

---

# Alias/Wavefront Material ファイル におけるマテリアルの例

---

2008/10/22

金子

# マテリアルとテクスチャ

## ■ マテリアル (Material) ← 今回の資料の範囲

### 【直感的定義】

物体の色, 鏡面反射, 表面のざらつき, 透明感などを表現するもの.

- ・ 物体表面の反射, 屈折
  - ・ 物体内部における光の吸収, 散乱
- } シェーディングモデル  
(光の反射, 屈折, 散乱を定めるモデル)

現実を完璧に再現することは不可能 ⇒ シェーディングモデルは用途・  
応用に依存 ⇒ マテリアルは「標準化」はできない

## ■ テクスチャ (Texture)

とはいえ, 何らかの「性質」があり, その認識が  
データベース化において必要

### 【直感的定義】

木, 石 … など, 物体表面と内部の特性に関するもの.

- ・ 画像ファイルのマッピング, 各種のテクスチャモデルなど.

標準化というよりは, 個々の作品ごとに手作りされ, ライブラリ化される  
傾向にある(ように感じる)

※ いずれも, 現実の忠実な再現は不可能. 近似表現にとどまる. (超現実もありえる. 例えば, 入射光より反射光の方が多いとか, 「アニメのセル画」風の反射を行うなど)

---

# Wavefront Material 形式のファイルフォーマットのステートメントに関係のあるBlenderのボタン等の一覧

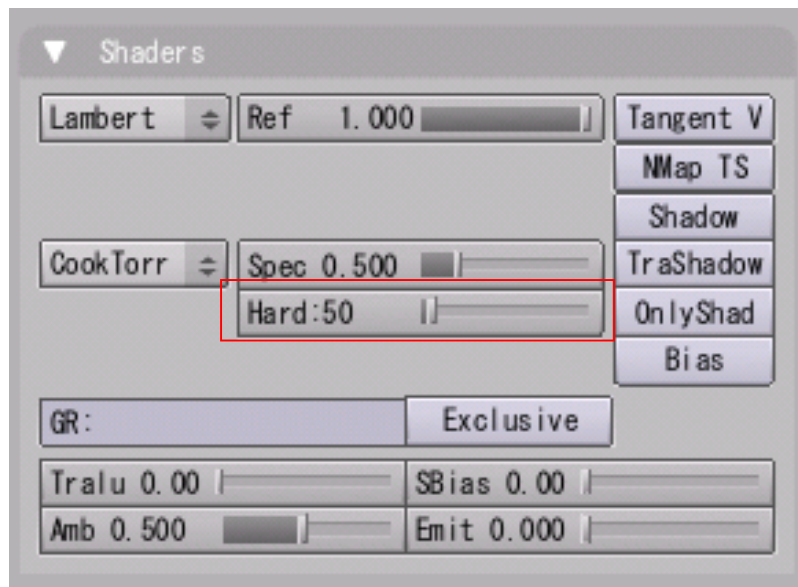
---

# Blender の主要機能

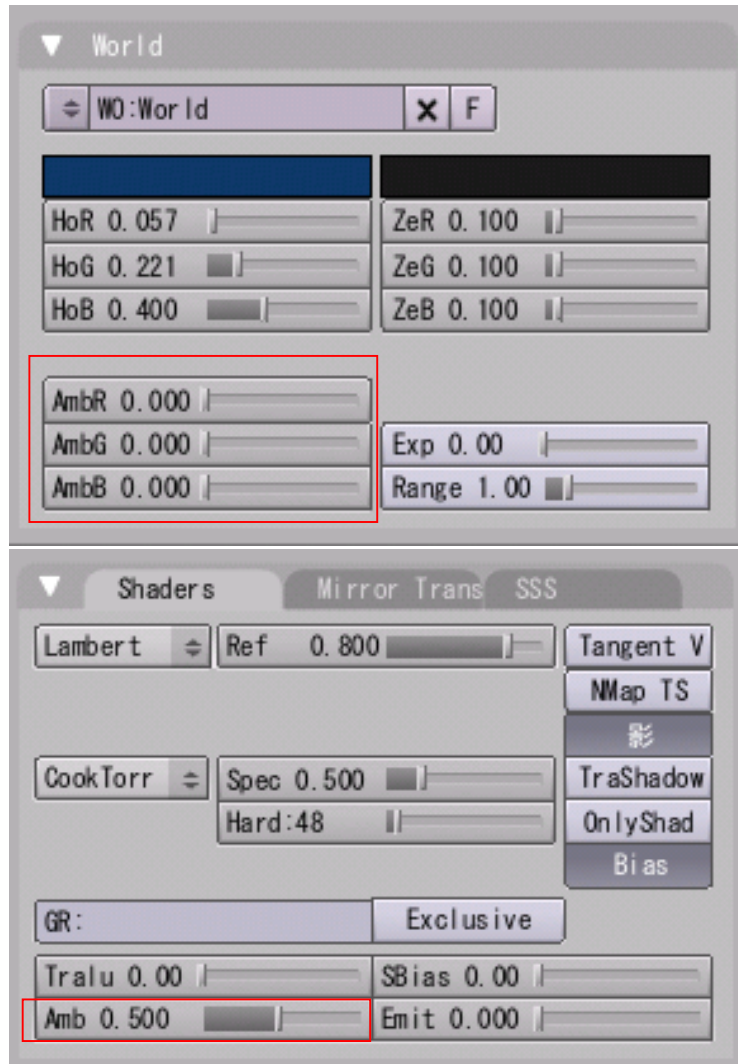
- マテリアル
- シェーダー

# 反射率 (Ns) について

- 反射率調整バー hardness bar (Hard) で操作
- 反射率調整バーの範囲は1~511

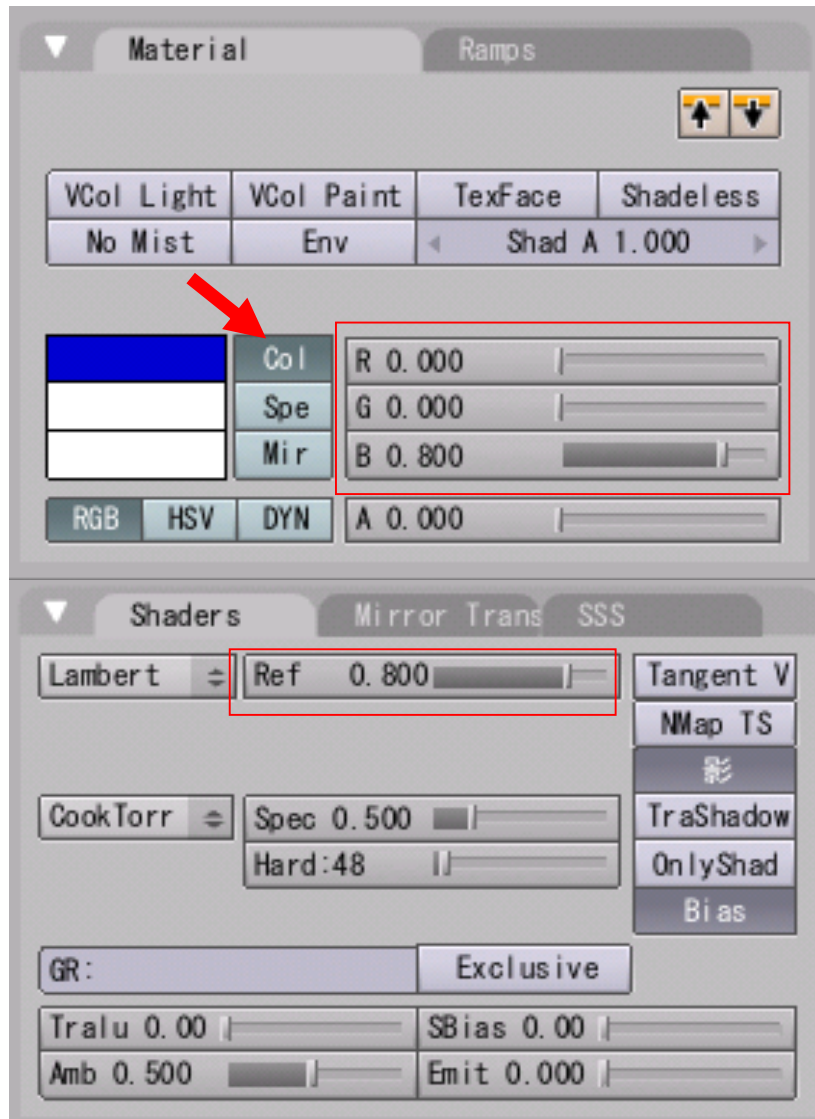


# 環境光 (Ka) について



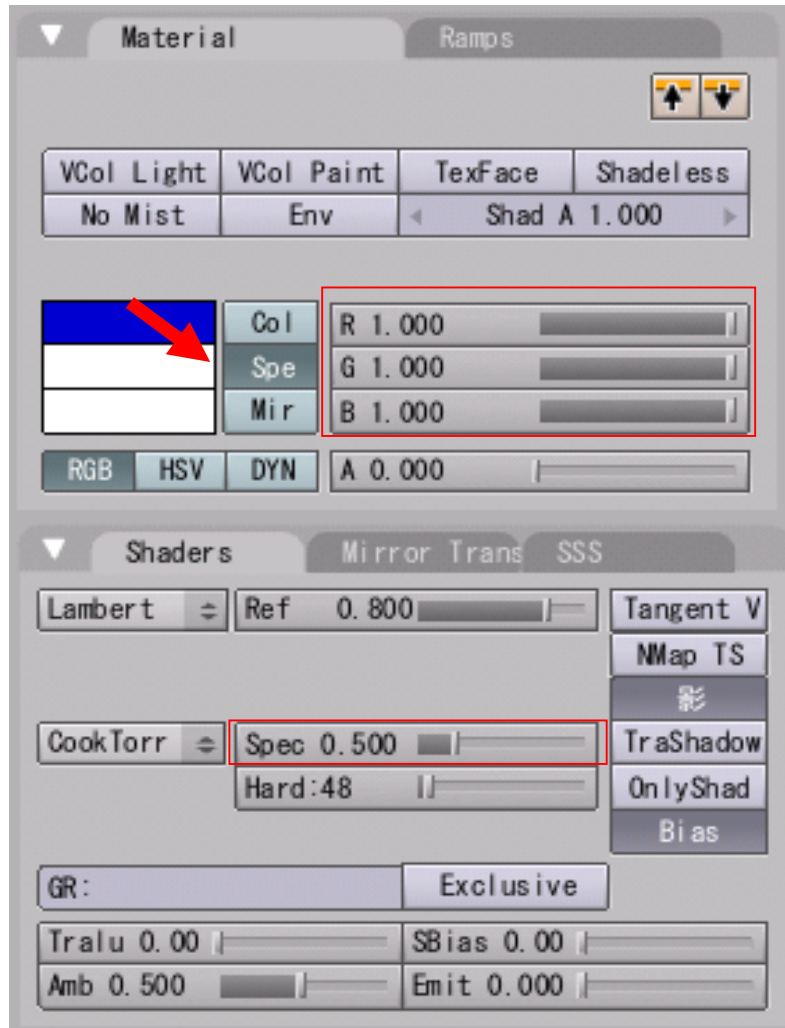
- 赤色環境光 ambient red bar (AmbR)、青色環境光 ambient blue bar (AmbB)、緑色環境光 ambient green bar (AmbG) 調整バーで操作。さらに環境光量 ambient light bar (Amb) 調整バーで全体の色を操作できる。
- 環境光量の初期値は0.500

# 拡散光 (Kd) について



- 拡散光ボタン diffuse color button (Col)が選択された状態で、赤色拡散光調整バー diffuse red bar (R)、青色拡散光調整バー diffuse blue bar (B)、緑色拡散光調整バー diffuse green bar (G)で操作。  
さらに拡散光量 diffuse light bar (Ref)調整バーも操作することで全体の色の調整ができる
- 拡散光量調整バーの初期値は0.800
- 赤色調整バー、青色調整バー、緑色調整バー、拡散光調整バーそれぞれ範囲は0~1

# 反射光(K<sub>s</sub>)について



- 反射光ボタンspecular color button (Spe)が選択された状態で、赤色反射光調整バー-specular red bar (R)、青色反射光調整バー-specular blue bar (B)、緑色反射光調整バー-specular green bar (G)で操作。

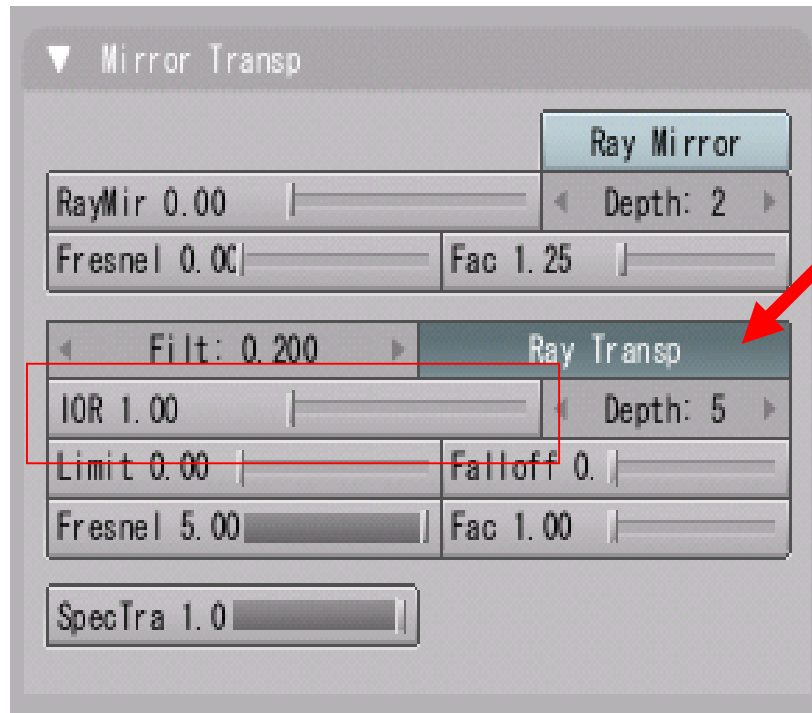
さらに反射光量specular light bar (Spec)調整バーで全体の反射光の鮮やかさを操作できる

- 反射光量調整バーの初期値は0.500
- 赤色調整バー、青色調整バー、緑色調整バー、それぞれ範囲は0~1
- 反射光量調整バーの範囲は0~2



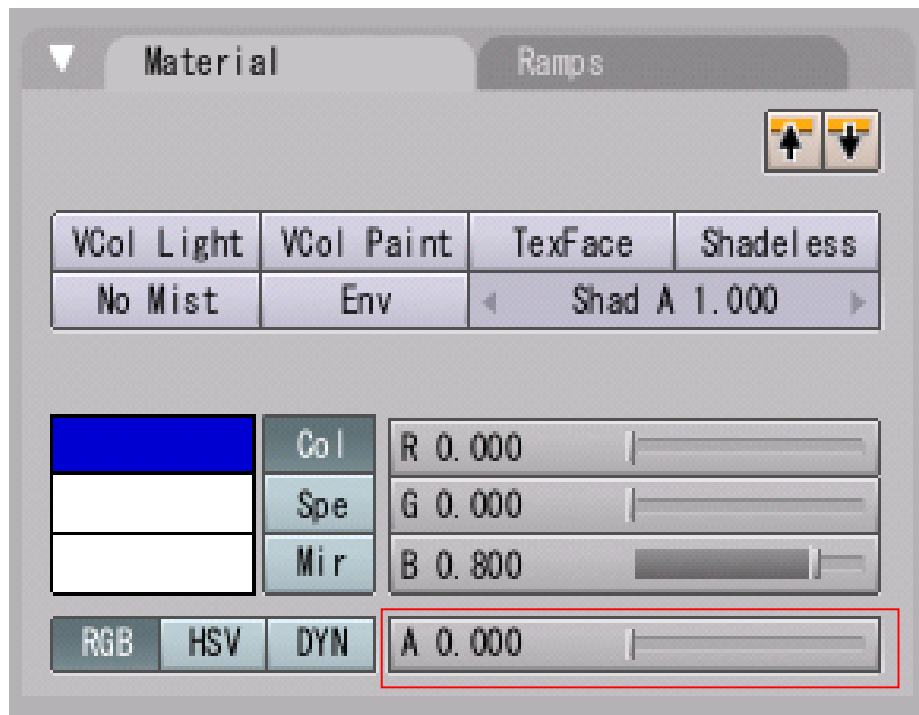
# 屈折率 (Ni) について

- 設定を反映するためには透過設定 ray transparency button (Ray Transp) ボタンを選択する
- 屈折率調整バー—index of refraction bar (IOR) で操作
- 屈折率調整バーの初期値は1.00
- 屈折率調整バーの範囲は1~3



# 溶解度(d)について

- 溶解度調整バー—dissolution bar (A)で操作
- 溶解度調整バーの範囲は0~1



## ■ エクスポート部分

■ release/scripts/export\_obj.py

■ if mat:

```
file.write('Ns %.6f\n' % ((mat.getHardness()-1) * 1.9607843137254901) ) # Hardness, convert blenders 1-511 to MTL's  
file.write('Ka %.6f %.6f %.6f\n' % tuple([c*mat.amb for c in worldAmb]) ) # Ambient, uses mirror colour,  
file.write('Kd %.6f %.6f %.6f\n' % tuple([c*mat.ref for c in mat.rgbCol]) ) # Diffuse  
file.write('Ks %.6f %.6f %.6f\n' % tuple([c*mat.spec for c in mat.specCol]) ) # Specular  
file.write('Ni %.6f\n' % mat.IOR) # Refraction index  
file.write('d %.6f\n' % mat.alpha) # Alpha (obj uses 'd' for dissolve)
```

■ # 0 to disable lighting, 1 for ambient & diffuse only (specular color set to black), 2 for full lighting.

■ if mat.getMode() & Blender.Material.Modes['SHADELESS']:

```
file.write('illum 0\n') # ignore lighting
```

■ elif mat.getSpec() == 0:

```
file.write('illum 1\n') # no specular.
```

■ else:

```
file.write('illum 2\n') # light normaly
```

## ■ インポート部分

■ release/scripts/import\_obj.py

■ if line\_lower.startswith('ka'):

```
context_material.setMirCol((float(line_split[1]), float(line_split[2]), float(line_split[3])))
```

■ elif line\_lower.startswith('kd'):

```
context_material.setRGBCol((float(line_split[1]), float(line_split[2]), float(line_split[3])))
```

■ elif line\_lower.startswith('ks'):

```
context_material.setSpecCol((float(line_split[1]), float(line_split[2]), float(line_split[3])))
```

■ elif line\_lower.startswith('ns'):

```
context_material.setHardness( int((float(line_split[1])*0.51) ) )
```

■ elif line\_lower.startswith('ni'): # Refraction index

```
context_material.setIOR( max(1, min(float(line_split[1]), 3)) ) # Between 1 and 3
```

■ elif line\_lower.startswith('d') or line\_lower.startswith('tr'):

```
context_material.setAlpha(float(line_split[1]))
```

■ ※ illum 値はインポートされない

# 調査内容

- Alias/Wavefront Material ファイルフォーマット
  - 3次元コンピュータグラフィックス分野でのマテリアルの事実上の標準
  - Ns, Ka, Kd, Ks, Ni 等のステートメントから構成される

## 【目的】

基本的なステートメントを調べ、理解し、必要性を確認

# Alias/Wavefront Material ファイルの例

# Blender3D MTL File:

# Material Count: 1

newmtl Material

Ns 96.078431

Ka 0.000000 0.000000 0.000000

Kd 0.800000 0.800000 0.800000

Ks 0.500000 0.500000 0.500000

Ni 1.000000 屈折率

d 1.000000 溶解度

illum 2 イルミネーションモデル番号

コメント

← マテリアル名の指定

反射率

屈折光

拡散光

反射光

ステートメント

と値

※ Ns, Ka などが  
ステートメント

## Alias/Wavefront Material ファイルの ステートメント一覧

ステートメント名	属性名		データタイプ	最小単位
Ns	反射指数	specular exponent	float	サーフェス ※ オブジェクトの「表面」はサーフェスの集まり(6面体ならサーフェスが6個)
Ka	環境光	ambient color	color	
Kd	拡散光	diffuse color	color	
Ks	反射光	specular color	color	
Ni	屈折率	index of refraction	float	
d	溶解度	dissolve	float	
illum	イルミネーションモデル番号	illumination model	integer	世界全体
Tf	透過フィルタ	transmission filter	float	物体
sharpness	Reflection map からの反射の鮮明さ	sharpness	float	物体

これで全て

color は、赤(R)、緑(G)、青(B)の3原色

・R, G, B それぞれ0~1の範囲の浮動小数値

# マテリアルの既定値

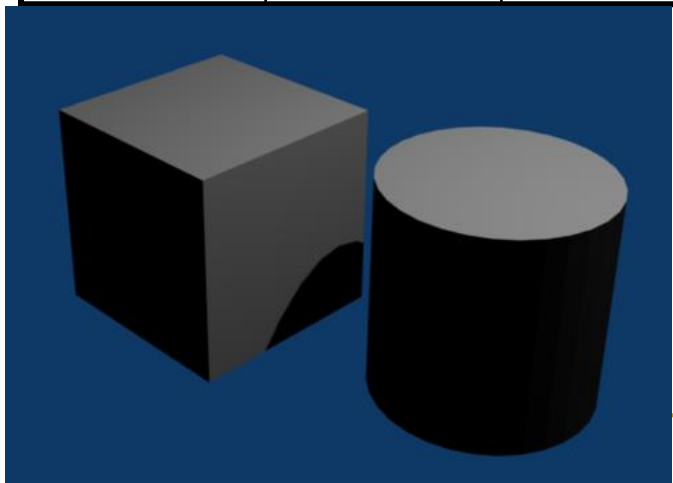
説明上、マテリアルの各属性の既定値を次のように定める。

属性名	ステートメント名	既定値	データタイプ
反射指数	Ns	98.078431	float
環境光	Ka	0.000000 0.000000 0.000000	color
拡散光	Kd	0.800000 0.800000 0.800000	color
反射光	Ks	0.500000 0.500000 0.500000	color
屈折率	Ni	1.000000	float
溶解度	d	1.000000	float

(参考  
【blender での操作手順】  
Blenderを起動

↓  
初期からあるオブジェクト  
に対してツールバーの  
file→export→Wavefront  
を選択

↓  
エクスポートされた  
Materialファイルをソース  
コードのデフォルトの値  
とする



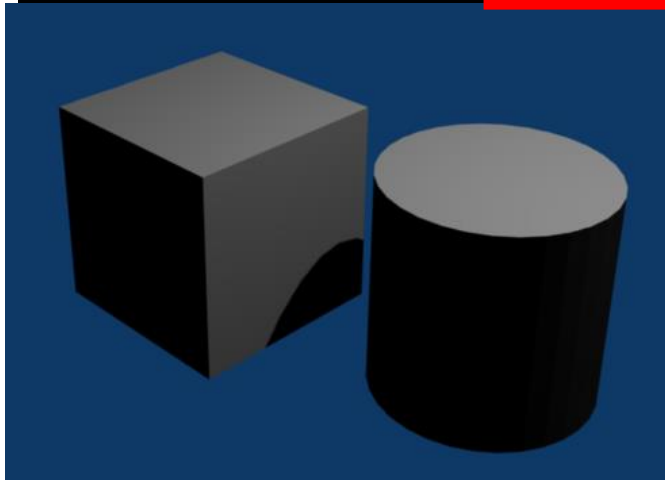
← マテリアルの既定値  
での描画結果

# マテリアルの既定値

説明上、マテリアルの各属性の既定値を次のように定める。

→ 既定値から変化させて、見栄えの変化を見る

属性名	ステートメント名	既定値	データタイプ
反射指数	Ns	98.078431	float
環境光	Ka	0.000000 0.000000 0.000000	color
拡散光	Kd	0.800000 0.800000 0.800000	color
反射光	Ks	0.500000 0.500000 0.500000	color
屈折率	Ni	1.000000	float
溶解度	d	1.000000	float



## 【この資料の内容】

これらの値を変えると、  
見栄えがどう変化するか？



# 光源の種類

## ■ 環境光源

- 任意の方向から物体にくる光が、**一定の強さであると仮定するもの**（例）青空, 曇天

## ■ 特定光源

### □ 点光源

- 光源が点の形をしていると仮定するもの（例）電灯

### □ 線光源

- 光源が線分の形をしていると仮定するもの（例）蛍光灯

### □ 並行光源

- 無限の遠方から来る光（太陽光線）

# 環境光 (ambient color)(Ka)

属性名	ステートメント名	既定値	データタイプ
反射指数	Ns	98.078431	float
環境光	Ka	0.000000 0.000000 0.000000	color
拡散光	Kd	0.800000 0.800000 0.800000	color
反射光	Ks	0.500000 0.500000 0.500000	color
屈折率	Ni	1.000000	float
溶解度	d	1.000000	float

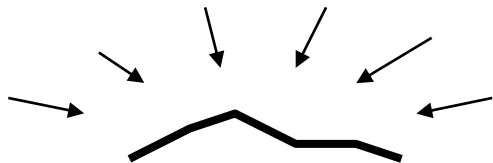
Ka = (0.5, 0, 0)  
Ka = (0, 0.5, 0)  
Ka = (0, 0, 0.5)  
Ka = (0.5, 0.5, 0)  
Ka = (0, 0.5, 0.5)  
Ka = (0.5, 0, 0.5)

## ■ サーフエス単位の特性

## ■ 物体表面における環境光源の反射

### 【環境光源】

任意の方向から物体にくる光  
(青空, 曇天) を一定の強さの光で近似



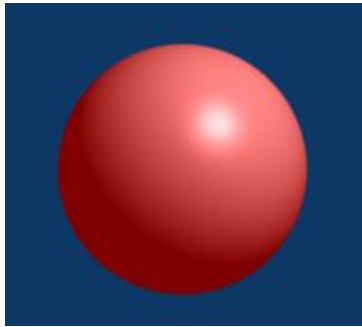
値を変えると,  
見えがどう変化するか?

→ これを, あらゆる方向へ反射

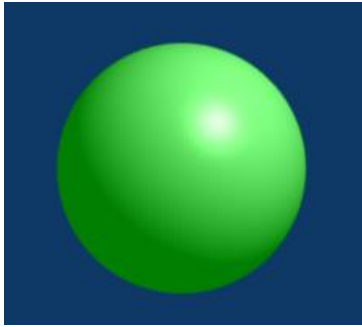
※ 環境光に関する制約  
面ごとに環境光の値を変えることは  
できるが, 全ての面について R,G,B  
の比は同一でなければならない

# 環境光の例

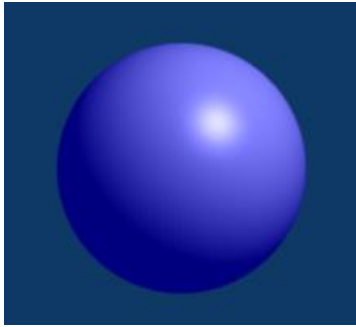
並行光源からの  
鏡面反射



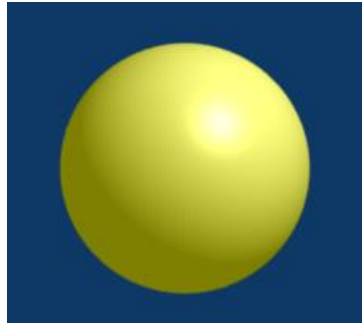
$Ka = (0.5, 0, 0)$



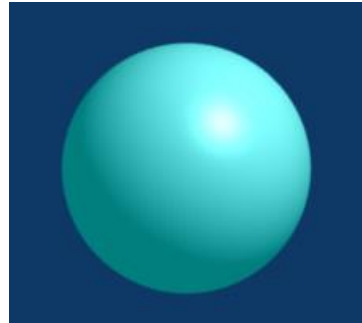
$Ka = (0, 0.5, 0)$



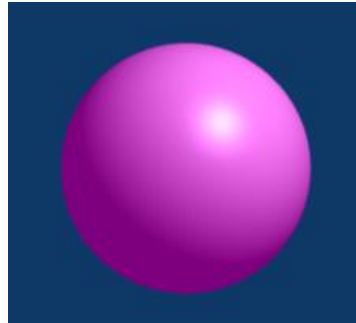
$Ka = (0, 0, 0.5)$



$Ka = (0.5, 0.5, 0)$

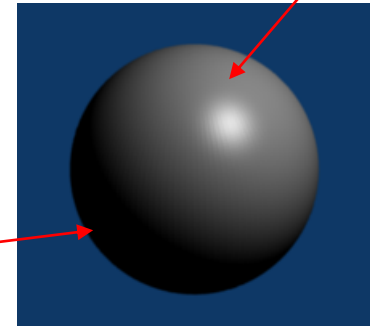


$Ka = (0, 0.5, 0.5)$



$Ka = (0.5, 0, 0.5)$

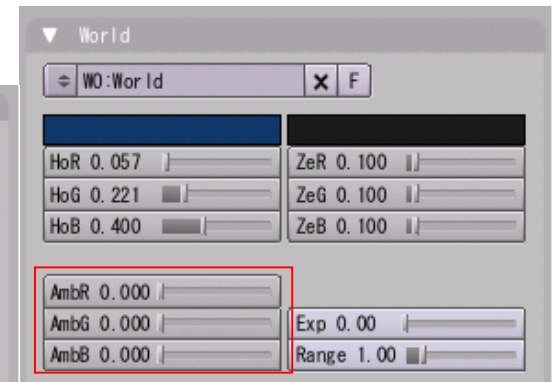
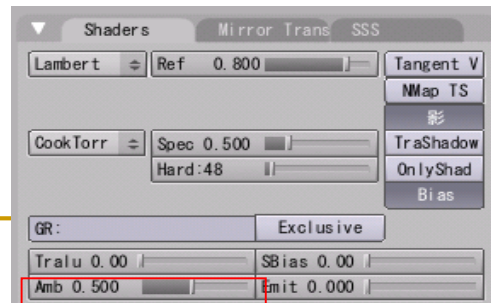
影は  
真っ黒



$Ka = (0, 0, 0)$

## 【Blender での設定法】

- ① Amb は 0.5 のまま
- ② Modifier → Add Modifier → SubSurf
- ③ 世界全体での設定: World (F8キー)  
AmbR, AmbG, AmbB を設定  
 $Ka = (Amb \times AbmR, Amb \times AbmG, Amb \times AmbB)$  に設定される



# 拡散光 (diffuse color)(Kd)

属性名	ステートメント名	既定値	データタイプ
反射指数	Ns	98.078431	float
環境光	Ka	0.000000 0.000000 0.000000	color
拡散光	Kd	0.800000 0.800000 0.800000	color
反射光	Ks	0.500000 0.500000 0.500000	color
屈折率	Ni	1.000000	float
溶解度	d	1.000000	float

Kd = (0.8, 0, 0)

Kd = (0, 0.8, 0)

Kd = (0, 0, 0.8)

Kd = (0.8, 0.8, 0)

Kd = (0, 0.8, 0.8)

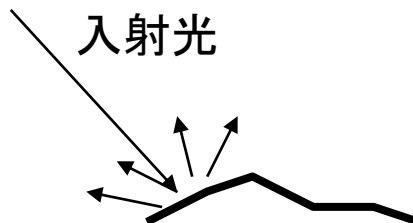
Kd = (0.8, 0, 0.8)

値を変えると、

見栄えがどう変化するか？

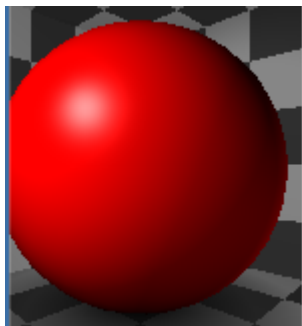
## ■ サーフェス単位の特性

- 物体表面における**特定光源**(点光源, 線光源, 並行光源など)の乱反射

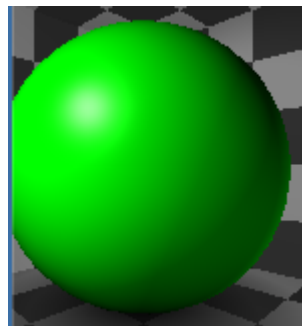


あらゆる方向へ一定の強度で乱反射  
(反射では色を考慮)

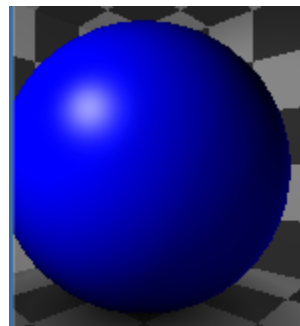
# 拡散光の例



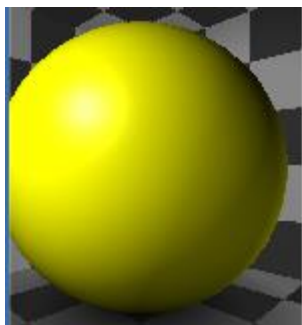
$K_d = (0.8, 0, 0)$



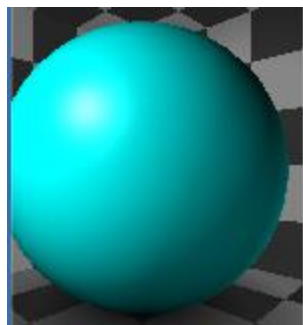
$K_d = (0, 0.8, 0)$



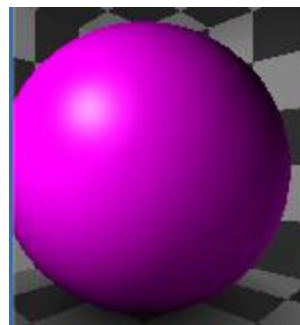
$K_d = (0, 0, 0.8)$



$K_d = (0.8, 0.8, 0)$



$K_d = (0, 0.8, 0.8)$



$K_d = (0.8, 0, 0.8)$

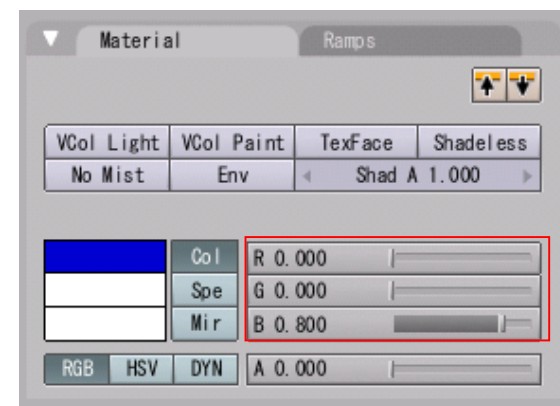
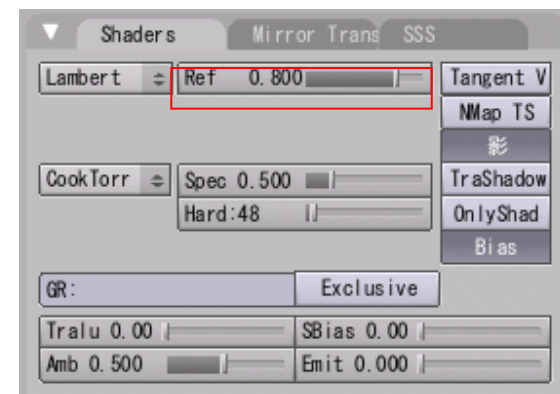
## 【Blender での設定法】

① Ref は 0.8 のまま

② サーフェス単位での設定:

Col を選択後, R, G, B を設定

$K_d = (Ref \times R, Ref \times G, Ref \times B)$  に設定される



# 反射光 (specular color)(Ks)

属性名	ステートメント名	既定値	データタイプ
反射指数	Ns	98.078431	float
環境光	Ka	0.000000 0.000000 0.000000	color
拡散光	Kd	0.300000 0.300000 0.300000	color
反射光	Ks	0.500000 0.500000 0.500000	color
屈折率	Ni	1.000000	float
溶解度	d	1.000000	float

鏡面反射を見やすくするために

Kd の値も変更

$Ks = (0.5, 0, 0)$

$Ks = (0, 0.5, 0)$

$Ks = (0, 0, 0.5)$

$Ks = (0.5, 0.5, 0)$

$Ks = (0, 0.5, 0.5)$

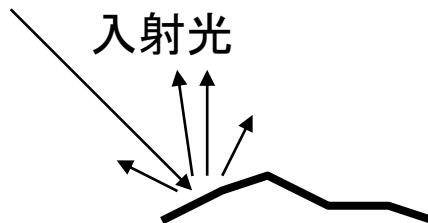
$Ks = (0.5, 0, 0.5)$

値を変えると、

見えがどう変化するか？

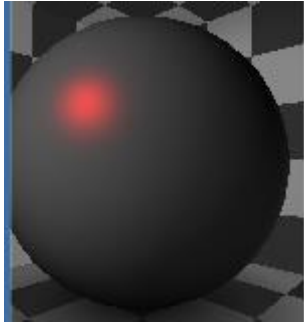
## ■ サーフェス単位の特性

- 物体表面における**特定光源**(点光源, 線光源, 並行光源など)の鏡面反射

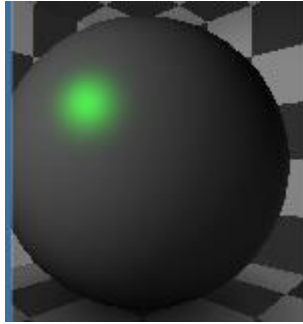


対象にある光が当てられたとき、  
表面で鏡面反射する色(光沢)を設定

# 反射光の例



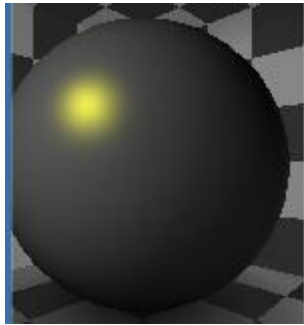
$K_s = (0.5, 0, 0)$



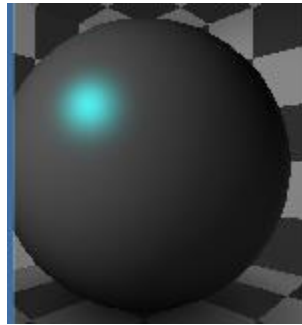
$K_s = (0, 0.5, 0)$



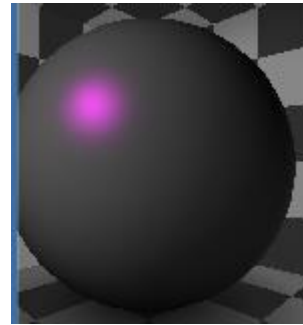
$K_s = (0, 0, 0.5)$



$K_s = (0.5, 0.5, 0)$



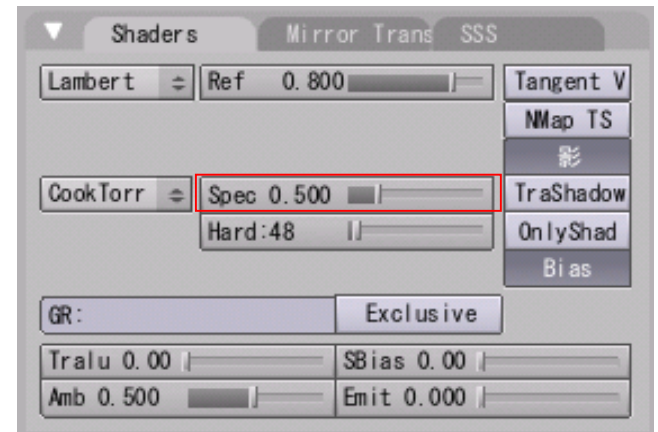
$K_s = (0, 0.5, 0.5)$



$K_s = (0.5, 0, 0.5)$

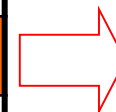
## 【Blender での設定法】

- ① Spec 値は 0.5 のまま
- ② サーフェス単位での設定:  
Spe を選択後, R, G, B を設定  
 $K_s = (\text{Spec} \times R, \text{Spec} \times G, \text{Spec} \times B)$   
に設定される



# 反射指数 (specular exponent)(Ns)

属性名	ステートメント名	既定値	データタイプ
反射指数	Ns	98.078431	float
環境光	Ka	0.000000 0.000000 0.000000	color
拡散光	Kd	0.000000 0.000000 0.000000	color
反射光	Ks	0.500000 0.500000 0.500000	color
屈折率	Ni	1.000000	float
溶解度	d	1.000000	float



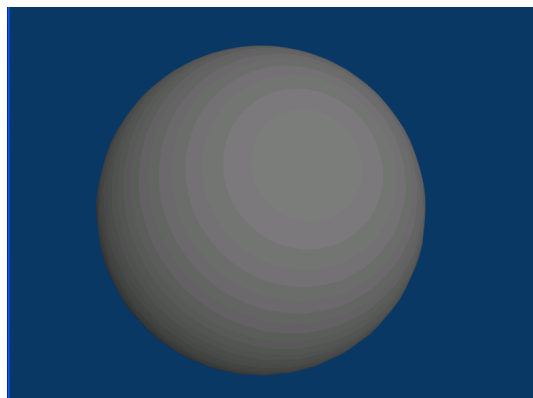
鏡面反射を見やすく  
するために  
Kd の値も変更

値を変えると、  
見栄えがどう変化するか？

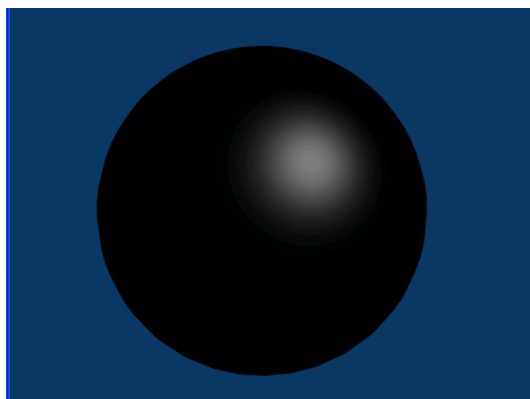
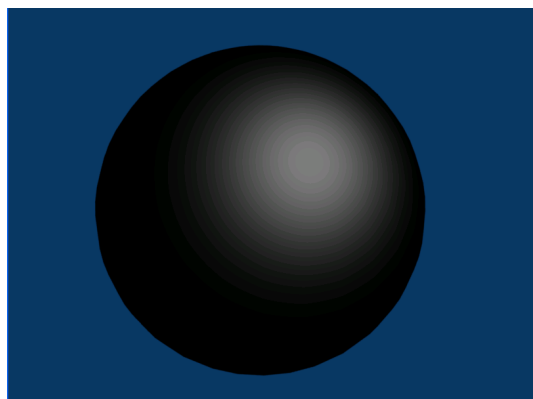
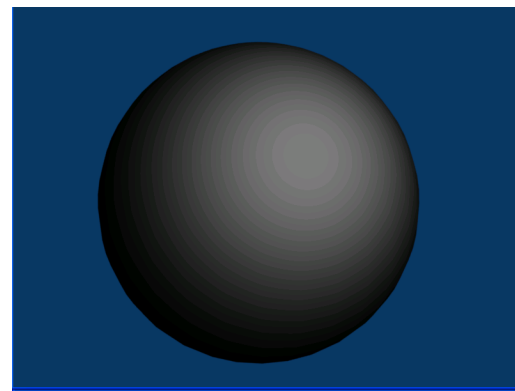
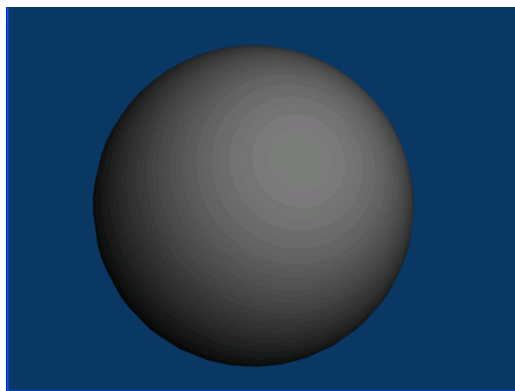
- サーフェス単位の特性
- 特定光源(点光源, 線光源, 並行光源など)の鏡面反射について, 反射の広がり方を定める指数
  - ・範囲は、普通 0~1000 (これに限定されない)
  - ・数値が高いと, 光沢が鋭くなる(鏡面に鮮明な像ができる)



# 反射指数の例



Ns = 0

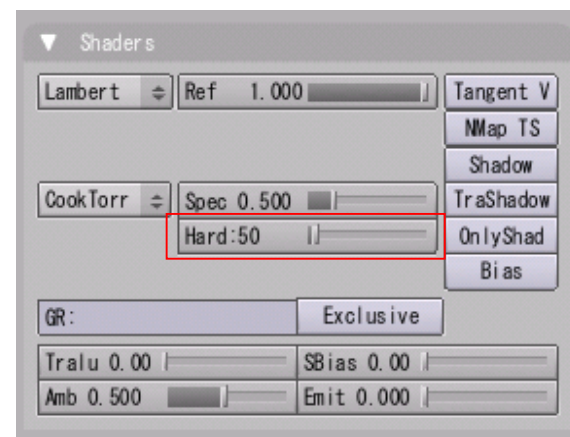


Ns = 511

## 【Blender での設定法】

① サーフェス単位での設定:  
Hard 値を変える。

$Ns = 1000 \times ((\text{Hard} - 1) / 510)$   
に設定される(未確認)



# 屈折率 (index of refraction)(Ni)

属性名	ステートメント名	既定値	データタイプ
反射指数	Ns	98.078431	float
環境光	Ka	0.000000 0.000000 0.000000	color
拡散光	Kd	0.800000 0.800000 0.800000	color
反射光	Ks	0.500000 0.500000 0.500000	color
屈折率	Ni	1.000000	float
溶解度	d	0.150000	float

⇒ Ni = 1  
Ni = 1.998528

見やすくするために  
半透明に設定

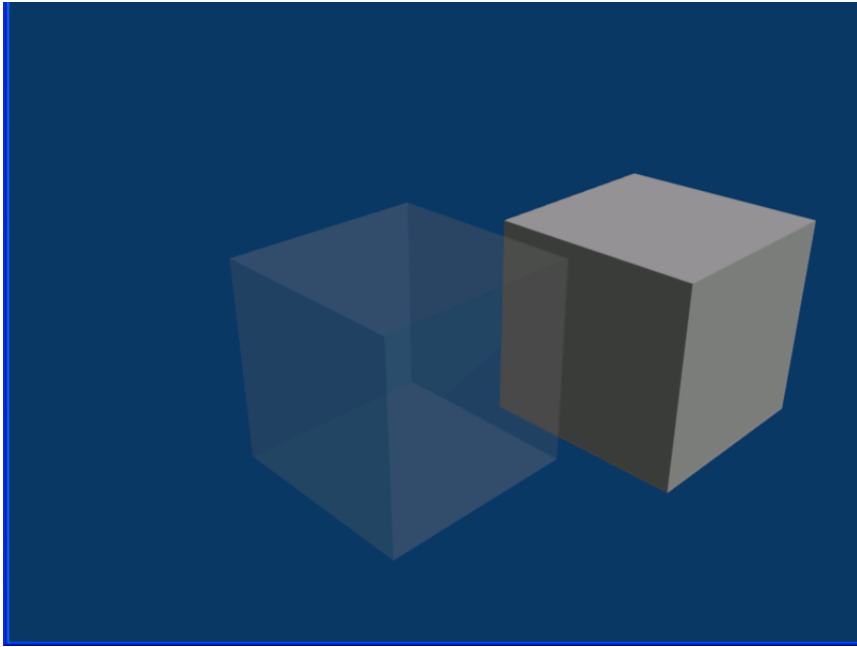
値を変えると、  
見栄えがどう変化するか？

## ■ サーフেস単位の特徴

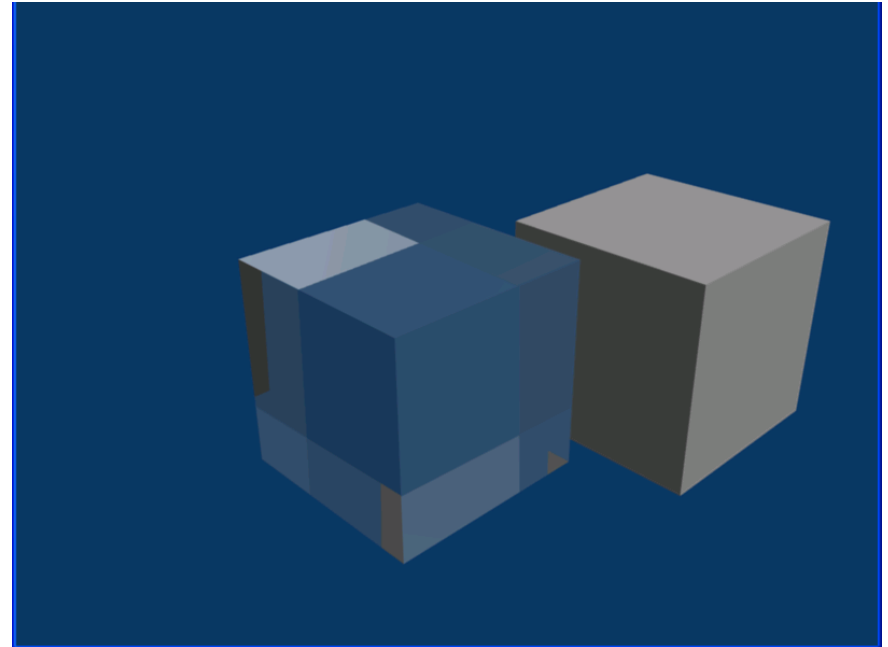
## ■ 物体表面における環境光源の屈折

- ・ 値の範囲は0.001～10 (例)ガラスは 1.5 付近の値
- ・ 1.0では屈折せずまっすぐに光が進む
- ・ 1.0より小さいと奇怪な進み方をする

# 屈折率の例



$n_i = 1$



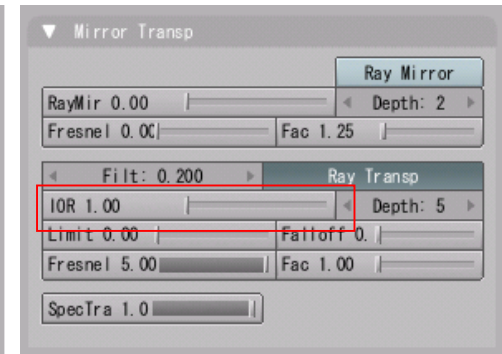
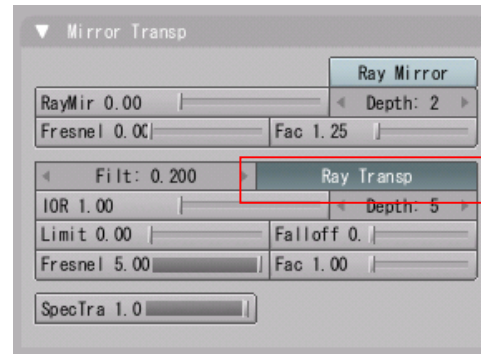
$n_i = 1.998528$

【Blender での設定法】

- ① Ray Transp を ON
- ② サーフエス単位での設定:  
IOR 値を変える.

$n_i = \text{IOR}$   
に設定される

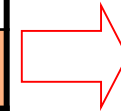
IOR は, Angular index of refraction  
for raytraced refraction の略



# 溶解度 (dissolve)(d)

属性名	ステートメント名	既定値	データタイプ
反射指数	Ns	98.078431	float
環境光	Ka	0.000000 0.000000 0.000000	color
拡散光	Kd	0.800000 0.800000 0.800000	color
反射光	Ks	0.500000 0.500000 0.500000	color
屈折率	Ni	1.000000	float
溶解度	d	1.000000	float

d = 1  
d = 0.8  
d = 0.6  
d = 0.4  
d = 0.2



## ■ サーフエス単位の特徴

## ■ 溶解 (dissolve) の度合い

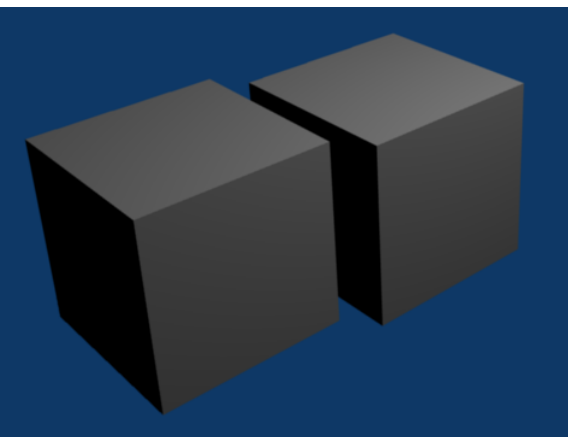
- 物体表面の光の通りやすさを設定  
不透明 ⇔ 半透明 ⇔ 透明

値を変えると、  
見え方がどう変化するか？

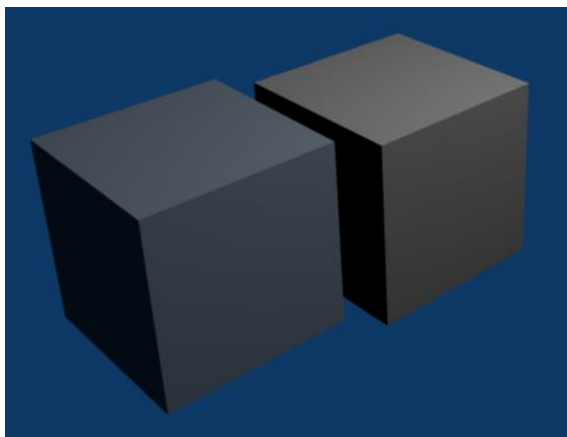
「溶解」の定義では、物体の厚み (thickness) は考慮されない。

- ・範囲は0.0~1.0
- ・1.0: 光をまったく通さない
- ・0.0: 光をそのままの強さで通す (透明)

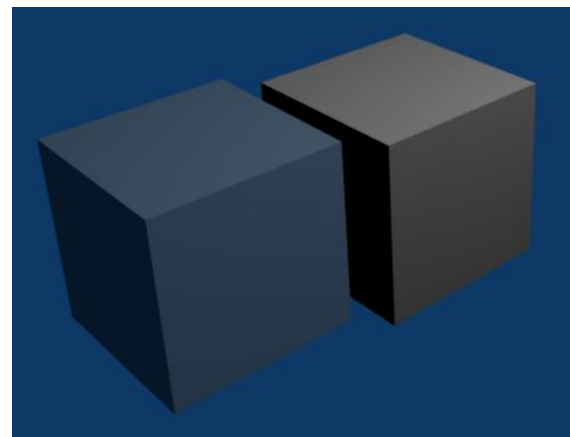
# 溶解度の例



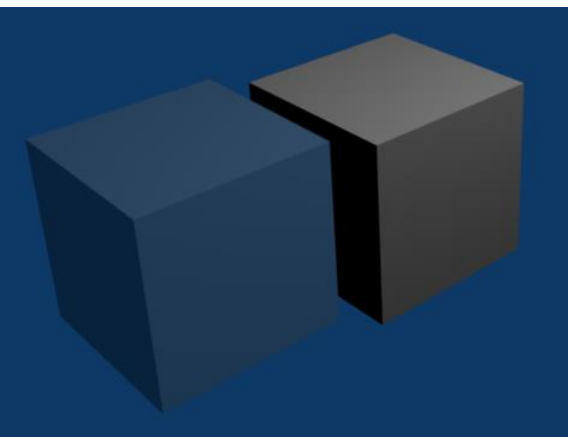
d = 1



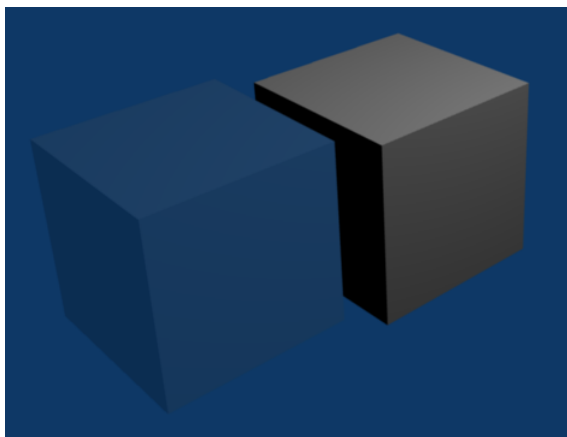
d = 0.8



d = 0.6

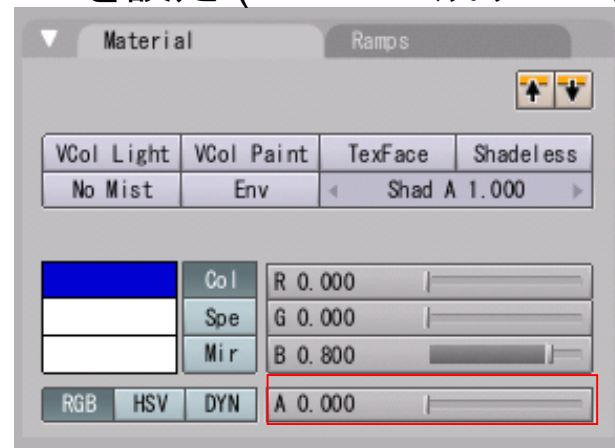


d = 0.4



d = 0.2

- 【Blender での設定法】
- ① サーフェス単位での設定:  
A を設定 (  $d = A$  が成り立つ )



## ここでの結論

- マテリアル (Material) は, 多数の種類 (Alias/Wavefont Material ファイル以外にも多数) があり, 全ての調査は無理／無意味 (我々の目的と合致しない)
- しかし, **マテリアル (Material) に共通する特質**は見える
  - マテリアルは, **サーフェスあるいは物体単位に定まる値**
  - **マテリアルは, 浮動小数値 あるいは 色.**
  - **浮動小数値の場合, 最大値と最小値がある.**