

# 面法線に基づく輝度再配置による 照明変化画像作成手法

眞鍋 知久

香川高等専門学校

中山 徹, Bisser Raytchev, 玉木 徹, 金田 和文

広島大学大学院

# Introduction

提案する手法は...

既存の画像から照明条件を変化させた画像を作成

☀️ 光源左



既存画像No.0

☀️ 光源中央



生成画像

光源右 ☀️



既存画像No.1

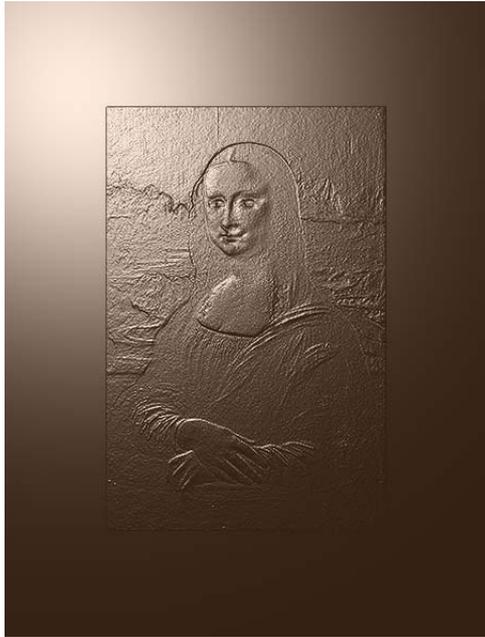
照明条件(光源位置) の変化する画像

# Introduction

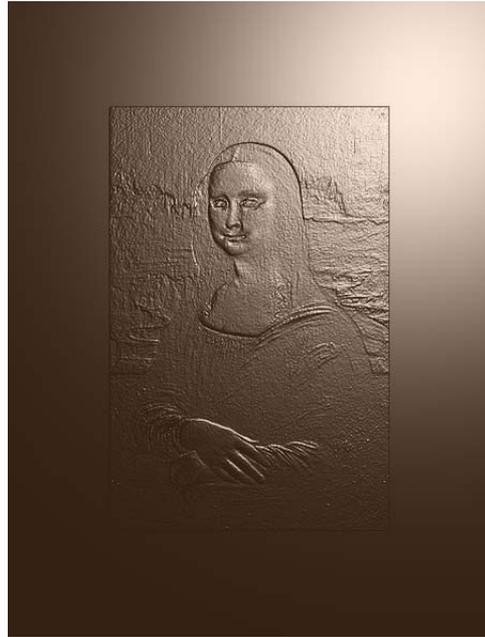
## CGで基礎的研究

提案手法による適用例

※レンダリングしたものではない



画像No.0



画像No.1



# Introduction: 照明変化の影響

照明条件が変化すると...

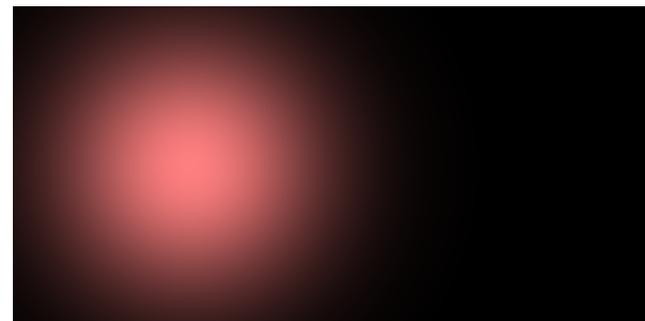
## 【光源位置】

ハイライトが推移  
面法線に応じて輝度に変化



## 【光源強度】

分布全体の輝度値が変化



## 【光源色】

輝度分布の色相や彩度が変化

# 背景： Related works

## Image-based Rendering

### レイデータベースアプローチ

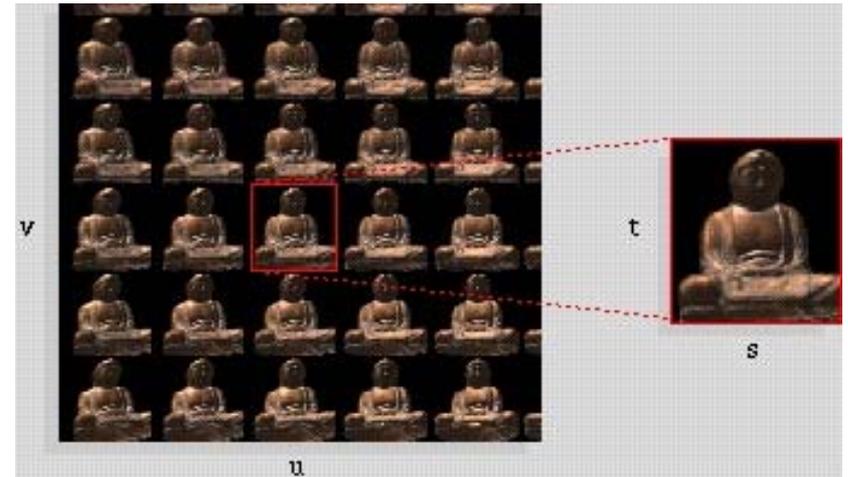
Lumigraph ['96 Gortler]

Light field Rendering ['96 Levoy]

#### 【対象シーン】

視点位置：**任意に変更可**

光源位置：固定



提案手法では...

#### 【対象シーン】

視点位置：固定

光源位置：**任意に変更可**



Light field Rendering

M. Levoy, P. Hanrahan,  
Proc. ACM SIGGRAPH 1996

# 目的：問題設定

既知の画像から照明条件を変化させた画像を作成

想定するシーン

点光源(直接照明)

面上で一様な反射分布 (等方性拡散反射＋鏡面反射)

## 【既知情報】

①照明条件の異なる入力画像

②画素ごとの面法線

奥行き情報(depth等)から算出可

## 【未知情報】

①面の反射特性

②光源に関する情報

方向：画像中のハイライトから推定

距離：任意の係数を与える

# 単純に補間できないのか？

画素ごとに輝度値を線形補間すると...

## ×【光源位置の変化】

- × ハイライトの移動
- × 凹凸の陰影の変化

## ×【光源色の変化】

- × 色相や彩度の変化

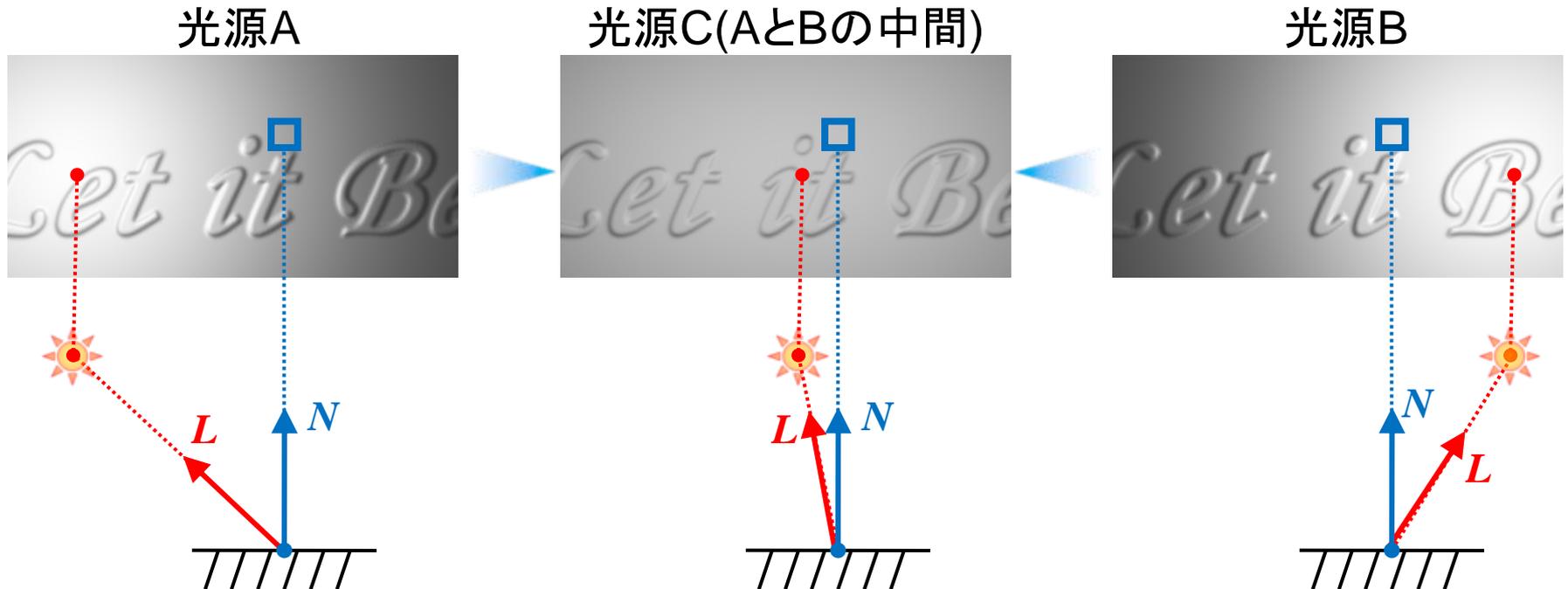


# 単純に補間できないのか？

画素ごとに輝度値を線形補間すると...

同じ計算点(画素)でも光源の方向 $L$ が異なる

↳ 光源との関係が全く異なる点を補間している

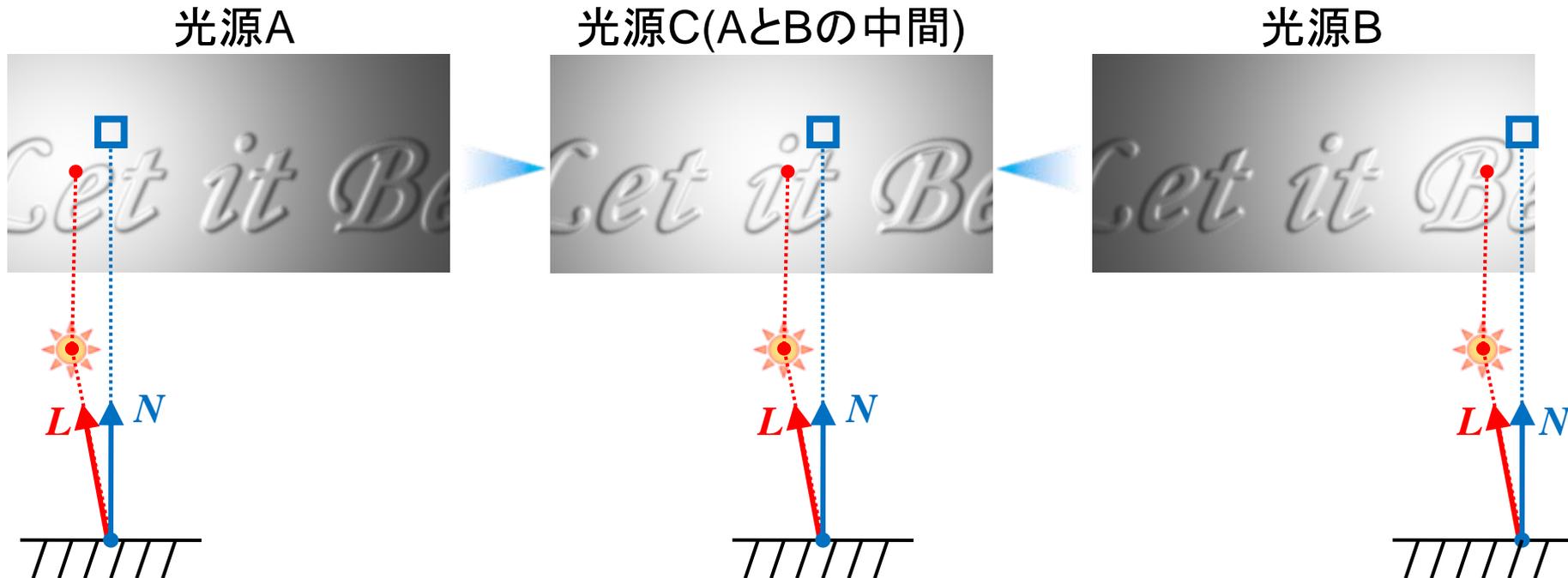


# 提案手法の概念

計算点と光源の関係が重要!

光源との関係性から補間するデータを選ぶ

↳ 光源位置(照明条件)を考慮した補間

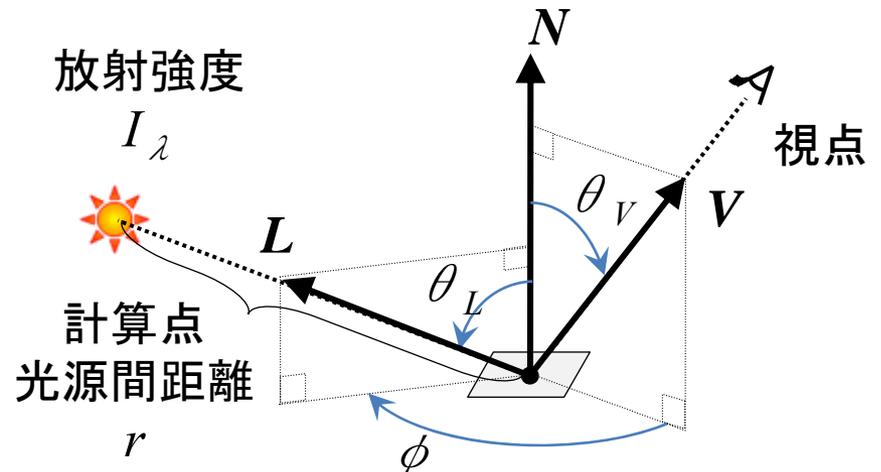


# 計算点と光源の関係は？

## 輝度値

$$L_\lambda = L_{d\lambda}(\theta_L, r, I_\lambda) + L_{s\lambda}(\theta_L, \theta_V, \varphi, I_\lambda) \\ = g_\lambda(\theta_L, \theta_V, \varphi, r, I_\lambda)$$

**照明関数:**  $g_\lambda(\theta_L, \theta_V, \varphi, r, I_\lambda)$

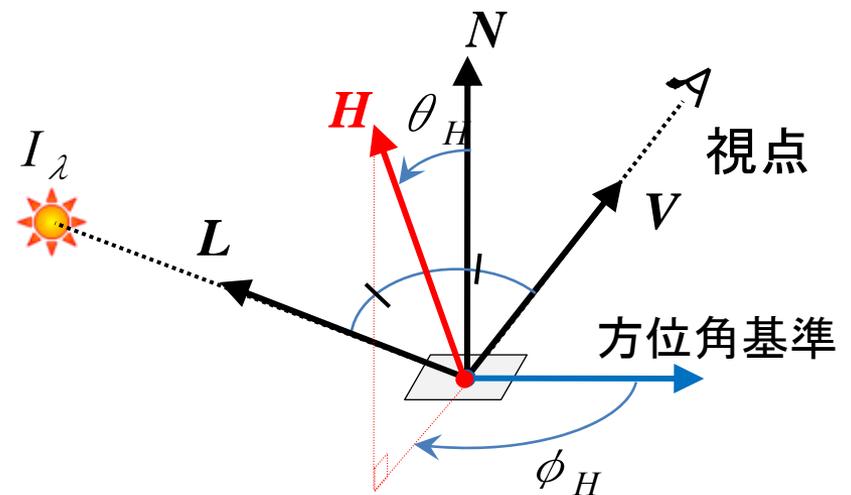


## 近似モデル

$$L_\lambda = g_\lambda(\theta_H, \varphi_H)$$

Halfベクトルを用いて  
パラメータを削減

**照明関数:**  $g_\lambda(\theta_H, \varphi_H)$



# 照明関数のパラメータ削除

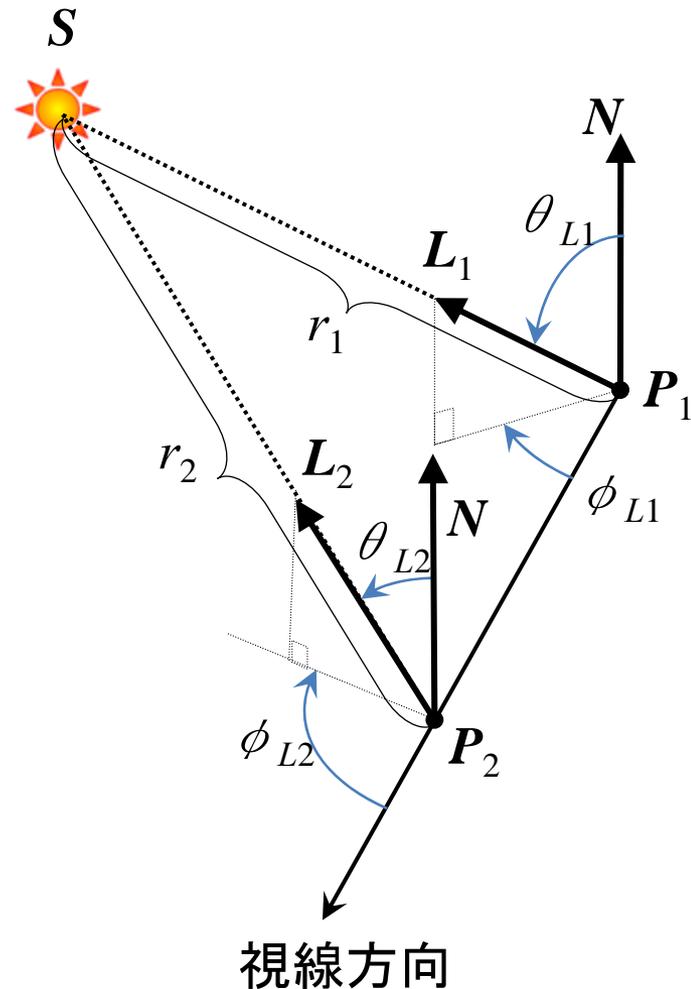
距離  $r$  の削除 【計算点  $P$  と点光源  $S$  間距離  $r$ 】

※凹凸のない平らな面では...

$\theta_L, \phi \Rightarrow r$ : 一意に決まる

$r$  は  $\theta_L, \phi$  より算出  
( $r$  をパラメータから削除)

※凹凸を持つ面に対しては  
距離  $r$  が影響する



# 照明関数のパラメータ削除

視線  $V$  , 光線  $L ( \theta_L, \theta_V, \phi )$  の近似

$V$  と  $L$  の2等分(Half)ベクトル  $H$  による近似

$$H (\theta_H, \phi_H) = \frac{V + L}{|V + L|}$$

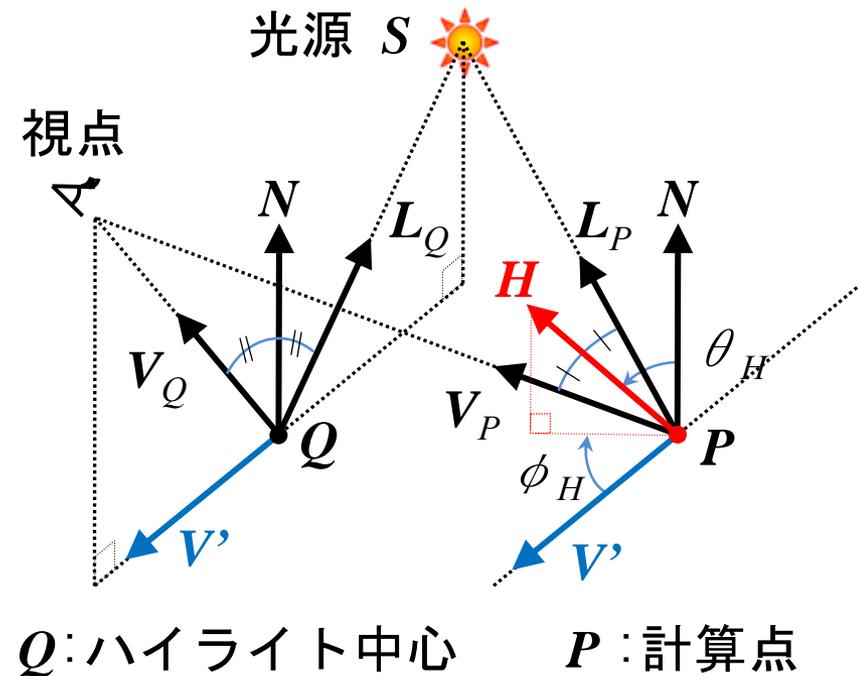
## 【近似による影響】

$H$  が  $V$  に依存する

↳ 拡散反射成分が  $V$  に依存

※光源移動時

人の眼はハイライト  
(鏡面反射) を注視



# 照明関数のパラメータ削除

## 光源の放射強度 $I_\lambda$ の削除

照明条件ごとに照明関数を作成

(光源位置  $S$ , 放射強度  $I_\lambda$ )

⇒ 画像ごとに照明関数を作成

$$\left\{ \begin{array}{l} L_{\lambda,0} = g_{\lambda,0}(\theta_H, \varphi_H) \\ L_{\lambda,1} = g_{\lambda,1}(\theta_H, \varphi_H) \\ \vdots \\ L_{\lambda,j} = g_{\lambda,j}(\theta_H, \varphi_H) \end{array} \right.$$

照明関数を補間

$$\begin{aligned} L_{\lambda,t} &= g_{\lambda,t}(\theta_H, \varphi_H) \\ &= w_0(S, I_\lambda) g_{\lambda,0}(\theta_H, \varphi_H) + w_1(S, I_\lambda) g_{\lambda,1}(\theta_H, \varphi_H) \end{aligned}$$

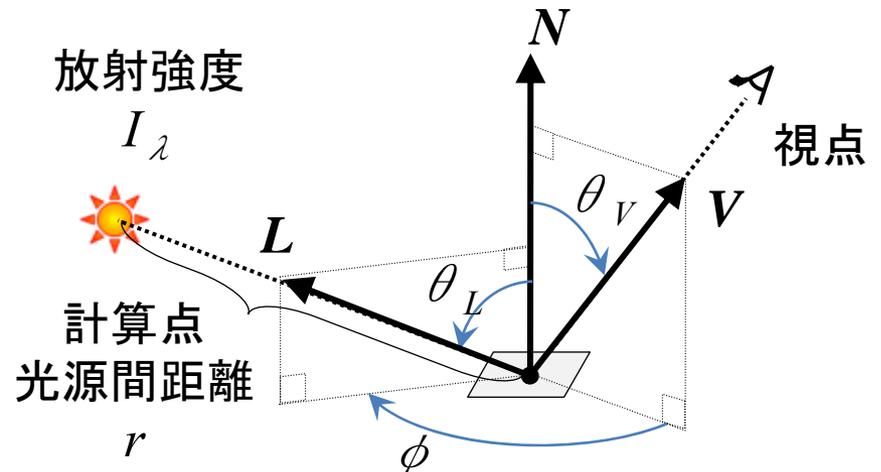
任意の照明条件の照明関数

# 計算点と光源の関係は？

## 輝度値

$$L_\lambda = L_{d\lambda}(\theta_L, r, I_\lambda) + L_{s\lambda}(\theta_L, \theta_V, \varphi, I_\lambda) \\ = g_\lambda(\theta_L, \theta_V, \varphi, r, I_\lambda)$$

**照明関数:**  $g_\lambda(\theta_L, \theta_V, \varphi, r, I_\lambda)$

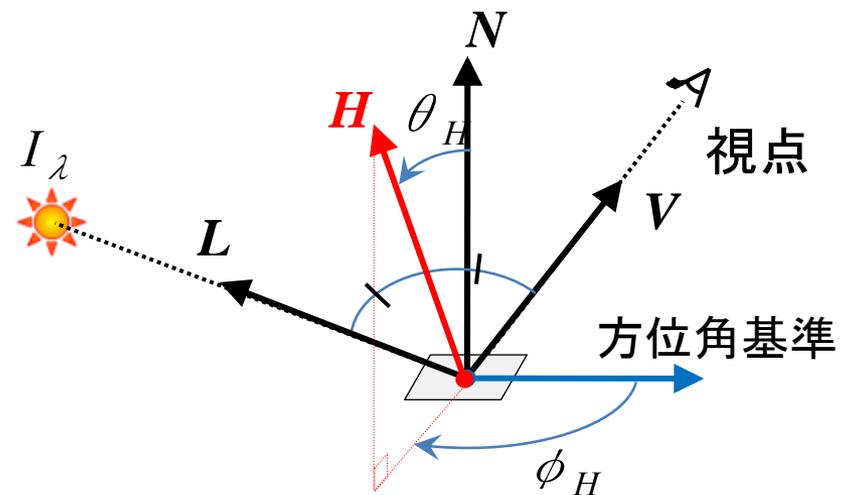


## 近似モデル

$$L_\lambda = g_\lambda(\theta_H, \varphi_H)$$

Halfベクトルを用いて  
パラメータを削減

**照明関数:**  $g_\lambda(\theta_H, \varphi_H)$



# 照明関数パラメータの算出

画素 $(u, v)$ に関する輝度 $L_\lambda(u, v)$

法線に基づく光線, 視線に関する照明関数  $g_\lambda(\theta_H, \varphi_H)$

光線  $L = S - P(u, v)$

視線  $V = O - P(u, v)$

$$H(\theta_H, \varphi_H) = \frac{V + L}{|V + L|}$$

視点  $O$  【算出可】

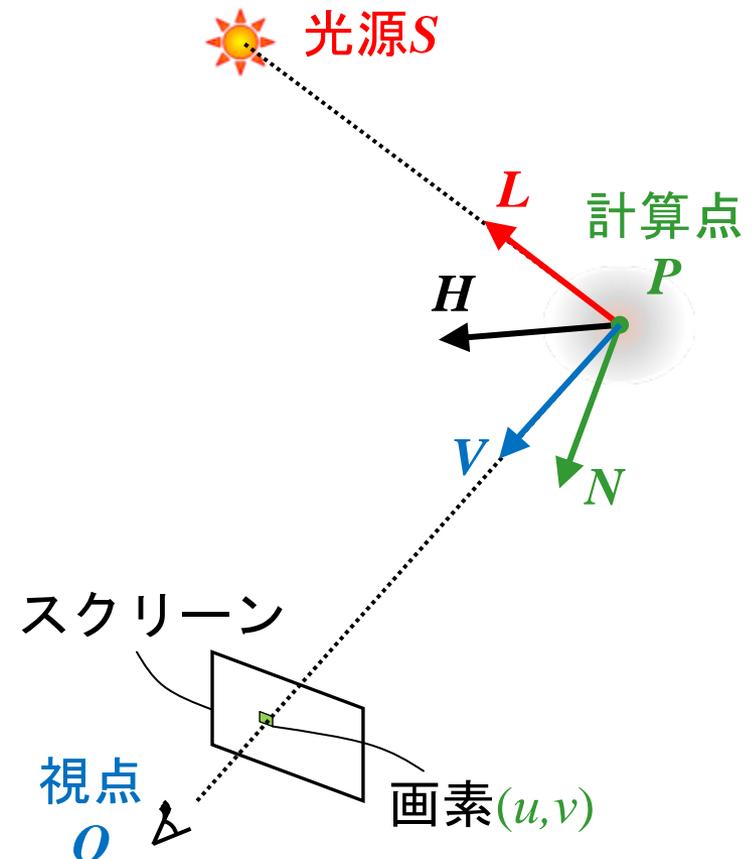
カメラ座標系における原点

計算点  $P$  【既知情報】

面法線  $N$  【既知情報】

depth等の情報より取得可

光源  $S$  【推定】



# 提案手法：照明関数を用いた輝度値補間

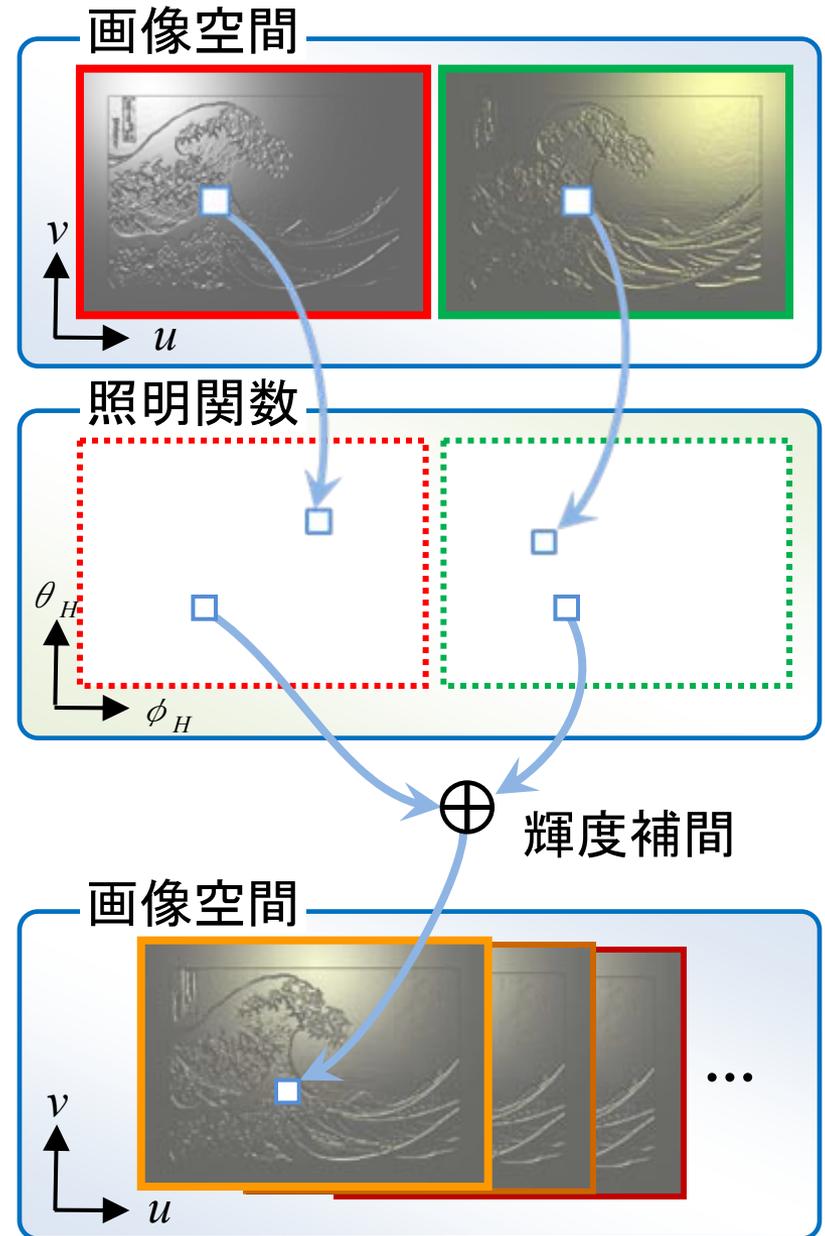
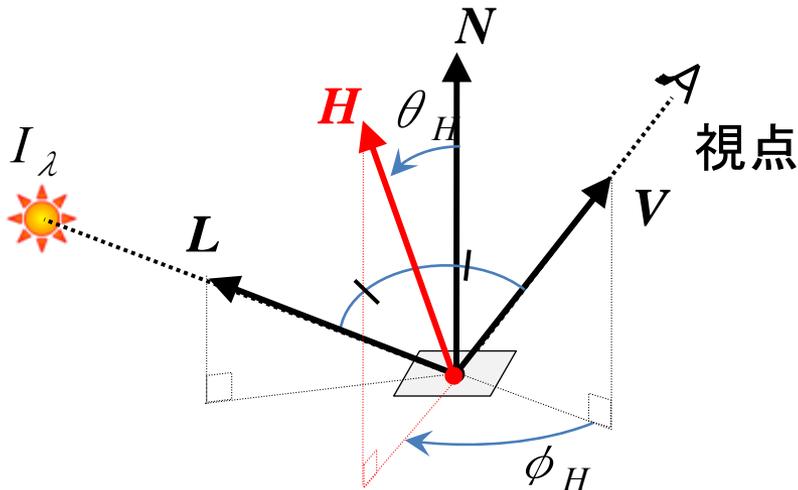
輝度値の補間に参照するのは...

× 画素( $u, v$ )

○ 照明関数上のパラメータ( $\theta_H, \phi_H$ )

計算点からの視線・光線

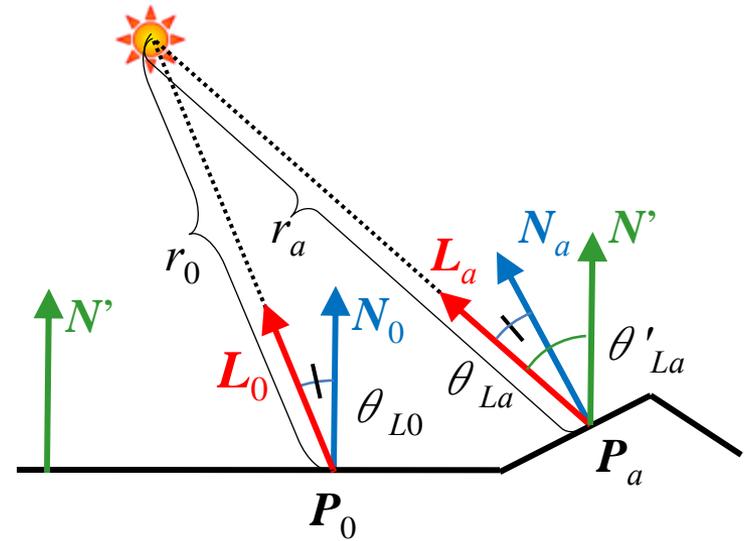
計算点での視線・光線方向が  
考慮された輝度値補間



# 凹凸を持つ面への拡張

## 凹凸面の法線

面で共通の平均法線 $N'$   
計算点ごとの局所法線 $N_i$   
凹凸部は $N' \neq N_i$



## 照明関数

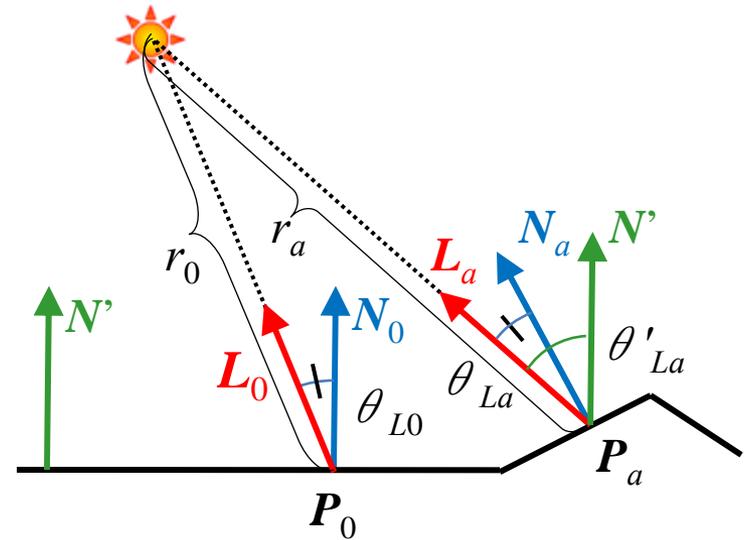
×  $\theta_L, \phi \Rightarrow r$ : 定まらない

↳  $g_\lambda(\theta_H, \phi_H)$ に異なる値が登録

# 凹凸を持つ面への拡張

## 照明関数の算出

平らな面( $N' = N_i$ )での値を保存  
(照明関数には $P_0$ の値が登録)



## 凹凸部の輝度値の取得

$r$ に応じて照明関数値(輝度値)を補正  
( $r_0$ と $r_a$ の比に基づいて補正)

$$g_{\lambda}(P_a) = w_g \left( \frac{r_a}{r_0} \right) g_{\lambda}(P_0)$$

# 適用例



入力画像0 ( $t = 0$ )



入力画像1 ( $t = 1$ )



結果画像(上から $t = 0.1, 0.3, 0.5, 0.7, 0.9$ )

# まとめ

## 照明条件を変化させた画像を作成する手法の提案

### 照明関数を用いた補間

光線・視線方向に基づき補間するデータを選択

### 手法の改良と拡張

遮蔽物による影の考慮

複数光源で照らされたシーンへの適用

模様のある面への適用

(面上の反射特性が一様でない)