

# 情報化施工による温室効果ガスの排出抑制

## ICT 活用による建設機械の稼働時間減少

藤 島 崇

2008年7月に「情報化施工推進戦略」が策定され、情報化施工を活用し、高い生産性と施工品質を実現する新たな施工システムの普及促進が進められている。この情報化施工推進戦略において、その適用効果の一つにCO<sub>2</sub>排出量の抑制効果があげられている。最近の情報化施工導入によるCO<sub>2</sub>排出量の抑制事例では、建設機械の自動化や操作支援によって建設機械の稼働時間短縮により燃料消費量を抑制する手法と、施工現場で想定される不確定要因をIT導入によってリアルタイムに収集し効率的な資機材配置を実現することで材料ロスの低減などを図る手法が報告されている。本稿では、建設機械と測位技術を組合せ、建設機械の自動化を促進した結果として燃料消費量が削減できた事例について紹介する。

キーワード：情報化施工，マシンコントロール，稼働時間短縮，施工精度向上，燃料消費削減

### 1. はじめに

情報化施工とは、最新の情報技術を利用して、施工の合理化を図る手法であり、その考え方は従来手法でも利用されてきた。1990年代以降は、位置計測技術の急速な進歩にとともに、地盤沈下や法面の動態観測に自動追尾式の光波測距儀や各種の計測センサー、衛星測位技術などが利用されるようになり、リアルタイムに得られる現場計測データを次段階の施工方法や対策工の検討に用いる技術として認識されてきた。

その後、1990年代後半には、パーソナルコンピュータや情報通信機器が普及し、位置計測技術、制御機器と融合することで、多様な情報化施工技術が生まれ、現場での有効活用事例が増えてきた。

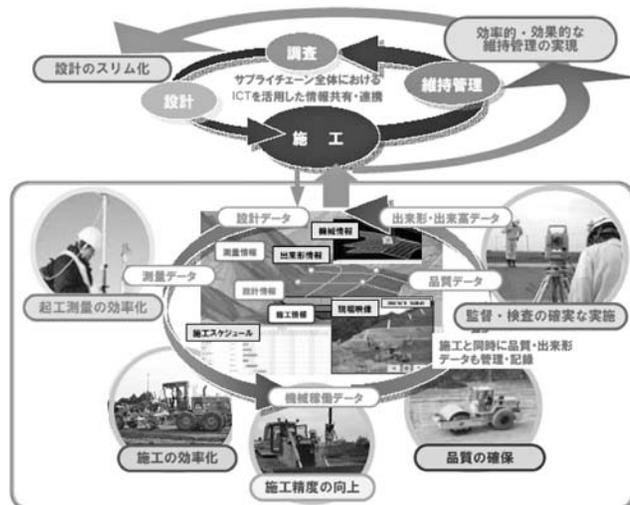
そこで、1997年度より国土交通省が「情報化施工促進検討委員会」を設立、その実現に向けて2001年3月には「情報化施工のビジョン」がとりまとめられた。このビジョンにおいて、情報化施工とは、「建設事業の調査・設計、積算・発注、施工、維持管理という実施プロセスの中から施工に注目し、各プロセスから受け渡される電子情報と施工中に得られる電子情報を活用して施工や施工管理の効率化、品質の均一化、安全性向上、環境負荷低減など、施工の合理化を実現するシステム」として定義されている。

さらに近年は、国土交通省の積極的な取り組みに加え、建設事業のコスト縮減と品質確保への要求が一層高まったことと、計測技術や通信技術、ソフトウェア

等の現場適用性が向上したことで情報化施工技術への期待が一層高まると共に、その適用効果なども明らかになりつつある。

このような背景から、2008年7月には「情報化施工推進戦略」が策定され、情報化施工を活用し、高い生産性と施工品質を実現する新たな施工システムとして普及促進が進められている（図—1参照）。

本稿では、この情報化施工推進戦略において、適用効果の一つにあげられているCO<sub>2</sub>排出量の抑制効果について、その概要を述べる。



図—1 情報化施工の実現イメージ  
 [情報化施工推進戦略 2008.7より抜粋]

## 2. 情報化施工の導入形態と温室効果ガスの抑制の考え方

現状の情報化施工の導入形態は、大きく2種類に分けられる。一つは、情報技術を用いて建設機械の操作の一部を自動化したり、操作の支援を行うものである。例えば、ブルドーザやモータグレーダのブレードの位置や向きをGNSSや自動追尾TS等の測位システムを利用して計測し、車内に搭載したPCにて設計値との差を瞬時に算出、油圧バルブ等を制御してブレードを設計どおりに動かすことができる。このため、従来の作業で必要だった丁張り本数の削減や夜間作業なども実施可能となる。さらには、従来はオペレータの目視確認と検測を何度も繰り返して施工精度を確保していたが、本技術では、丁張りが無くても設計どおりの敷均し作業が従来より素早く実施でき、機械の作業時間を短縮することで、結果として機械の稼働に伴うCO<sub>2</sub>の排出量を抑制することができる。

当初、このような測位システムを建設機械の管理等に用いる手法は、測位システムが高価であったことなどから、大規模鉱山で利用が始まった。その後、2000年代に入って、自動追尾式TSやRTK-GNSSの機器価格が低下したことと、作業員の高齢化などで熟練オペレータが不足しつつある状況で確実な施工と品質確保などの要求の高まったことから、現在は、舗装工事（路盤整形工）等で導入事例が増えている。

もう一つの形態は、施工で得られる情報を用いて現場で実務に携わる技術者の判断を精緻化、迅速化させる形態である。一般に、建設工事には、天候、地質などの施工条件に関する不確定要因が多く、施工計画を立てる際には、条件の悪い状態でも施工を行うことができるように、ある程度の余裕を持たせて計画を立て、施工を行うことになる。仮に、変動する現場条件を迅速に把握することで、条件の変化に柔軟に対応し、エネルギーや資材の投入を必要最小限に抑える判断を行うことができれば、資材やエネルギーの有効利用が可能となり、結果として施工に伴う環境負荷を低減することにつながる。2000年代以降のネットワーク技術の進歩により、大規模工事などでの導入事例が増えている。

本稿では、前述の建設機械の自動化あるいは操作支援によるCO<sub>2</sub>の排出量抑制手法での事例について記述する。

## 3. 重機の自動化による環境負荷低減技術事例

### (1) マシンコントロールの概要

ブルドーザのマシンコントロールシステムの概念図を図-2に示す。ブレードに設置したプリズム部の位置を自動追尾式TSで計測し、計測結果を建設機械へ無線で送信する。建設機械は、計測結果とあらかじめ建設機械にインプットした設計データとの高低差を演算し、高さの差が一致するようバルブを制御する。オペレータは建設機械の走行操作を行うだけでよい。図-2はシステムの概念図であるが、実際には、計測位置の時間差から進行方向を算出し、ブレードの角度を角度センサーで検出することで、3次元的にブレードを自動制御することができる。

図-3は、3次元マシンコントロール（測位システムはGNSS）の場合の重機側に設置される機器類を示している。現状では、システムの導入に際しては各種のセンサーの設置、キャリブレーションが必要となる。しかし、最近では、配線類、制御バルブの標準装備やオプション化の動きもあり、ユーザによる重機の改造といった負担は減少が期待される。

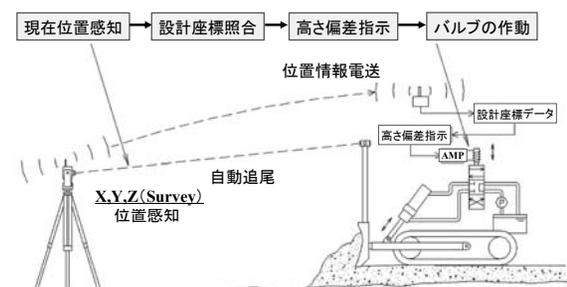


図-2 自動追尾式TSを用いた機械制御の概念

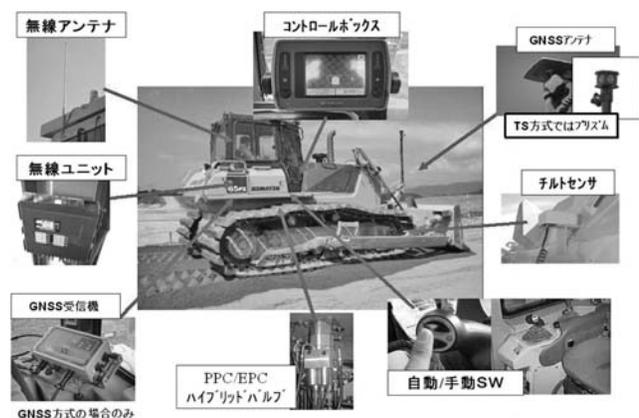


図-3 GNSSを用いたブルドーザシステム類

### (2) 重機の自動化によるCO<sub>2</sub>抑制

例えば、舗装工の路盤整形作業においては、舗装面への不陸の影響をなくすために高精度な施工が要求さ

れている。このため、精度を確保するための密な間隔での丁張り設置や、施工中の丁張りとの検測作業の頻度が多い。加えて、従来手法では、丁張り間の施工は高度な技術を持つ熟練オペレータへの依存度が高い。ここに、3次元マシンコントロールを導入することで、所定の精度確保と作業効率の向上を実現することができる。

図-4は、舗装工事の路盤整形工について、従来施工の作業手順と3次元マシンコントロールを導入した場合の作業手順の相違を示している。この技術では、人間の勘や技能に頼ることなく、施工範囲全体にわたって高精度な施工を行うことが可能となり、結果として材料ロスの低減や機械の稼働時間短縮による燃料消費量(CO<sub>2</sub>発生量)の削減が可能となる。

(3) 自動追尾式 TS を用いたモータグレーダの事例

次に、自動追尾式 TS を用いたモータグレーダのマシンコントロールによる路盤整形工を実施した場合の事例である。

図-5上図に施工状況、図-5下図は従来工法とマシンコントロールでの整形作業の結果について、レベルを用いて道路中心部における高さの計測を行い、設計高さとの差として比較した結果である。さらに、表-1は従来施工とマシンコントロールを用いた場合の作業時間と燃料消費量の比較結果である。

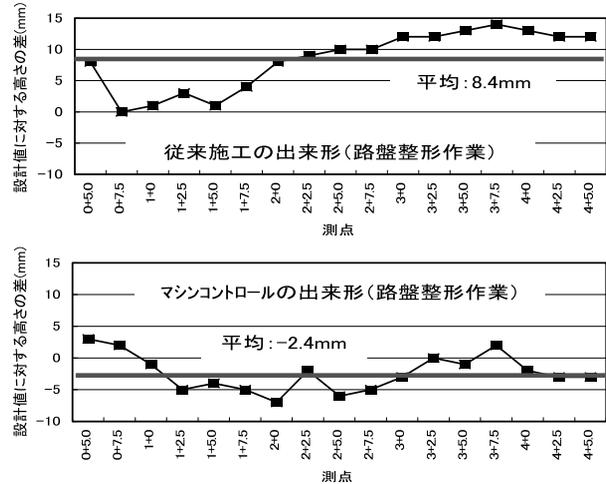


図-5 道路中央部の出来形計測結果の比較

表-1 作業時間の比較結果

	従来施工	マシンコントロール
作業面積	650 m <sup>2</sup>	650 m <sup>2</sup>
作業時間	2.03 h	1.25 h
燃料消費量	16 リットル	10 リットル

注1) 100 m 区間を対象に実施。2 回の平均値。  
注2) グレーダのオペレータはオペレータ経験 25 年以上の熟練者

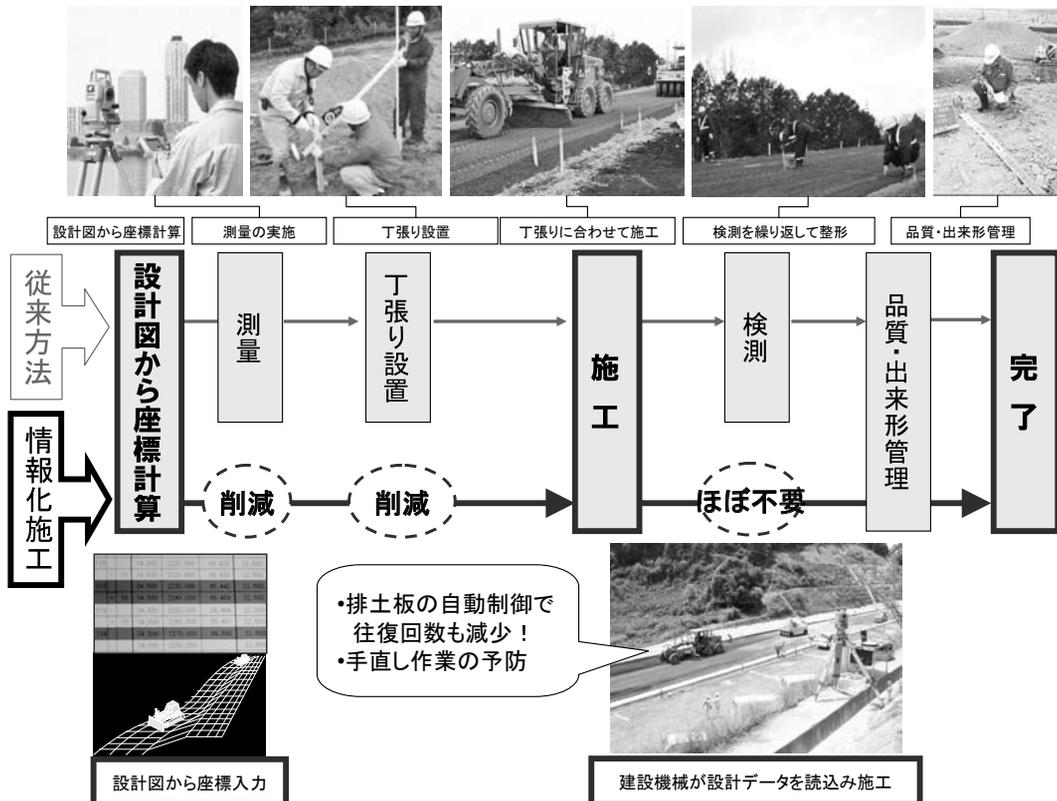


図-4 従来の施工手順と情報化施工の手順

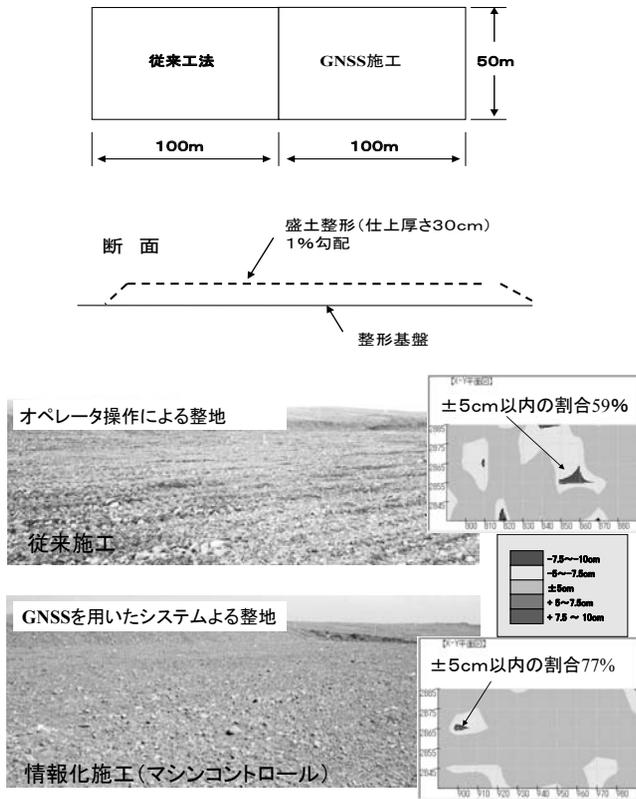
図より、マシンコントロールを用いることで、より設計値に近い完成高さで整形作業が実施でき、材料ロスの低減に寄与できる。また、従来施工で消費した燃料は16Lであったのに対し、マシンコントロールを用いた施工では10Lであり、直接的なCO<sub>2</sub>排出量も約35%削減されている<sup>3)</sup>。

(4) GNSS を用いたブルドーザでの事例

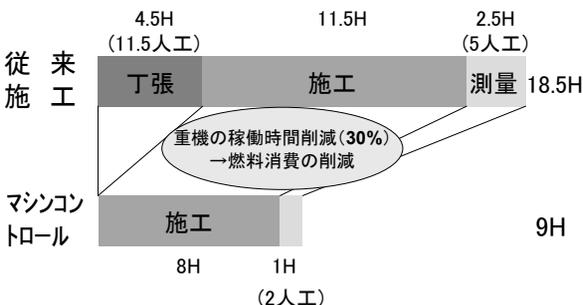
GNSS を用いたブルドーザのマシンコントロールを用いて整地作業を実施した場合の事例である。

図一6上図に施工条件、図一6下図は従来工法とマシンコントロールでの整地作業の結果について、TSを用いて計測を行い、設計高さとの差として比較した結果である。

さらに、図一7は従来施工とマシンコントロールを用いた場合の作業時間の比較結果である。



図一6 従来施工と情報化施工の精度比較



図一7 作業時間の比較結果

前述のように、ブルドーザには目標の仕上がり形状が設計データとしてインプットされており、丁張り設置の必要が無い(ただし、設計データ作成は丁張りの準備計算と同様の作業が必要)。

また、丁張りを目安にオペレータが操作する従来施工に比べ、精度の向上を確保しつつ、ブルドーザの稼働する作業時間も約30%縮減している。このことは、ブルドーザの稼働時間が短くなっていることを意味し、その分の燃料消費量削減に寄与していると考えられる。

4. マシンコントロール技術の展開

本稿では、ブルドーザのマシンコントロール技術およびモータグレーダのマシンコントロール技術について事例を紹介した。

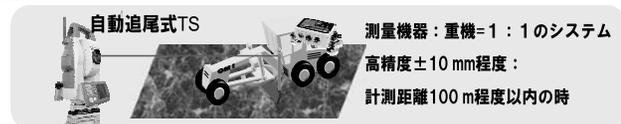
しかし、近年の測位技術の進展は目覚ましく、既に以下の建設機械でその適用事例が報告されている。さらに、技術の普及が進むにつれ多様な現場条件に適したシステムの組合せや使い分け、現場での簡易な利用方法等、現場での応用が進んできている。ここでは、これらのシステムの特徴を簡単に紹介しておく。マシンガイダンスとは、マシンコントロールのように油圧制御などによる自動制御は行わず、ブレードやバケットなどの作業装置の位置と設計値との差をオペレータに画面表示で提供するシステムである。

表一2 マシンコントロール・マシンガイダンスの適用機械

建設機械	測位方式
ブルドーザ	自動追尾式 TS RTK-GNSS
モータグレーダ	自動追尾式 TS RTK-GNSS
アスファルトフィニッシャ	自動追尾式 TS
バックホウ (マシンガイダンス)	自動追尾式 TS RTK-GNSS

(1) 自動追尾式 TS の利用例

自動追尾式 TS1 台につき、一つの計測対象の座標を計測できる。計測精度は±10mm程度(実際には建設機械の揺れ、TSと距離等によって変化する)であり、モータグレーダの路盤整形作業のような高精度な施工が必要な場合や、小規模工事や狭隘な場所、



図一8 自動追尾式 TS の特徴

GNSSの利用が困難な箇所でも用いられることが多い。

## (2) GNSSの利用例

RTK-GNSSは移動局のGNSS受信機の他に基準局の設置が必要である。基準局は、複数の移動局に補正データを送信することができるため、現場内で複数の重機を稼働させる場合に用いられることが多い。また、GNSS方式ではTS方式に比べて精度面でやや劣ることから土工での適用事例が多い。最近では、この高さ方向での精度を向上させる方法として、レーザ計測装置を組合せる技術なども実用化されている。



図-9 TK-GNSS方式の特徴

## (3) 制御用設計データの作成方法

前述のマシンコントロール技術を利用するためには、施工前に3次元の設計データを建設機械にインプットする必要がある。この設計データは、設計図面を参照して、変化点の座標を算出して入力することが一般的である。しかし、実際には、現場でのすり付けが必要になる場合が多いため、最近では、図-10に示すように、TSを用いた測量により現況とのすり付け位置を計測し、これに合わせた設計データを作成する等、設計データを効率的に作成するノウハウも蓄積されつつある。

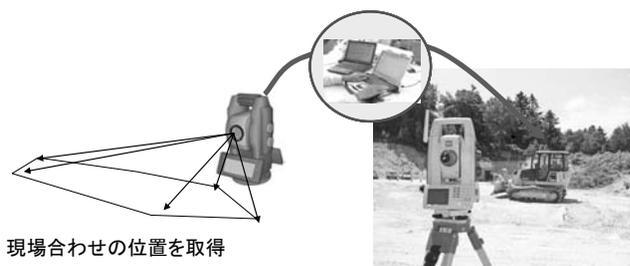


図-10 現況に合わせた設計データの作成手法例

## 5. おわりに

CO<sub>2</sub>抑制は情報化施工の一つの効果として期待されており、本稿ではその一例として、重機の燃料消費に着目した事例を紹介した。しかし、実際の施工現場では、その他の工事との調整や材料供給などの都合による重機の待ち時間発生等、本稿で例示した効果が必ず発揮できるわけではない。さらに、マシンコントロールの導入には少なからず投資も必要となる。特に、ハード面での費用に加え、これを効率よく運用するための人材を育成することが重要である。高度な機器を持っていても、これを有効に活用できなければ効果は発揮できない。現場の条件を踏まえたシステムの選定、システムの特徴を最大限に活用する準備を行うことが、結果としてCO<sub>2</sub>抑制効果の発揮にもつながると考える。

さらに、情報化施工によるCO<sub>2</sub>抑制効果をより高めるためには、「はじめに」で紹介したように、情報化施工を用いることで従来の現場では不確定要素であった事項を情報として捉え、より精緻な準備や判断を実施することで、工事全体としてロスを削減することが重要となる。

(社)日本建設機械化協会においては、平成20年度より、情報化施工研修会を開催して人材育成に取り組んでおり、今後は、さらに、このような情報化施工技術を理解し、現場での応用が可能な人材育成に向けて取り組みを進めて参りたい。

JCMA

### 《参考文献》

- 1) 情報化施工推進戦略：情報化施工推進会議、2008年7月
- 2) 建設工事における環境保全技術：地盤工学会 地盤工学・実務シリーズ26、2009年1月
- 3) 金澤、坂本、藤島：舗装工の情報化施工について、第26回 日本道路会議論文集、H17.10
- 4) 坂本、金澤、藤島：舗装工の情報化施工について、平成17年度 建設施工と建設機械シンポジウム論文集、H17.11

### 【筆者紹介】

藤島 崇 (ふじしま たかし)  
 (社)日本建設機械化協会  
 施工技術総合研究所  
 研究第三部  
 技術課長

