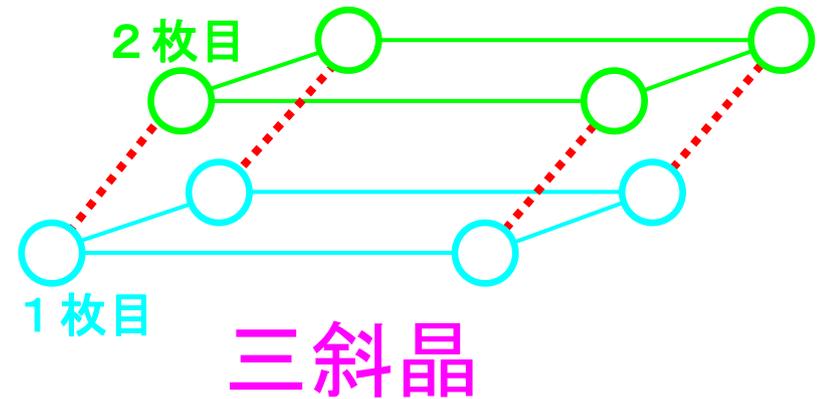
# ● 斜交ネットの積み上げで得られるブラベー格子 (その1 - 単純格子)



3辺の長さは異なる。  
角度： $\alpha=\beta=90^\circ$

上から見ると平行四辺形  
側面は長方形

角度については  $\alpha=\gamma=90^\circ$  のようにとる場合もあるが、ここでは詳細は触れない

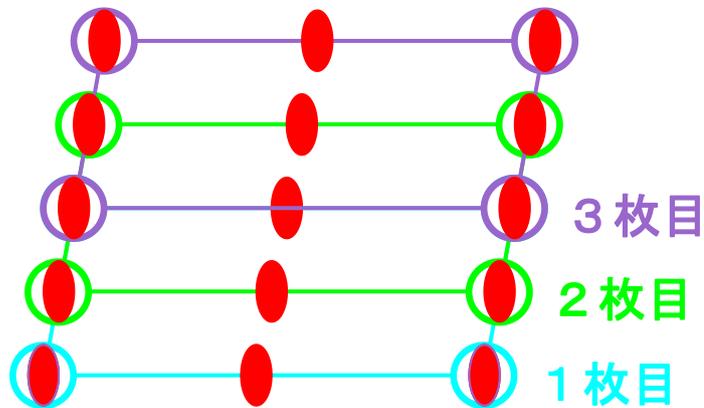


3辺の長さは異なる。  
角度もバラバラ

6面とも平行四辺形

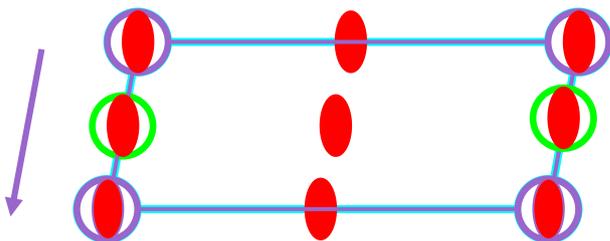
# 斜交ネットの積み上げで得られるブラベー格子

- その2 — 対称性を維持したまま
- オフセットスタッキングしてできる複合格子



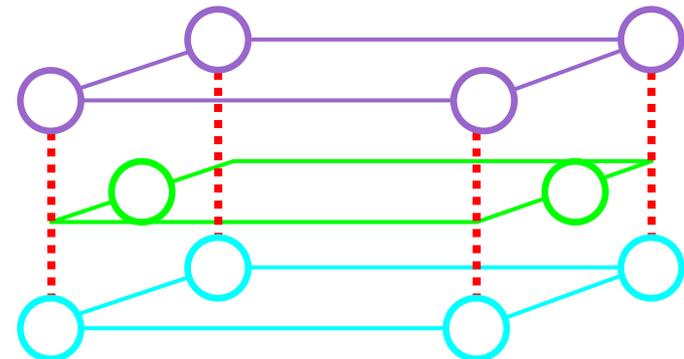
Top View

3 枚目については、  
-  $b$  方向にずらした  
隣の格子で考える

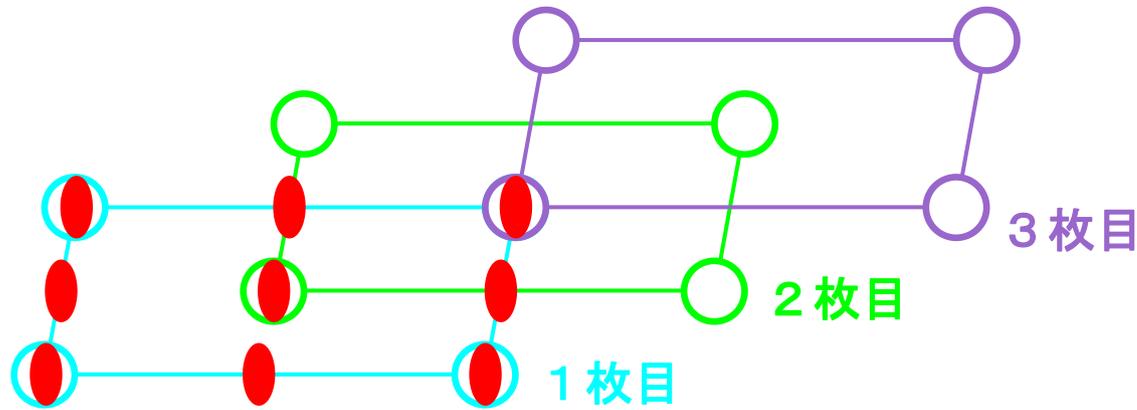


1-3 更にもう一枚積み上げて、3 枚目を  
-  $\vec{b}$  方向にずらして考える。  
頂点に在る 1 個の格子点に加えて、  
側面に新しい 1 個の格子点を有する、  
合計 2 個の格子点を含んだ複合格子  
となる

側心単斜晶

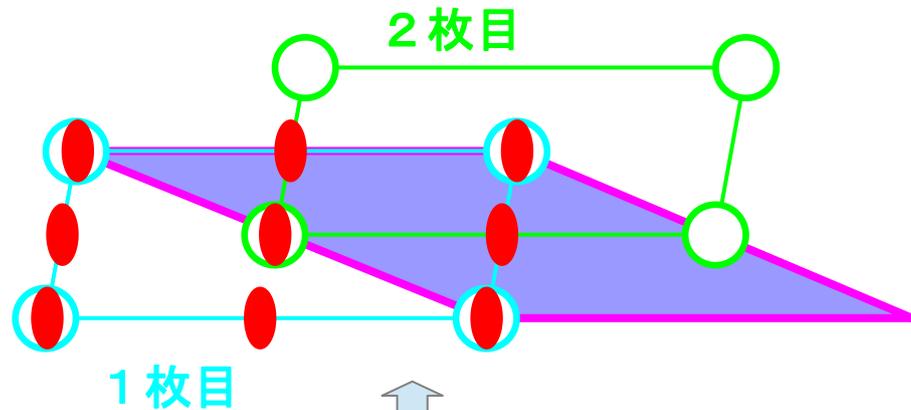
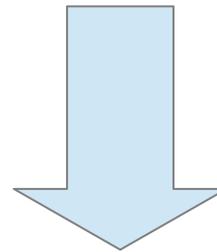


# ● 『体心単斜晶』は存在するか？



実は側心と同じ！

1枚目の中心にある2回軸と2枚目の頂点を重ねるように積み上げると、『体心単斜』ができそうに見える。



並進ベクトルのとり方を変えると、辺の中心にある2回軸と格子点を重ねた場合と同じ積み上げ方になる

$\vec{a}$ 、 $\vec{b}$  の代わりに  $\vec{a}$ 、 $\vec{b}-\vec{a}$  を並進ベクトルとして採用した

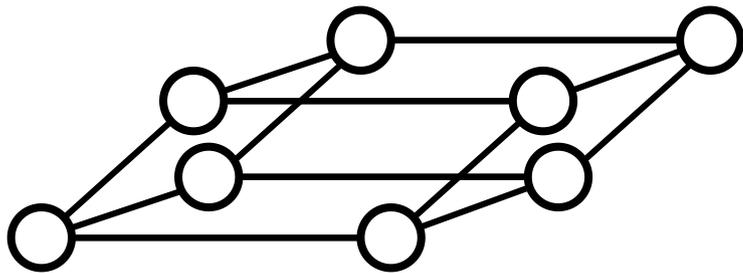
「側心単斜晶」として分類できる。  
「体心単斜晶」という格子は考えない

....というわけで、

# 斜交ネットの積み上げによってできる 3次元ブラベー格子は

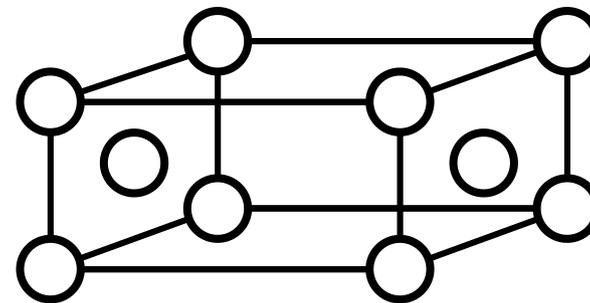
三斜晶

単純格子



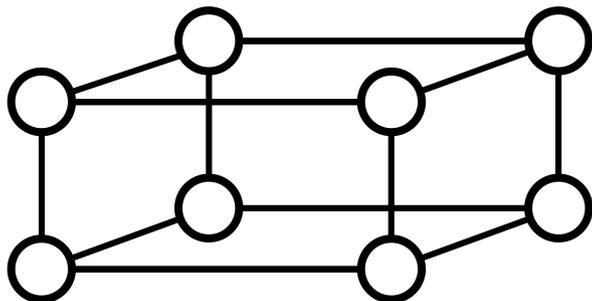
側心単斜晶

複合格子



単斜晶

単純格子

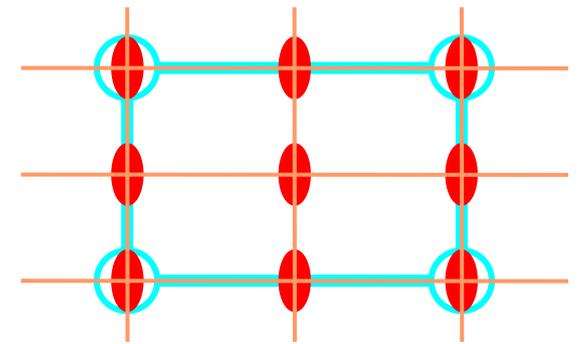


.... の3種類

## 2. 長方形ネットから生成される3次元ブラベー格子

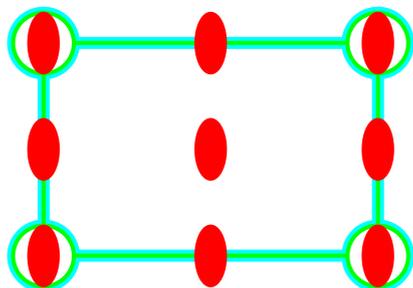
斜交ネットでは、対称性を崩す積み上げ方と対称性を維持する積み上げ方の両方を考えた。斜交ネット以外では、対称性を崩す積み方は考えなくて良い。

**理由**：長方形ネット以上の対称性をもつ2次元格子を積み上げる場合、対称性を崩せば、すでに斜交ネットの積み上げで得られた物と同じ物が得られるだけである。

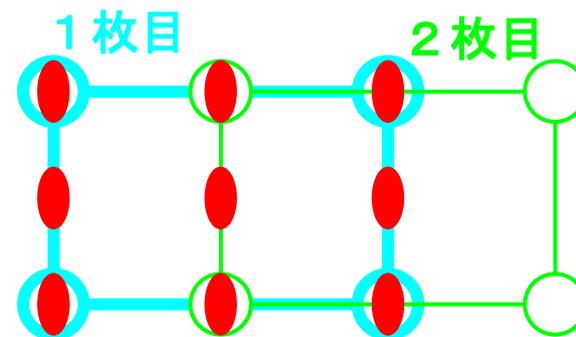
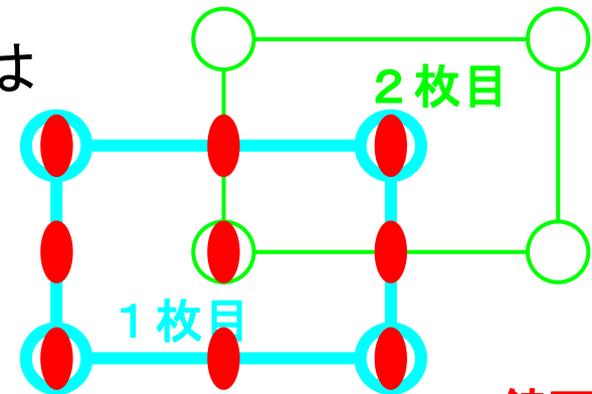
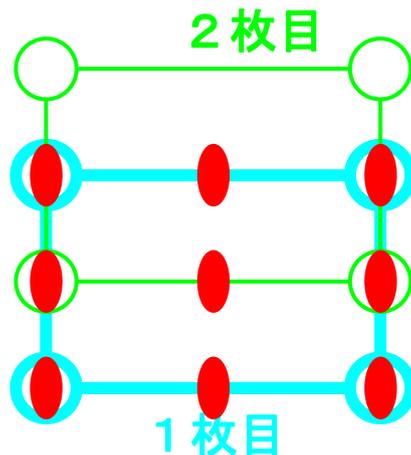


長方形ネット単位格子

素直に直上に積み上げると単純直方晶が得られる



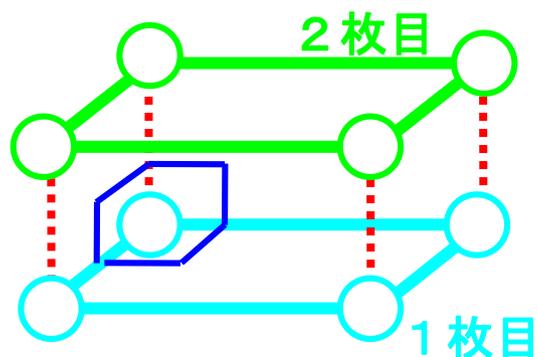
オフセットスタッキングでは側心・体心格子が得られる。



鏡面は省略

3枚目は省略

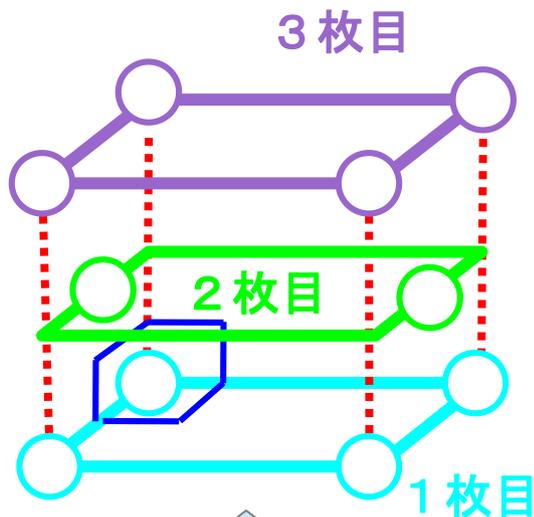
# 3種類の新しいブラベー格子が得られる



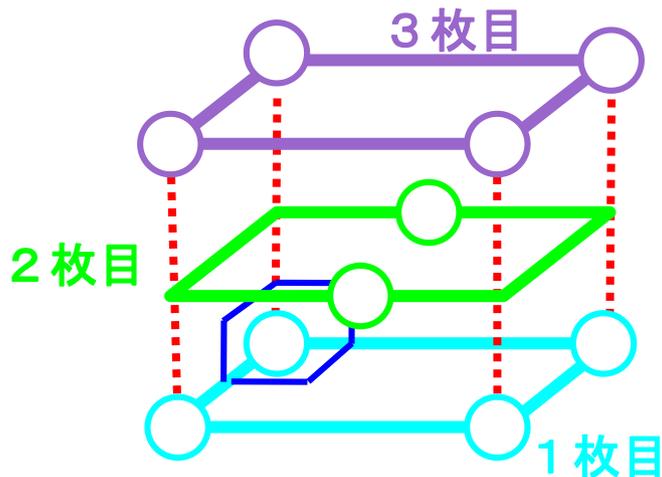
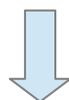
単純直方晶

3辺の長さは異なる。  
 角度： $\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$

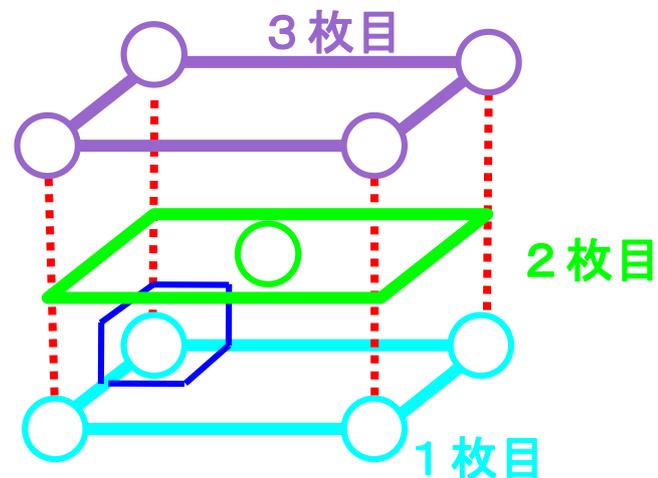
面はすべて長方形



側心直方晶

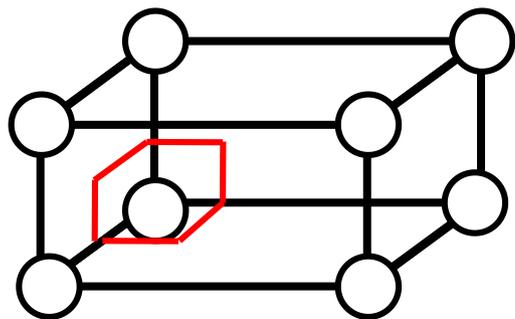


体心直方晶



「面心直方晶」はここに入っていないことに注意

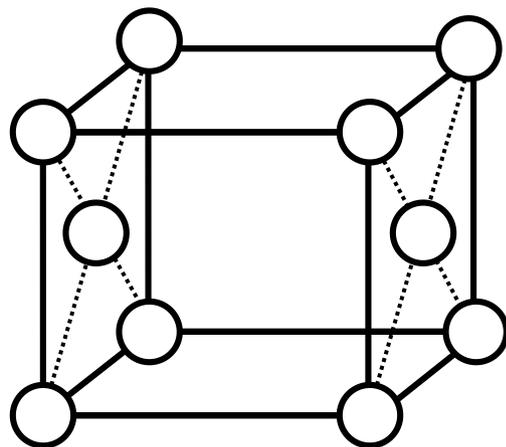
• 長方形ネットから得られるブラベー格子



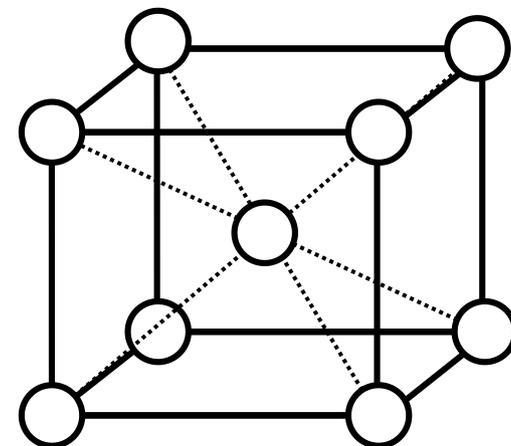
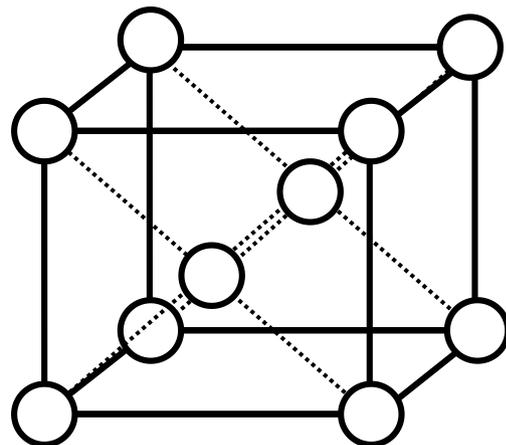
単純直方晶

3 辺の長さは異なる。  
角度： $\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$

面はすべて長方形



側心直方晶

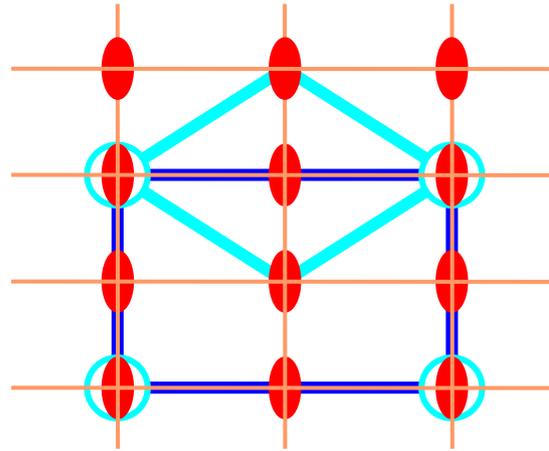
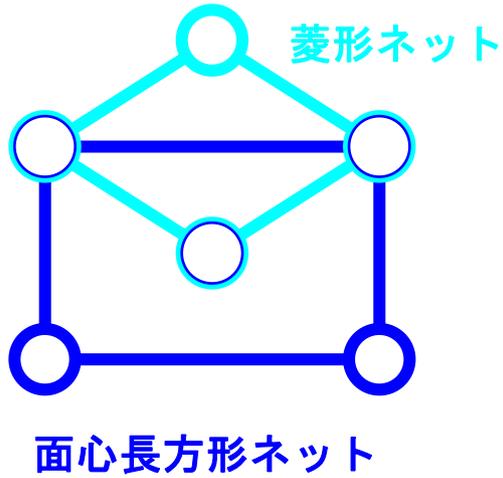


体心直方晶

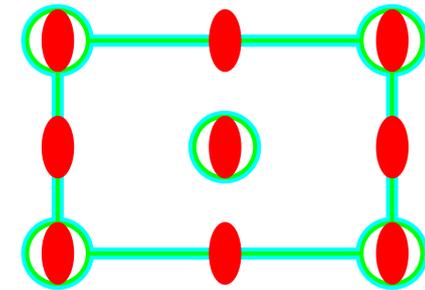
「面心直方晶」はここに  
入っていないことに注意

### 3. 菱形ネットから生成される3次元ブラベー格子

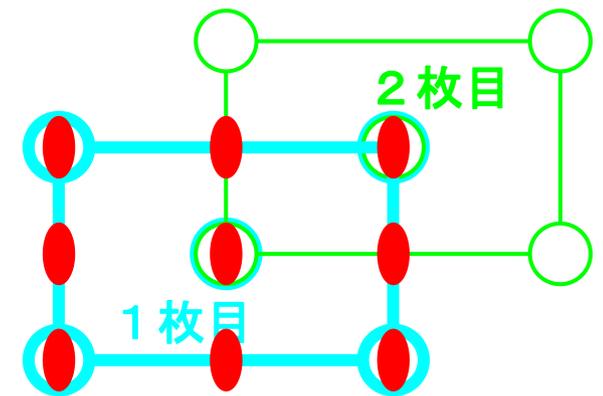
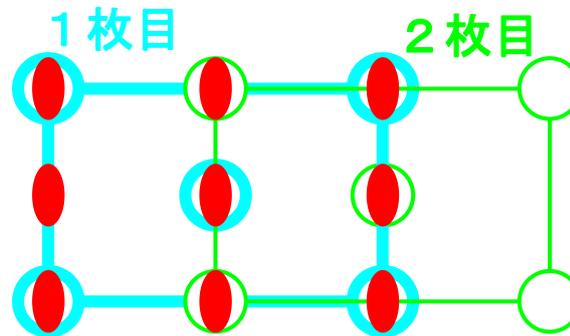
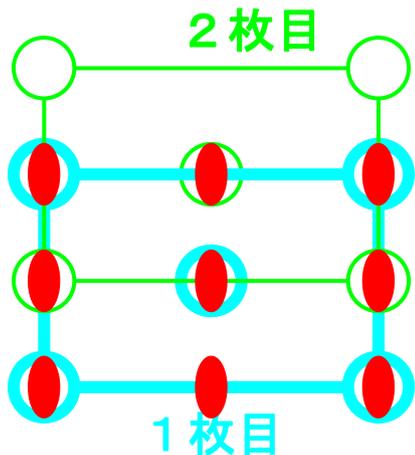
菱形ネットは、「面心長方形ネット」と考えた方が扱いやすい。



直上に1枚積むと底心直方晶  
これは側心と同じ(次スライド参照)



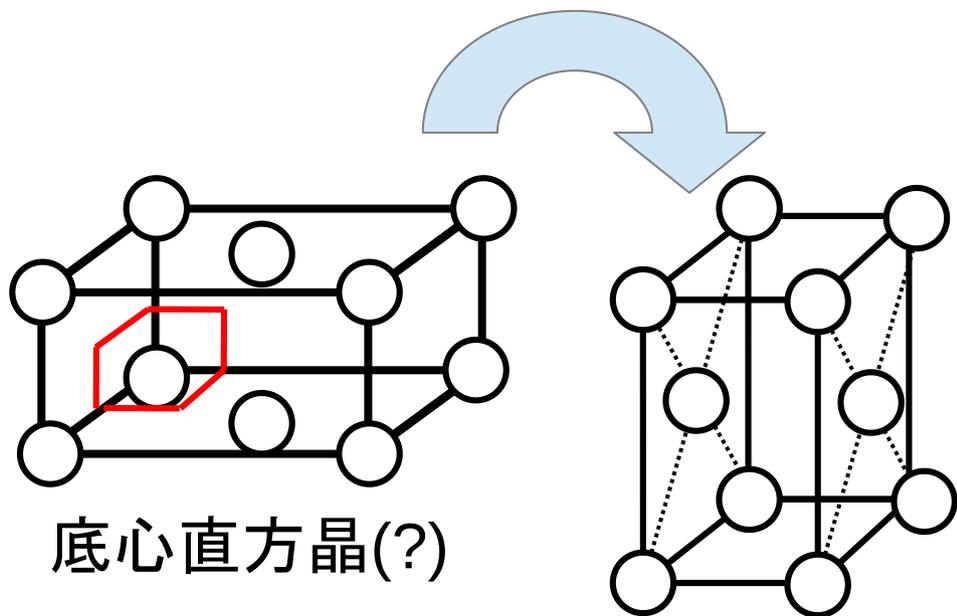
オフセットスタッキングでは面心直方晶が得られる。  
3通りの積み上げ方が考えられるが、同じ物が得られる。



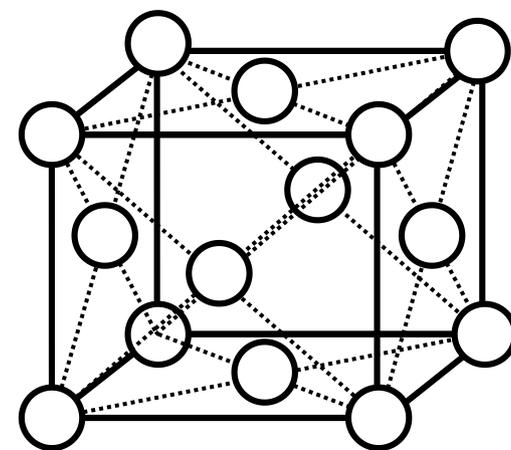
鏡面は省略

3枚目は省略

- 菱形ネットから得られるブラベー格子(2種)  
(新規格子は1種のみ)



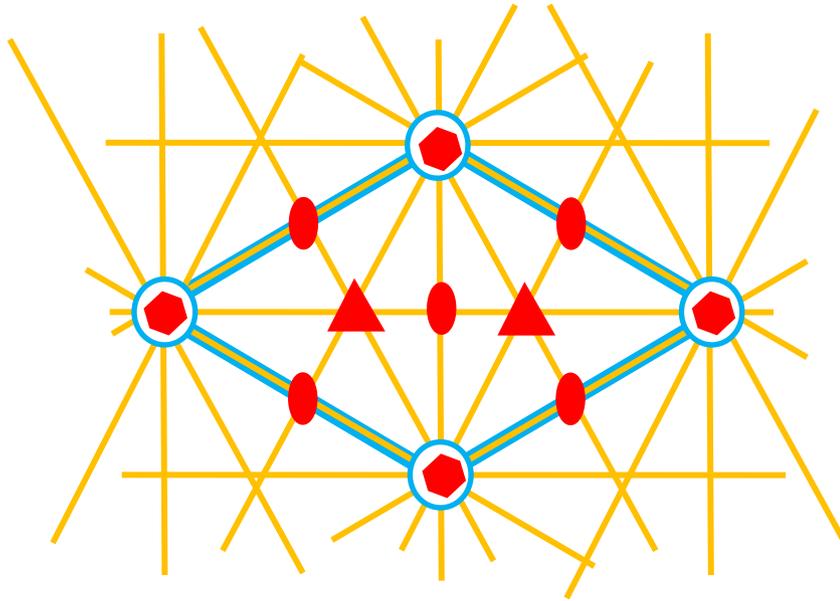
向きを変えれば側心直方晶(既出)



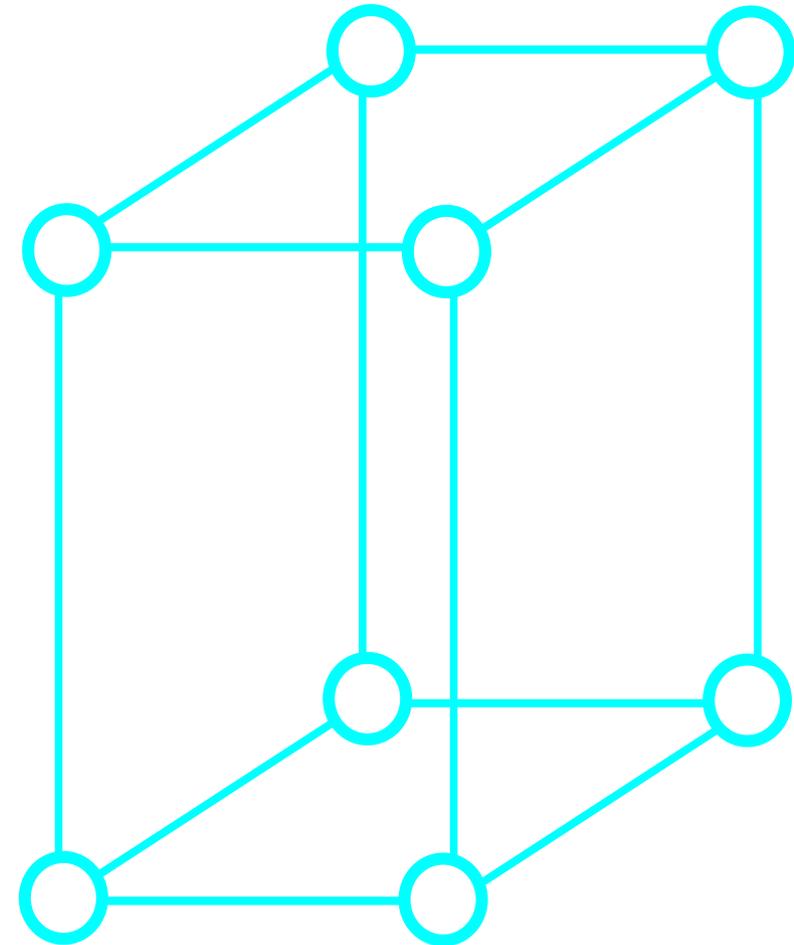
面心直方晶

# 六方ネットから生成される3次元ブラベー格子その1

六方ネット



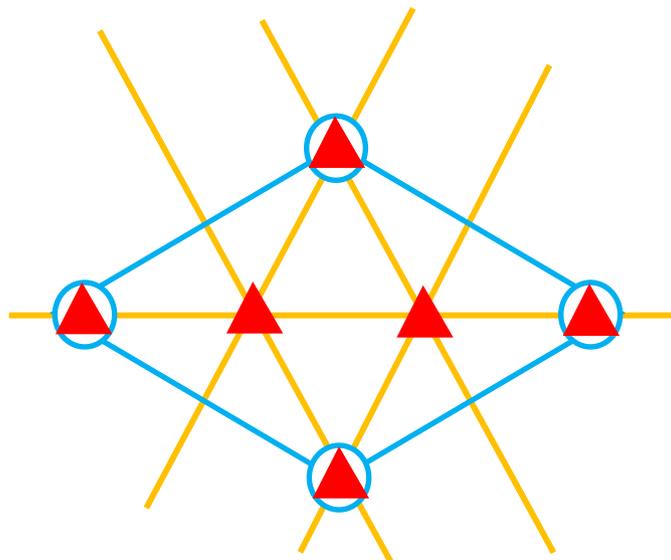
格子点に6回回転軸がある六方ネットは、対称性を保持して積層しようとするならば、直上に積み上げる方法しか無い。



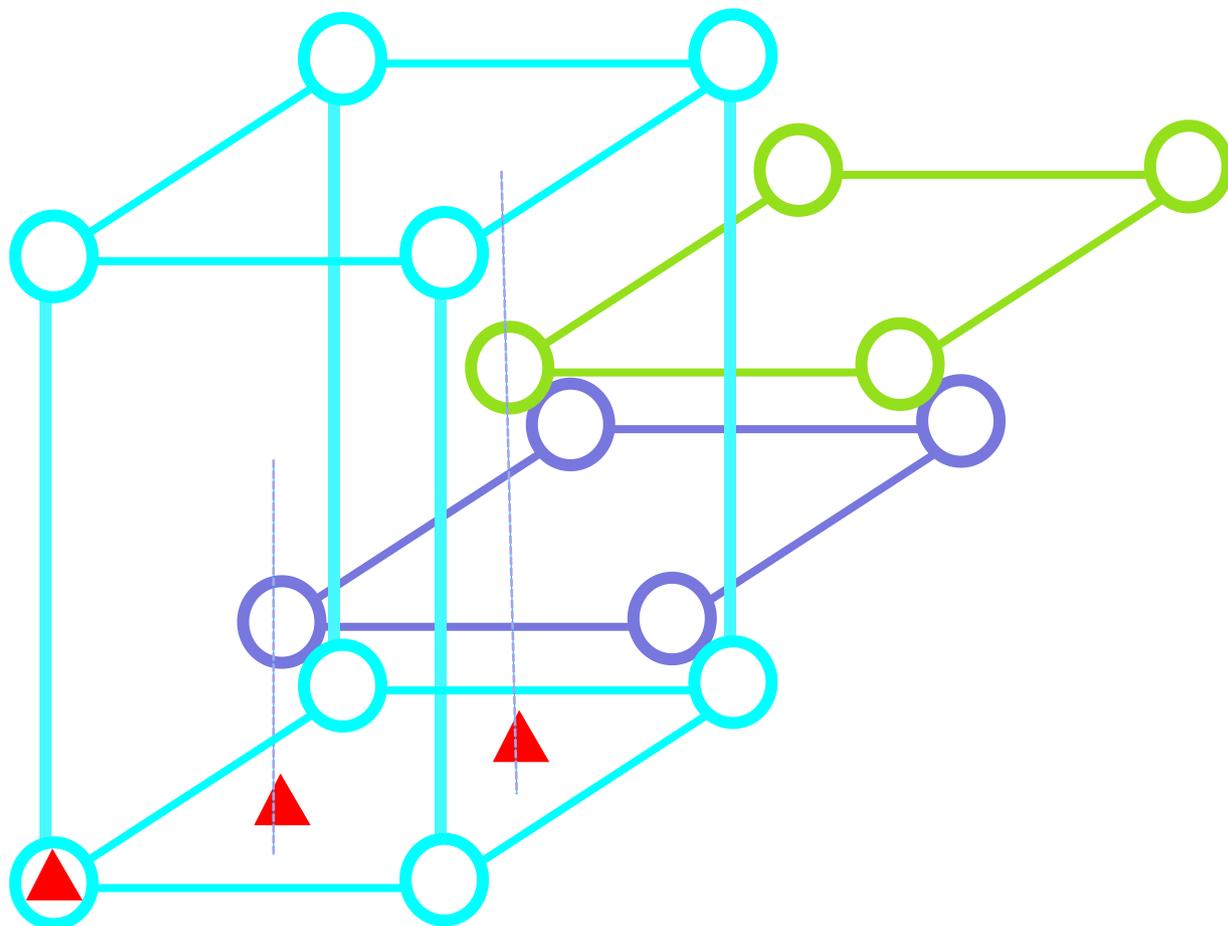
六方格子(単純格子)

# 六方ネットから生成される3次元ブラベー格子その2

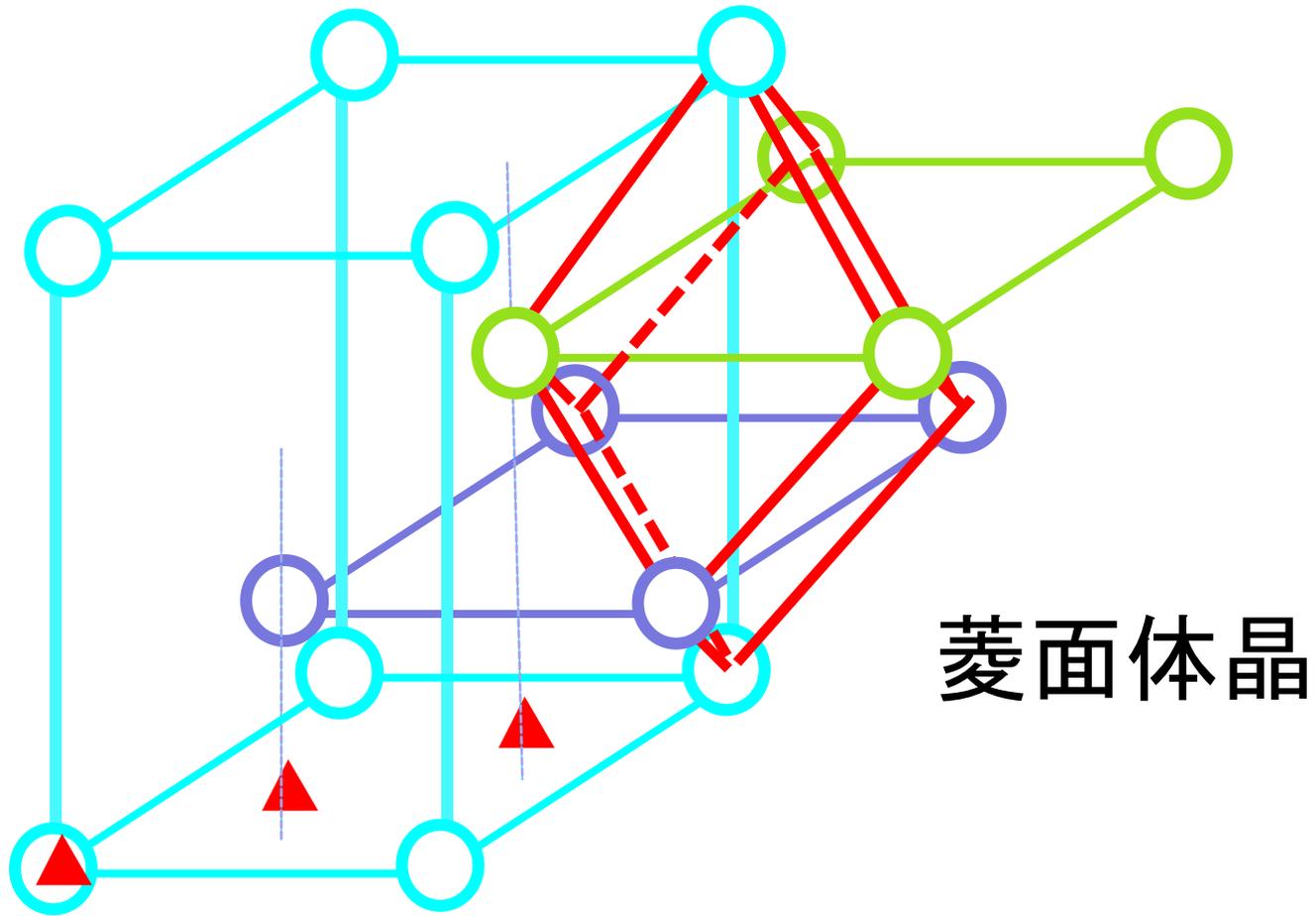
三方ネット



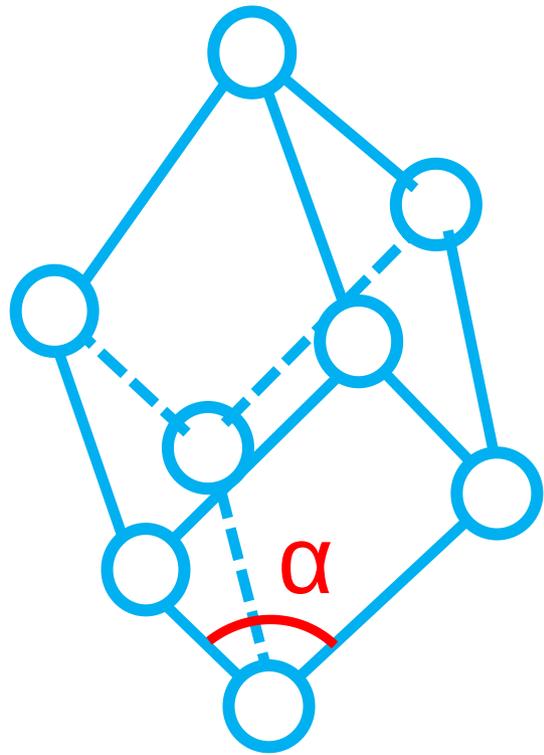
頂点の対称軸が  
3回軸であった場合、  
オフセットスタッキングが  
可能である。



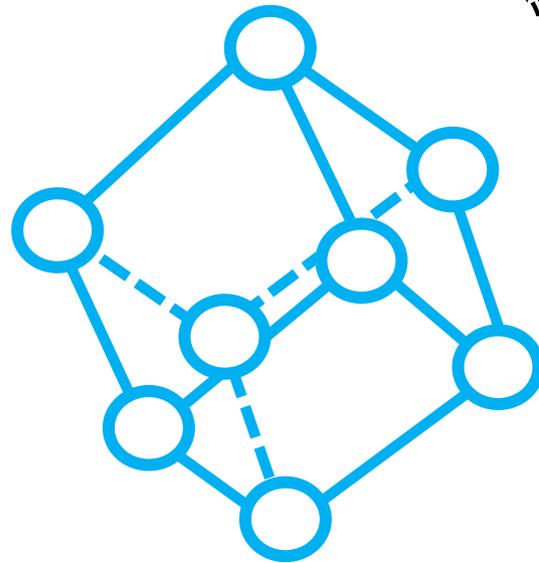
# 格子のとり方を変える



# 菱面体晶のいろいろ

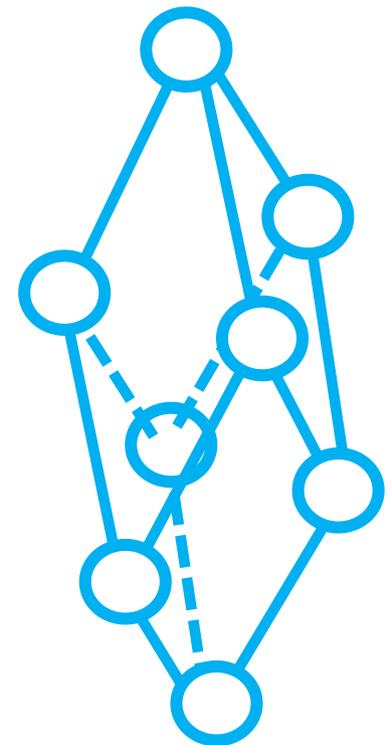


菱面体晶



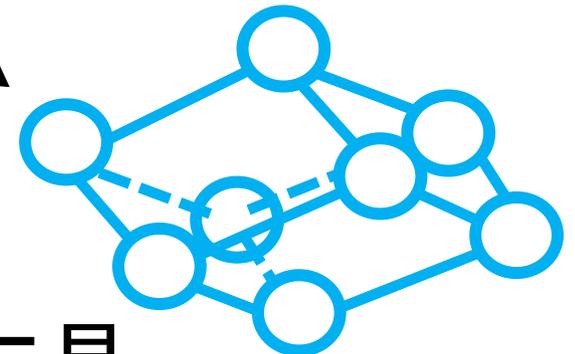
単純立方晶  
 $\alpha=90^\circ$

縦に伸ばす



面心立方晶  
 $\alpha=60^\circ$

縦につぶす

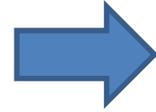


体心立方晶  
 $\alpha=109.47^\circ$

## 三次元ブラベー格子

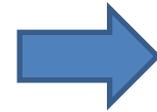
1: 斜交ネット

(Oblique Net)

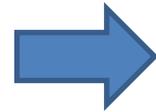


三斜晶、単斜晶、側心(底心)単斜晶

2-①: 長方形ネット

単純直方晶、体心直方晶、  
側心(底心)直方晶

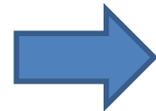
2-②: 正方形ネット



単純正方晶、体心正方晶

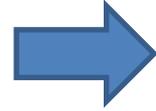
3-①: 菱形ネット

(面心長方形ネット)



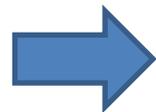
面心直方晶

3-②: 六方ネット



六方晶

3-②: (三方ネット)

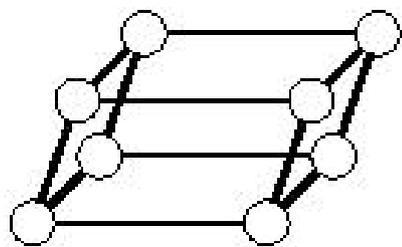
菱面体晶、**単純立方晶**  
**面心立方晶、体心立方晶**

# 7個の結晶系の特徴

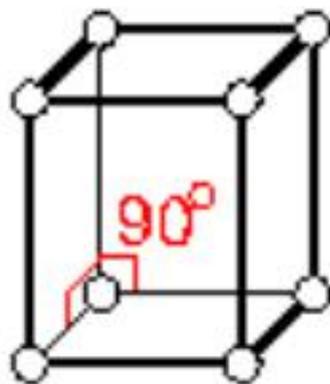
	最低限必要な対称要素	格子定数の特徴
三斜晶	特に無し	$a \neq b$ 、 $b \neq c$ 、 $c \neq a$ $\alpha \neq \beta$ 、 $\beta \neq \gamma$ 、 $\gamma \neq \alpha$
単斜晶	1本の2回回転軸	$a \neq b$ 、 $b \neq c$ 、 $c \neq a$ $\alpha = \beta = 90^\circ$ 、 $\gamma \neq 90^\circ$
直方晶 (斜方晶)	相互に直交する3本の2回回転軸	$a \neq b$ 、 $b \neq c$ 、 $c \neq a$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
菱面体晶 (三方晶)	1本の3回回転軸	$a = b = c$ $\alpha = \beta = \gamma$ ただし角度は 90、 120、109.47° ではない
正方晶	1本の4回回転軸	$a = b \neq c$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
六方晶	1本の6回回転軸	$a = b \neq c$ $\alpha = \beta = 90^\circ$ 、 $\gamma = 120^\circ$
立方晶	相互に交わる4本の3回回転軸	$a = b = c$ $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$

# 七つの結晶系：形状

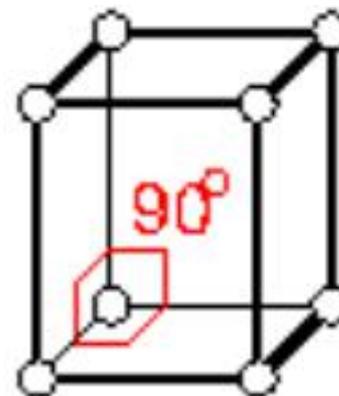
## 復習



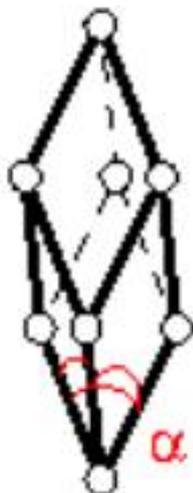
三斜晶  
Triclinic



単斜晶  
Monoclinic

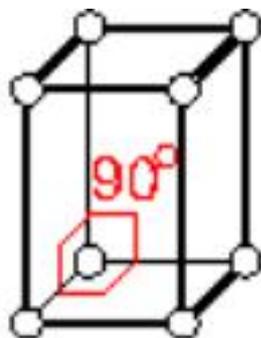


直方晶 斜方晶  
Orthorhombic

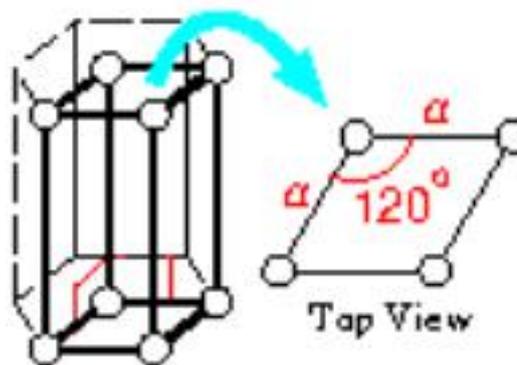


菱面体晶  
Rhombohedral

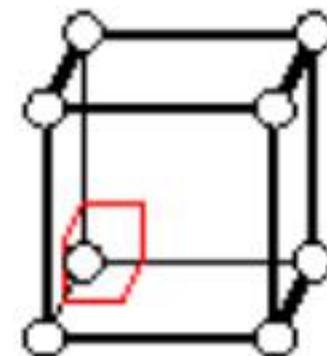
あるいは「三方晶」  
(Trigonal)



正方晶  
Tetragonal



六方晶  
Hexagonal



立方晶  
Cubic