

2 3. 北海道における情報化施工に関する 現状分析と今後の取り組みへの考察

株式会社 岩崎 企画調査部 ○ 木下 大也
株式会社 岩崎 企画調査部 進藤 康裕
株式会社 岩崎 企画調査部 熊谷 大輔

1. はじめに

近年、施工の効率化やコスト縮減を目的とした、情報化施工技術が実用化され、普及が進んでいる。情報化施工には様々な技術があるが、その中でもブルドーザやモーターグレーダの排土板を設計データに合わせて自動制御する 3DMC (3 次元マシンコントロールシステム) やバックホウのバケットと設計データとの位置関係を表示する 3DMG (3 次元マシンガイダンスシステム) の進歩が著しい。これらの 3DMC および 3DMG は、GNSS (Global Navigation Satellite System) や TS (トータルステーション) などを用いた測位技術と 3 次元データを活用するのが特徴である。このような情報化施工は、一般的に以下のようなメリットがあると考えられている。

- ① 丁張りが削減されることにより、丁張り設置作業が軽減される。
- ② 従来の丁張りを使用した測点ごとの管理が、3 次元データによる面的な管理になることにより、品質が向上する。
- ③ 重機の稼働時間が軽減されることにより、コスト縮減や CO₂ の排出削減につながる。

(株)岩崎では、情報化施工に関する現状と課題を把握するため、2007 年からフィールドでの実証実験を行ってきた。また、北海道内における情報化施工の普及に寄与するため、体験実習および講習会を実施してきた。

本論では、このような活動を通じて得られた知見を基に、情報化施工を実施するにあたっての課題と対策や北海道の地域性に対応した情報化施工のあり方について述べる。

2. 情報化施工の現状と課題

情報化施工に関する体験実習および講習会の概要を報告するとともに、3DMC および 3DMG を実施する際の課題について以下に述べる。

2.1 情報化施工に関する体験実習および講習会

体験実習は、フィールド内で 3DMC ブルドーザ

(7t, 13t) や 3DMG バックホウ (0.7m³) などに搭乗して、情報化施工機器の操作方法を習得する (写真-1)。また、パソコンを操作しながら 3 次元データの作成演習を行うコースも選択でき (写真-2)、情報化施工の一連の流れを習得することを目的としている。この体験実習は、2008 年 6 月から 2010 年 6 月までに延べ 146 社 392 名が参加した。

また、講習会は、情報化施工をはじめ、3 次元データの有効性に特化した内容で、2008 年 2 月から 2010 年 5 月までに延べ 563 社 2712 名が参加した。



写真-1 フィールドでの体験実習



写真-2 3次元データの作成演習

2.2 情報化施工の運用面における技術的課題

前述のように、3DMC および 3DMG は、主に以下の技術を活用することでメリットが発揮される。

①GNSS や TS などを用いた測位技術。

②3 次元データの作成技術。

従って、施工時においてもこれらの技術に対する理解および習得が重要となる。

しかし、一般的に建設業界においては、GNSS や 3 次元データを活用する機会が今まで少なかったこともあり、知識や熟練度が不足しているのが実態である。そのため、情報化施工のメリットを発揮できないばかりか、GNSS や 3 次元データがトラブルの要因となる可能性がある。

これに関連して、体験実習におけるアンケートの中で、「情報化施工を実施するにあたって習得したい技術」についての回答結果を図-1 に示す。この中でも、「GPS による実測」と「3 次元データの作成」がともに 12% となっており、利用者にとっても重要な課題となっていると考えられる。

これらのことから、3DMC および 3DMG といった情報化施工を実施するにあたり、GNSS と 3 次元データの活用が運用面における技術的な課題と考えられる。

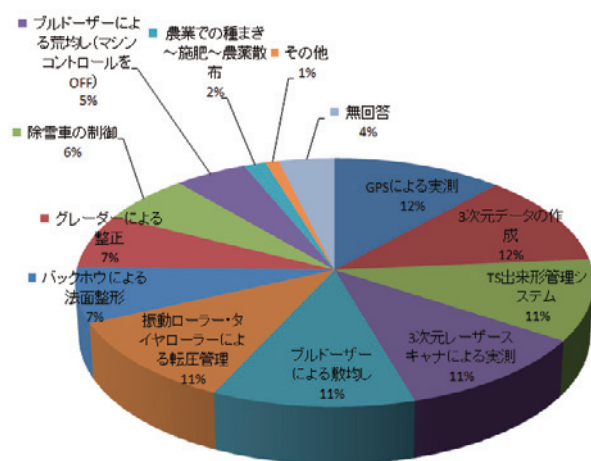


図-1 情報化施工を実施するにあたって習得したい技術
(146 社 392 名による体験実習アンケート結果より)

3. GNSS を利用する際の課題と対策

3.1 GNSS の測位方式

GNSS の測位方式としては、情報化施工で一般的に利用される RTK（リアルタイムキネマティック）方式を対象に考察する。この測位方式は、図-2 に示すように、座標が既知である固定局とブルドーザやバックホウなどに取り付ける移動局のそれぞれにおいて、5 個以上の衛星からデータを受信することで、移動局の測位が可能となる。また、固定局から移動局に向けて位置の補正情報を無線で送信する必要がある。

この RTK-GNSS を利用する際の課題と対策について以下に述べる。

3.2 衛星に関する課題と対策

RTK-GNSS は、常に 5 個以上の衛星からデータを受信する必要があるが、5 個未満の場合は測位することができない。また、受信できる衛星が 5 個以上であっても、その個数が少ない場合や幾何的配置などにより、精度が悪化する。さらに、衛星の受信状態は 1 日の時間帯によっても変化する。

そのため、GNSS を用いた情報化施工を実施する際には、以下のことが留意点として挙げられる。

- ①施工前に、終日、全施工範囲の衛星受信状態を確認する。受信できない場所がある場合、その場所における施工方法を再検討する必要がある。図-2 のように移動局を持って施工範囲を歩いて確認することも一つの方法である。手元のデータコレクタに衛星の受信個数が表示され、確認することができる。その際、時間や場所による衛星の状況を記録しておくことで、情報化施工実施時に GNSS の不具合があった場合、原因の早期解明につながる。また、地形を考慮した受信可能衛星について、解析ソフトにより推定することで、衛星受信状態を効率よく把握する方法もある。
- ②固定局は、障害物が少なく、衛星からの受信状況が良い場所に設置する。

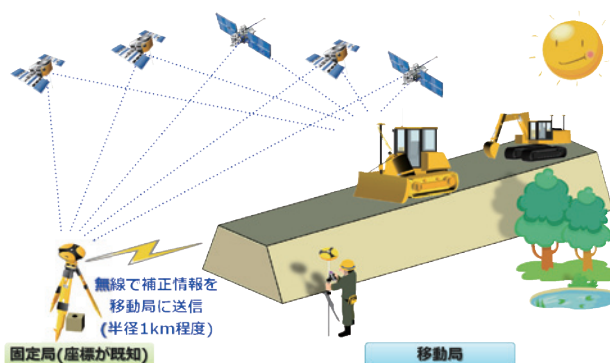


図-2 RTK-GNSS による観測イメージ

3.3 無線に関する課題と対策

RTK-GNSS は、固定局から移動局に向けて位置の補正情報を無線で送信している。従って、周囲の無線と混信する場合、GNSS の測位に影響を及ぼすことになるため、以下のことが留意点として挙げられる。

- ①前述した衛星受信状態の確認と合わせて、無線の混信状況を確認する。無線の状況が悪い場合は、良好な周波数を探す必要がある。ワイドバンドレシーバを使用することで、利用する周波数が他に使用されていないかを確認することができる。また、スペクトラムアナ

ライザを用いて、利用する周波数への周囲からの影響を評価することも可能である。

- ②隣接した施工区域においても RTK-GNSS を使用する場合は、事前に利用する周波数を打ち合わせ、混信を避ける。

4. 3次元データを作成する際の課題と対策

4.1 3次元データの概要

情報化施工で用いる 3 次元データは、図-3 に示すような TIN サーフェスが一般的である。しかし、現状の設計図面の多くは、2 次元データであることから、3DMC および 3DMG といった情報化施工を実施するにあたり、設計図面を直接利用することが困難である。そのため、2 次元データから 3 次元データを作成することが必要であり、3 次元データの作成を効率化することが課題となる。

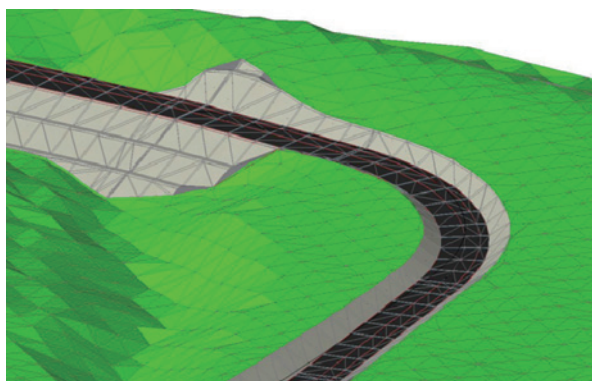


図-3 3次元データのイメージ

4.2 3次元データの作成工数

そこで、表-1 に示す 4 つの方法で、延長 1km の道路データを 3 次元化し、データの作成工数を比較した。その結果、方法①の作業時間を 100 とした時の方法②，③，④の作業時間を図-4 に示す。これから、方法②，③，④の作業効率が高いことがわかる。ただし、方法④については別途、現況測量などにより現況データを作成する必要がある。この現況データの作成工数は、ここに含まれておらず、現場条件によって、作業方法や作業工数が異なる。また、方法③は横断面図の形状をパソコンの画面で目視確認しながら線形上に配置できるため、入力ミスや操作ミスが少ない。一方、方法①，②，③は、横断面図の数が増える程、工数も増加するのに対し、方法④は、標準断面図から 3 次元形状を自動計算するため、横断面図の数が工数に影響しにくい。

ただし、3 次元データの作成は、対象とするデータの条件（線形形状、縦断形状、横断形状の複雑さなど）、作業者の熟練度などによっても作業効率が異なるため、工数に関して一概に結論づけるこ

とは困難である。

また、3 次元データの作成は、表-1 に示した方法だけではなく、他にも数多く考えられる。そのため、効率の良さやミスの少ない方法、またソフトウェアに要するコストなどを総合的に勘案して採用方法を決めることが重要であり、今後も 3 次元データの作成方法を検証する必要がある。

表-1 3次元データの作成方法

方法 ①	3 次元座標をフリーソフトを用いて計算。
方法 ②	横断形状における変化点の 3 次元座標を測量 CAD で計算し、3 次元 CAD に取り込んで TIN サーフェスを作成。
方法 ③	3 次元 CAD を用いて、横断面図を線形上に配置。
方法 ④	3 次元 CAD を用いて、標準断面図を線形に沿って押し出し、現況に合わせて 3 次元形状を自動計算。

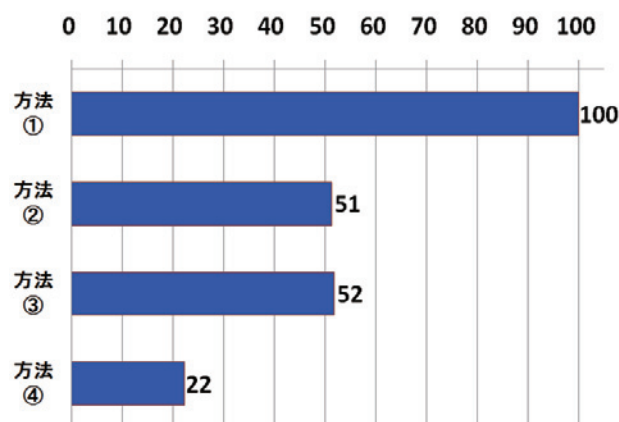


図-4 3次元データの作成工数

4.3 3次元データによる曲線部の誤差

TIN サーフェスは、三角形の面データを貼り合わせて作られる。従って、曲線部においては横断面図の間隔が狭い方が、実際の曲線に近い形で表現される。例えば、図-5 は半径 100m の単曲線区間を 3 次元データで表現したものであるが、20m 間隔の横断面図から作成した 3 次元データより 10m 間隔の横断面図から作成した 3 次元データの方が、実際の曲線に近い。これらのデータを重ね合わせたものを図-6 に示す。20m 間隔の横断面図から作成された 3 次元データは、直線補完された部分の誤差が約 51cm となる。このことから、曲線部においては、横断面図の間隔が狭い方がデータの精度が高く、情報化施工実施時においても施工精度に影響を及ぼすと考えられる。一方、メッシュの細かい TIN サーフェスを作成すると、ブルドーザやモーターグレーダ、バックホウでの操作において、支障を来す場合があり、必要以上に横断面図の間隔を狭

くすることは避けるべきである。従って、施工精度を確保できる適切な横断面図の間隔を設定し、3次元データを作成することが重要となる。その際、図-7にあるように、曲線部がTINサーフェスによって直線補完されるために発生する誤差を計算で求め、3次元データ作成時に活用することができる。参考までに、図-7の数式を幅員3.5mの場合について、グラフ化したものが図-8である。

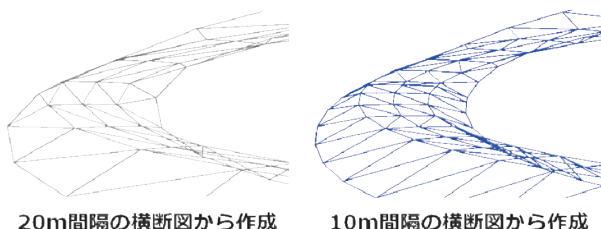


図-5 TINサーフェスにおける横断面図の間隔による相違

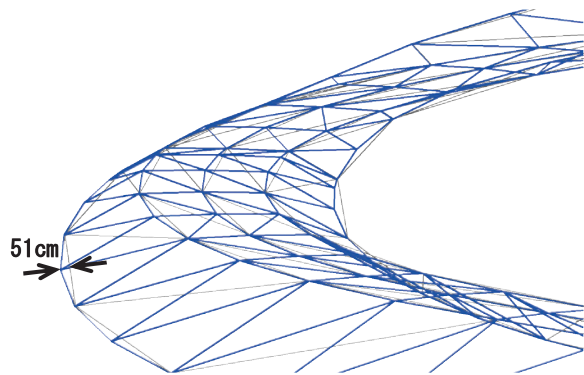


図-6 3次元データによる曲線部の誤差

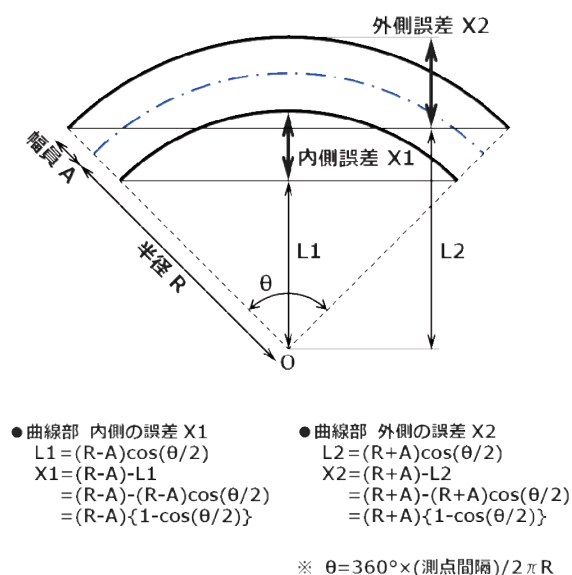


図-7 曲線部の直線補完による誤差

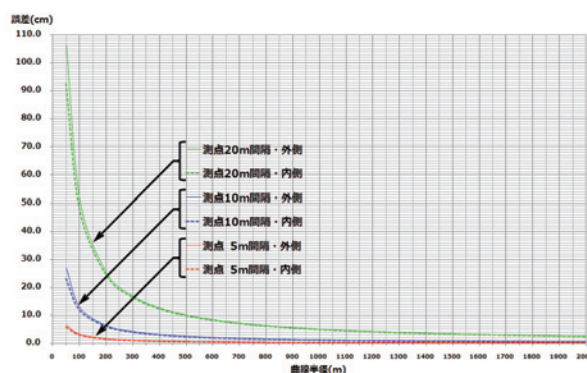


図-8 曲線部の直線補完による誤差（幅員3.5mの場合）

5. 地域性に対応した情報化施工

ここまで、北海道内のフィールドを用いた実証実験や体験実習により得られた情報化施工の課題と対策を報告した。これらの対策は、前述した情報化施工のメリットを活かすために重要であると考えられる。さらに、地域性に対応した情報化施工を実施することにより、メリットが増大すると考えられる。例えば、農業分野に着目すると、北海道においては農地の面積が全国の約1/4を占め、農家1戸あたりの経営規模は17.2haで、都府県における平均値の約14倍となる。そこで、近年、農家の減少、高齢化の進行などを背景に、効率的な圃場整備が重要視されており、情報化施工がメリットを発揮すると考えられる。また、冬期の除雪作業などへの応用も今後、期待されるところである。実際、体験実習で実施したアンケートにおいても、「農業機械の無人化」や「冬期施工の効率化」などの意見が得られている。

このように、地域性を考慮した情報化施工を実施できるよう、技術的なメリットや費用対効果などについて、さらに検討が必要である。

6. おわりに

近年、少子高齢化により、労働人口が減少し、社会保障費が増大する中、社会資本整備に対する財政的制約が一層厳しくなっている。一方、地球温暖化とそれに起因する自然災害の頻発などにより、社会資本整備の効率化が急務である。情報化施工は、建設生産性を向上させることで、このような状況を打開する可能性を持っている。

また、情報化施工で用いられる3次元データは、作成に労力を要する反面、さまざまな場面で活用できる可能性を持っており、魅力的な仕事を創造することができる。

このようなことを踏まえ、情報化施工技術の更なる発展と普及に寄与できるよう取り組んでいきたい。