

# 15. ICT活用工事における電子納品の課題と改善の検討

国土技術政策総合研究所      ○ 天野 克己  
 国土技術政策総合研究所      森川 博邦

## 1. はじめに

国土交通省では、i-Construction (アイ・コンストラクション) の施策の一つである「ICTの全面的な活用」に向け、各工種の実施要領及び技術基準類の策定に取り組んできた。

このような取り組みでは、先進的な施工技術や高度なマシン制御技術、3次元計測技術など、先進技術への取り組みが着目されがちであるが、それらの先進技術で得られた膨大なデータを上流工程から下流工程へ、そして維持管理へ、正しく有益な情報として伝達することも重要なテーマと言える。

本稿では、「ICT活用工事」における成果の電子納品について、先の情報伝達の観点から、現在の電子納品の実態を調査し、運用上の課題とその改善方法について検討する。

## 2. ICT活用工事における成果の電子納品

ICT活用工事における成果の電子納品（以下、「ICT活用工事の電子納品」）では、「工事完成図書」の電子納品要領（以下、「電子納品要領」）を基本とし、フォルダ構成やファイルの命名規則等の詳細については、工種及び計測機器ごとに策定した各種の出来形管理要領（案）（以下、「各種出来形管理要領（案）」）それぞれで規定している。

図-1は各種出来形管理要領（案）の1つである、「空中写真測量（無人航空機）を用いた出来形管理要領（土工編）（案）」を例にした管理体系図である。図上部の緑色の領域は、電子納品要領で規定した部分で、図下部の黄色の領域が各種出来形管理要領（案）それぞれで定めた部分である。以下にICT活用工事の電子納品の特徴について解説する。

### 2.1 情報管理ファイル

ICT活用工事の電子納品の最大の特徴は、電子納品要領で必須としていた「情報管理ファイル」が存在しない点である。代わって、フォルダ名称や階層構造、ファイルの命名規則を厳格に規定することで、各種成果の分類や種類を識別し、専用のプログラムを必要とせず、Windowsのエクスプローラ等で人が目で見て識別できることを目指した。

しかし、フォルダ名称の命名規則や階層構造、成

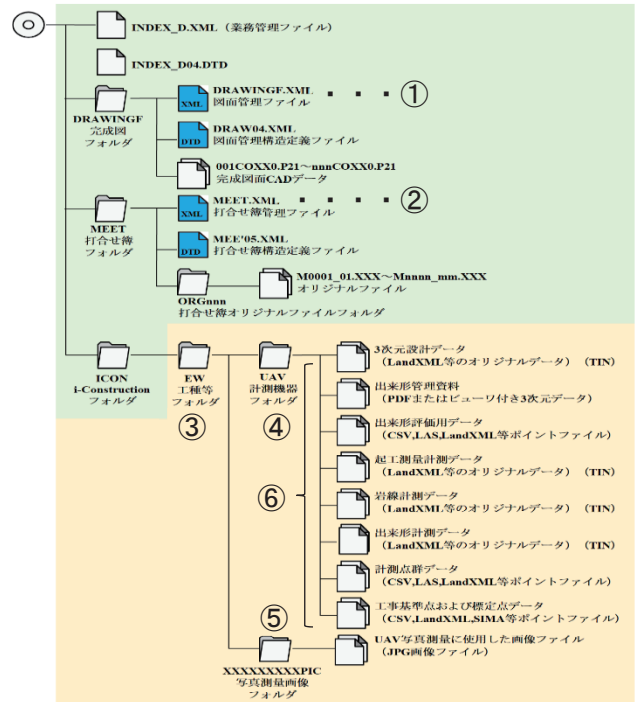


図-1 ICT活用工事の電子納品 管理体系図 (UAV写真測量を用いた土工の出来形管理例)

果ファイルの種類については、納品当時の各種出来形管理要領（案）を参照し、又は熟知して識別する必要があります。

なお、「情報管理ファイル」とは、電子成果品を管理するためのファイルで、XMLで記述する（図-1の①及び②）。電子納品要領では情報管理ファイルの作成が求められており、これにより成果の再利用時に、データの内容識別や、成果の分類・種類の情報のデジタル化等がしやすくなる。

### 2.2 工種等フォルダ

工種等フォルダは「ICON」フォルダの直下に置く（図-1の③）。フォルダ名称は、工種ごと（舗装工の場合は層ごと）に定めた記号に準じて命名する（表-1）。

### 2.3 計測機器フォルダ

計測機器フォルダは工種等フォルダの直下に置く（図-1の④）。フォルダ名称は、計測機器の種類ごとに定めた記号に準じて命名する（表-2）。また、欠測補間のため、2種類以上の計測機器で測量を行う場合は、主たる計測機器のフォルダを置き（図-

2の①), その下にそれぞれの計測機器フォルダを置く(図-2の②と③)。主たる計測機器フォルダには, それぞれの計測機器の計測データを合成したデータを格納する。

表-1 工種等フォルダを示す記号 表-2 計測機器フォルダを示す記号

工種	層	記号	計測機器	記号
土工	-	EW	空中写真測量(無人航空機)	UAV
舗装工	現況地形	ES	地上型レーザースキャナー	TLS
	不陸整正	CS	無人航空機搭載型レーザースキャナー	ULS
	下層路盤	GL	TS等光波方式	TS
	上層路盤	GU	TS(ノンプリズム方式)	TSN
	基層	PL	音響測深機器	ES
	中間層	PC	施工履歴データ	CMR
河川浚渫工	表層	PU	地上移動体搭載型レーザースキャナー	MLS
	-	DR	RTK-GNSS	GNSS

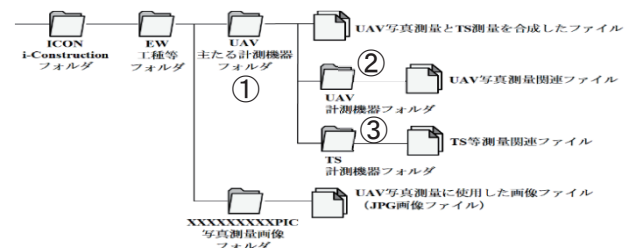


図-2 UAV写真測量を主としてTS等で欠測補完した場合のフォルダ構成の例

## 2.4 ファイルの命名規則

ファイル名には, 使用した計測機器の記号を冠し, データ種類ごとに定めた記号に準じて命名する(表-3)。なお, 舗装工では土工・河川浚渫工の場合と異なり, 工種等フォルダの記号も含めて命名する(表-4)。

表-3 ファイル命名規則 (UAV写真測量を用いた土工の例)

計測機器記号	整理番号	データ種類記号	番号	改訂履歴	データ種類名	ファイル名
UAV	0	DR	001~	-	3次元設計データ	UAV0DR001Z.拡張子
UAV	0	CH	001~	-	出来形管理資料	UAV0CH001.拡張子
UAV	0	IN	001~	-	出来形評価用データ	UAV0IN001.拡張子
UAV	0	EG	001~	-	起工測量計測データ	UAV0EG001.拡張子
UAV	0	SO	001~	-	岩線計測データ	UAV0SO001.拡張子
UAV	0	AS	001~	-	出来形計測データ	UAV0AS001.拡張子
UAV	0	GR	001~	-	計測点群データ	UAV0GR001.拡張子
UAV	0	PO	001~	-	工事基準点及び標定点データ	UAV0PO001.拡張子

表-4 ファイル命名規則 (レーザースキャナーを用いた舗装工の例)

計測機器記号	層	整理番号	データ種類記号	番号	データ種類名	フォルダ名	
TLS	ES~PU	0	DR	001~	0~Z	3次元設計データ	TLSPU0DR001Z.拡張子
TLS	ES~PU	0	CH	001~	-	出来形管理資料	TLSPU0CH001.拡張子
TLS	ES~PU	0	IN	001~	-	出来形評価用データ	TLSPU0IN001.拡張子
TLS	ES~PU	0	EG	001~	-	起工測量計測データ	TLSPU0EG001.拡張子
TLS	ES~PU	0	AS	001~	-	出来形計測データ	TLSPU0AS001.拡張子
TLS	ES~PU	0	GR	001~	-	計測点群データ	TLSPU0GR001.拡張子
TLS	ES~PU	0	PO	001~	-	工事基準点及び標定点データ	TLSPU0PO001.拡張子

## 2.5 航空写真フォルダの命名規則

計測機器に航空写真測量を用いた場合, 測量の種類ごとに定められた記号に準じて命名したフォルダ表-5を工種等フォルダの直下に置く(図-1の

⑤)。

表-5 写真測量フォルダの命名規則

計測機器記号	整理番号	データ種類記号	番号	データ種類名	フォルダ名	
UAV	0	EG	001~	PIC	起工測量の写真測量フォルダ	UAV0EG001PIC
UAV	0	SO	001~	PIC	岩線計測の写真測量フォルダ	UAV0SO001PIC
UAV	0	AS	001~	PIC	出来形計測の写真測量フォルダ	UAV0AS001PIC

## 3. 電子納品の実態調査

電子納品の実態調査は, はじめに述べた情報伝達の観点から, 以下の点について検証する。

- 1) 電子納品規定に準じた納品確認
- 2) 再利用に必要な情報の確認

実態調査にあたって, 平成28年度~29年度にかけ国直轄事業として発注したICT活用工事のうち, 平成30年6月までに完了した工事を対象とし, 全国地方整備局等の協力のもと, 414現場のデータを収集した。メディアの枚数は1現場平均約3枚, 最高23枚。データの総容量は3.45TBであった。データの内訳は図-3の通り。

なお, 収集データの工種は舗装工が5現場で, 他は全て土工であった。図-3の年度は工事完了年度である。完了年度が不明のデータが7現場確認されたが, これは電子納品要領で必須としている「工事管理ファイル(INDEX\_C.XML)」が納品メディアに格納されていなかった。この7現場を除いた407現場を有効データとして実態調査を行うこととした。

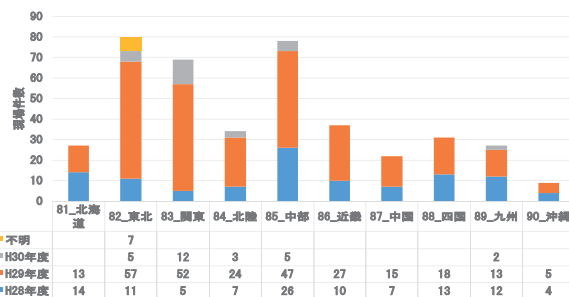


図-3 ICT活用工事の電子納品収集状況

## 3.1 電子納品規定に準じた納品確認

### (1) ICoNフォルダ

調査の結果, 全体の8%(34件)で「ICoN」フォルダが確認できなかった。原因は表-6の通り。④は従来の断面管理を実施した現場であるが, 今回の調査目的と異なるため, 以降の調査は「ICoN」フォルダが確認された373件について行った。

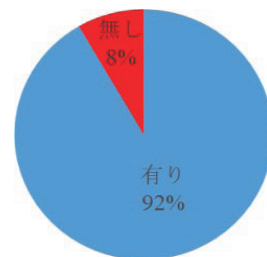


図-4 ICoNフォルダの有無

表-6 ICON フォルダの調査結果

調査結果	件数
① ICONフォルダを作成せずファイルを保管している	7
② ICONフォルダ名が全角文字	1
③ メディアに管理情報 (INDEX_C.XML) が無い	3
④ 従来手法による出来形管理を実施	12
⑤ 不明 (施工計画書および打合せ簿が未納の為、確認できず)	11
総計	34

(2) 工種等フォルダ

今回の調査では、殆どのデータで工種等フォルダが確認されなかった。原因について調査した結果、工種等フォルダは平成 29 年 3 月、舗装工の工種拡大に伴い追加されたが、当時は舗装工のみ「層 (ES~PU)」フォルダを作成し格納していた。そのため土工と舗装工でフォルダ階層が異なる状態で運用されていた。その後、平成 30 年 3 月、河川浚渫工の工種拡大時に合わせて「土工(EW)」及び「河川浚渫工(DR)」フォルダを設置するよう改定したが、今回の調査データは、ちょうどその境目にあたる工期のデータだった。

表-7 工種等フォルダの納品状況

調査結果	種別名	件数
ES/GL/	舗装工 現況地形/下層路盤	1
GL/GU/PU/	舗装工 下層路盤/上層路盤/表層	1
GL/PU/	舗装工 下層路盤/表層	1
PL/PU/	舗装工 基層/表層	1
PU/	舗装工 表層	1
無し	土工	368
総計		373

(3) 計測機器フォルダ

調査の結果、全体の 11.3% (42 件) で計測機器フォルダが確認されなかった (図-5)。

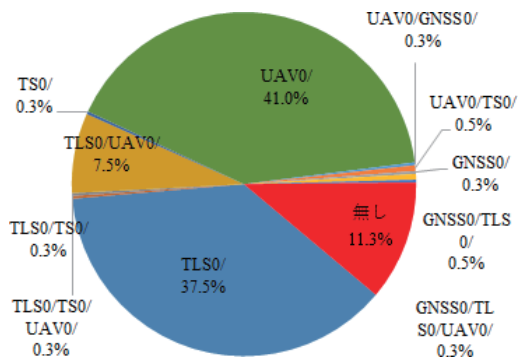


図-5 計測機器フォルダの納品状況

原因を調査した結果は (表-8) の通り。なお、TS 又は GNSS を用いた現場が全体の 2.6% (10 件) 確認されたが、うち 7 件が「TS・GNSS を用いた盛土の締固め管理」の関連ファイルが、2 件が「TS による出来形管理に用いる施工管理データ交換標準 (案)」の基本設計データが格納されていた。いずれも ICT 活用工事の成果では無く、また格納場所も「OTHS」や「MEET」フォルダが適切である。なお、10 件のうち 9 件のデータで他の計測機器デ

ータが確認され、残りの 1 件で適切なデータが存在しなかった。

また、全体の 9.7% で 2 種類以上の計測機器を用いているのが確認できたが、これは測量ごとに別々の計測機器を用いた (例えば、起工測量は UAV を、出来形計測には LS を用いた) もので、欠測補間によるものは 1 件も確認されなかった (図-5 計測機器記号の付番は階層番号)。以降の調査は計測機器フォルダが確認できなかった 42 件と適切なデータが無かった現場 1 件を除いた 330 件で行った。

表-8 計測機器フォルダの調査結果

調査結果	件数
① フォルダ名が命名規則に準じていない	30
② 計測機器フォルダが無く ICON フォルダ直下にファイルを格納している	10
③ ICON フォルダが空だった	1
④ 管理情報ファイル (INDEX_C.XML) が無い	1
総計	42

(4) ファイルの命名規則

調査は各現場で命名規則に準じたデータファイルが何種類納品されているか集計した (図-6)。結果は、1 種類も納品が確認できなかった現場が全体の 4% (12 件) 確認された。原因について調査した結果を表-9 にまとめた。

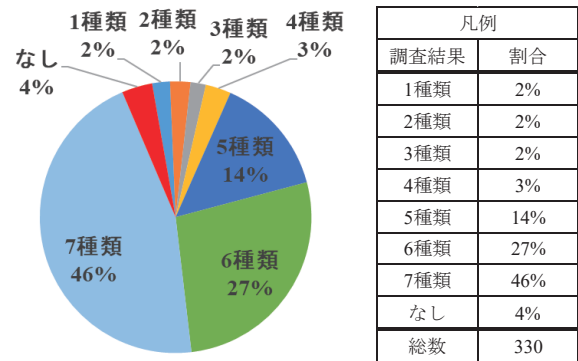


図-6 ファイル種類別の納品状況

表-9 ファイル命名規則の調査結果

調査結果	件数
① ファイル命名規則に準じていない	1
② フォルダ階層を更に細分化している	5
③ 計測機器フォルダ内に格納せず同じ階層に格納している	1
④ 計測機器記号とファイル名の整合性がとれていない	3
⑤ ファイルが無い	2
総計	12

(5) 航空写真フォルダの命名規則と納品状況

航空写真測量を実施した現場 186 件に対し、航空写真フォルダの命名規則に準じてフォルダ検出を行った。結果は図-7 の通り。このうち、データ種別が「3次元設計データ(DR)」、「出来形管理資料(CH)」、「出来形評価用データ(IN)」、「計測点群デー



タ(GR)」が数件確認されているが、これらは測量の種類では無い。航空写真フォルダは「起工測量計測データ(EG)」又は「岩線測量計測データ(SO)」もしくは、「出来形計測データ(AS)」で取り纏めるのが適切と考える。なお、航空写真フォルダが未検出となった59件について、更に原因を調査した結果は表-10の通り。

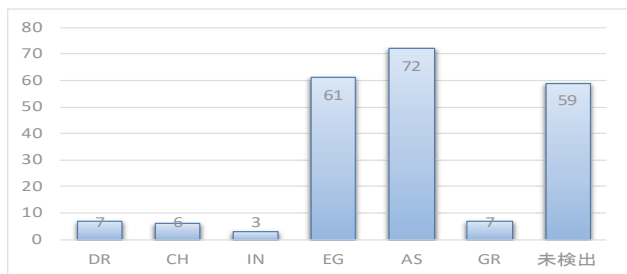


図-7 写真フォルダ検索結果

調査結果	件数
① フォルダ階層を間違えている。	22
② フォルダ名が命名規則に準じていない	5
③ UAVフォルダに格納している	11
④ 納品データが無い	21
総計	59

表-10 航空写真フォルダの未検出原因

### 3.2 再利用時に必要な情報の確認

データ再利用の観点から現在の電子納品データを見たとき、現状の電子納品データの記録仕様に不備はないか検証する。検証方法は、納品成果の種類ごとに利用方法に仮説を立てて確認する。

#### (1) 3次元設計データ(DR)

3次元設計データの再利用としては、後工事の基本設計データ(中心線・縦断・横断)としての利活用が考えられる。例えば、道路工事や河川工事などでは、基本設計データをもとに、施工計画、設計照査を行い施工する。この際、土工で作成した3次元設計データを流用し、後工程の基本設計データとして再利用できれば、新たにCADで再入力する手間が大幅に削減でき、また、再入力による人為的ミスも未然に防ぐことができる。特に工事が別々に発注される場合は、より効果的に効率化が図れる。以上の仮説からデータを検証した。

#### ① 3次元設計データの電子納品規定について

3次元設計データの電子納品について、各種出来形管理要領(案)で、以下のように規定している。

5-3 電子成果品の作成規定  
本管理要領に基づいて作成する電子成果品は、以下のとおり。  
・3次元設計データ(LandXML等のオリジナルデータ(TIN))

従って、現状では3次元設計データの記録仕様として中心線や縦横断データを記録する必要はない。しかしながら、3次元設計データの作成過程において、中心線や縦横断データを作成している。下記は各種出来形管理要領(案)の3次元設計データの作成に関する記述である。

#### 4-1 3次元設計データの作成

##### 3) 3次元設計データの要素データ作成

3次元設計データの作成は、設計図書(平面図、縦断図、横断図)と線形計算書に示される情報から幾何形状の要素(要素の始点や終点の座標・半径・クロソイドパラメータ・縦断曲線長、横断形状等)を読み取って、作成する。

##### 4) 3次元設計データ(TIN)の作成

入力した要素データを基に面的な3次元設計データ(TIN)を作成する。

LandXMLは、土木系のデータ交換標準フォーマットであり、中心線や縦横断データも記録可能だ。

今回の検証では、必須項目ではないが、中心線や縦横断データの記録状況を確認し、今後の各種出来形管理要領(案)改定の一助としたい。

#### ② 納品データ形式と記録内容

3次元設計データの納品形式について図-8に集計した。9割近くがLandXMLで納品。僅であるがオリジナルデータでの納品が確認されている。

なお、オリジナルデータは、メーカー固有のフォーマットデータであるため、データの参照及び編集には、同一メーカーの系列ソフトウェアが必要となる。このためにも、作成ソフトウェアの情報を記録する管理ファイルの作成が望まれる。

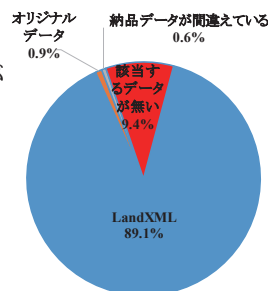


図-8 3次元設計データの納品データ形式

#### ③ 3次元設計データの記録内容について

LandXMLで納品が確認できた3次元設計データについて、記録内容を解析した(図-9)。

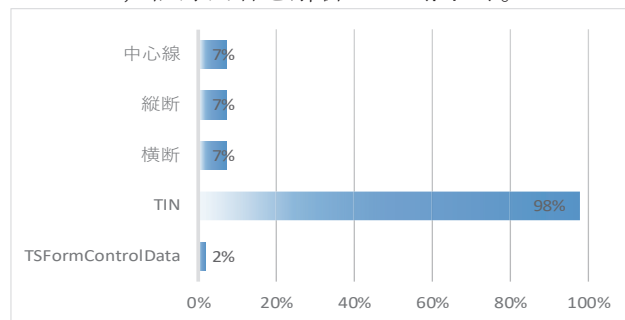


図-9 3次元設計データの記録内容

僅かではあるが、中心線や縦横断データを記録している事例が確認できた。また、使用ソフトウェアも複数メーカーが確認できた。図-10は、中心線や縦横断データが記録された3次元設計データの表示例である。

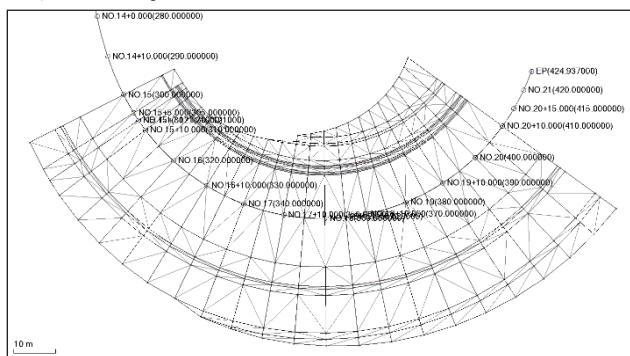


図-10 3次元設計データ  
(中心線形・縦横断データが記録された例)

なお、「TSFormControlData」が2%確認されている。これは「TSによる出来形管理に用いる施工管理データ交換標準(案)」に準拠したXMLファイルでありLandXMLではない。

(2) 起工測量計測データ(EG)・岩線測量計測データ(S0)・出来形計測データ(AS)

各種計測データの利活用については、ICT 土工のデータと、それ以外の ICT 工事のデータとで2種類の利用が考えられる。例えば、ICT 土工のデータの場合、後工事の現況地形データとして再利用できれば、後工事における起工測量が不要となり、計測機器や作業員の経費や作業日程的にも大幅な効率化が期待できる。

又、ICT 土工以外のデータでは、例えば舗装工や護岸工のように施設構造物の竣工データである場合があり、施設の点検・補修等の維持管理や、防災・減災などの基盤地図データとしての活用が期待できる。以上の仮説からデータを検証した。

① 後工事の現況地形データ利用について

後工事の現況地形データとして利用を考えた場合、出来形計測データがそのまま地盤データとして利用できそうだが、施工箇所のみ計測している場合が多い。舗装工であれば、それで十分だが、周辺構造物工や護岸工、法面工などへの利用を考えると、もう少し広域のデータが欲しい。そこで不足部分を補う為に起工測量計測データや岩線測量計測データと合成利用をする事を検証した。図-11は、起工測量計測データと出来形計測データを重ねた表示例である。データ合成を行うには加工可能なデータ形式であるかが重要となる。各計測データの納品状況を確認してみた(図-12)(図-13)。

概ね、LandXMLで納品しており、データの加工に問題はない。尚、データを間違えているケースが多数確認できる。これはCSV形式やTXT形式で点群データを納品している。起工測量計測データと出来形計測データの合成例を図-14に示す。

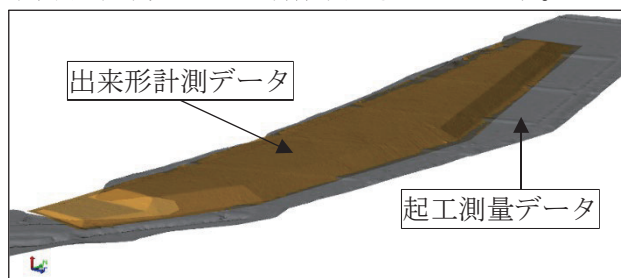


図-11 起工測量と出来形計測を重ねて表示した例

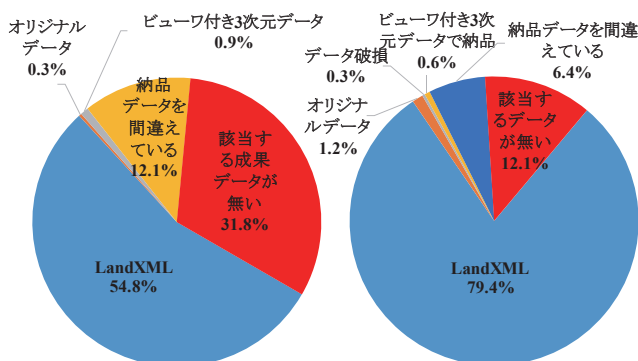


図-12 起工測量データ(EG)

図-13 出来形計測データ(AS)

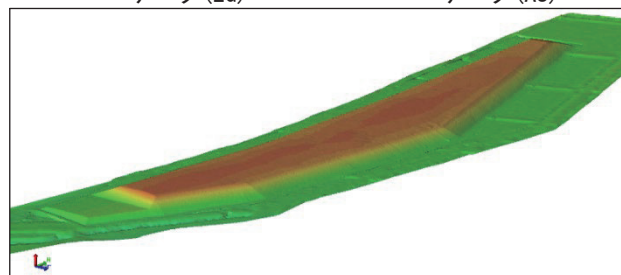


図-14 合成データの例

② 維持管理の基盤地図データ利用について

各計測データを維持管理の基盤地図データとして利用を考えた場合、目的や用途に合わせて、様々なデジタル地図データと重ねて表示する場面が多く発生する。単に「重ねて表示する」と言っても、様々な時期に、様々な目的で作成されたデジタル地図データを一元的に表示して利用するには、共通する座標参照系で表示する必要がある。

ここでは、多種多様なデジタル地図データと重ねて表示する観点から今回の電子納品データの座標参照系の登録状況について確認した(図-15)。

登録状況は予想以上に低い結果となった。座標参照系については、現場住所から想定することは可能だが、住所だけでは確定できない要素もあるため、登録して納品するのが望ましい。図-16は、地理院地図に計測データを重ねて表示した例である。

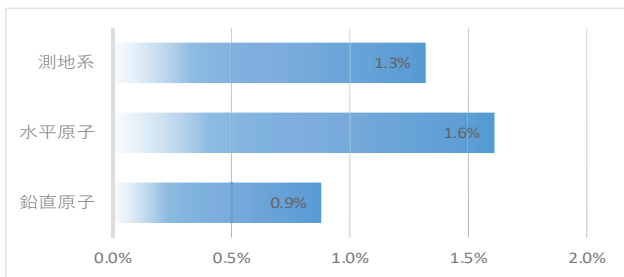


図-15 座標参照系の登録状況

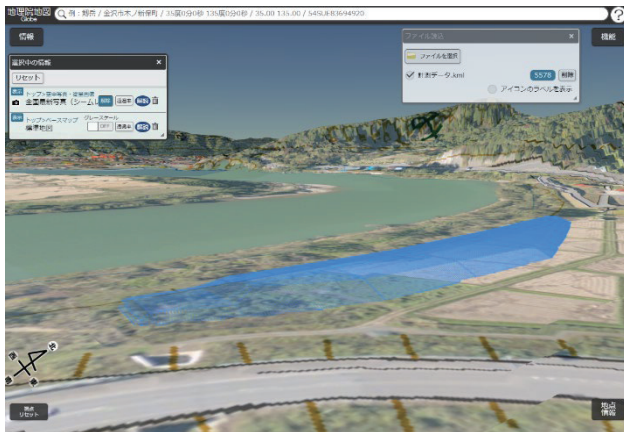


図-16 地理院地図と計測データを重ねて表示した例

(3) 計測点群データ (GR)

計測点群データについては、測定の種類（起工測量・岩線測量・出来形計測の種類）が不明であるため、再利用時には、測定の種類を確認して使用する必要がある。又、納品データ形式は CSV や TXT 形式が 8 割以上を占めるが、この形式の難点として座標参照情報が記録されない点が挙げられる。今後の課題としては、測定の種類や座標参照情報など、再利用時を考慮した各種出来形管理要領（案）の改定が望ましい。

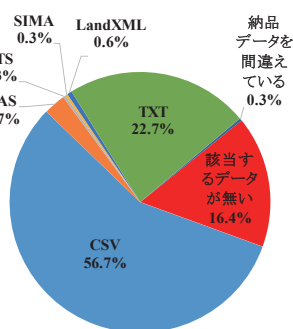


図-17 計測点群データの納品状況

(4) 写真測量画像データ (PIC)

写真測量画像データは、無人航空機によって、上空から撮影した数百枚にも上る撮影画像である（図-18）。その為、一枚一枚での利用用途は少ないが、例えば、オルソ

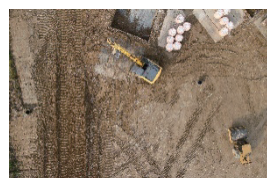


図-18 写真測量画像の例

画像へ補正変換して使用する場合、LandXML や点群データ以上に情報量が多い高度なデータに生まれ変わる。図-19 は、オルソ画像に変換した写真測量画像データと計測データを重ねて表示した例で

ある。地理院地図との重ね表示に比べ、施工面の質感まで再現され、よりビジュアルでわかり易い、高度な基盤地図データとして活用できる。このように写真測量画像のデータをオルソフォト変換するには、撮影画像をモザイク処理（タイルの様に配置）するため、一枚一枚の画像データに撮影時の位置情報が登録されていることが望ましい。

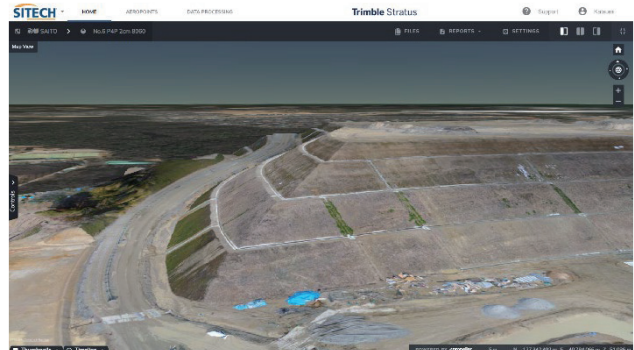


図-19 写真測量画像データと計測データを重ねて表示した例

4. まとめ

ここまで、ICT 活用工事の電子納品について、

- 1) 電子納品規定に準じた納品確認
  - 2) 再利用に必要な情報の確認
- について確認、検証してきた。

電子納品規定への準拠については、対象データ 407 現場のうち、最終的な航空写真測量データまで正しく納品が確認できた現場は 260 現場（64%）、残りの 147 現場（36%）で問題が確認された。主な原因として「フォルダ構成が間違えている」件が 38%と最も多く、次いで「命名規則に準じていない」件が 27%、「成果品が納品されていない」件が 16%も確認された。

改善策としては、電子納品要領等の周知・普及もあるが、それ以上に納品時の電子納品成果を自動チェックできる電子納品要領の改善及びソフトウェアの導入が必要と感じた。

また、データ再利用を想定した情報の確認、検証を行ったが、情報の必要性は、利用目的によって異なる。本稿で示した例は、電子納品データ活用のほんの一例とし参考にして頂ければ幸いである。

参考文献

- 1) 工事完成図書の電子納品等要領, 2019
- 2) 空中写真測量（無人航空機）を用いた出来形管理要領（土工編）（案）他, 2019
- 3) LandXML1.2に準じた3次元設計データ交換標準（案）(Ver. 1.3), 2019
- 4) TSによる出来形管理に用いる施工管理データ交換標準（案）(Ver. 4.1), 2013
- 5) TS・GNSSを用いた盛土の締固め管理要領, 2019
- 6) 地理院地図（Globe）