

建設技術研究開発費補助金総合研究報告書

1. 課題番号 第 40 号

2. 研究課題名

図面データを直接利用した I C T 監督業務支援ツールの開発

3. 研究期間

平成 20 年度～平成 21 年度

4. 代表者及び研究代表者、分担研究者

代表者	上石 修二	社団法人 日本建設機械化協会 施工技術総合研究所 研究第三部次長
研究代表者	上石 修二	社団法人 日本建設機械化協会 施工技術総合研究所 研究第三部次長
分担研究者	藤島 崇	社団法人 日本建設機械化協会 施工技術総合研究所 研究第三部 技術課長
	篠原 雅人	社団法人 日本建設機械化協会 施工技術総合研究所 研究第三部 技術課長

5. 補助金交付総額 25,870,000 円

6. 研究・技術開発の目的

近年、少子高齢化による人手不足、コスト削減の追求により公共工事の品質低下が懸念されている。同時に、発注者側の監督・検査体制も十分とは言えず、現状での検査がスポット的・部分的であることに起因して十分な品質確保がなされていないケースも生じている。

建設施工技術においては、近年コンピュータやネットワーク技術等を利用したいわゆる I C T (Information and Communication Technology) の活用が進展し、この中で、特に施工現場の情報化にあたってキーとなっていた位置・形状計測、設計図面の電子化などの技術が実用化され、マシンガイダンス技術、トータルステーション・G N S S を用いた出来形管理技術などの様々な情報化施工技術が実用化されるなど建設作業の合理化、施工管理の高度化に大きく道を開いてきている。

しかしながら、このような I C T 施工の利用に際しては、必要な電子データ作成に手間が必要な上に、作成したデータが I C T 施工にのみ利用されるためデータの再利用場面も無いことから、施工プロセス全体としての合理化に繋がっていない。

本研究では、I C T を利用した施工プロセス全体の合理化に向けて、実用化段階にあると考えらる、ブルドーザやモータグレーダのマシンコントロール技術、TS を用いた出来形

管理技術等のICT施工に必要なデータを効率的に作成するソフトウェアの開発（H20年度）とICT施工に必要なデータと施工データを利用することにより建設工事の施工品質を全面的かつ効率的にチェックできる新しい監督・検査を実現するための支援ソフトウェア（H21年度）を開発し、生産性向上と品質向上に寄与することを目的とする。

(1)「ICT設計データ変換ソフトウェア」の開発	実施期間：H20.8－H21.2
(2)「ICT監督支援ソフトウェア」の開発	実施期間：H21.7－H22.2

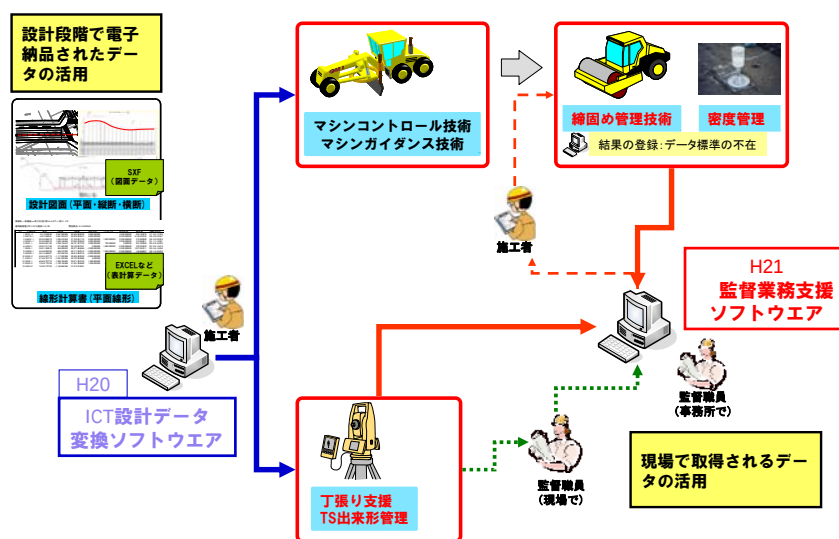


図- 1 開発の全体計画

7. 研究・技術開発の内容と成果

7.1 「ICT 設計データ変換ソフトウェア」の開発（平成 20 年度の研究成果）

7.1.1 研究・技術開発計画

本研究は、図-2の開発フローに基づいて行った。

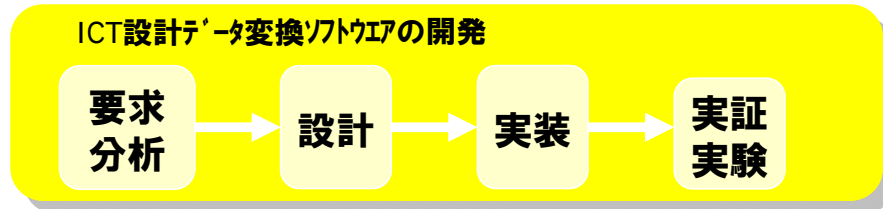


図-2 研究・技術開発フロー

7.1.2 研究・技術開発の実施内容

（１） 要求分析

施工現場で情報化施工を行う上で必要不可欠な作業として、数値制御値や施工目標値を情報化施工技術へ与える 3 次元設計データの作成作業がある。現状では、基本とする図面データが、情報化施工技術で直接的には利用できない。

3 次元設計データは、一般的には設計段階で作成された図面データを基本とし、施工計画にしたがい編集・加工されて完成するが、現状での 3 次元設計データの作成は、施工現場では図面データから必要なデータを抽出し、手作業でパソコンへ入力する作業を繰り返し行う必要がある（図-3参照）。このため、対象となる技術に必要な 3 次元設計データの項目や仕様を調査したうえで、これらの 3 次元設計データ作成の手順を整理し、必要なデータ項目とその抽出手法、データの組み合わせ手順を分析し、ソフトウェア設計のコンセプトを構築した。

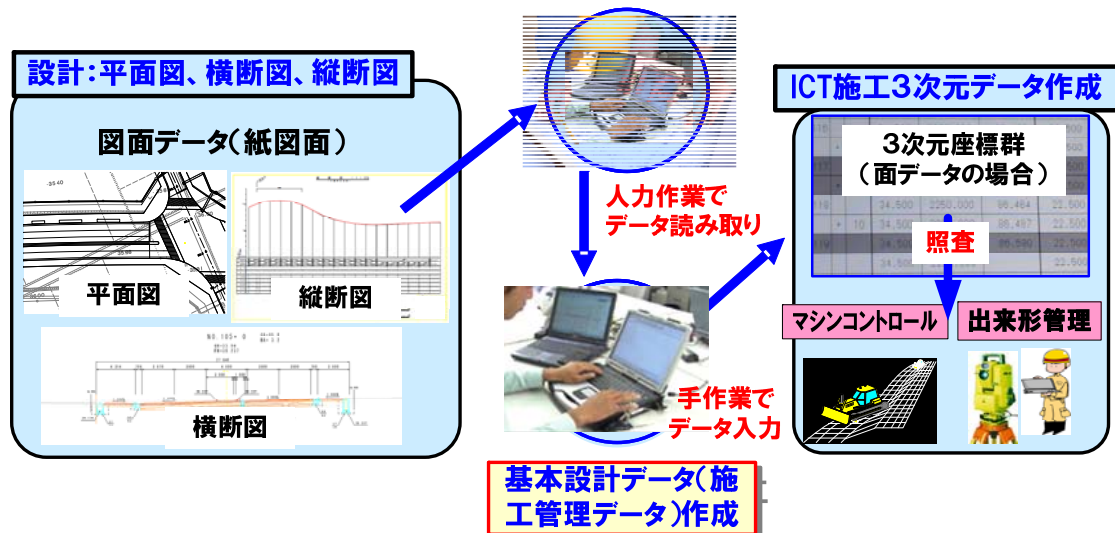


図-3 現状での 3 次元設計データの作成方法

1) ICT 施工に必要な 3 次元設計データの調査

マシンコントロール技術、マシンガイダンス技術に必要な 3 次元設計データについて、これら技術を開発した測量機器メーカー 3 社（トプコン、ニコントリニブル、ライカジオシステムズ）に対し聞き取り調査などを行った。

この結果、上記の情報化施工技術に必要な3次元設計データは、メーカーに依らず①サーフェイスデータ（不等三角網データ）とブレイクラインデータ（図-4参照）である。また、②データ仕様はLandXMLおよびDXFであることが判明した。

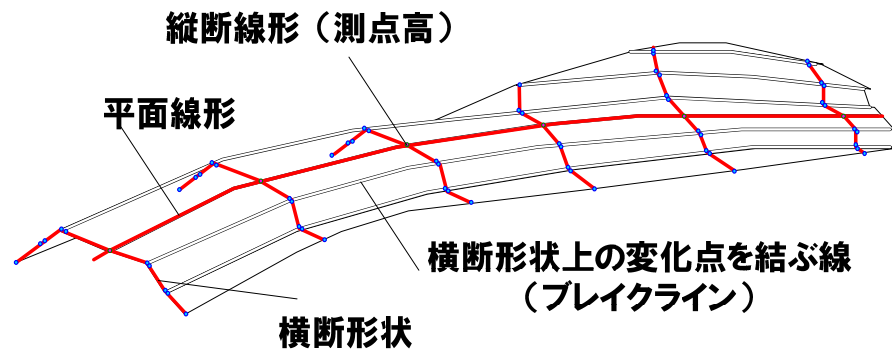


図-4 ICT施工に必要な3次元設計データ

一方、TS出来形管理技術は、国土交通省において要領¹⁾が既に通達・運用が開始されており、この技術で流通する情報は、中心線形要素（平面・縦断）と横断形状要素（以下、基本設計データと記す）である。また、データ仕様は、施工管理データ交換標準(Ver2)²⁾に基づくXML形式であることが判明した。

2) ICT施工に必要な3次元設計データの作成手順

マシンコントロール技術、マシンガイダンス技術に必要な3次元設計データ作成手法は、①仕上がり面を構成する座標点群（主に造成工事）をCADや測量ソフトウェアから計算して手入力するか、②中心線形要素（平面・縦断）と横断形状要素（主に道路土工、河川土工）を入力する方法があるが、いずれの手法でも中心線形要素（平面・縦断）と横断形状要素を利用して算出することができる。

さらに、TS出来形で必要な基本設計データとサーフェイスデータあるいはブレイクラインデータの関係性について分析すると、サーフェイスデータ等を構成する座標点群（x、y、z）は、基本設計データに含まれる中心線形要素（平面・縦断）と横断形状要素から作成できることがわかった。

以下に、現場における中心線形要素（平面・縦断）と横断形状要素の抽出方法の分析結果をまとめた。

① 中心線形要素の抽出手法

現状では、設計図面に含まれる線形計算書（道路工事の場合）あるいは平面図、縦断図に記載される座標や寸法の記述から線形要素を抽出している。ただし、本研究開発時点での最新の電子納品要領にしたがえば（SXFレベル2 ver3）、2次元図面の他に中心線形要素（平面線形・縦断線形）が付与されることがわかった（道路中心線形データ交換標準(案)³⁾にしたがったroadGM.xml）。今後は、納品される中心線形要素の利用も視野に入れておく必要がある。

②横断形状要素の抽出方法

現状では、横断図あるいは平面図、縦断図の寸法、標高、縮尺を組み合わせる横断形状要素の情報を抽出する。要素データの抽出は、横断図1枚の図面に複数の横断図が記述される場合があることや中心線形と関連付く場所が定義されていない事などから、図面上で中心線と交差する点を定めた後に、算出する寸法に縮尺をかけて実寸に変換する。

以上を踏まえ、本研究開発においては、情報化施工技術に必要な3次元設計データとして、現状での施工現場の作成作業に倣い、基本設計データに必要な中心線形要素（平面・縦断）と横断形状要素を入力することで、ICT施工およびTS出来形に利用できる3次元データを作成できると分析した。

3) ICT施工に必要な3次元設計データの要件

上記の分析により、加工の基データと作成するデータ項目と仕様は整理することができた。さらに、現場で3次元データを利用するために必要な要件を整理した。

①マシンコントロール技術、マシンガイダンス技術に必要な3次元設計

データは、直線部では、作成間隔が広く、曲線部や勾配変化部分では作成間隔を小さくし、より精緻な3次元設計面を構築する必要がある（図-5参照）。

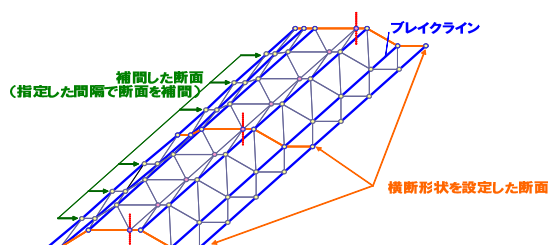


図-5 サーフフェイスデータ補足（ソフト上の機能）

②TS出来形の3次元設計データで

は、管理対象箇所をあらかじめ定めておく必要があり、3次元設計データに形状以外の属性データを付与することが必要である（図-6参照）。

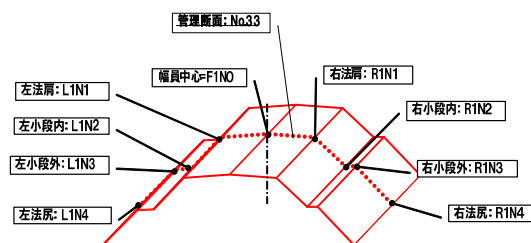


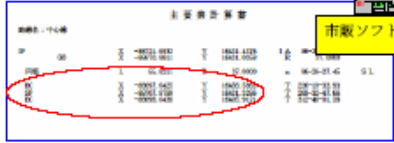
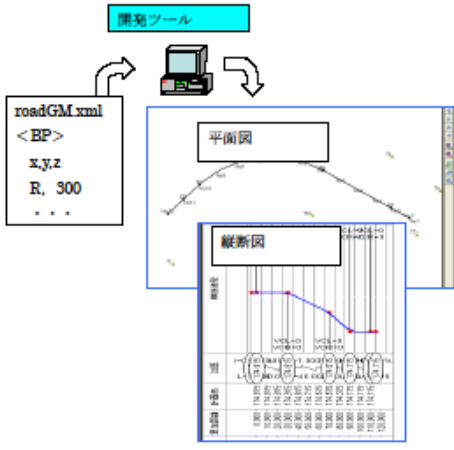
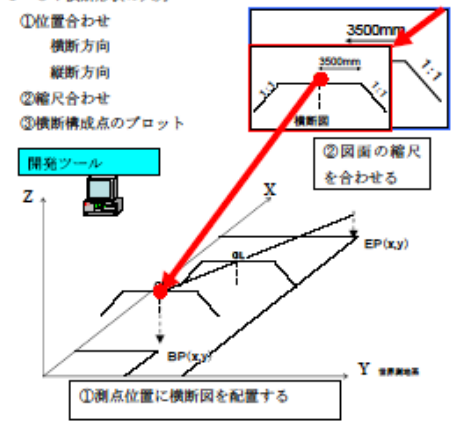
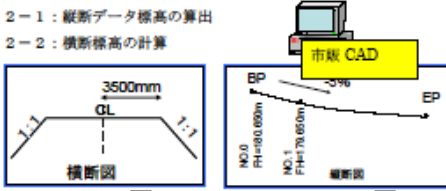
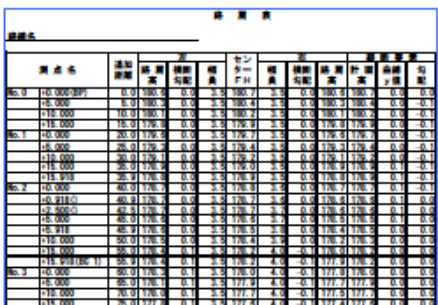
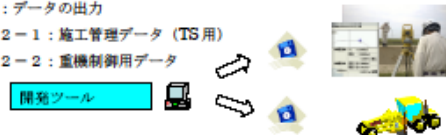
図-6 出来形管理の計測位置、項目の与え方

(2) ソフトウェア仕様の設計

1) シナリオの作成

前述の要求分析に基づき、ソフトウェア利用時のシナリオを策定し、各プロセスの機能要求仕様を作成した。

表- 1 ソフトウェアの機能設計と利用シナリオ

現状シナリオ	実現シナリオ
0 : 前準備 0-1 : 線形計算書から必要データの抽出  市販ソフト データ抽出のイメージ 0-2 : 線形計算書の入力	1 : データ入力 1-1 : 工事基準点等の入力 1-2 : 平面・縦断線形の入力 (roadGMが無い場合) 1-3 : 平面・縦断線形の読み込み 
1 : データ読み 1-1 : 線形計算ソフトに読み込み・確認  重機制御用 データ作成ソフト	1-4 : 横断形状の入力 (SXFが無い場合) 1-5 : 横断形状の入力 ①位置合わせ 横断方向 縦断方向 ②縮尺合わせ ③横断構成点のプロット  ①測点位置に横断面を配置する
2 : 座標入力 2-1 : 縦断データ標高の算出 2-2 : 横断標高の計算   入力データの読み取りとリスト作成のイメージ 2-3 : 横断標高座標の入力 重機制御用 データ作成ソフト	1-6 : 出来形管理項目の設定 (IS出来形用) 
3 : データ出力 	2 : データの出力 2-1 : 施工管理データ (IS用) 2-2 : 重機制御用データ 

2) ユースケースの作成と要件定義

上記のシナリオに基づいてユースケースを整理し、各ユースケースの仕様を設計した（図-7参照）。以下に、主なケースの要件を記載する。



図-7 ユースケース

①平面・縦断線形を入力する。

ユースケース	平面・縦断線形を入力する
内容	発注者から提供される工事対象道路の道路線形に関する資料に基づき、道路の平面線形、縦断線形を入力する
アクター	●工事担当者
開始条件	●TS出来形用交換データまたはMC用設計データの作成を行う場合
事前条件	●システムが起動していること。
事後条件	●道路の平面線形・縦断線形が設定されていること
基本シナリオ	アクターが、工事対象道路の平面線形・縦断線形を入力するシステムは、入力された平面線形・縦断線形を保持する
例外処理	
備考	

【設定する情報項目】

- 平面線形
 - 道路線形の名称
 - ◇ 道路線形を識別するための名称
 - 平面線形開始点の測点・累加距離
 - ◇ （例）No.32 + 10.0、 650.000
 - 平面線形開始点の座標値
 - ◇ X座標、Y座標
 - ブレーキの設定
 - ◇ ブレーキ位置（累加距離）、旧測点、新測点
 - 平面線形要素の諸元
 - ◇ 線形要素の種別：直線、円弧、クロソイド
 - ◇ 要素始端・終端の曲率半径、回転方向（円弧、クロソイドの場合）
 - ◇ クロソイドパラメータ（クロソイドの場合）
 - ◇ 要素終端の座標値：X座標、Y座標
- 縦断線形
 - 縦断線形の勾配変化点
 - ◇ 勾配変化点位置：累加距離
 - ◇ 勾配変化点の標高
 - ◇ 縦断曲線長

②横断形状を入力する。

ユースケース	横断図（SXF）を利用して横断形状を入力する
内容	横断形状を設定する際に、横断図のSXFデータを参照して、形状の入力を行う
アクター	●工事担当者
開始条件	●TS出来形用交換データまたはMC用設計データの作成を行う場合 ●横断図のSXFデータを利用して、横断形状の設定を行う場合
事前条件	●道路の平面線形・縦断線形が設定されていること
事後条件	●道路の横断形状が設定されていること
基本シナリオ	アクターが、管理断面位置を入力する システムは、入力された管理断面位置を保持する アクターが、各管理断面の横断形状を入力する ①アクターが、入力する横断形状が記載された横断図ファイル（SXF）を指定 ②システムは指定されたファイルを読み込み、図面を表示 ③アクターは読み込まれた図面の位置合わせ（道路中心位置、標高基準の位置、縮尺の設定）を行う ④システムは入力された位置合わせの情報に基づき図面を表示 ⑤アクターは図面に合わせて幅員中心、横断形状要素の入力を行う システムは、入力された横断形状を保持する
例外処理	●読み込んだファイルが仕様に適合しないものであった場合、エラーメッセージを表示し、開始時に戻る。
備考	

【設定する情報項目】

- 横断形状
 - 管理断面の位置
 - ◇ 管理断面の累加距離
 - 構築形状の名称
 - ◇ 設定する横断形状（切土形状、盛土形状等）を識別するための名称
 - 管理断面ごとの横断形状
 - ◇ 横断形状が属する構築形状
 - ◇ 幅員中心位置：道路中心からの水平方向離れ、鉛直方向離れ
 - 幅員中心：横断形状を定義する際の位置の基準。幅員中心を基準として左右の横断形状要素を定義する
 - ◇ 横断形状要素

- 幅員中心から順番に、横断形状を構成する要素を定義する
 - 横断形状要素は、幅、比高、勾配で定義
 - 横断形状要素の識別名を定義

③ T S 出来形用 施工管理データを出力する

ユースケース	T S 出来形用 施工管理データを出力する
内容	設定した情報を元に、T S 出来形用施工管理データ（XML）を出力する
アクター	● 工事担当者
開始条件	● TS出来形用交換データの作成を行う場合
事前条件	● 道路の平面線形・縦断線形が設定されていること ● 横断形状が設定されていること ● 出来形管理部位が設定されていること
事後条件	● T S 出来形用施工管理データのXMLデータが生成されること
基本シナリオ	アクターが、T S 出来形用施工管理データの出力を要求するシステムは、出力するファイルのファイル名の入力を求める アクターは、出力するファイルのファイル名の入力を行う システムは、「TS による出来形管理に用いる施工管理データ交換標準（Ver2）」に準拠した XML データを指定されたファイル名で出力する

④ MC 用データを出力する

ユースケース	MC 用データ（LandXML）を出力する
内容	設定した情報を元に、マシンコントロール（MC）用の設計形状データ（LandXML）をを出力する
アクター	● 工事担当者
開始条件	● MC用設計データの作成を行う場合
事前条件	● 道路の平面線形・縦断線形が設定されていること ● 横断形状が設定されていること
事後条件	● M C 用設計データのLandXMLデータが生成されること
基本シナリオ	アクターが、MC 用データの出力を要求する システムは、出力するファイルのファイル名の入力を求める アクターは、出力するファイルのファイル名の入力を行う システムは、3 次元の TIN データおよび横断形状要素端点を結んだブレークラインデータを生成する システムは、生成したデータを LandXML 形式のデータとして、指定されたファイル名で出力する

(3) ソフトウェアの実装

1) 実装の環境

本開発ソフトウェアは、以下の環境で開発した。

- ・WINDOWS XPでの作動
- ・「Microsoft .NET Framework 2.0」

2) 実装結果

本研究におけるソフトウェアの実装機能を図-8に整理した。

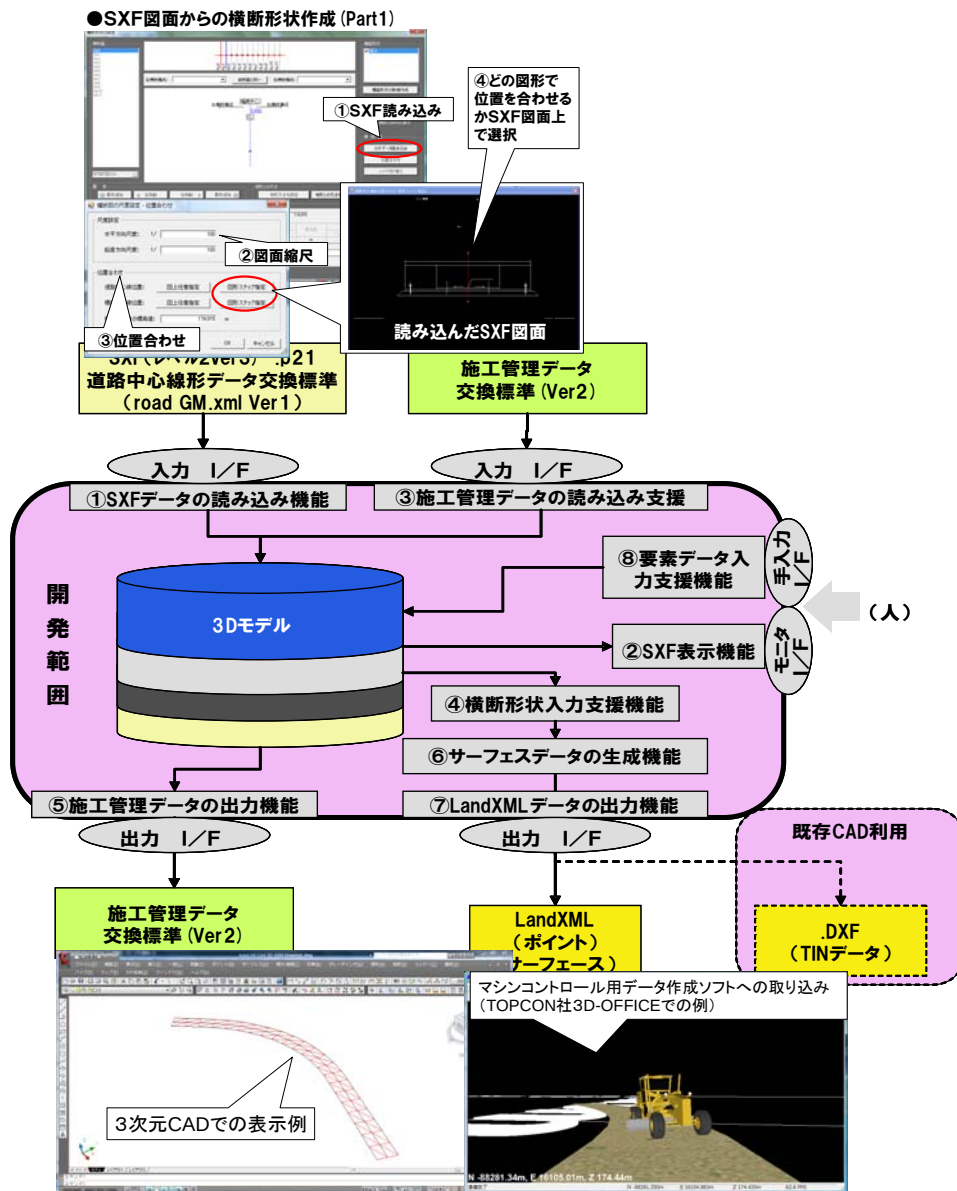


図-8 H20年度 ICT設計データ変換ソフトウェアの実装機能

(4) ソフトウェアの実証実験

前述に示すソフトウェアの導入効果として、3次元データの作成時間に対する短縮効果について検証実験により確認した。

1) 実験条件

効果の検証実験は、従来手法とソフトウェアを用いた手法（以下、実現手法と記す）の両方を実際に行い、これらを作業時間の比較する内容とした。

また、従来手法には、実現手法と同様に中心線形要素と横断線形要素を入力する手順（以下、従来A法：線形入力型と記す）と、中心設計要素と横断線形要素からサーフェイスを構成する3次元位置座標を算出し入力する方法（以下、従来B法：面データ作成型と記す）の2つがあるため、検証実験ではこの両法を実施することとした。

なお、従来B法は、入力項目が単純であるという利点はあるが、特に横断構成要素が多い場合などで入力ミスが発見し難いという欠点がある。

a) 作業範囲

3次元設計データの作成から、情報化施工技術に必要な3次元設計データとして変換するまでの作業を対象とした（作業内容は表-2参照）。

b) 提供情報

提供する図面データは以下のとおりとした。（設計条件は表-2参照、対象工種は路盤工）

- ・ 線形計算書（PDF 資料）
- ・ 中心線形データ（RoadGM.xml）

平面図・縦断図・横断図（全10枚：SXF）

表-2 設計条件（効果検証実験）

項目		設計条件
平面線形		延長：110m、測点間隔：10m
	No.0+0.0～No.3+7.0	直線：37m、
	No.3+7.0～No.6+2.5	曲線：62.5m（R=50m）
	No.6+2.5～No.11+0.0	直線：10.5m
縦断線形	No.0+0.0～No.3+0.0	縦断勾配=0.0%
	No.3+0.0～No.7+0.0	縦断勾配=-1.0%
	No.7+0.0～No.9+0.0	縦断勾配=-2.0%
	No.9+0.0～No.11+0.0	縦断勾配=0.0%
横断形状	No.0+0.0～No.1+0.0	幅=6.0m、横断勾配=0.00%
	No.2+0.0	幅=6.0m、横断勾配=1.00%(右 下がり)
	No.3+0.0	幅=6.0m、横断勾配=1.00%(左 下がり)
	No.6+0.0	幅=6.0m、横断勾配=4.00%
	No.10+0.0～No.11+0.0	幅=6.0m、横断勾配=0.00%

c) 被験者

作成作業は次の要件を満足する者が実施した。

- ・ 従来手法は、情報化施工技術に必要な3次元設計データの作成に慣れた者が実施する。
- ・ 実現手法は、ソフトウェアの扱いに慣れた者が実施する。

2) 検証成果

検証実験で確認した従来手法と実現手法の作業時間を比較成果によれば、以下の時間短縮効果が検証できた（表-3、図-9参照）。

- ・ 中心線形データの読込みにより、3次元設計データ作成・変換に要する作業時間は、

- 15%程度作業時間を短縮できる（図-9に示す従来A法と従来B法との比較）。
- 横断形状要素をSXFを利用して入力することで、前述の作業時間は45%程度短縮できる（同図の従来B法と実現手法との比較）。
 - 実現手法（中心線形データの読み込み、横断形状要素をSXFを利用して入力）は、従来手法と比べ、60%程度短縮できる（同図の従来A法と実現手法の比較）。

表-3 3次元設計データの作成時間の比較

作業項目		従来手法		実現手法 (開発ツール型)	削減率 ^{※4} (%)	
大項目	詳細	A)線形入力型	B)面データ作成型			
基本情報作成	工事名 基準点等	8 ^{※1}	同左	同左	—	—
線形データ作成	平面	10	6.5	1 ^{※2}	90	85
	縦断	10	6.5		90	85
横断データ作成	天端面 (10断面)	40 ^{※3}	25 ^{※3}	14 ^{※3}	65	44
出来形管理設定	基準高幅	1 ^{※1}	同左	同左	—	—
3次元設計データ		1	2	3	200増	50増
合計		70	49	27	61	45

※1：従来方法では、重機制御データ作成のみを対象。

※2：roadGMで道路線形が提供されると想定。

※3：個別の調査結果は10断面の天端面のみの入力時間に換算

※4：削減率の左欄は従来A法を、右欄は従来B法をそれぞれ基準とした場合の実現手法の時間短縮効果を示す

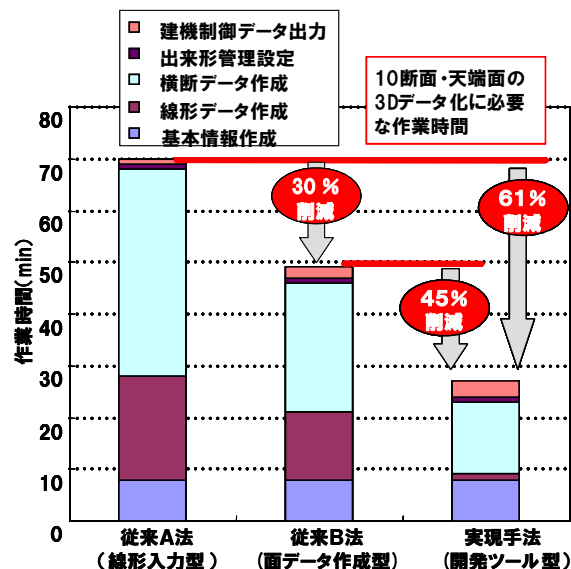


図-9 3次元設計データの作成時間短縮効果

3) まとめ

本研究で開発したソフトウェアを用いた実証実験の結果以下の事項を確認した。

- ①電子納品された設計データ（SXF、2次元）を参照しながら、マシンコントロールなどで必要なICT設計データ（3次元）を、「ICT設計データ変換ソフトウェア」により作成できた。
- ②本ソフトウェアで作成したICT設計データを建設機械（グレーダ）に搭載して動作することを確認した。
- ③本ソフトウェアにより、現状の人力によるICT設計データ作成作業を6割削減できた。

（５）研究成果で得られた知見

１）適用効果について

作業時間の短縮効果は、限定された情報化施工技術を対象とした場合である。異なる複数の情報化施工技術を対象とした場合は、1回の作成作業により複数の情報化施工技術への3次元設計データが出力でき、作業時間の短縮効果はさらに大きくなる。

よって、現状において、「建設機械への入力用設計データ作成の合理化」の解決策のひとつとして、十分有効な手段であると評価した。

ただし、3次元設計データの作成時間は、作成者の技量・慣れなどの人的要因、図面データから抽出するデータの煩雑さなどの要因も関係するため、今後、施工現場での効果確認を行う必要がある。

２）ICT施工に利用しやすい設計データについて

現状の横断図は、図面の位置が“No.”“STA”といった測点としての数値で記載されている。「建設機械への入力用設計データ作成の合理化」の抜本的な解決には、図面データから抽出する要素データのデジタル化と流通が必要である。

情報化施工技術で直接的に利用するためには、中心線形と横断要素の関係を機械が自動的に判定できなければならない。横断図から機械が自動的に判定するための課題として現状のSXF形式の図面データに以下の項目を属性として与えておくことが必要であることが判明した。

- ・ 各横断図の対象とする線形
- ・ 横断形状の向き（線形に対する横断面の左右の向き）
- ・ 横断図ごとの配置（測点）
- ・ 横断形状ごとの中心線形と合わせる位置（幅方向、高さ方向）と横断図の縮尺

7.2 「ICT 監督支援ソフトウェア」の開発（平成21年度の研究成果）

7.2.1 研究・技術開発計画

H20年度はICT施工の現場活用に向けた課題として、ICT施工向けの3次元設計データ作成手間の削減を目的に研究開発を実施した。H21年度は、作成した3次元設計データに現場のICT施工で取得される計測データを加えた可視化により、監督業務の支援を行うソフトウェアの開発を行った。

ここで、支援ツールの対象とする情報化施工技術として、施工現場への普及度を勘案し、①TS出来形管理技術、②締固め管理技術の2つの技術を対象とし、現状の情報化施工における監督業務の課題および支援ツールに必要な機能の開発を行った。本研究は、図-10の開発フローに基づいて行った。



図-10 研究・技術開発フロー

7.2.2 研究・技術開発の実施内容

(1) 要求分析

1) ICT施工データを活用することのメリット

TS出来形管理技術および締固め管理技術の取得データを直接利用することによって監督業務に対する以下の効果が考えられる。

①施工の不具合の早期改善

情報化施工の取得データを迅速に収集することで施工の不具合点（例：締固め回数の適否、層厚など）を早期かつ面的に把握することや、現場の任意の位置で出来形を確認することで不具合の早期発見を容易に実現し全体的な品質確保を支援する。

②机上検査の省力化

情報化施工の取得データ（設計データ＋3次元出来形データ等）を利用することで計測位置と結果を関連づけて管理・表示可能となり、監督職員が把握、確認しやすい情報を提供することができる。また、発注者向けの帳票・図面は監督業務支援ツールが施工データを活用して自動作成することで、これまで作成していた測量手簿・出来形管理帳票・竣工出来形図等の複数の資料作成が不要となる。

③維持管理での情報利用

法長、幅員等の長さや高さ等の相対的なデータは再利用性に乏しいが、取得されたデータは座標データとして保持しているため、道路基盤データ等との親和性が高いと考えられる。このように、情報化施工の取得データを点検時の初期データとして利用する等、維持管理段階において施工データを活用できる。

2) 現状手法での監督業務に関する課題

情報化施工に関する管理要領（案）や監督・検査要領（案）は整備されつつあり、「トータルステーションを用いた出来形管理の監督・検査要領（案）（道路土工編）（平成22年3月）」⁴⁾、「同左（河川土工編）（平成22年3月）」⁵⁾が策定され、情報化施工に係わる監督・検査の実施項目とその手順が示されている。

これらの監督・検査要領（案）では、図-11に示すように情報化施工で取得された情報は、従来施工と同様の管理帳票形式や目的別の管理資料として変換され監督職員が把握・確認することとしている。その結果、情報利用の観点において以下の課題があ

ると考える。

①有益なデータの破棄

情報化施工により面的な出来形や品質の情報を取得できるが、監督者へ提出する管理帳票を作成する段階でそれらの情報が選別され、従来の管理では把握できなかった有益な情報を監督業務にうまく活用できていない現状にある。

②データの分散によるチェック作業の増加

現在の情報化施工の監督業務は、出来形管理や品質管理の状況把握を行うために、従来施工と同様に、施工業者によって作成された目的別の管理帳票等の資料を見る必要がある。このため、情報化施工で得られた管理情報の把握は、従来施工と同様に人の介在が必要となり、膨大かつ分散された管理項目別の帳票を把握するといった視覚的にわかりにくく非効率なチェック作業となっている。

このため、情報化施工の取得データを利用して現場状況や出来形・出来高を監督職員に分かり易く表示・提供する技術の確立として全面的施工品質を効率良く確認可能なツールが必要である。つまり、情報化施工で得られた連続的あるいは計測の生データを直接用いて3次元表示や詳細情報の閲覧等、監督業務時の不具合発生時の原因分析等の判断支援や施工時の面的な品質確保を支援できるツールが必要である。

(2) ソフトウェアの仕様設計

前述の要求分析に基づき、ソフトウェアの利用シナリオを策定し、各プロセスの機能要求を作成した。

1) TS 出来形管理のシナリオと機能

監督・検査要領(案)に記載されている情報化施工技術に関わる現状の出来形管理状況の確認方法は、「測定結果一覧表」および「出来形管理図表」の確認として監督職員は施工業者より提出された帳票を元に出来形管理基準に定められた測定項目、測定頻度並びに規格値を満足しているか否かの確認を行うこととなっている。

本研究においては、帳票ではなく、帳票とともに施工業者から提出される情報化施工にて取得される生データ(施工管理データ(XMLファイル))²⁾を用いて出来形管理状況の確認を行う手法を提案し、これを支援する機能とする。

図-12に出来形管理状況の確認時の監督業務支援ツールを用いたシナリオと機能のイメージを示す。

2) 締固め管理(品質管理)のシナリオと機能

情報化施工技術に関わる品質管理状況の確認方法は、品質管理状況の把握として監督職員は施工業者より提出された日常管理帳票(締固め分布図、走行軌跡図、盛土管理図)および施工含水比記録を受理し、盛土の品質管理状況を把握する必要がある。

提案手法では、帳票ではなく、情報化施工にて取得される生データ(施工履歴データ)を用いて品質管理状況の把握を行う。

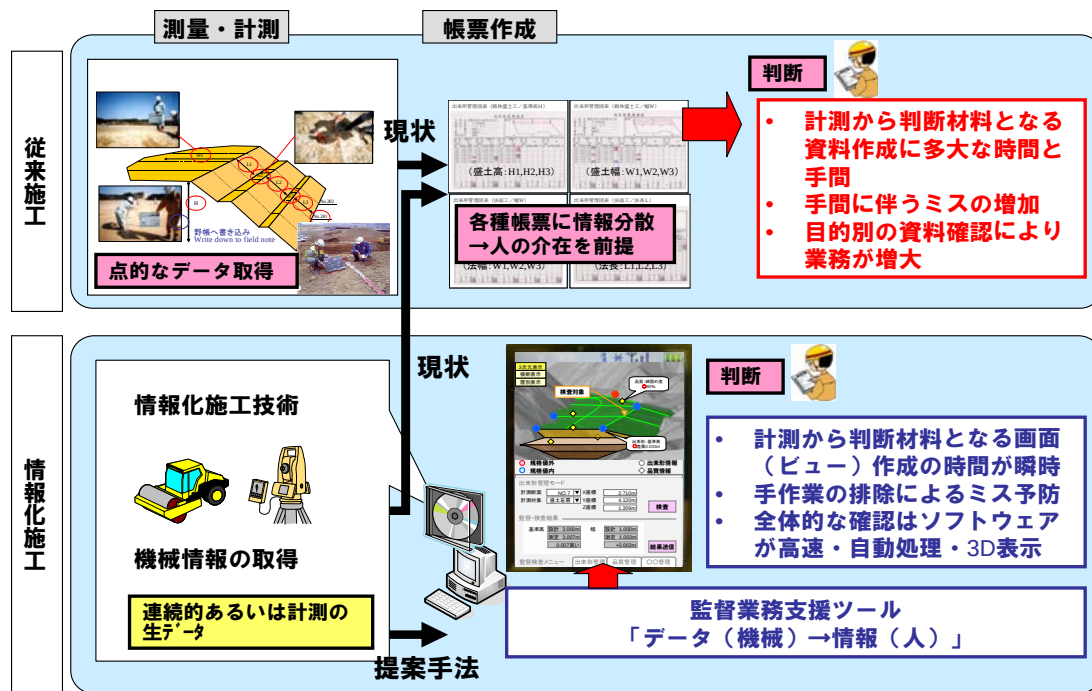


図-11 情報化施工と監督業務の課題

図-13に品質管理状況の把握時の監督業務支援ツールを用いたシナリオと機能のイメージを示す。



図-12 支援ツールの機能とシナリオ（出来形管理）



図-13 支援ツールの機能とシナリオ（品質管理）

3) ユースケースの作成と要件定義

上記のシナリオに基づいてユースケースを作成し、各ユースケースの仕様を設計した。
(図-14図-14参照)。表-4にユースケースの機能の設計例を記載する。

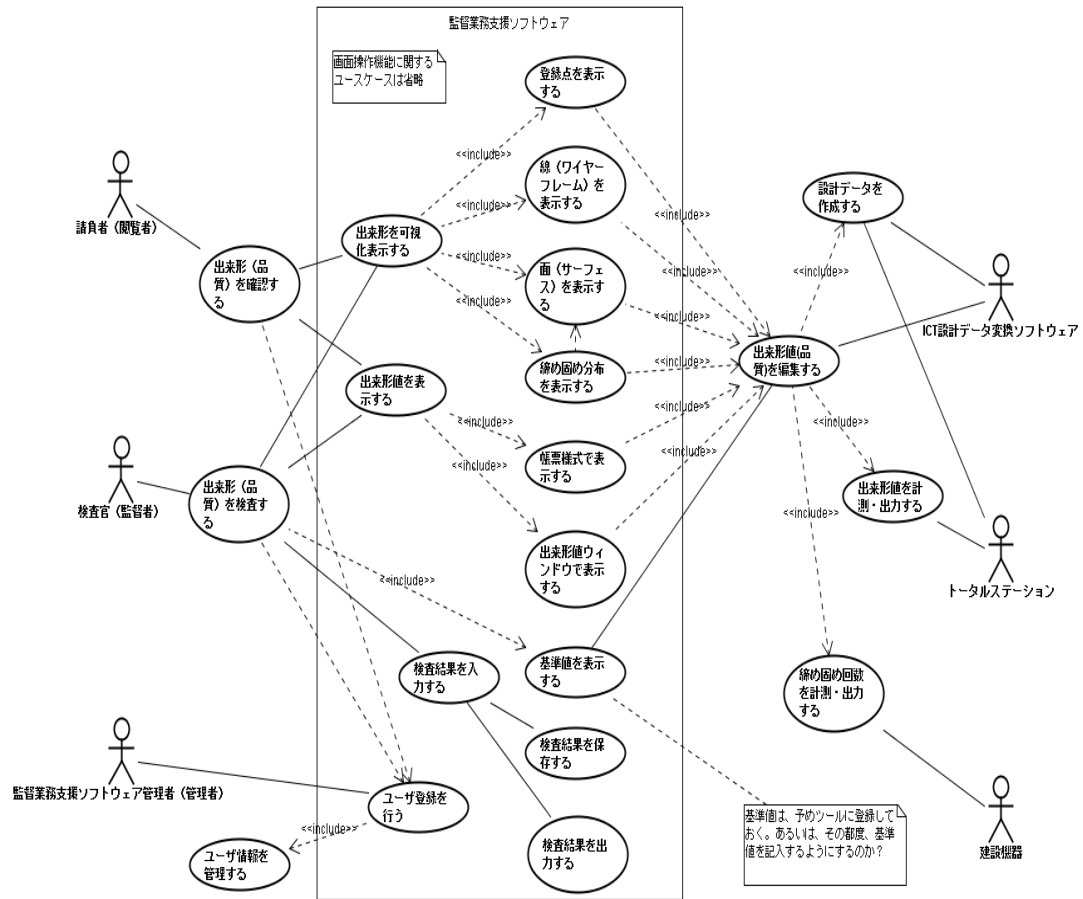


図-14 監督業務支援ソフトウェアのユースケース図

表-4 施工管理データ（TS出来形データ）の確認機能の仕様作成例

No	表示項目	種別	備考
1	出来形管理情報の保存	ツールバーメニュー項目	現在システムに入力されている施工管理データおよび出来形計測結果を「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形式で出力する。
2	終了	ツールバーメニュー項目	システムを終了する。
3	バージョン情報の確認	ツールバーメニュー項目	システムのバージョン情報ダイアログを表示する。
4	頂点表示	ツールボタン	画面に表示中の施工管理データの3次元モデルを頂点のみで表示する。
5	ワイヤフレーム表示	ツールボタン	画面に表示中の施工管理データ設計情報の3次元モデルをワイヤフレームで表示する。
6	ワイヤフレーム表示(実測断面を含む)	ツールボタン	画面に表示中の施工管理データ設計情報の3次元モデルをワイヤフレームで表示する。また、施工管理データに含まれる出来形計測情報および監督職員計測情報の3次元モデルをワイヤフレームで重ねて表示する。
7	サーフェス表示	ツールボタン	画面に表示中の施工管理データの3次元モデルをサーフェスモデルで表示する。
8	RI計測点情報	ツールボタン	RI計測情報一覧画面に画面遷移する。
9	品質管理モードON/OFF	ツールボタン	施工管理データ可視化画面における品質管理モードのON/OFFを切り替える。
10	検査モードON/OFF	ツールボタン	施工管理データ可視化画面が検査モードでないとき、検査条件設定画面に画面遷移する。施工管理データ可視化画面が検査モードのとき、検査モードを終了する。
11	セレクトモードON/OFF	ツールボタン	マウスクリックによる施工管理データの3次元モデル選択機能を有効にする。
12	断面表示	ツールボタン	マウスクリックによる施工管理データの3次元モデル断面表示機能を有効にする。
13	初期表示	ツールボタン	表示中の施工管理データの3次元モデル全体が表示されるように再描画する。
14	拡大	ツールボタン	画面に表示中の施工管理データの3次元モデルを拡大する。
15	縮小	ツールボタン	画面に表示中の施工管理データの3次元モデルを縮小する。
16	ログイン管理番号	ツールテキストボックス	現在ログイン中のユーザ管理番号を表示する。
17	ログイン氏名	ツールテキストボックス	現在ログイン中のユーザ氏名を表示する。

（3）ソフトウェアの実装

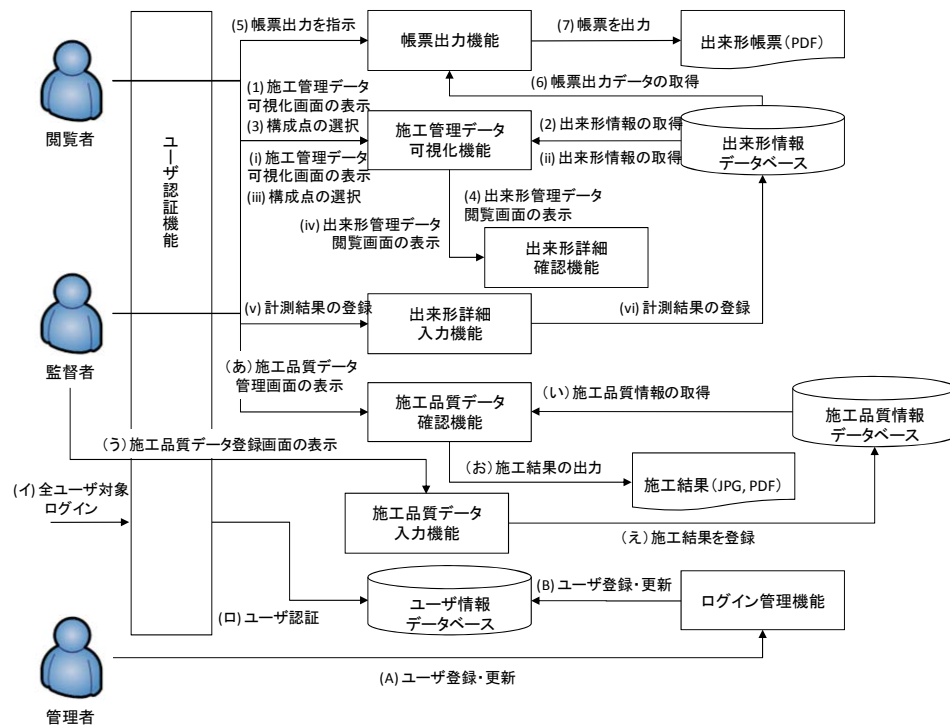
1）実装の環境

本開発ソフトウェアは、以下の環境で開発した。

- ・WINDOWS XPでの作動
- ・「Microsoft .NET Framework 2.0」

2) 実装モデル

本研究におけるソフトウェア機能の実装モデルを図-15に整理した。



(A)～(B) ユーザログインフロー (1)～(7) 出来形の確認フロー
(イ)～(ロ) ユーザ登録・更新フロー (i)～(vi) 出来形の検査フロー (あ)～(お) 施工品質の管理フロー

(特徴)

- ・ 監督業務支援ソフトウェアの利用者は、ユーザ管理によって権限別に利用できる機能が制限される。
- ・ 管理者は、ログイン管理機能により本システムのユーザを登録・更新・削除できる。
- ・ 監督者は、出来形詳細入力機能により出来形計測結果およびその他の計測結果を登録できる。
- ・ 監督者および閲覧者は、出来形詳細確認機能により監督者が登録した出来形詳細情報を確認できる。
- ・ 監督者および閲覧者は、帳票出力機能を用いて監督者が登録した出来形詳細情報から出来形帳票をPDFファイルで出力できる（出力対象の出来形帳票は、「測定結果一覧表」「出来形管理図表」「出来形管理図（工程能力図）」「度数表」とする）。
- ・ 閲覧者は、追加・実行・削除の操作を行うことができない。

図-15 監督業務支援ソフトウェアの実装モデル

(4) 有効性の確認実験

本研究で開発したソフトウェアについて、その機能確認のための実証実験を以下のように行った。

1) 実験条件

①出来形管理に用いる施工管理データを読み込み、監督結果の座標値と施工業者の実施した計測結果を対比する機能の確認。

②品質管理に用いる情報（PDF/JPG）を登録し、閲覧する機能の確認。

検証手順は以下のとおり。

A) 平成20年度開発ツールによりICT設計データを作成。

B) マシン・コントロールにより路盤整形作業・締固め作業を実施。

C) TSによる出来形測量(監督測量)データの読込と出来形データの画面上での確認。

D) 締固め管理データを読み込み、確認したい範囲のデータを表示する機能の確認。

2) 実験成果とまとめ

上記の確認実験により、本研究で開発した監督業務支援ツールを用いて情報化施工の取得データ（模擬データ）を直接利用することで、従来の施工管理や監督手法で得られる情報に加えて、3次元表示や詳細な情報を閲覧することが可能であった。しかし、以下に示す表示上の問題や現行の管理基準等の課題が残っている。

①TS出来形管理データの利用について

a) 情報化施工に対応した出来形管理基準・規格値

3次元データを用いた出来形管理規格値の必要性が挙げられる。現在の出来形管理基準および規格値は、幅員や法長等の長さや高さによる管理であるため、情報化施工にて計測された3次元座標データは、従来管理手法に合わせて幅や長さに変換する必要がある。情報化施工で取得された3次元計測データに対応した基準および規格値を検討する必要があると考える。

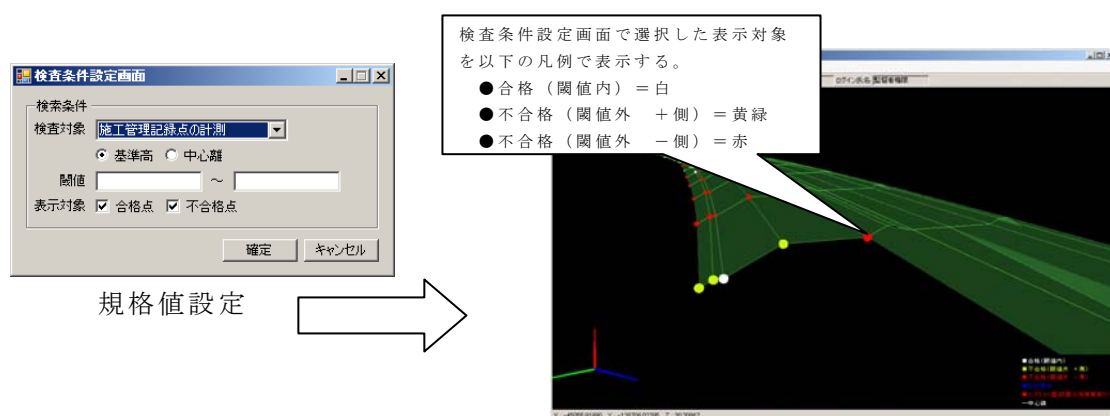


図-16 ICTに適した規格値判定

b) 監督業務に適したの 3 次元表示方法の検討

3 次元表示は見る角度により差の大小の見え方に差が出る． 3 次元表示のみでの管理は難しいため， 3 次元表示に適した規格値の設定と表示の基準を検討する必要がある．

② 締固め管理データについて

a) 管理結果の標準化

現在の発注者への提出する情報化施工で取得される生データは標準化されていないため， 締固め管理結果のデータ交換形式や提出方法を標準化することで， 一元的な管理とデータ閲覧が可能となる．

b) 固め管理結果の 3 次元表示方法の検討

締固め管理結果は， 段階的に盛土施工する毎に取得されるため， 支援ツール上に多数の層， 範囲が表示された場合に， 締固めエリアの締固め回数の不足がないか等を管理できないといった問題がある．

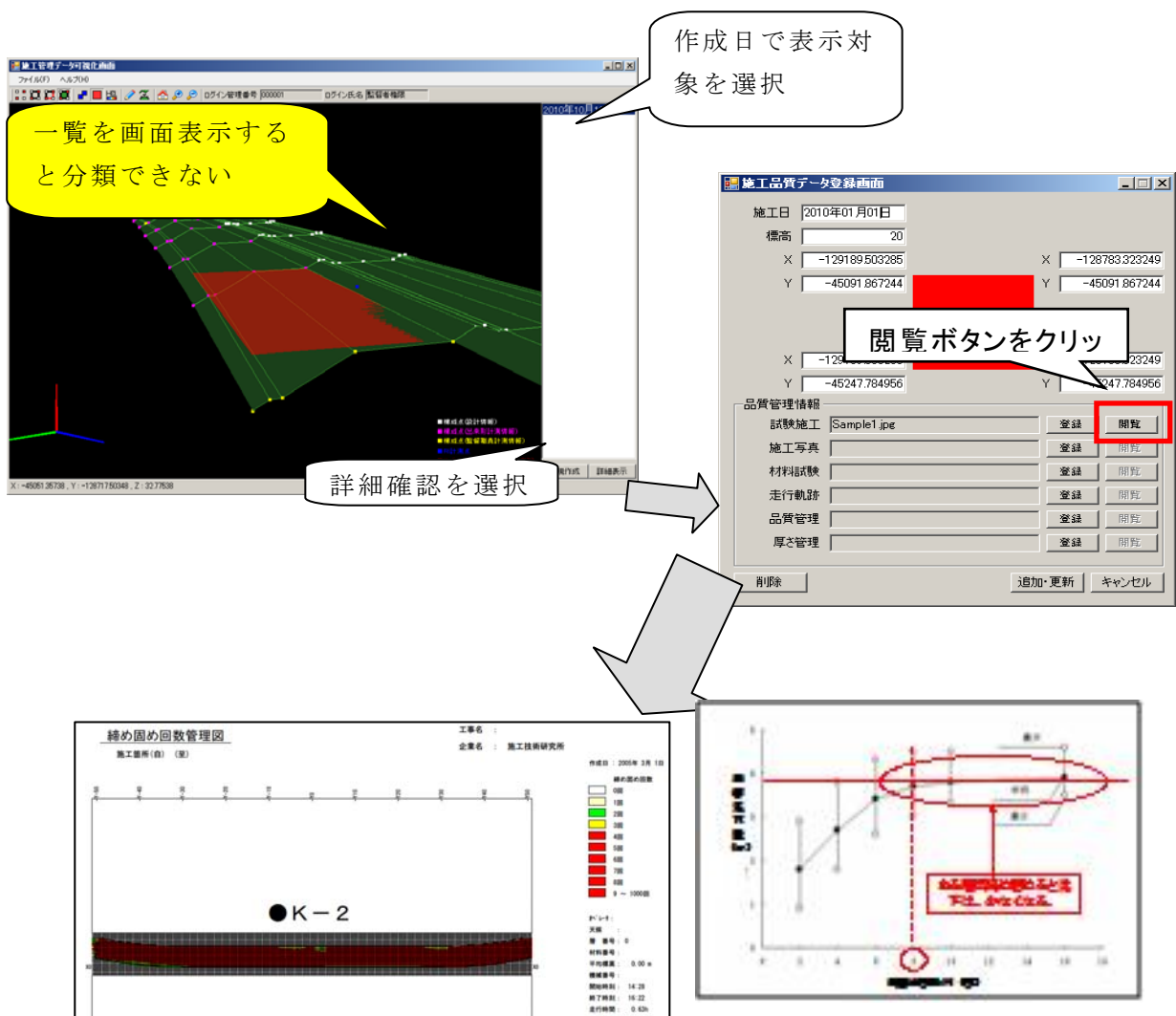


図- 17 締固め施工結果のデータの確認

（５）研究成果で得られた知見

本研究では、情報化施工に対応した監督業務支援ツールの研究開発にあたり、現在、普及している２つの情報化技術を対象に取得データを直接用いた監督業務について期待できる効果と課題を整理した。この結果、直接取得データを利用することにより、施工の不具合の早期改善や机上検査の省力化が期待できることを確認できた。

一方、本ツールにより従来の管理内容の表示に加え、３次元的な形状表現や詳細情報の閲覧を実現することができたが、監督業務に適した３次元表示方法や管理結果の把握しやすいユーザインタフェースが必要であるなどの課題も明確となった。以下に、本研究で得られた今後の課題を整理した。

① T S 出来形データ利用についての課題

- ・ 3Dデータを用いた出来形管理規格値の必要性
- ・ 3Dの座標データは、従来管理手法の幅や長さなどの管理手法に変換する必要がある。
- ・ 3D表示は見る角度により差の大小の見え方に差がでる。3D表示のみでの管理は難しい。
- ・ 3D表示に適した規格値の設定と表示の基準を検討すべき。

② 締固め管理データ利用についての課題

- ・ 締固め管理結果のデータ提出方法を標準化することで、一元的な管理とデータ閲覧が可能となる。
- ・ 締固め管理結果（3D）の見せ方の検討が必要である。3D表示では、多数の層、範囲が表示された場合に、エリアの抜けがないか等を管理できない。

7.3 全体のまとめ

本研究では、マシンコントロール技術、TSを用いた出来形管理技術等のICT施工に必要なデータを効率的に作成するソフトウェアの開発（H20年度）とICT施工に必要なデータと施工データを利用することにより建設工事の施工品質を全面的かつ効率的にチェックできる新しい監督・検査を実現するための支援ソフトウェア（H21年度）を開発した。

開発した成果の機能については、すぐに施工現場に適用可能な段階であると考えているが、従来手法においては、紙面による情報交換、2Dでの表現手法、2Dの計測など誰でも容易に扱える共通の言語、ツールの利用など、簡易な表現方法と測定方法、および長期にわたって運用されてきた監督・検査手法により業務が行われてきた経緯があり、これらを変革（高度なツールを利用して目的を合理的に実現）していくことで初めてICT施工・施工管理の効果が発揮されると考える。

参考文献

- 1) 施工管理データを搭載したTSを用いた出来形管理要領（案）（土工編）：国土交通省総合政策局政策課，
〈http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha08/01/010415_2_.html〉，2008年4月
- 2) 施工管理データ交換標準（案）：国土交通省国土技術政策総合研究所トータルステーションを用いた情報提供サイト，

- 〈<http://www.gis.nilim.go.jp/ts/index.html>〉 , 2008年4月
- 3) 道路中心線形データ交換標準に係わる電子納品運用ガイドライン (案) ,
〈http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha08/13/130401_.html〉 , 2008年4月
- 4) トータルステーションを用いた出来形管理の監督・検査要領 (案) 道路土工編,
国土交通省「技術調査関係」
HP〈<http://www.mlit.go.jp/tec/sekisan/sekou/pdf/220331totalstation03.pdf>〉 ,
2010年3月
- 5) トータルステーションを用いた出来形管理の監督・検査要領 (案) 河川土工編,
国土交通省「技術調査関係」
HP〈<http://www.mlit.go.jp/tec/sekisan/sekou/pdf/220331totalstation02.pdf>〉 ,
2010年3月

8. 研究成果の刊行に関する一覧表

刊行書籍又は雑誌名（雑誌のときは雑誌名、巻号数、論文名）	刊行年月日	刊行書店名	執筆者氏名
土木情報技術論文集 vol.18 「情報化施工で 必要な3次元設計デー タに関する一提案」	平成21年10月21 日	社団法人 土木学 会	篠原雅人、上石修二、 藤島崇、椎葉祐士

9. 研究成果による知的財産権の出願・取得状況

知的財産権の内容	知的財産権の 種類、番号	出願年月日	取得年月日	権利者名
ICT設計データ変 換ソフト	著作権、 P第9649号-1	平成21年7月 14日	平成21年7月 16日	社団法人日本建 設機械化協会

10. 成果の実用化の見通し

構内実験段階での実用化確認を行った。今後の実工事での開発成果の適用については、すぐに可能な段階であると考えている。本研究を踏まえ、今後、さらにICT施工の現場適用を進めるために考えられる手法を以下にまとめた。

- ①施工者、発注者が施工管理、監督を行う目的と業務分担を明確に定義する。
- ②必要な機能開発を行う
- ③監督・検査の（新）手法を導入
- ④ICT施工を前提に発注者からの設計データの提供
- ⑤ICT施工で提供されるツールを使いこなす人材の育成が重要である。

また、当研究所のホームページから研究成果であるソフトウェアをダウンロード可能とすることによりソフトウェア・ベンダーに対して要求仕様の提示を行い、ソフトウェアの開発促進への第1ステップとしたいと考えている

11. その他