

測量から ICT ショベルまで兼用できる 汎用性の高い現場管理システム

ワンマン施工・管理システム「杭ナビショベル」

杉本 明・平岡 茂樹

i-Construction の普及が進む中で中小規模での ICT 施工機械活用の推進が課題になっている。比較的規模の小さい現場では、少人数で現場管理を行う必要があり、中々 3次元設計データ作成や ICT 施工技術の習得まで手がまわらないことなどが理由としてあげられる。そこで、3次元データを活用した自動追尾トータルステーションシステムとタブレットの組み合わせで、測量から ICT 施工まで網羅できる少人数でも現場管理が可能な「杭ナビショベル」(以下「本システム」という)を開発した。本システムはミニショベルにも搭載することが出来るため、中小規模現場での普及が期待される。本稿では、少人数で現場管理が行え、ICT 建機、特にミニショベルにも搭載可能な汎用性の高い本システムを紹介する。

キーワード：i-Construction, 中小規模現場の効率向上, ミニショベル, 自動追尾トータルステーション, ICT 建機

1. はじめに

これまで安価型自動追尾トータルステーションによる基準点設置、確認、杭設置、丁張設置、設計面確認などの現場管理の効率化は進んできているが、その先の ICT 施工を含めた現場管理となると、特に中小規模現場においては、普及が進んでおらず、発注数が多いこの中小規模現場への ICT 施工活用の推進が課題になっている。

2. システム概要

(1) 本システムについて

本システムは、自動追尾機能に特化した望遠鏡の無いトータルステーション“杭ナビ”(以下「本 TS」という)を核とし、測量システムと油圧ショベル用 3D マシンガイダンス (MG) システム兼用のソフトウェアがインストールされたタブレットを用いて、現場管理業務の向上を図るシステムである (図-1)。測量業務では、本 TS とタブレットを用いてワンマンで効率的に測量業務が実施でき、施工業務では、測量業務で活用した本 TS とタブレットをそのまま活用し、タブレットをセンサ付きのショベルにセットし施工業務を行う。機体の位置、向き、ブーム、アーム、バケットの角度から、バケットの刃先の位置と 3次元設計データとの相対位置関係をタブレット上にリアルタイ



図-1 本システム活用イメージ

ムに表示できるため、ワンマンで効率的に施工ができる。オペレータは、設計面に対する刃先の相対位置を画面上で確認できるため、視覚的な情報によって、バケットの刃先の高さや勾配の位置調整が出来るため、丁張りなどの目印や手元作業員の確認が無くとも正確かつ効率的に施工が出来る。また、施工後にバケットの刃先を施工面にあてることにより、油圧ショベルに乗ったまま出来形確認にも利用が出来る。

(2) システム構成

機器構成は、本 TS、タブレット、360°プリズム、油圧ショベル搭載用の 4 個の IMU センサ、コントローラの機器構成からなる (図-2)。

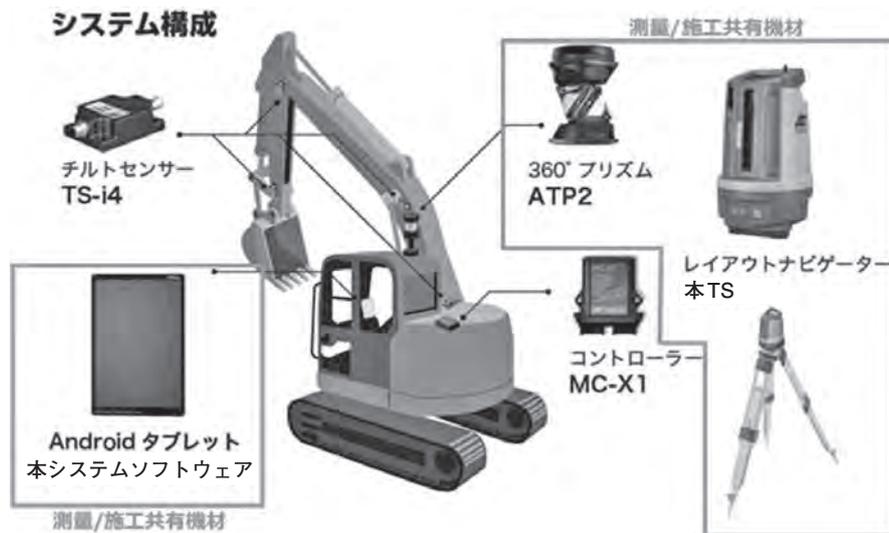


図-2 システム構成

(a) 本 TS (写真-1, 図-3)

本 TS は、自動追尾に特化した望遠鏡の無いトータルステーションで、シンプルな操作性と 20 Hz の高速データ更新レートにより、特に杭打ち等の位置出し作業用にその能力を発揮し、土木現場に広く浸透してきている。また、自動整準装置を内蔵しているため、現場で簡単に機械設置でき、迅速で効率的な作業が実施できる。



写真-1 本 TS



図-3 操作ボタン

本 TS ユーザーにおいては、手持ちの本 TS を本システム用にアップグレードすることにより、本システムのセンサとして活用でき、初期投資を抑えた ICT 建機システムの導入が可能になる。

(b) 測量作業用構成

本 TS とタブレット、プリズムで 3 次元設計データを用いて以下などの測量業務に対応できる(写真-2)。

- ①中心杭・幅杭設置 (図-4, 5)
- ②丁張り設置
- ③新点設置
- ④現況計測
- ⑤検測 (3次元設計面データとの比較など) (図-5)

3次元設計データは、路線データと TIN データ (3角形の面の集合体) を状況に応じて選択し活用できる。中心杭・幅杭設置等に活用する場合は、路線データが必要になる。一方で、線形が無く簡単に「面データ」を活用したい場合は、TIN データを活用する機会が多い。

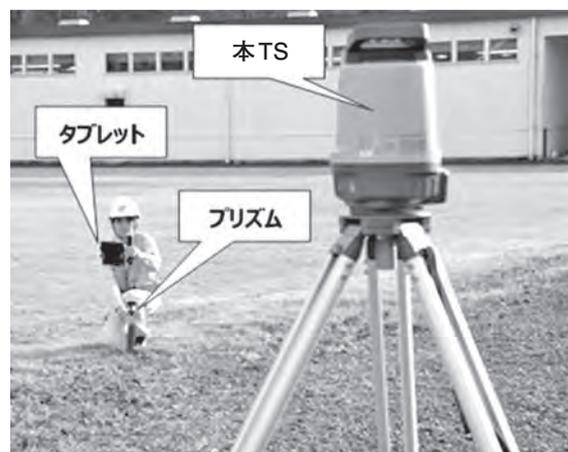


写真-2 測量風景

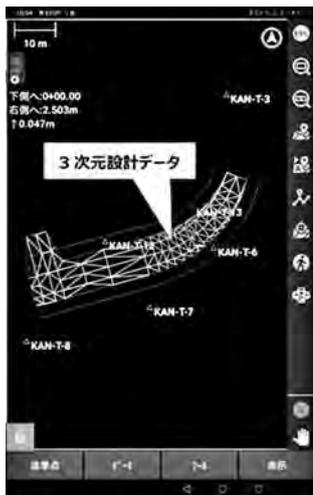


図-4 タブレット画面

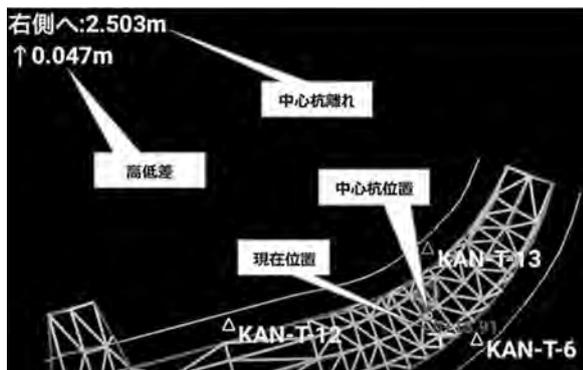


図-5 タブレット画面 (中心杭・幅杭詳細説明)

(c) 施工用構成 (ショベルシステム)

本システムは3D マシンガイダンス機能を有する ICT 建機である。プリズム、IMU センサ、コントローラ等のシステムを構成する各部品は油圧ショベルに後

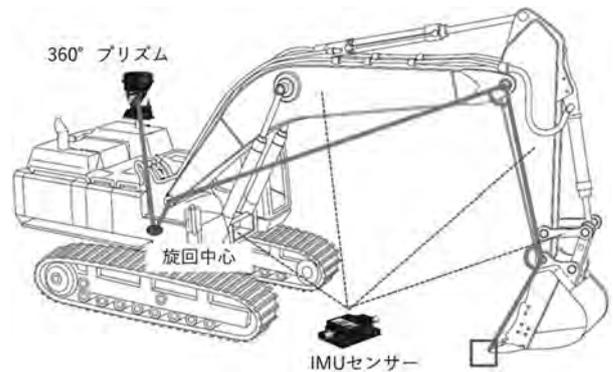


図-6 ショベルシステム位置計測説明図

付けするタイプであり、本システムは6t未満の小型ショベルにも搭載が可能とした。

旋回中のプリズムの軌跡から原点となる建機の旋回中心位置が求められ、刃先の位置座標は、測定されるプリズムの現在位置、方向角、各部位の長さ及び位置関係、4つのIMUセンサーから得られる各部位の姿勢情報からリアルタイムに計算される (図-6)。

3. 機能

画面には設計値との相対位置関係を数値及びグラフィックによって表示することにより視覚的にもわかりやすいインターフェースとなっている。特にショベルシステムとして活用した場合の機能を説明する。

(1) ショベルシステムのホーム画面とキー説明

設計面との高低差表示だけでなく、グレードインジケータで視覚的にわかりやすく設計面にオペレータ

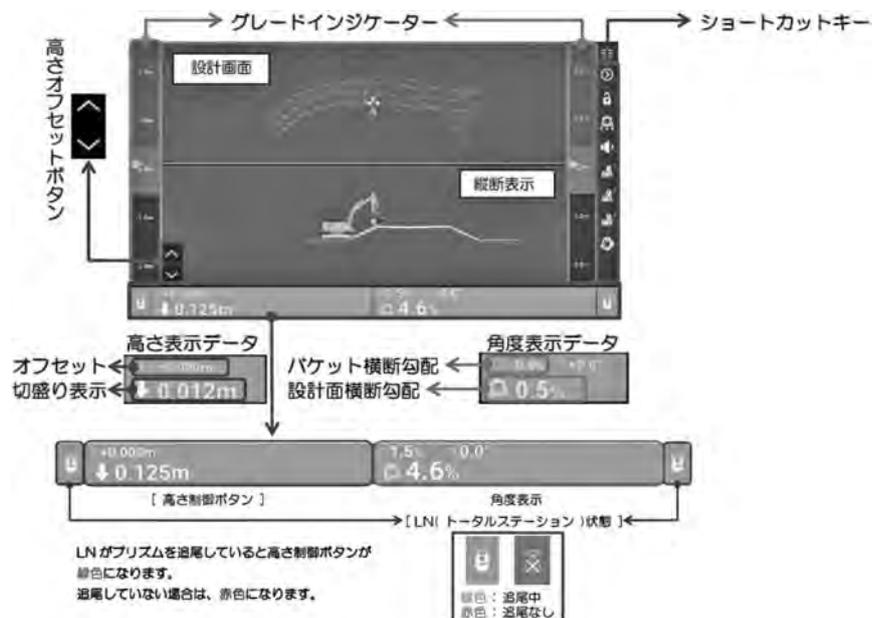
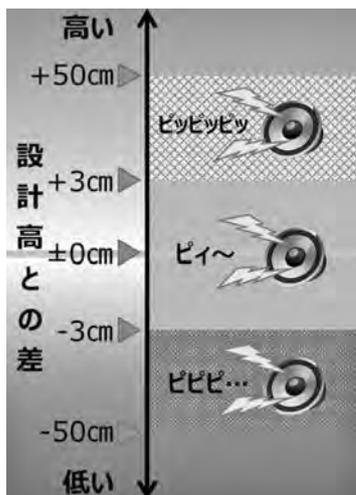
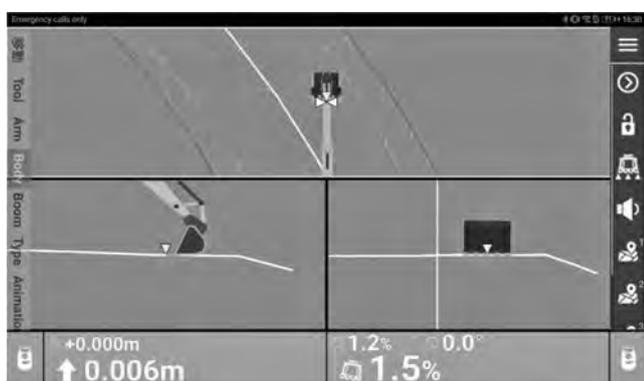


図-7 ショベルシステム ホーム画面



図一八 誘導音設定画面



図一九 3分割画面表示

を誘導できる（図一七）。更に、バケットの横断勾配も表示され、確認しながら作業を進めることができる。

また、誘導音によって誘導する機能も備えており、画面を見ずに音でバケットをコントロールすることができる。これにより、オペレータは、バケットの動きに集中し、周囲の状況も把握しながら施工することが可能となる（図一八）。

ホーム画面は、カスタマイズすることができ、最大3分割して表示することが可能で、設計、縦断、横断の状態を一度に確認できる（図一九）。

(2) 便利な機能

(a) 厚さ表示機能

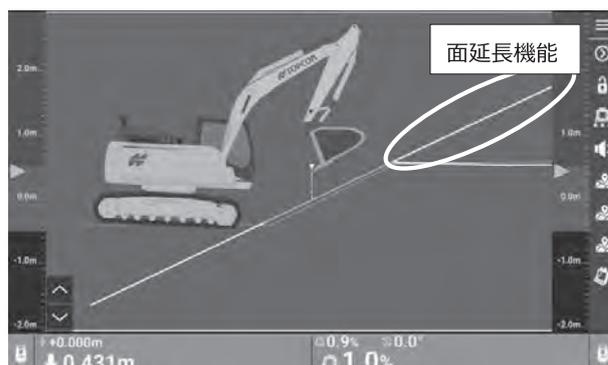
法面施工においては設計面からの離れを「高さ」を基準にするより、「厚さ」を基準にする方が施工しやすい場合がある。特に急勾配の場合は顕著であり、現場の状況によって表示方法を変えることができる（図一十）。

(b) 設計面延長機能

地山の切り出し位置や平面でも設計範囲外にならないよう面を延長して（拡張して）施工したい場合が多



図一十 厚さ表示画面



図一十一 面延長表示画面

くある。本システムでは、拡張したい設計面を画面上でタップするだけで指定した距離分を拡張する機能があり、作業効率の向上につながる（図一十一）。

(c) 設計データ簡易作成機能

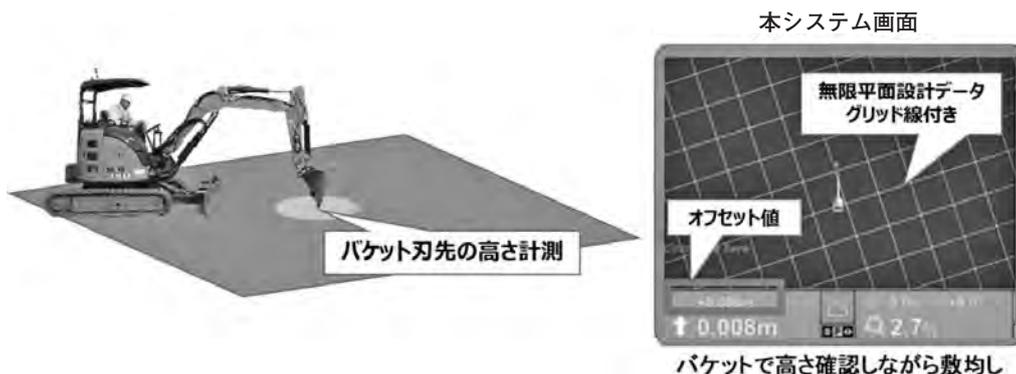
ショベルシステムを活用する上で3次元設計データは必要となるが、特に中・小規模現場において3次元設計データ作成業務は、活用の足かせになる場合も多く考えられる。そこで、本システムでは、ショベルに乗ったまま、バケットを使って作成できる機能や、本システムで側溝などの高さを数点計測することにより、その場で設計データを作成することを可能とした。特に小規模土工においては設計データを持たず、現地合わせで施工する例も多く、そのような現場においてもICT建機の導入を本システムでは可能にする。

① 水平平面設計データの作成

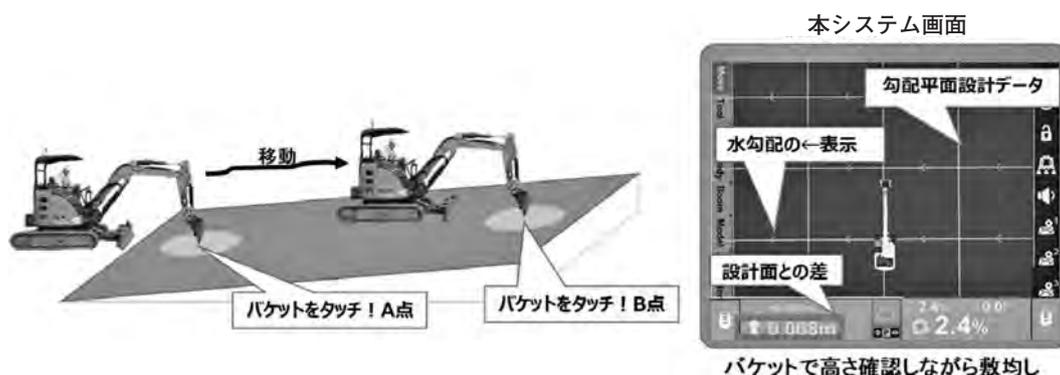
高さの基準としたい位置にバケット刃先をタッチして計測、タッチした点の高さを基準に平面設計データ作成機能で勾配無し無限平面設計データを作成可能。任意のスパンのグリッド線設置や高さのオフセット値も画面から簡単に入力できる（図一十二）。

② 傾斜平面設計データの作成

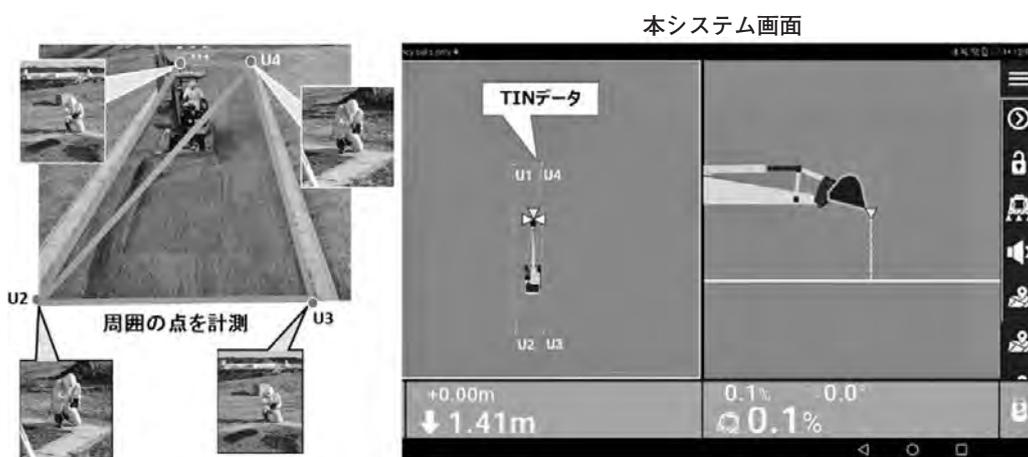
平面だけではなく水勾配等の傾斜面作成のため、傾斜の基準とする2点の位置をバケット刃先で計測、傾斜平面設計データ作成機能で2点の座標から得られる



図一12 無限平面作成方法



図一13 傾斜平面作成方法



図一14 簡易 TIN データ作成方法

傾斜に応じた無限傾斜平面設計データを作成できる (図一13)。

③簡易 TIN データの作成

現地施工エリアの外周を本 TS とタブレットでワンマン計測，またはバケット刃先をタッチして計測し TIN データ作成機能で計測点を元にした面データを簡単に作成できる (図一14)。

4. ショベルシステムの刃先座標精度

本システムで得られる刃先座標の精度の検証を行っ

た。検証方法としては，刃先の座標を別のトータルステーションで直接測定して得られる座標値 (N, E, H) と，タブレット上に表示されるショベルシステムの刃先座標値 (N, E, H) とを比較する方法で行った。

機体を水平に設置しバケット刃先を機体に近い場所に置いた場合と，アーム，ブームを伸ばしバケット刃先を遠くに置いた場合の2通りを東西南北のそれぞれの方角で実施した (図一15)。

表一1 にトータルステーションで測定した座標値との差を表す。水平成分 (N, E) に関しては，最大 -41 mm の誤差があったがほぼ 3 cm 以内に収まって

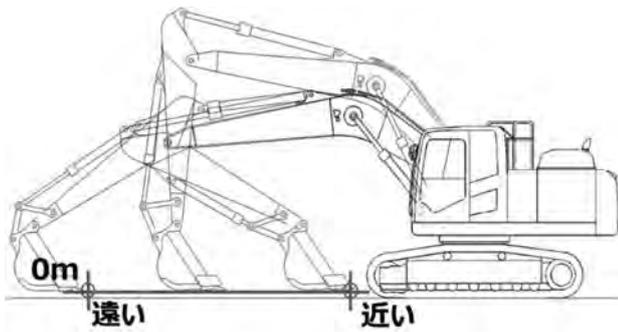


図-15 精度検証計測ポイント

表-1 精度確認表 (水平設置)

バケット西向き

バケット位置	方向	バケット姿勢	TSとの差 (m)		
			N	E	H
近い	西	垂直	-0.011	-0.022	-0.004
遠い	西	垂直	-0.007	-0.027	0.002

バケット北向き

距離	方向	バケット姿勢	TSとの差 (m)		
			N	E	H
近い	北	垂直	-0.001	-0.022	-0.011
遠い	北	垂直	0.008	-0.006	-0.002

バケット南向き

距離	高さ	バケット姿勢	TSとの差 (m)		
			N	E	H
近い	南	垂直	-0.026	-0.021	-0.001
遠い	南	垂直	-0.034	-0.041	0.001

バケット東向き

距離	高さ	バケット姿勢	TSとの差 (m)		
			N	E	H
近い	東	垂直	-0.009	-0.001	-0.001
遠い	東	垂直	-0.016	0.006	0.002

いる。また、高さ成分 (H) については、ほぼミリメートルオーダーで高精度な高さ座標が得られていることが確認できた。

また、同様な方法で機体を傾斜させた状態での精度検証も合わせて実施した (写真-3)。

表-2 にトータルステーションで測定した座標値との差を表す。車体を傾斜させても水平状態の計測結果と同様、高精度な位置座標が得られていることを確認した。この結果から、車体が傾いた状態でも本システムでは、しっかり補正されて刃先の座標が計算されていることがわかる。また、トータルステーションのシステムであることからかなり安定した高さ精度を実現していることも確認した。



写真-3 車体傾斜時の計測状況

表-2 精度確認表 (傾斜設置)

勾配8度

距離	方向	バケット姿勢	TSとの差 (m)		
			N	E	H
縦断+8度	西	垂直	-0.006	-0.027	-0.006
縦断-8度	東	垂直	-0.024	0.018	-0.004
横断左	南	垂直	-0.023	-0.006	0.006
横断右	北	垂直	0.010	-0.024	-0.002

5. 活用効果

本 TS をセンサとして活用する本システムは、上空視界、周囲環境に左右されないため、街中、都市部など密集した現場での掘削作業を可能にする。さらに、小型ショベルと組み合わせることにより、狭小な現場での利用も可能となる。

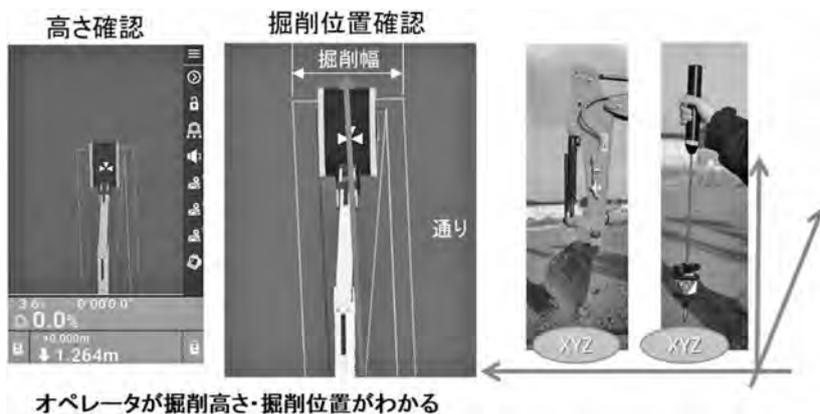
精度の高い刃先座標は、ショベルに乗ったまま、施工面の高さチェックだけでなく、ベースコン型枠の通り出しにも活用できる可能性を持つ。つまり、本システムは、多様な現場で多様な活用が期待できる。

またトータルステーションの ICT 建機システムであるので、GNSS の ICT 建機システムでは必要になる GNSS 座標系と現場座標との整合作業 (ローカライゼーション作業) が不要であり ICT 建機導入のハードルが低い。

例として以下の現場にて活用ができ、小規模現場でも ICT 施工が活用され、普段使いの ICT 建機となる事が期待される。

(1) 小規模土工

限られた人材で運用されることが多い側溝工事を含む小規模土工において、現場管理が容易な本システム



図一16 バケットの刃先座標確認作業イメージ

で、オペレータがバケットの刃先座標がわかることから、小規模土工でも作業員による高さ確認作業や丁張り設置作業も軽減できる。国交省も ICT 活用工事における小規模施工の積算対応を打ち出しており、小規模工事でも ICT 活用が期待できる (図一16)。

(2) 下水工事

数メートル深く掘削する場合もあり、高さ確認に時間がかかる場合が多いが、本システムを活用することにより、高さ確認作業無しで掘削作業が進められることから、効率向上につながる。

(3) 小規模舗装

小規模な駐車場等の施工のようなちょっとした均平作業が必要な際、本システムに搭載されている簡易設計面データ作成ツールで、基準とする面をバケット刃先で計測し、その場で水平設計面を作成できるので、簡単に、手軽に、その設計データを基にバケット刃先で高さを確認しながら、排土板で碎石を敷き均すといった作業が可能になる (図一17)。

(4) 農業土木

畔成型、暗渠工事など、農業は直線部分が多いため設計データがシンプルな場合が多く、3次元設計デー



暗渠の掘削ライン

本システムはこの掘削ラインがいらない

写真一4

タを作りやすいので、本システムを活用しやすい工種である。また、道路のように掘削方向がわかり難い農地では、白線などを設置する場合も多いが、本システムを活用すると高さだけでなく、掘削方向も確認しながら施工することができるので、掘削ラインや丁張り等設置する手間が省け、作業効率向上につながる (写真一4)。

(5) 建築工事 (土間・根伐)

建築工事においても、本システムの活用機会が広がると考える。特に根伐、捨てコン型枠のマーキング、土間の敷き均しでも、本システムの活用により、作業効率向上につながる可能性がある (図一18)。



排土板で均す

高さ確認

図一17 小規模敷き均し作業方法



図一 18 建築現場での活用工種

6. おわりに

本稿では測量作業から ICT 建機による施工作业にも対応した本システム「杭ナビシヨベル」を紹介した。汎用タブレットを採用し、計測装置は、現場での位置だしや検測に普段使われている本 TS LN-150 を活用し、小型ショベルにも装着可能なマシンガイダンスシステムとした。小規模土工に対応でき、初期投資を抑えることが出来る ICT 建機を土木市場に提供することで、i-Construction 推進だけではなく、農業土木、建築工事に至るまでの多様な工事の更なるステップアップの一助になれることを期待したい。

J|C|M|A

【筆者紹介】

杉本 明 (すぎもと あきら)
 (株)トプコンポジショニングアジア
 営業サポート部 プロフェッショナルサポート課
 シニアエキスパート



平岡 茂樹 (ひらおか しげき)
 (株)トプコンポジショニングアジア
 営業サポート部 プロフェッショナルサポート課
 スペシャリスト

