

トータルステーションを用いた道路土工 出来形管理の実現

田中 洋一・上坂 克巳・金澤 文彦

国土技術政策総合研究所では情報化施工推進のため情報技術を活用した新たな管理基準として「施工管理情報を搭載したトータルステーションによる出来形管理要領（試行案）」（道路土工編）を策定した。トータルステーションによる道路土工出来形管理の平成19年度本格運用に向けて様々な取組みを進めており、本報文では平成18年度現場試行に向けた準備状況について報告する。

キーワード：トータルステーション、出来形管理、道路土工、情報モデル、現場試行

1. はじめに

国土技術政策総合研究所（以下、国総研）では情報化施工推進のため情報技術を活用した新たな管理基準として「施工管理情報を搭載したトータルステーションによる出来形管理要領（試行案）」（道路土工編）（以下、出来形管理要領）を策定した。

出来形管理要領は、使用する測定器に「施工管理情報を搭載したトータルステーション（以下、TS）」を採用し、現行の巻尺、レベルに代わって出来形計測を3次元座標値で計測して施工管理、監督検査に用いることを可能としている。

これにより、現場においてTS画面上で計測対象物の出来形形状と設計形状との差異を把握することが可能となり、また取得した3次元座標値から出来形帳票や出来形図をソフトウェアにより自動作成をすることができるようになる。

2. これまでの実施内容

平成17年度は、一般施工現場における導入を目指し、基本設計情報を搭載したTSによる出来形管理と従来の巻尺、レベルによる出来形管理の二重管理による試行を全国6現場において実施した¹⁾。図-1にTSによる出来形管理の流れを示す。

試行においては、基本設計情報の作成、現地での基本設計情報と出来形計測結果の比較、出来形管理帳票の自動作成という一連の手順についての効果や測定精度について検証を行った。平成18年度は、これまでの成果をもとにTSによる出来形管理機能を多くの測量機器に実装するため、測量機器業界に開発を依頼した。そして、平成19年度からのTSによる出来形管理の本格運用に向けて、開発された測量機器による平成18年度試行実施の準備を進めている。

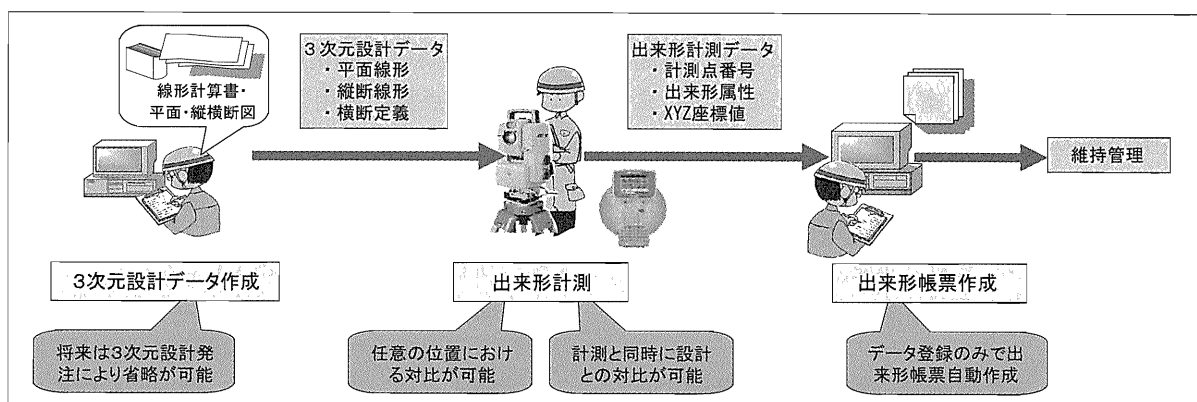


図-1 TSによる出来形管理の流れ

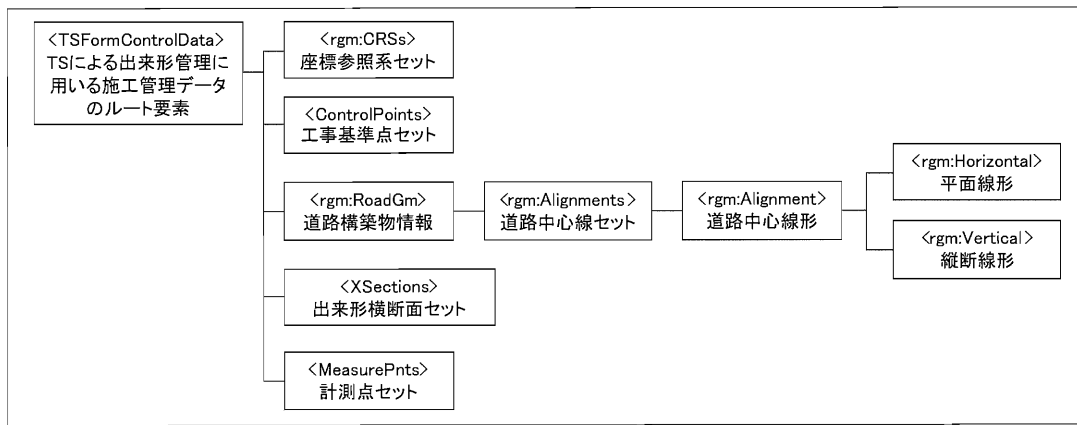


図-2 データ交換標準の全体構成図

3. 平成 18 年度試行に向けた準備

(1) データ交換標準の作成

平成 17 年度試行では、LandXML²⁾を基本設計情報および出来形計測データ交換の情報モデルとして利用していた。しかし、LandXMLにある情報項目だけでは出来形の施工管理で利用するには十分とはいえず、「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）」（以下、データ交換標準）を作成した。

データ交換標準は、TS による出来形管理における施工管理情報（基本設計情報および出来形計測情報）について整理し、用いるデータの仕様を定めたものである。

図-2 にデータ交換標準の全体構成図を示す。データ内容は、

- ・座標参照セット
- ・工事基準点セット
- ・道路構築物情報
- ・出来形横断面セット
- ・計測点セット

から構成される。

道路構築物情報である道路中心線セットは、(財)日本建設情報センターにより運営されている CAD データ交換標準小委員会が標準化作業を行っている「道路中心線形データ交換標準（案）」³⁾を参照している。また、道路中心線の標準化作業は、国土交通省 CALS/EC アクションプログラム 2005 における目標-5「3 次元情報の利用を促進する要領整備による設計・施工管理の高度化」に位置づけられた取組みでもある。データ交換標準は、これらと連携することを念頭に置いて作成されている。

出来形横断面セットの定義は、測量機器に受渡すために道路土工の出来形管理に必要な情報項目だけとし

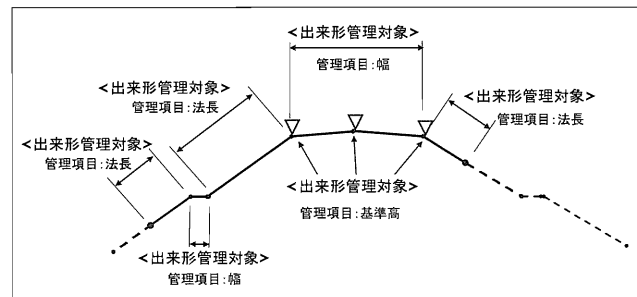


図-3 出来形横断面図の情報項目

ている。

図-3 に出来形横断面図の情報項目を示す。測量機器と交換する情報モデルは、このようにして作成された。

(2) 出来形管理要領、監督・検査マニュアルの修正

平成 17 年度は、基本設計情報を搭載した TS による出来形計測方法を決定した。

出来形計測方法は、道路中心線からの離れ距離と比高差から現行と同様の法長、小段幅の長さ、高さを計算し、設計値、実測値の差を現地で確認する。平成 18 年度試行のための出来形管理要領は、基本的な項目については変更していない。

そして、平成 17 年度試行結果と後方交會法などによる測定時の計測精度検証⁴⁾結果を基に後方交會法による機械点算出利用条件、機器の利用方法、既知点設置方法、出来形の計測箇所、電子納品方法について、出来形管理要領と「トータルステーションを用いた出来形管理実施時の監督・検査マニュアル（案）」（以下、監督・検査マニュアル）を修正した。

後方交會法による機械点算出の利用条件は、100 m 以内の既知点で 2 つの既知点狭角が 30~150 度であることが望ましい。これにより、機器の精度誤差に加えて人為的な誤差を含めても 30 mm 程度以内の誤差で

測定することが可能となる。また、標高の計測についても、100 m 以内の計測とすることで±5 mm 程度の誤差で計測できる。

機器の利用に際しては、TS 設置時に気泡を十分に確認し、水平に設置することが重要である。また、TS の設置誤差以上に反射プリズムの傾きや揺れが誤差の大きな要因であり、要領では、反射プリズムの設置方法を明確にした。

既知点の設置時には、国土交通省公共測量作業規定に準じた基準点の設置を行うことが重要である。基準点は、後方交会法で設置しないようにする必要がある。出来形管理時には、測量作業規定に準じた基準点を利用することが前提である。

計測頻度は、従来の出来形管理基準では、40 m に 1 箇所としている。そのため、20 m 毎の断面でどの断面を検査として実施するかを規定しているわけではないが、現在は契約図書で提示されている 20 m 毎の断面すべてで管理を行っている。

出来形管理の頻度設定は、現行の管理実態を反映した頻度であり、出来形管理要領による出来形評価の対象として 20 m 毎の断面とした。また、計測効率を考慮して、管理断面近傍 50 cm を計測点として認めることとしていた。このため、計測値を管理断面上へ移動する補正計算を行い補正後の 2 点間距離を法長、道路幅として測定していた。

しかし、精度検証の結果、2 点間距離でも問題なく、加えて現場で理解を得られなかったことから計測した 2 点間距離を法長、道路幅とするようにした。

電子納品方法を、実際の電子納品として納めてもらうように、本運用に向けて明確にした。

(3) 開発要求仕様の提示

平成 17 年度試行の結果から、TS による出来形管理を行うために必要な条件をハードウェア内容とソフトウェア内容として整理し、測量機器業界で開発を行えるように「出来形管理用トータルステーション機能要求仕様書(案)」(以下、要求仕様書)としてとりまとめた。

図-4 に開発領域を示した概念図を示す。要求仕様書で定める開発領域は、ハードウェア要件とソフトウェア要件とからなる。

(a) ハードウェア要件

ハードウェア要件は、TS および TS に接続するハードウェアを対象としている。

(b) ソフトウェア要件

ソフトウェア要件は、TS に接続するハードウェア

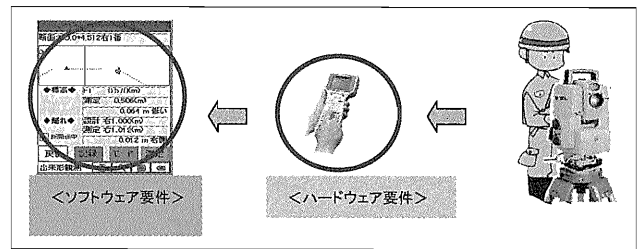


図-4 開発領域を示した概念図

が有する機能を示したものである。

- ・施工管理データの読み込み機能
- ・線形データの切替え選択機能
- ・基本設計データの確認機能
- ・任意点での出来形確認機能
- ・丁張り設置支援機能
- ・管理断面での出来形管理機能
- ・出来形計測データの登録機能
- ・出来形計測データの取得漏れ確認機能
- ・監督検査現場立会い確認機能
- ・施工管理データの書出し機能

ソフトウェア要件に示す機能は、平成 17 年度試行の結果から TS による出来形管理を実施するために最低限の必要な機能である。詳しくは、要求仕様書に記載してあるので参照して頂きたい。国土技術政策総合研究所 HP (<http://www.gis.nilim.go.jp/jouho/index.html>) から入手可能である。そして、作成したデータ交換標準、出来形管理要領、そして要求仕様書を提示して測量機器業界へ開発依頼を行った。

国総研では、平成 18 年度試行を行うまでに開発された TS 用出来形管理ソフトの確認試験を実施する。実施内容は、以下の 3 項目を予定している。

・第 1 項目

要求仕様書内容について照査する。要求仕様書(案)に記載されている項目の主にハードウェア要件を、取扱説明書、性能証明書等で確認する。

・第 2 項目

サンプルデータによる入出力確認をする。基本設計情報作成プログラムにて作成した評価用基本設計情報を読み込み、ソフトでの取込み、画面表示等を確認する。また、出来形計測データ手入力機能がある場合、出来形計測データを手入力して、各種変換・表示機能を確認する。

・第 3 項目

模擬道路および試験場での模擬試験を実施する。模擬道路において、出来形管理要領に沿って、丁張り設置、出来形計測、監督・検査を実施して、要求仕様書の機能を確認、処理された測定値精度について確認を

する。また、試験場においては、後方交会法の測定精度についても確認する。

開発された TS 用出来形管理ソフトは、確実に確認してから試行現場へ持込むようにする予定である。

(4) サポートソフトウェアについて

平成 17 年度試行では、国総研がサポートソフトウェアとして、基本設計情報作成プログラムと出来形管理帳票作成プログラムの提供を行っていた。

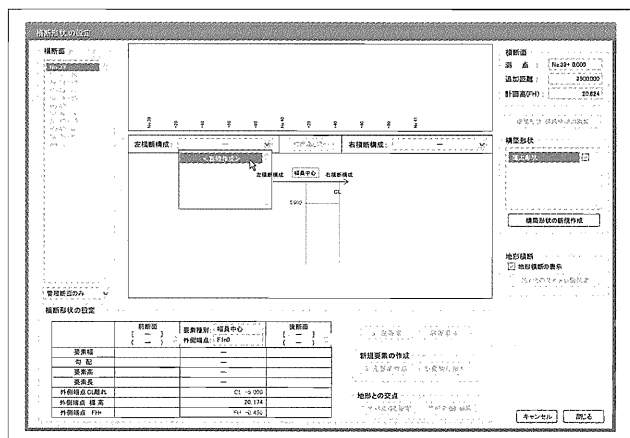
基本設計情報作成プログラムは、情報モデルとしてデータ交換標準に則った基本設計情報を作成することができる。

出来形管理帳票作成プログラムは、TS で計測した出来形計測データを受取り、帳票を自動作成することができる。

平成 18 年度試行では、基本設計情報作成と出来形管理帳票作成の機能を一つのプログラムで実行できるようにサポートソフトウェアの改良をする。

図—5 にサポートソフトウェアの操作画面例を示す。また、機能面としても、以下の 7 項目について追加・改良を行う。

- ①設計形状の定義において、幅員構成の中心（幅員中心）と平面線形（CL）位置が異なる位置に定義できるようにする。
- ②計画高（FH）位置と平面線形（CL）位置が異なる場合について、FH 位置を CL 位置から定義できるようにする。
- ③地山交点（設計と地形との接点）位置入力を決めるために、横断地形情報（SIMA 形式）を読み込み、自動設定できるようにする。
- ④法面要素について、法長と勾配で形状を定義できるようにする。
- ⑤管理断面に適用する標準横断や寸法値を、横断面を



図—5 サポートソフトウェアの操作画面例

基にした入力により確認・変更ができるようにする。

⑥設計形状を、設計図と比較できるように、横断図数値データを入れたものを CAD データ（SXF 形式など）で出力する。

⑦工事の設計情報の変更を、変更履歴として管理を行えるようにする。

サポートソフトウェアも国総研 HP から入手することができる。

4. 平成 18 年度試行の実施

平成 18 年度試行の目的は、TS による出来形管理要領により、従来の巻尺、レベルに代わり TS のみで道路土工の出来形管理を行い、道路土工の適正な品質の確保ならびに施工管理や監督、検査の効率化について確認することである。

試行現場は、工期、施工規模、工事内容を条件にして選定を行った。

工期は、原則として平成 18 年度までに完了する工事としている。また、11 月以降に、請負業者による丁張り・出来形管理、監督職員による段階確認、検査職員による完了検査が実施できる現場としている。

施工規模は、工事全体の契約金額が、原則 5,000 万円以上の新規契約工事を対象としている。

工事内容は、新設の盛土工事または切土工事としている。

今回は、TS による丁張り作業の実施と TS だけによる道路土工の出来形管理を義務づけて現場選定をしている。

試行現場における実施内容は、設計情報作成プログラムを用いて、設計図書から基本設計情報を作成する（設計変更があった場合も同様に行う）。そして、TS へ基本設計情報を搭載し、TS を用いて丁張り作業や出来形計測を行う。

また、管理断面における出来形計測点を TS で計測し、法長、小段幅等の管理項目を現地で確認・記録し、出来形帳票作成ソフトで出来形管理帳票を作成する。最後に、監督職員および検査官の行う出来形の確認・検査を行い、成果品を提出する。

図—6 に試行現場における施工管理情報の交換に関する概念図を示す。図—6 における役割分担を説明する。

工事請負者は、出来形管理要領に基づき、基本設計情報の作成を行い、測量機器により丁張りや出来形管理を実施し、計測点データから帳票作成をし、最終的には電子納品データを納品する。監督職員、検査職員

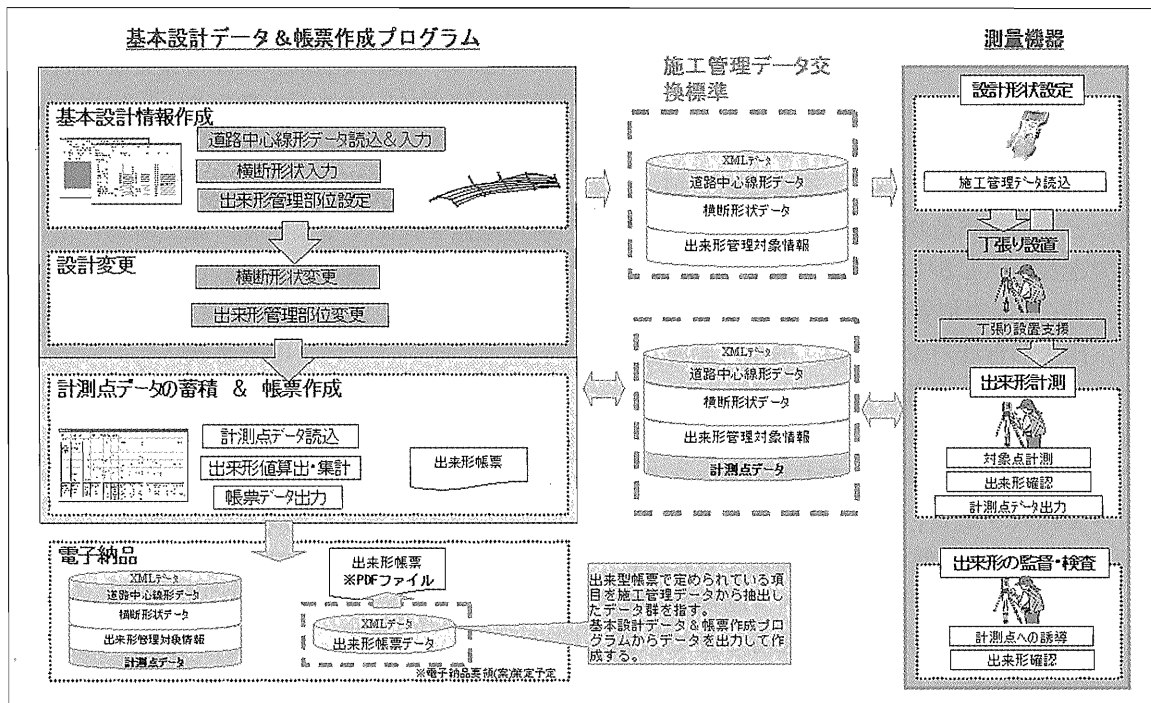


図-6 試行現場における施工管理情報の交換

は、監督・検査マニュアルに基づき監督検査を行い、現地にて任意に選んだ管理断面について出来形形状が規格値内に収まっていることを確認する。また、出来形形状が出来形帳票に記載された出来形値と同一であることを確認する。

国総研は、必要な出来形管理要領やデータ交換標準の作成およびサポートソフトウェアを開発・提供する。TS用出来形管理ソフト開発者は、TS用出来形管理ソフトの開発と試行現場におけるソフトウェアのサポートを行う。

5. 今後の取組みについて

TSによる道路土工出来形管理プロジェクトは、平成19年度から本格運用することで終了する。今まで行ってきた取組みを整理すると図-7のようになり、TSを中心においたITにおけるプラットフォーム(情報基盤)を構築することができたと考えている。

図-7にTSを中心とした施工管理基盤の例を示す。国総研としては、このような情報基盤を構築するときには、データ基盤としての情報モデルの構築と標準化の作業が重要であると考えている。しかし、データ基盤としては、情報モデルの標準化だけではなく、情報モデルを使うための明確な開発要求を開発する業界(今回は測量機器業界)へ投げかけることも重要である。

また、開発したハード基盤を使う建設業界にも同様

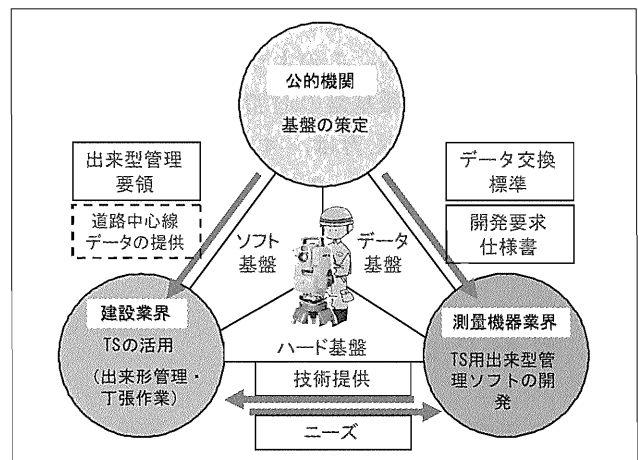


図-7 TSを中心とした施工管理基盤の例

に、ソフト基盤としての施工管理を行う要領・基準を示し、ハード基盤を利用してもらう環境を構築する必要がある。

TSを中心とした施工管理基盤は、データ基盤としてのデータ交換標準と要求仕様書、ソフト基盤としての出来形管理要領の提示により、情報基盤としての具体例を示すことができた。さらに、ハード基盤として開発したTSを現場で利用することで測量業界からの技術の提供と平成18年度試行現場から施工者ニーズの交換が行われることを期待している。

平成18年度試行で施工者は、TSを利用することにより、丁張り作業、出来形計測、出来形帳票作成といった施工管理の効率化を実感するであろう。しかし、確実に現場に利用されるためには、検査評点の加点な

どによる TS 出来形管理の導入インセンティブを与えることが不可欠である。これは、今後の国土交通省の施策における支援に期待するところである。

現時点では TS を中心とした情報基盤は、情報モデルを道路土工のみに限定している。そのため、舗装、擁壁、側溝などの道路構造物において、出来形管理を行うことができない。しかし、道路構造物の情報モデルを追加し、TS 用出来形管理ソフトをアップデートすることで、出来形管理対象が舗装、擁壁、側溝などの道路構造物に拡大すると考えている。さらに、土工という情報モデルを河川や砂防の土工といった対象に展開させて、データ交換標準を作成することにより、今後の取組みを拡大させていきたいと考えている。

TS を中心とした情報基盤の整備を進めてきたが、GPS、レーザスキャナ、デジタルカメラ画像等の特性が違う IT 機器にハード基盤を置換えることで、同様の情報基盤が開発可能であると考えている。その場合は、TS の時と同様に情報基盤におけるソフト基盤、データ基盤を再構築する必要がある。しかし、出来形管理に必要な要件や機能を示すことで、開発や現場導入が可能と考えている。このように、出来形管理という目的を達成する情報基盤の追加構築も考えている。さらに情報基盤の考え方は、オブジェクト指向の要素⁵⁾を採用しているため、クラス定義を置換えることで、国総研が作成したサポートプログラムの開発にも適用できるものと思われる。

6. おわりに

平成 19 年度からの本格運用後は、電子化された道路土工の出来形管理情報が電子納品成果として納品されることになる。その納品された出来形管理情報を集約して、評価方法の見直しや IT を使った適正な評価の再構築に活用したいと考えている。また、評価手法が代わり、施工管理が効率的に行われるようになれ

ば、監督・検査業務に寄与するであろうと考えている。

さらに、集めた出来形管理情報を維持管理業務での活用で役立っていくことを考えると、出来形管理要領が建設業界に浸透することを願ってやまない。そして、国土技術政策総合研究所としては、様々な機器による情報基盤を構築することで、施工現場の情報化を推進していきたいと考えている。

《参考文献》

- 1) 有富孝一ほか：TS を活用した道路土工における出来形管理のトータルシステムの構築，土木情報利用技術論文集，土木学会，Vol. 15，2006 年 10 月
- 2) LandXML：LandXML-1.0Schema<<http://www.landxml.org/>>
- 3) 青山憲明ほか：道路中心線のデータ交換の標準化に関する研究，土木情報利用技術講演集，土木学会，Vol. 31，2006 年 10 月
- 4) 阿部寛之ほか：土木工事の検査機器としてのトータルステーションの精度に関する一考察，土木情報利用技術講演集，土木学会，Vol. 31，2006 年 10 月
- 5) 牛尾 剛：オブジェクト脳の作り方，翔泳社，2003 年 7 月

J C M A

【筆者紹介】



田中 洋一（たなか よういち）
国土交通省国土技術政策総合研究所
高度情報化研究センター
情報基盤研究室
研究官



上坂 克巳（うえさか かつみ）
国土交通省中国地方整備局広島国道事務所
所長
工博



金澤 文彦（かなざわ ふみひこ）
国土交通省国土技術政策総合研究所
高度情報化研究センター
情報基盤研究室
室長