

コンピュータグラフィックス

第6回：立体を定義する

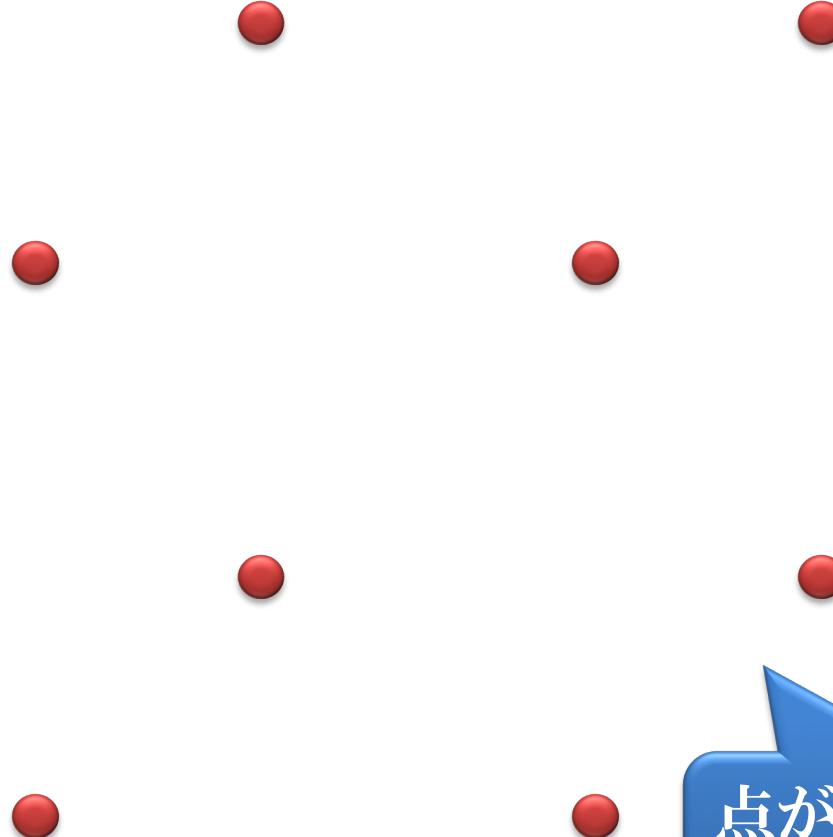
形状の表現

- 境界による表現
- 立体の組み合わせによる表現
- 生成過程の組み合わせによる表現
- 密度や濃度による表現

境界による表現

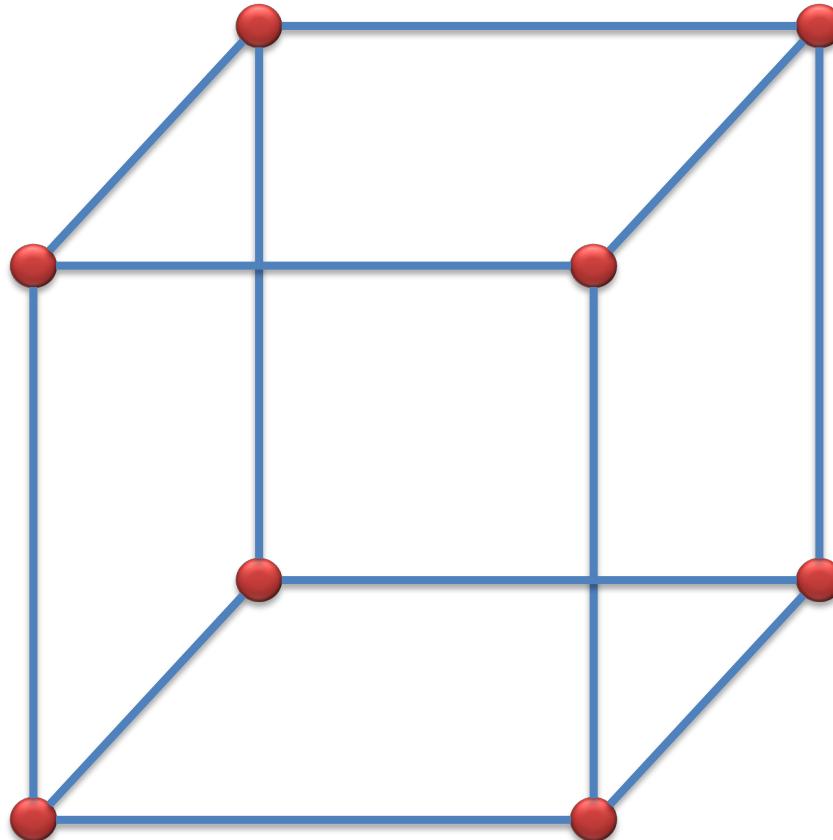
- 頂点・稜線・面などの情報で形を表現する
 - 立体の内部と外部を隔てる境界
- ワイヤフレームモデル
 - 簡易で高速 ⇔ 情報量は不十分
- サーフェースモデル
 - ハーフトーン画像の生成が可能
- ソリッドモデル
 - 立体同士の演算等が可能

点で形を表してみる



点が少ないと
形がよくわからない

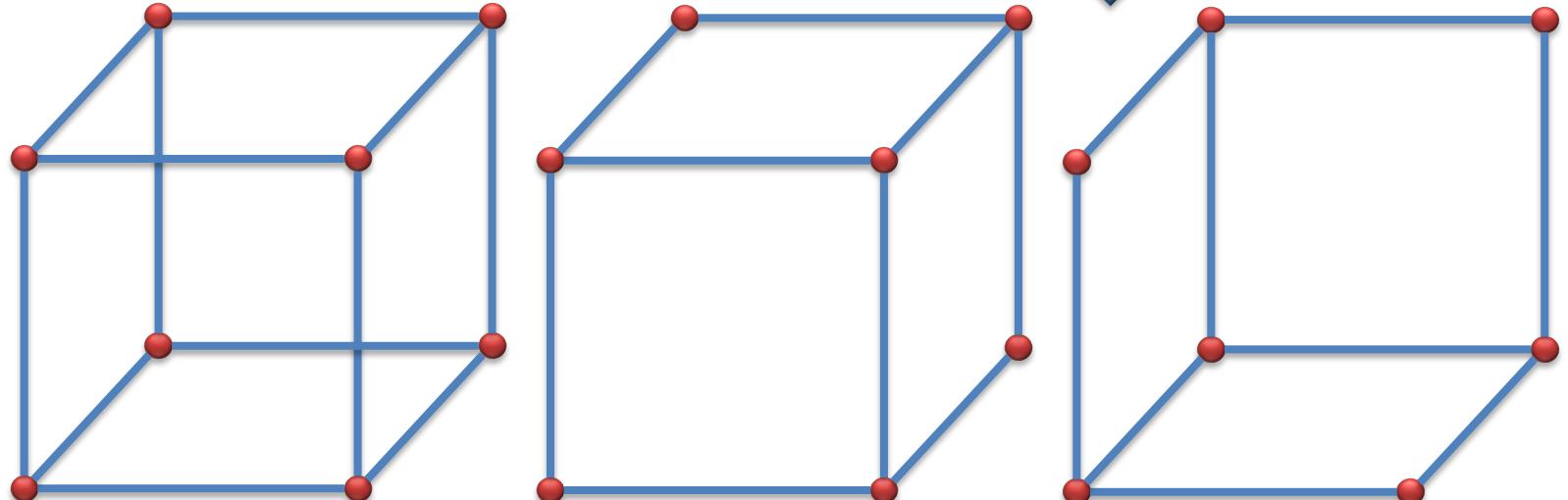
点を線分で結んでみる



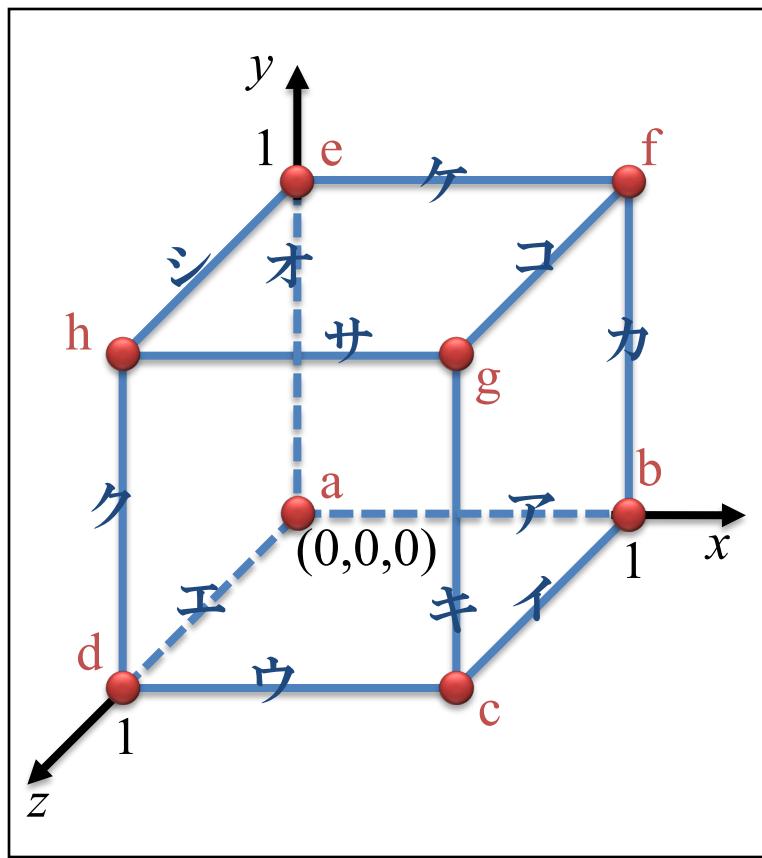
ワイヤーフレームモデル

- 頂点と、それらを結ぶ線分で形を表現する
 - 形状を把握することができる
 - 曖昧さは残る

どっちだかわからない



頂点データと稜線データ



頂点表

頂点	座標値		
	x	y	z
a	0	0	0
b	1	0	0
c	1	0	1
d	0	0	1
e	0	1	0
f	1	1	0
g	1	1	1
h	0	1	1

稜線表

稜線	頂点	
	始点	終点
ア	a	b
イ	b	c
ウ	c	d
エ	d	a
オ	a	e
カ	b	f
キ	c	g
ク	d	h
ケ	e	f
コ	f	g
サ	g	h
シ	h	e

頂点表のデータ化の例

頂点表

頂点	座標値		
	x	y	z
a	0	0	0
b	1	0	0
c	1	0	1
d	0	0	1
e	0	1	0
f	1	1	0
g	1	1	1
h	0	1	1

座標値は実数

3次元

```
static double vertex[] [3] = {  
    { 0.0, 0.0, 0.0 }, /* vertex[0]←a */  
    { 1.0, 0.0, 0.0 }, /* vertex[1]←b */  
    { 1.0, 0.0, 1.0 }, /* vertex[2]←c */  
    { 0.0, 0.0, 1.0 }, /* vertex[3]←d */  
    { 0.0, 1.0, 0.0 }, /* vertex[4]←e */  
    { 1.0, 1.0, 0.0 }, /* vertex[5]←f */  
    { 1.0, 1.0, 1.0 }, /* vertex[6]←g */  
    { 0.0, 1.0, 1.0 }, /* vertex[7]←h */  
};
```

座標値

頂点データ

稜線表のデータ化の例

稜線表

稜線	頂点	
	始点	終点
ア	a	b
イ	b	c
ウ	c	d
エ	d	a
オ	a	e
カ	b	f
キ	c	g
ク	d	h
ケ	e	f
コ	f	g
サ	g	h
シ	h	e

番号なので整数

始点と終点

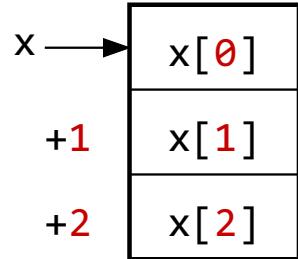
```
static int edge[][][2] = {  
    { 0, 1 }, /* ア (a-b) */  
    { 1, 2 }, /* イ (b-c) */  
    { 2, 3 }, /* ウ (c-d) */  
    { 3, 0 }, /* エ (d-a) */  
    { 0, 4 }, /* オ (a-e) */  
    { 1, 5 }, /* カ (b-f) */  
    { 2, 6 }, /* キ (c-g) */  
    { 3, 7 }, /* ク (d-h) */  
    { 4, 5 }, /* ケ (e-f) */  
    { 5, 6 }, /* コ (f-g) */  
    { 6, 7 }, /* サ (g-h) */  
    { 7, 4 }, /* シ (h-e) */  
};
```

番号に
置き換え

稜線データ

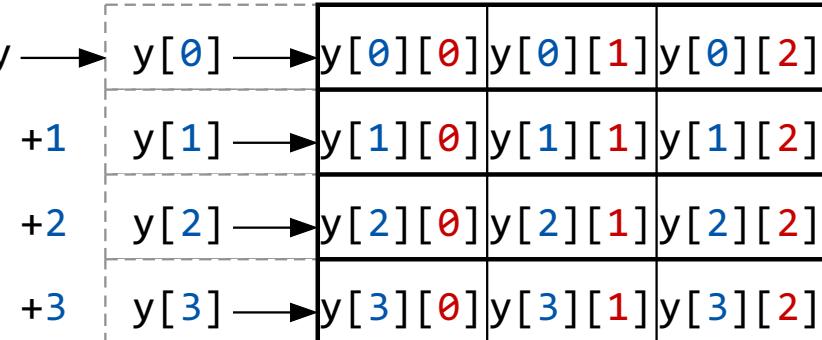
二次元配列のメモリ配置

`int x[3];`



int 型 3 個の
メモリ領域を確保

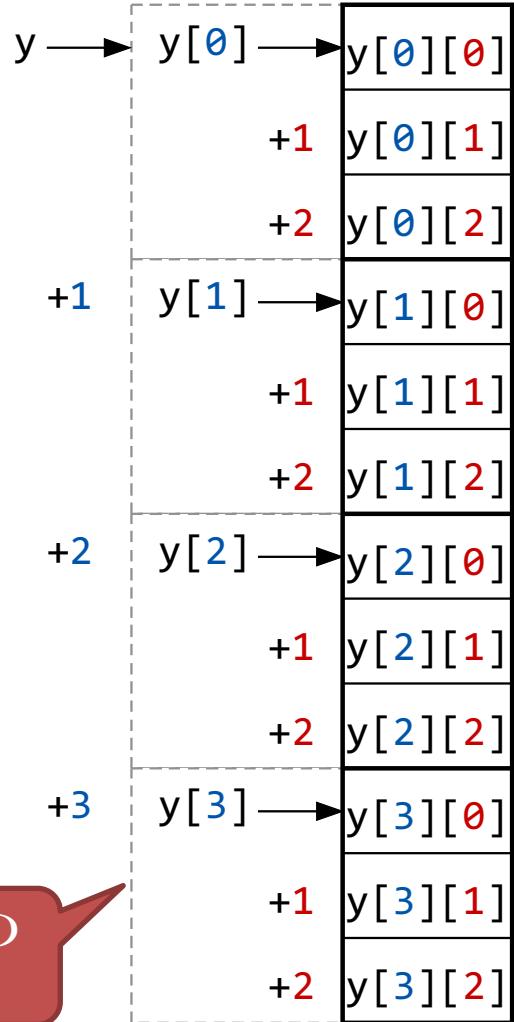
`int y[4][3];`



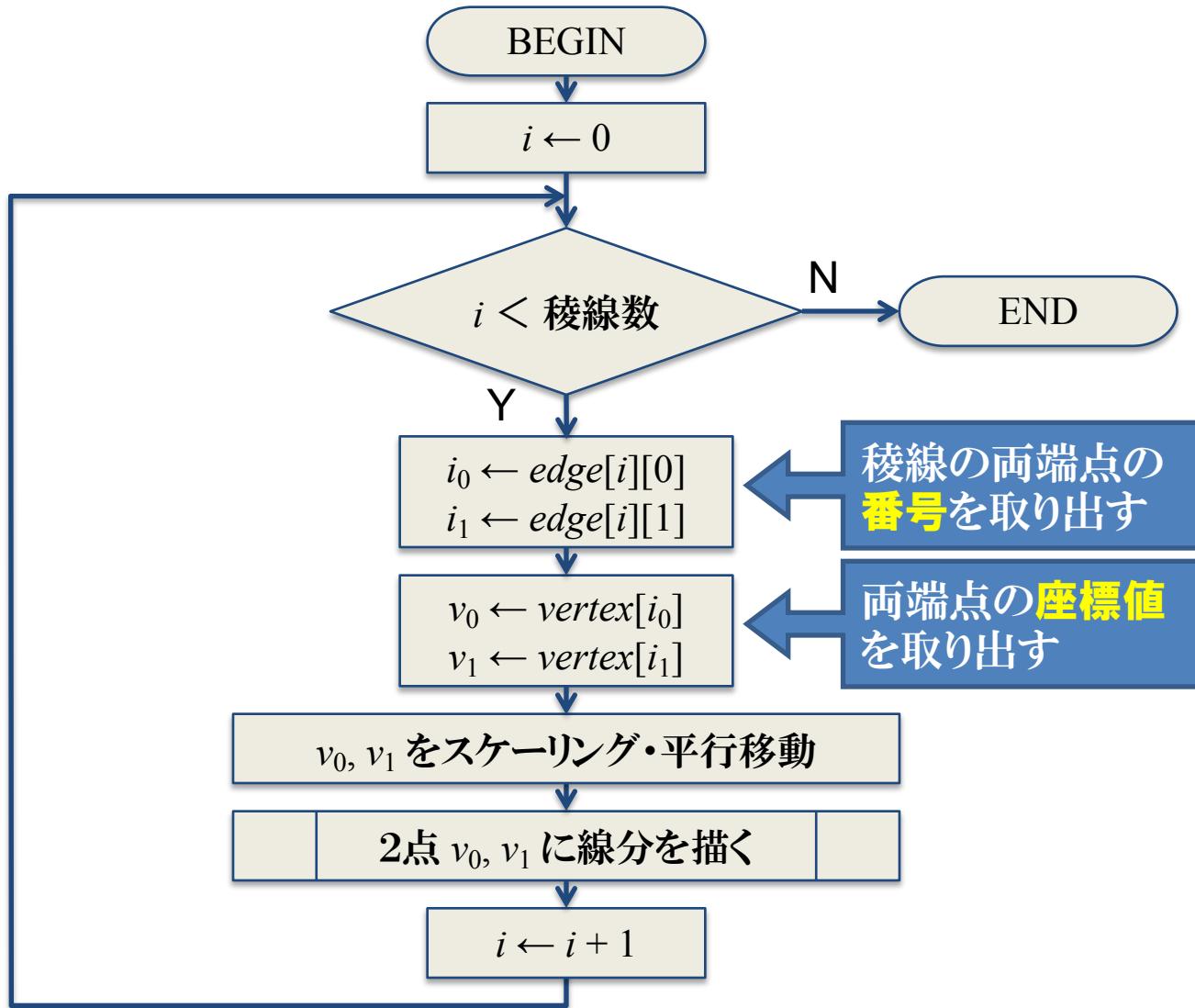
int 型 4×3 個の
メモリ領域を確保

int 型 12 個 = 3 個組を 4 個の
メモリ領域を確保

実際のメモリ配置

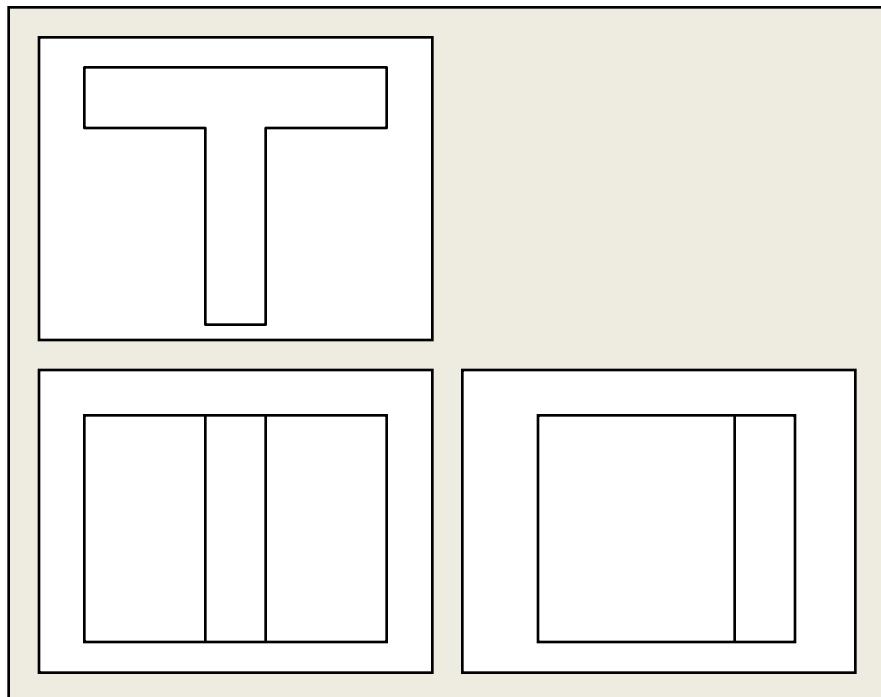


ワイヤーフレームの描画



三面図

(x_s, y_s) 画面上の座標値



上面図 (xz 平面)

$x_s \leftarrow x$ 座標値

$y_s \leftarrow z$ 座標値

正面図 (xy 平面)

$x_s \leftarrow x$ 座標値

$y_s \leftarrow y$ 座標値

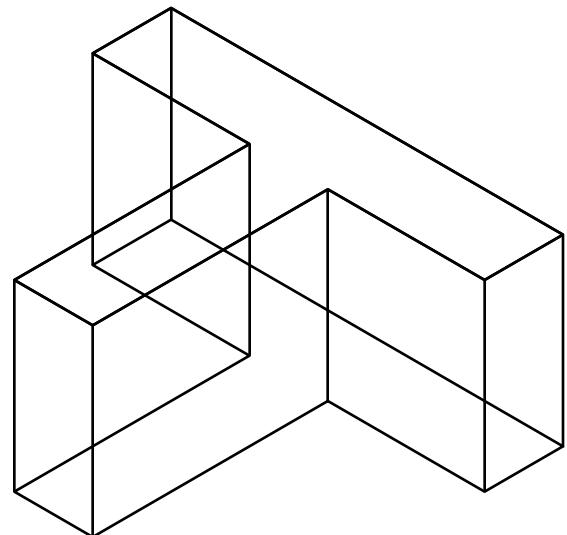
側面図 (yz 平面)

$x_s \leftarrow z$ 座標値

$y_s \leftarrow y$ 座標値

アイソメ図

(x_s, y_s) 画面上の座標値

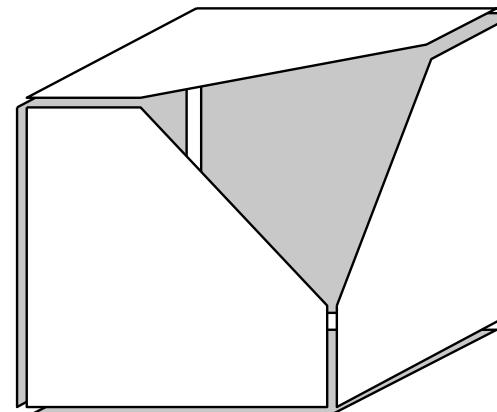
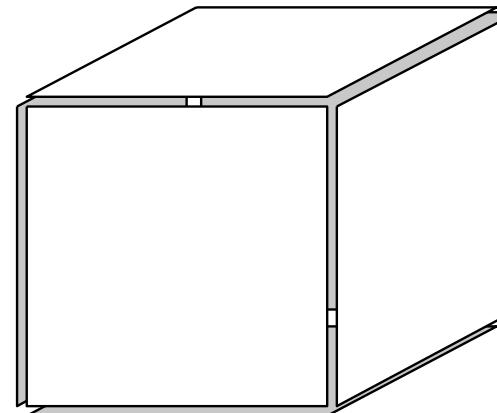


アイソメ図(等測投影図)

$$x_s \leftarrow \sqrt{3}(x + z)/2$$
$$y_s \leftarrow y - (x - z)/2$$

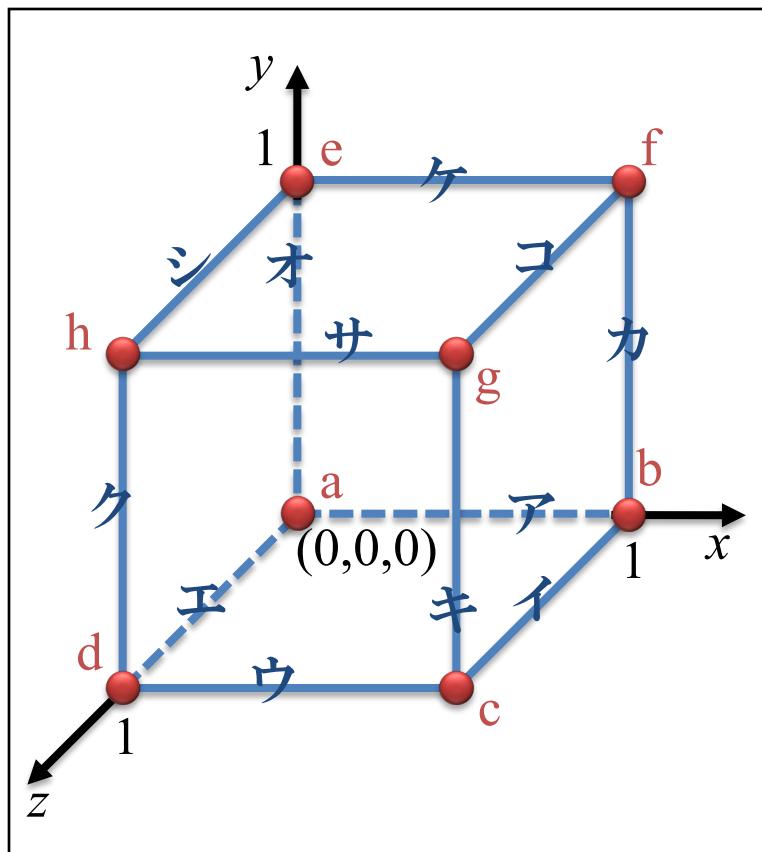
サーフェスマodel

- 面を構成する稜線(あるいは頂点)をひとまとめにして、面のデータとして保持する
 - 内部と外部の区別が無い
 - 立体は閉じていなくても良い
 - 隠面消去可能



切ると中身が空洞になっている

面データ



稜線リスト形式

面	稜線			
	ア	イ	ウ	エ
下	ア	イ	ウ	エ
右	カ	コ	キ	イ
前	キ	サ	ク	ウ
左	ク	シ	オ	エ
後	オ	ケ	カ	ア
上	シ	サ	コ	ケ

頂点リスト形式

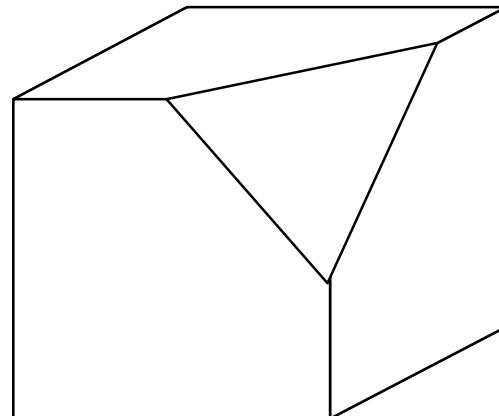
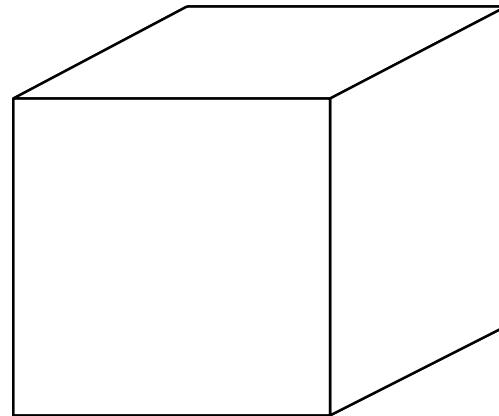
面	頂点			
	a	b	c	d
下	a	b	g	c
右	b	f	g	c
前	c	g	h	d
左	d	h	e	a
後	a	e	f	b
上	h	g	f	e

実際には各欄の要素数は一定ではない
(四角形以外の面もある)

全ての面を三角形で表現することも多い

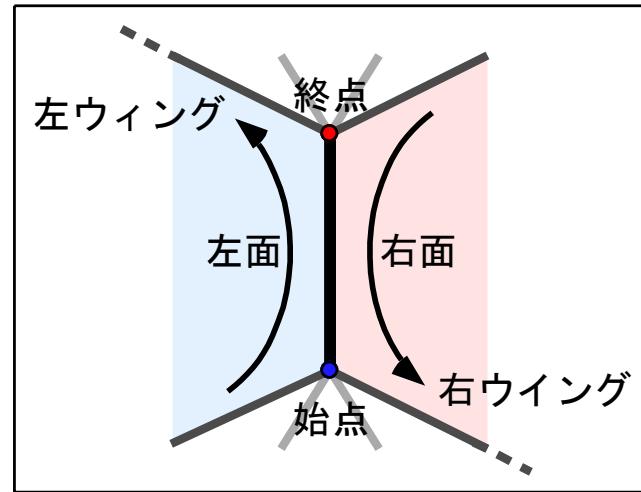
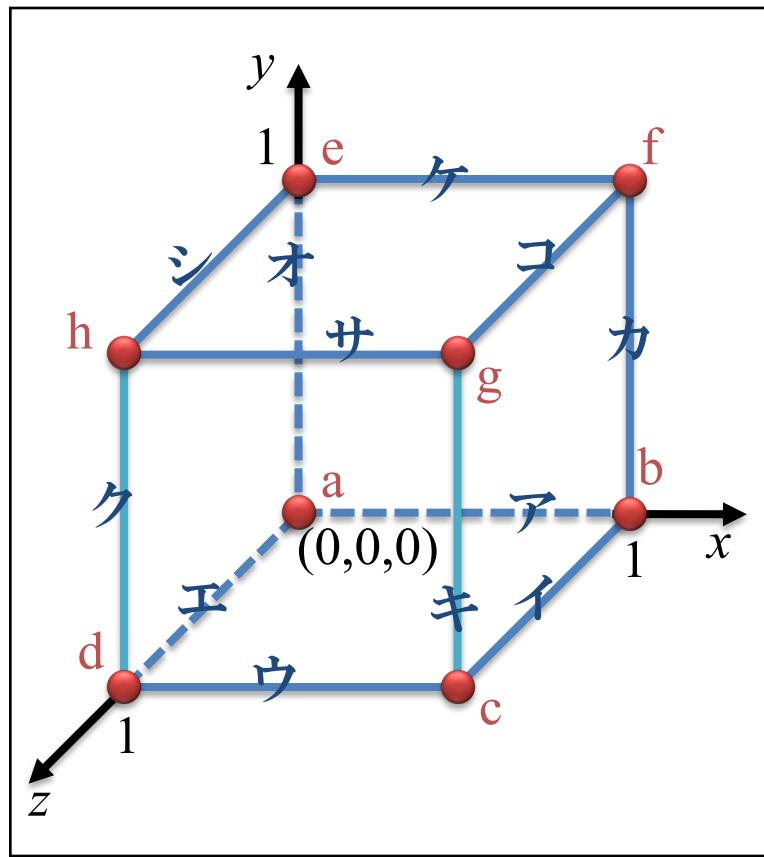
ソリッドモデル

- 立体を構成する面をひとまとめにして立体のデータとして保持する
- 面に向き(表裏)を付ける
 - 立体の内部と外部が区別できる
 - 中身が詰まっているものとして処理できる
 - 集合演算が可能
 - マスプロパティの算出が可能



切ると中身が詰まっている

WED (Winged Edge Data)



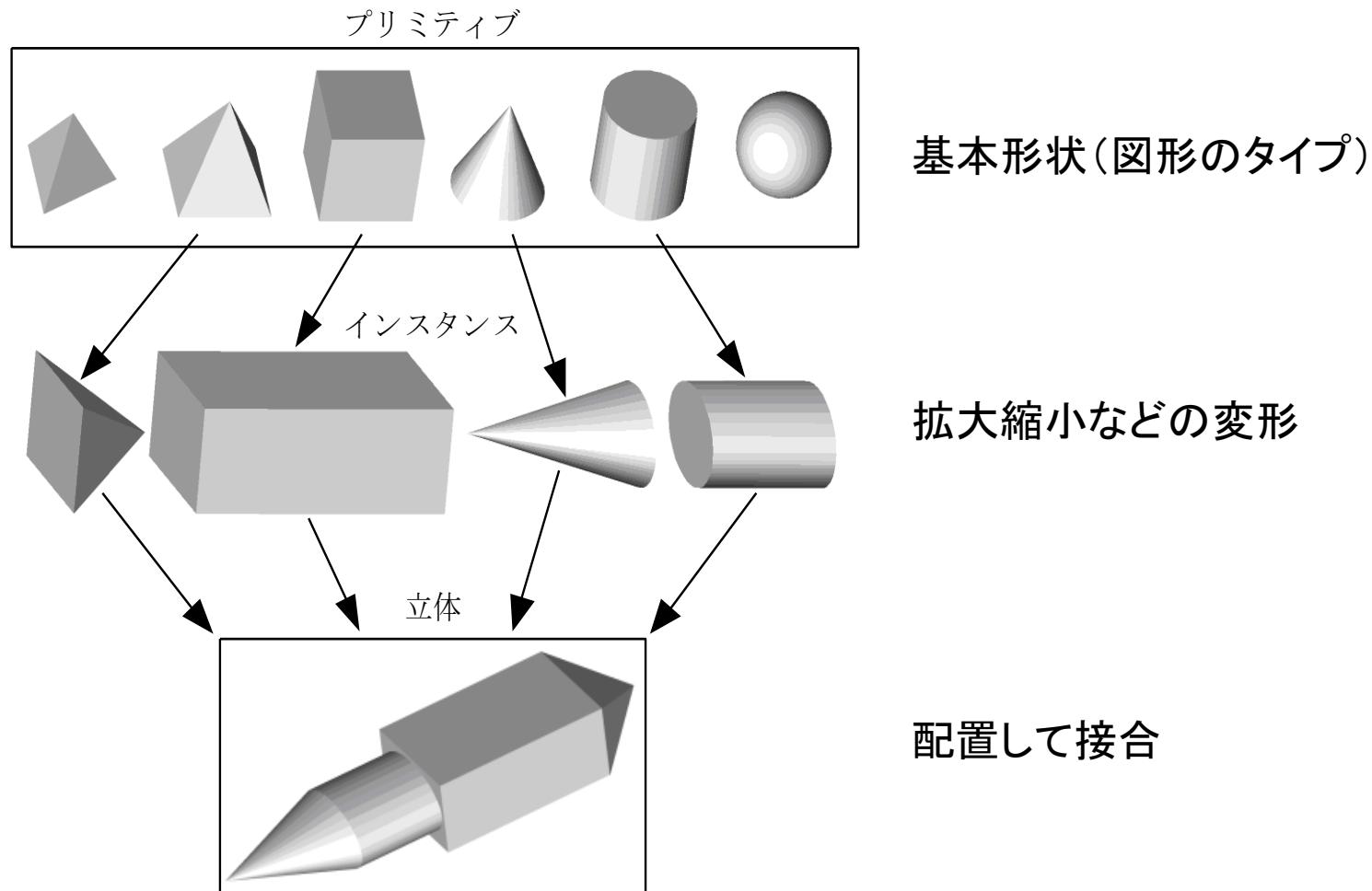
稜線	始点	終点	左 ウイング	右 ウイング	左面	右面
キ	c	g	サ	イ	前	右
ク	d	h	シ	ウ	左	前

面	法線ベクトル	最初の稜線
前	(0, 0, 1)	キ
右	(-1, 0, 0)	ク

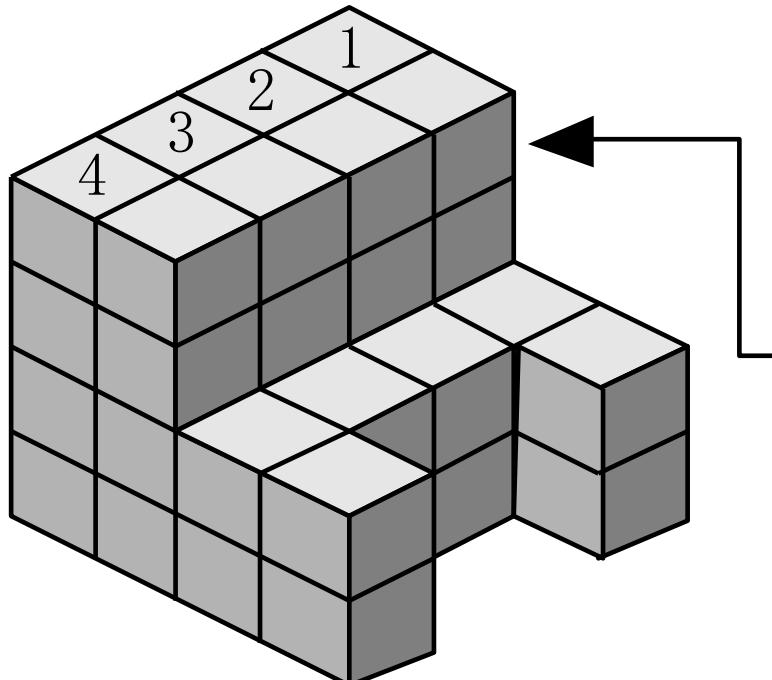
立体の組み合わせによる表現

- プリミティブインスタンス法
 - 積み木(パーツは拡大・縮小可能)
- Voxel表現
 - 同じ大きさのブロックの集合
- Octree表現
 - Voxel8個をひとつの単位にまとめて階層的に表現

プリミティブインスタンス法



Voxel 表現



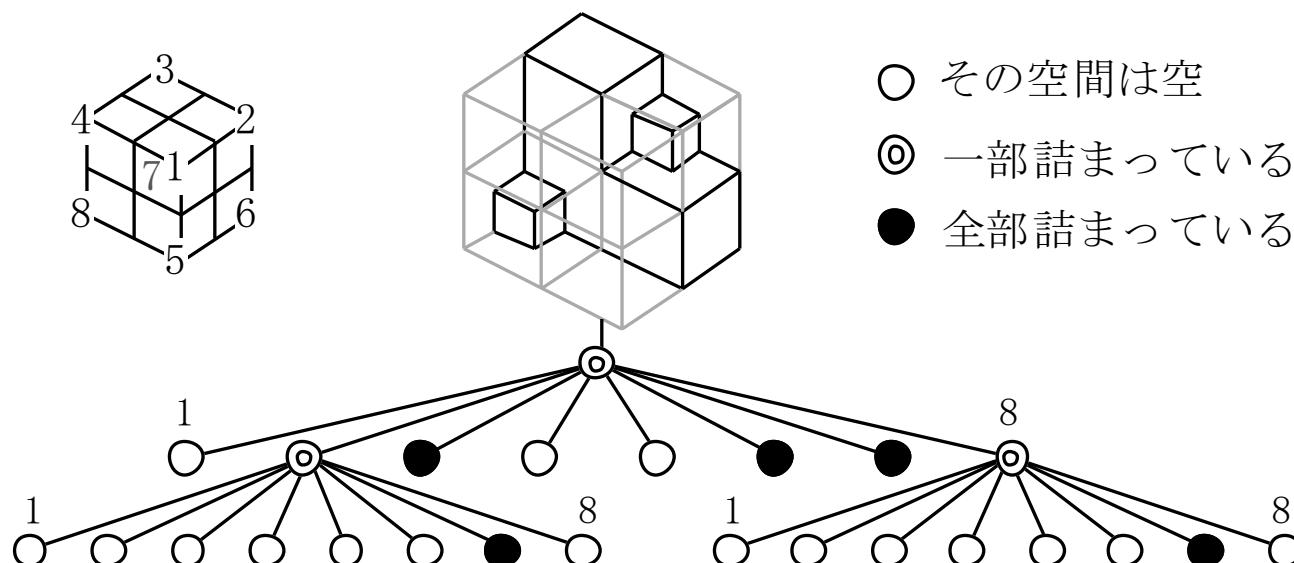
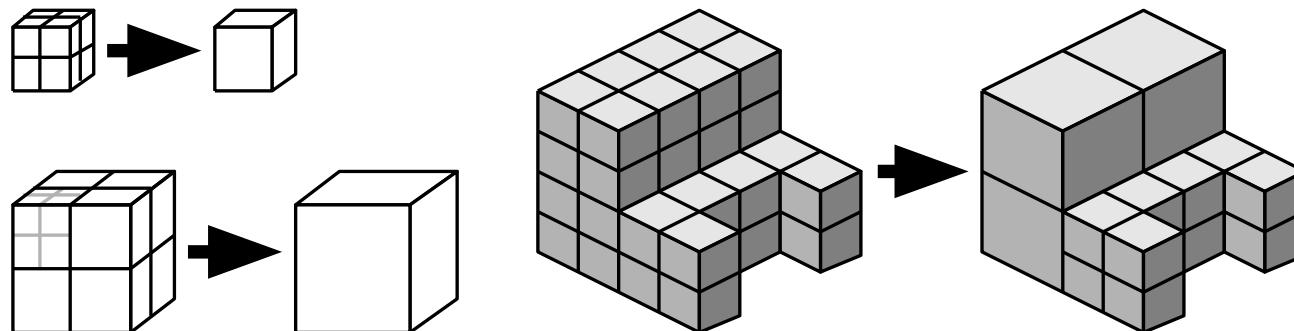
○ その空間は空

● その空間は詰まっている

1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
●	●	●	●	●	●	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
●	●	●	●	●	●	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	

形状を二進数で表現することができる

Octree(八分木)表現

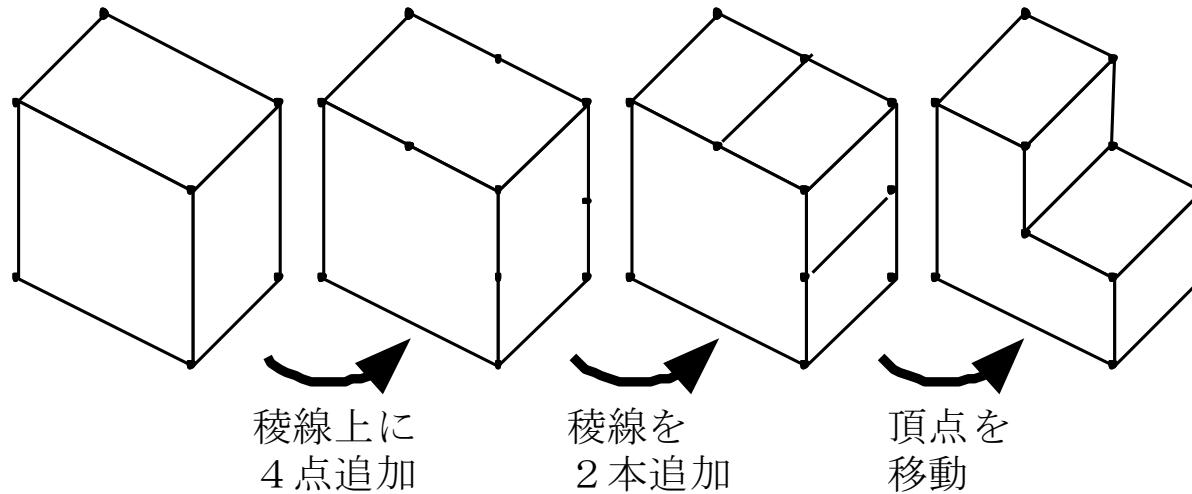


生成過程による表現

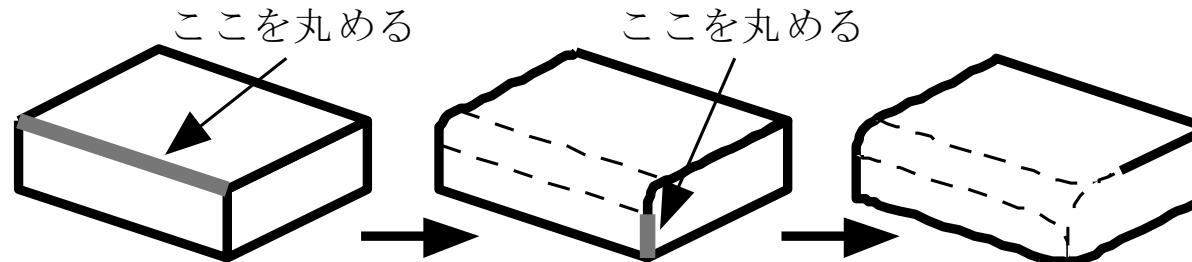
- 局所操作の組み合わせによる表現
 - 形状データの変更手順そのものを形状データに使う
- CSG (Constructive Solid Geometry)
 - プリミティブインスタンス法においてプリミティブ間の論理演算を行うもの
- スイープ
 - 掃引体(平面図形を経路に沿って移動したときにできる空間)

局所変形操作

局所変形操作

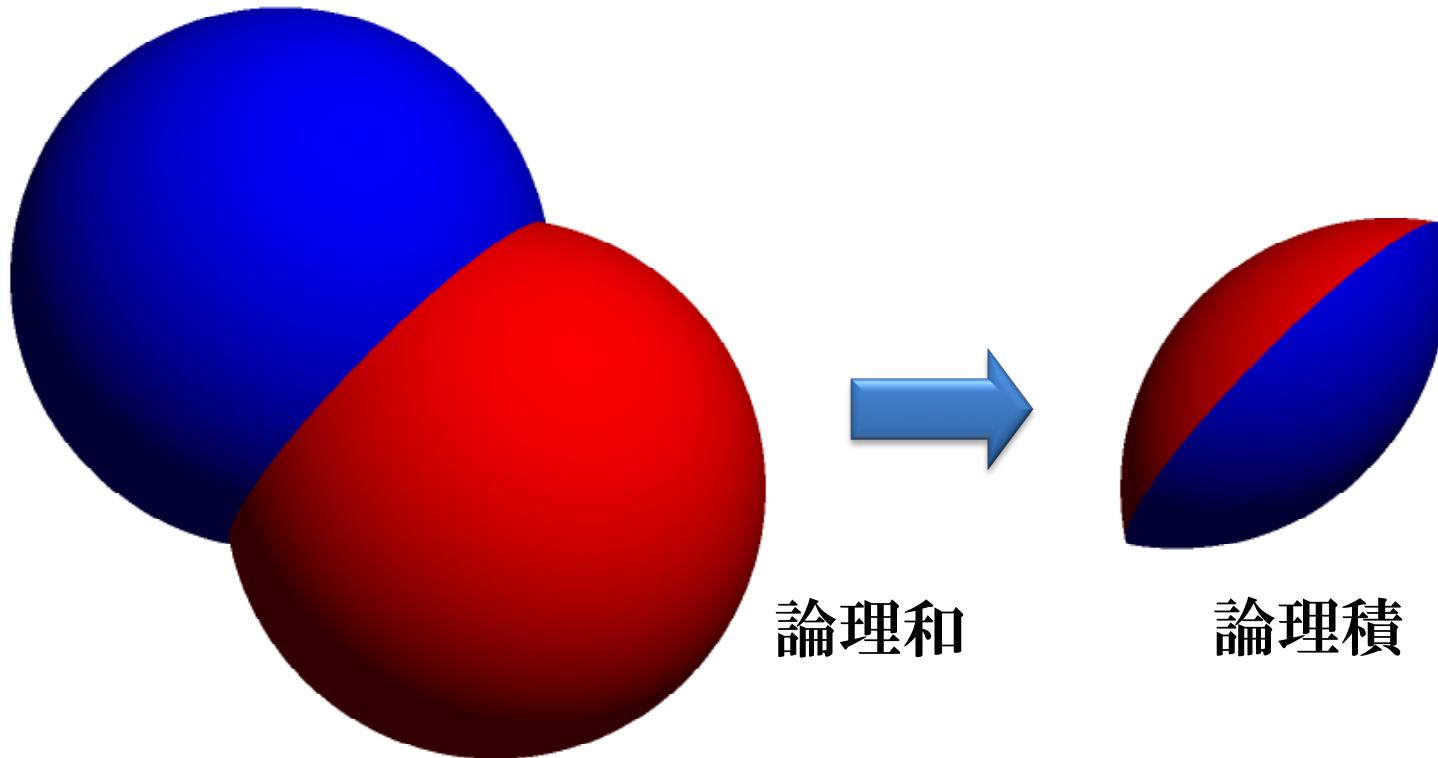


丸め変形操作



集合演算処理 (Boolean)

- 二つの球の共通部分だけを表示するには



論理和

論理積

CSG (Constructive Solid Geometry)

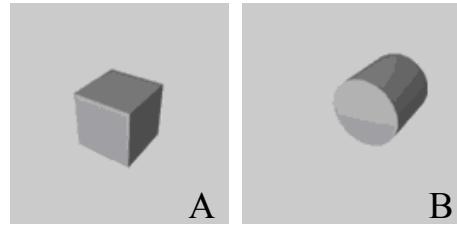
プリミティブの情報

種類
位置・回転
大きさ

+

ブール結合関係

集合演算

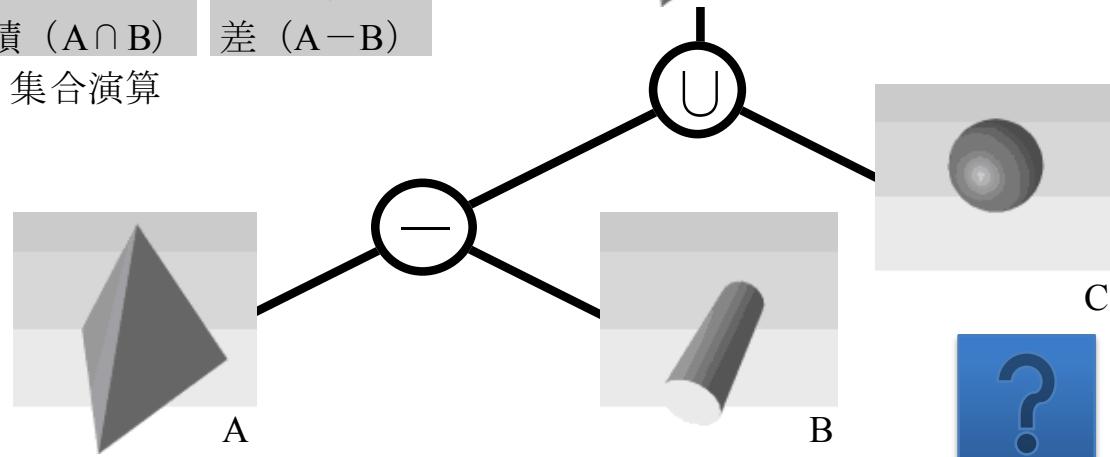
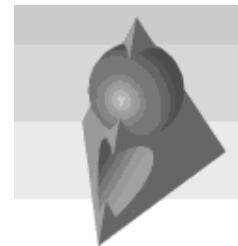


プリミティブ

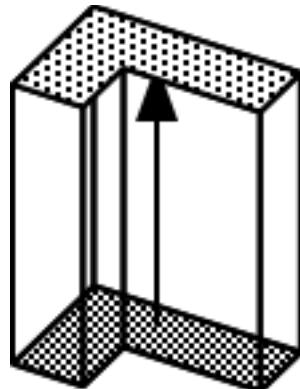


集合演算

木構造を用いた
結合関係の記述



スイープ



平行移動

平面図形



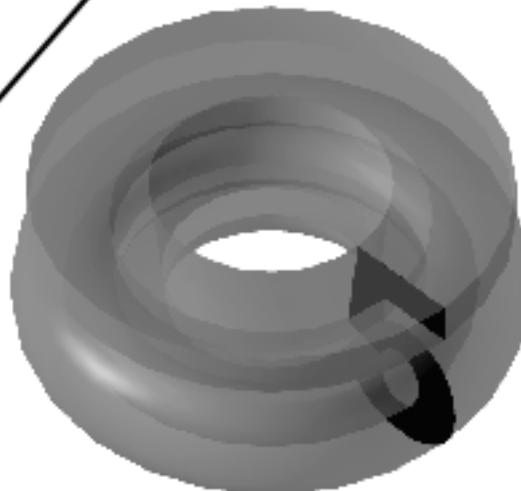
螺旋+拡大縮小

平行移動

回転



回転

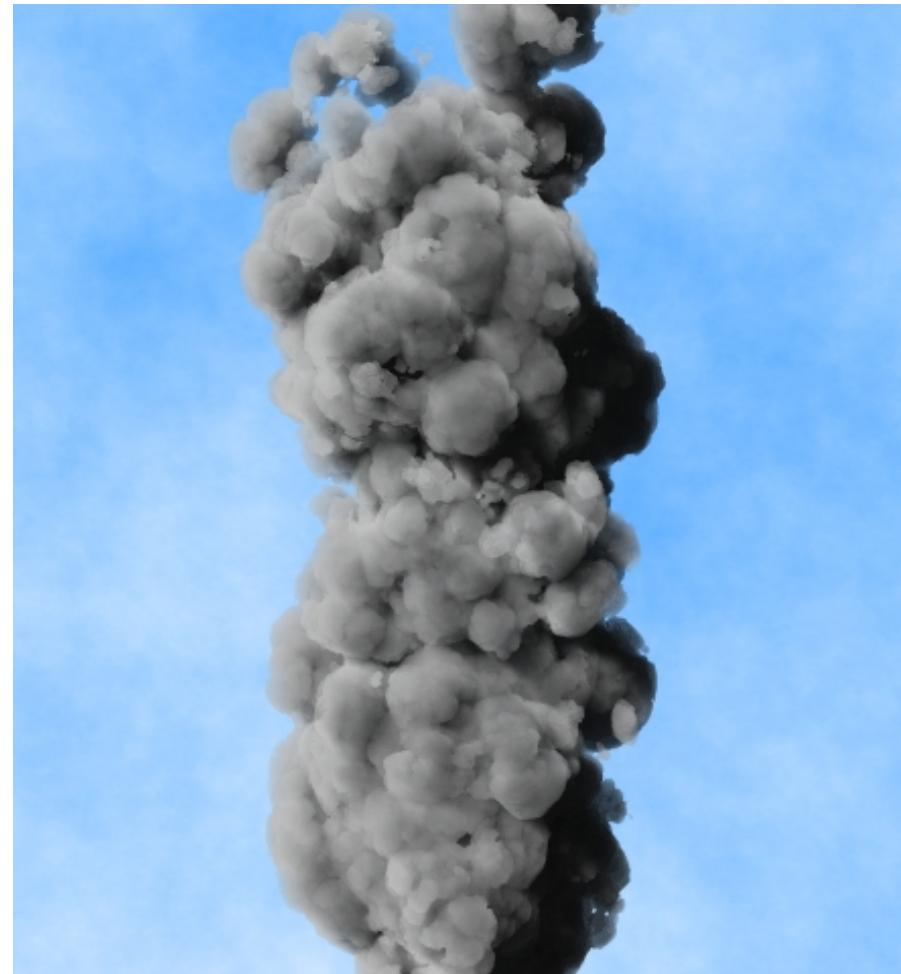


粒子の集まりによる表現

● パーティクル

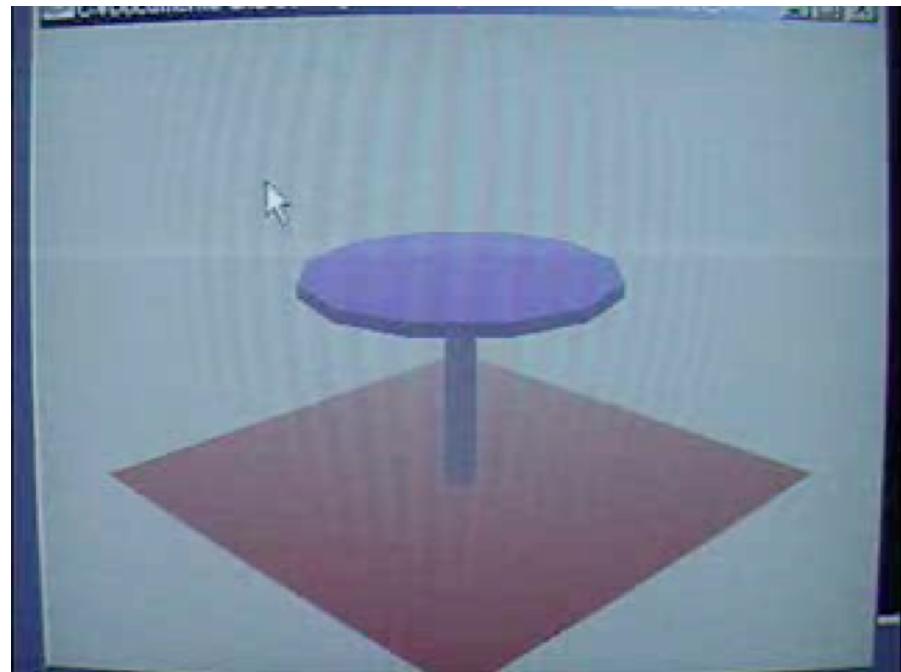
■ 微粒子の集合体

- ・ 煙, 雲, 雪など明確な形を持つたないもの
- ・ 木の葉のように一つ一つは形を持っているが, 数が多く集合体として形を表しているもの

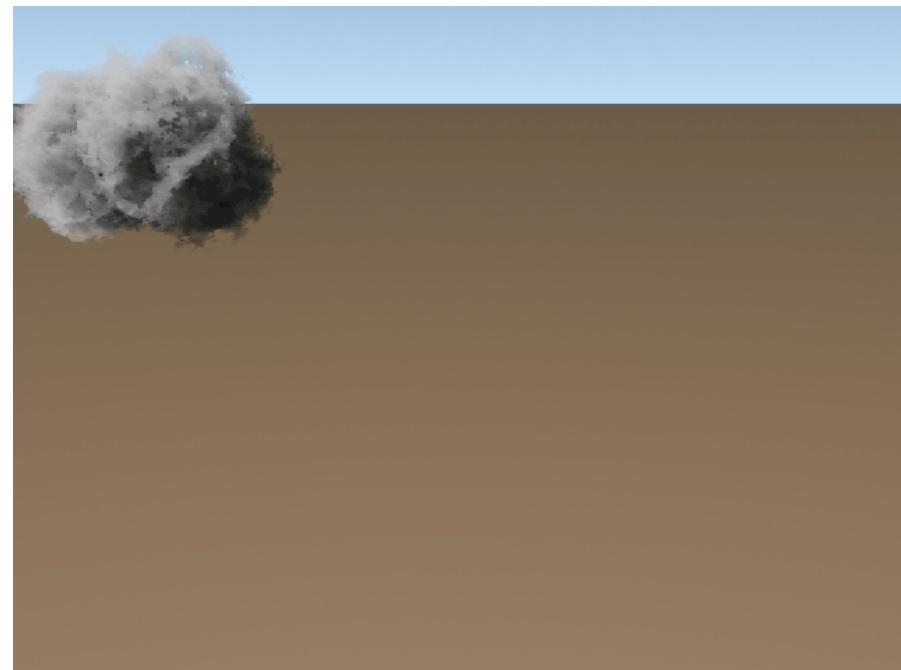
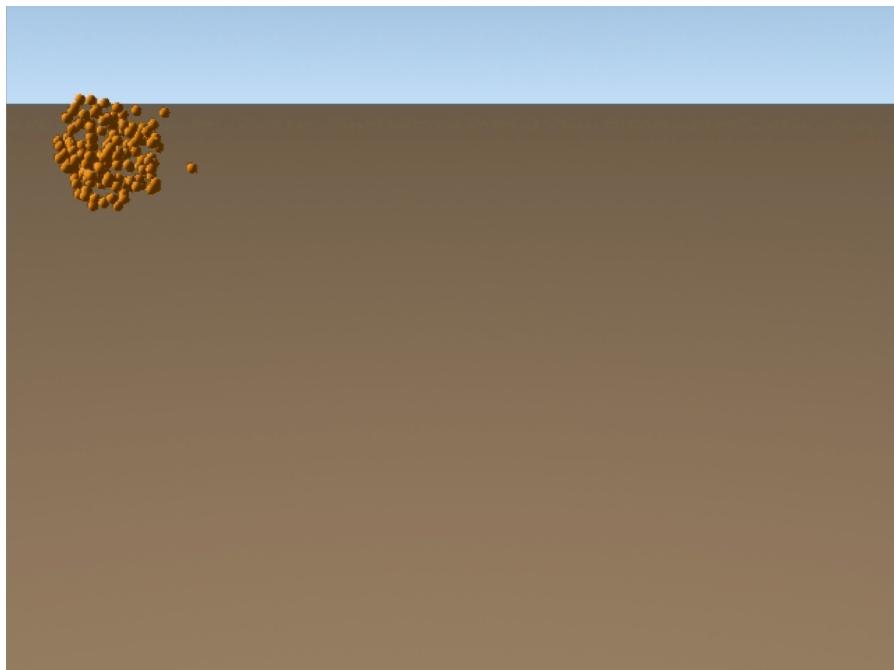


積雪形状のリアルタイムモデリング

- 複雑なシーン上に積もる雪の形状の時間変化の表現
 - 積雪景観の表現



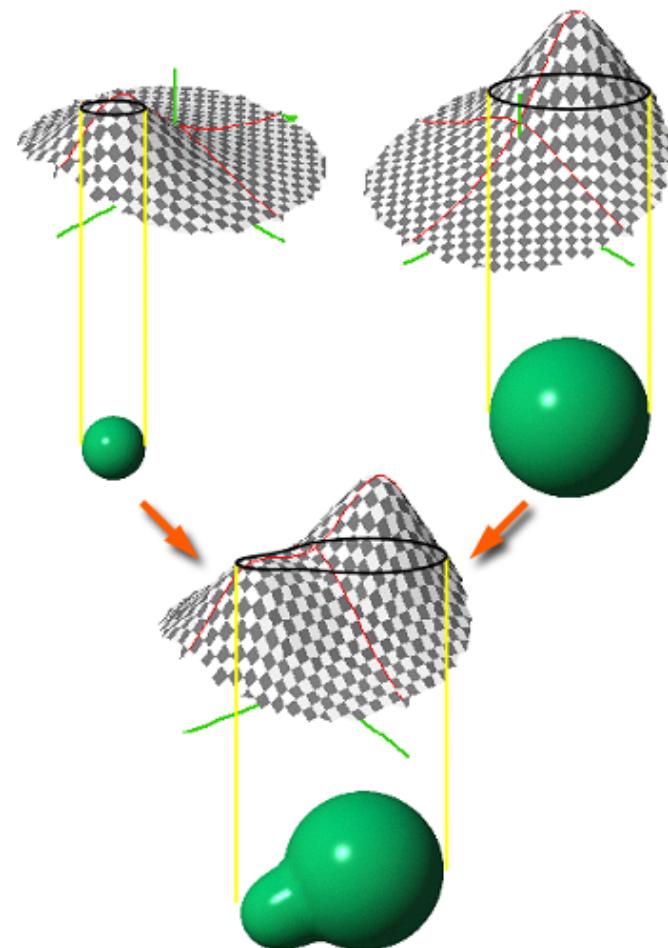
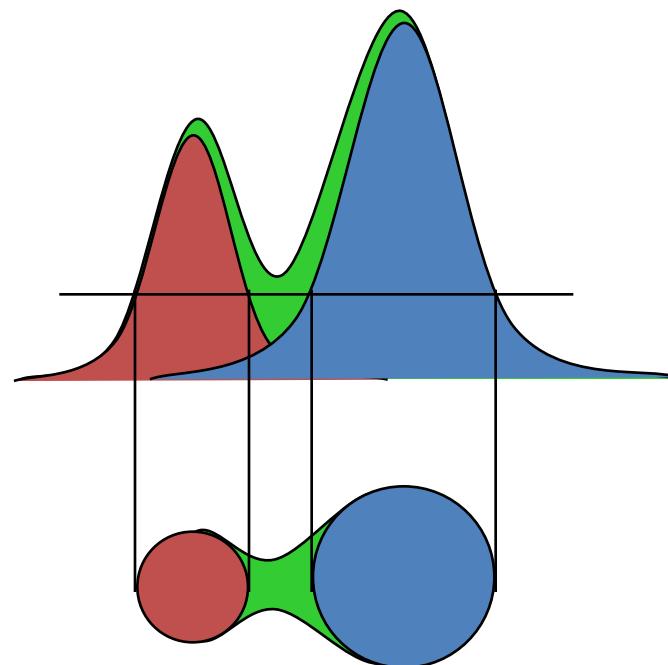
パーティクルとノイズ



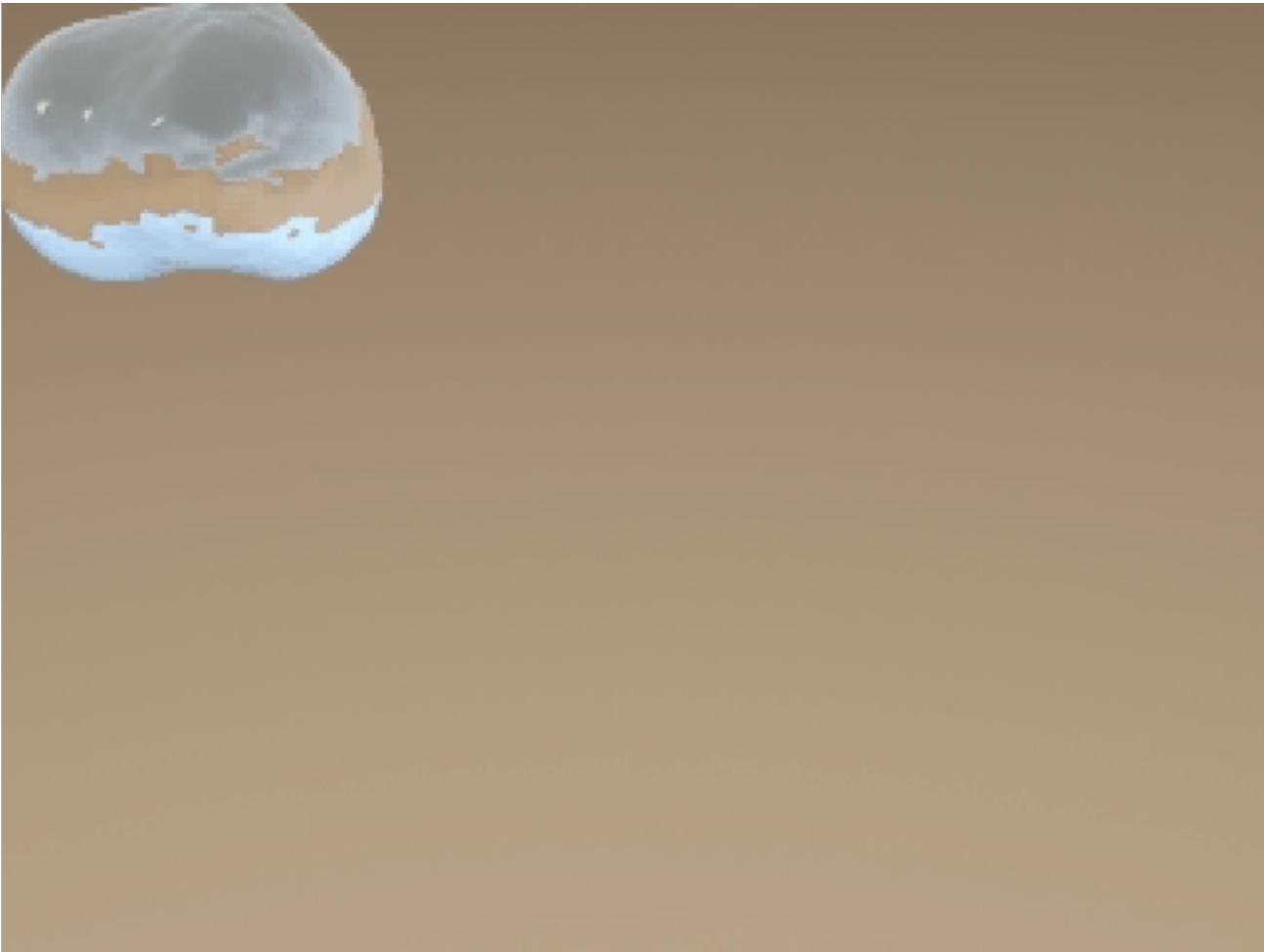
濃度による表現

● メタボール

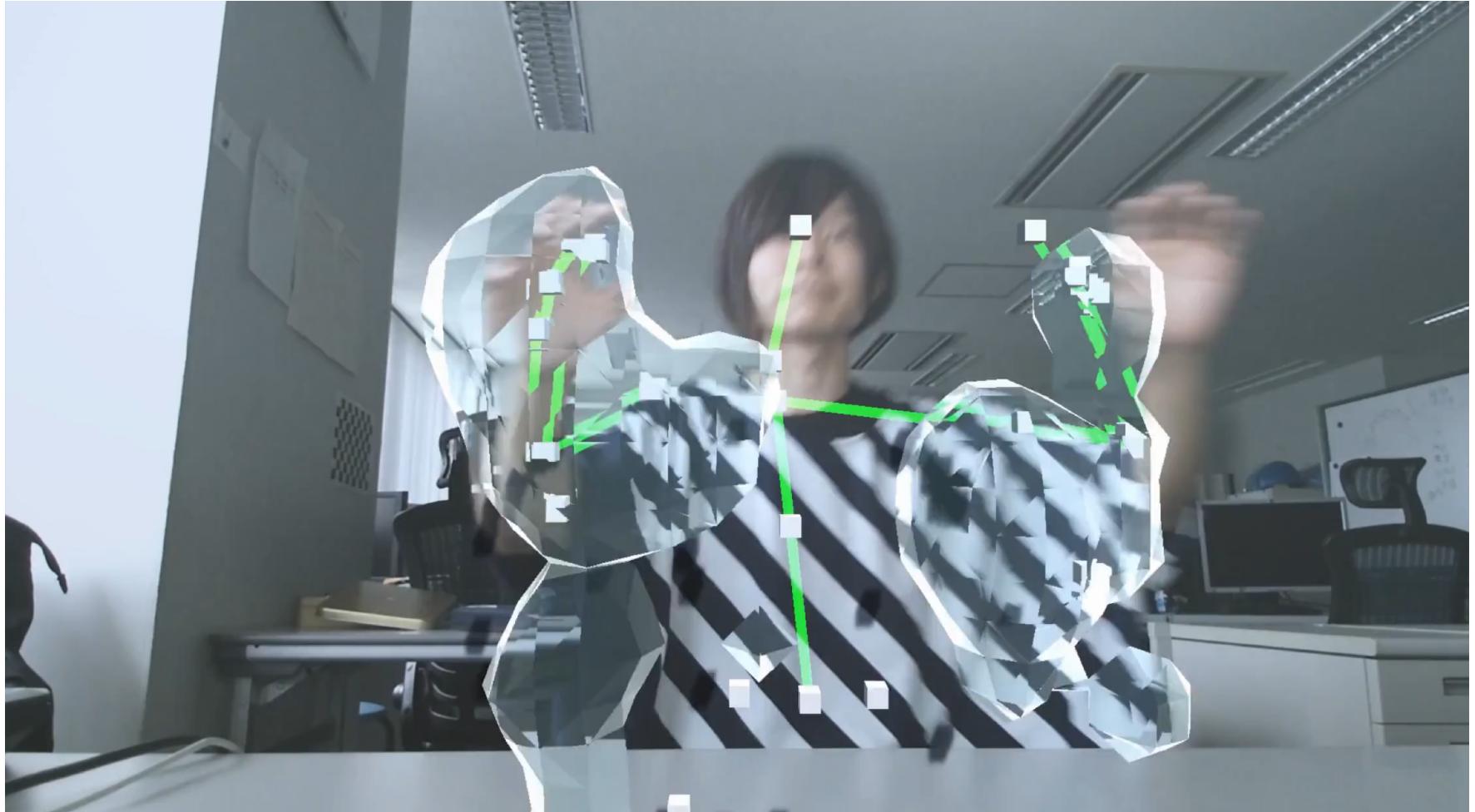
- 等値面(等濃度面)を用いて形状を表す



パーティクルとメタボール



「水芸」(って言われた)



おわり