

3次元マシンコントロールシステム

小林 一年

日本国内では、重機に設計データを搭載して施工することを「情報化施工」という名前で知られているが、海外では、約十年前に情報化施工が始まり3次元マシンコントロールシステム(3DMC)として知られている。ライカが組む3DMCの概要、国内施工実績、対応する重機について紹介するとともに、3DMCを導入する場合の問題点について以下に述べる。

キーワード：3DMC、情報化施工、土工重機、舗装重機、油圧制御、設計データ入力、作業効率

1. はじめに

本誌の読者の中には、ライカ・ジオシステムズ(以下、当社)について馴染みがない方も多数存在すると考えられるためライカについて簡単に説明しておく。ライカは、カメラで有名なブランドであるが、決してカメラメーカーが測量機を造り始めたわけではない。ライカの前身であるWild(ウイルド)という老舗の測量機メーカーが、1990年にヨーロッパの測量機メーカーと合併し、合併に伴い社名が変わりライカ・ジオシステムズが誕生したのである。

その歴史(図-1)は、1921年に高性能セオドライトT2で始まり、トータルステーション(TS)にモータ及び自動視準・追尾機能を搭載した製品を1995年に開発し、更に進化を遂げている。

GPSは1984年に米国の軍事産業で活躍するマグナボックス社のGPS部門を買収して、現在はGPSだけでなくロシア衛星Glonassにも対応したGNSS対

応受信機として進化している。また、2005年には測量業界においては技術革新となるTSとGPSを一体化したスマートステーションを発表した。

ライカの3DMCは、これらの高性能の自動追尾型TSやGPSをセンサとして活用し開発されている。TSやGPSは、メーカーが違っていても余り変わらないと思う方もいるかもしれないが、精度や再現性を考えた場合に全く異なるものである。特にマシンの位置を決定するためのセンサとして使用されるTSやGPSは、最後の仕上げ精度を考えた場合、ごまかしがきかない重要な部分である。当社は、ベースとなるTSまたはGPSにも自信を持って提供している。

2. 3DMC対応可能な重機

ライカが3次元で制御できる重機は大きく分けると二つになる。一つは、土工に使用される重機、もう一つは、主に舗装に使用される重機である。

(1) 土工重機(写真-1)

土工重機は、ブルドーザ、モータグレーダ、そして油圧ショベルに対応が可能である。ブルドーザ&モータグレーダは、油圧を制御して排土版を自動的に制御するフルオートシステムでオペレータは走行のみに専念すれば、整地、路盤が仕上がる。しかもフルオートのためブルドーザであれば3速ギアで、モータグレーダであれば2速ギアで走行可能である。

油圧ショベルのシステムは、2次元で油圧ショベルのガイダンスを行うMC200 Diggerと回転する油圧ショベルの位置を正確に取得するために重機本体に2

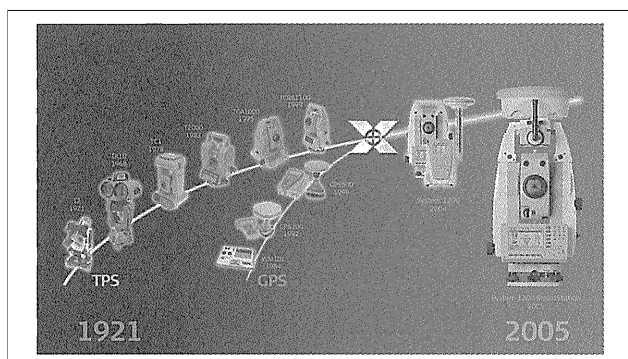


図-1 ライカジオシステムのTSの歩み

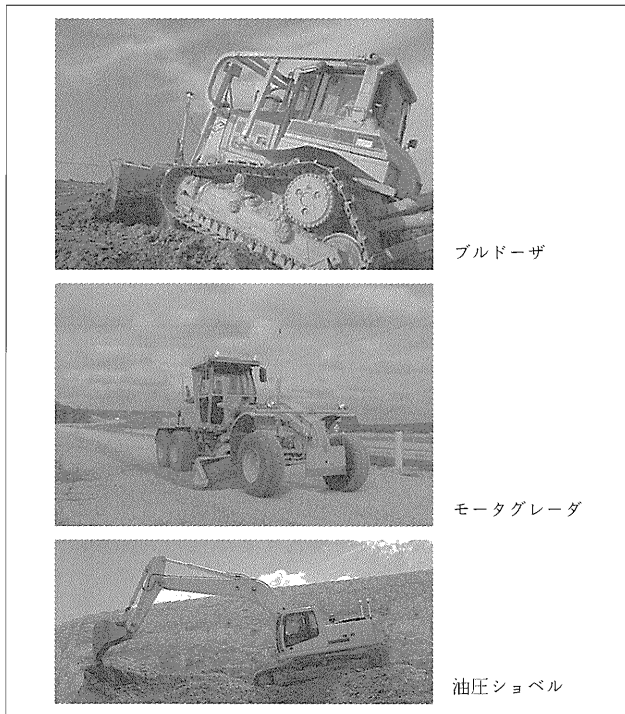


写真-1 土工重機

台のGPSを搭載している。この組み合わせにより、DigSmart3Dは複雑な動きをする油圧ショベルでも操作を簡単にするガイドシステムである。

(2) 舗装重機 (写真-2)

舗装重機は、スリップ・フォーム・ペーバやアスファルト・フィニッシャ (AF) に対応する。スリップ・フォーム・ペーバはコンクリートを型枠なしでコンクリート舗装ができる特殊な重機である。主な用途は、空港の滑走路やエプロン、道路のコンクリート舗装などが挙げられる。カーブ&ガッタは、縁石や側溝の施工、トリマは下層路盤の切削に使用する重機である。

これらの重機を3Dコントロールできるのはライカだけで、このマシンの制御は、高さおよび水平のみでなく、ステアリングも自動制御するため完全な自動走行での施工を行っている。AFも3Dコントロールが可能だが、我々の今までの実績では、AFは3Dより2Dの方が実用であると考えており、3Dコントロールについては更なる技術開発が必要であると考えられる。

3. 国内での事例

(1) スリップ・フォーム・ペーバ (カーブ&ガッタ)

写真-3が国内で初めてL型側溝を施工した製品の仕上がりの状況である。

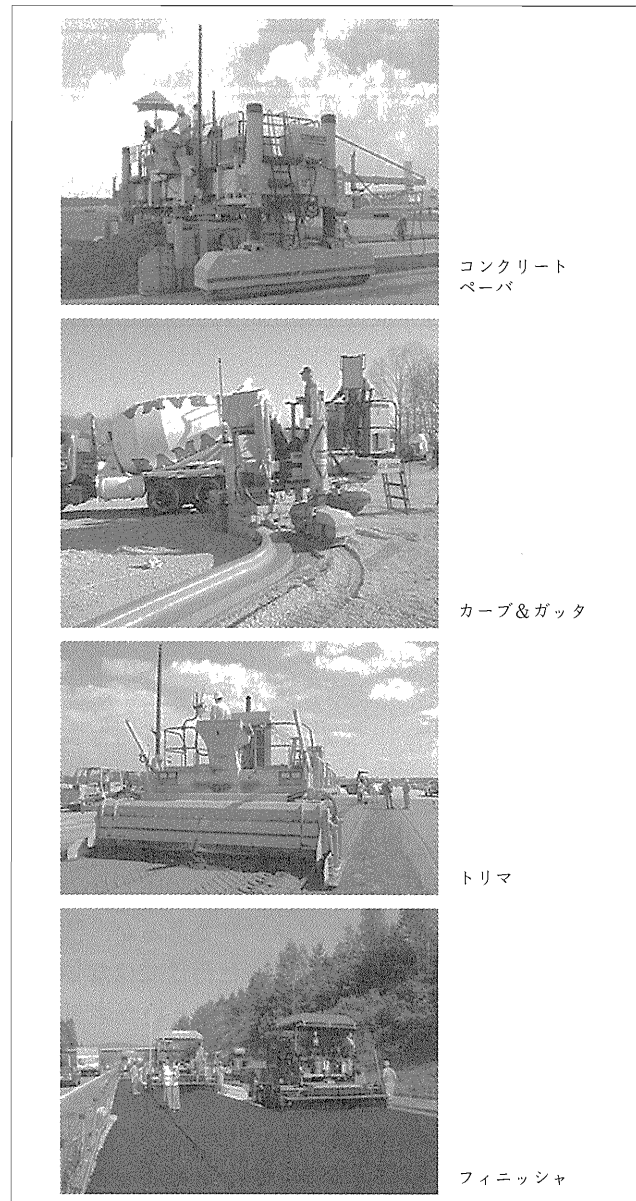


写真-2 3次元対応可能な重機

前章(2)舗装重機で説明したように、この機械の制御は、水平位置、高さだけでなくステアリングも含めた完全な自動走行で施工を行っている。写真-3か

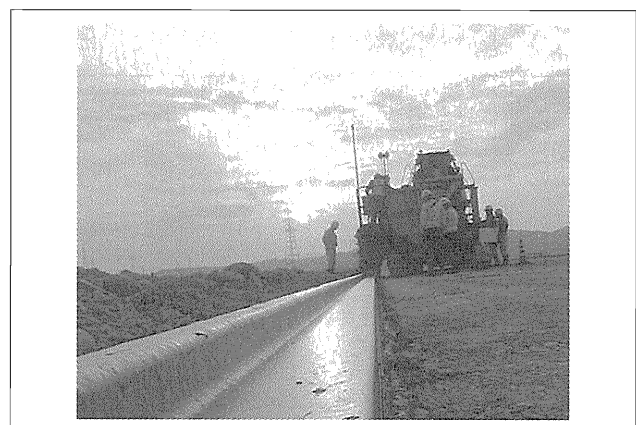


写真-3 カーブ&ガッタによる3DMC

ら製品の出来上がりが分かるが、L型側溝の通りがしっかり通っていることが分かる。この結果は、水系を張らずに重機搭載されている設計データという目に見えない水系を使用して仕上がっている。

(2) モータグレーダ

写真-4は、高速道路でインターチェンジも含む現場であった。複雑な線形を形成するインターチェンジで3DMCを使用することは非常に意味のある施工であることを再確認した。

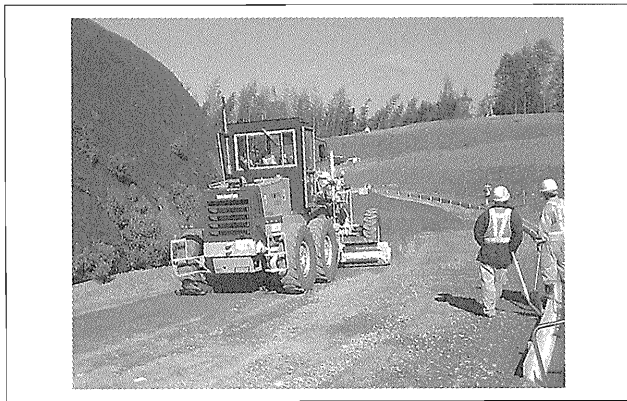


写真-4 モータグレーダによる3DMC

縦断勾配約5%、カントがある状況で通常であれば出来形の確認を細かく行う必要があるが、この現場では細かくチェックすることなく施工できた。

熟練オペレータが少なくなるなか、操作の難しいモータグレーダの仕事は無くならないと思われる。3DMCを導入すれば筆者でも、前後進さえできれば、作業が可能である。

実際に3DMCを導入した場合の作業効率は、この現場で従来の方法で施工した場合、1日当たり材料のボリュームに換算して2,000m³の施工が標準であったが、3DMCを導入することで2倍の4,000m³の施工を行うことができた。もっとも、現場の段取り次第では3倍の6,000m³まで施工が可能という現場の評価を受けた。

4. 3DMCの概要

(1) 作動原理

3D制御の実際を図-2に示す。

- ①設計データはあらかじめ3次元CADよりマシンのPCへ転送する。
- ②マシンの位置出しを行うために自動追尾型TSでマシンに設置したプリズムを12Hzで測定する。図-2では、TSを使用しているが、ブルドーザやグ

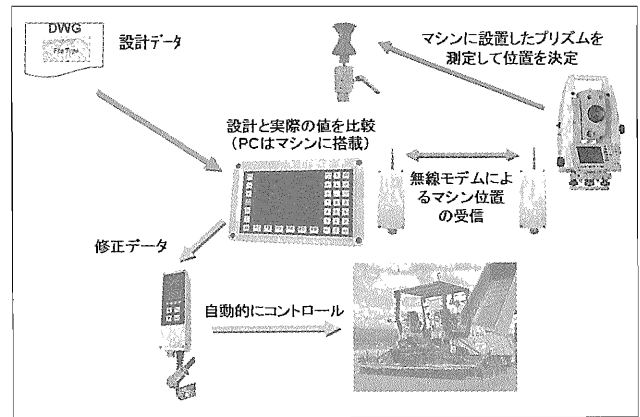


図-2 3Dコントロールはどのように作動するか?

レーダでは、GNSS (GPS)を使用することも出来る。

- ③無線を使用してマシンの位置座標をMPCへ送信する (GNSSの場合は必要なし)。
- ④設計データと実際のブレードまたはスクリードの値を比較する。
- ⑤修正データをコントローラに送る
- ⑥自動制御する。

(2) 設計データの入力 (図-3)

情報化施工という話が出ながら、なかなか具体性が見えない設計データの転送について簡単に触れておく。当社の3DMCシステムでは、基本的に3次元CADでの出力が可能なフォーマット、DWG, DXF, LandXML X-Slope, LandXML String-based を3DMCソフトウェアに転送することが可能である。

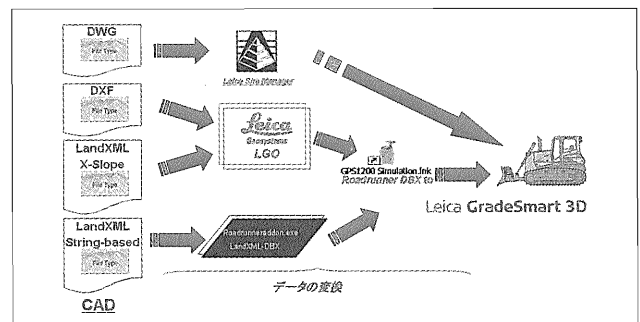


図-3 データの入力プロセス概要

国内で行った事例をもとに2次元と3次元設計データの場合のデータ転送作業の違いについて説明する。前章の国内事例(2)節で説明したモータグレーダの現場では、設計データが従来の2次元と高さの状態のままのため、数日の時間をかけて3次元データを作成した。一方、前章(1)節スリップ・フォーム・ペーパーの現場では、民間工事だったために設計データは、最初から3次元データで作成されていた。実際にデー

タを作成するための時間は1時間程度である。また、もし、設計変更があった場合でもその日に対応が可能である。

(3) 作業工程の削除 (図-4)

3DMCを導入することにより作業工程の削除が可能になる。従来作業では、測量を行い計画し、丁張り、水系作業を行っていたが、3DMCを使用することにより丁張り水系作業が要らなくなる。また、重機の排土版やスクリーンを油圧制御して自動コントロールするためオペレータは走ることに専念でき、手動に比べて作業の向上が計れ、トータルで20~50%程度以上の作業効率が計れる。

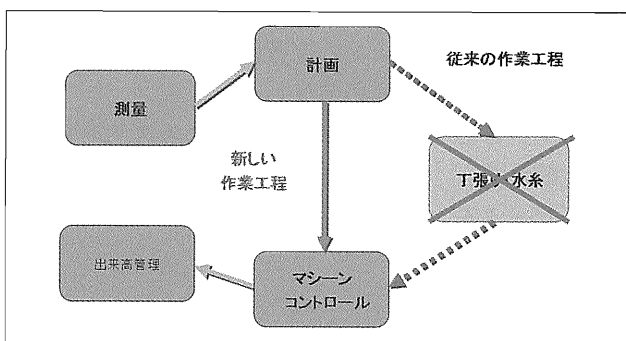


図-4 作業工程の削減

(4) 出来形の確認 (図-5)

施工の確認方法は、作業中は3DMCの出来形確認プログラムでTSまたはGNSSを使用して仕上がりを確認する。また、施工後の確認も3次元のDTM (Digital Terrain Model) データを光波に転送して、光波を使用することが可能である。

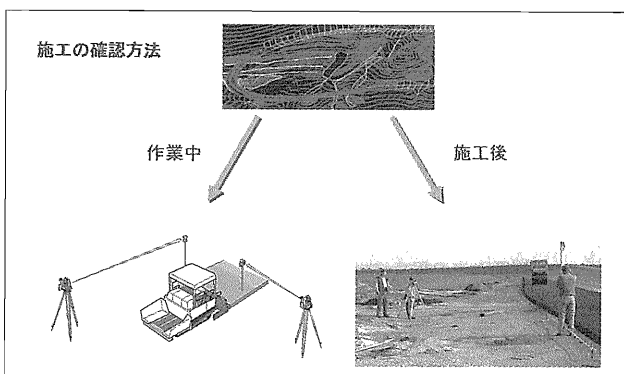


図-5 作業工程の削減-確認

5. 3DMCを導入するメリット

3DMCを導入した場合のメリットは、次のように列挙できる。

- ・再作業を少なくする事による生産性の向上：1回での正しい作業。
- ・安全性改善：重機の周りに人は必要ない。
- ・時間節約：測量作業などを待つ必要がない。
- ・簡単な測量作業のために技術者に頼る必要がない。
- ・効率改善：杭打ちの必要がない。
- ・利用改善：設計から作業までのデータの流れはシンプルである。
- ・エラー削減：情報は一度の入力で十分である。
- ・現場での不必要な移動の削減。
- ・夜間や状況の厳しい現場において重機活用の増加を計ることができる。

6. おわりに

最後に3DMCを情報化施工として活用するうえでの問題点等にも触れてみる。約5年前に国土交通省から建設CALS/ECをベースにした「情報化施工のビジョン—21世紀の建設現場を支える情報化施工—」が発表された。重機の3DMCについてフォーカスした場合、残念ながら導入が成功しているとは言えない。導入を難しくしている理由は次の3点に集約できる。

- ①3DMCを導入した場合にどのくらい効率が計れるかが不明確。
- ②設計データが3次元で提供されない。
- ③出来形管理のための丁張り・水系が必要である。

項目①については、既に本報文にて3DMCを導入した場合の導入メリットについて述べてきたが、各関係者が広く体感するにまだまだ至っていないのが現状である。一方、海外の事例を挙げれば、北欧圏の国々は、8年前に政府が発注する工事について油圧ショベルのマシンコントロール (MC) を使用することを義務とした結果、2次元システムが4,000台、3次元システムが1,000台納入されている。一般的にコストや効率意識の高い欧米でMCシステムの活用状況を考えた場合、日本においても早くマシンコントロールが使用する環境を整え、現場の生産性の向上が計れることが望まれる。

JCMA

[筆者紹介]

小林 一年 (こばやし かずとし)
ライカジオシステムズ株式会社
ニュー・ビジネスグループ
マネージャー

