

# ITを用いた白糸の滝眺望場と白糸自然公園 連絡通路のデザイン

関 文夫<sup>1</sup>・穂坂 友治<sup>2</sup>・渡邊 一弘<sup>3</sup>・豊田 由仁<sup>4</sup>

<sup>1</sup>正会員 工博 日本大学理工学部土木工学科 (〒101-8303 東京都千代田区神田駿河台1-8-14,  
E-mail: seki@civil.cst.nihon-u.ac.jp)

<sup>2</sup>非会員 富士宮市役所企画部富士山世界遺産課 (〒418-8601 富士宮市弓沢町150番地,  
E-mail: yuji\_hosaka@city.fujinomiya.lg.jp)

<sup>3</sup>非会員 富士設計(株) (〒418-0022 静岡県富士宮市小泉468-1,  
E-mail: kazuhiko\_w@fujiarchitect.co.jp)

<sup>4</sup>非会員 大成建設(株)土木本部土木技術部技術・品質推進室 (〒163-0606 東京都新宿区西新宿  
1-25-1, E-mail: tydyn-00@pub.taisei.co.jp)

近年、土木の建設環境にCGやVR、PCD、UAVなどのITが大きく関与し、設計や施工、施工管理の手法に変化を与えている。中でも、CGやVRは、設計の検証や設計のプレゼンテーション、合意形成に利用され、PCDは、現地の記録や管理、VRデータとして利用されたり、UAVは、計画の調査データや施工管理の合理化に利用されている。筆者らは、2010年から、これらのITを用いながら世界遺産の富士山の構成資産である白糸の滝周辺整備や眺望場整備、白糸自然公園連絡通路整備にデザインを展開した。実際に使用すると、現地調査で新しい景観資源や視点場の発掘など価値創造やデータのアーカイブという性質から事業評価や次の事業モデルとして利用性が高いことが解った。ここでは、これらの効果について報告する。

キーワード: VR, PCD, UAV, 土木デザイン, アーカイブ

## 1. はじめに

近年、土木の建設環境に、Computer Graphics (以下、CG) やVirtual Reality (以下、VR), Point Cloud Data (以下、PCD), Unmanned Aerial Vehicles (以下、UAV) などのInformation Technology (以下、IT) が大きく関与し、設計や施工、施工管理の手法に変化を与えている。中でも、CGやVRは、設計の検証や設計のプレゼンテーション、合意形成に利用され、PCDは、現地のアーカイブとしての記録や管理、VRのデータベースとして利用されたり、UAVは、計画の調査データや施工管理の合理化に利用されている。

筆者らは、2010年頃から白糸の滝周辺整備、2013年2月に白糸の滝眺望場整備、白糸自然公園連絡通路整備にこれらのITを用いながらデザインを展開した。これらのデザインでは、視点場からの眺望の確認にUAVを使用し、デザインにはCGやVRを使用し、設計の検証が行われた。しかし、これらのITは、実際にデザインで使用すると、本来の使用目的とは異なる効果やデザインプロセスでの大きな効果など、想定外の効果を確認できた。ここでは、これらのプロジェクトで用いたITの効果について報告する。

## 2. 白糸の滝と設計対象

### (1) 世界遺産富士山の構成資産である白糸の滝

静岡県富士宮市の白糸の滝は、高さ約20m、幅150mに亘る伏流水の滝で、パノラマのように眺めることができる(写真-1)。白糸の滝は、約1万年前に富士山西側に流下した新富士火山自然玄武岩溶岩流の末端に位置し、溶岩層の間と下位の古富士泥石流との間から湧水が伏流水として複数の糸状に噴出した滝である<sup>1)</sup>。1936年9月3日に国の「名勝及び天然記念物」に指定された。2013年6月26日に、世界文化遺産「富士山—信仰の対象と芸術の源泉」に、白糸の滝は、No. 24の構成資産として登録されている<sup>2)</sup>。富士宮市は、世界遺産登録に向けて、2012年度には有識者による「白糸ノ滝整備委員会」を発足し、滝見橋の架け替え、白糸の滝周辺整備計画を実行し、白糸の滝展望場整備、白糸自然公園連絡通路整備を実施した。



写真-1 名勝及び天然記念物の白糸の滝

## (2) 設計対象

白糸の滝展望場と白糸自然公園連絡通路の設計対象を図-1に示す。

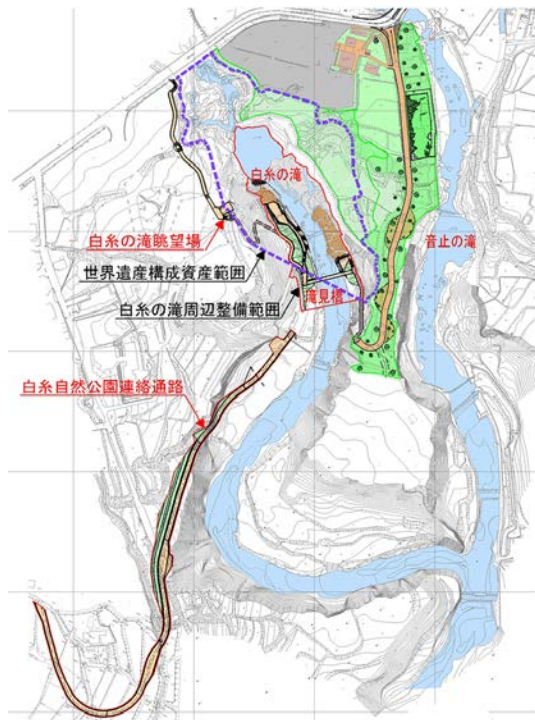


図-1 白糸の滝展望場と白糸自然公園連絡通路

## 3. 白糸の滝展望場のデザイン

### (1) 設計の背景

白糸の滝展望場は、富士山と白糸の滝を同時に眺められる貴重な視点場であり、富士山の世界遺産の際も、顕著な普遍的価値を創出している場所であるとして扱われた場所である(図-2)。



写真-2 白糸の滝と富士山 (撮影 木内正貴)

### (2) 設計条件

#### ① 展望場の地山等の安全性の確保

旧展望場は、オーバーハングした状態で、風化が著し

く崩落の危険性があった(図-2)。また、活荷重の群衆荷重は $3.5 \text{ kN/m}^2$ とする。

#### ② 視線入射角の確保

これまでの普遍的価値を担保するために、展望場からの俯角の視線入射角を変えずに整備する必要があった(図-2)。

#### ③ 周辺遊歩道から展望場が見えないこと

世界遺産構成資産範囲の境界に位置することから、展望場という人工物を構築するにあたり、周辺視点場から展望場が見えないこと。

#### ④ 先端スペースの十分な確保

快晴時には、三脚を持った複数の写真家がこの場所に長く留まること、観光客がバスで40名単位での来場も見込まれるので、十分なスペースの確保を行うこと。

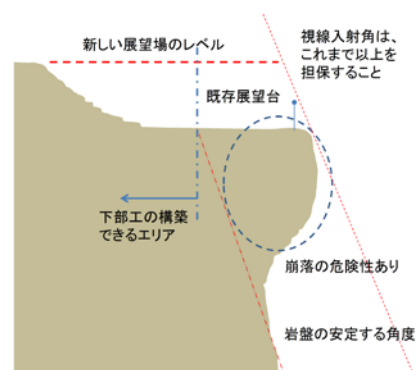


図-2 白糸の滝展望場の安全性の考え方

### (3) 現地調査

ボーリング調査等の土質調査の他、視点場並びに周辺景観資源の分析を実施した。ここでは、新しい展望場のレベルで従来の視線入射角が確保できるか確認するために、UAVを用いて可視領域の確認を行った(写真-3)。UAVは、マニュアル操作で、所定の高さで映像を配信するようにした。



写真-3 展望場でのUAVによる可視領域の確認

### (4) デザイン

展望場のデザインは、これまでの普遍的な価値(景観)を保持すると共に、十分なスペースを確保するために、先端に行くほど広がりのある逆台形型の展望スペースと

した(写真-4, 5). また, 構造は, 支持地盤が比較的浅い位置で確認できたので, 直接基礎として類杖式のキャンチレバー構造とした. 展望場の材質はRC構造とし, 造形が繊細に感じられる様, 梁先端をシャープ削ぎ落とし, 2本の類杖の造形もエッジを削ぎ落としている(写真-4, 6). 構造の安定性を確保するために, 先端のみに群衆荷重を載荷しているが, 転倒モーメントをキャンセルするために, 橋台側に斜材(面材)を有して, カウンターウェイトとしている.

造形の検討は, 模型とモデリングソフトの2つの手法で検討した.



写真-4 模型による展望場の構造検討と造形検討

#### (5) デTAILの検討

平面形状を逆台形型としたことと, 傾斜を有する高欄としたことで, コーナー部の取合いが重要となった. 頂部で合わせると基部開き, 高欄の基準を満足的できない(図-3). CGを用いて, 次の2つのケースを検討した.

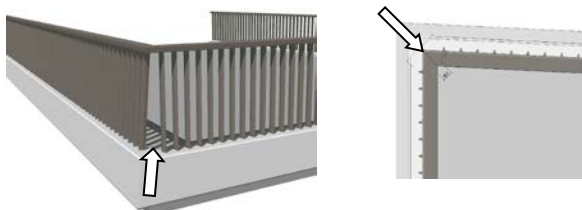


図-3 CGによる展望場のバラスターのおさめ



図-4 ケース1 (コーナー部分のバラスター1本追加)



図-5 ケース2 (コーナー部分のバラスター1本追加4本で調整)

図-4は, コーナー部にバラスターを1本追加したもので, 図-5は, 1本追加し, 周辺4本のバラスターの角度を調整したものである. 最終的に違和感の少ないケース2とした. 約20名の観光客の来場状況を写真-7に示す.



写真-5 逆台形型の展望場の見え方(先端が広い)



写真-6 逆台形型の展望場



写真-7 20名の観光客が展望場に入った状況

## 4. 白糸自然公園連絡通路のデザイン

### (1) 設計の背景

白糸自然公園連絡通路は, 白糸自然公園と白糸の滝の滝見橋を周辺を繋ぐ, 全長490m, 全体標高差58mの連絡通路である(図-6). 当初, この連絡通路は, 滝見橋の工

事用道路として計画されたが、仮設構造ではなく、本設構造としての再デザインが行われたものである。



図-6 白糸自然公園連絡通路と景観資源

(2) 設計条件

①想定している利用動線

白糸の滝から白糸自然公園へのハイキングする人、白糸の滝への身体障害者、高齢者等の車両、滝見橋及び滝つぼ周辺への緊急車両、災害時の重機運搬用のトレーラーの走行が想定されている。

②道路構造規定

準拠基準は、道路構造令ではなく、林道規定の自動車道3級とする。最小半径6m以上、やむを得ない場合の縦断勾配18%で、幅員は、セミトレーラーの走行を可能とすること。

③地山の安全性

部分的にオーバーハングしているので、安定する崩壊角を守りながら地山の安全性に配慮すること(図-7)。

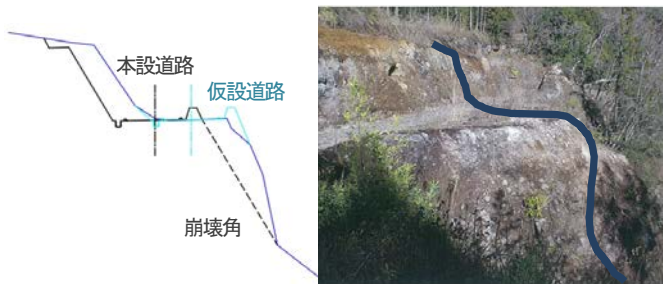


図-7 安全性の基本的な考え方

④排水

当該地の斜面及び法面の集水面積に配慮して、法面側で十分な排水を行うこと。道路路面上の排水は、縦断勾配が厳しいので、道路構造を排水溝として考えてもよい。

⑤付属物

照明は設置しない。縁石及び境界石、車両防護柵等は自然景観に配慮すること

(3) 現地調査

現地に架設道路が構築されていたため、目視による現地調査により、景観資源や道路勾配の確認を行った。

現地では、約30m程の高さを登ったところに写真-8の

ような人工物が全くない富士山を眺めることが可能であり、合せてVRデータの構築を図り、パソコン上で視点場の確認し、現地との座標を照合した(図-8)。

なほか、相模湾、伊豆半島も眺めることが可能である(写真-9)。

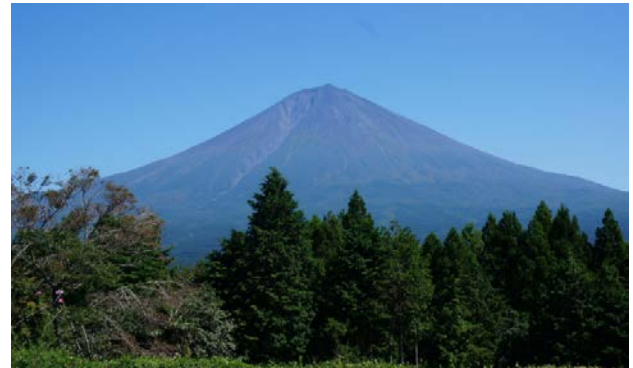


写真-8 現地調査で眺められた富士山



図-8 VRによる景観資源や景観分析



写真-9 現地調査で眺められた伊豆半島と駿河湾

(4) デザイン

①道路幅員と道路線形

林道規定の自動車道3級とし、セミトレーラーを通行できる幅員として、表-1の道路幅員を検討した。ケース1は、0.5mの路肩をしっかりと設置し、会話している歩行者2名の横を普通乗用車が通過できる幅で総幅員4.0mとした案である(図-9)。

表-1 道路幅員構成

	ケース1	ケース2
総幅員	4.0m	3.5m
有効幅員	3.0m	3.0m
路肩	0.5m×2	0.25m×2
拡幅	0.0m	曲線部0.75m

ケース2は、路肩を0.25mまで縮小し、トレーラーが旋回する際に厳しい曲線部分だけ0.75m幅員を拡幅する案で、歩行者1名の横を普通乗用車が通過できる幅で、総幅員を3.5mまで縮小した案である(図-10)。自然景勝地の通路ということで、ケース2案が採用された。また、道路線形も、スムーズな流れを構築するために、全体を緩やかな流れとした。縦断勾配の最大勾配16%、最小半径15mとしている。これらの線形の流れを確認するためにCG並びに、VRによる検証を行った。

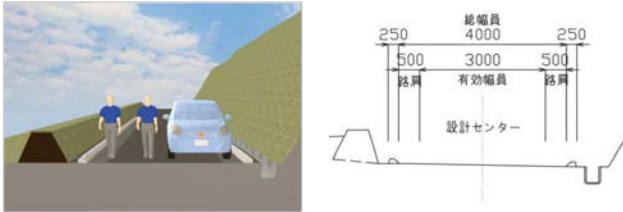


図-9 ケース1での幅員構成とCGによる空間

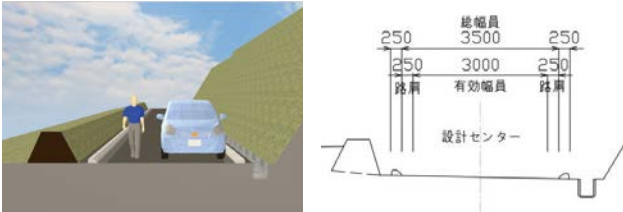
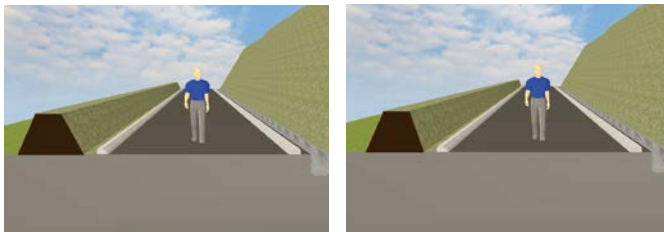


図-10 ケース2での幅員構成とCGによる空間

### (5) ディテールの検討

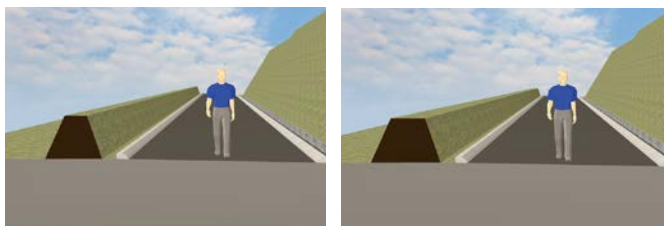
#### ① 車両防護柵の検証

自然景勝地である対象地に設置する車両防護柵は、一般道路用の鋼製車両防護柵ではなく、土堰堤を構築することとした。金属製の車両防護柵では、人工的な印象が強いため、セメント改良土の土堰堤としている。土堰堤は、CGによって、天端幅(40cm, 50cm, 60cm)、前面法勾配(1:0.3, 1:0.5)をパラメータとして検証を行った。その結果、ある程度の安心感のある幅として天端幅50cm、歩行者が登らない勾配として前面法勾配1:0.3、施工に配慮して背面法勾配1:0.5とした(図-11)。



天端 50cm, 前面法勾配 1:0.5

天端 50cm, 前面法勾配 1:0.3



天端 40cm, 前面法勾配 1:0.3

天端 60cm, 前面法勾配 1:0.3

図-11 CGを用いた土堰堤の形状検討

#### ② 残地処理

連絡通路の安全性を確保するために、道路軸線を山側にシフトしたため、一部に残置が発生することとなった。残置部分では、土堰堤の天端を残し、背面側でも最低20cmのくびれを残すこととした。さらに残地は、緩やかなマウンドを構築した(図-12)。



図-12 土堰堤と残置処理のマウンド

#### (6) 設計から施工完成

写真-10に現況、図-13にVR案、写真-11に施工後の写真を示す。



写真-10 仮設の工事用道路として使用した現況



図-13 道路線形を用いて法面や土堰堤を表現したVR



写真-11 完成写真(左:切土法面と排水,中央:舗装は半たわみ性舗装グレー,右:土堰堤)

## 5. 白糸の滝周辺整備

世界遺産の登録に伴い白糸の滝周辺整備が実施された。滝つぼ内の建築物が撤去された他、滝見橋の架け替え、遊歩道再整備、石積み護岸の構築などが実施された。これらの事業前アーカイブとして、2010年に、点群データ(PCD)を用いた測量(Riegl VZ-400, データ1000点/㎡)が実施された(写真-12)。その後、整備が完了した2014年に、再度測量が実施され、事業後アーカイブとして保存され、委員会報告や関係者協議の報告会などに利用された。



写真-12 2010年白糸の滝周辺計画点群データ



写真-13 2014年白糸の滝周辺計画点群データ

## 6. ITのデザイン業務での可能性

従来のCGは、設計者が設計検証のために模型の代用として使用し、その結果をプレゼンテーションや関係者の合意形成のために使用してきた<sup>3)</sup>。しかし、近年の目覚ましいITの発達で、VRやUAV、CPDといったツールは、現地調査で新しい景観資源や視点場の発掘など新しい価値創造のためのツールとしても驚異的な威力を持つことが解った。また、これらのツールの共通性は、データのアーカイブという性質から事業評価や次の事業モデルとなる可能性が高い(表-2)。

例えば、VRでその地域をモデル構築した場合、その地域のまちづくりの核となり、データの統合化が可能となったり、UAVによって、新しい視点での新たなプロモーション映像の表現ができ、まちの新しい魅力を伝えることができたり、CPDでは、まちのプロジェクト単

位で保存することが可能となる。失われる前に記録する、変える前に記録することから事業評価の手法も変化することが想定され、新しいビジネスモデルの構築の機会でもある。

表-2 ITがデザインプロセスに与える影響

	想定される効果	想定外の効果
Computer Graphics Modeling	<ul style="list-style-type: none"> <li>造形の検証(造形、陰影、ボリューム等)</li> <li>ディテールの確認(形状、色彩等)</li> <li>空間の検証(ボリューム、バランス等)</li> <li>設計のプレゼンテーション(合意形成、Workshop)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>設計監理(取合い、おさめ、色彩等)</li> <li>施工管理(形状、取合い等)</li> <li>VR用のモデリングデータ(複数のモデリングの連結)</li> </ul>
Virtual Reality	<ul style="list-style-type: none"> <li>空間の検証(線形、バランス、雰囲気等)</li> <li>造形の検証(見え方、ボリューム等)</li> <li>設計のプレゼンテーション(合意形成、WorkShop)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>新しい視点場の検証(対象に対する視点場)</li> <li>データベース化(データの構築、ベース化)</li> <li>関連事業との連結(部分的な事業を連結し、全体で評価)</li> </ul>
Unmanned Aerial Vehicles	<ul style="list-style-type: none"> <li>計画地の調査(安全性、視点の位置、可視領域、視点場等)</li> <li>設計の検証(高さ、視点場等)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>新しい視点場の検証(対象に対する新視点場)</li> <li>新たな魅力となる映像(新しい景観資源の発掘)</li> <li>計画地全体の映像記録</li> </ul>
Point Cloud Data	<ul style="list-style-type: none"> <li>現地の記録(アーカイブ)(事業前の記録)</li> <li>完成直後の記録(事業直後の記録)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>新しい視点場の検証(対象に対する視点場)</li> <li>計画地全体の点群記録(座標管理、座標記録)</li> <li>事業評価(事業前、直後、数年後)</li> <li>次のプロジェクトマップ(関係性、統一性)</li> </ul>

## 7. おわりに

設計や施工において、ITの存在感は日増しに大きくなる状態である。本プロジェクトでは、各種ITを研究として、2010年に点群データを測量(記録)している点、2013年2月にはドローン(UAV)を用いて、設計資料の入手に使用している点、2013年の設計の際に、動画(VR)による空間設計を行っている点に着目して欲しい。本誌では、デザインの詳細を報告できていないが、これらのツールを用いてデザインの議論が展開されたのは言うまでもない。自然に対する配慮から、本質的なデザインを行い、ツールを使いこなすことが肝要であり、ツールに振り回されては、本末転倒である。本誌の報告が、土木デザインの更なる発展や新しい方向性の一助となれば幸いである。

### 参考文献

- 1) 渡邊定元, 佐野充; 富士山を知る事典, (株)伊国屋書店, 2012.5
- 2) 富士山世界文化遺産登録推進両県合同会議; 世界遺産富士山-信仰の対象と芸術の源泉-, 富士山世界文化遺産登録推進両県合同会議, 2014.3
- 3) 福田知弘, 関文夫, 伊藤裕二, 武田千雅子, 「VRプレゼンテーションと新しい街づくり」, (株)エクスマレッジ, 2008