

Przechowywanie Złożonych Funkcji Oświetlenia w Postaci Map Normalnych

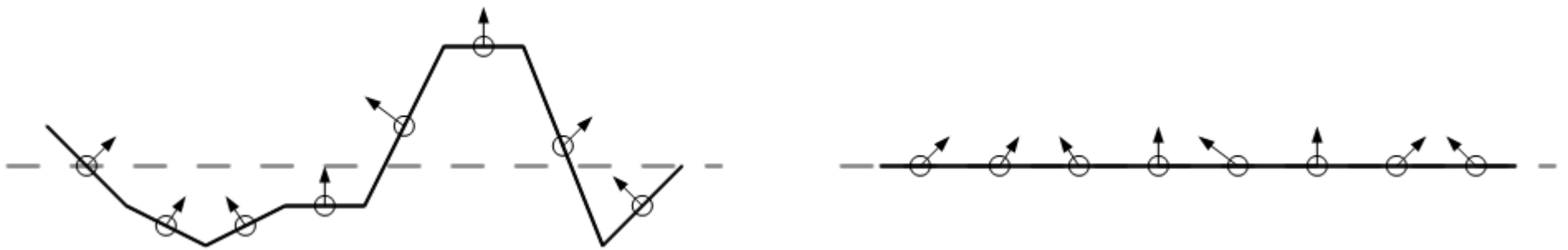
Krzysztof Kluczek

Mapy normalnych - wprowadzenie

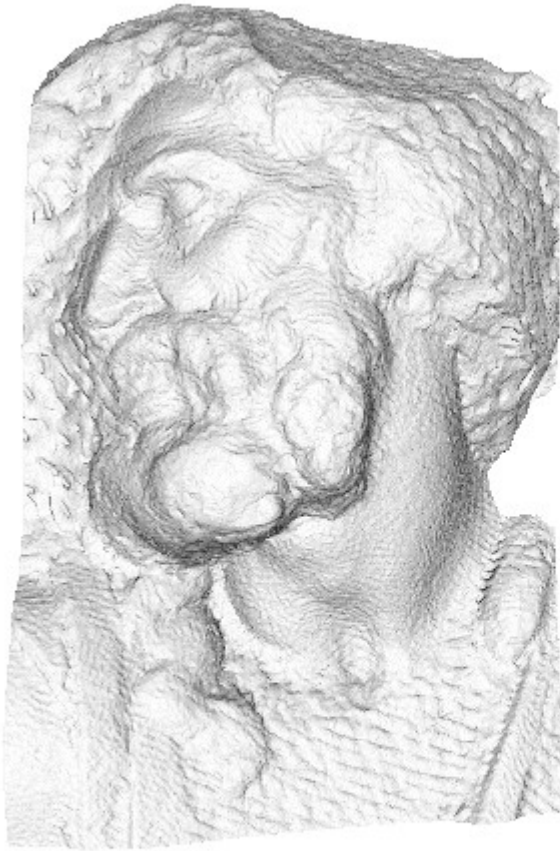
- Problemy przy renderowaniu złożonych siatek:
 - Wydajność renderowania
 - Objętość danych
- Rozwiązanie – mapy normalnych:
 - Uproszczenie geometrii
 - Zachowanie informacji o nierównościach powierzchni
 - Kompaktowy format danych

Mapy normalnych - przykład

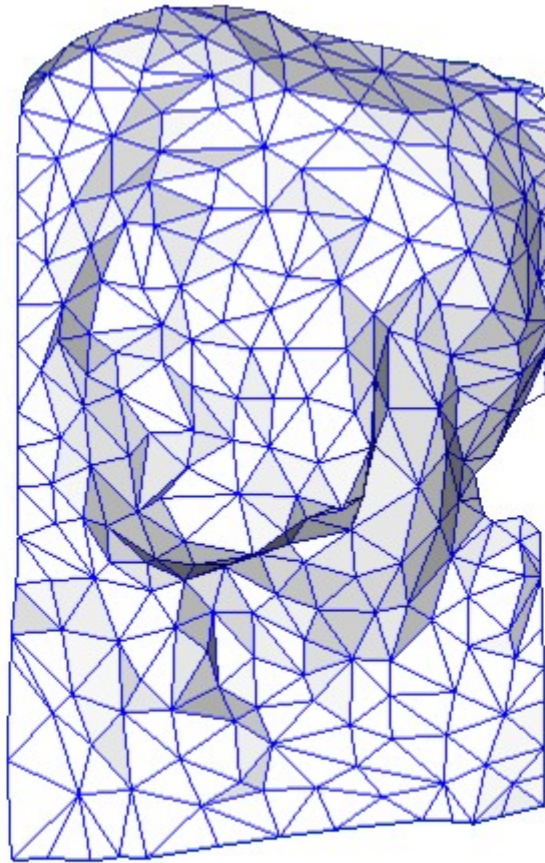
- Obiekt pokryty jest teksturą zawierającą informację o lokalnym kierunku wektora normalnego
- Wektor normalny (3 składowe w zakresie $[-1;1]$) przechowywany jest jako składowe koloru RGB



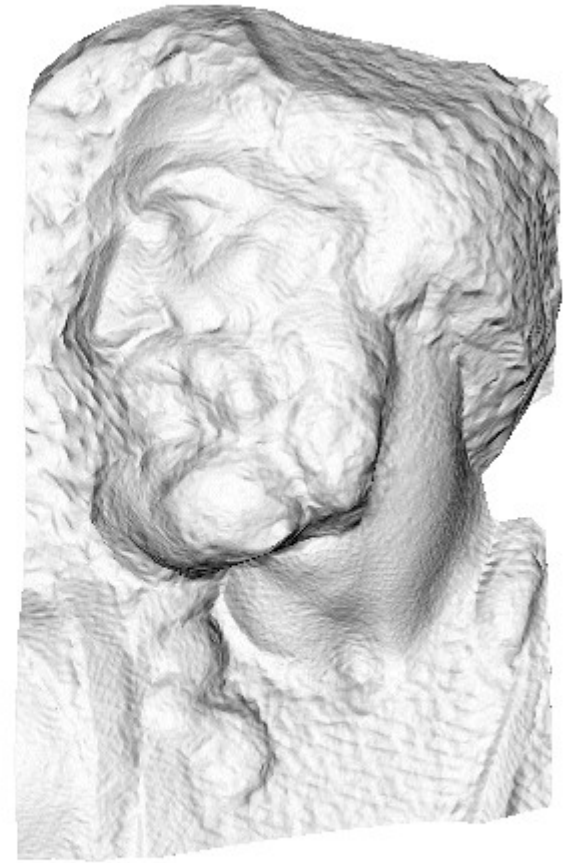
Mapy normalnych - przykład



original mesh
4M triangles



simplified mesh
500 triangles

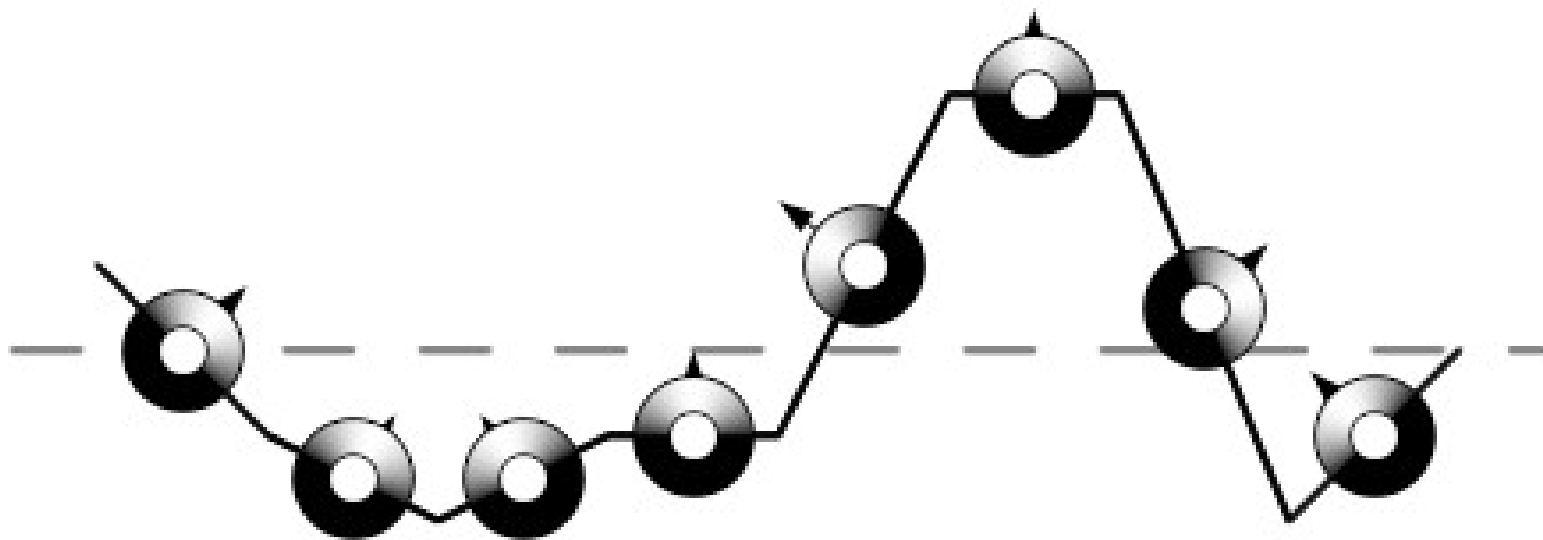


simplified mesh
and normal mapping
500 triangles

Image by Maksim

Funkcja odpowiedzi

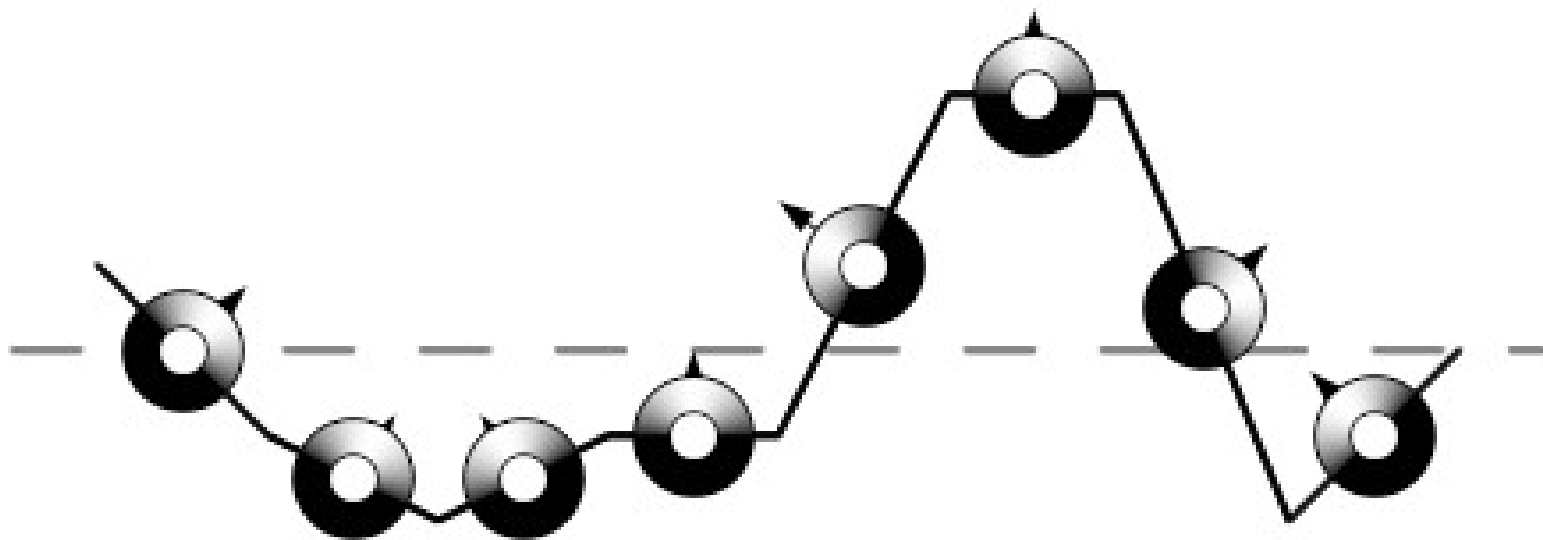
- Funkcja odpowiedzi – ilość światła rozpraszanego przez punkt na powierzchni w zależności od kierunku padania światła (niezależnie od kierunku wyjścia światła)
- W praktyce – uproszczona postać BRDF



Funkcja odpowiedzi - przykład

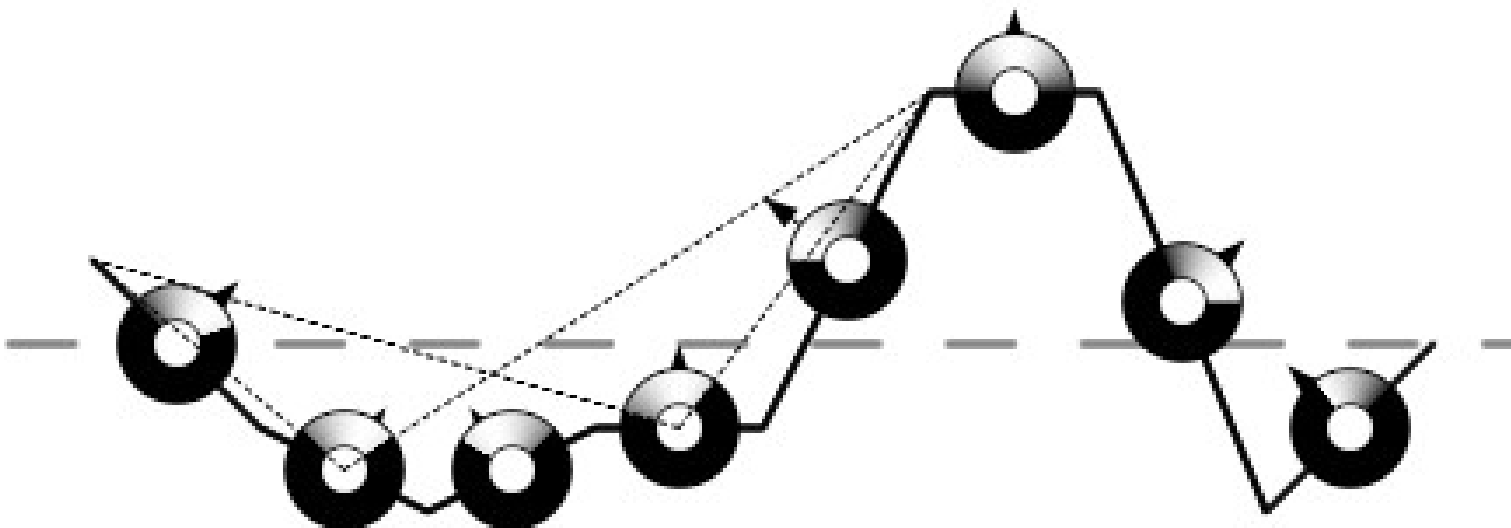
- Funkcja odpowiedzi światła rozproszonego

$$f_p(L_p) = \max(0, L_p \cdot N_p)$$



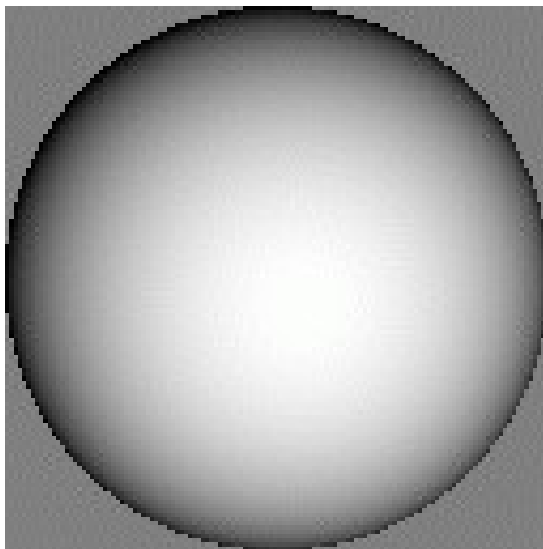
Funkcja odpowiedzi + cień

- Definicja funkcji odpowiedzi pozwala na zawarcie w niej informacji o cieniu spowodowanym zasłaniającymi sąsiednimi elementami

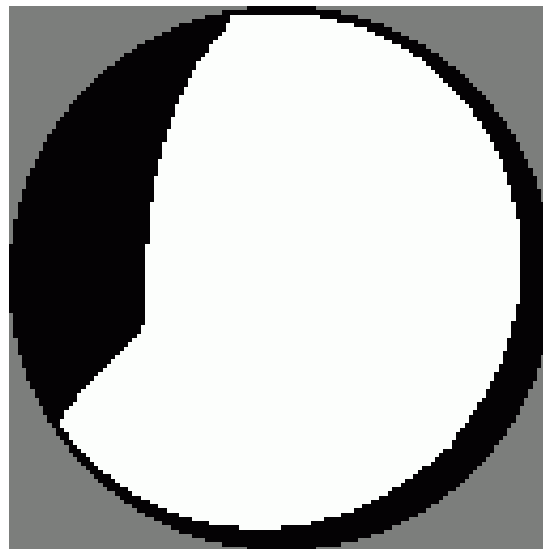


Funkcja odpowiedzi dla powierzchni

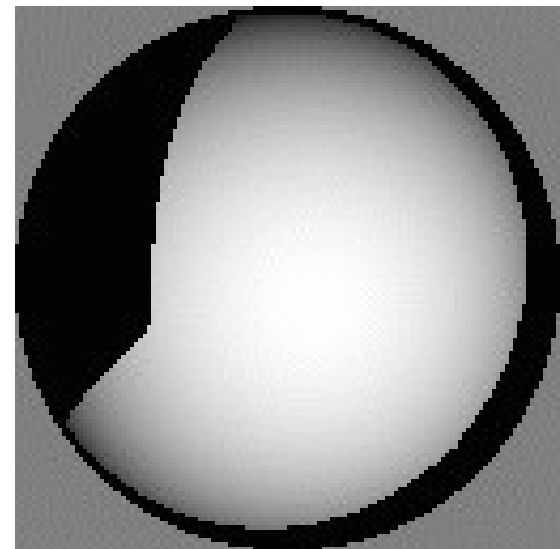
- W przypadku powierzchni 3D funkcja odpowiedzi zdefiniowana jest na półsfery



Oświetlenie rozproszone



Cień



Oświetlenie + cień

Funkcja odpowiedzi dla powierzchni

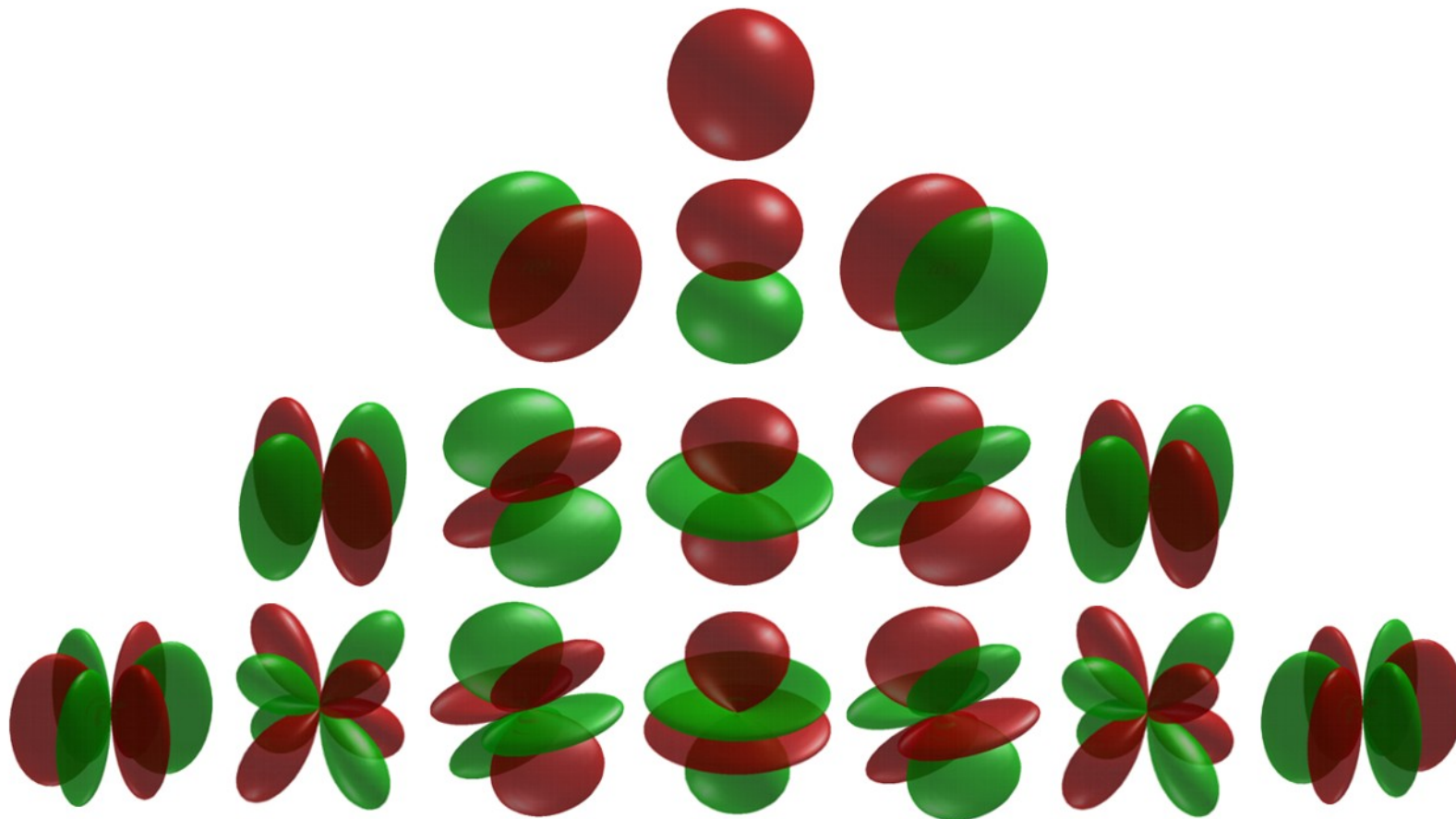
- Funkcja odpowiedzi:
 - Ma wartość dla każdego kierunku przychodzącego światła
 - Osobna taka funkcja jest zdefiniowana dla każdego punktu na powierzchni
- Dużo danych!
 - Potrzebne są uproszczenia

Sferyczne harmoniczne

- Zestaw funkcji opisanych na sferze
- Kolejne funkcje mają rosnące częstotliwości
 - Mogą opisywać kolejne szczegóły funkcji
- Dowolną funkcję opisaną na sferze można przybliżyć jako ważoną sumę funkcji sferycznych harmonicznych

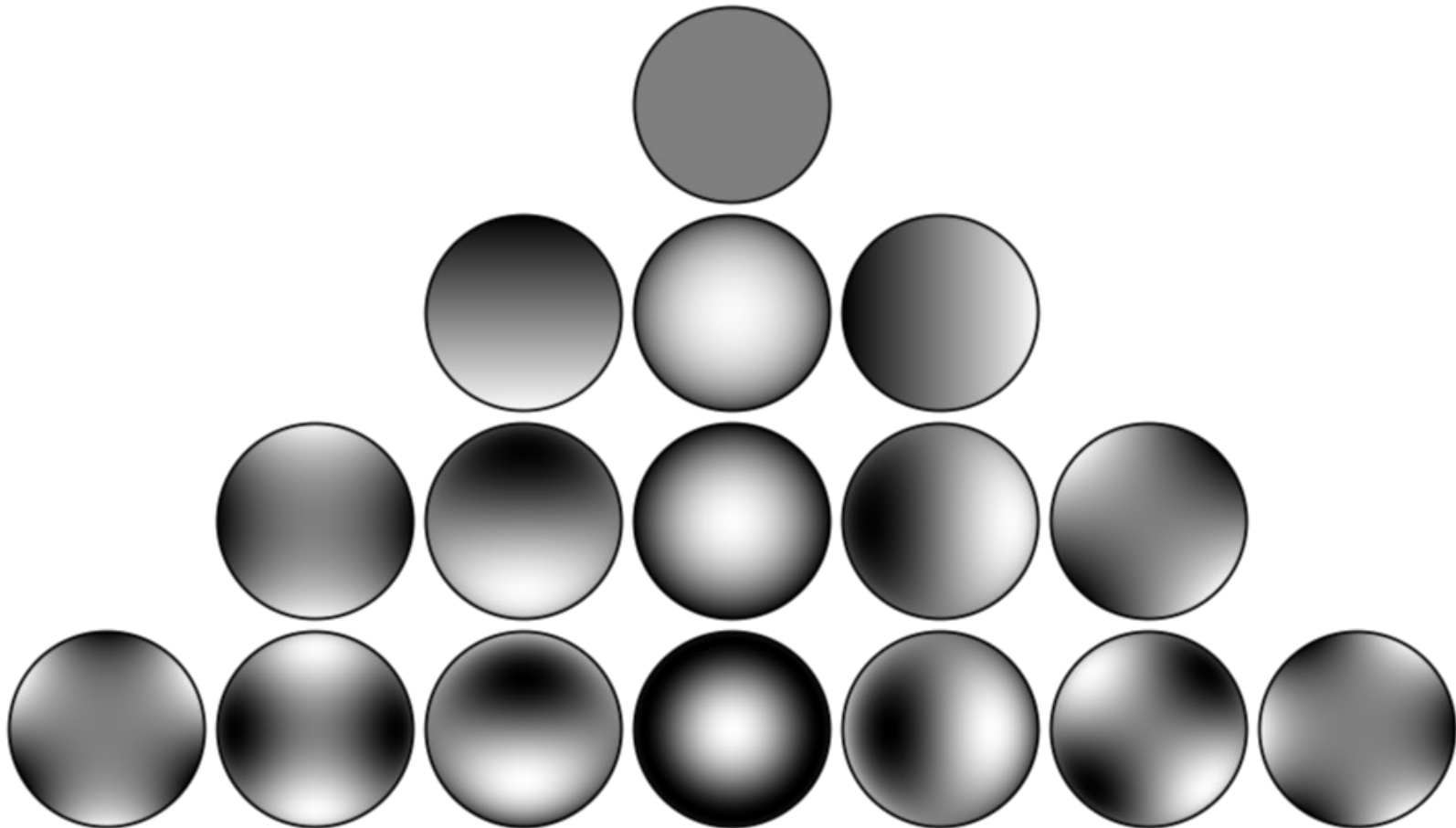
Sferyczne harmoniczne

- Przykładowe funkcje sferyczne harmoniczne (do rzędu 3)



Sferyczne harmoniczne

- Te same funkcje – widok „z góry”



Przybliżenie funkcji odpowiedzi

- Przyjmujemy następujące uproszczenia:
 - Używamy przybliżenia 1. rzędu
 - Składową stałą (funkcję rzędu 0) można wyeliminować
 - Zakładamy, że funkcja odpowiedzi pod powierzchnią ma przeciwny znak → składowa stała równa jest 0
 - Po uproszczeniu pozostają 3 współczynniki
 - Taka sama ilość danych, jak przy klasycznych normalmapach

Przybliżenie funkcji odpowiedzi

- Funkcja odpowiedzi jest teraz wyrażana następująco:

$$F_p(L_p) = H_{-1}^1(L_p)c_{p,-1} + H_0^1(L_p)c_{p,0} + H_1^1(L_p)c_{p,1}$$

gdzie: H_j^i – funkcja sferyczna harmoniczna,
 $c_{p,j}$ – waga funkcji harmonicznej H_j^i w punkcie powierzchni p
 L_p – znormalizowany wektor kierunku, z którego dociera światło w punkcie p ,

Przybliżenie funkcji odpowiedzi

- Używane funkcje harmoniczne mają następującą postać:

$$H_{-1}^1(L_p) = x(L_p)$$

$$H_0^1(L_p) = z(L_p)$$

$$H_1^1(L_p) = y(L_p)$$

gdzie: $x(L_p)$ – współrzędna x wektora L_p ,
 $y(L_p)$ – współrzędna y wektora L_p ,
 $z(L_p)$ – współrzędna z wektora L_p

Przybliżenie funkcji odpowiedzi

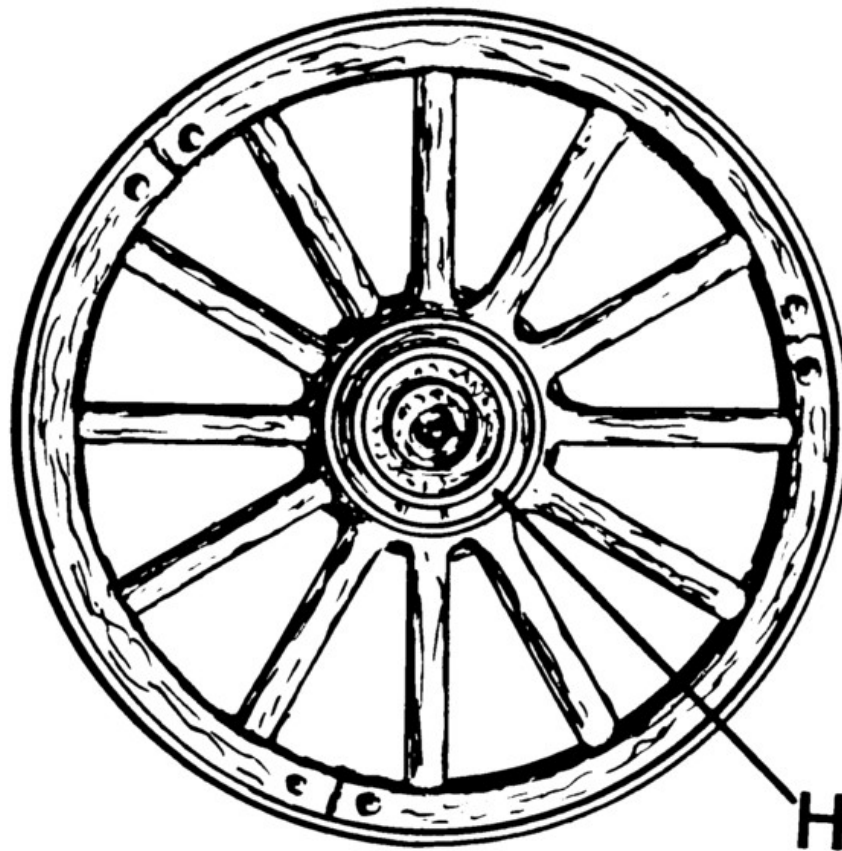
- Dekompresja funkcji sprowadza się więc do prostego iloczynu skalarnego

$$\begin{aligned} F_p(L_p) &= x(L_p)c_{p,-1} + y(L_p)c_{p,1} + z(L_p)c_{p,0} \\ &= L_p \cdot [c_{p,-1} \quad c_{p,1} \quad c_{p,0}] \end{aligned}$$

- Operacja identyczna jak w przypadku map normalnych

Wynik

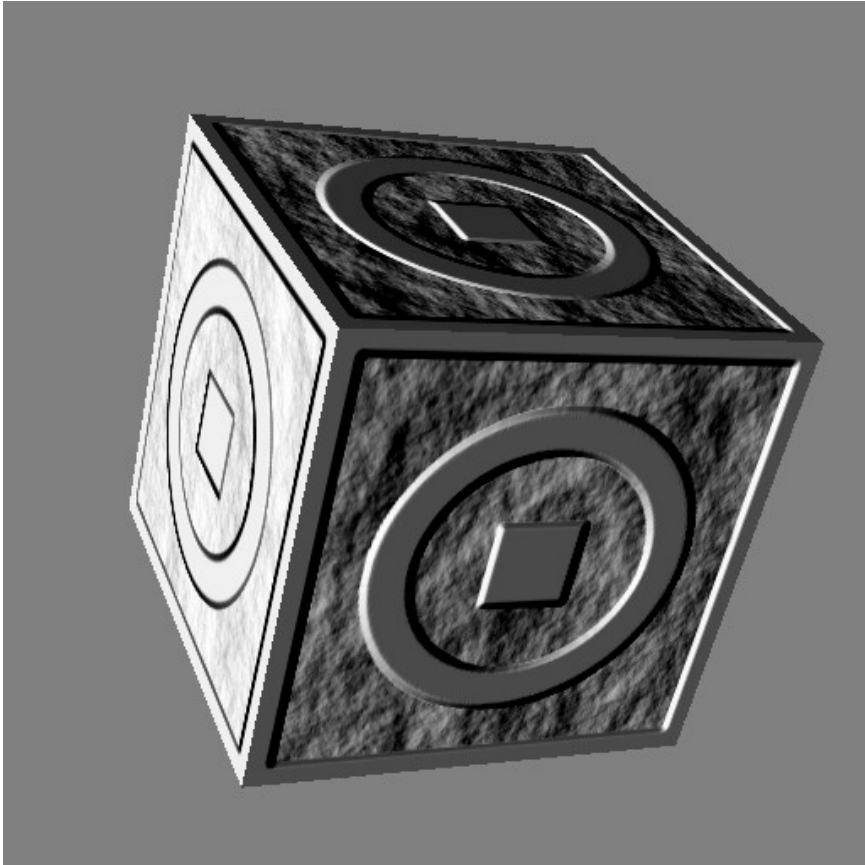
- Nasze odkrycie:



Mapa normalnych

- Dekompresja funkcji odpowiedzi jest identyczna z użyciem klasycznej mapy normalnych, a sposób przechowywania funkcji odpowiedzi przypomina zwykłą normalmapę
- ... ale:
 - Wyszliśmy od pełnej funkcji odpowiedzi, podczas gdy zwykła mapa normalnych zawiera tylko informację o nachyleniu
- Podstawowa różnica: możemy w normalnej zakodować cień

Porównanie



Klasyczna mapa normalnych



Mapa normalnych stworzona
prezentowaną metodą

Wyznaczanie współczynników

- Ponieważ do kompresji wykorzystane zostały sferyczne harmoniczne, współczynniki można wyznaczyć korzystając z całki podobnej do transformaty Fouriera

$$c_{p,j} = k_j \int_S F_p(V) H_j^1(V) dS$$

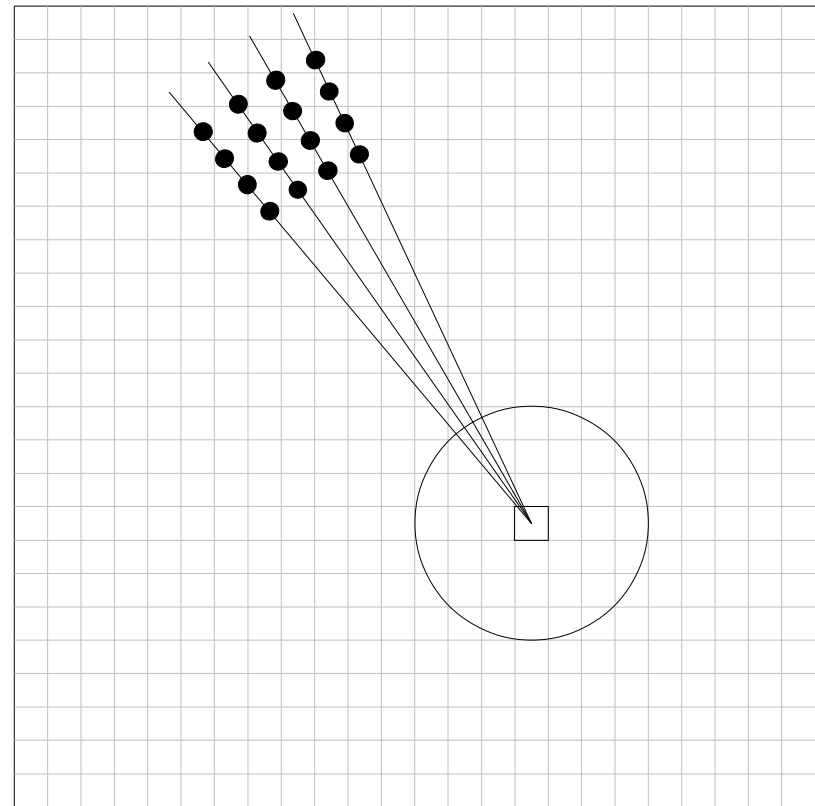
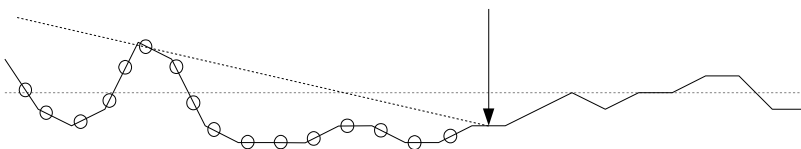
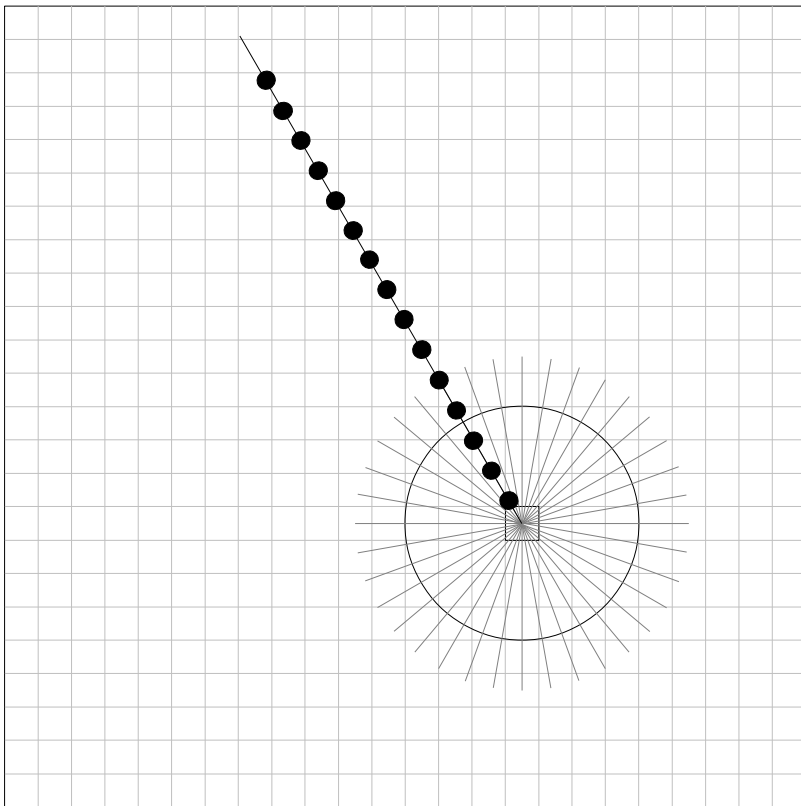
gdzie: $F_p(V)$ – idealna funkcja odpowiedzi dla powierzchni w punkcie p ,
 k_j – współczynnik normalizacyjny

Wyznaczanie współczynników

- Obliczanie całki:
 - Metoda numeryczna (podział horyzontu półsfery na fragmenty)
 - Ray-marching powierzchni mapy wysokości w celu znalezienia wysokości horyzontu
 - Powierzchnia półsfery nad horyzontem całkowana analitycznie
- Dokładniejsze informacje zawarte zostały w tekście publikacji

Ray-marching na GPU

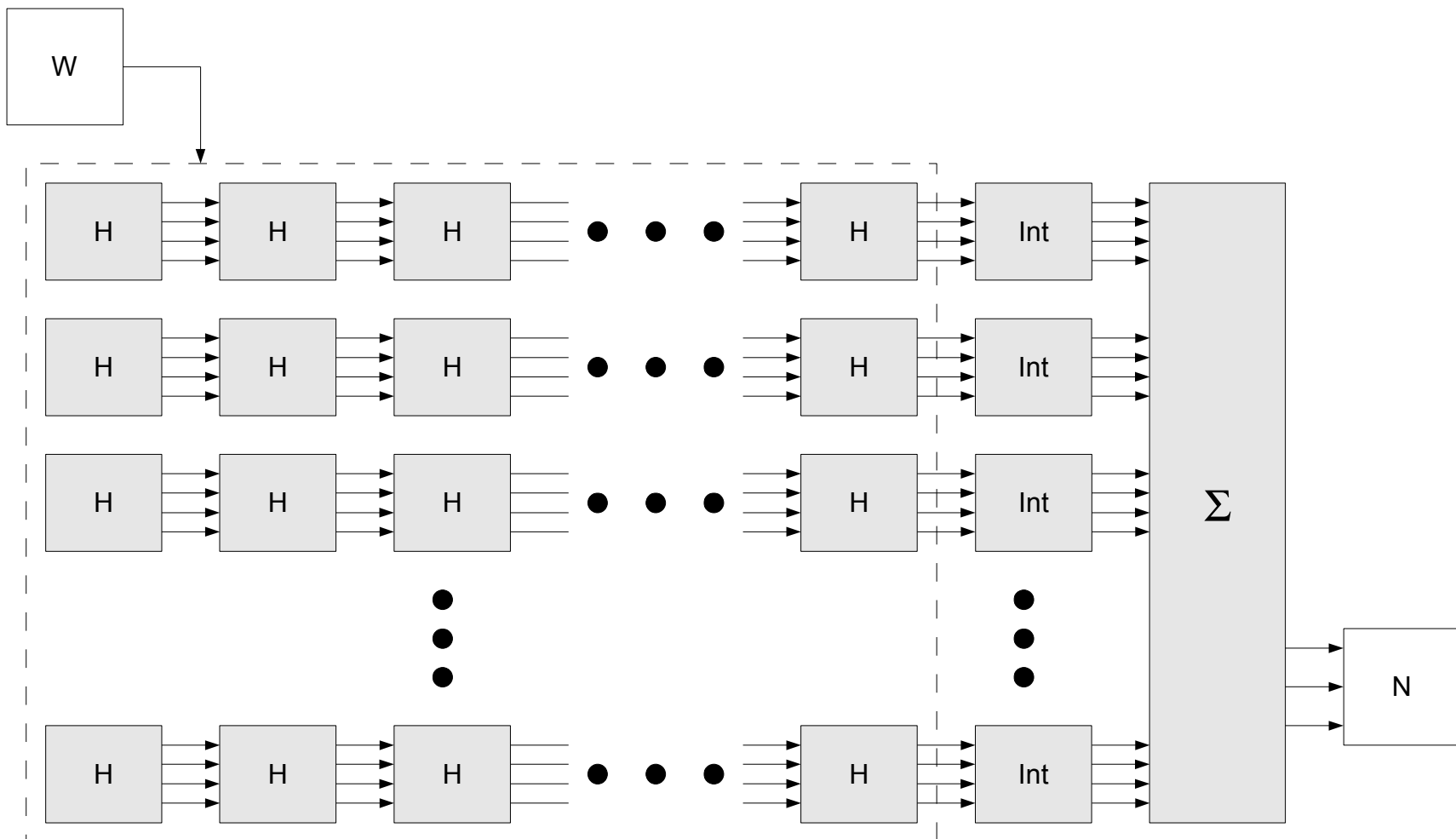
- Wyznaczenie wysokości horyzontu na GPU



Jeden przebieg próbuje 4 punkty na 4 promieniach – większa lokalność próbek w cache

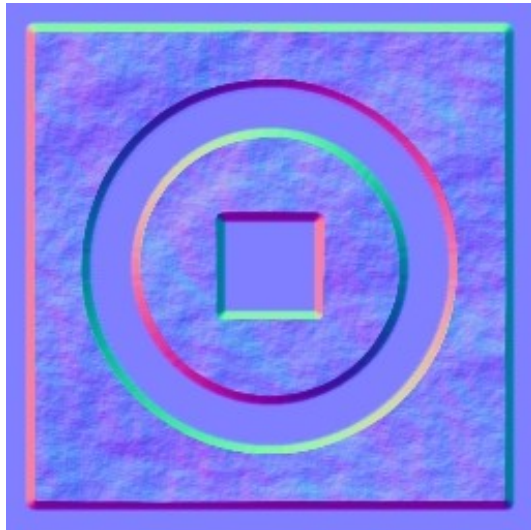
Wyznaczanie współczynników

- Ilustracja przepływu danych w algorytmie

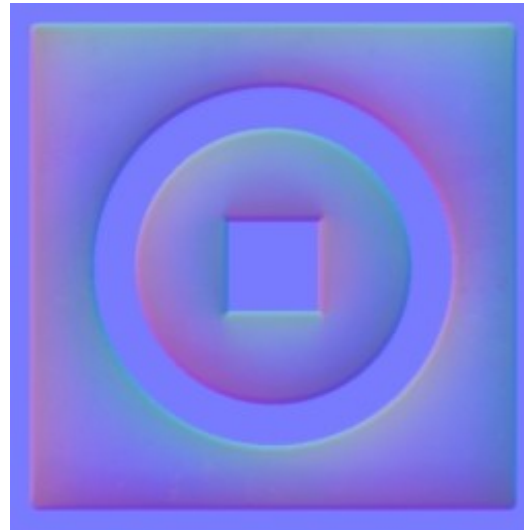


Porównanie – tekstura mapy normalnych

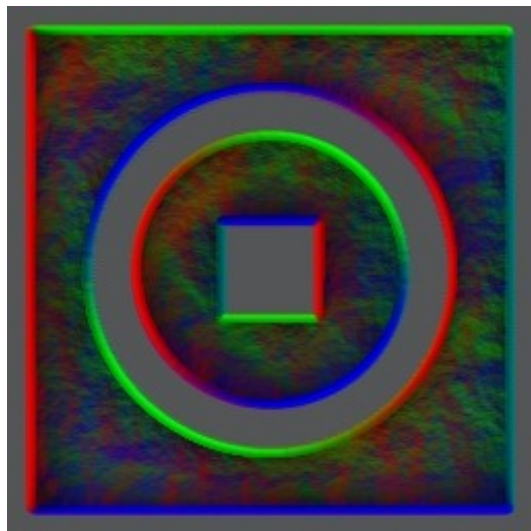
Klasyczne mapy normalnych



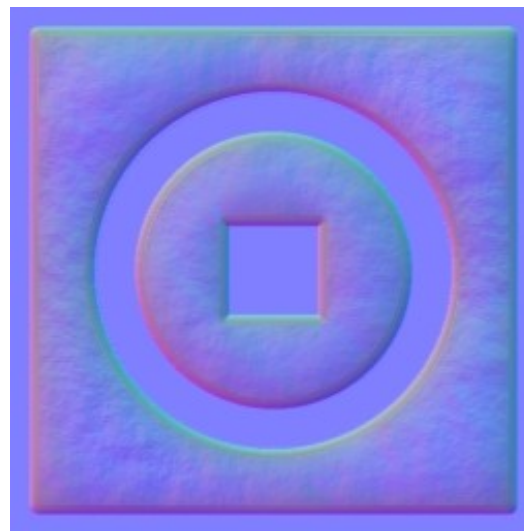
Bent Normals



Radiosity Normal Maps

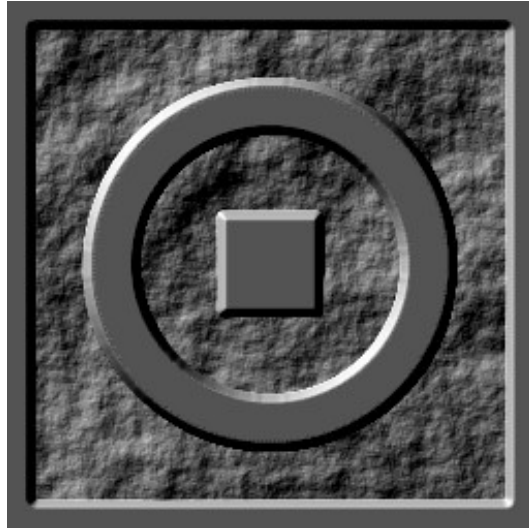


Prezentowana metoda

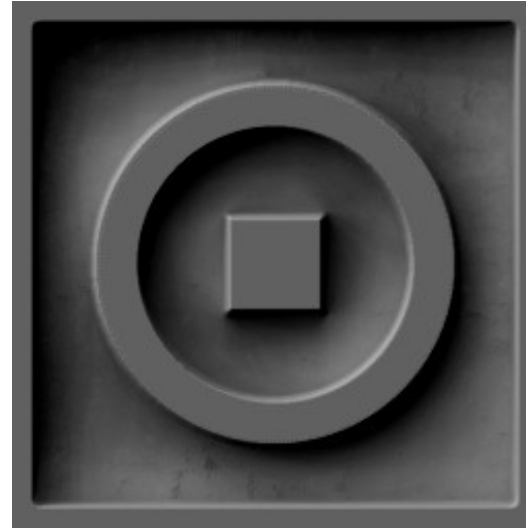


Porównanie – oświetlenie przypadek 1

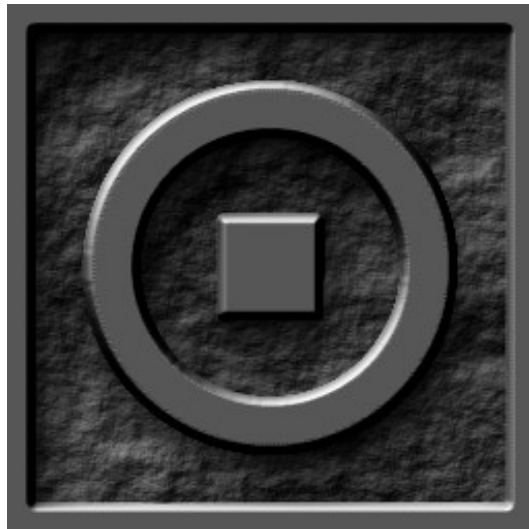
Klasyczne mapy
normalnych



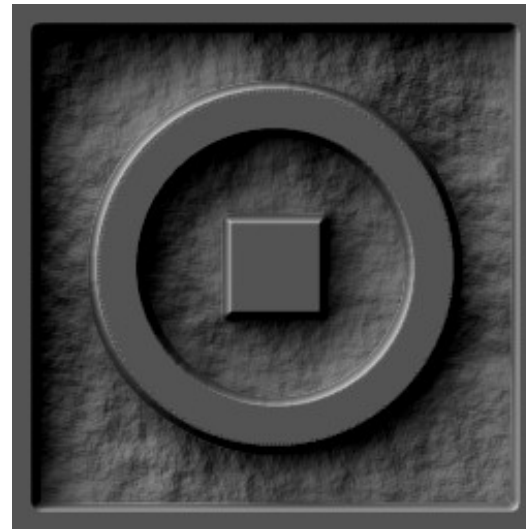
Bent Normals



Radiosity Normal
Maps

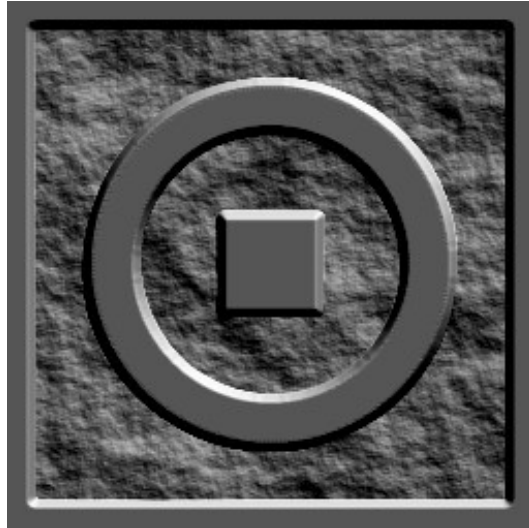


Prezentowana metoda

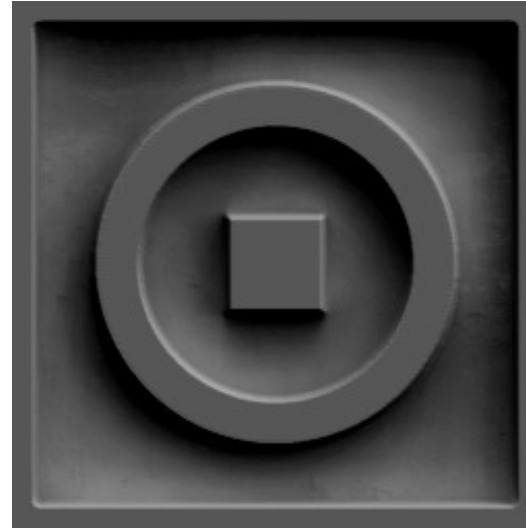


Porównanie – oświetlenie przypadek 2

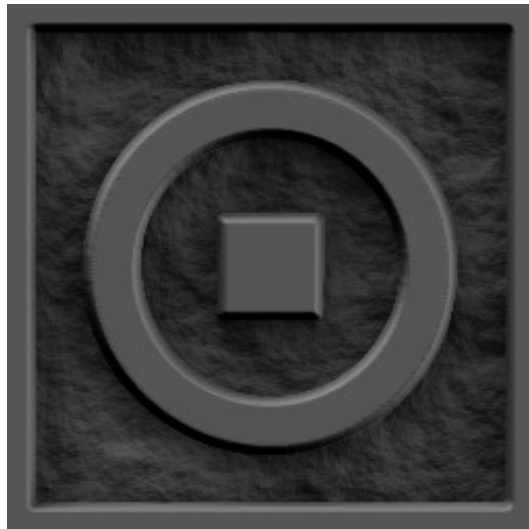
Klasyczne mapy
normalnych



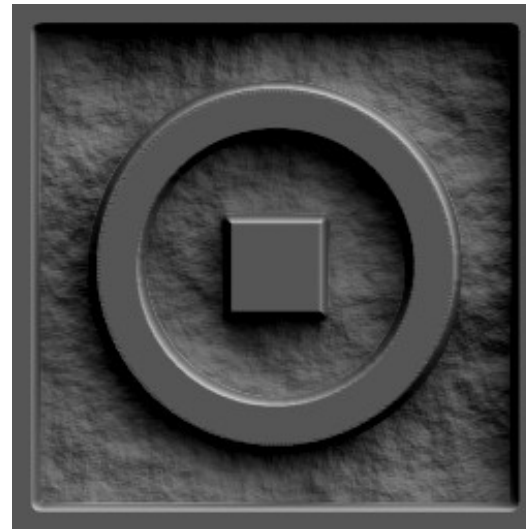
Bent Normals



Radiosity Normal
Maps

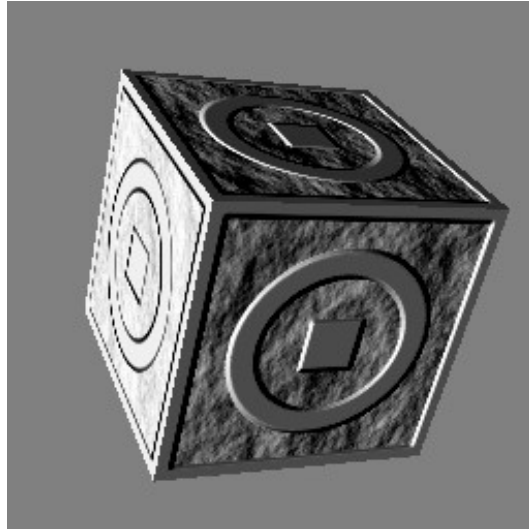


Prezentowana metoda

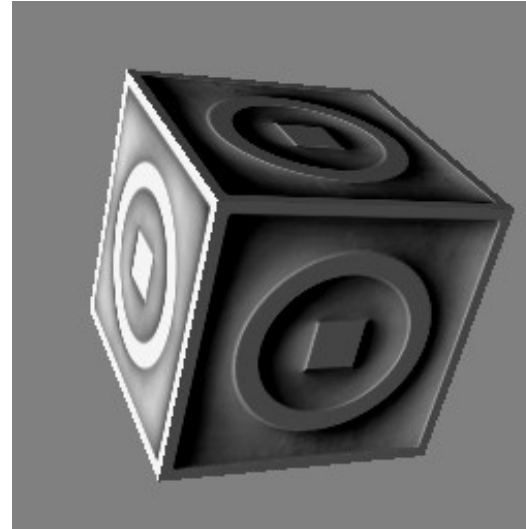


Porównanie – oświetlenie bryły 3D

Klasyczne mapy normalnych



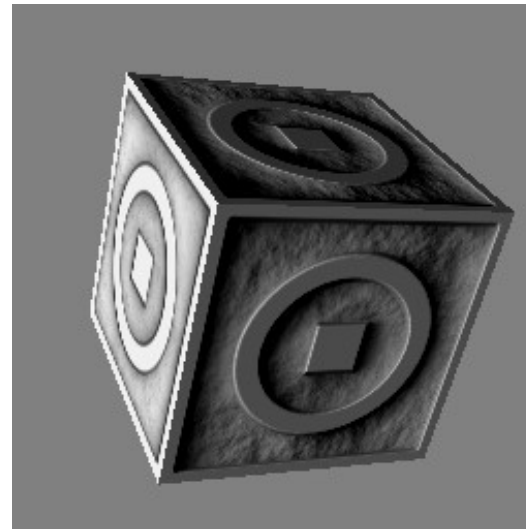
Bent Normals



Radiosity Normal Maps

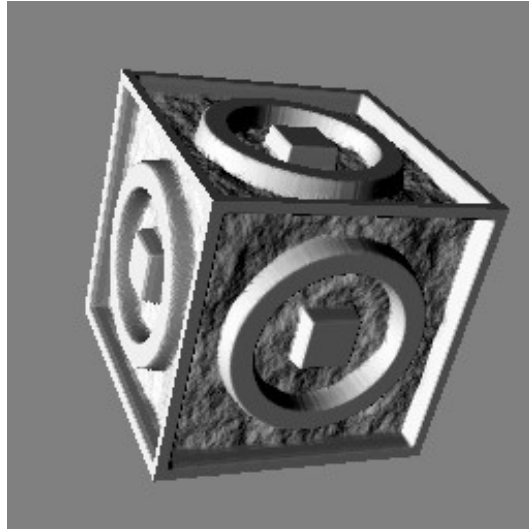


Prezentowana metoda

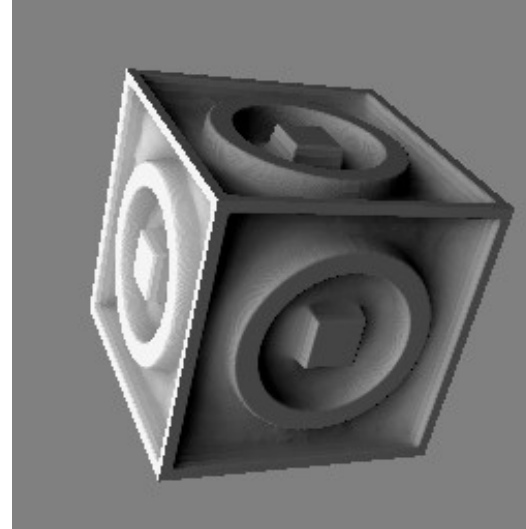


Porównanie – oświetlenie bryły 3D z relief mappingiem

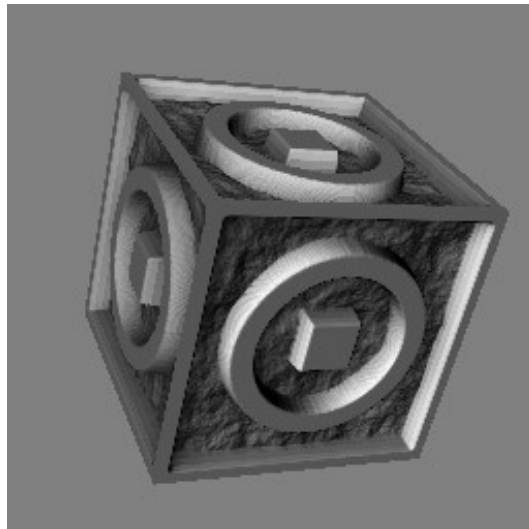
Klasyczne mapy normalnych



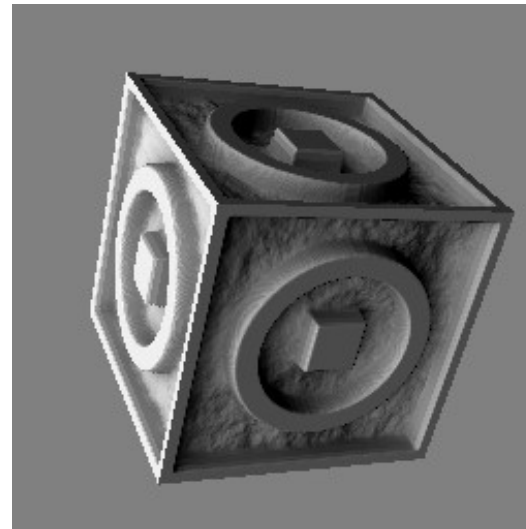
Bent Normals



Radiosity Normal Maps

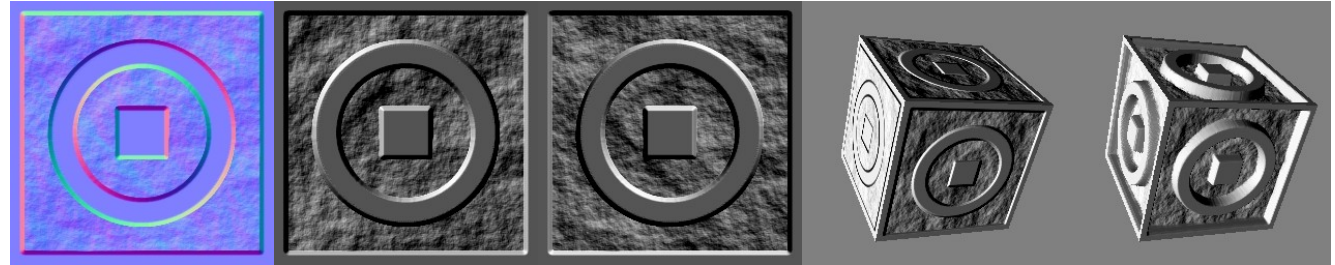


Prezentowana metoda



Porównanie z istniejącymi metodami

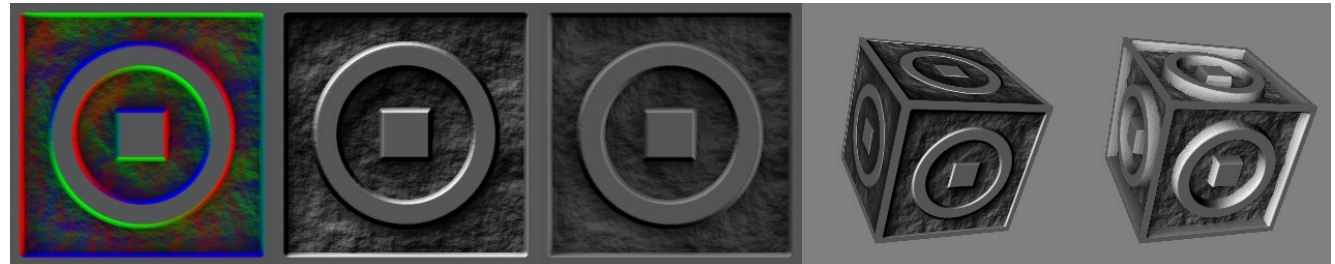
Klasyczne mapy normalnych



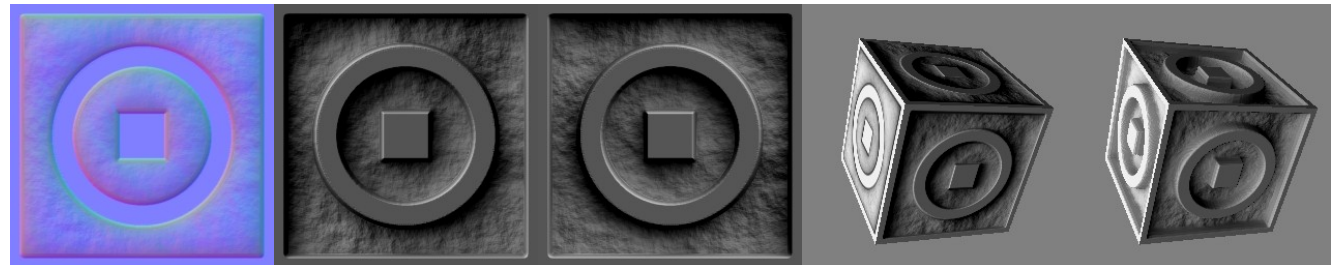
Bent Normals



Radiosity Normal Maps



Prezentowana metoda



Porównanie z istniejącymi metodami

Metoda	Detale niskiej częstotliwości	Detale wysokiej częstotliwości	Niezależność od kierunku oświetlenia	Działanie w view-space	Rzucanie cienia
Klasyczne mapy normalnych	✓	✓	✓	✓	✗
Bent Normals	✓	✗	✓	✓	✓
Radiosity Normal Maps	✓	✓	✗	✗	✓
Prezentowana metoda	✓	✓	✓	✓	✓

Prezentacja demo

Pytania?