

**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）**

平成31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	2
1.4. 構成	4
1.5. 用語の定義	4
1.6. 引用規格	5
第2編 データ作成方法	6
2.1. 点検写真	6
2.1.1. 対象	6
2.1.2. 要求性能、撮影機材	7
2.1.3. ファイル形式	8
2.1.4. Exif 情報	8
2.1.5. 撮影品質管理	13
2.2. 点検写真のメタデータ	14
2.2.1. メタデータ項目	14
2.2.2. 座標系、標高基準	18
2.2.3. ファイル形式	18
2.3. 損傷の抽出方法等を示したドキュメント	19
2.4. 損傷形状モデル	20
第3編 データ納品方法	22
3.1. フォルダ・ファイル構成	22
3.2. 納品方法	25
第4編 参考資料：データの利活用	27
4.1. ビューアの機能要求	27
4.2. 点検写真の位置座標を3次元モデル上に配置する機能	28
4.3. 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	29
4.4. 損傷形状モデルを3次元モデル等に投影して表示する機能	30
4.5. その他	31
4.6. ビューアの納品について	32

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（画像計測技術）を用いて取得したトンネル点検記録の納品仕様を定めることを目的とする。

【解説】

AIの技術開発、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ためには、点検支援技術（画像計測技術）により高品質な画像を取得し、3次元的に正確な損傷位置を記録・蓄積する必要がある。

本マニュアルでは、点検支援技術（画像計測技術）を用いて取得した点検写真等の納品方法を定める。

1.2. 適用範囲

本マニュアルは、国土交通省直轄事業において、点検支援技術のうち、画像計測技術を用いた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】

点検支援技術のうち、画像計測技術（以後「点検記録ロボット」とする）を用いたトンネル点検業務を対象とする。当該技術を用い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、対象とする損傷の種類を表 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	付属施設	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損傷の種類（トンネル）

区分	種類	
本體工	①	圧さ、ひび割れ
	②	うき、はく離
	③	変形、移動、沈下
	④	鋼材腐食
	⑤	有効巻厚の不足または減少
	⑥	破断
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
- メタデータ
- 損傷の抽出方法を示したドキュメント
- 損傷形状モデル
- ビューア（発注者の意向による）

【解説】

本マニュアルで対象とする点検記録ロボットの成果品は、点検写真、メタデータ、損傷の抽出方法を示したドキュメント、損傷形状モデルであるが、ビューアなど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、点検記録ロボットを用いて点検対象となる構造物を撮影した生写真である。

(2)メタデータは、点検写真の位置情報や、損傷情報（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、3次元モデルや覆工展開図面と点検写真のリンク付けや必要情報の検索を行う。

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

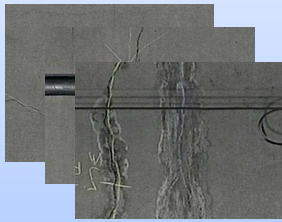
(4)損傷形状モデルは、ユーザが損傷の位置、形状、内容等が把握できるように、点検写真や3次元モデルに付加した損傷情報のことである。例えば、亀裂などを表現した3次元ポリライン、腐食の範囲を表すポリゴンのほかに、3次元モデルに旗上げして損傷内容を示す方法、点検写真と同じ大きさの領域の図面空間に亀裂等を描画する方法、点検写真の属性情報として損傷情報を記載する方法などがある。

なお、ここで言う、ビューアとは、点検記録ロボットにより大量に生成される点検写真や、損傷形状モデルが構造物のどの箇所を示すのかについて、全体構造を大まかに表現した3次元モデルや覆工展開図面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3次元モデルや覆工展開図面を確認することで、その認識を支援するビューア機能を提供するソフトやサービスを指す。

- ・ビューアファイル：オフラインで当該業務の点検成果の閲覧に限定した機能を提供する実行ファイル等。
- ・ビューアソフト：オフラインで、当該業務の点検成果だけでなく、別の点検業務の成果も読み込み、経年変化等が確認できるソフト。
- ・ビューアサービス：オンラインで同様の機能を提供するサービスへのアクセスキー等を想定している。
- ・ビューア：上記の総称。

本マニュアルに基づく成果品のイメージ

点検写真



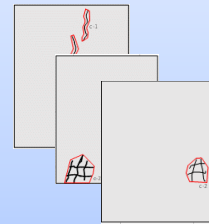
構造別、撮影コース別にサブフォルダ分けしてすべての点検写真を格納

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、損傷の有無等を記載

損傷形状モデル



3D 又は 2D で損傷形状をモデル化

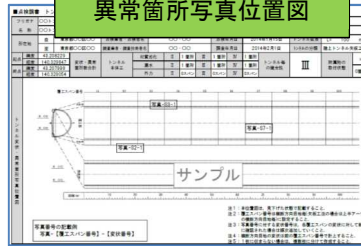
様式 D-1 は点検写真から変状写真を抽出したもの

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

損傷形状モデルと様式 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

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



点検調査との対応イメージ

図 1-1 成果品のイメージ

1.4. 構成

本マニュアルは、次の各編によって構成する。

- 第1編 総則
- 第2編 データ作成方法
- 第3編 データ納品方法
- 第4編 参考資料

【解説】

第1編は、本マニュアルの目的、適用範囲等を規定する。第2編は、本マニュアルで対象とする成果品ごとのデータ作成方法を規定する。第3編は、成果品の納品方法を規定する。

1.5. 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
点検記録ロボット	道路橋の変状写真を取得する目的で、「新技術利用のガイドライン（案）」（国土交通省平成31年2月）に基づき仕様や性能値が整理されている画像計測技術。
ロボット点検記録	点検記録ロボットにより取得された点検写真とそのメタデータ、及び点検写真に対応する形で記録された、損傷の位置、種類、形状等をモデル化した損傷形状モデル。
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。
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、損傷情報（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接合（モザイク）し、統合した一枚のオルソ画像。
損傷形状モデル	損傷の位置、形状等をモデル化した情報であり、(1)3次元形状モデル、(2)レイヤ構造図画ファイル（2D）、(3)損傷図の方法から選択してデータ作成を行う。

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。

- 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
- 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
- 土木設計業務等の電子納品要領

第2編 データ作成方法

2.1. 点検写真

2.1.1. 対象

点検写真の対象は、次のとおりとする。

- 点検記録ロボットを用いて撮影した写真を対象とする。
- 損傷部の写真だけでなく、損傷部以外の写真も対象とする。

【解説】

点検記録ロボットを用いて撮影した生写真を対象とする。

写真を正射変換したオルソ画像、オルソモザイク画像も対象とするが、変換する前の生写真及び変換内容を記録したドキュメントを併せて納品する。納品に当たっては、生写真からオルソ画像、オルソモザイク画像への変換において損傷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。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を得ることを基本とする。

なお、画質劣化等がないことの確認方法として、変換したオルソ画像、オルソモザイク画像において設定した解像度が確保されているか、変換によってずれやゆがみ等が生じていないかを確認することなどが想定される。

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、合成画像から損傷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。

損傷がないという情報も必要であるため、損傷部以外の写真も対象とするが、撮影範囲は点検支援技術（画像計測技術）使用計画の範囲内とする。



損傷部の写真

損傷部以外の写真

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. 要求性能、撮影機材

点検写真に求められる要求性能と要求性能を満たす撮影機材は、新技術利用のガイドライン（平成31年2月 国土交通省）を参考に、決定する。

【解説】

判別可能な亀裂幅など点検写真に求められる要求性能と要求性能を満たす撮影機材は、新技術利用のガイドライン（平成31年2月 国土交通省）を参考に、受発注者で協議のうえ決定する。要求性能と撮影機材についての協議例を表2-1に示す。

点検写真を撮影する撮影機材は、デジタルカメラ以外に、ビデオカメラなど動画用撮影機材を用いても構わない。ビデオカメラなどを用いた場合、動画から写真データを抽出して納品するものとする。

表 2-1 要求性能と撮影機材についての協議例

評価項目		点検トンネルの 制約条件	各候補の性能		
			①	②	③
開発会社			●●(株)	(株)▲▲	■●(株)
ロボット技術名称			トンネル○○○○ 点検システム	トンネル△△△△ 点検システム	トンネル■■■■ 点検システム
計測性能	①検出可能な 最小ひび割れ幅	0.3mm 検出可能	0.2mm	0.3mm	0.5mm
	②ひび割れ幅の 計測精度	±0.3mm 以内	±0.3mm	±0.2mm	±0.4mm
	③検出精度（長さの 相対誤差）	3.0%以内	2.5%	3.5%	4.0%
選定結果			○	×	×

2.1.3. ファイル形式

点検写真のファイル形式は TIFF、RAW 形式など非圧縮又は可逆圧縮のファイル形式を基本とするが、そのほかの形式も選択可能とする。

【解説】

写真ファイルの形式として、JPEG 形式が一般的であるが、一方で画質が劣化するため、JPEG 形式等の不可逆圧縮形式を採用する場合は、発注者が提示する要求性能(精度)を満たすように、適切な記録画素数、圧縮率を選択する必要がある。

2.1.4. 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を記録することが望ましい。

【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、各 IFD の付属情報を表 2-2、表 2-3、表 2-4 にそれぞれ示す。

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。

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。

表 2-2 Exif IFD の付属情報

分類	タグ名称	Field Name
A.バージョンに関するタグ	Exif バージョン	ExifVersion
	対応フラッシュピックスバージョン	FlashpixVersion
B.画像データの特性に関するタグ	色空間情報	ColorSpace
	再生ガンマ	Gamma

分類	タグ名称	Field Name
C. 構造に関するタグ	各コンポーネントの意味	ComponentsConfiguration
	画像圧縮モード	CompressedBitsPerPixel
	実効画像幅	PixelXDimension
	実行画像高さ	PixelYDimension
D. ユーザに関するタグ	メーカーノート	MakerNote
	ユーザコメント	UserComment
E. 関連ファイル情報に関するタグ	関連音声ファイル	RelatedSoundFile
F. 日時に関するタグ	原画像データの生成日時	DateTimeOriginal
	デジタルデータの生成日時	DateTimeDigitized
	DateTime の時差データ	OffsetTime
	DateTimeOriginal の時差データ	OffsetTimeOriginal
	DateTimeDigitized の時差データ	OffsetTimeDigitized
	DataTime のサブセック	SubSecTime
	DateTimeOriginal のサブセック	SubSecTimeOriginal
	DateTimeDigitized のサブセック	SubSecTimeDigitized
G. 撮影条件に関するタグ	露出時間	ExposureTime
	F ナンバー	FNumber
	露出プログラム	ExposureProgram
	スペクトル感度	SpectralSensitivity
	撮影感度	PhotographicSensitivity
	光電変換関数	OECF
	標準出力感度	StandardOutputSensitivity
	推奨露光指数	RecommendedExposureIndex
	ISO スピード	ISOSpeed
	ISO スピードラチチュード yyy	ISOSpeedLatitudeyyy
	ISO スピードラチチュード zzz	ISOSpeedLatitudexxx
	シャッタースピード	ShutterSpeedValue
	絞り値	ApertureValue
	輝度値	BrightnessValue
	露光補正值	ExposureBiasValue
	レンズ最小 F 値	MaxApertureValue
	被写体距離	SubjectDistance
	測光方式	MeteringMode
	光源	LightSource

分類	タグ名称	Field Name
	フラッシュ	Flash
	レンズ焦点距離	FocalLength
	被写体領域	SubjectArea
	フラッシュ強度	FlashEnergy
	空間周波数応答	SpatialFrequencyResponse
	焦点面の幅の解像度	FocalPlaneXResolution
	焦点面の高さの解像度	FocalPlaneYResolution
	焦点面解像度単位	FocalPlaneResolutionUnit
	被写体位置	SubjectLocation
	露出インデックス	ExposureIndex
	センサ方式	SensingMethod
	ファイルソース	FileSource
	シーンタイプ	SceneType
	CFA パターン	CFAPattern
	個別画像処理	CustomRendered
	露出モード	ExposureMode
	ホワイトバランス	WhiteBalance
	デジタルズーム倍率	DigitalZoomRatio
	35mm 換算レンズ焦点距離	FocalLengthIn35mmFilm
	撮影シーンタイプ	SceneCaptureType
	ゲイン制御	GainControl
	撮影コントラスト	Contrast
	撮影彩度	Saturation
	撮影シャープネス	Sharpness
	撮影条件記述情報	DeviceSettingDescription
	被写体距離レンジ	SubjectDistanceRange
G2.撮影状況に関するタグ	温度	Temperature
	湿度	Humidity
	圧力	Pressure
	水深	WaterDepth
	加速度	Acceleration
	カメラの仰角	CameraElevationAngle
H.その他のタグ	画像ユニーク ID	ImageUniqueID
	カメラ所有者名	CameraOwnerName
	カメラシリアル番号	BodySerialNumber
	レンズの仕様情報	LensSpecification

分類	タグ名称	Field Name
	レンズのメーカー名	LensMake
	レンズのモデル名	LensModel
	レンズシリアル番号	LensSerialNumber

表 2-3 GPS IFD の付属情報

分類	タグ名称	Field Name
A.GPS に関するタグ	GPS タグのバージョン	GPSVersionID
	北緯 (N) or 南緯 (S)	GPSPLatitudeRef
	緯度 (数値)	GPSPLatitude
	東経 (E) or 西経 (E)	GPSPLongitudeRef
	経度 (数値)	GPSPLongitude
	高度の基準	GPSPAltitudeRef
	高度 (数値)	GPSPAltitude
	GPS 時間 (原子時計の時間)	GPSTimeStamp
	測位に使った衛星信号	GPSSatellites
	GPS 受信機の状態	GPSPStatus
	GPS の測位方法	GPSPMeasureMode
	測位の信頼性	GPSPDOP
	速度の単位	GPSPSpeedRef
	速度 (数値)	GPSPSpeed
	進行方向の単位	GPSPTrackRef
	進行方向 (数値)	GPSPTrack
	撮影した画像の方向の単位	GPSPImgDirectionRef
	撮影した画像の方向 (数値)	GPSPImgDirection
	測位に用いた地図データ	GPSPMapDatum
	目的地の北緯 (N) or 南緯 (S)	GPSPDestLatitudeRef
	目的地の緯度 (数値)	GPSPDestLatitude
	目的地の東経 (E) or 西経 (W)	GPSPDestLongitudeRef
	目的地の経度 (数値)	GPSPDestLongitude
	目的地の方角の単位	GPSPDestBearingRef
	目的地の方角 (数値)	GPSPDestBearing
	目的地までの距離の単位	GPSPDestDistanceRef
	目的地までの距離 (数値)	GPSPDestDistance
測位方式の名称	GPSPProcessingMethod	
測位地点の名称	GPSPAreaInformation	
GPS 日付	GPSPDateStamp	

分類	タグ名称	Field Name
	GPS 補正測位	GPSDifferential
	水平方向測位誤差	GPSHPositioning

表 2-4 互換性 IFD の付属情報

分類	タグ名称	Field Name
A. 互換性に関するタグ	互換性識別子	InteroperabilityIndex

2.1.5. 撮影品質管理

点検写真の撮影においては、撮影条件を定めて、点検写真の品質を適切に管理する。

【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。トンネルを撮影する上で推奨する撮影条件を表 2-5 に示す。

表 2-5 トンネルを撮影する上で推奨する撮影条件

<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/画素以下を推奨する。 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/画素以下を推奨する。 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 カメラを推奨 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を推奨	<ul style="list-style-type: none"> ・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 以上を推奨 ・コントラストAFは使用しないことを推奨
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	最高画質モードを推奨	使用するカメラ機種のなかで高画質モードを推奨
画像フォーマット	JPEG	高精細を推奨
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	<ul style="list-style-type: none"> ・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を推奨

※データ収集対象箇所：トンネル内全面、ひび割れ

2.2. 点検写真のメタデータ

点検写真の位置情報、損傷情報等を記載したメタデータを作成する。

【解説】

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メタデータを作成する。その他、点検写真の損傷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位置情報、損傷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、損傷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。

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。

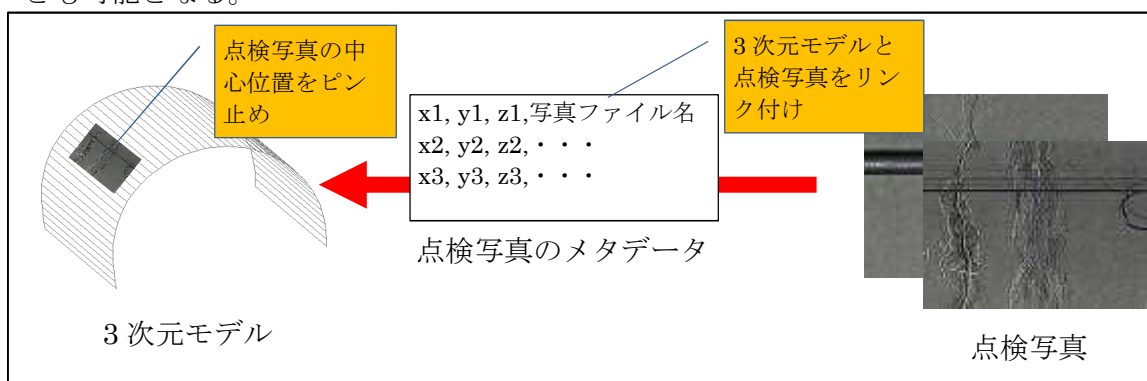


図 2-2 点検写真と3次元モデルのリンクイメージ

2.2.1. メタデータ項目

点検写真のメタデータ項目は、次による。

- 点検写真の中心位置座標、カメラ中心位置座標、判別子
- 点検写真 (又はカメラ傾き) のオイラー角、四元数
- 写真寸法
- 点検写真の四隅の座標
- 点検写真ファイルのパス、ファイル名
- 点検写真の撮影日時
- 投影法
- 対象部材

- 損傷の有無
- 代表写真

【解説】

点検写真のメタデータは、表 2-6 の項目を記入する。点検写真のメタデータの記入例を表 2-7 に示す。

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 2-3 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。

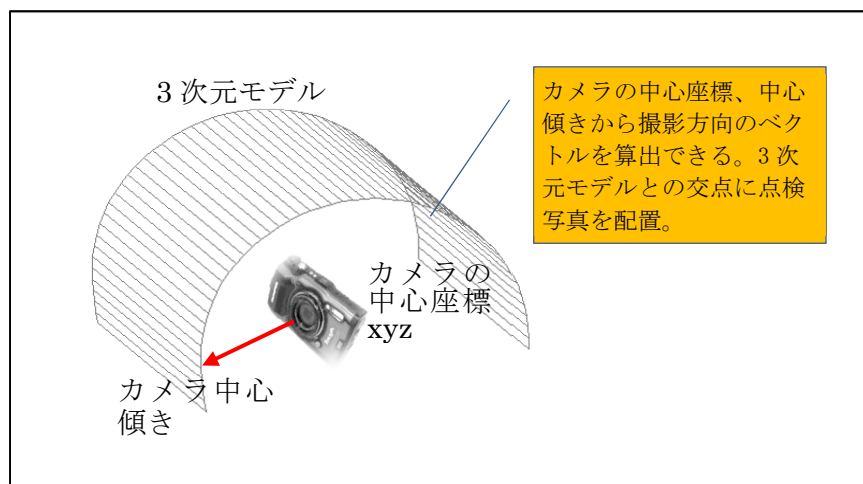


図 2-3 カメラ中心位置座標、中心傾きから点検写真を配置するイメージ

表 2-6 点検写真のメタデータ項目

項目	説明	必須/任意
位置座標記入方法	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。	必須
写真中心位置座標 XYZ	点検写真の中心位置を表す XYZ 座標。	位置座標記入方法 0 を選択した場合写真中心位置座標を必須記入。
カメラ中心位置座標	写真撮影時のカメラ中心位置を表す XYZ 座標。	1 を選択した場合カメラ中心位置座標を必須記入。

項目	説明	必須/任意
写真 (カメラ) 中心傾きオイラー角 α, β, γ	XY 平面に平行な面に対し z 軸の正の向きを基準としたときの※1、写真 (又はカメラ中心位置) の z 軸、x 軸、y 軸廻りそれぞれの回転角度 (ラジアン)。回転は α, β, γ の順とする。	位置座標記入方法 0 を選択した場合写真中心傾きオイラー角又は四元数の一方を必須記入。 1 を選択した場合カメラ中心傾きオイラー角又は四元数の一方を必須記入。
写真 (カメラ) 中心傾き四元数 q0, q1, q2, q3	XY 平面に平行な面に対し z 軸の正の向きを基準としたときの※1、写真 (又はカメラ中心位置) の回転を表す四元数 (クォータニオン) ※2。	
写真寸法	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。	任意
写真四隅座標 (左上)	点検写真の四隅 (左上) の XYZ 座標。	位置座標記入方法 2 を選択した場合に必須。3 点以上を指定。
写真四隅座標 (左下)	点検写真の四隅 (左下) の XYZ 座標。	
写真四隅座標 (右下)	点検写真の四隅 (右下) の XYZ 座標。	
写真四隅座標 (右上)	点検写真の四隅 (右上) の XYZ 座標。	
相対パス	3 次元モデルに対する点検写真の相対パス。	必須
点検写真ファイル名	点検写真のファイル名。拡張子を含めて記載する。	必須
点検写真の撮影日時	点検写真の撮影日時。CCYY-MM-DDThh:mm:ss 形式で記入する。 原画像データの生成日時が Exif 情報として記載されている場合は省略可能とする。	条件付き必須
投影法	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。	任意
対象部材	部材を表す記号。覆工スパン番号を記入する。	任意
損傷の有無	損傷部/非損傷部の区分。損傷部は 1 を、非損傷部は 0 を記入する。	任意
代表写真	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。変状写真 (2.4. (2) 参照) の場合は 2 を記入する。それ以外の場合は 0 を記入する。	任意

※1 図 2-4 のとおりとする。

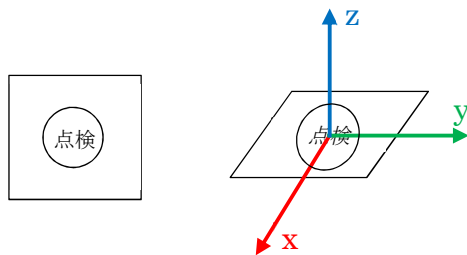


図 2-4 撮影写真（左）とそれを基準位置に配置したとき（右）の関係

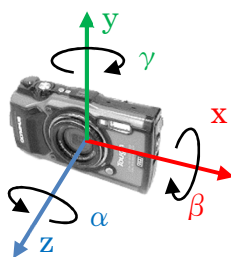


図 2-5 カメラ傾き基準位置（撮影方向を z 軸正の向き、カメラ鉛直軸を y 軸正の向き）

※2 四元数

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

単位ベクトル (r_1, r_2, r_3) を軸として θ 回転させる動作を表す。

i, j, k はそれぞれ x, y, z 軸の基底ベクトルを示す。

表 2-7 点検写真のメタデータの記入例

位置座標記入方法, $x_o, y_o, z_o, x_s, y_s, z_s, \alpha, \beta, \gamma, q_0, q_1, q_2, q_3$, 写真寸法, $x_{LU}, y_{LU}, x_{LD}, y_{LD}, x_{RD}, y_{RD}, x_{RU}, y_{RU}$, 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, 損傷の有無, 代表写真	←1 行目: ヘッダー部
0, 12345.250, 67890.480, 123.370, , , , , , , , ¥R_PHOTO¥001, 001_0001.jpg, 2018-03-31T12:21:30, 0, S1, 0, 0	←2 行目: 1 枚目点検写真のメタデータ
0, 12345.250, 67890.510, 123.400, , , , , , , , ¥R_PHOTO¥001, 001_0002.jpg, 2018-03-31T12:21:33, 0, S1, 1, 1	←3 行目: 2 枚目点検写真のメタデータ

2.2.2. 座標系、標高基準

座標系、標高基準は、任意とする。ただし、各成果品で共通の座標系、標高基準を用いる。

【解説】

メタデータに記載する点検写真の位置座標、損傷形状モデルで共通の座標系を用いて、データ間のリンクを確保する。

座標系は、測量座標系、ローカル座標系など適切なものを選択する。

2.2.3. 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。

2.3. 損傷の抽出方法等を示したドキュメント

損傷の抽出方法等を示したドキュメントを作成する。

【解説】

損傷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。損傷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。）
- 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
- 損傷の抽出方法（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
- その他、点検写真の撮影、オルソ画像、オルソモザイク画像への変換内容、3次元モデルと点検写真の位置合わせ、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）

2.4. 損傷形状モデル

損傷形状モデルとして、次のいずれかを作成する。

- 3次元形状モデル
- レイヤ構造図画ファイル (2D)
- トンネル変状展開図

【解説】

損傷形状モデルは、損傷の概略、損傷の位置・形状、損傷の範囲などをモデル化した情報であり、(1)3次元形状モデル、(2)レイヤ構造図画ファイル(2D)、(3)損傷図の方法から選択してデータ作成を行う。

損傷形状モデルは、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。

これらの情報は、点検帳票、変状展開図を自動作成することや、変状を機械学習により自動抽出するための教師データに用いることを念頭に置いている。

(1) 3次元形状モデル

3次元形状モデルによる損傷形状モデルは、3次元のポリライン、ポリゴン等を3DCAD等を用いて作成する。亀裂などは、亀裂箇所に沿う形で3次元ポリラインを、腐食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次元形状モデルによる損傷形状モデルには、必要に応じて、損傷の種類、損傷程度、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。

(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)による損傷形状モデルは、点検写真と同じ大きさの領域の図面空間に、損傷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、腐食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、損傷の種類、損傷程度、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、点検写真と損傷箇所等の図示は異なるレイヤに保存する。また、点検写真と損傷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。

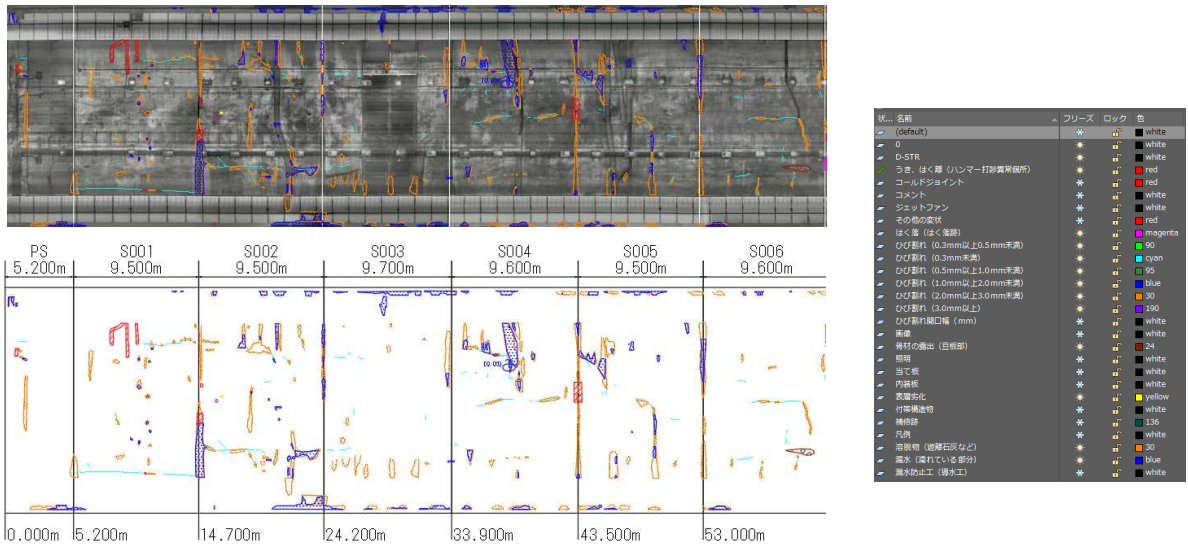
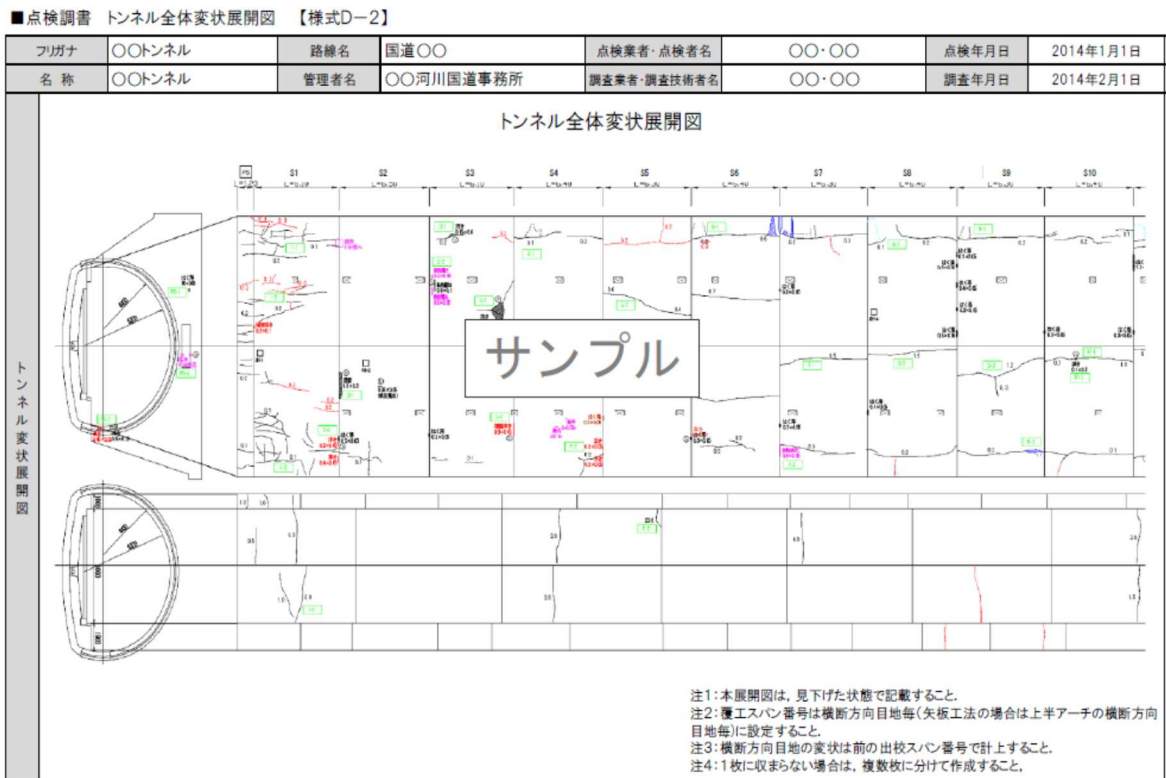


図 2-6 レイヤ構造図画ファイル (2D) の例

(3) トンネル変状展開図

道路トンネル定期点検要領に従い、トンネル変状展開図を作成する。ただし、変状写真を損傷図の縮尺に合うように合成したうえで重畳した状態で変状をなぞるなどして、正確な形状が記録されるようにすること。



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 P72

図 2-7 トンネル変状展開図の例

第3編 データ納品方法

3.1. フォルダ・ファイル構成

点検記録ロボット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。

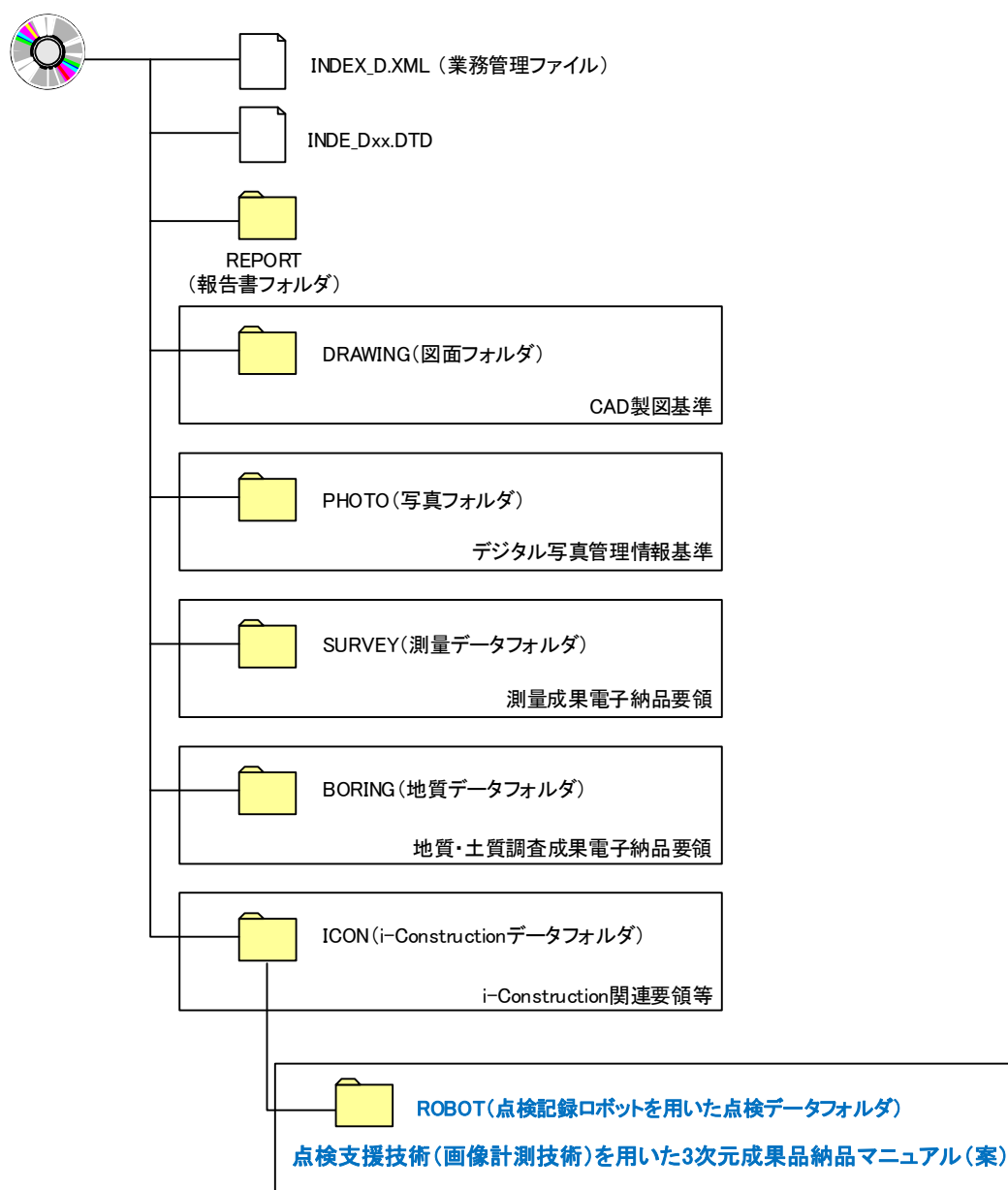
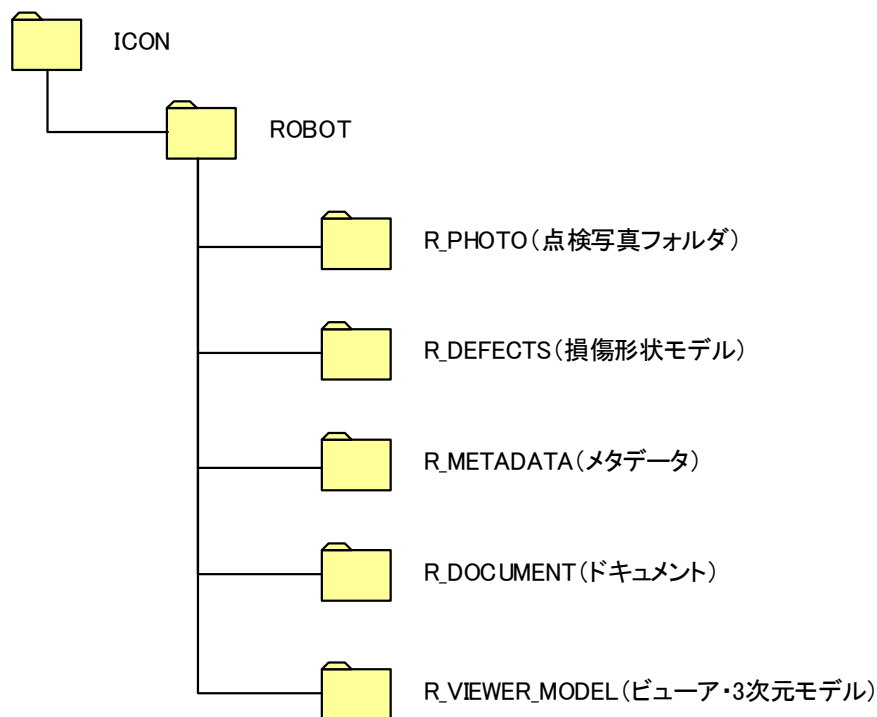


図 3-1 土木設計業務等の電子成果品のフォルダ構成での ROBOT フォルダの位置関係

点検記録ロボット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 点検記録ロボット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"> ● TIFF 形式、RAW 形式等の画像ファイル ● 損傷形状モデル (レイヤ構造図面ファイル (2D)) を含む。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はこの限りではない)
R_DEFECTS (損傷形状モデル)	<ul style="list-style-type: none"> ● 3次元形状モデル、損傷図による損傷形状モデル ※再利用可能な形式で作成する。 ● レイヤ構造図面ファイル (2D)) を含む。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"> ● 損傷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名称、バージョン情報 ● 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. 納品方法

点検記録ロボットを用いた点検業務における成果は、「土木設計業務等の電子納品要領」に本書の記載事項を加えた納品方法とする。

【解説】

電子的な納品の手段として、電子媒体の使用による納品、または発注者が用意した電子データ登録サーバへのオンラインによる納品を原則とする。

電子媒体は、上位基準である電子納品要領に準拠し、点検記録ロボットを用いた点検業務のデータ量を考慮した電子媒体とする（CD-R、DVD-R、BD-R）。BD-R については、表 3-2 に示す種類があり、機器が対応しているかなど受発注者間協議により決定する。

オンライン電子納品の手順、留意事項等に関しては別途通知する。

表 3-2 電子媒体の容量

電子媒体	容量 (GB)	備考
BD-R	25GB	ブルーレイドライブが必要
BD-R DL (片面 2 層)	50GB	大容量を格納 BD-R DL が扱えるブルーレイドライブが必要
BD-R XL (片面 3 層)	100GB	大容量を格納
BD-R XL (片面 4 層)	128GB	BD-R XL が扱えるブルーレイドライブが必要

なお、1 枚の電子媒体に収まらない場合は複数枚の電子媒体に格納する、または ICON/ROBOT フォルダのみフォルダ構成を含むファイルを HDD (ハードディスクドライブ) に格納することも可とする。HDD の推奨仕様を表 3-3 に示す。

表 3-3 HDD の仕様

項目	仕様
ファイルシステム	exFAT または NTFS とする
インターフェース	USB3.0

また、点検記録ロボットを用いた点検業務における成果は、ファイル容量が大きいため、圧縮ファイル (圧縮形式は受発注者協議により決定) として格納することも可能である。ただし、圧縮ファイルの作成は、ZIP 形式の場合、保管管理及びデータ流通の観点から以下の点に注意して作成する必要がある。

- パスの長さの制限 (ファイル名ではありません) は、255 字 (バイト) 以下
- 圧縮前のファイル数の上限は、65,536 ファイル以下

□ 圧縮前のファイルサイズは、4GB 以下

□ 圧縮後のファイルサイズは、2GB 以下

他の圧縮形式の場合、それぞれの制限事項に注意すること。

第4編 参考資料：データの利活用

4.1. ビューアの機能要求

点検記録ロボット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】

点検記録ロボット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。

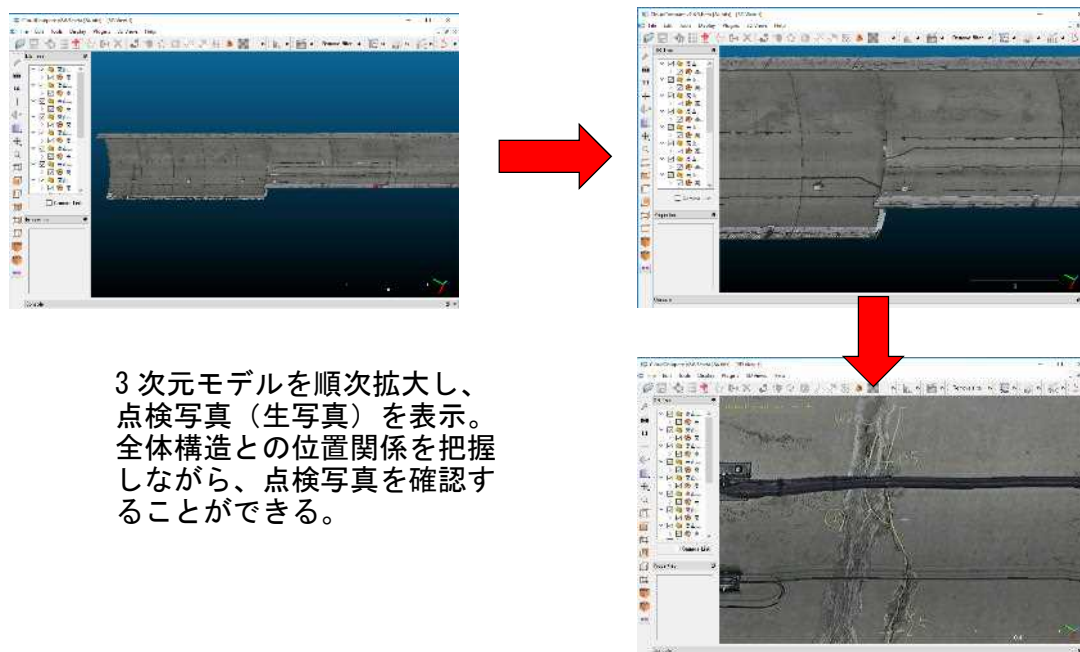


図 4-1 大まかな3次元モデルに対して、撮影位置からの角度を確保しながら生写真を重畳させるビューアの事例

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) 損傷形状モデルを3次元モデル等に投影して表示する機能
- (4) その他

4.2. 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】

(1) 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損傷形状モデルと同一の座標系（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。

(2) 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。4.3 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。

4.3.3 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】

(1) 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4-1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。

(2) 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、損傷の有無、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。

4.4. 損傷形状モデルを 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 次元形状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損傷形状モデルを、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】

(1) 損傷形状モデルをビューア用 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 次元形状モデルとしての損傷形状モデルは、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損傷形状モデルの場合は、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、損傷形状モデルをビューア用 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 次元形状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。
- ・ 4.2③の方法 (覆工展開図面とそれに合成した点検写真を重畳させる方法) を取る場合は、この限りではないが、少なくとも(2)の機能を有すること。

(2) 点検写真と損傷形状モデルを重畳表示する機能

- ・ 4.3 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、同じ範囲の損傷形状モデル(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。
- ・ 4.2③の方法 (覆工展開図面とそれに合成した点検写真を重畳させる方法) を取る場合は、覆工展開図面に損傷形状モデルを重畳して表示できる必要がある。

4.5. その他

点検記録ロボット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】

(1) 損傷形状モデルから点検調書を出力する機能

損傷形状モデル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、損傷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、損傷形状モデルとビューア用 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、損傷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。

4.6. ビューアの納品について

点検記録ロボットの効果を、最大限公物管理に活用するため、本機能要求に対応する汎用的なソフトウェアが社会実装されるまでの当分の間、納品物の一つとしてビューアファイル、ビューアソフト、又はビューアサービスへのアクセス権を納品することが考えられる。

【解説】

本マニュアルに基づく成果品の納品物を後利用するには、本章で規定するような機能を有する汎用的なビューアが社会実装されている必要があるが、現時点では入手が困難であるため、発注者の指示に基づき、当該成果品の閲覧に限定したビューア機能を提供するビューアファイルや、当該業務の点検成果だけでなく別の点検業務の成果も読み込み、経年変化等が確認できるビューアソフト、オンラインで同様の機能を提供するビューアサービスへのアクセス権を納品することが考えられる。

本マニュアルに基づく点検結果を用いて設計・工事等を行うに当たり、発注者から設計・施工業者等に成果品一式を貸与することがあるが、ビューアファイル、ビューアソフト、又はビューアサービスへのアクセス権を含めて貸与する場合がある。

以上