

I-40

構造形態とその陰影効果の景観評価

北海道大学工学部 ○学生員 上野 潮江

北海道大学工学部 正 員 荻澤 憲吉

1. はじめに

景観における構造物を考える。構造物が在って、人がそれを認識（感知）し、心象（イメージ）を抱く場合、その構造物は、「色・肌理」「形態」「視点場」「光」「風音・水音」などの要素により表現されるであろう。これらの要素の内、「色・肌理」「形態」「視点場」「光」は、人の視覚認識によるものである。

その中で「形態」「光」という要素を考えてみると、例えば、形態に特徴のある構造物が光の加減で活かされず無表情になってしまったり、シンプルな仕上げの形態が光の考慮により最大限活かされるといった表現効果があるかもしれない。

本報告は、実際の土木構造物の形態に及ぼす光（この場合太陽光）の陰影効果について景観評価を行ったものである。

2. 太陽光による構造物表面の照度

2-1 受照面の明るさ

光が構造物面を照らしたときの視覚認識の数量化は、照度という明るさの度合いを表す単位で行う。照度 E は、光をうける面（受照面）での入射光束の面積密度と定義され、単位は $\text{lm}/\text{m}^2 = \text{lux (lx)}$ である。光束 F は輻射束の波長分布と標準比視感度の関数で、今回の太陽光という条件では常に一定となっており、 $dF = \text{const}$ である。太陽光の反射光は考慮せず直接入射光のみ考慮し、かつ構造物の面の種類を考えずに反射率 1、透過率 0 のものを仮定して考えると、照度は構造物の面積 S の投影面積 S' によってのみで決定されることがわかるので $E = \frac{dF}{dS'}$ であり、光と面のなす角を Ω とすると、受照面積 $S' = \frac{S}{\cos \Omega}$ である。

よって、照度 $E = f_o \cos \Omega$ ($f_o = \frac{dF}{S} = \text{const}$) となる。

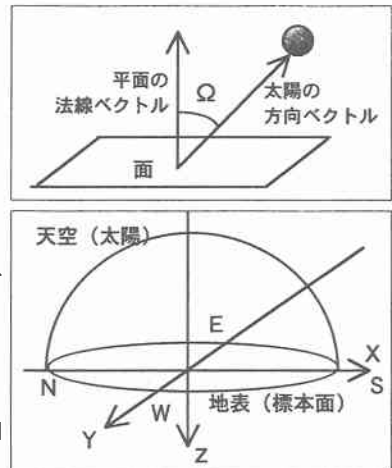
ここで、光と面のなす角 Ω は、右上図のように太陽の方向ベクトル $\vec{u}$ 、平面の法線ベクトル $\vec{v}$ で決定される。

2-2 標本面の向きと太陽の位置

本報告で取り扱う構造物表面を標本面とよび、この標本面と太陽位置を表す座標を設定する。座標軸は右手系とする。

標本面の向きについては、仰角（俯角） ϕ と、方向角 θ とで表される。

太陽の位置については、太陽の軌道は円周で近似できるので、秋分・春分に限定して考えると、太陽高度 ϵ （南中高度： α ）と太陽方向角 δ_0 とで、以下のように表される。（ ϵ は δ_0 の関数、 δ は δ_0 の X-Y 平面への投影角）



Landscape evaluation of structural shapes and the effect of shadow

By Ueno Shioe and Nirasawa Noriyoshi

$$\varepsilon = \tan^{-1} \frac{z}{\sqrt{x^2 + y^2}} = \tan^{-1} \frac{\cos \delta \sin \alpha}{\sqrt{\cos^2 \delta \cos^2 \alpha + \sin^2 \delta}}$$

南中高度 $\alpha = 90^\circ - x$ (x : 緯度)

これにより、太陽の方向ベクトル $\vec{u}$ と、平面の法線ベクトル $\vec{v}$ は、それぞれ ε 、 δ と ϕ 、 θ を用いて、次のように表される。

$$\vec{u} = (\cos \varepsilon \cdot \cos \delta \quad \cos \varepsilon \cdot \sin \delta \quad \sin \varepsilon)$$

$$\vec{v} = (\cos \phi \cdot \cos \theta \quad \cos \phi \cdot \sin \theta \quad \sin \phi)$$

よってそのなす角 Ω は、以下の通りとなる。

$$\cos \Omega = \frac{\vec{u} \cdot \vec{v}}{|\vec{u}| \cdot |\vec{v}|} = \cos \phi \cdot \cos \theta \cdot \cos(\theta - \delta) + \sin \phi \cdot \sin \varepsilon$$

また、照度 $E = f_o \cos \Omega$ において f_o は太陽の性質により定まる定数であるので、これ以降の計算結果では、便宜的に $f_o = 1$ において、求めた照度の数値 f を採用する。(照度は、度合いの単位なのでこのように表しても値の比較には差し支えない。) 従って照度 $f(=E)$ は次のように表される。

$$f = \cos \Omega = \cos \phi \cdot \cos \theta \cdot \cos(\theta - \delta) + \sin \phi \cdot \sin \varepsilon$$

2-3 一平面の照度の日変化

前述の照度の計算式を使って、様々な向きを持つ平面について、一日の照度変化の値を求めた。(秋分・春分時期、太陽が東から昇り西に沈むまでの時間帯、平面の位置する緯度は北緯 43 度とした。)

計算結果のうち、以下に 2 つ向きを持つ平面のグラフをあげる。グラフでは、棒グラフが照度差、線グラフが太陽の位置を表している。

計算結果 (仰角 0° 、方向角 -30°)

方向角 -30° (およそ南南東向き) の地面と垂直に位置する標本面が受ける照度は、右図の通りである。

標本面の方向角は -30° でおおよそ南南東向きであるが、照度のピークは、太陽がほぼ南東の位置の時に訪れている。

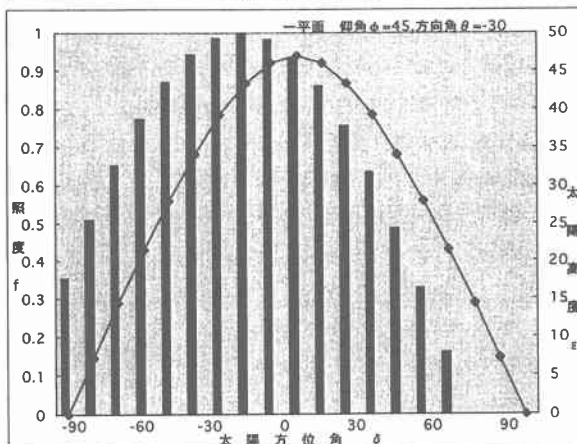
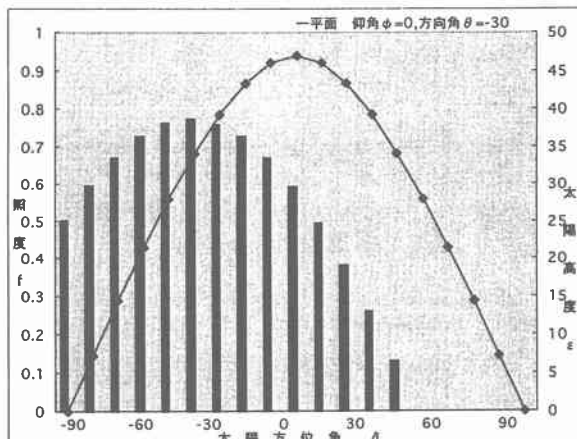
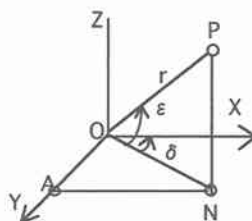
計算結果グラフ (仰角 45° 、方向角 -30°)

前出の場合と、方向角が同じで、仰角が 45° としたときの照度である。

照度のピークは、太陽高度が $42 \sim 43$ 度付近の時、ほぼ最大の 1 となっている。日変化を通して前述の仰角 0° の場合より、照度が大きいことがわかる。

$$\delta = \tan^{-1}(\tan \delta_o / \cos \alpha)$$

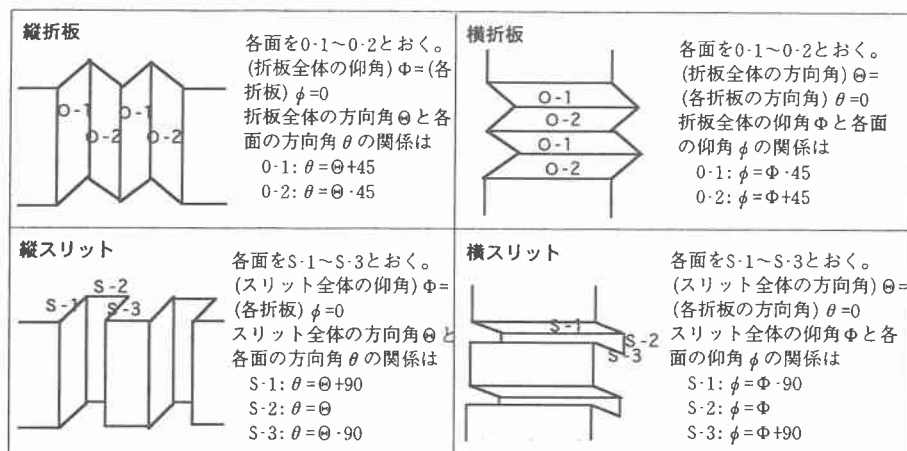
太陽の方向ベクトル図



2-4 複平面の照度・コントラストの日変化

実構造物では、折板やスリットといった面が複数存在する構造面もある。一平面の視覚認識と違い、複平面全体の視覚認識では、複平面の隣接する各面の明るさの違いを対比するコントラストという要素を考える必要がある。コントラストという要素は、ある面とある面との視覚的差異であるので、この値を各面の照度の差という形で表わした。（コントラストの値＝照度差）

複平面としては以下のような縦折板、横折板、縦スリット、横スリットを扱った。

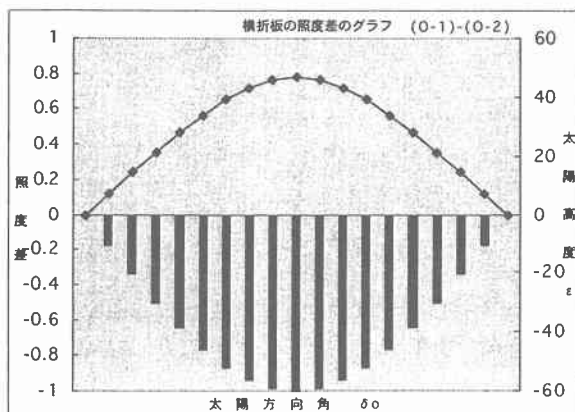
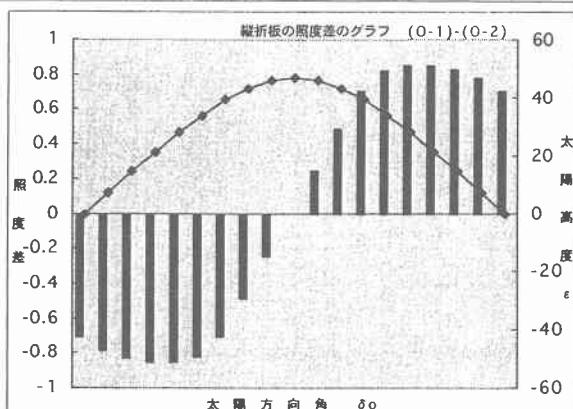


本報告では、計算結果のうち、縦折板と横折板のコントラスト（照度差）のものを載せた。

縦折板、及び横折板の向きは、全体の仰角、方向角ともに 0° の時とする。（秋分・春分時期、太陽が東から昇り西に沈むまでの時間帯、複平面の位置する緯度は北緯 43 度とした。）グラフでは、棒グラフが照度差、線グラフが太陽の位置を表している。

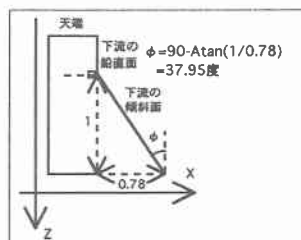
右図のグラフを見ると、縦折板と横折板との構造面の違いで、グラフの形状がかなり異なっており、コントラストの日変化はかなり違ったものになっている。

縦折板では、コントラストに二つのピークを持っている。横折板では、太陽の方向角が 0° を中心として 60° にわたって、構造面が 0.8 以上の強いコントラストを持つ時間が続いている。



3. 実構造物における陰影効果の検討

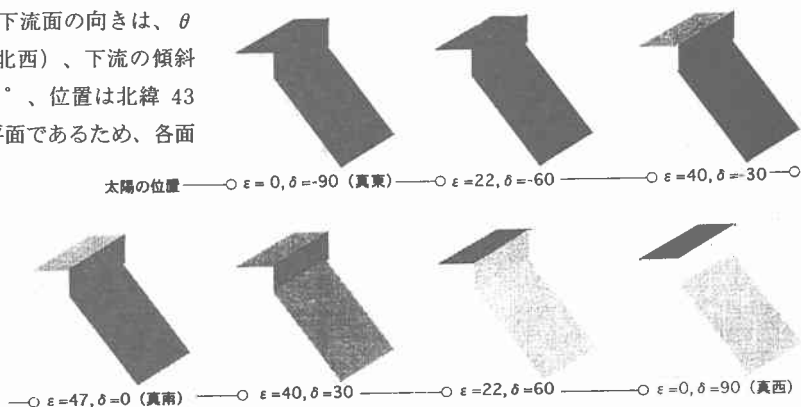
位置や形態が明らかになっている実構造物として、計画中のダムを例にあげて、その照度の計算を行うとともに、コントラストの計算も行った。(ダムは複平面) この照度とコントラストの数値より、視覚化も併せて行った。3-2、3-3 では、ダム堤体の構造面が異なったもの陰影効果の視覚化を行った。これにより陰影効果の景観評価を行った。



3-1 ダム堤体における照度変化

計画中のダム堤体下流面の向きは、 $\theta = 104.88^\circ$ (ほぼ西北西)、下流の傾斜面の傾斜は $\phi = 37.95^\circ$ 、位置は北緯 43 度である。ダムは複平面であるため、各面

の照度とともに面同士のコントラスト(照度差)があるので、コントラストの一日の変化の様子を図にして次のように視覚化した。右上図では、

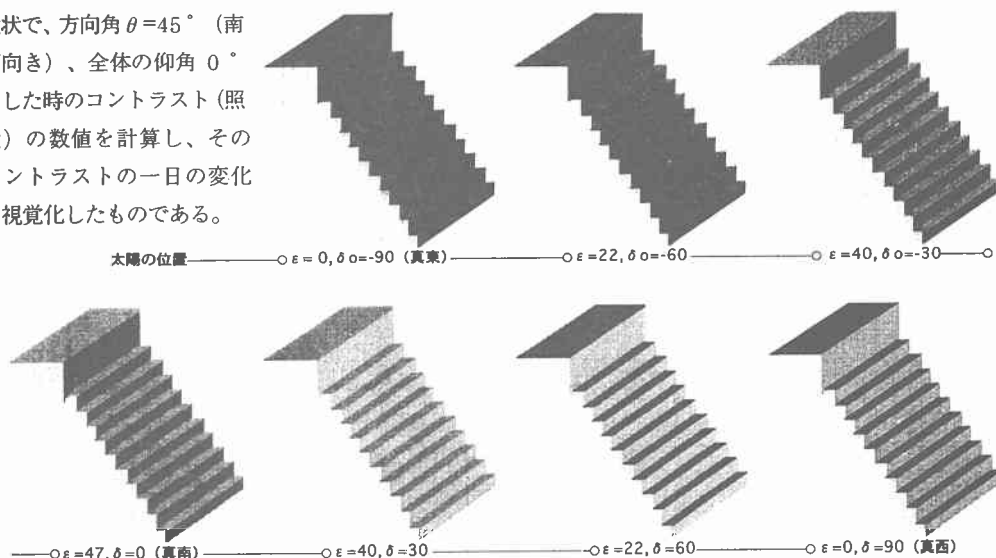


太陽が真東から真南にある時間帯では、各面自体の照度が低く、かつコントラストも低くなっている。

3-2、3-3 では、下流面の方向角を $\theta = 45^\circ$ (南西向き) として、計算する。(位置は北緯 43 度。)

3-2 階段状になったダム下流面の照度変化

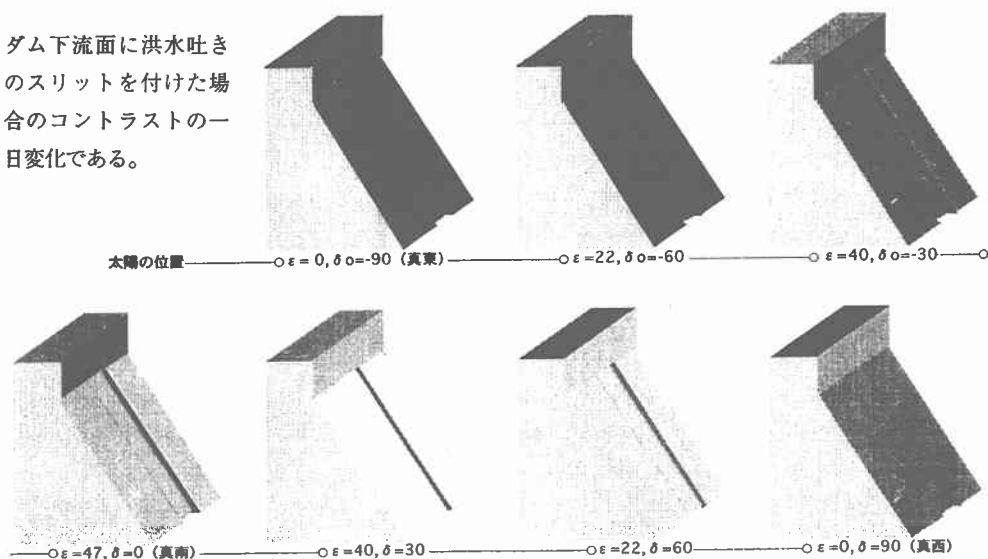
ダムの下流面の形態は階段状で、方向角 $\theta = 45^\circ$ (南西向き)、全体の仰角 0° とした時のコントラスト(照度)の数値を計算し、そのコントラストの一日の変化を視覚化したものである。



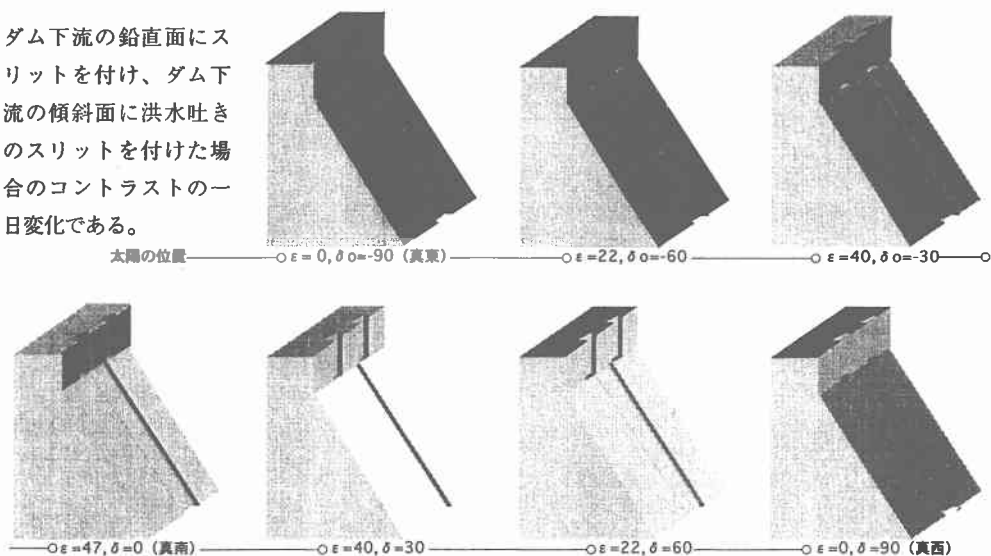
3-3 洪水吐きなどのスリットがある場合の照度変化

3-2 ではダムの下流面を階段状にしたが、次に洪水吐きなどのスリットがある場合の照度の数値を計算し、そのコントラストの一日の変化を視覚化した。(ダムの方向角、仰角その他の設定は3-2と同様である。)

ダム下流面に洪水吐きのスリットを付けた場合のコントラストの一日変化である。



ダム下流の鉛直面にスリットを付け、ダム下流の傾斜面に洪水吐きのスリットを付けた場合のコントラストの一日変化である。



3-2、3-3 では、3-1 でのダムの方向(西北西向き)を南西向きに変えた影響が視覚化した図にみられる。太陽が南東から真南にある時間帯でも、構造面が照度とコントラストを持ち、その面の階段状やスリットの形態が割合ははっきりと見えている。3-2、3-3 では、構造面の階段状やスリットを多く入れていれば、面のコントラストの変化も多くなり、視覚的印象も変わってくるのが分かる。

4. あとがき

構造物を表現する要素である光と形態と視覚認識との関係性を表すため、照度（明るさの度合い）という単位による数値化を行った。

種々の条件で照度を求めた。平面、複平面（折板、スリット）や簡略化したダム堤体など、種々の形態を持つ構造物に、太陽光が差し込んだ場合の照度およびコントラスト（照度差）を一日変化での計算を行い、この数値を元に視覚化を行った。

照度の数値の視覚化により、コントラスト（照度差）という観点が重要であることがわかった。

今後とも、景観における構造物等の表現要素というを基礎研究により数量化し、より明確な形にしておくことから、構造物への効果、構造物の形態を活かす方法、または構造物が景観に好影響を与える方法を考察していきたい。

◇ 参考文献

1. 田中俊六ほか著：最新 建築環境工学、井上書院、1989
2. 木村健一ほか著：新建築学大系 8 自然環境、彰国社、1984
3. 小牧浩子、窪田陽一：コンクリート構造物の表面形態の景観評価、土木学会構造工学論文集 vol. 42A、1996
4. 理科年表、東京天文台編集 丸善、1996