

**点検支援技術（画像計測技術）を用いた
3次元成果品納品マニュアル
（トンネル編）
（案）**

令和2年3月

国土交通省

目次

第1編 総則	1
1.1. 目的	1
1.2. 適用範囲	2
1.3. 対象とする成果品	4
1.4. 用語の定義	6
1.5. 本マニュアルに記載の無い事項	6
1.6. 引用規格	6
第2編 データ作成方法	7
2.1. 点検写真	7
2.1.1. 点検写真の撮影対象	7
2.1.2. 撮影条件	8
2.1.3. Exif 情報	9
2.2. 変状形状データ	10
2.3. 点検写真のメタデータ	12
2.3.1. メタデータ項目	13
2.3.2. ファイル形式	16
2.4. 変状の抽出方法等を示したドキュメント	17
第3編 データ納品方法	18
3.1. フォルダ構成	18
3.2. ファイル形式	20
参考資料：データの利活用	21
参考資料 1 3D モデルビューア	21

第1編 総則

1.1. 目的

点検支援技術（画像計測技術）を用いた成果品納品マニュアル（トンネル編）（案）（以下、「本マニュアル」という。）は、点検支援技術等を用いて取得した画像等から3次元モデルを作成し、3次元モデル上にて変状を管理するために必要なデータの納品仕様を定めることを目的とする。

【解説】

点検支援技術（画像計測技術）等により、高品質かつ膨大な画像を取得し、3次元モデルを生成し、正確な変状位置を3次元的に記録・蓄積することが出来れば、構造物の変状の経年変化を比較可能な形で構造物の点検記録を蓄積することが可能となる。また、このように蓄積した点検記録は、変状を自動で判読する AI の技術開発に必要な教師データとして活用可能である。

一方、3次元モデルを生成し、変状を管理するアプリケーションに適用するデータ項目や仕様の標準を規定しない場合、これらは使用するアプリケーションのみに依存することとなり、互換性のないデータが蓄積される。

本マニュアルでは、点検支援技術等により取得した点検写真から、図 1-1 に示す流れに基づき、共通のデータ項目や仕様の成果品を作成し、納品する方法を定めることとする。

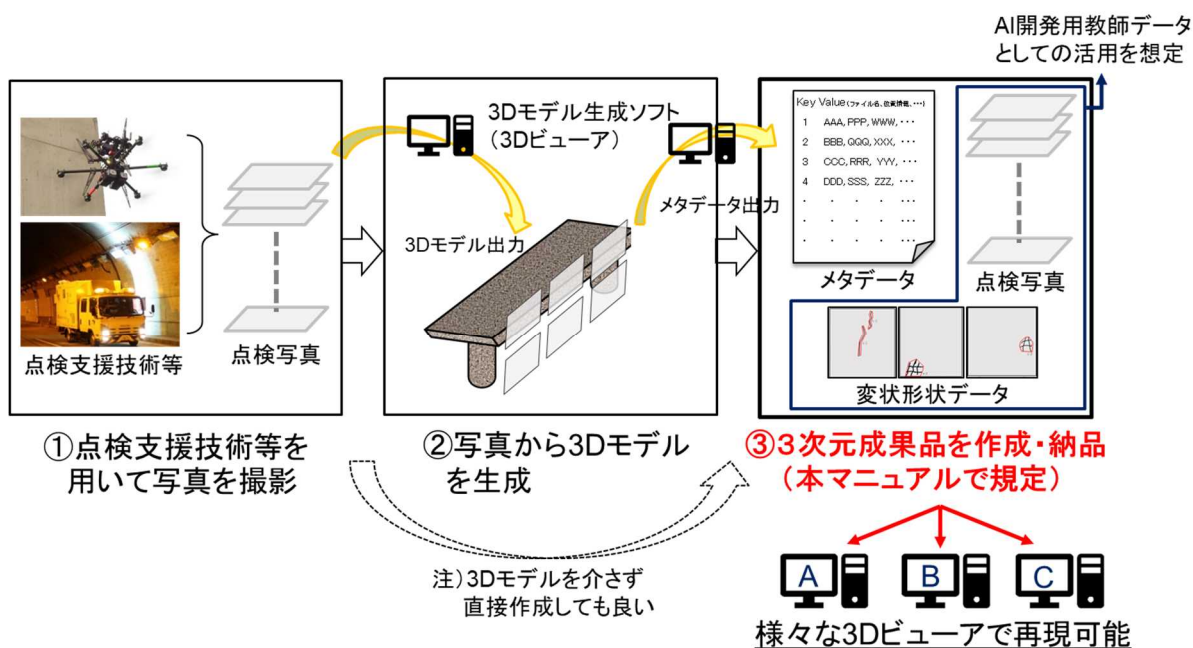


図 1-1 3次元成果品の納品までの流れ

1.2. 適用範囲

本マニュアルは、点検支援技術等により写真を撮影するトンネル点検業務に適用する。対象となるトンネル点検業務は、次による。

- 定期点検業務

【解説】

本マニュアルでは、当該技術等により写真を撮影しないトンネル点検業務は対象としない。

また、定期点検以外の日常点検、異常時点検、臨時点検、標準調査、詳細調査等については本マニュアルの対象外とするが、これら業務によって取得した写真や変状情報も、3次元モデル上で構造物の変状の経年変化を比較可能な形で蓄積出来ることから、これらの業務においても本マニュアルを適宜準用して利用してもよい。

本マニュアルにおいて対象とする部材を表 1-1、対象とする変状の種類を表 1-2 に示す。

表 1-1 本マニュアルで対象とする部材（トンネル）

区分	対象箇所	部位区分	部位	対象箇所	部位区分
本體工	覆工	アーチ	附属物	附属施設	換気施設
		側壁			照明施設
	坑門	非常用施設			
	内装板	関連施設			
	路面	ケーブル類			
	路肩	標識			
	排水施設	情報板			
	補修・補強材	吸音板			
		取付金具			
	ボルト・ナットアンカー類				

※■は対象外

表 1-2 本マニュアルで対象とする変状の種類（トンネル）

区分	種類	
本體工	①	圧ぎ、ひび割れ
	②	うき、はく離
	③	変形、移動、沈下
	④	鋼材腐食
	⑤	巻厚の不足または減少、 背面空洞
	⑥	漏水等による変状
区分	種類	
附属物	⑦	緩み、脱落
	⑧	亀裂
	⑨	腐食
	⑩	変形、欠損
	⑪	がたつき

※■は対象外

1.3. 対象とする成果品

本マニュアルで対象とする成果品は、次による。

- 点検写真
- 変状形状データ
- メタデータ
- 変状の抽出方法を示したドキュメント

【解説】

本マニュアルで対象とする成果品は、点検写真、変状形状データ、メタデータ、変状の抽出方法を示したドキュメントであるが、これ以外の成果品の納品を妨げるものではない。

(1)点検写真は、点検対象となる部材を撮影した生写真である。

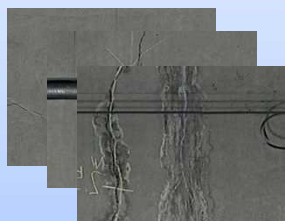
(2)変状形状データは、ユーザが変状の位置、形状、内容等が把握できるように、撮影した写真や 3 次元モデルに付加した変状情報のことである。例えば、ひびわれなどを表現した 3 次元ポリライン、漏水・遊離石灰の範囲を表すポリゴンのほかに、撮影した写真と同じ大きさの領域の図面空間に変状を描画する方法などがある。

(3)メタデータは、対象となる構造物が位置する座標系情報、撮影した写真の位置情報や、変状情報（変状の有無、種別など）を記載したデータである。メタデータを用いて、撮影した写真の 3 次元モデル上への配置や必要情報の検索を行う。

(4)変状の抽出方法を示したドキュメントは、変状の抽出精度や方法を示したドキュメントである。

本マニュアルに基づく成果品のイメージ

点検写真



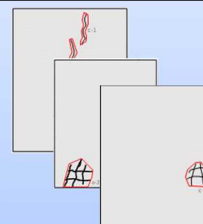
構造別、撮影コース別にサブフォルダ分けしてすべての点検写真を格納

メタデータ

x1, y1, z1, 写真ファイル名・・・1
x2, y2, z2,・・・
x3, y3, z3,・・・

各点検写真の位置情報、変状の有無等を記載

変状形状データ



3D 又は 2D で変状形状をモデル化



様式 D-1 は点検写真から変状写真を抽出したもの



様式 B は異常個所の写真位置を表すが、メタデータは点検写真の位置関係を表す



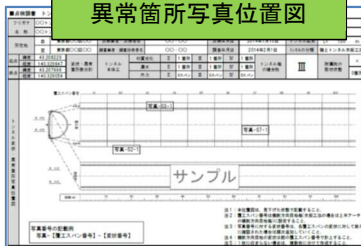
変状形状データと様式 D-2 トンネル全体変状展開図が対応する

様式 D-1 変状写真台帳

写真番号	変状写真	変状写真
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		
23		
24		
25		
26		
27		
28		
29		
30		
31		
32		
33		
34		
35		
36		
37		
38		
39		
40		
41		
42		
43		
44		
45		
46		
47		
48		
49		
50		
51		
52		
53		
54		
55		
56		
57		
58		
59		
60		
61		
62		
63		
64		
65		
66		
67		
68		
69		
70		
71		
72		
73		
74		
75		
76		
77		
78		
79		
80		
81		
82		
83		
84		
85		
86		
87		
88		
89		
90		
91		
92		
93		
94		
95		
96		
97		
98		
99		

点検調書との対応イメージ

様式 B トンネル変状・異常箇所写真位置図



様式 D-2 トンネル全体変状展開図



図 1-2 成果品のイメージ

1.4. 用語の定義

本マニュアルで用いる主な用語の定義は、次による。

用語	定義
点検写真	点検支援技術等を用いて撮影した構造物の生写真のこと。なお、生写真には Exif 情報を含むものとする。
Exif 情報	Exchangeable image file format の略であり、画像に埋め込まれたカメラ機種や撮影条件等の情報のこと。
変状形状データ	変状の位置、形状等をモデル化した情報であり、(1)3次元モデル、(2)レイヤ構造図画ファイル(2D)の方法から選択してデータ作成を行う。
メタデータ	一般に、データそのものではなく、そのデータを表す属性や関連する情報を記述したデータのこと。本書では、点検写真の位置情報や、変状情報(変状の有無、種別など)を記載したデータを意味する。
オルソ画像	写真上の像を正射投影し、傾きのない、画像の端部でも歪みがない画像に変換したもの。
オルソモザイク画像	単一のオルソ画像をつなぎ目が目立たないように接合(モザイク)し、統合した一枚のオルソ画像。
3次元モデル	点検対象となる構造物の3次元形状を表現したモデルのこと。
ビューア	3次元モデル上に点検写真や変状情報を表現し、相互の位置関係についての認識を支援するアプリケーションのこと。

1.5. 本マニュアルに記載の無い事項

本マニュアルに記載の無い事項については、以下の基準等によるものとする。

- 国土交通省 道路局 国道・技術課：道路トンネル定期点検要領
- 土木設計業務等の電子納品要領

【解説】

本マニュアルは、点検写真から3次元モデル上にて変状管理を行う上で必要なデータを作成し、納品する手法を定めるものとして位置付ける。本マニュアルに記載のない事項については関連する基準類に従うものとする。

1.6. 引用規格

本マニュアルでは、次の引用規格の最新版を適用する。

- デジタルスチルカメラ用画像ファイルフォーマット規格 Exif 2.31

第2編 データ作成方法

2.1. 点検写真

2.1.1. 点検写真の撮影対象

点検支援技術等を用いて部材の写真を撮影する。撮影箇所は部材の変状部だけでなく、変状部以外の写真も撮影する。撮影精度は「2.1.2 撮影条件」に基づくこととし、画質劣化等がないことを確認する。

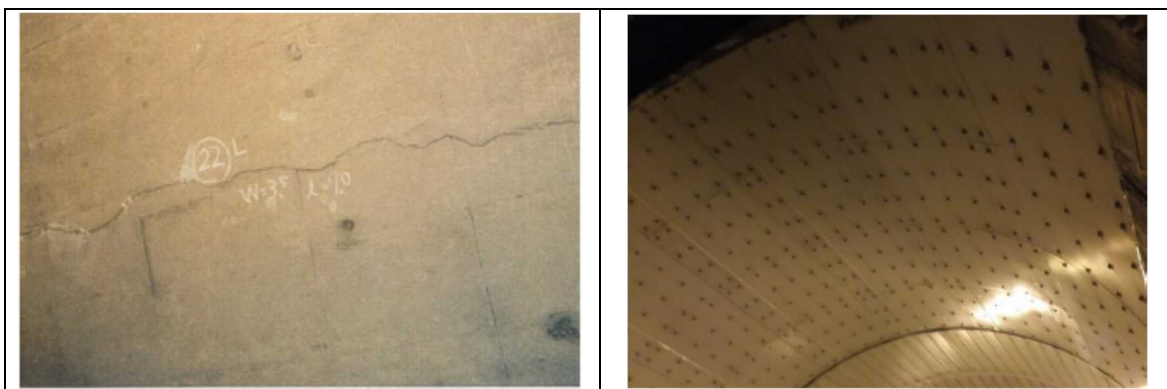
【解説】

点検支援技術等を用いて、点検対象となる構造物の部材の写真を撮影する。

3次元モデルを作成するためには、変状部のみの写真だけでなく、変状部以外の写真も撮影する必要があるため、変状部以外も撮影対象とする。ただし、撮影範囲は点検支援技術使用計画の範囲内として良い。

また、画質劣化等がないことを確認するため、写真をオルソ画像、オルソモザイク画像へ変換し、変状の確認に支障が生じるような画質劣化等がないことを確認することとし、作成したオルソ画像、オルソモザイク画像についても納品の対象とする。なお、画質劣化等がないことの確認方法とその結果は、発注者との協議によって確認することを基本とする。

ラインカメラのように生データが視認困難なフォーマットの場合は、合成画像から変状の確認に支障が生じるような画質劣化等がないことを確認したものを納品することで代えることができる。



変状部の写真

変状部以外の写真

引用：道路トンネル定期点検要領 平成 26 年 6 月 国土交通省道路局国道・防災課 P25、35

図 2-1 点検写真（例）

2.1.2. 撮影条件

点検写真の撮影においては、品質を適切に管理するため、撮影条件を定める。

【解説】

点検写真の精度を適切に担保するため、点検写真の撮影条件を定めて、これに基づき適切に精度管理を実施する必要がある。

撮影した写真をAIの技術開発に必要な教師データ作成のための写真として納品する場合は、表 2-1 に示す撮影条件によるものとし、本条件の適用の要否については発注者との協議による。なお、撮影手法は任意とする。

表 2-1 トンネル用教師データ作成用写真の撮影条件

<p><4K カメラ, 高画質ビデオカメラを使用する場合> 幅 0.3mm のひび割れを検出する場合、1.5mm/画素以下とする。 使用するカメラに応じて、撮影範囲(視野サイズ)を決定する必要がある。 長手方向の視野サイズ(mm) = 長手方向のカメラ画素数 × 1.5mm 縦方向の視野サイズ(mm) = 縦方向のカメラ画素数 × 1.5mm <ラインカメラを使用する場合> 幅 0.3mm のひび割れを推奨検出する場合、0.3mm/画素以下とする。 使用するカメラに応じて、撮影範囲(視野サイズ)を決定する必要がある。 長手方向についてはラインカメラであることから視野サイズの規定は除外する。 縦方向の視野サイズ(mm) = 縦方向のカメラ画素数 × 0.3mm ※現場では、設定された撮影範囲(視野サイズ)を維持した撮影とする。 ※トンネル全周の二次元展開図を作成することから実寸法に合わせた適正なアスペクト比を確保する。</p>		
	仕様	留意点
カメラ機種	手持ち：4K カメラ以上 走行型：高画質ビデオカメラ（エリア、グローバルシャッター） およびラインカメラ	安定した高画質を確保するために必要 センサーサイズは、APS-C 以上 コントラスト AF は使用しないこと
撮影設定	トンネル内部の環境・現場条件に応じ、絞り・シャッタースピード・ISO 感度等の調整を行う	トンネル内の環境によって、任意に設定する必要がある
ラップ率	任意設定	二次元平面展開の合成可能なラップ率を設定
画質	最高画質モード	使用するカメラ機種のなかで高画質モード以上
画像フォーマット	任意とする	高精細以上
その他	試撮を行い、現場状況に応じて設定値を確認・調整し撮影記録する 鮮明な画像を取得するため、十分な照明を当てて撮影する	手ブレ等を起こさないように安定した撮影が必要 現場状況に応じて光源を使用・調整したうえで撮影すること

2.1.3. Exif 情報

点検写真の Exif 情報として、原画像データの生成日時、デジタルデータの生成日時、F ナンバー、撮影感度、シャッタースピード、レンズ焦点距離などが写真データに格納されている場合は Exif 情報を全て残しておくこと。

【解説】

Exif とは、Exchangeable image file format の略であり、カメラ機種や撮影条件等の情報を画像に埋め込んでおり、ビューア等で確認することができる。対応画像形式は、JPEG、TIFF 形式等である。

Exif は、Exif IFD、GPS IFD、互換性 IFD 等の情報から構成される。

注) IFD は、Image File Directory を表す。

Exif IFD の付属情報には、F. 日時に関するタグ、G. 撮影条件に関するタグが含まれる。データ生成日時、撮影条件に関する情報は、後日点検写真を確認、解析する際に必要となる情報のため、可能な限り記録しておくことが望ましい。したがって Exif として得られる情報は全て保存しておくこととする。

ただし、動画から写真データを生成する際に Exif 情報が自動付与されない場合は、この限りではない。

GPS 情報は、撮影箇所を特定するための重要な情報となるが、道路トンネル内では衛星信号が届かずに十分な精度の情報が得られないことが多く、記録は不要である。十分な精度が確保され、かつ必要な場合に限り、GPS 情報を記録する。なお、GPS 情報には、測位に使った衛星信号、GPS 受信機の状態、GPS の測位方法、測位の信頼性等の制度に関する情報も併せて記録することが望ましい。

2.2. 変状形状データ

変状形状データとして、次のいずれかを作成する。

- 3次元モデル
- レイヤ構造図画ファイル (2D)

【解説】

変状形状データは、変状の概略、変状の位置・形状、変状の範囲などの情報であり、(1) 3次元モデル、(2) レイヤ構造図画ファイル (2D) のいずれかの方法から選択してデータを作成する。

変状形状データ作成にあたっては、点検写真に重ね合わせて利用できるように、点検写真の位置情報を記録したメタデータと同じ座標系を用いることとする。

なお、作成した変状形状データについては、今後点検支援技術の一つとして AI 技術を活用することを見据え、技術開発に必要な教師データを作成するためのデータとしても活用することを想定している。

(1) 3次元モデル

3次元モデルによる変状形状データは、3次元のポリライン、ポリゴン等を 3DCAD 等で作成する。亀裂などは、亀裂箇所に沿う形で 3次元ポリラインを、漏水などは該当箇所をポリゴンで囲むなどして、正確な形状が記録されるように作成する。

3次元モデルによる変状形状データには、必要に応じて、変状の種類、変状程度、メモなどの属性情報を付与する。また、これらの情報は、必要に応じて、旗上げ表示等を利用することで、変状位置が把握できるようにすることが望ましい。

(2) レイヤ構造図画ファイル (2D)

レイヤ構造図画ファイル (2D) による変状形状データは、点検写真と同じ大きさの領域の図面空間に、変状箇所等をポリライン、ポリゴン等により図示し、点検写真と分離可能なレイヤ構造を持たせて重畳されたファイルとして作成する。亀裂などは、亀裂箇所に沿う形でポリラインを、漏水などは該当箇所をポリゴンで囲むなどして、正確な形状が記録されるように作成する。必要に応じて、変状の種類、変状程度、メモなどの属性情報を付与する。また、これらの情報は、必要に応じて、旗上げ表示する。

具体的には、画像編集ソフト等を用いて、点検写真と変状箇所等の図示は異なるレイヤに保存する。また、点検写真と変状箇所等の図示が市販のソフトウェアで容易に、事後に正確に重畳できるのであれば、レイヤ毎に別ファイルで保存してもよい。この場合、点検写真と別ファイルとして保存したものは、点検写真と同様に、メタデータで位置情報等を記載すること。

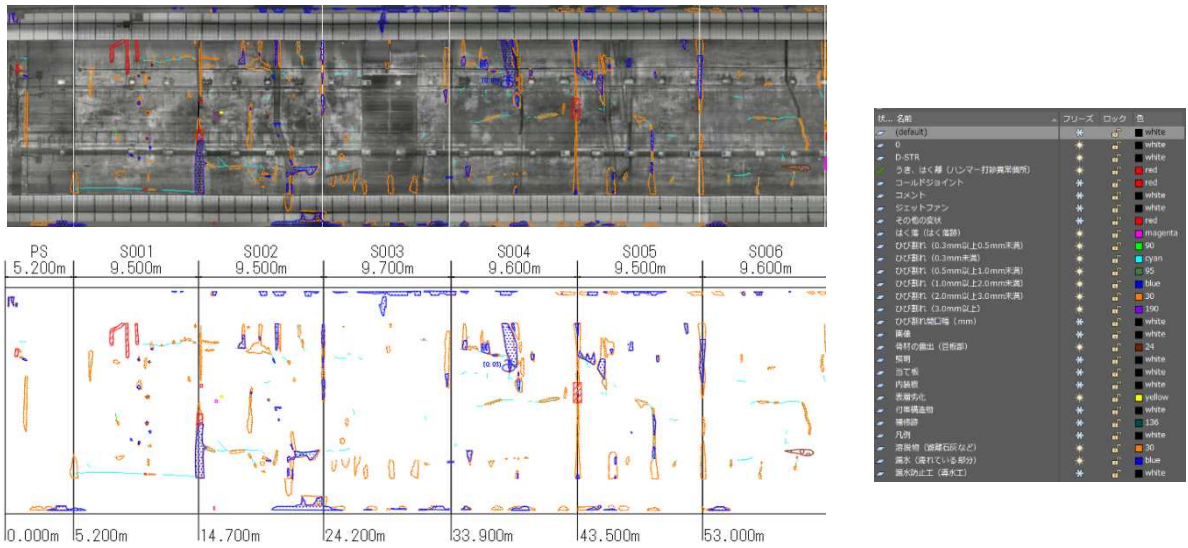


図 2-2 レイヤ構造図画ファイル (2D) の例

2.3. 点検写真のメタデータ

点検写真の位置情報、変状情報等を記載したメタデータを作成する。

【解説】

メタデータは、対象となる構造物が位置する座標系情報、点検写真の中心位置座標、写真撮影時のカメラの位置座標を記載したデータを作成する。その他、点検写真の変状情報等もメタデータに併せて記載する。メタデータの対象は、3次元位置の再現性を担保するために、生写真、オルソ画像、オルソモザイク画像のそれぞれとする。

点検写真の位置情報に関しては、点検写真ごとの Exif 情報 (GPS に関するタグ、未定義タグなど) を使用して必要情報を記入する方法もあるが、点検写真とは別にメタデータを作成し座標系情報、位置情報や変状情報を記載することで、点検写真の 3次元空間上への配置、変状写真の検索などにも利用可能となる。本マニュアルでは、点検写真の位置情報は、メタデータに記載する方針とした。

メタデータに記載される座標情報をもとに、点検写真と 3次元モデルのリンク付けを行い、点検写真を 3次元空間上に配置して表示することが可能となる。

なお、点検写真に対して、正しいアスペクト比で正確な画像合成を行い、かつ「2.2 変状形状データ」にて (1) 3次元モデルによる納品を選択した場合は、メタデータを作成せずに 3次元空間上に配置することが可能であるため、メタデータの作成は不要である。

また、3次元モデルに部材等の属性が付与されている場合、点検写真と 3次元モデル (部材) のマッチングにより、3次元モデルから点検写真の対象部材の情報を取得することも可能となる。

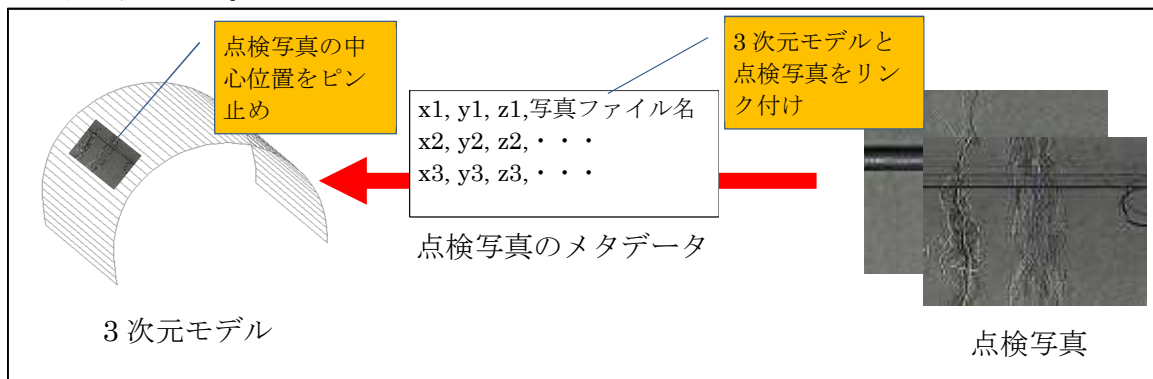


図 2-3 点検写真と 3次元モデルのリンクイメージ

2.3.1. メタデータ項目

点検写真のメタデータ項目は、次による。

- 対象となる構造物が位置する座標系情報
- 点検写真またはカメラの位置座標・角度情報
- 点検写真保存フォルダのパス、ファイル名
- 点検写真の撮影日時
- その他 3次元モデルの作成・活用に有益な情報

【解説】

点検写真のメタデータには、(1) 共通する情報、(2) 個別の写真に必要な情報 (表 2-2) 記入する。(1)は共通ヘッダーとしてメタデータの1行目に、(2)は2行目にヘッダーを、3行目以降に個別写真のメタデータを記載する。点検写真のメタデータの記入例を表 2-3 に示す。

(1) 共通する情報

データ間のリンクを確保するためには、メタデータに記載する点検写真の位置座標、変状形状データで共通の座標系を用いる必要がある。そのため共通事項として、使用した座標系情報(測量座標系/ローカル座標系の区分、ローカル座標の場合の座標原点、座標軸の傾き、縮尺情報など)、標高基準(標高基準名、T.P.との差分など)もメタデータのヘッダー部に含めることとする。

座標系情報については、世界測地系 1984 (WGS84)、日本測地系 2011 (JGD2011、世界測地系(測地成果 2011))、平面直角座標系「平成 14 年国土交通省告示第 9 号」等を明記すること。また、ローカル座標の場合の座標原点については、3 点程度の GCP を測地系の座標情報と紐づけできるようにすること。

(2) 個別の写真に必要な情報

点検写真を 3次元空間上へ配置するための位置座標として、点検写真の中心位置座標、カメラ中心位置座標、点検写真四隅座標から 1つの方法を選択して記入する。

カメラ中心位置座標を選択した場合、カメラ中心位置座標とカメラの中心傾きから撮影方向のベクトルが算出でき、3次元モデルとの交点から点検写真の 3次元空間上への配置が可能となる(図 2-4 参照)。

将来的には、同じカメラ位置、角度で撮影を行うことで、変状の経年変化等の追跡が可能となる。次回点検時に、同一のカメラ位置、角度を再現するためにもこれらの情報の記録が重要となる。

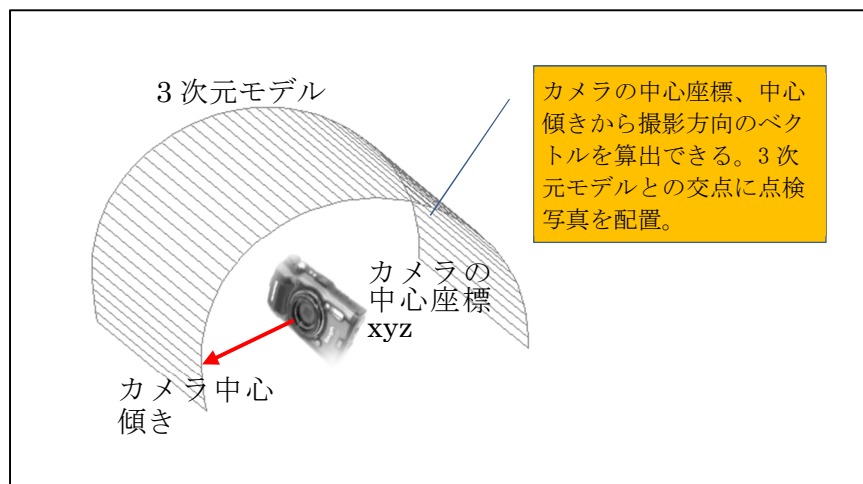


図 2-4 カメラ中心位置座標、中心傾きから点検写真を配置するイメージ

表 2-2 点検写真のメタデータ項目

項目	入力条件	説明
位置座標記入方法	必須	位置座標の記入方法が、写真中心位置座標であれば 0、カメラ中心位置座標であれば 1、写真四隅座標であれば 2 を記入する。
位置座標	必須（位置座標記入方法「0」の場合）	・点検写真の中心位置を表す XYZ 座標(x, y, z) ・点検写真の傾き ^{*1} を表すオイラー角(α , β , γ)または四元数 ^{*2} (q0, q1, q2, q3)
	必須（位置座標記入方法「1」の場合）	・カメラの中心位置を表す XYZ 座標 ^{*1} (x, y, z) ・カメラの傾き ^{*1} を表すオイラー角(α , β , γ)または四元数 ^{*2} (q0, q1, q2, q3)
	必須（位置座標記入方法「2」の場合、3点以上）	・点検写真四隅（右上、左上、右下、左下）の XYZ 座標 (xUR, yUR, zUR, xUL, yUL, zUL, xDR, yDR, zDR, xDL, yDL, zDL)
写真寸法	任意	点検写真の 1 ピクセルが実寸法で何 mm に相当するのかを記載する。
相対パス	必須	変状形状データ保存フォルダに対する点検写真保存フォルダの相対パス。
点検写真ファイル名	必須	点検写真のファイル名。拡張子を含めて記載する。
点検写真の撮影日時	必須（条件付き）	点検写真の撮影日時を CCYY-MM-DDThh:mm:ss 形式で記入する。ただし、Exif 情報として記載されている場合は省略可能とする。

項目	入力条件	説明
投影法	任意	点検写真の中心投影、正射投影の区分。中心投影は 0、正射投影は 1 を記入する。
対象部材	任意	部材を表す記号（主桁：Mg、床版：Ds など）を記入する。部材を表す記号は、道路橋定期点検要領による。
変状の有無	任意	変状部／非変状部の区分。変状部は 1 を、非変状部は 0 を記入する。
代表写真	任意	点検調書で利用した代表写真であるかを判別。代表写真の場合は 1 を記入する。それ以外の場合は 0 を記入する。

※1 点検写真の中心傾きは、座標系に対する点検写真撮影面方向の方向ベクトルとし、カメラの中心傾きは、座標系に対する撮影方向の方向ベクトルとする（図 2-5）。

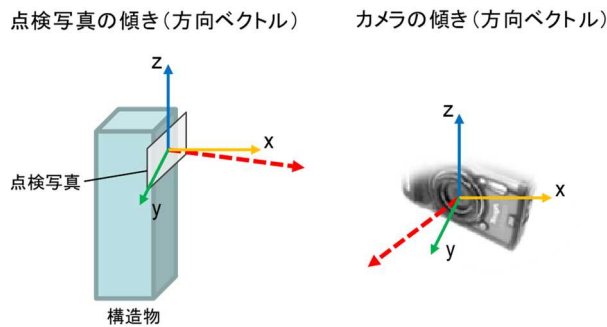


図 2-5 点検写真・カメラの中心傾き

※2 オイラー角は、座標系の基底ベクトルを z 軸周りに α 、x 軸周りに β 、y 軸周りに γ 回転させた時に、基準座標の z 軸が方向ベクトルの単位ベクトルと一致し、x、y 軸が点検写真の縦横と一致するような α 、 β 、 γ であり、四元数は単位ベクトル (r_1, r_2, r_3) を軸として θ 回転させた時に、同様に一致するような r_1, r_2, r_3 、 θ から下記により定義する q_0, q_1, q_2, q_3 である（図 2-6）。

$$q = q_0 + q_1i + q_2j + q_3k = \cos \frac{\theta}{2} + ir_1 \sin \frac{\theta}{2} + jr_2 \sin \frac{\theta}{2} + kr_3 \sin \frac{\theta}{2}$$

なお、i, j, k はそれぞれ x, y, z 軸の基底ベクトルを示す。

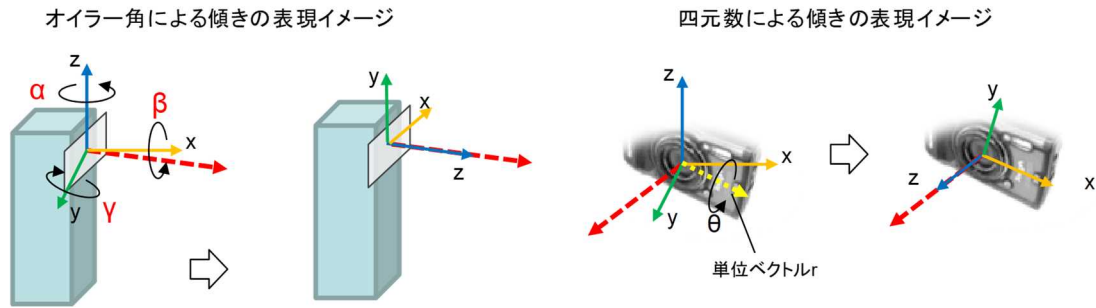


図 2-6 オイラー角及び四元数による傾きの表現

表 2-3 点検写真のメタデータの記入例

<p>【1行目：共通ヘッダー部】 座標系情報（測量座標系／ローカル座標系の区分、ローカル座標の場合の座標原点、座標軸の傾き、縮尺情報など）、標高基準（標高基準名、T.P.との差分など）</p> <p>【2行目：点検写真のメタデータを示すヘッダー部】 位置座標記入方法, x, y, z, α, β, γ, 写真寸法, 相対パス, 点検写真ファイル名, 点検写真の撮影日時, 投影法, 対象部材, 変状の有無, 代表写真</p> <p>【3行目：1枚目点検写真のメタデータ】 0, 12345.250, 67890.480, 123.370, , , , , , ..¥R_PHOTO¥001, 001_0001.jpg, 2018-03-31T12:21:30, 0, Ds, 0, 0</p> <p>【4行目：2枚目点検写真のメタデータ】 0, 12345.250, 67890.480, 123.400, , , , , , ..¥R_PHOTO¥001, 001_0002.jpg, 2018-03-31T12:21:33, 0, Ds, 1, 1</p>
--

2.3.2. ファイル形式

点検写真のメタデータのファイル形式は、CSV形式とする。

【解説】

点検写真のメタデータは、CSV形式で作成する。

2.4. 変状の抽出方法等を示したドキュメント

変状の抽出方法等を示したドキュメントを作成する。

【解説】

変状の抽出方法等を示したドキュメントには、次の情報を含める。ドキュメントのファイル形式は任意とするが、一般的なソフトウェアで閲覧可能な形式を前提とする。変状の抽出方法を含むパンフレット等を代替として納品してもよい。

- 点検支援技術の使用機器と選定理由（新技術利用のガイドラインに基づく「点検支援技術使用計画」で代えてもよい。）
- 人力（手動）で画像を撮影した場合、その撮影方法と撮影箇所
- 3次元モデル及び点検写真相互の相対的な位置関係を担保する方法
- 変状の抽出方法（自動検出、点検員による検出など）及び精度（ひびわれの最小抽出幅など）、精度検証方法、精度管理計画

第3編 データ納品方法

3.1. フォルダ構成

点検支援技術等を用いたトンネル点検業務の成果品は、「土木設計業務等の電子納品要領 平成 31 年 3 月」の「ICON」フォルダ下に「ROBOT」フォルダを作成し、格納する。

【解説】

「土木設計業務等の電子納品要領 平成 31 年 3 月」は、国土交通省が発注する土木工事に係る設計及び計画業務に係る土木設計業務委託契約書及び設計図書に定める成果品を電子的手段により提出する際の基準を定めている。

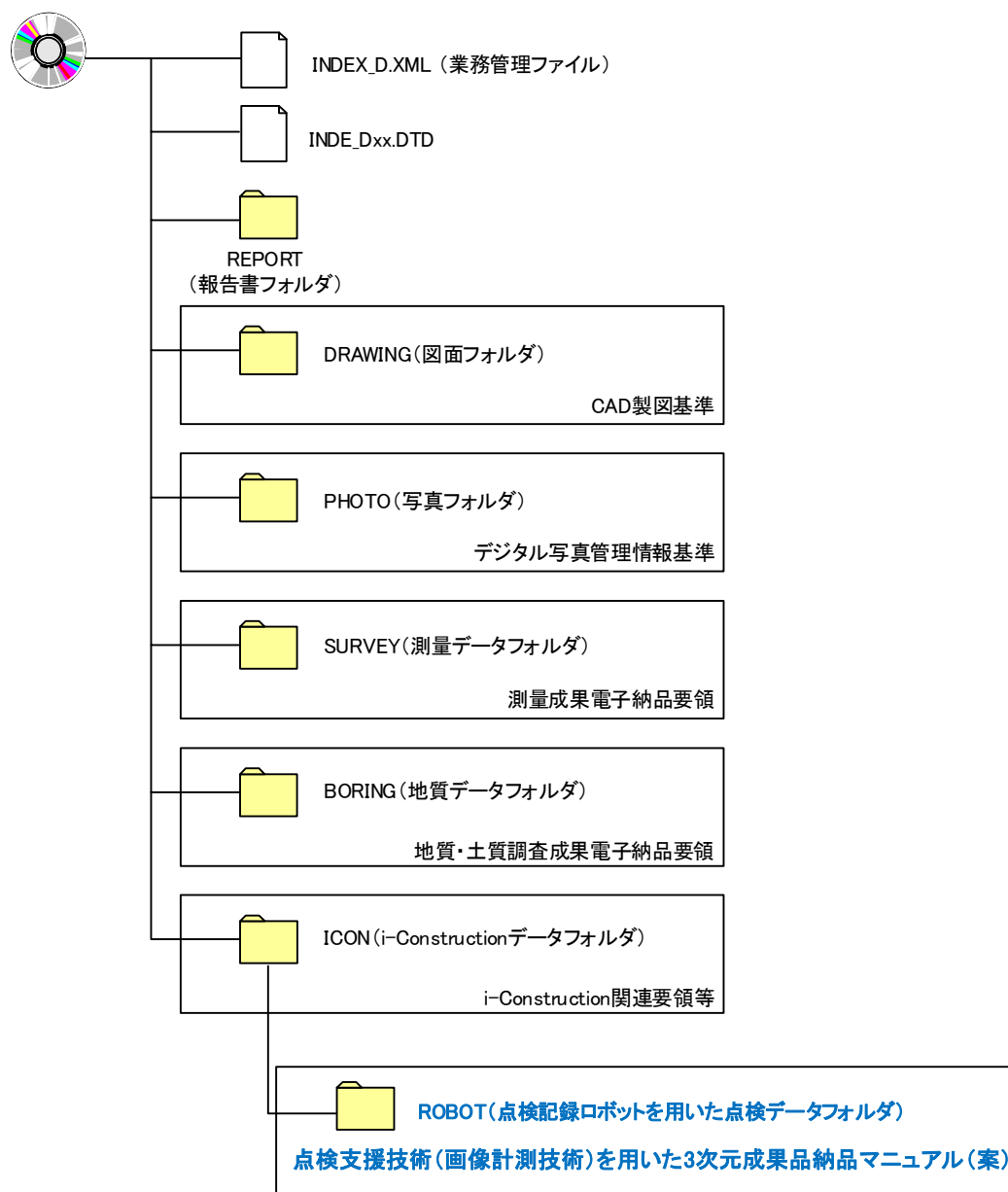
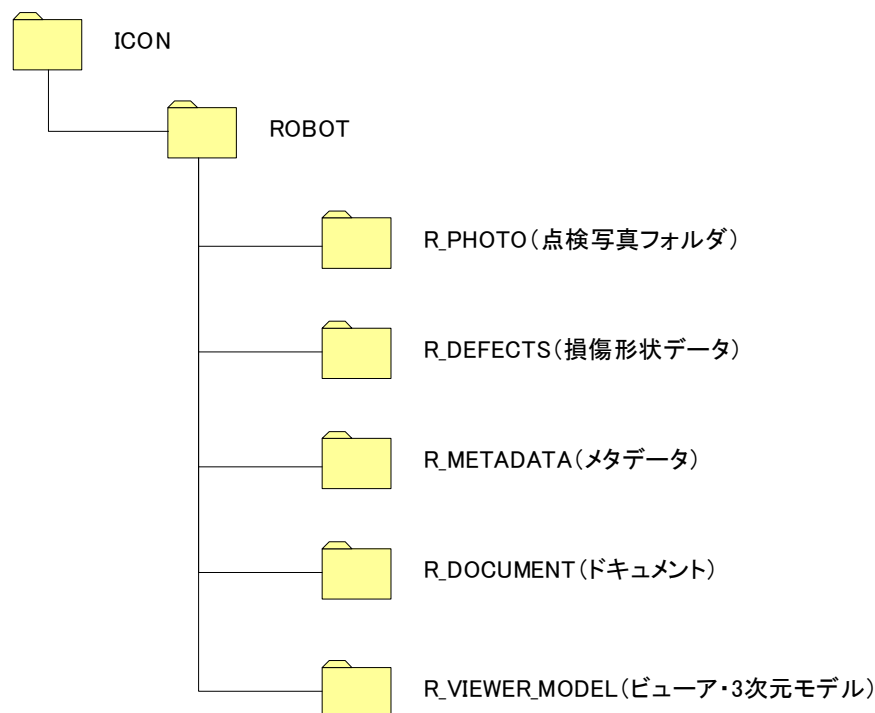


図 3-1 土木設計業務等の電子成果品のフォルダ構成での ROBOT フォルダの位置関係
点検支援技術等を用いたトンネル点検業務の成果品のフォルダ構成を示す。

- フォルダ構成は、図 3-2 の構成とする。各フォルダに格納する成果品は、表 3-1 のとおりとする。
- 格納するファイルがないフォルダは、作成する必要はない。
- 各フォルダには適宜サブフォルダを設けてよい。
- R_PHOTO (点検写真) に関しては、大量の写真ファイルが格納されるため、構造別 (橋脚 P1、P2 など)、撮影コース別などでサブフォルダを作成して、ファイルを格納する。
- 使用するソフトウェアの制限等により仕分けができない場合は、いずれかのフォルダにまとめて格納することを認める。格納するフォルダは、ROBOT フォルダのサブフォルダとして新たなフォルダの追加を認める。
- フォルダ名は半角英数字とする。下図では、各フォルダに格納する内容を参考にカッコ内に表記している。
- 格納するパスの長さ (フォルダ名+ファイル名の長さ) は、OS の表示制限等より 255 字まで※とする。

※作業上の注意：使用するソフトウェアによっては、自動的に 100 文字を超えるパス長のファイルが保存される場合があるので、納品前のデータ作成作業中であっても、パソコンや共有サーバに保存する際は、フォルダの浅い階層に置く等の注意が必要となる。



()内は格納する内容を示している。

図 3-2 点検支援技術等を用いたトンネル点検業務の成果品のフォルダ構成

表 3-1 フォルダ構成と格納される成果品

フォルダ	格納される成果品
R_PHOTO (点検写真)	<ul style="list-style-type: none"> ● 点検写真の画像ファイル ● 変状形状データの画像編集ソフト等のオリジナル形式ファイル（点検写真と一体の場合）
R_DEFECTS (変状形状データ)	<ul style="list-style-type: none"> ● 3次元モデル、レイヤ構造図面ファイル（2D） （再利用可能な形式で作成する） ● 画像編集ソフト等のオリジナル形式ファイル（点検写真と分離している場合）
R_METADATA (メタデータ)	<ul style="list-style-type: none"> ● CSV形式のメタデータのテキストファイル
R_DOCUMENT (ドキュメント)	<ul style="list-style-type: none"> ● 変状の抽出方法等を示したドキュメント ● 一般的なソフトウェアで閲覧可能なドキュメントファイル
R_VIEWER_MODEL (ビューア・3次元モデル)	<ul style="list-style-type: none"> ● ビューア、操作マニュアル ● モデルを作成したソフトウェア情報 ● 3次元モデルを構成するファイルセット <p>※点検写真のピン止め等で必要となる3次元モデルを格納する。詳細なモデルは不要である。</p>

3.2. ファイル形式

成果品のファイル形式は、個別に指定しないこととするが、一般的なソフトウェアで閲覧可能なファイル以外は、閲覧手段を併せて納品する。

【解説】

点検写真、メタデータ、ドキュメントは、一般的なソフトウェアで閲覧可能なファイルを納品することとする。

変状形状データおよびビューア・3次元モデルについては、使用するソフトウェアは現段階では汎用性が低いと考えられるため、閲覧手段を含めて成果品として納品することとする。詳細については、受発注者協議により決定することとする。

参考資料：データの利活用

参考資料 1 3D モデルビューア

(1) ビューアの活用方法

3D モデルビューアは、点検対象構造物を 3 次元モデルとして可視化するツールである。施設管理者が現地に足を運ばずとも立体的に構造物を確認することが可能になり、点検写真データの管理をはじめ、新規赴任者の管理対象施設の効率的な把握、維持管理データの効果的な管理、災害発生時の緊急点検における施設状態確認等といった活用が可能になることが期待される。

【解説】

3D モデルビューアは、点検写真が被写体のどの場所を示したものを簡易に把握するためのソフトウェアである。機能要求等の詳細は次節以降に示すこととする。

施設管理者が管理する施設や構造物が 3D モデルとして管理されることで、以下のような活用方法が考えられる。

活用方法例	説明
新規赴任者の管理対象施設の効率的な把握	● 現状、新規赴任した施設管理者が管内の現場に足を運んで管理対象施設を確認・把握するには相当の時間を必要とする。3D モデルで管理対象施設が確認可能になれば、施設の状況・状態の概要を把握することが可能となり、早期の施設管理体制確保が期待される。
維持管理データの効果的な管理	● 点検写真、変状情報の他、部品交換や補修履歴といった維持管理に関する情報も併せて 3D モデルで統合的に管理することが可能になれば、点検～診断～補修～更新といった維持管理の各段階において適切な措置が行えることが期待される。
災害発生時の緊急点検における施設状態確認	● 大規模な地震や風水害等の際に実施する緊急点検において、被災前の状態を 3D モデルにて確認することが可能となり、被災状況・程度の早期把握に寄与することが期待される。

(2) ビューアの機能要求

1) ビューアの機能要求

点検支援技術等により大量に生成される点検写真が被写体のどの場所を示すかについて、点検対象構造物を示す3次元モデル等に点検写真のリンクポイントを配置する等により、点検写真相互の位置関係についての認識を支援するビューアを活用することが考えられる。

【解説】

点検支援技術等で取得される画像は画角が小さい場合が多く、画像から得られる情報をもって健全性の診断を行う場合、全体構造との関係を把握することは困難である。また、単に画像を点検調書作成に活用するだけであったとしても、膨大な点検写真が構造物のどの箇所を示すのかについて、写真のメタデータだけでは特定が困難であると考えられる。したがって、全体構造を大まかに表現した3次元モデルや、覆工展開画像に、点検写真のリンクポイントを配置する等により点検写真相互の位置関係についての認識を支援するビューアを活用することが考えられる。

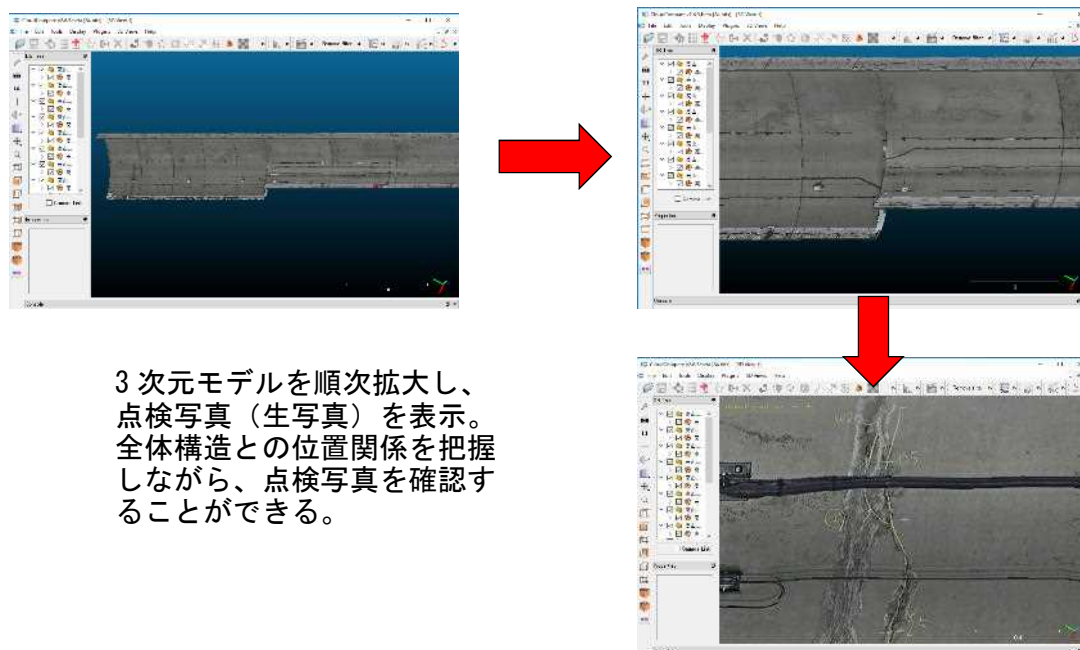


図 参-1 大まかな3次元モデルに対して、撮影位置からの角度を確保しながら生写真を重畳させるビューアの事例

点検写真を円滑に閲覧するに当たり、ビューアに次の機能が必要となる。

- (1) 点検写真の位置座標を3次元モデル等に配置する機能
- (2) 3次元モデル等の位置と点検写真を相互に検索する機能
- (3) 変形状データを3次元モデル等に投影して表示する機能
- (4) その他

2) 点検写真の位置座標を 3 次元モデル上に配置する機能

点検写真の 3 次元モデル上への配置を実現するため、3 次元モデル等を生成または読み込む機能と、点検写真の中心を 3 次元モデル等に投影したときの 3 次元モデル等との交点を算出する機能を必要とする。

【解説】

A) ビューア用 3 次元モデル等の生成または読み込み

全体構造と点検写真との位置関係についての理解を助けるのに十分な詳細度の 3 次元モデルや覆工展開画像と重畳させる展開図面（以降「ビューア用 3 次元モデル等」とする）を、ビューアで表示させるために読み込む機能が必要である。

ビューア用 3 次元モデル等については、点群モデル、テクスチャーモデル、ソリッドモデル等、展開図面としては 2DCAD ファイルが考えられるが、少なくとも、点検写真のメタデータや変状形状データと同一の座標系（例えば世界測地系等）で作成されていることが必要である。

B) 点検写真のビューア用 3 次元モデル上への配置

点検写真をビューア用 3 次元モデル上に配置するに当たり、次の方法がある。

- ① 点検写真のメタデータに記録される「点検写真の中心位置座標」、「点検写真のオイラー角、四元数」から、点検写真の中心位置、傾きを算定して、ビューア用 3 次元モデル上に配置する。
- ② 点検写真のメタデータに記録される「カメラの中心位置座標」、「カメラのオイラー角、四元数」から、撮影方向のベクトルを算出して、ビューア用 3 次元モデル等との交点に点検写真を配置する。
- ③ 画質劣化が無いことが確認されたオルソ画像、モザイク画像を点検写真とする場合は、ビューア用 3 次元モデル等として 2 次元覆工展開図面を用いることが考えられ、このときは点検写真のメタデータに記録されるカメラの中心位置座標等から、覆工展開図面の縮尺に合わせて点検写真を合成する。

①、②の場合、点検写真を 3 次元モデル上に配置する方法はどちらでも構わないが、点検写真をピン止めするための 3 次元モデルが必要となる。また、点検写真をビューア用 3 次元モデル上に配置した場合のビューア上での解像度に関しては、ビューア操作が鈍化することを考慮して、点検写真のオリジナルの解像度を保持する必要はない。3) で規定する機能によって、点検写真のオリジナルを確認できるようにする。

③の場合は、覆工展開図面に合成した点検写真は、オリジナルの解像度を保持する必要がある。

3) 3次元モデル上の位置と点検写真を相互に検索する機能

ビューア用3次元モデル上で確認したい箇所をクリックすることで、点検写真のオリジナルを確認できるとともに、ソフトウェアのファイル検索機能等を用いて選択した点検写真から、その中心位置を3次元モデル上に表示する機能を必要とする。

【解説】

A) ビューア用3次元モデル等のリンクポイントの表示と点検写真を呼び出して表示する機能

3次元モデルまたは覆工展開図面上にリンクポイントを配置し、これをクリックすることで、別のポップアップ画面等で点検写真を呼び出し、拡大・縮小によりピクセル単位で点検写真を確認できるインターフェースを有すること。

図 参-1 のように、撮影位置から被写体を望む視点で、3次元モデルと点検写真が重畳出来るようなインターフェースを有することが望ましい。

B) 点検写真からビューア用3次元モデル上に対してその位置を表示する機能

点検写真は、対象部材、変状の有無、代表写真等の項目で検索、抽出、並び替えでできることが望ましい。選択した点検写真から3次元モデルまたは覆工展開図面上の位置が確認できるようにする。本機能(1)に規定する機能により、3次元モデル等と点検写真の間の相互リンクを可能とする。

4) 変状形状データを 3 次元モデル等に投影して表示する機能

ポリライン、ポリゴン等による 3 次元モデルやレイヤ構造図面ファイル (2D) 等により作成される変状形状データを、ビューア用 3 次元モデル等に対して投影し、重畳表示させる機能が必要である。

【解説】

A) 変状形状データをビューア用 3 次元モデル等に投影して表示する機能

- ・ 3D ポリラインやポリゴン等の 3 次元モデルとしての変状形状データは、ビューア用 3 次元モデル等に重畳して表示できる必要がある。
- ・ レイヤ構造図面ファイルとして、点検写真の平面座標系でポリライン、ポリゴン等により表現される変状形状データの場合は、点検写真のメタデータとして格納されている位置座標等の情報から、変状形状データをビューア用 3 次元モデル等に投影し、3D ポリラインやポリゴン等の 3 次元モデルに変換できることが望ましい。それが出来ない場合でも、少なくとも(2)の機能を有すること。

B) 点検写真と変状形状データを重畳表示する機能

3) ビューア用 3 次元モデル上のリンクポイントの表示と点検写真を呼び出して表示する機能の解説(1)で規定される機能の一つとして、呼び出された点検写真に対して、同じ範囲の変状形状データ(2D ポリライン、2D ポリゴン等を想定)を重畳して表示できる必要がある。

5) その他

点検支援技術等で得られた情報から、定期点検要領に基づく点検調書を自動的に出力する機能があれば望ましい。

【解説】

A) 変状形状データから点検調書出力する機能

変状形状データに格納される属性情報や、位置情報を介したビューア用 3 次元モデル等との相互リンクにより、部材番号等で区別される箇所を特定し、変状図を自動的に出力する機能を有することが望ましい。また、点検写真、変状形状データとビューア用 3 次元モデル等との相互リンクにより、部材番号等で区別される箇所を特定し、変状写真調書を自動的に出力する機能を有することが望ましい。

以上