

컴퓨터 그래픽스

OpenGL 조명

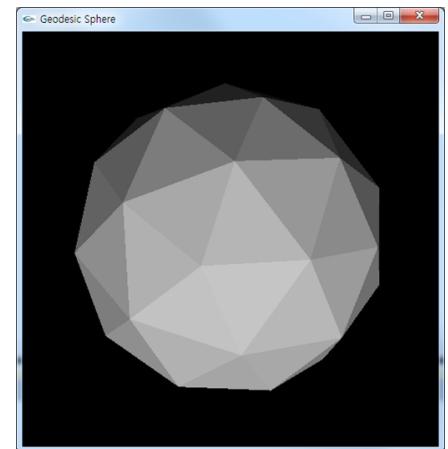
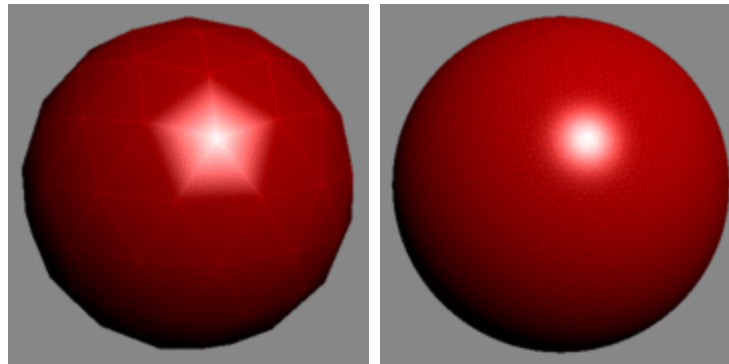
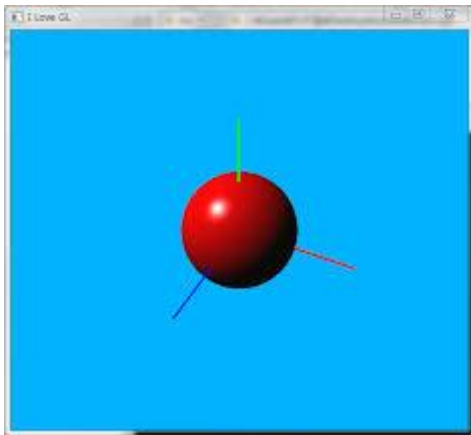
2018년 2학기

4. OpenGL 조명 내용

- 조명
 - 조명 모델
 - 조명 모델을 이용하여 광원 설정
 - 물체 면의 재질 설정

- OpenGL에서 빛:

- 빛의 3원색인 빨간색, 초록색, 파란색의 성분
 - 광원의 색은 광원에서 방출하는 R, G, B 성분의 양에 따라 결정
- 표면의 재질은 표면에 들어왔다가 다양한 방향으로 반사되는 빛의 RGB 성분의 비율로 결정
- 따라서, OpenGL의 조명은 **광원 (Lights)**과 **재질(Materials)**, 그리고 **면의 법선 벡터(Normal)**에 의해서 결정된다.



- OpenGL에서 지원하는 광원

- 주변 조명 (Ambient light)

- 빛은 모든 방향에서 고르게 비춘다.
 - 배경 조명

- 산란반사 조명 (Diffuse light)

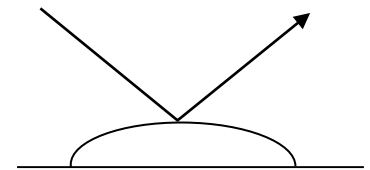
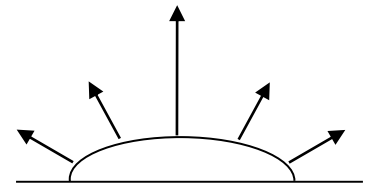
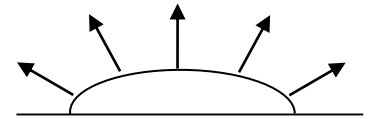
- 방향과 위치를 가짐으로 빛이 비치는 물체의 면이 밝아지는 조명
 - 일정한 방향으로 빛이 들어와서 물체의 표면에서 여러 방향으로 분산된다.
 - 빛을 받는 표면은 그렇지 않은 부분에 비해 밝게 보인다.

- 거울반사 조명 (Specular light)

- 특정한 방향으로 들어와서 한 방향으로 완전히 반사되는 빛
 - 하이라이트가 생긴다.

- 위의 3종류의 빛을 합쳐서 조명 모델을 결정한다.

- OpenGL에서 한 장면에 동시에 8개의 광원 사용 가능

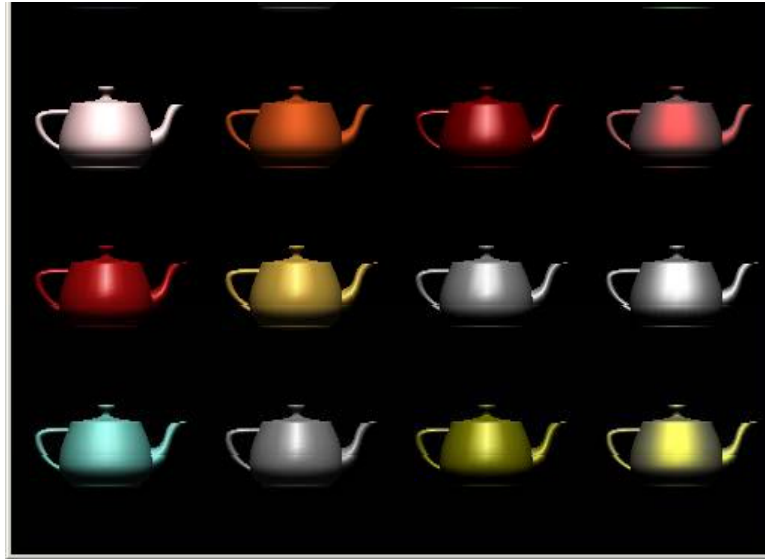


- **광원 설정**

- 광원의 속성은 **glLight ()** 함수에 의해 지정된다.
- 광원은 위치(position)와 색(color)를 갖는다.
- 광원의 강도는 색의 강도에 의해 결정된다.
- 광원의 위치는
 - **방향성 광원(directional light, infinite light):**
 - (x, y, z, w)로 나타내는 위치값 (position)의 마지막 값이 0
 - 광원이 평행광이 되어 모든 방향으로 무한대가 된다.
 - **위치성 광원(positional light, local light):**
 - (x, y, z, w)로 나타내는 위치값 (position)의 마지막 값이 0 이상인 경우
 - 광원이 (x/w, y/w, z/w)의 위치에 있다.
- **광원의 위치는 현재 변환에 영향을 받는다.**
 - 광원은 객체와 같이 변환 행렬에 의해 움직일 수 있다.
 - 카메라 및 객체의 변환 후에 지정하는 것이 좋다.

- **재질의 속성**

- 재질의 속성은 표면이 빛을 어떻게 반사하는지를 나타낸다.



- 조명이 활성화 되면, glColor는 무시되고 조명과 재질이 대신 사용된다.

- 조명과 음영 넣기
 - 조명 기능 활성화 (Enable lighting)
 - 조명모델 정의 (lighting model)
 - 광원 정의 (Specify lights)
 - 음영 모드 정의 (Shading mode)
 - 법선 벡터 정의 (surface normal)
 - 재질 특성 정의 (surface material)

- 조명 기능 활성화
 - 조명 기능을 활성화 해야 한다.
 - glEnable (GL_LIGHTING);
 - 조명 사용이 가능하도록 한다.
 - 장면 내에 있는 각 꼭지점의 색상을 결정할 때 재질 속성과 조명 인자를 계산에 넣게 된다.
 - 조명기능이 활성화 되면,
 - » 물체의 색은 광원과 물체의 특성에 의해서 결정
 - » glColor에 의해 정의된 색은 무시
 - 이러한 인자를 지정하는 부분
 - » 그리기가 이루어지기 직전에 수행

- 조명 모델 정의
 - 조명 모델 전반에 관한 변수 조절
- 조명 효과 모델 설정
 - **glLightModel**: OpenGL에서 사용하는 조명 모델 인자를 설정, 특정 번호의 조명이 아니라 전역 설정이므로 장면 전체에 적용
 - glLightModelf (GLenum pname, GLfloat param);
 - glLightModeli (GLenum pname, GLint param);
 - glLightModelfv (GLenum pname, const GLfloat *params);
 - glLightModeliv (GLenum pname, const GLint *params);
 - Parameters:
 - pname: 조명 모델 인자를 지정
 - GL_LIGHT_MODEL_AMBIENT: 전역 주변광 설정 (초기값은 (0.2, 0.2, 0.2, 1.0))
 - » 위의 함수 중 다음 2개만 사용 가능: glLightModelfv, glLightModeliv
 - GL_LIGHT_MODEL_LOCAL_VIEWER: 반사광 각도 계산 (초기값은 GL_FALSE)
 - » 산란반사광의 각도가 -z축 방향으로 평행
 - » GL_FALSE(0.0): 조명이 평행하게 비친다.
 - » GL_TRUE(1.0): 정점의 방향에 따라 비친다.
 - GL_LIGHT_MODEL_TWO_SIDE: 폴리곤의 양면이 조명을 받을지를 결정 (초기값은 GL_FALSE)
 - » GL_FALSE(0.0): 폴리곤의 앞면만 빛을 받는다
 - params: 빛의 값 (RGBA 값)

– 사용 예)

```
GLfloat ambientLight[] = {0.2f, 0.2f, 0.2f, 1.0f};
```

```
glEnable (GL_LIGHTING);
```

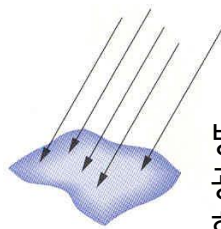
```
glLightModelfv (GL_LIGHT_MODEL_AMBIENT, ambientLight);
```

```
glLightModelf (GL_LIGHT_MODEL_LOCAL_VIEWER, 0.0);
```

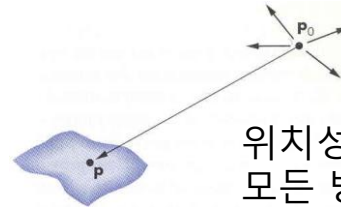
```
glLightModelf (GL_LIGHT_MODEL_TWO_SIDE, 0.0);
```

• 광원 정의

- 광원의 속성 설정: 세기, 색, 특정 위치, 방향
- OpenGL에서는 독립적인 광원을 8개까지 사용할 수 있다.
 - 광원 번호: **GL_LIGHTx** ($0 \leq x \leq 7$)
 - 주변 조명 성분: GLfloatf ambientLight[];
 - 산란반사 조명 성분: GLfloatf diffuseLight[]
 - 거울반사 조명 성분: GLfloatf specularLight[]
 - 광원의 위치: GLfloatf lightPos[];
 - 마지막 값이 0.0이면: 원점에서 지정된 좌표로 향하는 벡터 방향의 **방향성 광원**
 - 마지막 값이 1.0이면 (0.0 이상의 값): (x/w, y/w, z/w)에 위치한 **위치성 광원**



방향성 광원
광원 중심으로 일정한 방향으로 진행



위치성 광원
모든 방향으로 퍼져나가는 광원
광원의 위치가 중요

- 광원을 켜다: **glEnable (GL_LIGHTx);**
- glLight 함수로 광원의 속성을 설정한다.

- **glLight**: 사용 가능한 8개의 광원 중 하나의 광원 인자 지정
 - glLightf (GLenum lightID, GLenum pname, GLfloat param);
 - glLighti (GLenum lightID, GLenum pname, GLint param);
 - glLightfv (GLenum lightID, GLenum pname, const GLfloat *param);
 - glLightiv (GLenum lightID, GLenum pname, const GLint *param);
- Parameters:
 - lightID : 어느 광원을 수정할 지 지정한다.
 - GL_LIGHT0 ~ GL_LIGHT7
 - pname: 사용할 조명 인자를 지정
 - GL_AMBIENT: 주변 조명의 세기 (r, g, b, a)를 지정 (초기값은 (0, 0, 0, 0))
 - GL_DIFFUSE: 산란 반사 조명의 세기 (r, g, b, a)를 지정 (초기값은 (1, 1, 1, 1))
 - GL_SPECULAR: 거울 반사 조명의 세기 (r, g, b, a)를 지정 (초기값은 (1, 1, 1, 1))
 - GL_POSITION: 조명의 (x, y, z, w) 값 지정 (초기값은 (0, 0, 1, 0))
 - GL_SPOT_DIRECTION: 스포트라이트의 방향 벡터 (초기값은 (0, 0, -1))
 - GL_SPOT_CUTOFF: 스포트라이트의 확산 각도(초기값은 180.0)
 - GL_SPOT_EXPONENT: 스포트라이트 지수 (초기값은 0)
 - GL_CONSTANT_ATTENUATION: 빛이 점점 흐려지는 감쇠율 (초기값은 1)
 - GL_LINEAR_ATTENUATION: 빛이 점점 흐려지는 감쇠율 (1차 계수, 초기값은 0)
 - GL_QUADRATIC_ATTENUATION: 빛이 점점 흐려지는 감쇠율 (2차 계수, 초기값은 0)
 - param: pname의 값

- 예) 주변 조명은 녹색, 산란 반사 조명은 적색, 거울 반사 조명은 백색인 광원0을 좌표 (10, 5, 20)에 설치하기

```
GLfloat AmbientLight[] = {0.0f, 1.0f, 0.0f, 1.0f};           // 녹색조명
GLfloat DiffuseLight[] = {1.0f, 0.0f, 0.0f, 1.0f};           // 적색조명
GLfloat SpecularLight[] = {1.0, 1.0, 1.0, 1.0};               // 백색조명
GLfloat lightPos[] = {10.0, 5.0, 20.0, 1.0};                  // 위치: (10, 5, 20)
...
// 조명을 사용하도록 설정
glEnable (GL_LIGHTING);

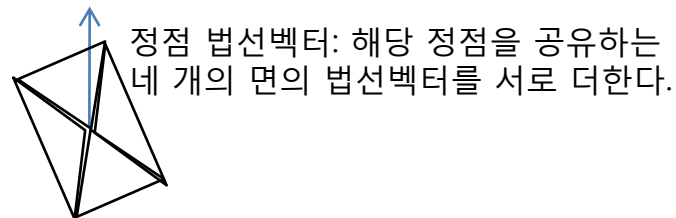
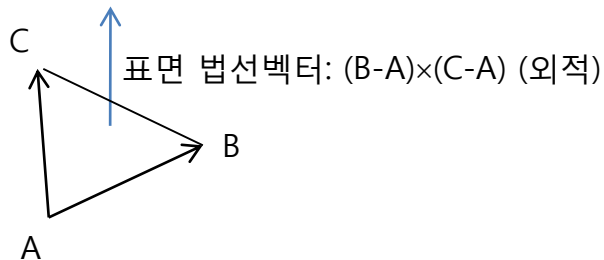
// 조명 설정
glLightfv (GL_LIGHT0, GL_AMBIENT, AmbientLight);
glLightfv (GL_LIGHT0, GL_DIFFUSE, DiffuseLight);
glLightfv (GL_LIGHT0, GL_SPECULAR, SpecularLight);
glLightfv (GL_LIGHT0, GL_POSITION, lightPos);
glEnable (GL_LIGHT0);
```

- 음영 모드 정의

- `glShadeModel()` 함수를 사용하여 셰이딩을 설정한다.
 - `GL_FLAT` 또는 `GL_SMOOTH` 사용하여 셰이딩 설정
 - 지엘은 플랫 셰이딩과 구로 셰이딩 지원

- 법선 벡터 정의

- 반사광의 세기를 계산하기 위해 법선 벡터 사용
- 정점의 법선 벡터와 표면 법선 벡터는 수동으로 설정해야 한다.



– 법선 벡터 설정

- **glNormal3f (GLfloat x, GLfloat y, GLfloat z);**

- 법선 벡터는 단위벡터라야 한다.
- 곡선일 때는 각각의 정점에 법선 벡터를 설정한다.
- 사용 예)

```
glBegin (GL_TRIANGLE);
```

```
    glNormal3f (0.0, 1.0, 0.0); // 아래의 3개의 정점 모두에 적용
```

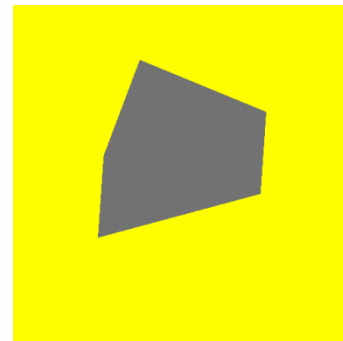
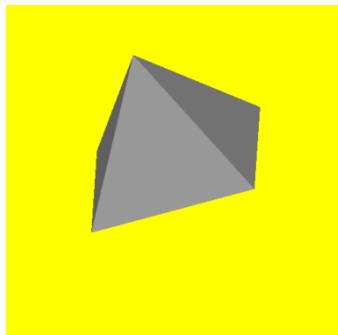
```
    glVertex3f (0.0, 0.0, -1.0);
```

```
    glVertex3f (0.0, 1.0, 0.0);
```

```
    glVertex3f (-1.0, 0.0, 0.0);
```

```
glEnd ();
```

- 단위벡터로 만들 때: **glEnable (GL_NORMALIZED);**
- **glEnable (GL_AUTO_NORMAL);** GL_MAP2_VERTEX_3 나 GL_MAP2_VERTEX에 자동으로 노말이 적용됨



- **물체면 특성 정의 (Material)**

- 물체의 특성: 물체면의 색과 물체면의 매끄러움
 - 물체면의 색: 주변조명, 산란반사조명, 거울반사조명 등 반사의 종류별로 물체면에서 어떤 크기로 빛을 반사하는지를 의미
 - 물체면의 매끄러움: 거울반사광의 광택 계수
- 표면이 어떤 물체로 만들어질 것인가를 결정한다.
- 물체가 얼마나 빛을 반사 할 것인가를 결정한다.
- 적당한 조명 효과를 만들기 위해서 재질의 특성을 결정해야 한다.
 - Ambient (주변 반사): 특정한 방향이 없이 들어오고, 모든 방향으로 반사 (물체가 은은하게 나타나는 색)
 - Diffuse (산란 반사): 특정한 방향에서 들어오고, 모든 방향으로 반사 (주된 색상)
 - Specular (거울 반사): 특정한 방향에서 들어오고, 특정 방향으로 뚜렷하게 반사 (거울 반사)
 - Shininess: 특정한 방향에서 들어오고, 특정 방향으로 같은 양이 반사 (거울 반사의 빛나는 정도)
 - Emissive: 물체 자체가 발산하는 빛 (발광색)

재질 속성 정하기

- 물체면의 재질 속성 설정하기

- **glMaterial** 함수 사용: 조명 모델에서 사용할 재질 인자를 결정

- void glMaterialf (GLenum face, GLenum pname, GLfloat param);
 - void glMateriali (GLenum face, GLenum pname, GLint param);
 - void glMaterialfv (GLenum face, GLenum pname, const GLfloat *param);
 - void glMaterialiv (GLenum face, GLenum pname, const GLint *param);

- face: 재질 속성이 폴리곤의 어디에 적용할지를 결정
 - » GL_FRONT / GL_BACK / GL_FRONT_AND_BACK

- pname: 재질 속성 설정

- » **GL_AMBIENT**: 주변 반사에 대한 물체색 (초기값은 (0.2, 0.2, 0.2, 1.0))

- » **GL_DIFFUSE**: 산란 반사에 대한 물체색 (초기값은 (0.8, 0.8, 0.8, 1.0))

- » **GL_SPECULAR**: 거울 반사에 대한 물체색 (초기값은 (0.0, 0.0, 0.0, 1.0))

- » **GL_SHININESS**: 거울 반사의 광택 계수 (초기값은 0.0, 0 ~ 128사이의 값)

- » GL_EMISSION: 자체적 빛 방출 (초기값은 (0.0, 0.0, 0.0, 1.0))

- » **GL_AMBIENT_AND_DIFFUSE**: 주변 반사와 산란 반사에 대한 물체색

- params: pname으로 설정된 인자의 값

재질 속성 정하기

- 예)

```
GLfloat gray[] = {0.75f, 0.75f, 0.75f, 1.0f};
```

```
GLfloat specref[] = { 1.0f, 1.0f, 1.0f, 1.0f };
```

```
glMaterialfv (GL_FRONT, GL_AMBIENT_AND_DIFFUSE, gray);
```

```
glMaterialfv(GL_FRONT, GL_SPECULAR, specref);
```

```
glMateriali(GL_FRONT, GL_SHININESS, 64);
```

// 재질 설정 후 객체 그리기 진행

재질 속성 정하기

- **glColorMaterial**: glMaterial 함수를 호출하지 않고, glColor를 이용하여 재질 색을 설정. 현재 색대로(glColor로 설정된 색상) 재질 속성을 설정.
 - glEnable 함수로 GL_COLOR_MATERIAL 설정하고 사용
- glColorMaterial (GLenum face, GLenum mode);
- Parameter:
 - Face: 현재 설정할 면
 - » GL_FRONT / GL_BACK / GL_FRONT_AND_BACK
 - Mode: 어떤 재질 속성이 현재 색상 설정의 영향을 받을 것인지를 결정
 - » GL_EMISSION / GL_AMBIENT / GL_DIFFUSE / GL_SPECULAR / GL_AMBIENT_AND_DIFFUSE

재질 속성 정하기

– 예)

```
GLfloat ambientLight[] = {1.0f, 1.0f, 1.0f, 1.0f};
```

```
GLfloat specref[] = { 1.0f, 1.0f, 1.0f, 1.0f };
```

// 조명 효과를 설정한다.

```
glEnable (GL_LIGHTING);
```

```
glLightModelfv (GL_LIGHT_MODEL_AMBIENT, ambientLight);
```

// 재질 컬러 트래킹을 설정한다.

```
glEnable (GL_COLOR_MATERIAL);
```

```
glColorMaterial (GL_FRONT, GL_AMBIENT_AND_DIFFUSE);
```

```
glMaterialfv(GL_FRONT, GL_SPECULAR, specref);
```

```
glMateriali(GL_FRONT, GL_SHININESS, 128);
```

```
glColor3f (0.75f, 0.75f, 0.75f);
```

```
glBegin (GL_TRIANGLES);
```

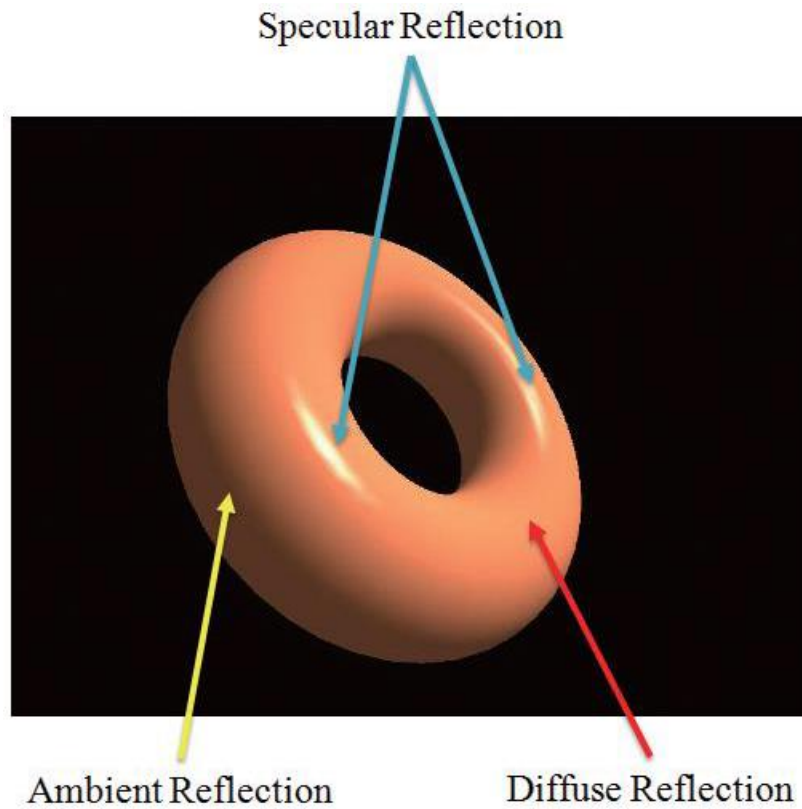
```
    glVertex3f (-15.0f, 0.0f, 30.0f);
```

```
    glVertex3f (0.0f, 15.0f, 30.0f);
```

```
    glVertex3f (0.0f, 0.0f, -50.f);
```

```
glEnd ();
```

재질 속성 정하기



모두 합쳐서 조명 모델 사용하기

- **조명을 위한 변수 값 설정하기**
 - 주변 조명: GLfloat ambientLight[] = {..., ..., ..., ...};
 - 산란반사 조명 : GLfloat diffuseLight[] = {..., ..., ..., ...};
 - 거울반사 조명: GLfloat specular[] = {..., ..., ..., ...};
 - 조명 위치: GLfloat lightPos[] = {..., ..., ..., ...};
 - 거울반사 재질값: GLfloat specref[] = {..., ..., ..., ...};
- **조명 효과 설정하기**
 - glEnable (GL_LIGHTING)
- **조명모델 중 전역 주변광 설정하기**
 - glLightModelfv (GL_LIGHT_MODEL_AMBIENT, ambientLight);
- **조명 인자 설정하고 켜기 (0 ~ 7): 번호에 따라 조명의 인자값 설정하기**
 - 조명 설정하기
 - glLightfv (GL_LIGHTx, GL_AMBIENT, ambientLight); // 주변 조명
 - glLightfv (GL_LIGHTx, GL_DIFFUSE, diffuseLight); // 산란반사 조명
 - glLightfv (GL_LIGHTx, GL_SPECULAR, specular); // 거울반사 조명
 - 조명 켜기
 - glEnable (GL_LIGHTx)

모두 합쳐서 조명 모델 사용하기

- **물체 표면의 재질 설정하기**
 - 컬러 트래킹 설정하기
 - glEnable (GL_COLOR_MATERIAL)
 - 현재 색의 트래킹을 위해서 재질 속성 설정하기
 - glColorMaterial (GL_FRONT, GL_AMBIENT_AND_DIFFUSE);
 - 조명 모델을 위한 재질 변수 값 설정하기
 - 특정 면에 대해 재질 값을 설정한다.
 - 앞면:

```
glMaterialfv (GL_FRONT, GL_AMBIENT, ambientLight);  
glMateriali (GL_FRONT, GL_DIFFUSE, diffuseLight);  
glMaterialfv (GL_FRONT, GL_SPECULAR, specref);  
glMateriali (GL_FRONT, GL_SHININESS, 64);
```
 - 뒷면: glMaterialfv (GL_BACK, ..., ...);
 - 앞뒷면: glMaterialfv (GL_FRONT_AND_BACK, ..., ...);

실습 31

- 구와 조명 넣기
 - 화면의 중앙에 큰 구를 그린다.
 - 조명을 구에서 임의의 길이만큼 떨어진 곳에 2개 (서로 반대편) 설정한다.
 - 조명의 위치에 작은 원을 그려 표시를 한다.
 - 다음의 명령어를 수행한다.
 - 1: 조명 1번을 켜다/끄다.
 - 2: 조명 2번을 켜다/끄다.
 - y/Y: 조명을 y축을 기준으로 양/음 방향으로 회전시킨다. (구를 중심으로 공전)
 - a/A: 조명을 자동으로 공전시킨다/멈춘다.
 - d/D: 조명의 산란반사값을 증가/감소한다.
 - s/S: 조명의 거울반사값을 증가/감소한다.

실습 32

- 바닥에 5개의 피라미드를 그리고 좌우에 각각 1개씩의 조명을 붙인다.
 - 네 귀퉁이와 중앙에 피라미드를 그린다.
 - 중앙의 피라미드 주위를 달이 공전한다.
 - 두 개의 조명을 좌우에 붙이는데, 조명의 색을 다른 색으로 설정한다.
 - 조명의 위치에 작은 콘을 그려 조명을 표시한다.
 - 명령어
 - A/a: 광원의 ambient light를 높게 / 낮게
 - D/d: 광원의 diffuse light를 높게 / 낮게
 - S/s: 광원의 specular light를 높게 / 낮게
 - 1: 1번 조명을 켜다 / 끄다.
 - 2: 2번 조명을 켜다 / 끄다.
 - o/O: 피라미드의 옆면에 법선 벡터 설정/해제
 - 화면을 y축 양/음 방향으로 회전할 수 있도록 한다.

실습 33



실습 34