

コンピュータグラフィックスを用いた橋梁の色選定に関する一考察（続編）

A Study on the Bridge Color Selection Using Computer Graphics (Part 2)

鳥羽 勇 造*¹ 植田 純 一*²
Yuzou TOBA Jun-ichi WASADA

Summary

A graphics program, which enables both color selection and coloring simulation, was created to simplify the selection of colors of a steel bridge. The program uses worksheets of spreadsheet software. When a basic concept and a coloring plan of the bridge are given as the initial input data, the likely paint colors are selected semi-automatically. Moreover, the program selects the colors by viewing the bridge at any angles, producing the drawings of landscapes.

キーワード：景観設計，橋梁塗装色，CG，色彩調和，景観図，三次元

1. まえがき

国土交通省のホームページで本省記事のみに限定し“景観”の文字検索を掛けると実に1200件がヒットする。また、「美しい国土づくり」を目指し、設計業務に景観を重視したプロポーザル方式が実施されるなど最近、景観重視の傾向が一段と強まっている。このように道路構造物の景観への配慮は、一時の過剰なまでの景観偏重は影を潜めたが、道路予算の削減にも関わらず弱まってはいない。中でも橋梁は、道路景観を構成する重要な要素となっている。

景観の印象を決めるのは80%が色彩と言われている。これらの景観検討には支援システムとしてコンピュータグラフィックス（以後CGと云う）の利用が有効である。しかし、CGはデータ作成に時間がかかるのが難点であり、塗装色選定には専門的な知識が要求される。

当社では景観設計の対象となる橋梁構造物の三次元入力を容易にするため、構成部品寸法をパラメトリック化（関数化）して登録し、それを組み上げる景観設計システムを開発した（宮地技報14号）。また、前号では景観コンセプトを設定しない中小橋梁塗装色の簡易的な選定方法について提案した（宮地技報16号）。

本稿では提案した手順のスプレッドシート化・プログラム化を図り、シート上で橋梁塗装色の自動的な選定を試みたので報告する。また、本手法を数件の色選定に適

用した事による手順の補足、さらに、現在試みている背景（三次元構造物をはめ込む風景写真部分をここでは云う）のフラクタル技法を用いた三次元化を含めて紹介する。

2. 選定手順のシート化・プログラム化

従来、塗装色の選定は景観色が把握できない、候補色の選定が難しい、時間と費用がかかるなど難しい作業となっている。これらの改善策として前号で紹介した手順をより実務的で使い易いものとするため、表-1、2、3に示すスプレッドシートを作成した。本シートの特徴としては

- ① 初期条件を与えれば手順に従った塗装色の候補が半自動的に、かつフロー形式でビジュアルに選定できる。
- ② シート上の窓で景観色と塗装候補色の配色シミュレーションが可能である。
- ③ 色相、明度、彩度の数値入力によりパソコン画面の色表示であるRGBに変換し、該当色の画面表示ができる。
- ④ シート全体がそのままカラープランニングのレポートとして出力できる。


などがあげられる。以下に各シートの機能を概説する。

*¹千葉工場生産設計部

*²千葉工場生産設計部電算課

表-1 選定シート (その1)

塗装色選定シート(その1/3)



背景画

色コンセプトノ決定

基本コンセプト

- 1 目立たせる
- 2 景観と調和
- 3 目立たせない

橋色コンセプト

- 1 暖かい
- 2 クール

1 基本コンセプト

架橋位置と橋梁形式によるイメージ(参考数字は色コンセプト)

	桁橋	トラス橋	アーチ橋	ラーメン橋	吊橋と斜張橋
山間部	2	1	1	1	1
田園	2	2	1	1	2
海浜部	2	2	1	1	2
都市・工業	3	3	3	3	3
跨橋	3	3	3	3	3

構造イメージ

平面的リズム感 人工的	立体感 圧迫感 人工的 重々しい 大きい 力強い	立体感 大きい 重々しい リズム感 自然な	平面的 リズム感 人工的	立体感 リズム感 自然な 大きい
-------------	--------------------------	-----------------------	--------------	------------------

標準モデルへの当てはめ 配色の対象となる背景の代表を決める

構成背景	山間部	田園	海浜部	都市・工業	跨道橋			
背景代表	山-山	山-空	山-河	空-山-田	空-河	空-海(湖)	空-町	空-道路
背景パターン	1	2	3	4	5	6	7	8
標準景観色	1	2	3	4	5	6	7	8

配色の方針 基本コンセプトから配色方針を決める

基本コンセプト	配色方法	標準トーン	トーンイメージ	ポイント	代表色
1 対比色	同一トーン 類似トーン (明清色)	vv, lt, st, pl	際立つ 人工的な	明るく暖色系を使用 色相差をつける 明度差はつけない	R、Y、YR、B、PB、RP、GY
2 同一色 類似色	対比トーン 類似トーン (清色)	pl, vp, lg, sf, dl, dp	まとまり 自然な	色相差はつけない 明度差をつける	Y、B、G、GY、PB、BG
3 同一色 類似色	同一トーン 類似トーン (高明度)	lg, vp, pl	溶け込む 穏かな	色相差はつけない 明度差はつけない	Y、R、G、GY、PB、BG、YR

背景景観色を決定する

使用する: 0 標準色 使用しない: 1 標準色

上の表より選定

色相	トーン
10G	st
明度	彩度
4	8

塗装色見本と比べて近似色を選定

色相	トーン
10G	st
明度	彩度
4	8

表左端の背景景観色と「基本コンセプト」から配色の候補となる色相を抽出する。

景観色	類似色				対比色																		
	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17		
赤	02 2.5R	05 5R	07 7.5R	09 10R	2.5GY	5GY	7.5GY	10GY	2.5GY	5GY	10G	2.5BG	5BG	7.5BG	10BG	2.5B	5B	7.5B	10B	2.5PB	5PB	7.5PB	10PB
黄赤	12 2.5YR	15 5YR	17 7.5YR	19 10YR	2.5GY	5GY	7.5GY	10GY	2.5GY	5GY	10G	2.5BG	5BG	7.5BG	10BG	2.5B	5B	7.5B	10B	2.5PB	5PB	7.5PB	10PB
黄	22 2.5Y	25 5Y	27 7.5Y	29 10Y	2.5GY	5GY	7.5GY	10GY	2.5GY	5GY	10G	2.5BG	5BG	7.5BG	10BG	2.5B	5B	7.5B	10B	2.5PB	5PB	7.5PB	10PB
黄緑	32 2.5GY	35 5GY	37 7.5GY	39 10GY	2.5GY	5GY	7.5GY	10GY	2.5GY	5GY	10G	2.5BG	5BG	7.5BG	10BG	2.5B	5B	7.5B	10B	2.5PB	5PB	7.5PB	10PB
緑	42 2.5G	45 5G	47 7.5G	49 10G	2.5GY	5GY	7.5GY	10GY	2.5GY	5GY	10G	2.5BG	5BG	7.5BG	10BG	2.5B	5B	7.5B	10B	2.5PB	5PB	7.5PB	10PB
青緑	52 2.5BG	55 5BG	57 7.5BG	59 10BG	2.5GY	5GY	7.5GY	10GY	2.5GY	5GY	10G	2.5BG	5BG	7.5BG	10BG	2.5B	5B	7.5B	10B	2.5PB	5PB	7.5PB	10PB
青	62 2.5B	65 5B	67 7.5B	69 10B	2.5GY	5GY	7.5GY	10GY	2.5GY	5GY	10G	2.5BG	5BG	7.5BG	10BG	2.5B	5B	7.5B	10B	2.5PB	5PB	7.5PB	10PB
青紫	72 2.5PB	75 5PB	77 7.5PB	79 10PB	2.5GY	5GY	7.5GY	10GY	2.5GY	5GY	10G	2.5BG	5BG	7.5BG	10BG	2.5B	5B	7.5B	10B	2.5PB	5PB	7.5PB	10PB
赤緑	92 2.5RP	95 5RP	97 7.5RP	99 10RP	2.5GY	5GY	7.5GY	10GY	2.5GY	5GY	10G	2.5BG	5BG	7.5BG	10BG	2.5B	5B	7.5B	10B	2.5PB	5PB	7.5PB	10PB

色相の絞り込み

候補調和色	類似色	対比色													
7.5PB	2.5RP	5RP	10RP	2.5R	5R	7.5R	10R	2.5YR	5YR	7.5YR	10YR	2.5Y	5Y	7.5Y	10Y

採用 ○×△採入 ○採用 ×不採用 △やや合わないが採用

4. 色相の絞り込みが完了 → **相込み完了**

(その2)へ

入力の流れ

- 基本コンセプトを選択
- 背景パターンの選択
- 標準色景観色を使用するしない

入力完了

橋色コンセプトによる絞り込み

- 暖かい R、YR、Y、GY、RP 又天な、活刀、溫和
- クール G、BG、B、BP 新鮮な、沈静、清涼

表-2 選定シート (その2)

塗装色選定シート(その2/3)

トーン分類図

意味

vv 鮮やかな原色
st 明るい薄薄い
vp lg sf 明るい灰
dl dp 柔らかい
vv 濃い

イメージ

さえた動的な澄んだ、さえた柔らかい、軽い
ソフトな、涼しい、淡白な
静的な
柔らかかな
しづい
こくのある

その1から

「配色方針」から配色トーンを決定する
配色トーンが景観色と異なる場合はムーン・スペンサーの方法により調和であることを検証する。

推奨トーン

目立たせる: vp, pl, lg, sf, lt, st, vv, dl, dp

景観と調和: vp, pl, lg, sf, lt, st, vv, dl, dp

目立たせない: vp, pl, lg, sf, lt, st, vv, dl, dp

選定時の候補

目立たせる

環境色	vv	lt	st	pl
vv				
lt				
st				
dp				
pl				
sf				
dl				
lg				

景観と調和

環境色	vv	dp	st	pl	sf	dl	lg	vp
lt								
st								
dp								
pl								
sf								
dl								
vp								
lg								

目立たせない

環境色	vv	lt	st	pl	sf	dl	lg	vp
vv								
lt								
st								
dp								
pl								
sf								
dl								
vp								
lg								

採用トーン

採用色相	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
採用色相																		
塗装色相記号																		
近似明度																		
近似彩度																		
背景との明度差																		
背景との彩度差																		
美度係数																		
判定																		

調和・不調和のチェック (ムーン&スペンサーによる)

色相の美度係数	明度差	明度の美度係数	彩度の美度係数
1 同一 = 1.5	1 0	-1.3	1 0
2 類似 = 1.1	2 1~	-1	2 1~
3 対比 = 1.7	3 0.5~	0.7	3 3~
	4 1.5~	-0.2	4 5~
	5 2.5~	3.7	5 7~

美度の計算
色相 1.7
明度差 3
彩度差 2
計算美度 1.08 > 0.5
のとき美度が高い(調和する配色)

配色の検討

景観色

候補色

その3

左表にはプログラムが組み込まれている色相、明度、彩度の区分け範囲値を入力すると美度を計算する。

色相、明度、彩度の入力により色彩を表示(別プログラム)左枠にコピーして検討する

一次候補色 (上表から調和にあるもののみを抽出)

採用色相	類似色	採用色相	対比色
採用色相	10R	採用色相	5RP
塗装色相記号	Y29	塗装色相記号	Y95
lt	80D	st	Y02
lt	80D	vv	50V
lt	80D	lt	70T
lt	80D	lt	70T
lt	80D	lt	70T

表-3 選定シート (その3)

塗装色選定シート(その3/3)

その2から

一次候補色(前ページで決定された表)

		類似色				対比色									
採用色相	塗装色相記号	10R	Y29			採用色相	塗装色相記号	5RP	2.5R	7.5R	10R	2.5YR	5YR	7.5YR	10YR
It	80D					st			Y02						
It	80D					vv		50V			50V				
It	塗装トーン記号	80D				lt	塗装トーン記号		70T		70T	70T		70x	75x
It		80D													
It		80D													
	トーン記号														

付加条件(参考とする程度でもよい)
地域嗜好色

地区	嗜好色の傾向	使用トーン	嗜好色
北海道	道東(太平洋側)	濁、寒、暗	dl B, PB
	道南(日本海側)	清、寒、暗	dp B, BG
東北	東(太平洋側)	清、寒、暗	dp B, BG
	西(日本海側)	濁、寒、暗	dl B, BG, G
関東	—	清、寒、暗	dl B, BG, G, YG
中部	—	清、暖、明	vv, lt, pl, vp R, YR, Y
山陰	—	濁、暖、明	lg, sf, st R, YR, Y
近畿	—	清、暖、明	vv, lt, pl, vp R, YR, Y
南日本	山陽、四国、九州	清、暖、明	vv, lt, pl, vp R, YR, Y
沖縄	—	清、暖、明	vv, lt, pl, vp R, YR

橋梁構造

条件	配色
径間数の多い橋 桁高が低い ルートとして統一 床版張りだし大 下路トラス・アーチ	高い明度域の色 低明度域の色 明度を上げる 目立つ色は避ける

維持管理

経年変化と配色

汚れ 白、黄色
耐黒変性
変色・退色

- 暖色は寒色・無彩色に比べやすい
- 淡色系のトーンはしやすい
- 赤色系の淡色はしやすい
- 黄色系はしやすい
- 濃い色の方がしやすい
- 灰色系はしにくい
- 青、緑色系は目立たない

採用事項

架設位置は和歌山県であり、近畿圏、暖色系で使用トーンはvv、lt、stでありほぼ一致している

採用事項

上路アーチであり、目立つ色としても走行車には影響しない

採用事項

赤系の濃い色は変色しやすいのでst、vvよりもlt系を優先して選定

二次候補色

		類似色				対比色							
採用色相	塗装色相記号	10R	Y29			採用色相	塗装色相記号	2.5R	Y02	10R	2.5YR		
It	80D					st							
It	80D					vv							
It	塗装トーン記号	80D				lt	塗装トーン記号		70T		70T	70T	
It		80D											
It		80D											
	トーン記号												

橋梁景観図の作成

作成時の注意

- ここでの桁色塗装色はアーチ部材及び補剛桁、吊材、横桁、縦桁に適用する。
- パソコン画面、プリンター出力は機器によりやや色変わりするため、色調整を要する。調整は色見本と比較し実施する。

評価

色彩案 1(Y02-70T)				色彩案 2(Y09-70T)				色彩案 3(Y12-70T)				
色コンセプト		①目立たせる②景観と調和③目立たせない		色コンセプト		①目立たせる②景観と調和③目立たせない		色コンセプト		①目立たせる②景観と調和③目立たせない		
橋色のイメージ言葉		①暖かい ②クール		橋色のイメージ言葉		①暖かい ②クール		橋色のイメージ言葉		①暖かい ②クール		
評価項目	評価			評価項目	評価			評価項目	評価			
配点	2	1	0	配点	2	1	0	配点	2	1	0	
美しい	良い	やや良い	あわない	美しい	良い	やや良い	あわない	美しい	良い	やや良い	あわない	
色どり	良い	やや良い	あわない	色どり	良い	やや良い	あわない	色どり	良い	やや良い	あわない	
明るさ	良い	やや良い	あわない	明るさ	良い	やや良い	あわない	明るさ	良い	やや良い	あわない	
上品な	良い	やや良い	あわない	上品な	良い	やや良い	あわない	上品な	良い	やや良い	あわない	
落ち着いた	良い	やや良い	あわない	落ち着いた	良い	やや良い	あわない	落ち着いた	良い	やや良い	あわない	
周囲の景観と違和感はない	良い	やや良い	あわない	周囲の景観と違和感はない	良い	やや良い	あわない	周囲の景観と違和感はない	良い	やや良い	あわない	
橋梁形式との調和	良い	やや良い	あわない	橋梁形式との調和	良い	やや良い	あわない	橋梁形式との調和	良い	やや良い	あわない	
色コンセプトに合っているか	① 派手な、個性的な風格のある、ダイナミックな	的確	ほぼ当てはまる	不適格	① 派手な、個性的な風格のある、ダイナミックな	的確	ほぼ当てはまる	不適格	① 派手な、個性的な風格のある、ダイナミックな	的確	ほぼ当てはまる	不適格
	② 自然な、調和した静かな	的確	ほぼ当てはまる	不適格	② 自然な、調和した静かな	的確	ほぼ当てはまる	不適格	② 自然な、調和した静かな	的確	ほぼ当てはまる	不適格
	③ 柔和な、やさしい安全な、大人しい	的確	ほぼ当てはまる	不適格	③ 柔和な、やさしい安全な、大人しい	的確	ほぼ当てはまる	不適格	③ 柔和な、やさしい安全な、大人しい	的確	ほぼ当てはまる	不適格
総合点	良い	やや良い	あわない	総合点	良い	やや良い	あわない	総合点	良い	やや良い	あわない	

最終決定

色彩案 Y02-70T

付属品は橋体と同系色相とし明度差をつける

1) シート1 (表-1参照)

基本コンセプト、橋色コンセプトを入力し、景観色に調和した色相の候補を選出する。

- ① 最上段左の背景画ボタンにより修整が完了した背景写真をシート枠内に取り込む。
- ② 基本コンセプトが無い場合、右表の「架橋位置と橋梁形式によるイメージ」を参考として基本コンセプトを選定する。
- ③ 背景写真から配色の対象となる背景の代表を決め、背景パターンへ当てはめる。
- ④ 基本コンセプトから配色方針が自動選定される。
- ⑤ 背景パターンの標準色を使用する場合は標準景観色が左表より自動選定され、使用しない場合は背景写真から色見本などを参考として景観色(色相・トーン)を入力する。
- ⑥ 配色方針と色彩調和論に従って色相候補が自動選定される。
- ⑦ 橋色コンセプトから色相候補を絞り込む。

2) シート2 (表-2参照)

基本コンセプトから推奨トーンが決められ、シート1の色相候補と組合せ一次候補色を選定する。

- ① 配色方針から適合するトーン範囲が自動選定される。
- ② 色相候補と組み合わせて塗装候補色が自動選定される。
- ③ このとき環境色と塗装候補色の明度差、彩度差が自動計算される。
- ④ 配色トーンが景観色と異なる場合、下欄の調和・不調和のチェックシート欄で計算美度係数が0.5より大きいことを確認する。
- ⑤ 配色検討ウインドウで候補色と景観色の配色チェックを実施する(必要時)。
- ⑥ 以上から一次候補色を選定する。

3) シート3 (表-3参照)

一次選定色を付加条件から見直し二次候補色を選定し、作成したCG図より評価し、最終決定する。

- ① 地方嗜好色、橋梁構造、維持管理面から一次候補色を検討する。
- ② 二次候補色を3案程度を選定する。
- ③ 二次候補色についてCG図を作成し、評価を実施し、最終案を選定する。

シート3の「付加条件」の考慮部分については今後、さらに利用し易いように改良を加える所存である。

3. 色選定手順の要点

(1) 背景とコンセプト

コンセプトや配色方針および標準景観色を決める際、背景の代表的な背景パターンへの当てはめが必要となる。この時、主たる背景として何が該当するかが明確とならないケースが多々ある。特に中小橋梁で事例が多い平野部の河川に架かる橋の場合、構成背景は空・前景の草木・堤外の建物・河床・護岸コンクリートなど、様々であり背景代表が決めにくいことがある。

橋梁と背景の調和に関し構図的側面からの研究として参考文献1)があげられる。造形論における構成感覚には基調と強調とがあり、単調・平凡で広がり感のあるものが基調であり、目立ち感、アクセント感が強調である。変化がなく穏やかな平野部や海岸部が基調であり、山や島などが加わる毎に強調の割合が増えていく。一方、橋梁構造物の場合、桁橋は基調であり、上路アーチ、下路アーチ、トラス、斜張橋、吊橋と強調の割合が増えていく。

これらを合成した場合、お互いの基調と強調との割合によって、強調になる橋梁(目立つ)か、基調になる橋梁(目立たせない)かの選定により見栄えのする橋梁景観を創造することができる。基調と強調が良い具合に混ざっているとひきしまった良い構図になる。

前述の判断が難しい景観のように多くの強調因子が存在する背景はどちらかと言うと都市部に近い背景色に属すと判断され、構造物は目立たせない方が調和すると言える。

(2) カラーチャートの色

塗装色は塗装見本標準色を元に橋梁塗装色カラーチャートを作成した。最近、橋梁色として比較的明度が高く彩度の低い淡色系が良く使用され、橋をあまり強調せず、

表-4 追加塗装色

色名	マンセル値	色名	マンセル値
紅梅色	2.5R6.5/7.5	浅葱	2.5B5/8
新橋色	2.5B6.5/5.5	空色	9B7.5/5.5
藍鼠	7.5B4.5/2.5	若草色	3GY7/10
クリーム色	5Y8.5/3.5	白緑	2.5G8.5/2.5

溶け込ませる傾向がある。また、塗装標準色では色相により使える色が少ないものもある。そこでカラーチャートにJIS慣用色名で比較的良く使用される幾つかを塗装見本標準色にこだわらず追加した(表-4参照)。

(3) 付属物の色選定

橋梁設計では本体構造物に力を注ぐあまり付属物は後回しにされ、トータル的な検討がなされず結果として景観上違和感を与えてしまうことがある。高欄や排水管は景観を大きく左右する重要因子である。一般的には参考文献2)でも示されているように主橋体の色彩に対して付属品は同系色とし、明度差をつけることにより調和が図れる。

1) 橋梁景観を台無しにしている排水管の例はあまりにも多い。デザイン面での工夫、排水管をアクセントとして逆に利用し、景観にプラスとなるようなアイデアも必要である。また、目立たないように配慮する場合には周囲の色と同色とし、桁に溶け込ますか明度をやや下げ、排水管の持つ違和感の軽減を図る。いずれにしても排水管への塗装が要求される。

2) 高欄の景観は橋の外側からの見栄えと通行者からの見栄えに分けられる。通行者からの見栄えとしては装飾物としてのデザイン、舗装や照明とのバランスが重要となる。外側からの見栄えの場合、橋梁形式との関わりが重要であり、桁橋では高欄を強調する事により桁の線をより強調する。この場合、同系色で明度差を大きく付けるとまとまった景観が得られる。

アーチ系、トラス系の形式では主橋体の骨組み形状を強調し、これを壊さないように高欄は控えめな色、背景に溶け込ます色とする。

4. 背景の三次元化への試み

当初は物珍しさが先行したCG景観図だが、映画、ゲームを始めとするマルチメディア分野でCGが当たり前のように利用される今、その効果と成果について冷静に評価される段階にあると言える。こうした現状の中でより高い品質が求められるようになり、当社の景観設計システムも更なる進歩が望まれている。この節は景観設計システムの現状の問題点として背景の三次元化を取り上げる。

(1) 景観設計システムの限界

本来、三次元CGは表現されているもの全てが、三次元座標点とそれから構成されるサーフェイスによって成り立っている。これにより「自由に位置を変えて鑑賞できる」と言う三次元CG一番のメリットが活用できる。

景観設計システムでは、メインとなる構造物は三次元CGとして作成し、背景は施工現場の写真である。この両方を合成し景観図として完成する。つまり背景写真と合成した時点で、三次元CGの最大の特徴「視点を変える」を失っている。写真はアップで見ると遠く離して見る以外に視点を変えようが無いからである。視点は背景写真を撮影した視点に限定され、三次元CGとしての利点を活かしきれない。

(2) 現場写真の問題点

景観図背景としての現場写真利用には以下の問題点があげられる。

1) 撮影できる視点が限られる。

人が撮影する以上、撮影場所に人が入れなければならない。しかし人の出入りに制限が多いのが現場であり、その制限された場所の中から最も背景に適した撮影場所を選択しなければならない。多くの場合、その場所が構造物にとって最も見栄えのいい場所とは言えない。

2) 写真の質は撮影者の技量に左右される。

写真撮影に卓越している人でない限り、ある程度の手ブレ、ピンぼけは覚悟しなければならない。しかしコンピュータによって描き出されるCGにはそのようなミスは起きない。従って、ちょっとしたピンぼけでも、三次元CGと合成するとその差は大きなものを感じられ、景観図自体の質を低下させてしまう。

3) 写真には歪みがある

橋梁のように横に大きな広がりを持つ構造物の背景写真は広角な範囲を持つため、複数枚に分割撮影し画面上で貼り合わせる事となる。この場合、位置が微妙にずれたり、広角による写真の歪みにより、構造物との間に不協和が生じる。

これらの解決法として背景をも含めた三次元CG化が理想的となる。

(3) 景観の三次元化

背景の三次元化を考える前にその対象を整理しておく必要がある。橋梁景観図の場合、山間部や都市部、海上など、その架設地点によって背景を構成する要素は変わってくる。ベースとなるのは中、近景である大地、河川、

護岸、遠景である構造物の背後に広がる山並みや街並などである。これら全てを橋梁と同じように三次元モデル化することが理想なのかもしれないが現実的ではない。背景要素を橋梁モデルと同じように一からひとつひとつモデリングしていたのでは膨大な工数を要してしまう。経済的工数でかつ、効果のある景観の三次元化手段について考察する。

(4) 風景CG作成ソフトウェア

物体を三次元化する手段として使用される一般的なソフトウェアはCADやCGモデラーである。これらのソフトウェアは機械、建築、土木など人工の構造物を対象としているが、自然風景の作成を対象としたCGソフトウェアも存在する。フリーソフトウェアの「カシミール」は良く知られており、数値地図からの風景CGの作成や3D世界を自由に移動して鑑賞する機能など、市販CGソフトウェア並みの機能を持っている。また市販風景CG作成ソフトウェアの中には、数値地図を利用せずにアルゴリズムプログラムによって幾何学的に山の稜線や断崖、溪谷を創造するの機能を持っているものもある。景観の三次元化手段としてこれら風景CG作成ソフトウェアの利用が有効である。

風景CG作成ソフトウェアのひとつである「VISTAPRO2」の機能を利用し、景観設計システムでの利用が可能か検討を試みた。「VISTAPRO2」はフラクタル幾何学を利用したアルゴリズムプログラムより、自然界に非常に近い景観CGを創造できるソフトウェアである。このソフトウェアは他の風景CG作成ソフトウェアと同様に数値地図の利用に加え、スキャナーで取り込んだ地図データを使用して三次元モデルを作成できる機能を持っている。

1) 等高線の利用

「VISTAPRO2」はスキャナーで取り込んだ地図データ(画像)から等高線を指定し、全等高線の輪郭を認識させて高度与えると、三次元地形データを作成する(図-1参照)。作成された地形データは一般的なCADフォーマットであるDXF形式で保存されたため、他の三次元CGソフトやCADソフトで利用可能である。

橋梁図面には位置図や全体一般図に等高線が描かれていることがある。しかし高度が読み取れなかったり、等高線も限定された範囲でクローズしていないことが多い。問題は等高線を指定してプログラムに認識させる過

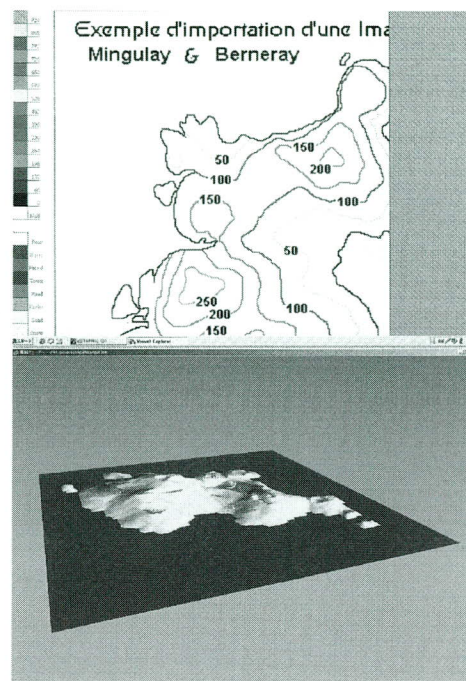


図-1 等高線の三次元表示

程で、等高線が途切れたり擦れた箇所があるとうまく認識しない点にある。認識できない箇所は手動での入力となり、範囲が広く複雑な地形図では認識作業だけで相当な工数になる。

2) 数値地図の利用

三次元地形データ作成手段として数値地図の利用は最も一般的な方法である。国土地理院は日本全土の2万5千分1地形図のある間隔で区切り、方眼(メッシュ)中心点の標高を「数値地図(標高)」として公開し販売している。メッシュ間隔の違いにより、1km、250m、50mメッシュ地図の三種類がある。橋梁景観図での利用には最も詳細な50mメッシュ地図が考えられるが、精度が不足する。中小橋梁に50mメッシュ地図を利用すると橋梁支間がメッシュひとマスにすっぽり収まってしまう事となる。メッシュには中心点の標高しかなく、凹凸の少ないのっぺりとした地表上に橋梁が置かれる構図となり、地形三次元化の効果が得られない。このように数値地図の利用は三次元地形データを作成する最も安易な方法であるが、より詳細なメッシュ地図が公開されなければ鋼橋景観図への利用は難しい。

3) フラクタル幾何学による景観創造

フラクタル幾何学による景観の生成は「VISTAPRO2」

本来の機能を用いた作成法である。最近ではフラクタル幾何学を利用したモデリングプログラムは一般化しつつあるが、「VISTAPRO2」は風景CGに特化しているため、四季の変化や天候、生成する樹木の種類、密度まで、あらゆる景観環境が再現可能である。フラクタルは最近考案された新しい数学体系とその結果を表すものである。フラクタル幾何学とCGの関係について以下に概説する。詳しくは参考資料3)を参照されたい。

1985年8月にフラクタルアルゴリズムによって描かれた奇妙に美しい抽象的なオブジェクトがサイエンス雑誌の表紙を飾った(図-2参照)。その後、多くのプログラマー達がフラクタルとフラクタル幾何学について興味を示すようになり、CGの分野でフラクタルはホットな話題として取り上げられるようになる。

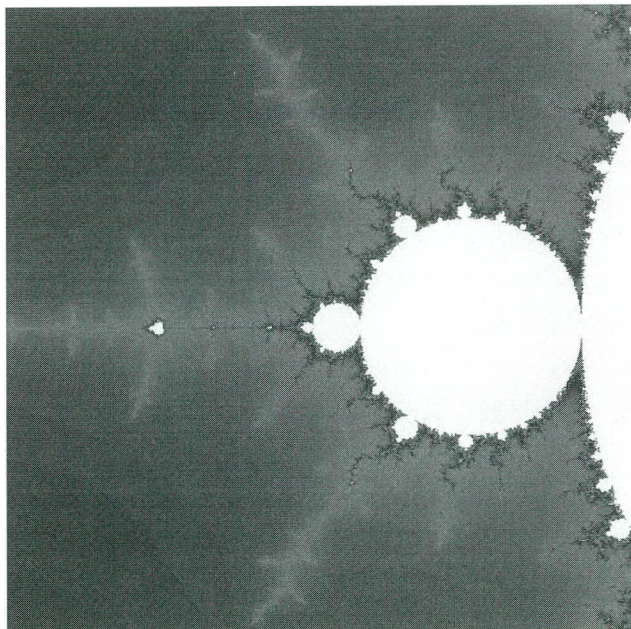


図-2 フラクタルオブジェクト(マンデブロ集合)

抽象的な説明になってしまうが、フラクタル幾何学とは「対象物そのものを記述するのではなく、対象物をどのように作るかを示す計算の規則の集まり」と考えることができる。青写真のようにこれらの計算の規則は対象物そのものではなく、作りたい対象物をどのように作るかを完全に記述したものである。その形はどれだけ拡大しても同じように見える。つまりフラクタルで描かれた線形の拡大した小さな部分は、拡大していない全体の線形と同じように見える傾向にある(自己相似性と言う)(図-3参照)。

フラクタル幾何学のこの性質は、丘陵や海岸線の不規

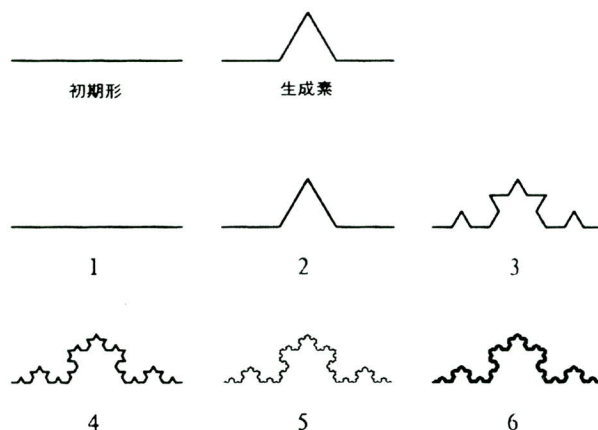


図-3 フラクタル線形の一例(コッホ曲線)

則なモデリングをシミュレートするのに適している。自然界の物体には、確かにある種の自然の秩序が働いており、海岸線はある程度まではランダムな形に見えるが、ランダムに描いたものが全て海岸線に見えるわけではない。丘陵や海岸線の不規則なモデリングを一般のCADやCGモデラーで行おうとするときわめて困難作業になる。CGで扱う対象物は、ほとんど全て正確に定義されている。多角形は平面的であり、全て直線の縁で囲まれている。曲面は定義上全てなめらかになる。ごつごつした岩だらけの海岸線を多角形によってモデリングするとしたら大変な作業になる。

フラクタル技法は、実際に存在する特定の山を、そのまま作成するようには使用できない。山のように見える形をどのように作成するかを記述する。もしある山を正確にモデル化したい場合は、やはり手作業で作成するしかない。しかし正確さにはこだわらないで、「山に見える」ことが大切であれば、フラクタルは早くてしかも簡単なモデリング技法を提供する。

景観設計システムで必要とされる地形データは、実際に存在する特定の地形データである。その目的からするとフラクタル技法は最適の手段とは言えない。しかし樹木で覆われた地形全体を正確に再現する必要はない。この意味から他のどの手段よりも簡単でよりリアルな見栄えのいい景観CGを作成することができる。

「VISTAPRO2」でのフラクタルの制御は簡単である。フラクタルの元になるパラメータはランダムに決定されるので、ユーザーはフラクタルの強度(フラクタルの山の高さ)と除数を与える。除数は値が大きいと多数の小さな山を形成し、値が小さいと少数の大きな山を形成する。こうして作られる地形データはランダムでありながら、自然界に働く秩序をうまく再現する。フラク

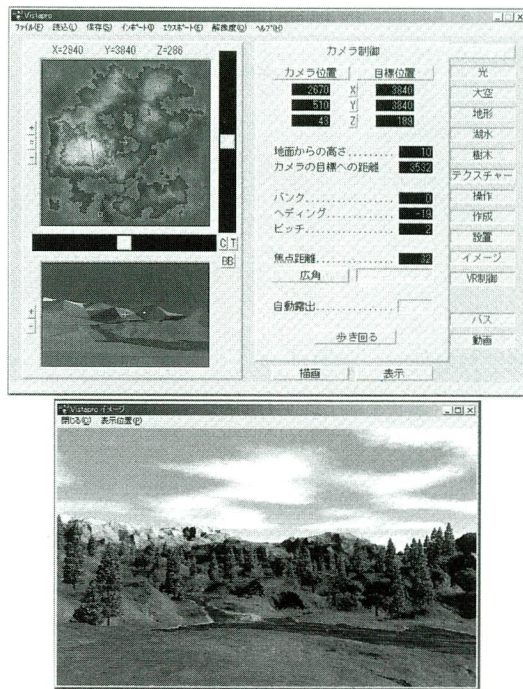


図-4 「VISTAPRO2」による風景CG

タルの制御の他に湖水や川、樹木の種類と密度、太陽の位置と角度を設定すると景観CGは完成する（図-4参照）。

もしこの技法で特定の地形をシミュレートしようとするれば、それに近い地形をフラクタルアルゴリズムが描き出すまで何度も計算を繰り返さなければならない。こうした欠点を持ちながら、フラクタル技法は三次元景観図の適応性に幅を持たせることになるのではないかと考える。本技法で作成した景観図を図-5、6、7、8に示す。これら地形の三次元化については今後さらにその有効性も含め、研究を進める所存である。

(5) 地形三次元化の将来

現在、建築・土木分野では建設CALs/ECへの対応に合わせ、CADデータの三次元化、プロダクトモデル化に向けて標準化が進められている。

日本道路公団では、道路設計のCADやCG作成で利用される地形データを、作業の上流段階から作成し、後作業全般で有効利用を図るため地形図の電子化と三次元化を進めている。平成13年10月には「デジタル地形データ作成要領（案）」が公開され、地形図の標準化した電子データの作成及び円滑なデータ交換についての仕様を定めている。

このように建設CALsが今後、進展すれば地方整備局

や公団、地方自治体でも三次元地形データの標準化が進むと思われる。

一方、国土交通省は国土地理院が80年代より進めてきた国土空間データ基盤整備をコアとして、情報通信ネットワーク上にバーチャルな国土を創り上げようとする「電子国土」構想を進めている。現実の国土に作られる道路や建造物などは設計・工事の進行と共に電子国土上にも同じように再現され、広く公開しようとする構想である。電子国土は現実の国土の忠実なモデルであり、国土に関する各種の施策についてあらかじめ電子国土の中でシミュレーションを行うことが可能になる。

このように将来的には建築・土木設計で作成された三次元地形データは情報通信ネットワーク上で電子国土に集約され、日本国土のあらゆる三次元地形データを自由に入手できるようになる。

現状では景観の三次元化には地形の三次元化と言う課題が残されており、現場写真と橋梁モデルの合成によるフォトモンタージュがしばらくは一般的な技法である。しかし電子国土構想に見られるように地形図の三次元化は時代の要求であり実現に向けて動き出している。景観図が今の紙と言う二次元表現から、やがては電子データとしてパソコン上で自由に視点を変えて眺められる日は近いと言える。

5. 橋梁景観システムの拡張

塗装色の選定に使用した景観設計システムは、当社で開発したソリッドモデルを使用した三次元表示システムである。本システムの今後としては

- ①景観部品のデータベース化：本システムには多くの部品が登録されており随時追加されている。部品の中には高欄・ガードレールや検査路、排水管なども含まれておりこれらのデータベース化を進める。景観データベースは景観画像を構成する様々な部品を蓄積し、景観シミュレーションにおけるデータ入力の効率化や部品の拡充による質の高い画像の作成を目指したものである。この登録部材の使用によりアーチ、トラスなど部材数の多い橋梁形式の三次元モデルを主構造高や支間長、パネル数を与えることにより即座に作成し表示が可能となっている。
- ②部品寸法情報：部材断面の大きさを構造物の大きさによりクラス分けし、支間長など基本寸法の関数とし定義する。

図-5 斜張橋景観図 (1)
遠景より

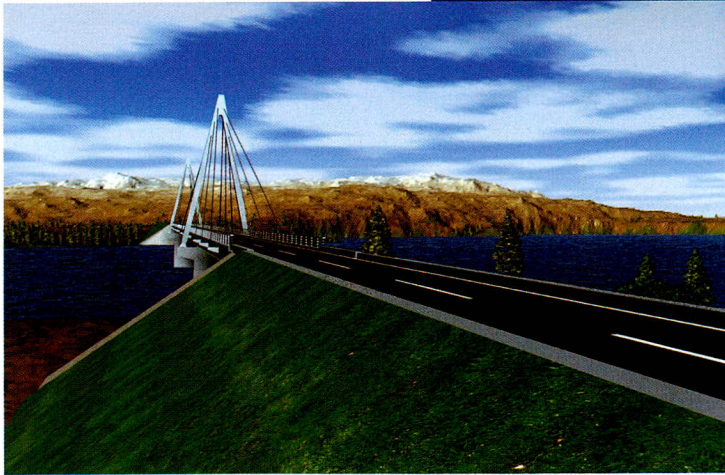


図-6 斜張橋景観図 (2)
視点を覚えて近景より

図-7 ニールセン橋景観図 (1)
最も美しく見える視点から

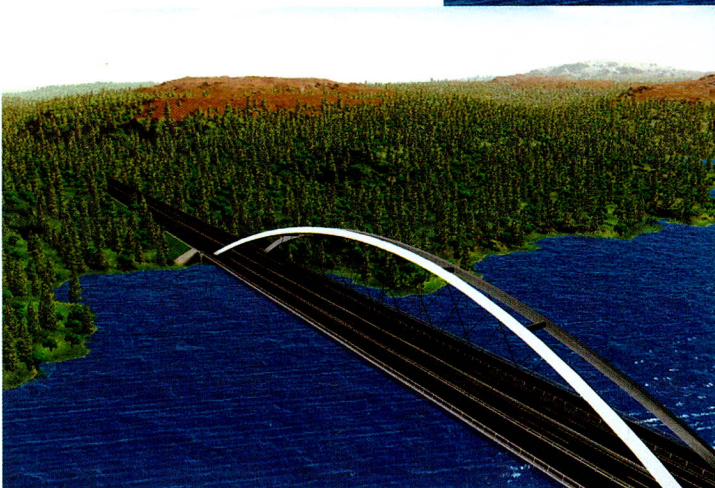
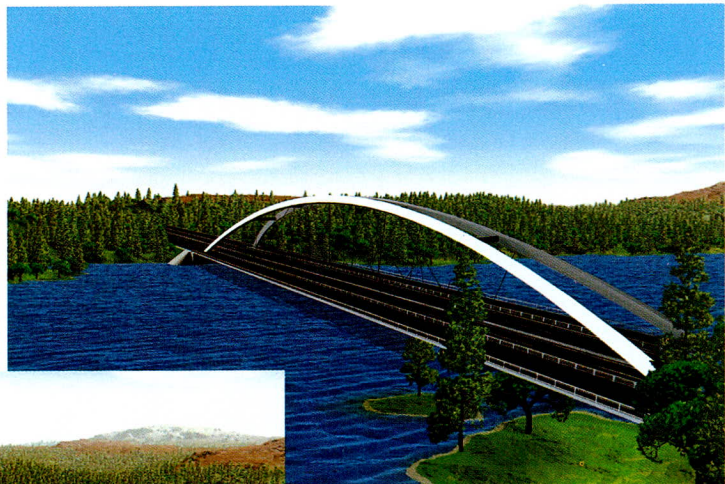


図-8 ニールセン橋景観図 (2)
視点を上空に移行

この他、線形情報とのリンク、これらデータの解析用あるいは自動設計との連携も考慮しており、より幅広い活用が考慮される。また、本景観図からの一般図出力および一般図データからの連携なども計画中である。

6. あとがき

建築構造物は設計時にデザイン設計と機能設計が同等の比重で扱われるのに比し、土木構造物の機能設計への偏りは景観設計が注目を浴びる昨今でも変わらない。本来、構造物の構築は周囲環境に与える影響が大きいため、計画当初にコンセプトを設定し、コンセプトに基づいた設計を施工性や経済性、維持管理面などと調和させて一貫性を持たせることが理想的である。景観指定地区や大型構造物建設の場合、景観委員会などが設置され、定められたコンセプトに従い構築されるが中小橋梁の場合はコンセプトが定められることはまれである。

本考察はこのような中小橋梁を対象とし、色選定に多くの時間をかけず、色にそれほどの知識が無くても塗装色検討が可能なることをめざした。それには色彩論部分をブラックボックスとしたプログラム化が最適である。この種のシート化は前例が無く色彩選定が如何に難しいかを表している。

本配色法はかなりの独断を含むため、不備な点を多く認めるが今後さらなる改良を加える所存である。本考察においては色選定の要にムーン・スペンサーの調和論を採用しているが、このような色彩調和論は現在に至るまで数多く存在していることを最後にお断りしておく。

<参考文献>

- 1) 松本他：橋梁と背景の調和に関する研究，構造工学論文集，Vol. 38A, 1992. 3
- 2) 武井他：群馬県橋梁色彩計画マニュアルにおける色彩計画手法の研究，構造工学論文集，Vol. 42A, 1996. 3
- 3) ANOREWS.GLASSNER：「最新3次元コンピュータグラフィックス」，(株)アスキー，1991年
- 4) 21世紀GIS－電子国土構築に向けて，JACIC情報No63，(財)日本建設情報総合センター，2001年
- 5) 「VISTAPRO2 User's Manual」，エー・アイ・ソフト(株)，1997年

2001. 12. 10 受付

グラビア写真説明

荒川横断橋

本橋は、東京都の都市計画道路放射第16号線整備事業の江東区と江戸川区の境にある荒川に架かる橋です。

放射16号線の荒川横断橋梁を新たに整備することにより、江東区と江戸川区との人や荷物の流れを円滑するとともに、荒川上流側の葛西橋付近の交通渋滞を緩和するものと思います。将来的には、湾岸線との接続を良くし臨海部の交通を円滑にします。

営団東西線のすぐ下流側に位置しており、全長547 mで2本の主塔はそれぞれ高さ55 mと44 mからなる斜長橋です。

(武井)