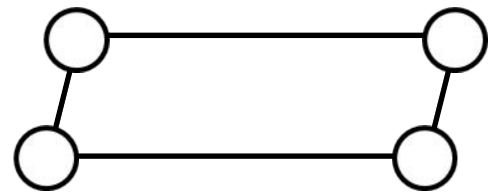
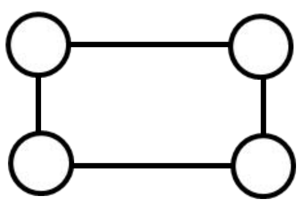
５個の２次元の格子（ネット）から 14個の３次元のブラベー格子を構築する

復習

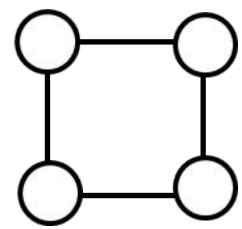
1：斜交ネット
（Oblique Net）



2-①：長方形ネット

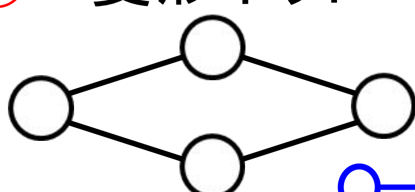


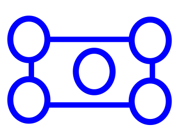
2-②：正方形ネット



長方形ネットの特殊形

3-①：菱形ネット

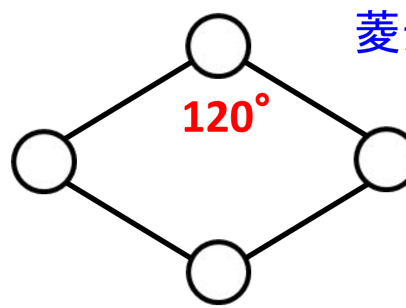




（面心長方形ネット）

3-②：六方ネット（三方ネット）

菱形ネットの特殊形

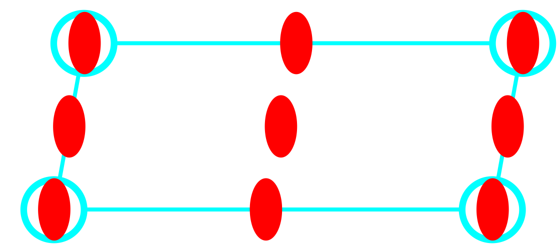


１．斜交ネットを積み上げて、３次元の格子を作る

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

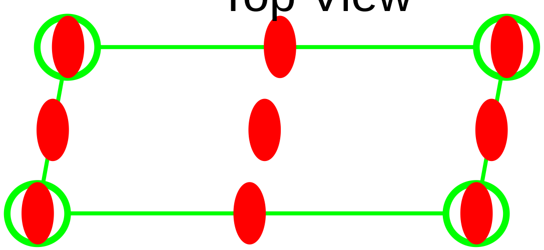
真上に積み上げる場合は、単純に等間隔に並べるだけ。
主要な対称軸は保持される

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。



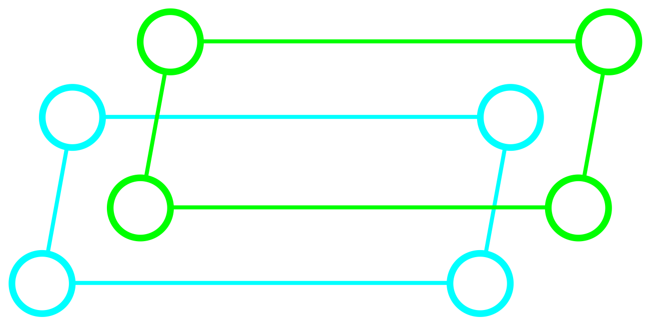
斜交ネット単位格子

Top View



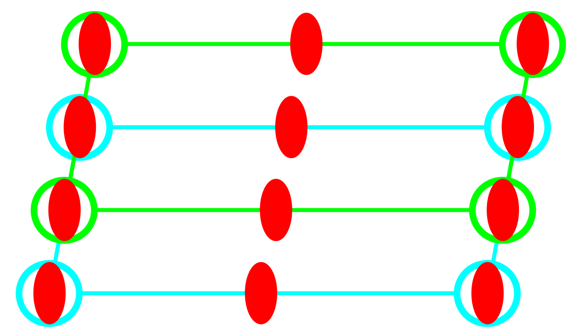
1-1 真上に積み上げ
対称軸は保持

単斜晶



1-2 ずらして積み上げ-その１
(Offset Stacking)
対称軸は消滅

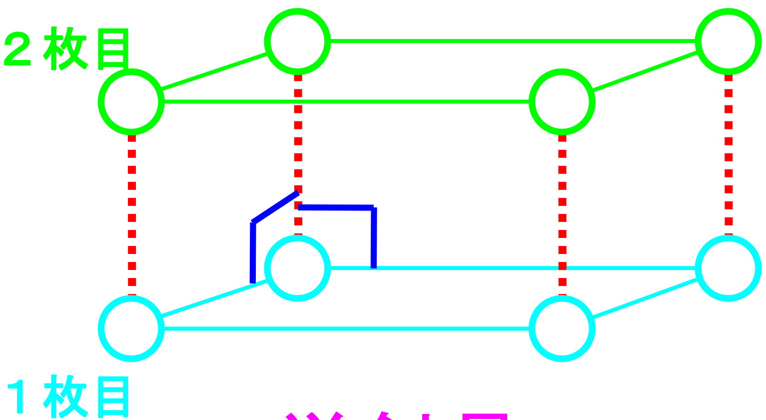
三斜晶



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ー単純格子)

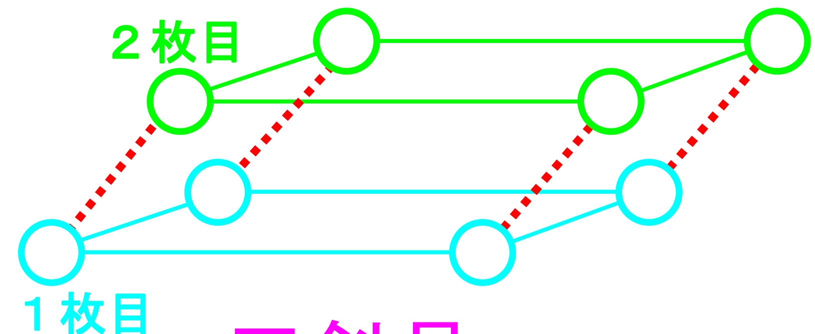


単斜晶

３辺の長さは異なる。
角度：α=β=90°

上から見ると平行四辺形
側面は長方形

角度については α=γ=90°　のようにとる場合もあるが、ここでは詳細は触れない



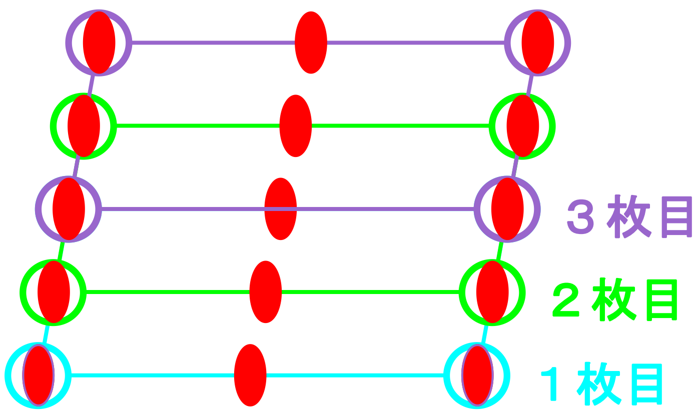
三斜晶

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

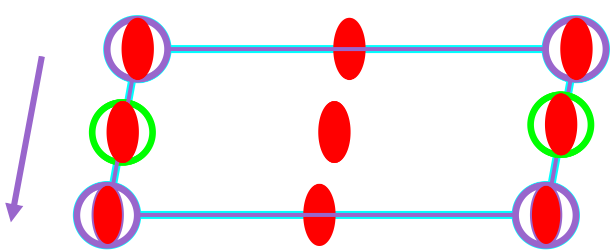
- その２ ー 対称性を維持したまま
- オフセットスタッキングしてできる複合格子



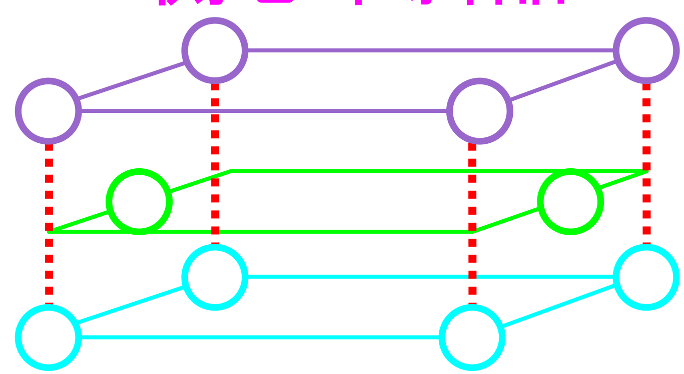
Top View

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

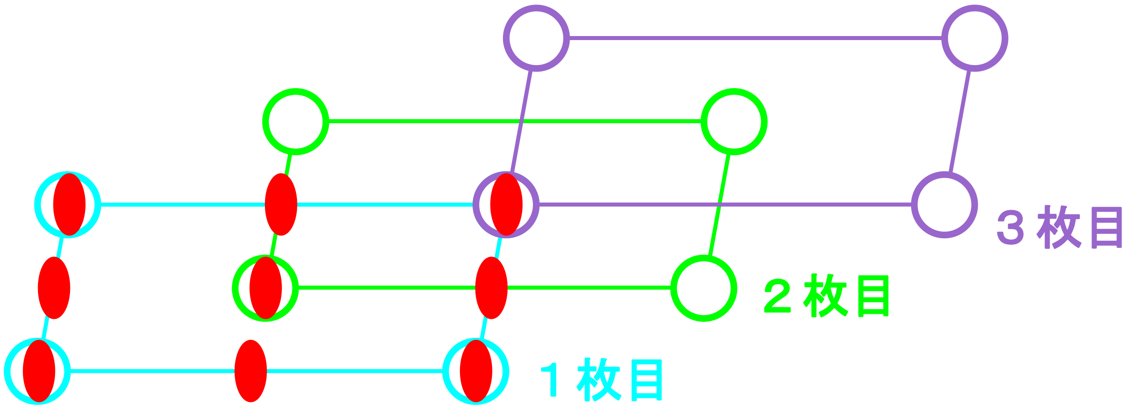
３枚目については、
- *b* 方向にずらした
隣の格子で考える



側心単斜晶

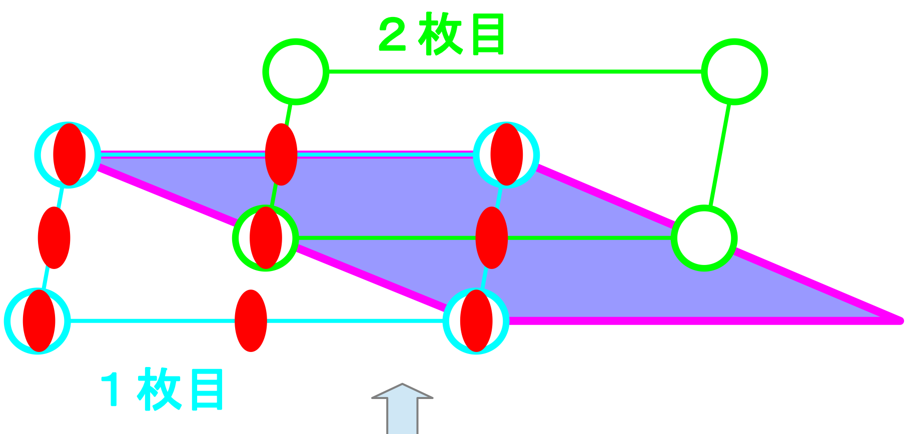


●『体心単斜晶』は存在するか？



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、辺の中点にある２回軸と格子点を重ねた場合と同じ積み上げ方になる

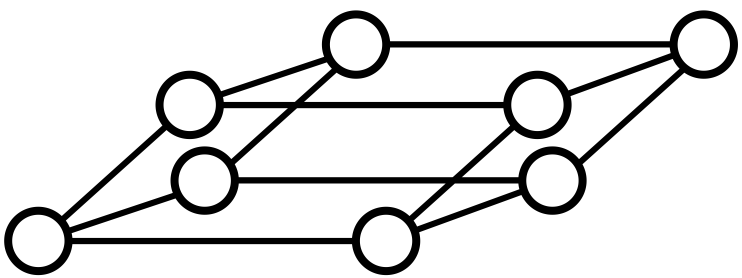
$\vec{a}$、$\vec{b}$ の代わりに $\vec{a}$、$\vec{b}-\vec{a}$ を並進ベクトルとして採用した

「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

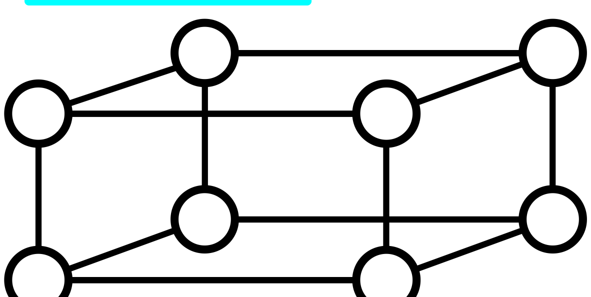
....というわけで、

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

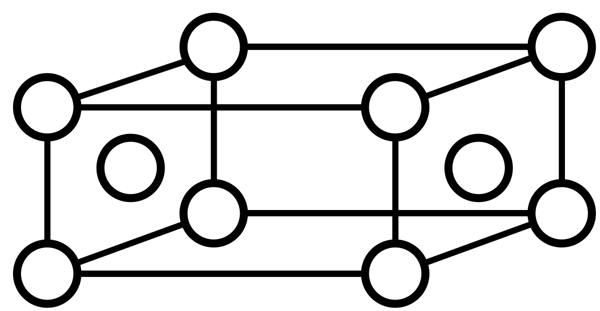
三斜晶 単純格子



単斜晶 単純格子



側心単斜晶 複合格子

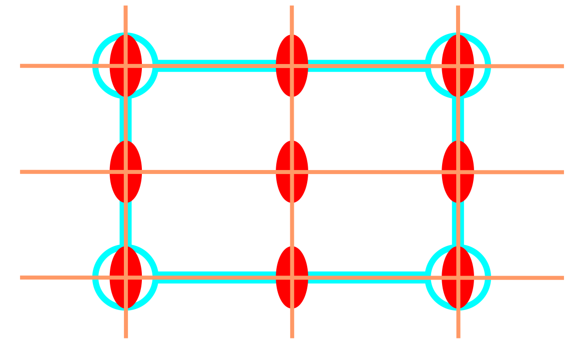


.... の３種類

2. 長方形ネットから生成される３次元ブラベー格子

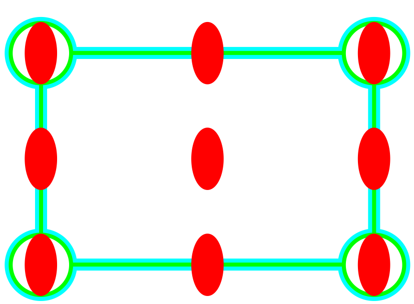
斜交ネットでは、対称性を崩す積み上げ方と
対称性を維持する積み上げ方の両方を考えた。
斜交ネット以外では、対称性を崩す積み方は
考えなくて良い。

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。

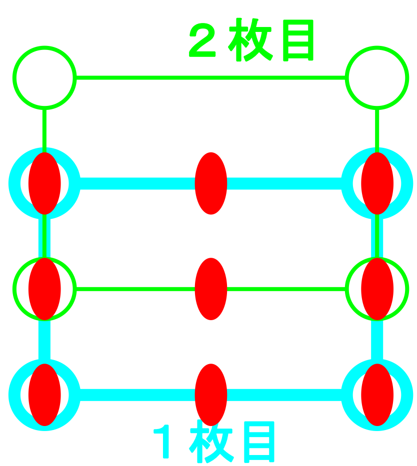


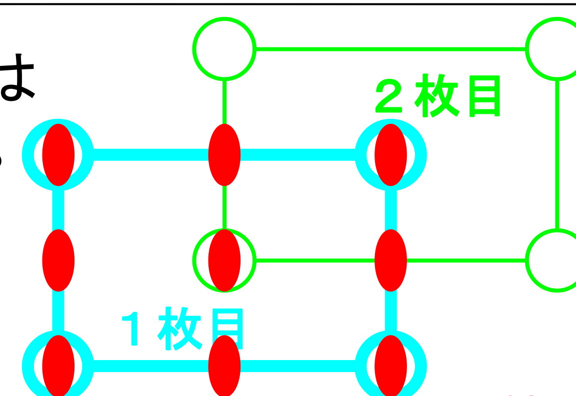
長方形ネット単位格子

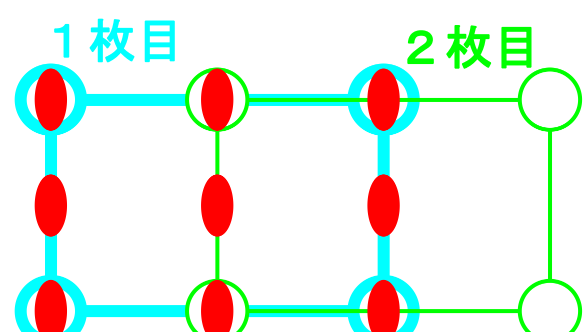
素直に直上に
積み上げると
単純直方晶が
得られる



オフセットスタッキングでは
側心・体心格子が得られる。



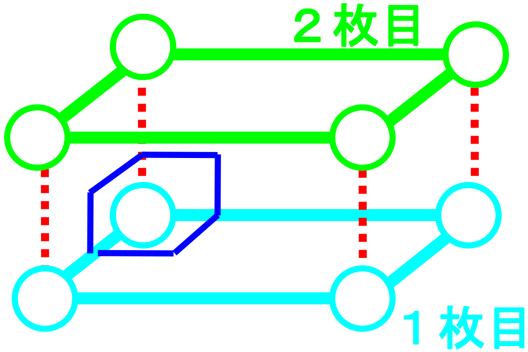


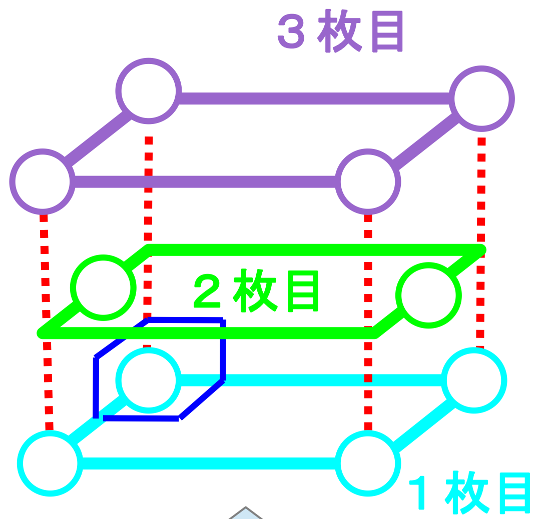


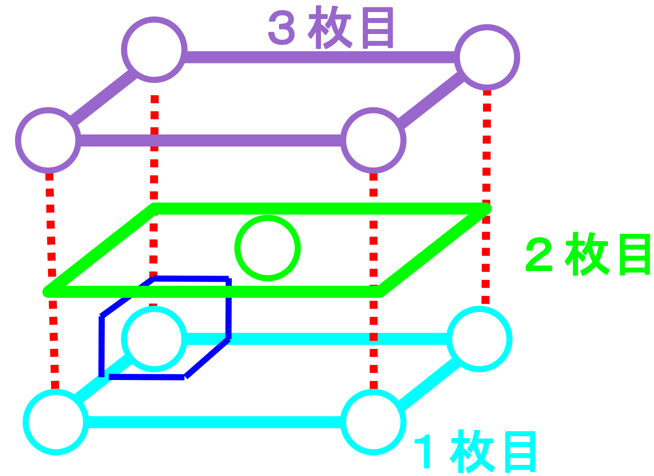
鏡面は
省略

３枚目は
省略

３種類の新しいブラベー格子が得られる







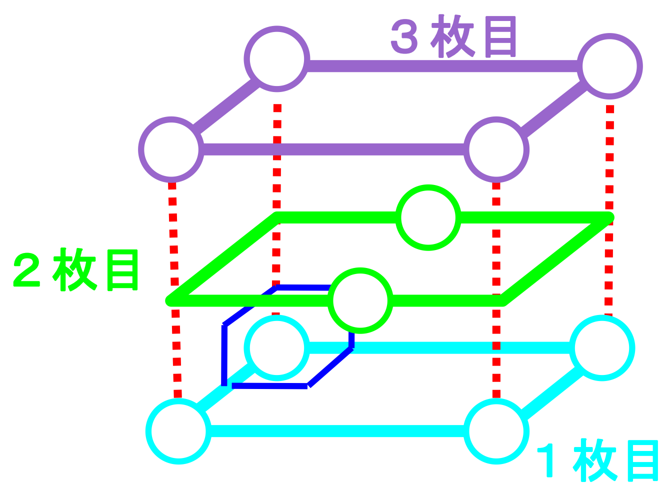
単純直方晶

側心直方晶

体心直方晶

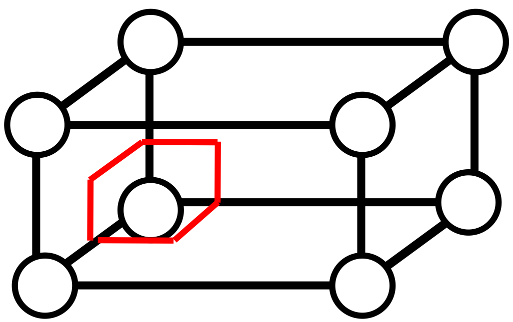
３辺の長さは異なる。
角度：α=β=γ=90°

面はすべて長方形



「面心直方晶」はここに入っていないことに注意

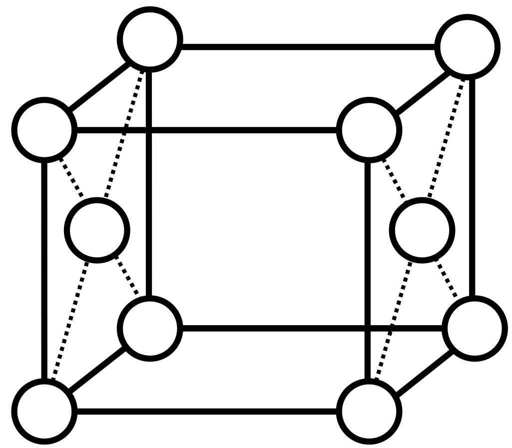
- 長方形ネットから得られるブラベー格子



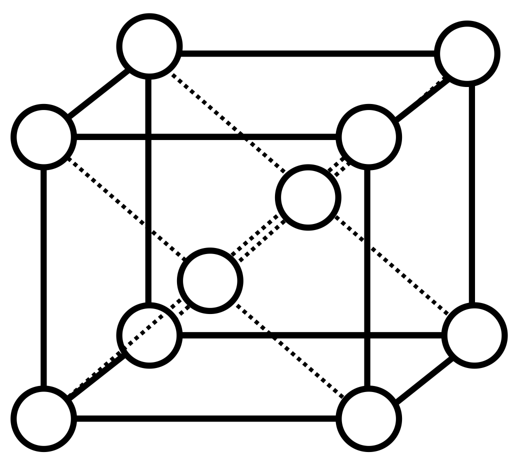
単純直方晶

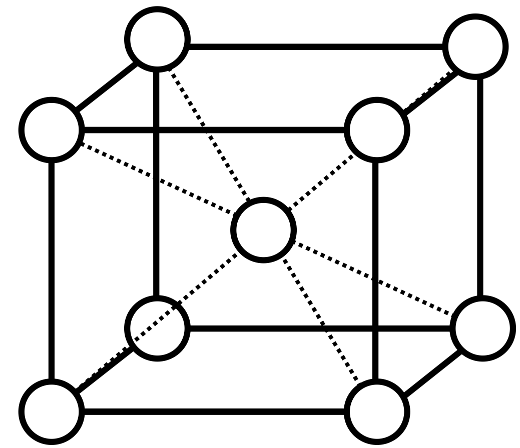
３辺の長さは異なる。
角度：α=β=γ=90°

面はすべて長方形



側心直方晶



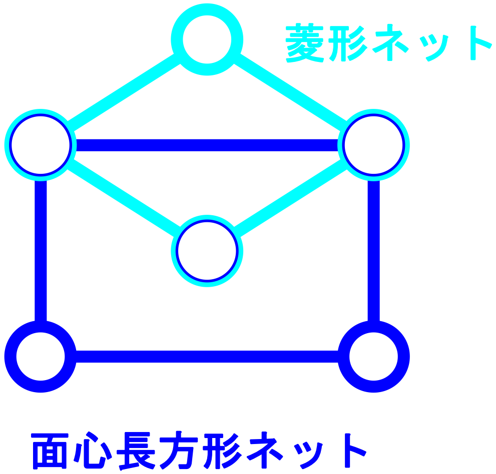


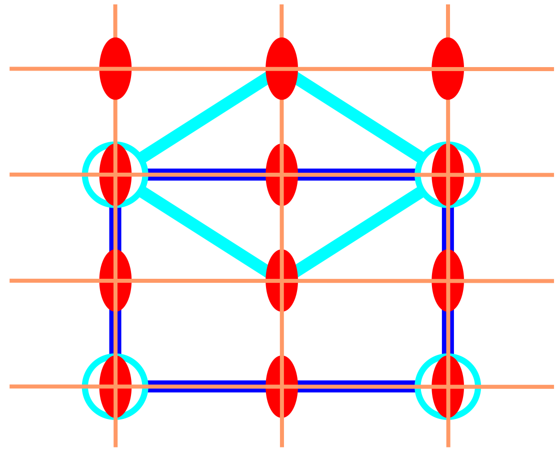
体心直方晶

「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

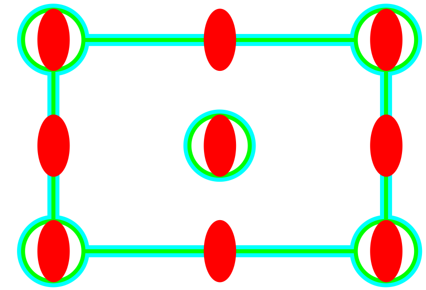
菱形ネットは、「面心長方形ネット」と考えた方が扱いやすい。





直上に１枚積むと**底心**直方晶

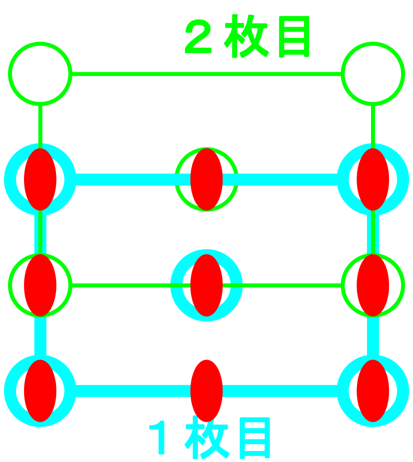
これは**側心**と同じ(次スライド参照)

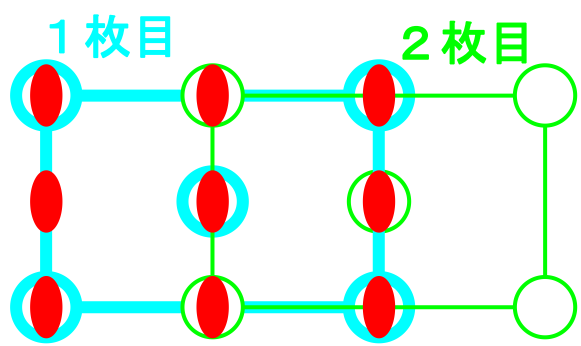


オフセットスタッキングでは面心直方晶が得られる。

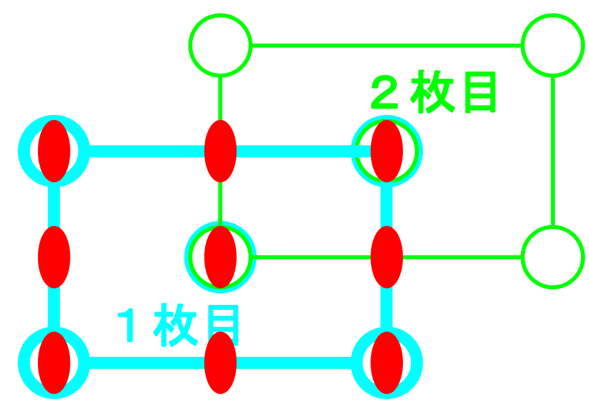
３通りの積み上げ方が考えられるが、~~同じ物~~が得られる。

面心直方晶と底心直方晶





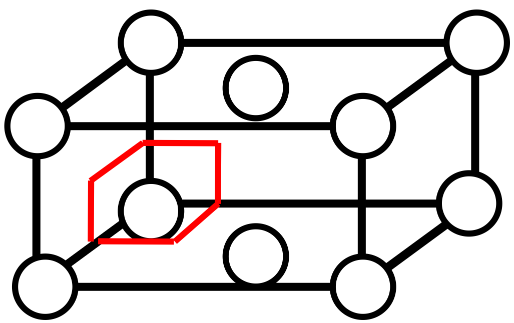
鏡面は省略



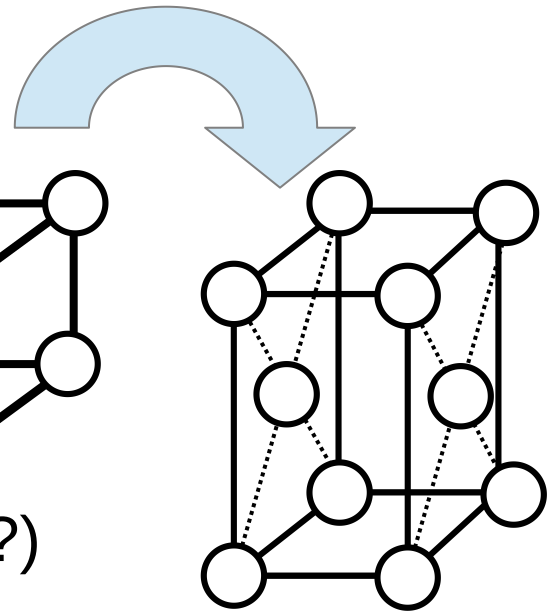
３枚目は省略

- 菱形ネットから得られるブラベー格子(2種)

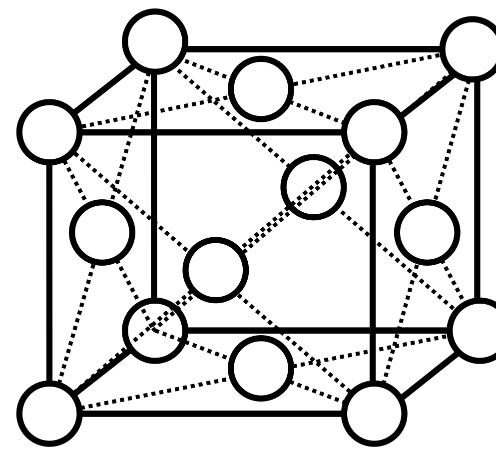
(新規格子は１種のみ)



底心直方晶(?)



向きを変えれば側心直方晶(既出)



面心直方晶

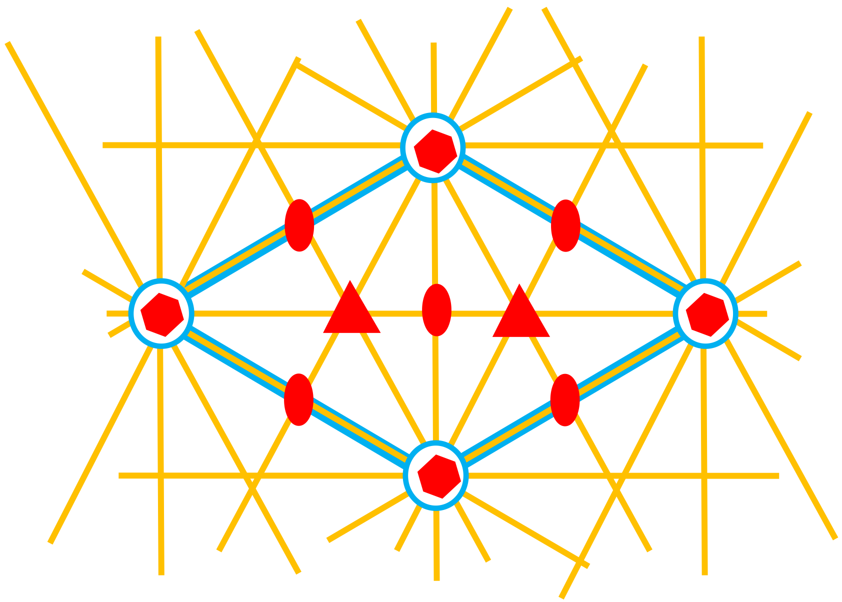
正方形ネットについては、
自力で考えてみましょう！

答：単純正方晶と体心正方晶

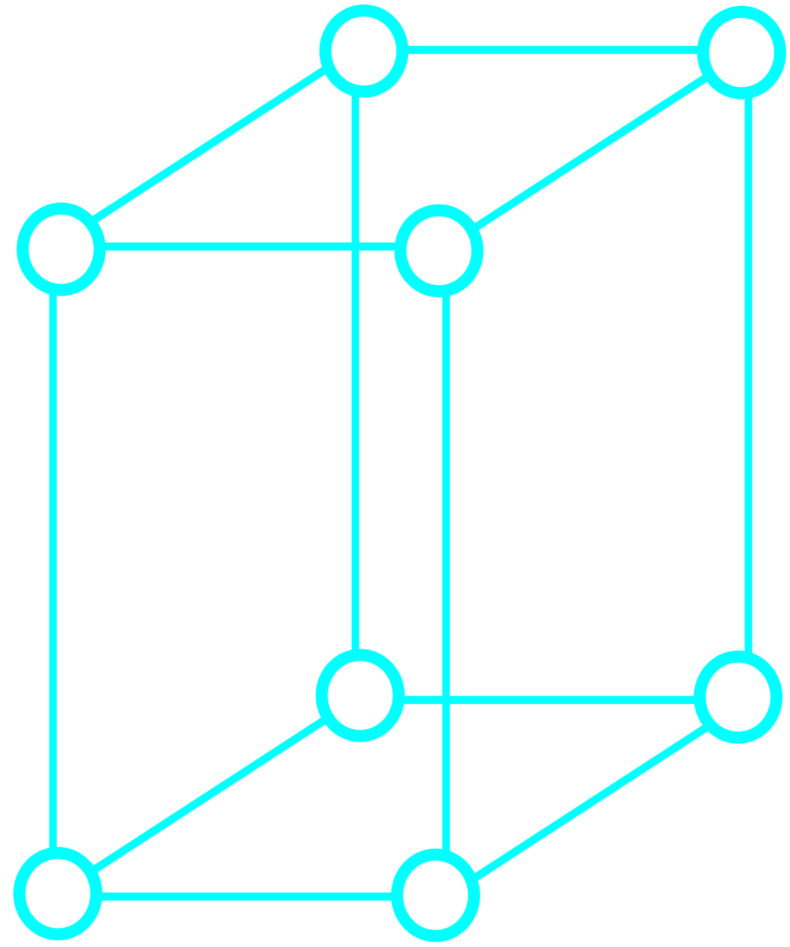
本日の演習問題の解答にも関係あります。

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



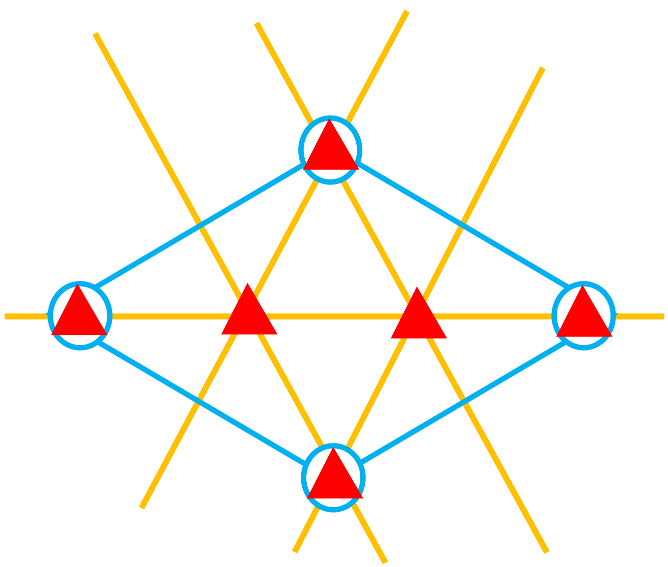
格子点に６回回転軸がある六方ネットは
対称性を保持して積層しようとすれば、
直上に積み上げる方法しか無い。

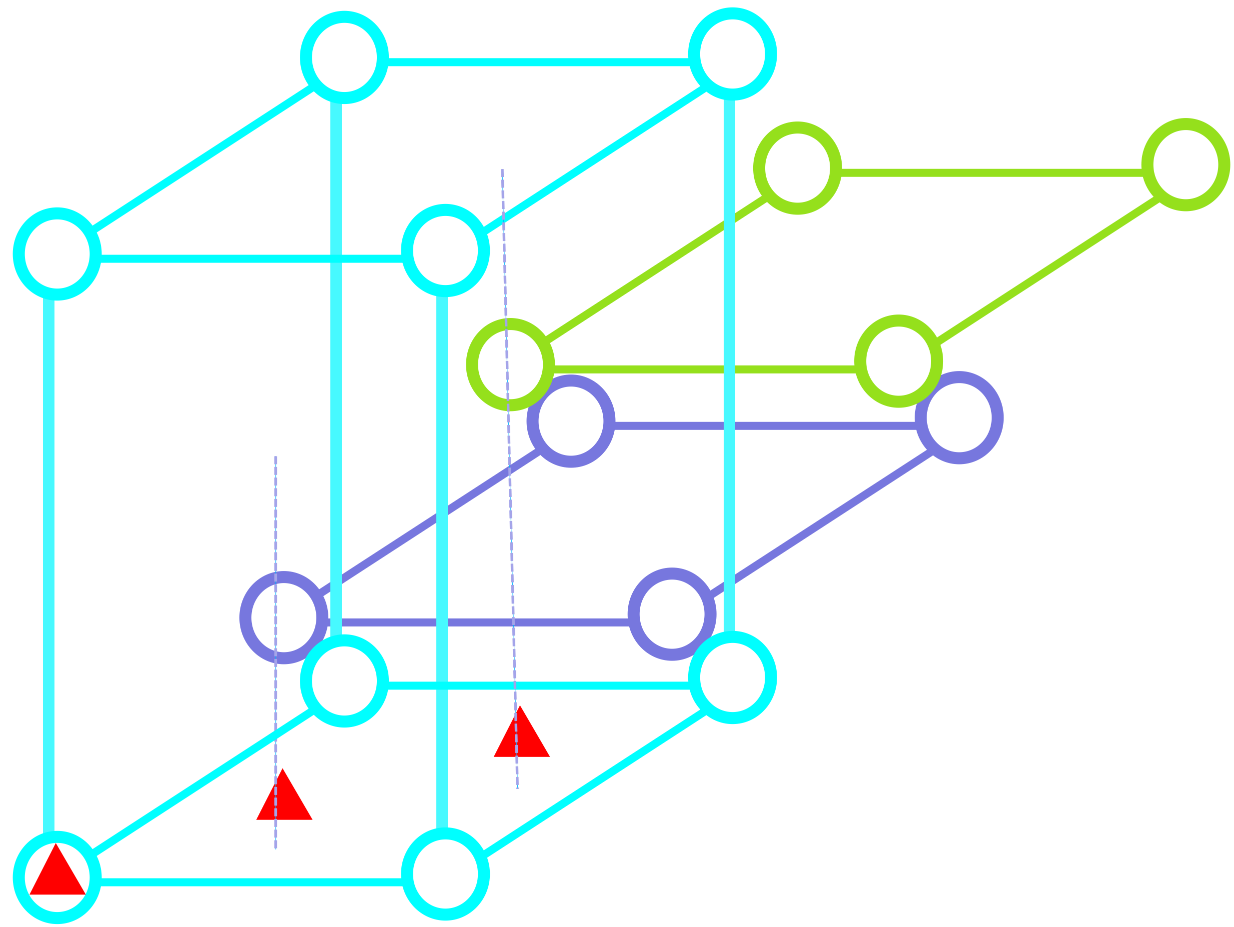


六方格子(単純格子)

六方ネットから生成される3次元ブラベー格子その２

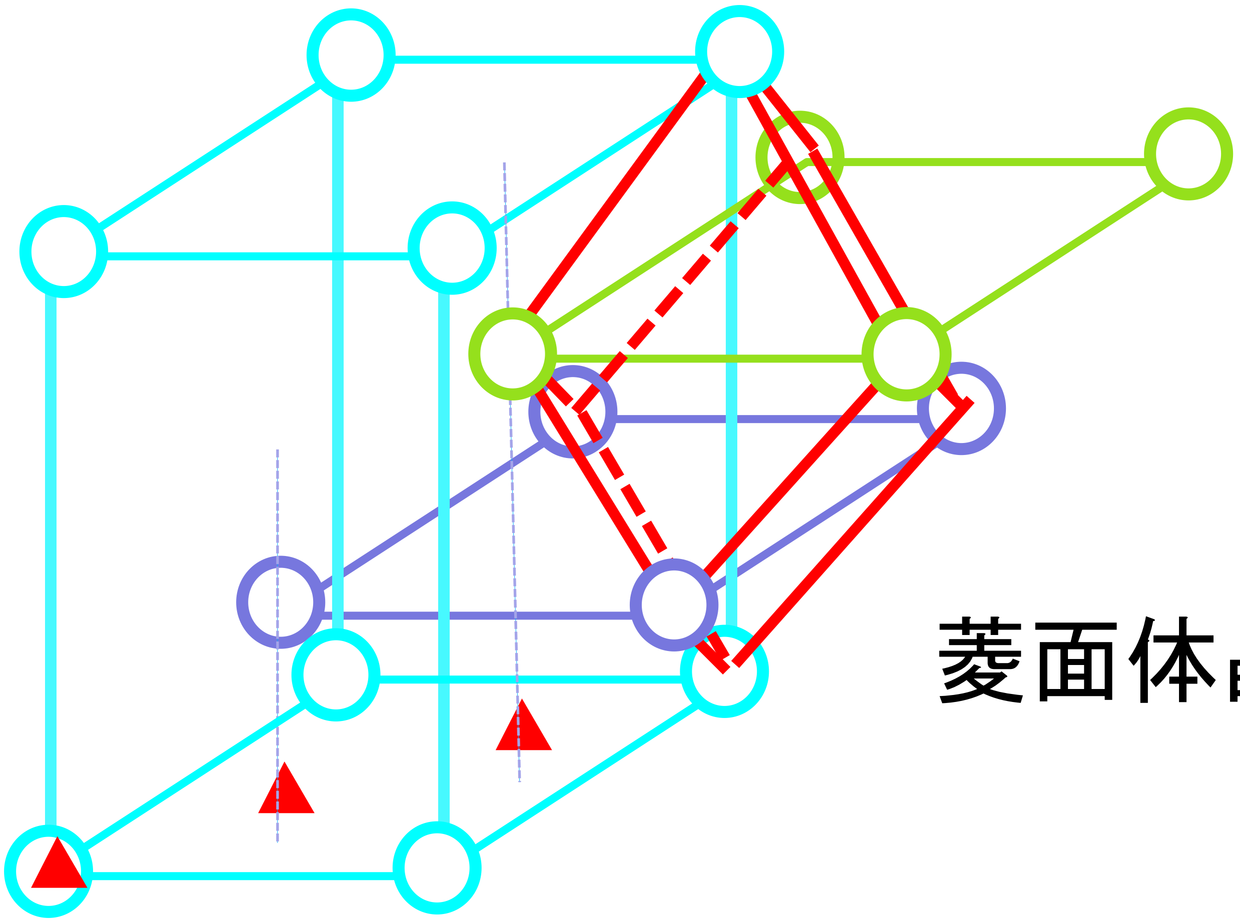
三方ネット





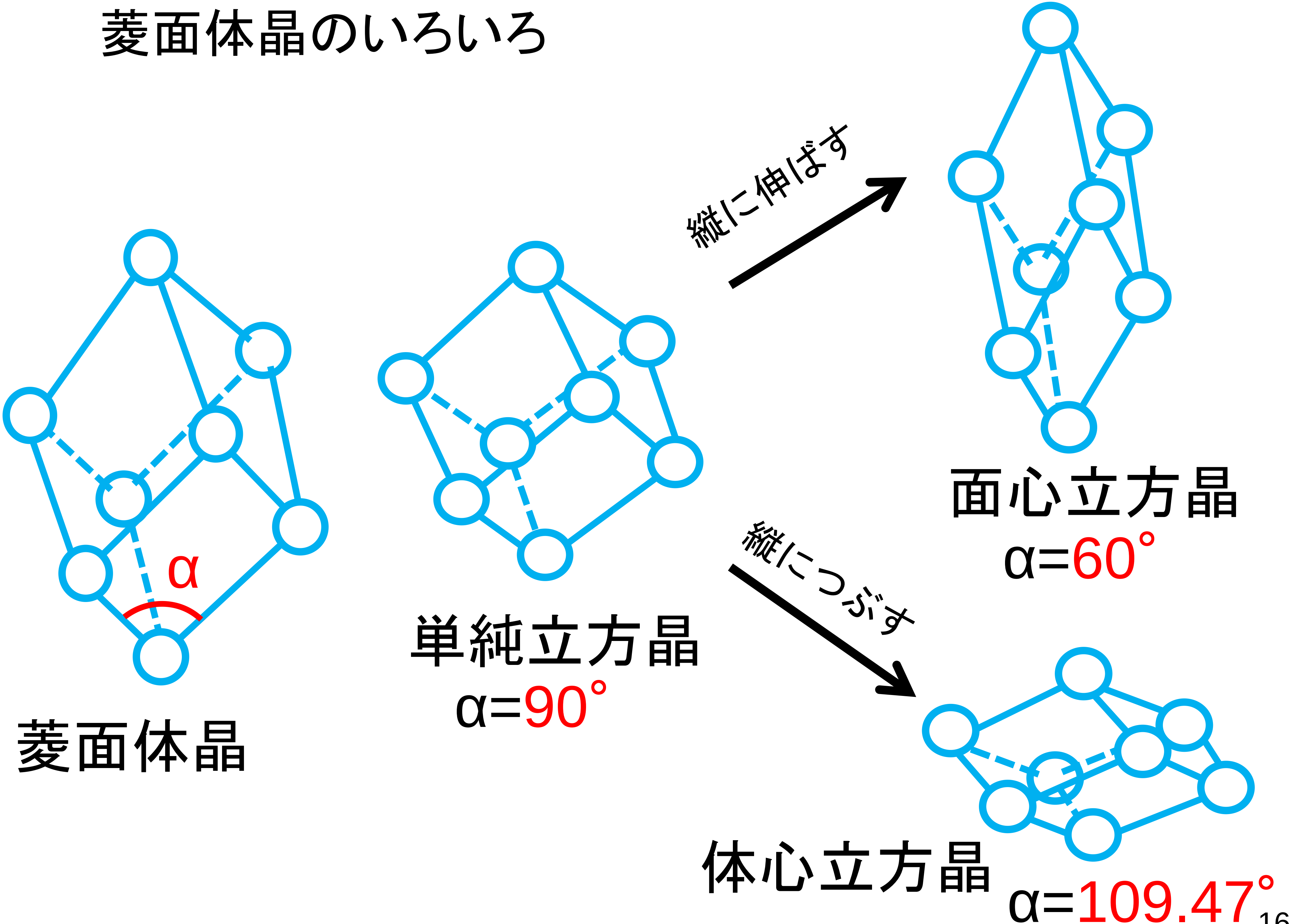
頂点の対称軸が
３回軸であった場合、
オフセットスタッキングが
可能である。

格子のとり方を変える



菱面体晶

菱面体晶のいろいろ



三次元ブラベー格子

1：斜交ネット → 三斜晶、単斜晶、側心(底心）単斜晶
（Oblique Net）

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 → 面心直方晶
（面心長方形ネット）

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 Triclinic	特に無し	a ≠ b、b ≠ c、c ≠ a $\alpha \neq \beta$、$\beta \neq \gamma$、$\gamma \neq \alpha$
単斜晶 Monoclinic	１本の２回回転軸	a ≠ b、b ≠ c、c ≠ a $\alpha = \beta = 90^\circ$ 、$\gamma \neq 90^\circ$
直方晶 (斜方晶) Orthorhombic	相互に直交する３本の２回回転軸	a ≠ b、b ≠ c、c ≠ a $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
菱面体晶 Rhombohedral	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 Tetragonal	１本の４回回転軸	a = b ≠ c $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$
六方晶 Hexagonal	１本の６回回転軸	a = b ≠ c $\alpha = \beta = 90^\circ$, $\gamma = 120^\circ$
立方晶 Cubic	相互に交わる４本の３回回転軸	a = b = c $\alpha = \beta = \gamma = 90^\circ$

三方晶 (Trigonal)について

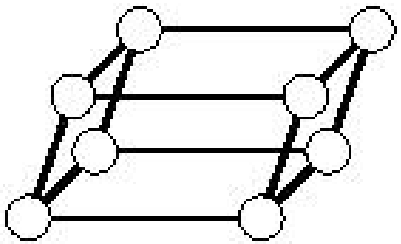
ブラベー格子の中にも、七つの結晶系の中にも無いが、
しばしば見かける名称

この分類がブラベー格子や七晶系に無い理由は、
格子点の集まりだけを見ると六方と三方は区別できず、
格子ベクトルを両方とも六方晶として扱うため。

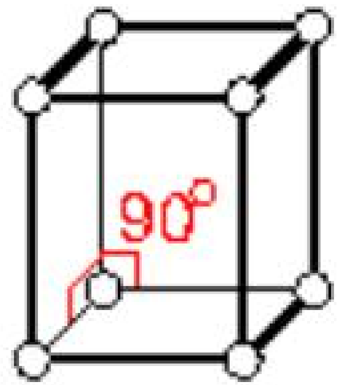
六方/三方の区別は、原子団を格子点に配置して
初めて可能となるが、三方晶の軸は六方晶と同じ
とり方をするため、六方晶として扱われることが多い。

七つの結晶系：形状

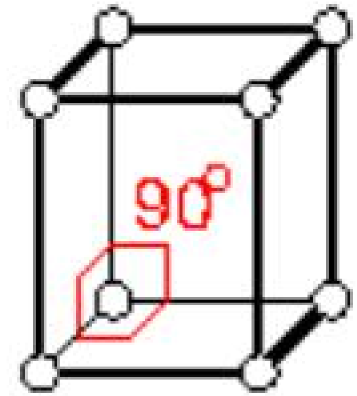
復習



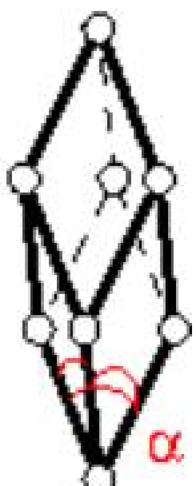
三斜晶
Triclinic



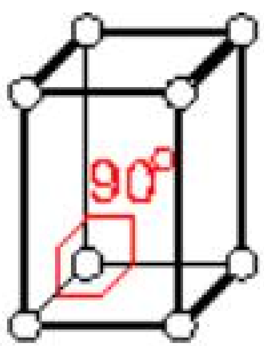
単斜晶
Monoclinic



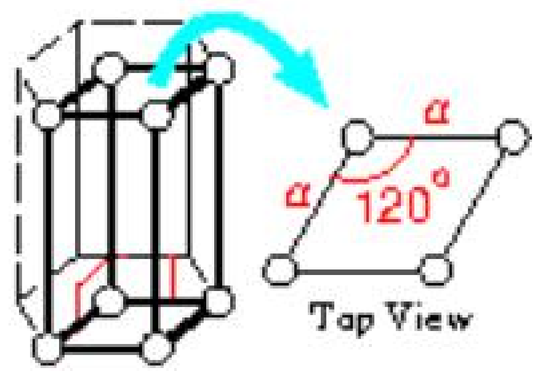
直方晶 斜方晶
Orthorhombic



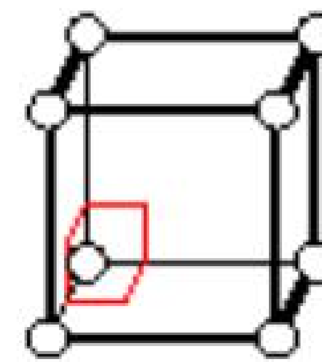
菱面体晶
Rhombohedral
あるいは「三方晶」
(Trigonal)



正方晶
Tetragonal



六方晶
Hexagonal



立方晶
Cubic

本日の課題

１．14個のブラベー格子の分類には、「体心正方晶」は存在するが、
「底心正方晶」および「面心正方晶」は存在しない。
この理由を説明せよ。

２．ブラベー格子には、「底心立方晶」は存在しない。
この理由を説明せよ。