

大賞部門 優秀賞

# 墨出し測量ナビゲーションシステム「T-Mark.Navi」の開発

大成建設(株), ウエストユニティス(株), 千代田測器(株), 大浦工測(株)

## 業務内容

現在、建設業界ではオリンピック需要に伴う将来的な労務不足への対策と、業界としての生産性向上が社会的にも求められる中、どの建設現場でも必須な行為である墨出し測量作業に着目した。

敷地測量、建物位置確認に始まり、杭工事、山留工事、掘削工事、躯体工事、鉄骨工事などの多くの工種において、正確な墨出し測量は精度管理の基本であり、品質管理の要と言える。

墨出し測量を省人化・省力化することができれば、労務不足対策と生産性向上に大きな効果が期待できる。

また手間とコストの掛かる複雑な曲面の墨出し測量の効率化も求められている。

CADソフトの普及により、手書きだった時代には考えられないような複雑な設計図が生まれ、施工管理において高度な測量技術が求められるようになった。形状によっては従来の墨出し測量の手法だけでは不十分となり、専門の測量作業員の常駐、3次元レーザースキャナ計測、光波測

量機器による実測確認など、四角い建物に対して数倍の手間とコストも掛かってしまうことも多い。

専門の作業員の手間を軽減し、扱いやすい墨出し測量のツールが求められている。

## 実測記録、施工記録の帳票作成やエビデンス保存も重要視されている

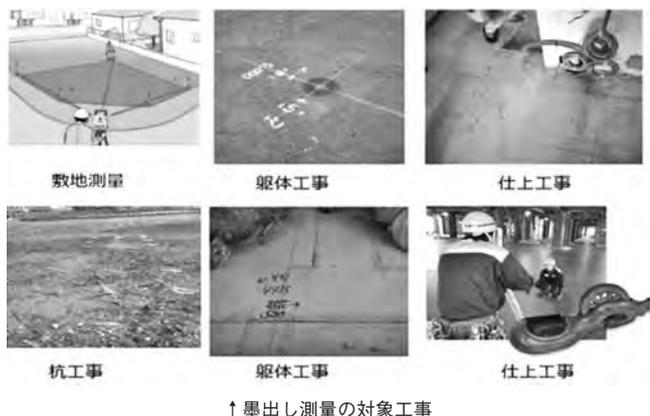
杭データ不正流用問題に象徴されるように建築物の施工に対する社会的要求の高まりは顕著である。建物の複雑化や建築物に対する社会的要求の高まりに伴い、実測記録、施工記録の帳票作成やエビデンス保存も近年重要視され始めている。しかし、作業員が測定した数値を自動で記録、帳票化するツールは普及しておらず、野帳などへの数値転記による間違いのリスクが常に存在する。

## ICT技術～端末の進化と使える技術のはざまにおいて

ICT、特にウェアラブル端末の技術進化に目を向けると、端末の技術的革新に比べて、実務で本当に満足できる「仕組み」は全業種を見渡しても多くは生まれていない。中でも建築分野におけるウェアラブル端末の有効な成功事例は殆どないと言っても過言ではない。

その解決策として、眼鏡型ウェアラブル端末を利用した墨出し測量システムの開発を手掛けることとした。

そのため、大成建設の施工技術・施工経験にTOPCON社の光波測量機器LN-100、ウエストユニティス社の眼鏡型ウェアラブル端末技術と墨出し測量工である大浦工測の施工ノウハウを組み合わせ、墨出し測量ナビゲーションシステム「T-Mark.Navi」を開発した。



## a 業績の詳細な技術説明

### 墨出し測量の定義と従来の作業手順

墨出しとは、建設現場に実寸の図面を描くことであり、測量とは公共座標を利用して位置・高さを測定し、記録することである。ここでは測量を行って位置を決めて、決めた位置を基に建設現場に実寸の図面を描く一連の作業を墨出し測量と定義する。従来、光波測量機器を2人一組で使用し声掛けや合図、無線及び携帯電話で意思疎通を取りながら作業を行うことが一般的である。

従来方式による2人一組の墨出し測量の場合、通常、光波測量機器を操作する作業員Aが、声掛け等により墨出しする作業員Bに指示を出し、最終的に目標とする測点を決定する。

光波測量機器モニターには、あらかじめ設定した目標とする測点座標データと作業員Bが持つ反射板までの距離、方向の差が数値情報で表示されている。数値情報に従い、作業員Aから声掛け（前後±mm、左右±mm）により作業員Bに指示を出す。従来方式による墨出し測量では目標とする測点を決定するまで、少なくとも3点以上の測量作業が必要となる。

また、2人作業であるため、指示や回答の正確な伝達が重要であり、その伝達には声掛けや腕を使った合図、無線や携帯電話等を利用する。お互いの連携や熟練したコンビネーションも重要な要素であり、2人の作業員の熟練度によっても、作業精度、作業時間は大きく変動する。

### b 技術的効果

本システムは、眼鏡型ウェアラブル端末と光波測量機器LN-100（及び付属する携帯端末と専用の360度プリズム）

を連携し、端末画面（作業員の眼前）に作業員が目標とする測点座標値を表示させ、「ナビゲート」するシステムである。従来、2人一組で行ってきた測量作業を作業員単独作業とすることが可能である。更にボタン操作・クリック操作を排除して音声操作を取り入れることで、プリズムから視点をずらすことなく、両手が自由な状態で測点を決定することができる。また、測定した実測座標値、測定差異及び実測日時・時間を帳票出力し、メール配信する機能も実装している。

### ●システムの特徴

本システムで墨出し測量を行う場合、光波測量機器と連携した眼鏡型ウェアラブル端末画面に現在位置を表示し、目標とする測点到誘導することで、作業員単独での測量作業が可能となる。

従来のように光波測量機器を操作する作業員からの指示に従って測点を決定するのではなく、墨出しをする作業員自らがウェアラブル端末画面に表示される位置情報を確認しながら測点を決定できるため、作業効率の大幅な向上が期待できる。

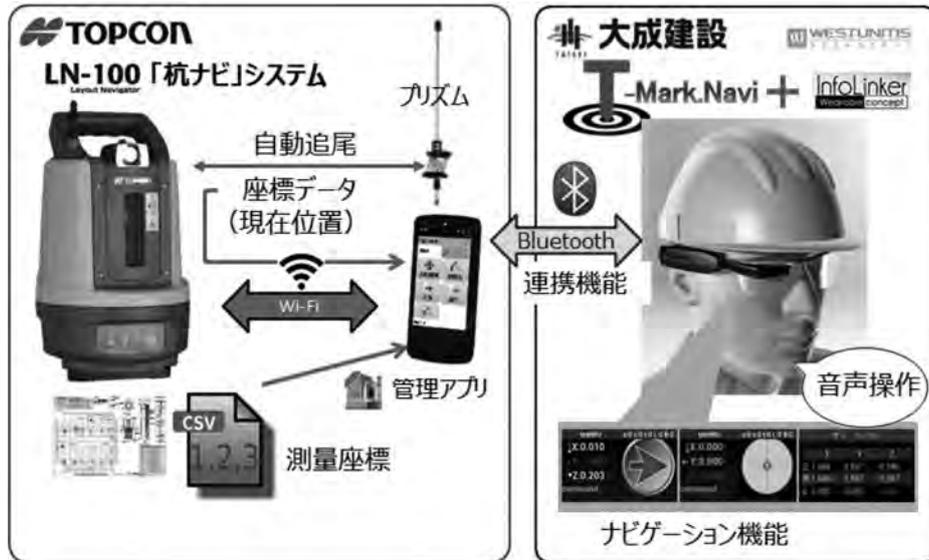
### ●システムの機能

#### ・機能① 測点座標決定・確認（データ正値と実測値比較）

作業員が装着する眼鏡型ウェアラブル端末画面に、専用測量機器で計測されたプリズム現在位置とあらかじめ登録した目標測点までの方向・移動距離などの誘導指示情報がリアルタイムに表示される。作業員は手元のプリズムから視点をずらすことなく、安定姿勢で正確な測点位置を把握することが可能となる。用途としては、図面上の位置を



↑従来の作業手順



↑システム概要図



遠距離時 (1m以上)  
 中距離時 (1m以内)  
 近距離時 (100mm以内)  
 測点合致時  
 確認・決定画面

↑画面の表示サンプル

- ティーマーク クツテイ 位置データ確定
- ティーマーク カクニン 位置データ確認
- ティーマーク ツギハ 次の測定点へ
- ティーマーク モドル 前の画面へ
- ティーマーク シュウリョウ 終了

↑音声コマンドの種類

現場にマーキングすることで一人での墨出しが可能となるほか、マーキング済ポイントの第三者によるダブルチェックにも有効である。

墨出し測量に必要な音声コマンドを示す(上図参照)。作業員は画面に表示される位置情報を確認しながら目標の測点まで移動し、自らの音声で指示する。機器側では音声コマンドに従って、測点位置の確認や決定、測点順の変更が表示される。本機能により作業員は周囲への視野を確保しながら、両手が自由な状態でより安全に作業することが可能となる。

・機能② 任意点測定 (任意ポイントの座標確認)

機能①があらかじめ登録された座標に対するプリズム位置を表示する機能であるのに対し、任意点の座標を表示・測定する。用途としては任意点の座標化による確認や寸法の測定である。

前出の音声コマンドは機能②にも対応しており、汎用的に使用することが可能である。

・機能③ 測定値帳票出力

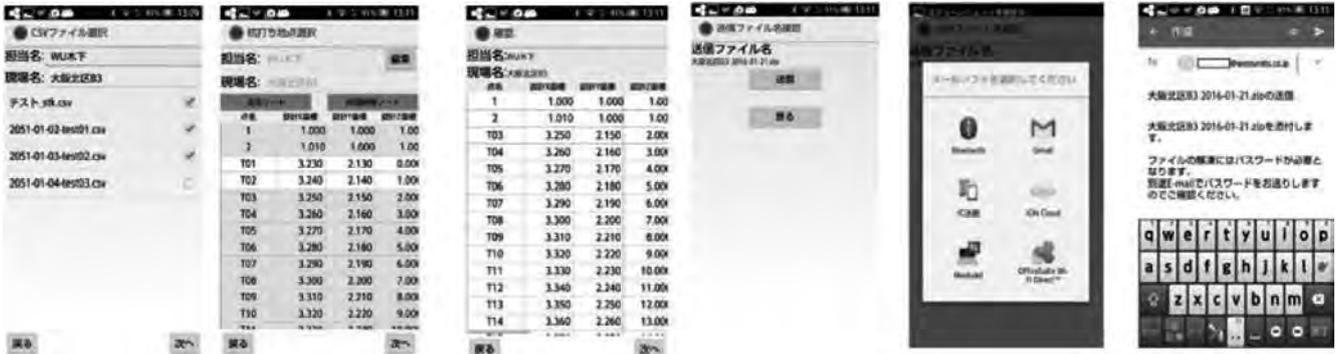
機能①②で測定した座標値を任意のメールアドレス宛てに帳票データとして送付する機能。

帳票には測点登録番号、設定座標値(目標値)、実測座標値(測定値)、測定誤差、測定日時等が自動的に記載される。本機能により記録の保存作業の省力化、転記ミス回避が図れる。

c 経済的効果

本システムを使用した場合に実際に作業能率や精度がどのくらい変わるのかを検証した。13m × 16mの検証エリア内にS字上の32点を設定し、従来方法とT-Mark.Naviのフローに従い、全測点を測量した。従来方式による2人一組作業から本システムによる単独作業となったにもかかわらず、1/3の時間を削減できた。2名⇒1名で約1.6倍の時間短縮であり、実質的に最大で約3倍程度の生産性向上の効果が期待できる。

測定精度については墨出し実務作業で実施し、比較検証した。その際最大遠方距離75mで誤差2mm程度であり、問題なく作業が出来た。これは従来の光波測量機器の誤差と同等である。



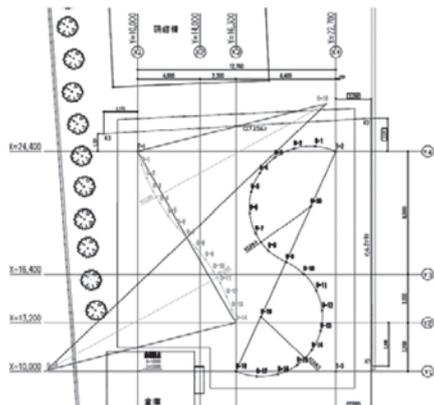
↑ 付属の携帯端末画面の一例

[T-Mark.Navi]位置測定データ表

ページ番号 1/3

作業所名		作業者		使用機器		帳票作成日					
新宿センタービル新築工事 外構ポイント測定		大澤工剛 山口		LN-100 infolinker		Z-01 C001					
使用者自由記載欄 ・D-01からD-20を12/22実施 ・K-1～8を12/23に実施 ・Zは対象外				注意点 ・下記はT-Mark.Naviで実測したXYZデータをT-Mark.NaviRシステムで標準化しています。 ・T-Mark.NaviシステムでのXY座標と実際に使用している図面上のXY座標を必ず確認してください。 (T-Mark.Naviシステムでは垂直方向がY軸、水平方向がX軸です) ・Z値は機器高さを換算する必要がありますので、機器高さを考慮しない場合は無視してください。 ・測定差異③はT-Mark.Naviの設定座標値①から実測座標値②を差し引いた数値(単位:m)です。							
登録No	呼び番号	設定座標値①(単位:m)			実測座標値②(単位:m)			測定差異③=②①-②②(単位:m)			T-Mark.Naviによる 測定日時-時間
		X	Y	Z	X	Y	Z	X	Y	Z	
D-01	3	355236.333	236581.369		355236.334	236581.369		-0.001	0		2015/12/22 10:43
D-02	2	269222.369	789654.321		269222.368	789654.321		0.001	0		2015/12/22 10:44
D-03	1	236583.222	456325.231		236583.222	456325.232		0	-0.001		2015/12/22 10:48
D-04	5	124583.695	456987.321		124583.696	456987.323		-0.001	-0.002		2015/12/22 10:52
D-05	4	259855.365	125478.369		259855.368	125478.369		-0.003	0		2015/12/22 10:59
D-06	6	126583.658	147852.369		126583.656	147852.368		0.002	0.001		2015/12/22 13:23
D-07	8	236594.356	521456.236		236594.358	521456.234		-0.002	0.002		2015/12/22 13:33
D-08	7	566593.365	321456.987		566593.366	321456.987		-0.001	0		2015/12/22 13:34
D-09	10	568621.328	456321.321		568621.325	456321.322		0.001	-0.001		2015/12/22 13:54
D-10	9	589658.321	796540.321		589658.322	796540.323		-0.001	-0.002		2015/12/22 13:55
D-11	13	125245.365	789632.214		125245.365	789632.214		0	0		2015/12/22 14:08
D-12	14	359456.321	789654.321		359456.323	789654.323		-0.002	-0.002		2015/12/22 14:18
D-13	12	873245.325	123546.369		873245.323	123546.368		0.002	0.001		2015/12/22 14:23
D-14	11	251235.236	125478.369		251235.238	125478.368		-0.002	0.001		2015/12/22 14:24
D-15	15	214236.235	147852.369		214236.234	147852.367		0.001	0.002		2015/12/22 14:28
D-16	16	125436.233	125874.369		125436.233	125874.368		0	0.001		2015/12/22 14:03
D-17	18	412536.123	147852.369		412536.124	147852.369		-0.001	0		2015/12/22 14:32
D-18	17	124587.326	456321.789		124587.327	456321.788		-0.001	0.001		2015/12/22 14:35
D-19	19	412536.321	741258.369		412536.322	741258.367		-0.001	0.002		2015/12/22 14:42
D-20	20	789654.123	458712.369		789654.112	458712.369		0.003	0		2015/12/22 14:45
K-1	21	78.369	58.321		78.359	58.322		0	-0.001		2015/12/23 15:12
K-2	22	57.325	58.321		57.326	58.321		-0.001	0		2015/12/23 15:18
K-3	23	94.321	52.365		94.322	52.364		-0.001	0.001		2015/12/23 15:21
K-4	24	54.698	52.365		54.696	52.365		0.002	0		2015/12/23 15:24
K-5	25	54.321	25.123		54.322	25.124		-0.001	-0.001		2015/12/23 15:26
K-6	26	87.321	25.123		87.321	25.123		0	0		2015/12/23 15:29
K-7	27	21.321	12.321		21.321	12.323		0	-0.002		2015/12/23 15:32
K-8	28	54.321	12.231		54.322	12.231		-0.001	0		2015/12/23 15:25

↑ 帳票出力の一例



	全ての測点	1測点あたり
従来方式	54分50秒	103秒
本システム	33分21秒	63秒

従来の2名作業から単独作業となったにもかかわらず、作業全体で30%以上の時間削減を実現。

2人 → 1人                      2倍 } 約3倍の  
約55分 → 約33分                1.6倍 } 効果

↑ 検証結果

#### d 施工または生産・販売 施工

既に弊社の施工中の複数作業所（建築 11 作業所，土木 14 作業所）に対し，適用が始まっており，社外に対しても 10 件の外販実績がある。墨出し・測量は建築・土木共に建設工事に必須な作業であるため，適用範囲が広いというのも特徴である。

#### おわりに

慣れ親しんだやり方や機械を変えるということは非常に勇気のいることだ。しかし，2020 年のオリンピックに向け，近い将来顕在化する作業員不足，技能不足，そして生産性

向上に対する国家的な方針，社会的要求の高まりを考えると，そうも言っていないという現実の狭間にこのシステムの存在意義がある。本システムを弊社の限定ツールとして囲い込むのではなく，業界全体の建設インフラとして共有展開すべきであると考えている。本システムはパッケージ化され，千代田測器㈱から機器一式の購入とレンタルが誰でも可能となっている。

眼鏡型ウェアラブル端末の性能進化に合わせて，より使いやすく改善を施すことで，専門の測量作業員専用ツールとすることなく，当たり前の墨出し測量ツールとして育てたい。

#### お断り

この JCMA 報告は，受賞した原文とは一部異なる表現をしています。

