

舗装工の情報化施工

勝 敏 行・片 岡 直 之・梶 原 覚

GPS（全地球測位システム）とゾーンレーザ技術を活用して高さ方向の精度を大きく改善すると共に連続的な勾配変化にも適用できる情報化施工システムを株式会社 NIPPO コーポレーションで実用化した。本報文は、当該システムの概要とこれを搭載したアスファルトフィニッシャーおよびモータグレーダを関西空港二期工事に導入した結果を報告するものである。

キーワード：舗装工，情報化施工，GPS，ゾーンレーザ，アスファルトフィニッシャー

1. はじめに

土木工事における情報化施工は、施工や品質管理等各方面からの取組みが試みられている。なかでも、土工においては、GPS とレーザとを利用してブルドーザ等による敷きならしの高さを自動制御するシステムが普及段階に入りつつあるといえる。

舗装工にも同様のシステムの導入が試みられるものの、高さ方向の要求精度の違いや制御できる施工機械台数の制約、連続的勾配変化への対応が困難なことから適用はごく限られた範囲となっているのが現状である。

筆者らは、これらの課題を克服すべく開発に取り組み、このほど、GPS とゾーンレーザ技術を活用した情報化施工システム（mmGPS マシンコントロールシステム、以下、mmGPS-MC システム）を実用化した。ここでは、その概要と関西空港二期工事に導入した状況ならびに結果について報告する。

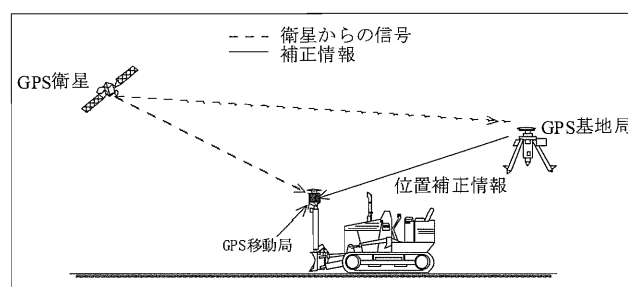
2. 従来の情報化施工システム

ブルドーザやモータグレーダ等の敷きならし高さを自動制御する情報化施工システムは、次の二つの方式に大別される。

（1）GPS を用いる方式

3次元設計データとGPSによって計測された機械の位置とをリアルタイムで照合し、設計データどおり

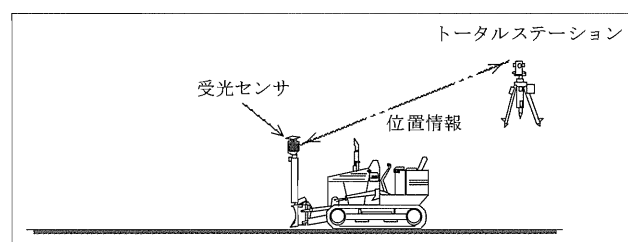
にブルドーザ等の排土板を自動制御する（図一1）。



図一1 GPS を用いる方式

（2）トータルステーション（TS）を用いる方式

3次元設計データと自動追尾式トータルステーションによって計算された機械の位置をリアルタイムに照合させ、設計データどおりにブルドーザの排土板を自動制御する（図二2）。



図二2 トータルステーションを用いる方式

いずれの方式も土工においては普及しつつあるが、舗装工に適用するには次のような問題がある。

①GPS方式は、高さ方向の精度に限界があり、舗装工で求める精度を確保できない。

②TS方式は、舗装工の要求精度は確保できるが、施工機械1台毎にTSが必要となり、複数の施工機械を同時に制御する場合、位置情報の送受信が遮蔽される等の問題が生じ、施工範囲を制限するなど制約を受ける。

3. mmGPS-MC システム

情報化施工の舗装工への普及を図るため、上記のような問題点の解決に取組み、GPSとゾーンレーザの技術を活用したmmGPS-MCシステムを実用化した。

ゾーンレーザは、株式会社トプコンの開発技術で、レーザを高さ方向に幅を持たせて照射し、垂直精度を補正するものである。これとGPSとを組合わせて施工機械に搭載することで、高さ方向にミリメートル単位で制御することができる。以下に、mmGPS-MCシステムの概要および特徴を述べる。

(1) mmGPS-MC システムの概要

当該システムは、図-3に示すように施工機械の3次元位置座標を測定するシステムとその位置座標と設計データとの照合により施工機械を自動制御するシステムで構成されている。

位置座標測定システムは、平面座標をGPSにより測定し、高さ座標をゾーンレーザ発光器から照射される縦幅(最大10m)のあるレーザ光を施工機械に搭載された受光器で受け、ミリメートル単位で計測する。

自動制御システムは、施工機械に搭載したコントロールボックスにあらかじめ入力された3次元設計値と測定した位置情報とに基づいて補正量を算出し、油圧制御回路を介して作業装置の上下・勾配動作を自動制御するものである。

当該システムを搭載した施工機械による情報化施工

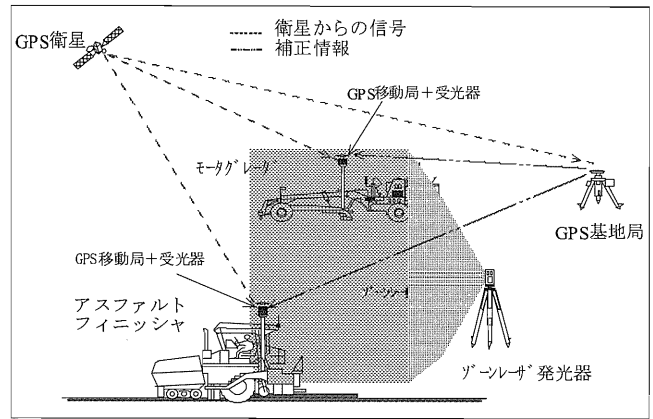


図-4 mmGPS-MCシステムによる情報化施工イメージ

のイメージを図-4に示す。

(2) mmGPS-MC システムの特徴

(a) 制御機器の簡素化

従来のTSシステムと異なり1セット(一つの基地局と一つのゾーンレーザ発光器の組み合わせ)の環境下において複数の施工機械が互いに制約を受けることなく同時に稼働できる(図-4)。

(b) 施工管理の効率化

路床からアスファルト舗装まで舗装工事全体のプロセスで電子データが共有でき、効率的な施工および施工管理が可能となる。

(c) 仕上がり精度の向上

ゾーンレーザを用いることでミリメートル単位の計測が可能となり、排土板等の高さ制御の精度は平均で±5mm程度が確保できる。このため、経験の浅いオペレータでも熟練オペレータと同等精度の施工が可能となり、機械操作の容易化を図ることができる。

(d) 適用範囲の拡大

回転式レーザでは、一定勾配面での制御であったが、当該システムでは、勾配変化のある施工面にも対応可

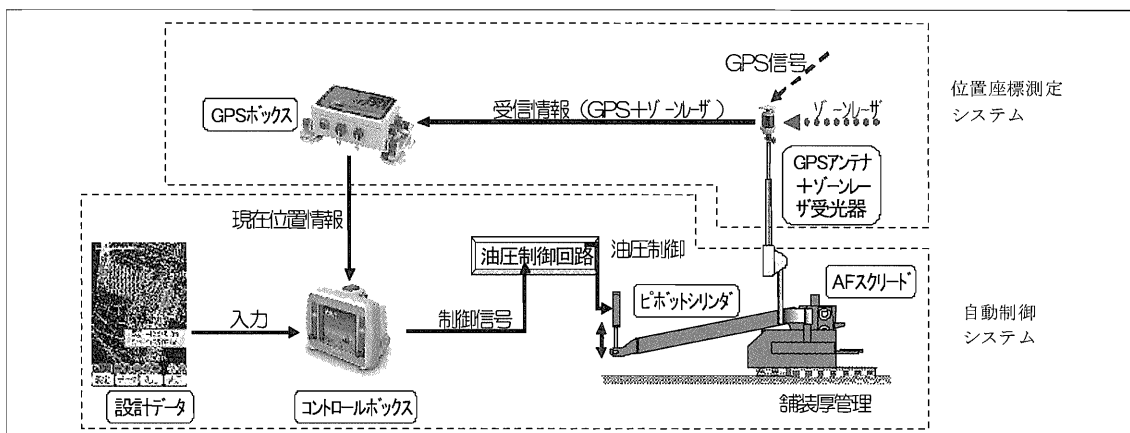


図-3 mmGPS-MCシステムの構成(アスファルトフィニッシャの場合)

能である。

(e) 安全性の向上および検測人員の削減

施工中の検測作業が不要のため、施工機械との近接作業が削減され、安全性が向上する。さらに、出来形検測で図-5に示すようなmmGPSによる検測用システムを利用することで、検測作業における人員削減が図れる。

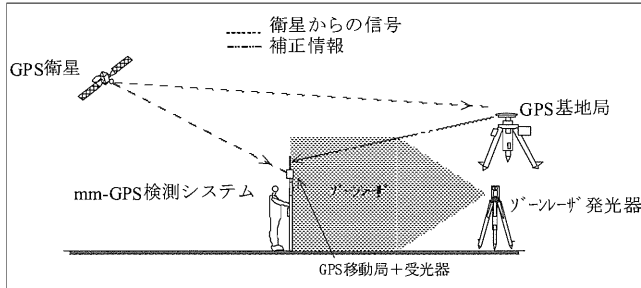


図-5 mmGPS 検測システム

(f) ダブルセンサ方式の採用 (アスファルトフィニッシャ)

欧米では、片側グレードコントローラ+スロープコントローラによる情報化施工が試みられているが、我が国では馴染みが薄いこともあり、従来の操作方法と同様の感覚で扱えるようにダブルセンサ方式を新たに開発しこれを採用している。

(g) 機器の汎用性

mmGPS-MC アスファルトフィニッシャ用のシステムは、従来のグレードコントローラを取付けることの出来るアスファルトフィニッシャならばすべての機種に本体の電気および油圧回路を改造することなく取付け可能である。

4. 実施工への適用例

mmGPS-MC システムを搭載したモータグレーダ

およびアスファルトフィニッシャを実施工に適用した例として、関西空港二期工事における滑走路、誘導路等工事(その1)での施工概要と得られた結果を以下に述べる。

なお、ここでは当該モータグレーダを滑走路の路床盛土工に使用した例と、当該アスファルトフィニッシャを誘導路の基層工に使用した例とについて紹介する。

(1) 施工環境を設定する機器

施工に先立ち、基地局(写真-1)とゾーンレーザ発光器(写真-2)は、図-6に示す位置に設置した。高さ方向の座標を計測するゾーンレーザ発光器は、有効範囲が半径300mであることから連続した作業範囲を考慮して複数箇所に設置した。平面座標を補正す

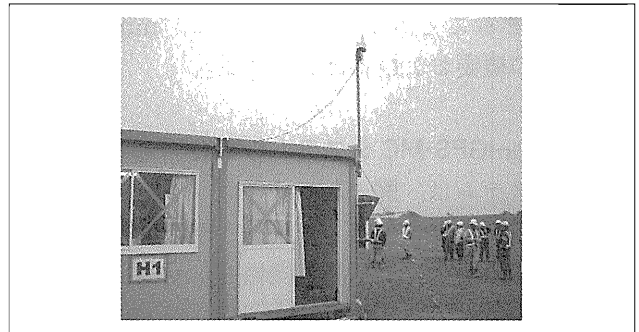


写真-1 基地局状況(無線アンテナ)

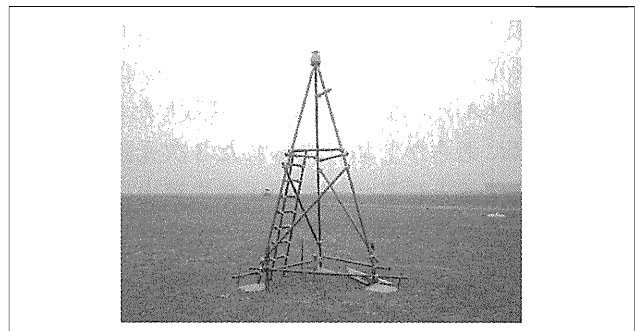


写真-2 ゾーンレーザ発光器設置状況

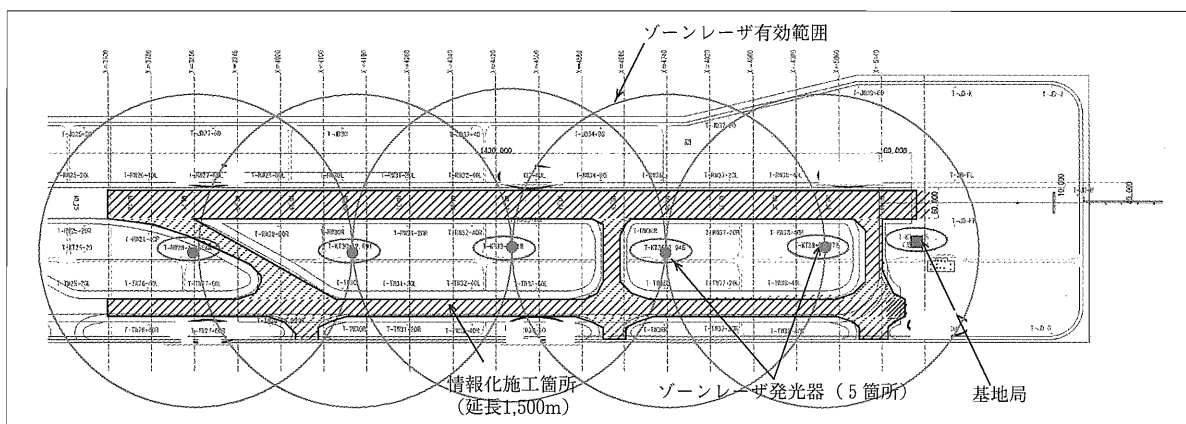


図-6 基地局とゾーンレーザ発光器の配置

る基地局は、小電力無線を使用しており数 km の作業範囲をカバーできることから 1 箇所だけとした。

(2) 路床盛土工

当該システムを搭載したモータグレーダ（コマツ GD 655-3）を図-7 に示すクラッシュラン鉄鋼スラグによる路床盛土工（延長 1,500 m）に適用し（写真-3），次のような結果および効果を確認した。

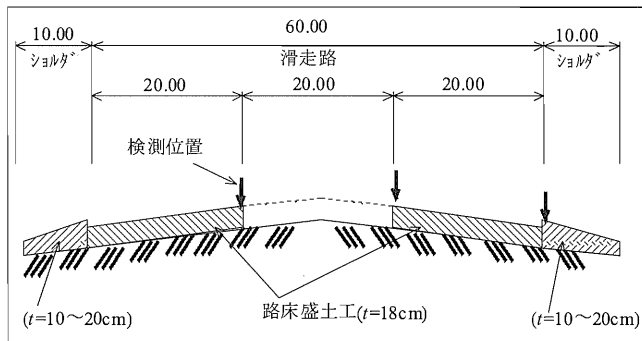


図-7 路床盛土工断面（滑走路）



写真-3 mmGPS-MC モータグレーダ施工状況

(a) 施工効率の向上

自動制御の効果は大きく、熟練のオペレータでなくとも、整形作業を 2~3 回繰返すだけで目標高さを得ることができた。また、丁張り杭がないため施工機械の移動の自由度が高く、かつ従来丁張り杭周りの仕上げに手間取っていた敷きならしおよび転圧作業が解消された。

このようなことから、施工性、施工効率が向上し、日施工量は最大で従来工法比 20% 程度の増となった。これは、当該工種だけで見れば、情報化施工で期待されている 10~20% の工期縮減¹⁾に繋がるものと期待できる。

(b) 仕上がり精度の向上

図-7 に示す位置において、仕上がり面の検測を実

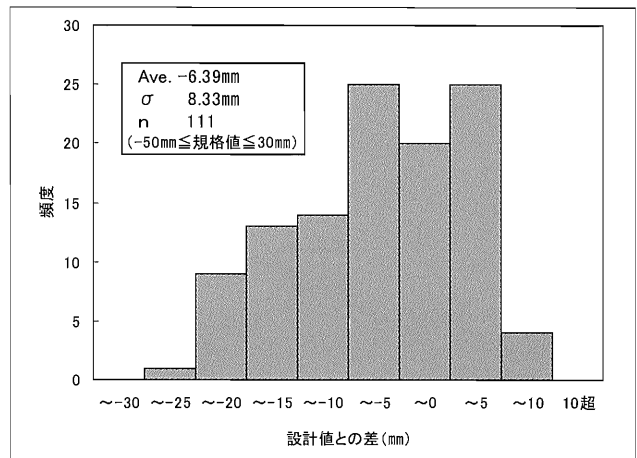


図-8 仕上がり面の検測結果（路床整正出来形（設計値との差））

施した。その結果を、図-8 に示す。基準高の規格値を十分満足するだけでなく、比較的ばらつきが少ない結果が得られた。従来工法でも基準高の規格値は確保できるものの、丁張り杭のある位置での検測結果のみによるものであり、丁張り間ではオペレータの勘で施工せざるを得ない。図-8 は任意の位置で面的に検測した結果であることから、当該施工では、従来工法より均質な路床盛土を築造することができたといえよう。

なお、図-8 は転圧完了後の結果であるため、敷きならしの精度とは異なることを付言しておく。

(c) 安全性の向上、省人化

施工中の検測作業が省略できたために省人化が図れるとともに、従来検測員と施工機械との間に生じていた近接作業が無くなり安全性が向上した。

(3) 基層工

当該システムを搭載したアスファルトフィニッシャー（Vögele S-2100）を図-9 に示す誘導路の基層②（幅 7.5 m×延長 1,000 m×2 レーン）の敷きならしに適用し（写真-4），以下に述べるような結果および効果

表層（密粒アスコン）	t = 4 cm
基層①（粗粒アスコン）	t = 6 cm
基層②（粗粒アスコン）	t = 6 cm
上層路盤 （アスファルト安定処理）	t = 10 cm
下層路盤① （砕石セメント安定処理）	t = 15 cm
下層路盤② （CSセメント安定処理）	t = 19 cm

図-9 誘導路舗装断面



写真-4 mmGPS-MC アスファルトフィニッシャの施工状況

を確認した。

(a) 施工効率, 安全性の向上

平坦性確保のためのセンサロープを使用しないので, その設置工程が省略できるとともに, ロープ接触による事故(人身, 再設定等)原因が排除され, 施工効率および安全性が向上した。また, ダンプトラックの出入りがスムーズに行え, 材料搬入のスピードアップを図ることができ, 施工性も向上した。

(b) 施工精度の向上

平坦性が1.42 mmのアスファルト安定処理層上に舗設した基層の平坦性は, $\sigma=0.87$ mm, 高さの検測結果は表-1のとおりであり, 従来の施工法と遜色のない結果を得た。

表-1 仕上がり面の検測結果

設計値との差 (mm)				
最小	平均	最大	σ (mm)	n
-1	1.54	8	2.00	171

[参考; -4 mm \leq 規格値 ≤ 10 mm]

(c) 複数施工機械の同時制御

施工区間および各工種の工程の関係上, 当該アスファルトフィニッシャおよびモータグレーダを同時に稼働させる機会は短期間しか得られなかったが, 特段の問題もなく同時に制御することができた。

(d) イージーオペレーション

従来のグレードコントローラと同様の感覚で使用できる左右のダブルセンサシステムであり, 短時間のオペレーション教育でオペレータはなじむことができた。

7. おわりに

舗装工における情報化施工は, 緒についたばかりである。今後も株式会社 NIPPO コーポレーションでは, 空港工事などの, 大型工事に本工法を採用し, 更なる改善を加えてより良いものにしていく所存である。

最後に, 本技術の実用化および導入に当たりご協力いただいた株式会社トプコン販売ならびに西尾レントオール株式会社の関係者の皆様にこの場を借りて深く感謝いたします。

JCM A

《参考文献》

- 1) 鹿野: 国土交通省における情報化施工の取組み, 建設の施工企画, pp.12-15, 2004.8

[筆者紹介]

勝 敏行 (かつ としゆき)
株式会社 NIPPO コーポレーション
技術開発部
技術開発グループ
機械設計担当課長

片岡 直之 (かたおか なおゆき)
株式会社 NIPPO コーポレーション
技術開発部
技術開発グループ

梶原 寛 (かじわら さとる)
株式会社 NIPPO コーポレーション
工務部
機械グループ