

バックホウ 2D マシンガイダンスシステム

小林 一年

バックホウ 2D マシンガイダンスシステムについて 3D マシンガイダンスシステムとの違いを説明する。さらに、海外でのバックホウ 2D/3D の普及状況や導入事例、および国内事例を紹介し、2D マシンガイダンスシステムの概要や導入のメリットを説明する。

キーワード：バックホウ、マシンガイダンス、2D と 3D、情報化施工

1. はじめに

国土交通省が、平成 20 年 8 月に情報化施工推進戦略を発表し、各地方整備局でマシンコントロール（以下 MC）/マシンガイダンス（以下 MG）の試験施工が始まり、平成 22 年 8 月に重機の MC/MG に関しては、モータグレーダが平成 25 年度一般化に向けて普及の推進を図る技術として決定している。一方、ブルドーザやバックホウ等は、実用化に向けて検討している技術ではあるが結論が出ていない。

本稿では、バックホウ 2D マシンガイダンスシステムの実用性について、海外情報や国内活用事例を紹介する。

2. バックホウマシンガイダンス 2D と 3D の違いについて

バックホウ 3DMG システムは、昨年度で 50 件以上（国交省統計）の実績があり、システムの概要について知っている人が多数存在すると思われる。ここでは、よく問い合わせを受ける 2D と 3D のシステムの違いについて説明する。

2DMG システム（図-1）は、バケット刃先の高さの基準を一度設定する必要があり、その基準高を使用した相対的なシステムである。一方、3DMG システム（図-2）は、マシンの位置を決定する GNSS センサを使用することによりバケット刃先の座標を決定する絶対的なシステムである。

施工条件の違いについて表-1 に示す。



図-1 バケット刃先を基準とした相対的なシステム

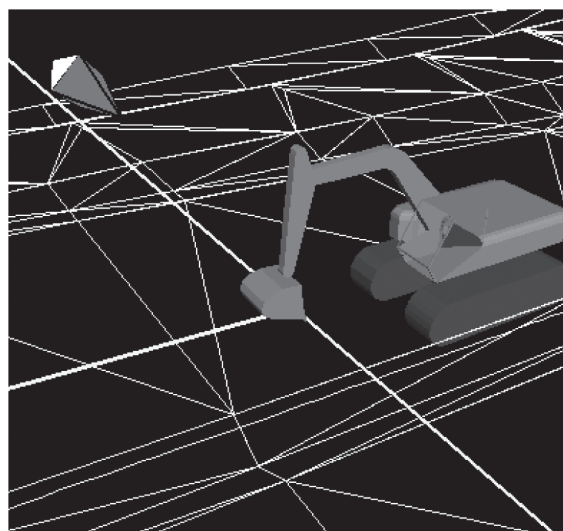


図-2 バケット刃先の座標を常持った絶対的なシステム

表一 2DMG と 3DMG の施工条件の違い

施工条件	2D ガイダンス	3D ガイダンス
3次元設計	不要	必要
丁張り・とんぼ (切り出し位置または高さ基準)	必要	不要
現場の規模	小規模から 大規模	中規模以上

それぞれのメリットについては

2D ガイダンス：

- ・従来方法の丁張りやとんぼを活用するため導入が容易。
- ・3D に比べて導入コストが安く小規模から導入可能。

3D ガイダンス：

- ・丁張り・とんぼ不要による設置コストの削減。
- ・複雑な設計でも3次元設計を使用することにより丁張りなしで対応可能。
- ・バケット最下部の履歴を記録することが可能で、浚渫工事ではどこのエリアの掘削が完了しているかがわかる。また、土量計算にも使用可能。
- ・大規模な工事での効果が期待できる。

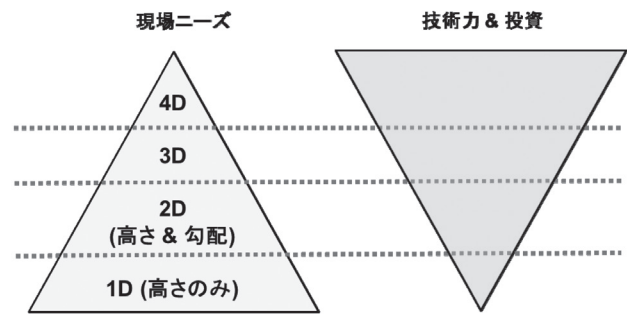
等である。

尚、実際の掘削スピードに関しては、2D/3D もあまり変わりはなくどちらの場合も現場の状況により20～50%効率アップされるが、3D を使用した場合は掘削作業スピード以外の部分でのコスト削減が期待できる。

3. 海外のバックホウマシンガイダンスシステムの普及状況

海外のバックホウガイダンスシステムの普及は、約16年前から2DMGシステムがスタートした北欧が顕著である。2011年度は、新車販売されたバックホウの約50%が2DMGシステム、約15%が3DMGシステムを装備した状態で販売されている。特に2DMGシステムの普及率が高いのが日本の状況と大きく違うところである。海外でのMC/MGシステムの1D/2D/3D/4D(4Dは時間を含む)のセグメント別普及状況(図一3)を見た場合、技術的に比較的簡単に導入負担の少ない1D/2Dシステムが80%を占めている。

3Dシステムは現場での柔軟性やオペレータの直接施工(丁張り・水糸なしなど)を支援するものであるが、一方、導入には次のような項目が必要とされる。



図一3 セグメント別普及状況

- ・3D より高い導入の初期投資またはレンタル費
- ・設計データの準備
- ・厳格なデータ管理(設計データの更新)

欧米の建設会社がMC/MGシステムの導入を検討した場合、比較的導入のハードルが低く、少ない投資で効率を上げる2Dシステムを最初に導入する傾向があり、北欧でもバックホウの普及状況についても同じような状況である。

写真一1はヨーロッパの現場事例である。現場ではバックホウMGシステムが3台稼働している。この現場の場合は、3Dシステム1台、2Dシステム2台のフォーメーションで施工している。写真ではわかりづらいかもしれないが、3Dを導入しているため丁張り水糸なしでの作業がほとんどである。このときの2Dシステムの運用方法は、

- ① 2Dシステム施工のために3Dシステムのバックホウが切り出し位置(法肩や法尻等)にバケットで印を付ける。
- ② その後、2Dシステムのバックホウがその切り出し位置を基準に施工。
- ③ 3Dシステムは単独で通常施工。

この方法により、追加で3Dシステムを導入することなく、少ない投資ながら高い作業効率を実現している。



写真一1 ヨーロッパの現場事例

4. 2D マシンガイダンスシステム概要

(1) 概要

バックホウの2DMGシステム（図-4）は、車体の前後の傾きを補正する角度センサとブーム、アームとバケットに角度センサを利用してバケットの刃先位置（高さ及び水平距離）を計算するシステムである。システム（図-5）は、オペレータが設定した高さ／勾配の基準に対しての差を、数字または音でガイダンスを行う。尚、実際の掘削作業では、オペレータはバケットを見ながら作業を行うため、リモートディスプレイの活用や音で判断しながら掘削を行っている。これにより、従来、オペレータの感覚で掘削を行っていた作業が、オペレータの熟練度に左右されることなく施工することができ、現場の効率が従来工法と比べて20～50%アップする。

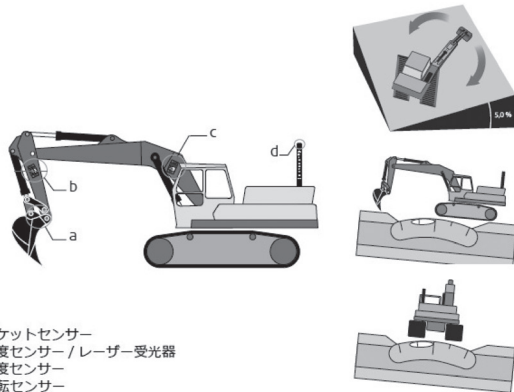


図-4 2D マシンガイダンスシステム

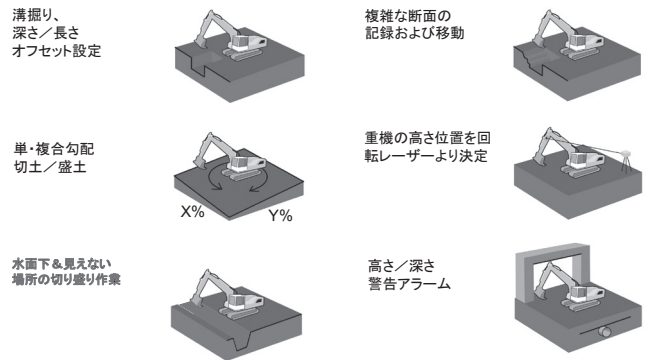


図-5 システムパネル

(2) 特長

- (a) バケットの高さ精度：0.7 m³ クラスで± 2 cm（バックホウの腕の長さの0.2%）
- (b) 簡単な操作
- (c) 水深 20 m までの防水機能
- (d) ブレーカの使用を可能にする耐震性(20,000 G)
- (e) 3D システムへのアップグレード

(3) 主な使用方法



(4) 操作方法

法面を掘削する場合の設定方法について簡単に説明する。

- (a) バケットを掘削断面に正対させて法面の切り出し位置にバケットの刃先を置き、高さのゼロセットを行う。
- (b) オペレータが設計勾配（例えば1割5分）を設定する。
- (c) バケットを前後に動かすとバケットの刃先と設計勾配の高さの差がディスプレイ表示される、または、オペレータにリモートディスプレイや音で高い・低い・オングレードをガイドする（図-6）。
- (d) オペレータは、リモートディスプレイの表示にしたがってオングレードになるようにバケットを操作すれば、設計勾配どおりに仕上がる。



図-6 リモートディスプレイ

5. 活用事例

(1) 事例 1 河道掘削工事

写真-2 は、大阪を流れる一級河川の大和川の河口部において例年実施されている河道掘削工事の事例である。現場条件は、河川幅約 200 m、水深 1.8 m～2.0 m、日中の潮位変化は 1 m である。従来工法では、潮流により変化する水位を測定しながらの作業で、不

可視での掘削作業，余掘など，改善すべき問題があった。バックホウ（1.4 m³ クラス）3 台に 2DMG システムと回転レーザーを組み合わせて浚渫を実施した。今回のケースのようにバケット刃先で高さの基準を取ることが難しい場合には，図-7 のように回転レーザーを使用する。回転レーザーを高水敷に設置し，この回転レーザーの高さを基準に掘削断面までの深さを決定する。これにより潮位に左右されることなく施工することができる。この現場では地山から 1.2 m まで掘削する必要があったが，平均して約 20 cm の余掘で管理することができ，工期が厳しい中，スムーズに施工が進んだ事例である。

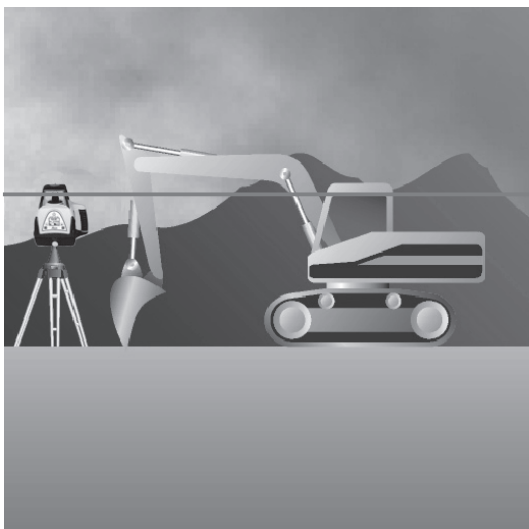


図-7 回転レーザー



写真-2 大和川河道掘削工事

(2) 事例 2 土砂災害緊急対策工事

写真-3 は，熊野川（通称 天の川）清水地区土砂災害緊急対策工事の事例である。現場は，斜面の崩落現場での防護土堤作成作業が目的で，工事の内容は，

- ・作業道設置：674m
- ・作業道法面整形・養生：6,550 m²
- ・法面掘削・排土工：33,600 m³
- ・法面工：29,400 m²

現場は，まだ崩落の危険があるため，崩壊側（写真の左側）へ作業員が入ることのないように 2DMG を導入した事例である。この現場は現在も作業中である。



写真-3 防護土堤作成工事

6. おわりに

国土交通省は，バックホウ 2D/3D マシンガイダンス技術を，ブルドーザ MC 技術とともに実用化に向けて検討を進める情報化施工技術として挙げている。これまでのバックホウ 3DMG 施工の実績は，冒頭で述べたように 50 以上ある。一方，バックホウ 2DMG 技術は，国土交通省試験施工はかなり少ない状況である。

小規模の現場でも導入がしやすく，導入効果の高いバックホウ 2DMG 技術の試験施工を増やし，一般化・実用化に向けてさらに進むことを期待したい。

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)
マーケティング本部
マシンコントロール担当マネージャー

