

15. ICT と GNSS を活用した簡易測量支援アプリの精度検証と生産性向上事例について

大成建設株式会社

○ 石井 崇充
片山 三郎
石井 亘

1. 背景

我が国の建設業を含む産業界では、労働人口の減少や労働者の高齢化が進む中、2024年に改正労働基準法が建設業にも適用されるなど、労働環境が著しく変化している。労働力不足の解消や生産性向上は極めて重要な課題であり、建設現場においても、限られた人員で多種多様な施工管理を行う必要がある。

建設現場では、GNSS (Global Navigation Satellite System) 測量機やトータルステーション、レベルを用いた基準点測量や墨出し等の詳細な測量作業のほか、施工場所の現況把握や構造物の位置出し、出来形・高さ等の確認、距離・面積・体積を算出するための測量など、多種多様な「簡易測量作業」が行われている。これまでの簡易測量作業は、測量者が二人一組となり、詳細な測量作業と同様に、大型で重量のある測量用機器を運搬・設置しながら作業を行っていた。これらの測量用機器は高価であり、設置や運搬に細心の注意が必要だけでなく、操作にも技術的に高度な知識や技量が求められる。また、これらの測量結果等の記録は、現場で野帳や図面などに記入し、事務所に帰って書き写す場合が多く、簡易測量作業およびそのデータ整理に多大な労力と時間を要していた。これらは、測量ミスなどの要因にもなる上、工事関係者間での計測データの情報共有にもタイムラグが発生し、課題となっていた。

このような背景から、建設・測量関連各社では、測量機器の補正機能の向上や、ワンマン測量が可能な自動追尾型測量システムの開発・導入、測量データの自動記録及び外部出力機能の追加など、簡易測量作業の省力化に向けた取り組みが進められてきた。一方で、これらの機器は高価であり、繊細な取り扱いが求められるうえ、複雑な機能を使いこなすためには高度な習熟が必要であった。

そこで、GNSSを利用して明かり工事における簡易測量作業を支援するために、施工管理業務を支援する現場管理システム「T-iDigital Field」(略称TiDF) (大成建設開発技術) をデータ取得基盤とし

て活用した測量支援アプリケーション「Field Checker」を開発した¹⁾²⁾。これにより、これまで二人一組で行っていた簡易測量作業を一人で効率よく行うことが可能となった。

本論文では、Field Checkerの詳細な機能について記載する。それに加え、既知点に対するField Checkerの測位精度検証を行った結果や現場活用事例、さらにその際の生産性向上について評価した結果を述べる。

2. 概要

2.1 システム構成

Field Checkerは、TiDFのデータ共有基盤を活用し、拡張開発したシステムである。TiDFは、建設現場の「ヒト」、「モノ」、「コト」の情報をCPS (Cyber-Physical System) の概念に基づいてクラウドに集積・統合する現場管理システムである。これまで、ダム工事やトンネル工事などの主に土木分野における各工種に応じてシステムを拡張しながら複数の施工現場に適用してきた結果、現場状況の可視化にTiDFが有効なことを確認している³⁾。

TiDFのシステム全体概要を以下に示す。本システムは図-1のようにデータ層、基盤クラウド層、アプリケーション層の三層で構成されている。

まず、データ層では、現場の「ヒト」、「モノ」、「コト」の位置情報・稼働状況などのデータを

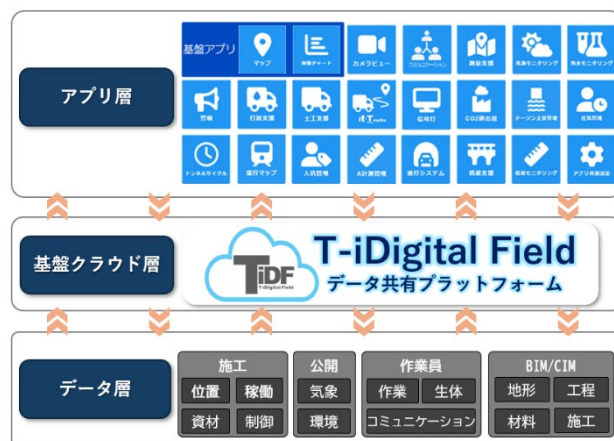


図-1 TiDigital Field 全体概要図

GNSS 端末やビーコンなどの様々なセンサーやデバイスを用いて取得する層である。次に、基盤クラウド層では、データ層で取得したデータをネットワークを介してクラウド上で整理・集約する。そして、アプリケーション層では、基盤クラウド層で集約した様々なデータを抽出・加工・可視化し、アプリケーションとして提供する。

これにより、工事関係者のニーズに合わせたアプリケーションを順次追加することができる。また、開発済みのアプリケーション間の連携も可能であるため、これまで様々なツールを併用しながら行ってきた現場管理を一つのプラットフォーム上に集約できる。

2025 年 6 月現在では各工種に対応した 37 種類のアプリケーションが実装されており、インターネット接続端末を用いることで、アプリケーションを通して、いつでもどこでも現場のデータを閲覧でき、工事関係者の QCDSE 管理（品質・コスト・工程・安全・環境）の支援が可能となっている。

Field Checker では、このプラットフォームを活用し、データを取得する測量機器、取得データをクラウドへ集約する TiDF 機器、集約データを利用するアプリケーションを構成することで簡易測量支援が可能なシステムの拡張開発を行った。

本技術の GNSS 測量は、既知点である基準局からリアルタイムに位置補正を受信・解析しながら観測点の測位を行う「RTK-GNSS 方式」を採用した。そのため、GNSS 信号の受信および携帯回線などを利用した位置補正情報の受信が可能なエリアでの利用を対象としている。なお、RTK-GNSS 方式は、条件さえ満たせば詳細測量に適用可能な高精度の測位を行うことが可能であるが、Field Checker では可搬性を考慮して軽量なカメラ一脚

を採用しているため簡易測量作業用として運用している。

以下に Field Checker の測位機器・アプリ構成、簡易測量機能および特徴について示す。

2.2 Field Checker の機器構成

Field Checker は市販品を組み合わせて構成している。以下に主な機器構成を示す。

- ① GNSS 測量機器
- ② TiDF 端末
- ③ アルミ製一脚
- ④ 水準器
- ⑤ モバイルバッテリー
- ⑥ TiDF 端末・バッテリー用ホルダー

GNSS 測量機は、国土地理院登録の 1 級 GNSS 測量機として公共測量にも利用可能な高精度な機器を使用している。また、図-2 に示すように GNSS 測量機は軽量なアルミ製一脚の頭部に固定され、制御用 TiDF 端末やバッテリーとともに一式がパッケージングされている。重量は 1.1kg、全長は 0.6m（延長時 1.8m）で、現場巡視中の可搬性を考慮して小型・軽量化されている。なお、肩掛けスリングケースに収納することで手を塞がずに運搬できる。また、一般的なモバイルバッテリーによる DC5V の USB 給電で稼働し、標準バッテリー（5,000mAh, 3.7V）で 7 時間の連続使用が可能である。

TiDF 端末は、携帯回線を通じて位置補正情報を受信し、Bluetooth を介して GNSS 測量機に送信する。GNSS 測量機は複数の GNSS 衛星からの信号を受信し、位置補正情報を基に自身の 3 次元位置を高精度に特定する。得られた位置情報は TiDF 端末を通じてインターネット経由でウェブアプリに送信され、表示・記録される。

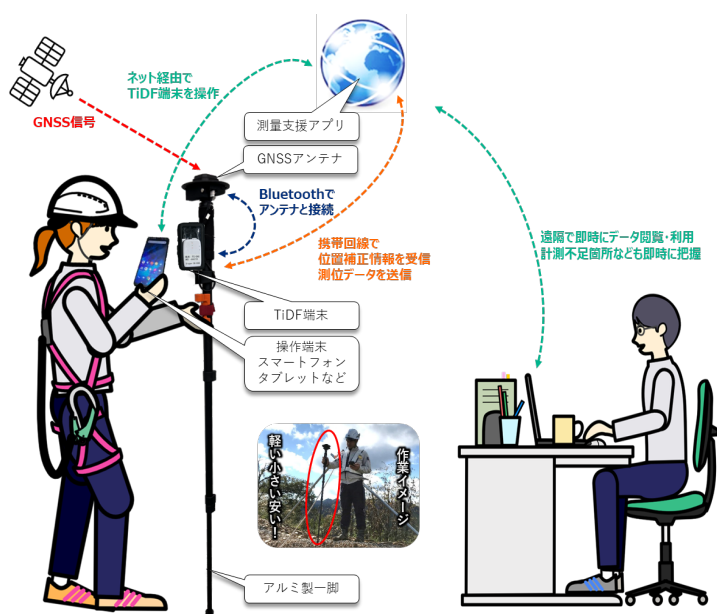


図-2 Field Checker のシステム概要と機器構成

2.3 ウェブアプリ（測量支援アプリ）

Field Checker のウェブアプリ（以下、測量支援アプリ）について以下に述べる。TiDF を基盤として活用することで、測量支援アプリの操作は専用端末を必要とせず、スマートフォンやタブレットなど各個人の任意の端末のウェブブラウザを使用できる。そして、測量支援アプリは ID とパスワードでログインすることで利用可能であり、計測結果はセキュリティに配慮された形でクラウドに保存される。これにより、データの安全性とアクセスの容易性が確保される。

従来の測量では、測量機器の読み値を野帳に記録し、手計算によって計測結果を算定、事務所に戻って計算チェックやデータ整理を行ったうえ、記録メディアを用いて PC にインポートし CAD 等に転記するなど、長時間かつ煩雑な作業が必要であった。一方で、本アプリでは、測定時にボタンを 1 タップすることで、測位・データ化・保存のすべての操作が即時に完了する。また、いつでもどこでもの機器で測量作業を実施したのか、測位記録に紐づけてクラウド上で工事関係者に即時に共有が可能となる。

測量支援アプリ画面の主な画面構成について図-3 に示す。操作したい Field Checker を選択することで、マップ画面中心に現在地がリアルタイム表示される。現在地アイコンは GNSS の受信状態及び端末通信状態に応じた色分けを行っている。そのため、位置補正情報が受信されており精度の確保状況、TiDF 端末の通信状況が正常かどうかの確認を視覚的に行うことができる。色分けについて、精度確保の状態は、緑は RTK FIX、橙は RTK FLOAT、赤は DGNSS 以下であることを示し、通信状態は、緑が正常、赤が異常、黒は不通を示している。

以下に、測量支援アプリの機能及び特徴を示す。

- ① 測位
- ② 測量チェック
- ③ 距離計測
- ④ 面積計測
- ⑤ 台形体積計測
- ⑥ 履歴機能
- ⑦ 図面設定
- ⑧ ローカル座標系設定
- ⑨ 3DCAD 連携

①測位では、Field Checker で得られている位置座標に対し、手動測位、連続測位（時間）、連続測位（距離）の主に 3 つの測位機能を備えている。まず、手動測位は、記録ボタンを 1 タップ押しと 1 度記録する機能である。次に、連続測位（時間）は、任意の設定の秒数毎に連続測位する機能である。そして、連続測位（距離）は、任意に設定の距離[m]を移動する毎に連続測位をする機能である。

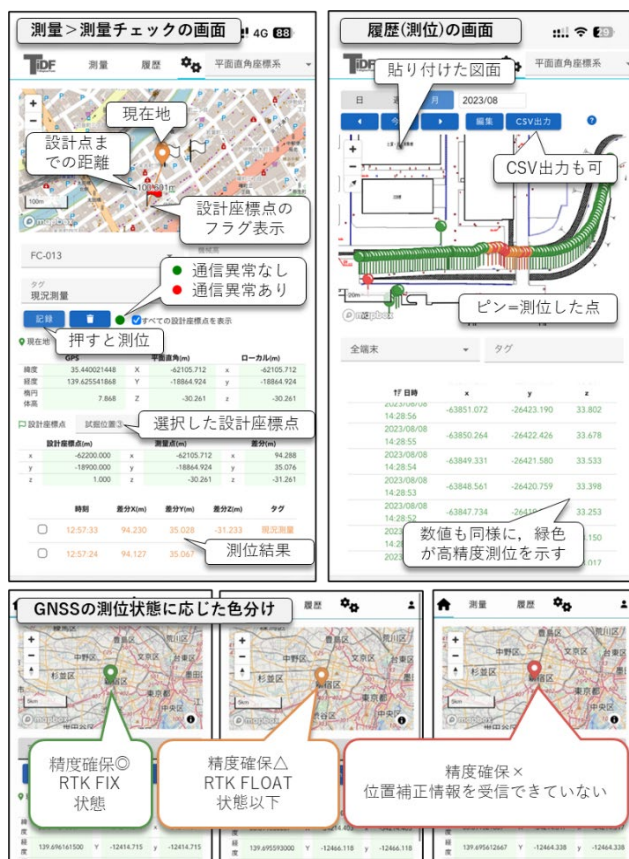


図-3 測量支援アプリの画面構成

②測量チェックでは、あらかじめ設定した設計座標点との差分をリアルタイム表示・記録する。また、その差分の大きさを 3 段階の音により表現する機能を備えている。

③距離計測では、始点と終点の 2 箇所を測位することで、水平距離・斜距離・高さ差分を計測する。

④面積計測では、多角形の頂点ごとに測位することで、平面面積を算出する機能である。

⑤台形体積計測では、オベリスク法を用いて 6 点を測位することで、成形された四角錐台の体積計算を行う機能である。

⑥履歴機能では、計測結果を一覧表示や地図に表示させ閲覧や CSV 出力機能を行うことができる。また、記録に対応したタグとメモを記載し、結果を絞り込むことも可能である。

⑦図面設定では、マップ画面上に図面や航空写真等をオーバーレイ表示する機能である。これにより測位結果と図面を照らし合わせることが可能となる。

⑧ローカル座標系設定では、施工箇所特有のローカル座標系を設定し、構造物の軸などの任意座標に換算することが可能である。

⑨3DCAD 連携では、3 次元 CAD と相互連携し、計測結果を 3 次元 CAD 上にリアルタイムに表示する機能である。

3. 精度検証

Field Checker は市販品を組み合わせ構成していることから出荷前に精度検証を行っている。精度検証は、技術センター（神奈川県横浜市）にて、既知点を Field Checker で「測量チェック」し、その差分を求めた。26 機の Field Checker にて延べ 51 回の測量チェックを実施し、すべてで RTK FIX 解を得られた。なお、既知点は 1 級 GNSS 測量機で公共測量作業規程準則に準じたスタティック測量方式により座標を算出している。水平差分を図-4 に、鉛直差分を図-5 に、計測結果を表-1 に示す。

水平成分は、51 回中 48 回が既知点との差分が 0.03m 以下であった。また、鉛直成分は、51 回中 47 回が既知点との差分が 0.03m 以下であった。

次に、距離計測・面積計測・台形計測機能を使用したときの設計値と実測値との差を表-2 に示す。

距離計測では、設計値 5.000m に対し実測値は 5.018m となり、差は 0.018m(0.4%)であった。

面積計測では、3 点計測し三角形の面積を算出した結果、設計値 12.500m² に対し実測値は 12.522m² となり、差は 0.022m² (0.2%)であった。

台形計測では、設計値 16.333m³ に対し実測値は 16.540m³ となり、差は 0.207m³ (1.3%)であった。

測量機器性能基準⁵⁾において、国土地理院登録 GNSS 測量機の公称測定精度は±30mm 以下（基線長 5km の場合）とされている。

RTK-GNSS 方式は一般的に水平誤差が 2～3cm、鉛直誤差が 3～4cm であると言われている⁴⁾。このことから FIX 解が得られるような使用環境の条件が良い場合には、センチメートル級の精度であることを前提として仮設工など簡易測量作業において用いる運用としている。

4. 現場活用事例と適用効果

4.1 現場活用事例

(1) 計測結果をリアルタイムに共有

Field Checker では、すべてのデータが自動的にクラウドに保存され、ボタンを 1 タップするだけでデータ化と工事関係者への共有が完了し、測量結果や設計座標点をリアルタイムに相互共有できる。

その例として埋設管協議が挙げられる。現地で作業者が試掘結果を測位すると同時に、事務所の図面管理者が結果を即時確認し、図面に反映することが可能である。そして、埋設物の情報を現場とリアルタイムに共有しながら発注者と協議し、作業を進めることに繋がる。

逆に、設計者が机上検討した座標を設計基準点として入力すると、現地作業者のスマートフォンに反映される。このため、即時に現地確認が可能となり、支障物の確認や計画変更などを素早く協

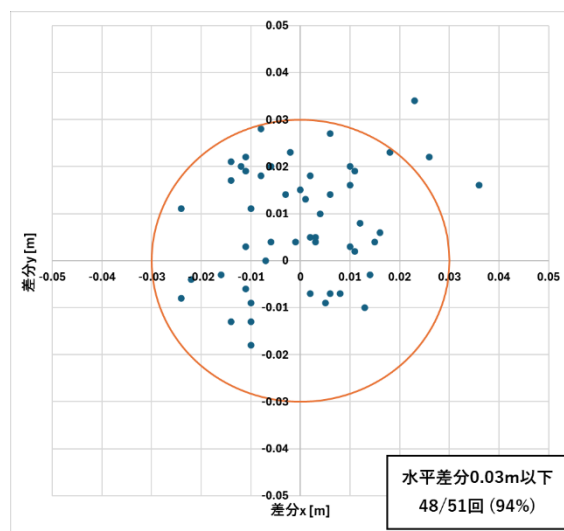


図-4 誤差検証における水平差分[m]

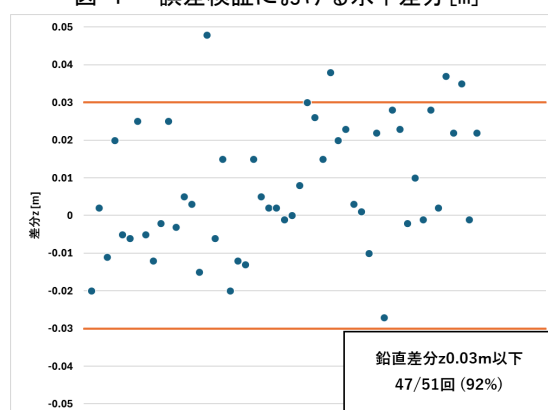


図-5 誤差検証における鉛直差分[m]

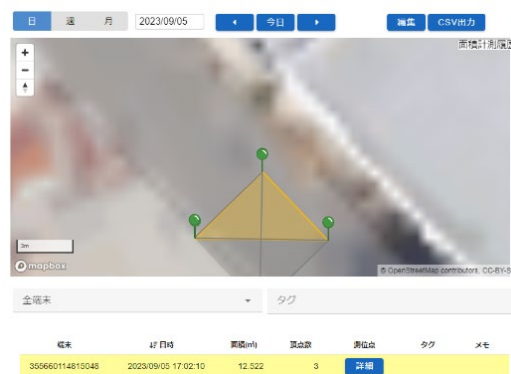


図-6 面積計測結果画面

表-1 測量チェック機能の計測結果

成分	X	Y	Z
データ数	51	51	51
平均[m]	0.0002	0.0079	0.0076
標準偏差[m]	0.013	0.012	0.017

表-2 距離計測・面積計測・台形計測機能の計測結果

機能	設計値	計測値	差
距離[m]	5.000	5.018	+0.018 (0.4%)
面積[m ²]	12.500	12.522	+0.022 (0.2%)
台形体積[m ³]	16.333	16.540	+0.207 (1.3%)

議やリアルタイムに共有しながら発注者と協議し、作業を進めることが可能となる（図-7）。

これら測量情報のリアルタイム相互共有により、関係者間の協議に要する時間を大幅に短縮でき、施工効率が高まり生産性向上に寄与する。

(2) 端末画面上で設計図面と測量結果を比較

端末機器の画面に表示した地図上に、設計図面を高精度に貼り付けて表示可能なため、従来のように事前に CAD ソフトウェアを用いて設計図面から座標値を取得することなく、位置出しや測量チェックを行うことが可能であり、設計図面と計測結果を容易に比較することができる。

その一例として、空港に隣接している工事では航空法により制限標高が定められており、クレーンの使用高さの管理が課題となる。そこで、図-8 のように測量支援アプリのマップ画面で制限標高を表示した。

コンタ図を貼り付け、現地で測位することにより、現位置の標高と制限標高が分かり、作業可能な高さの管理に活用することができた。

※作業可能な高さ＝コンタ図の数値－現位置標高

4.2 現場適用効果

(1) 従来の測量方法との生産性向上効果

ワンマン測量の代表的な機器としては、自動追尾型トータルステーションが挙げられる。これは一度補足したターゲットを自動追尾することでワンマン測量を可能とするが、既知点への機器の設置と、視通が必要といった運用上の制約がある。これに対して Field Checker は GNSS 信号と補正情報を受信できれば場所や視通を問わないため、運用上の自由度が高く、簡易測量への適応性が高い。

また、RTK-GNSS 方式を用いた測量機器は様々な製品があり、測位機能や杭打ち機能を保有しているが、データは測量機器や操作端末に保存され、タイムリーに工事関係者へ共有する機能は有しない。これに対して、Field Checker は距離計測、面積計測、台形体積計測などの工事現場での計測機能を持ち、記録から共有まで1タップで完了できる。

Field Checker の導入による簡易測量作業について述べる。従来は二人一組で行っていた簡易測量作業を一人で効率よく行えるようになり、従来の測量機器を用いた作業と比較して作業時間を短縮できた。以下の表-3 と図-9 に、10 点の測量を想定し試算した場合のトータルステーション (TS) と Field Checker (FC) の作業内容時間の比較を示す。これは、従来の二人一組の作業が不要になったことでワンマン測量ができたこと、機器の据付などの事前準備や、その後のデータ整理・共有する時間が不要となったことにより合計作業時間が 150 分から 22 分へ削減できることから、85%の生産性向上が得られることを確認した。



図-7 埋設管試掘後の測位結果共有例

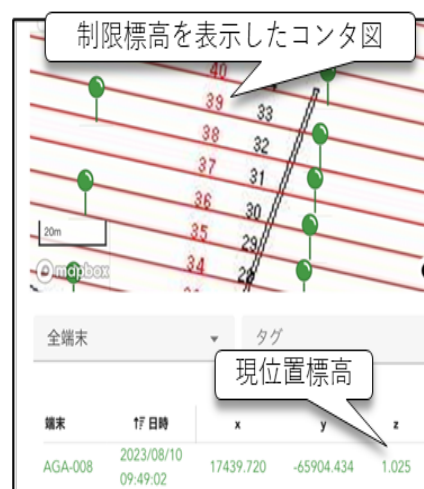


図-8 マップ画面へ図面と測量結果の表示例

表-3 TS と FC の作業時間比較 (分)

作業内容		TS	FC
現場作業	機材準備	10	1
	測量 (計 10 点)	50	20
	片付け	10	1
	人数	×2 人	×1 人
	小計	140	22
デスクワーク	データ整理	10	0
	人数	×1 人	×1 人
	小計	10	0
合計時間		150	22

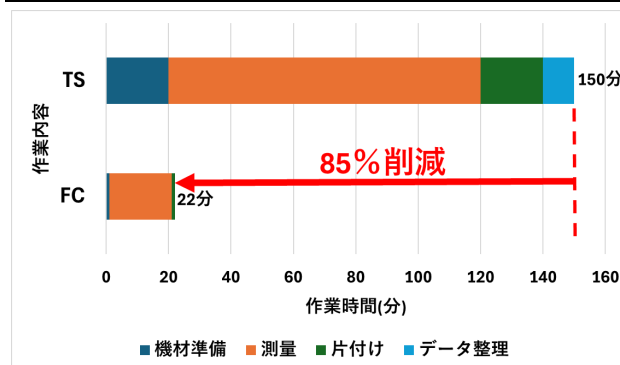


図-9 TS と FC の作業時間比較

(2) 経済的効果

Field Checker の導入により、1人で測位と記録が可能のため、ターゲットやスタッフなどを持つ測量補助員も不要となり、簡易測量に関わる労務者を大幅に削減でき、経済的なメリットとなる。また、従来は野帳や測量機器へ記録されたデータから人力で報告書等を作成していたが、Field Checker で計測後ただちにクラウド上に計測データが保存・共有され、差分算出結果などが Web ブラウザでいつでもどこでも閲覧可能であるため、報告書作成に要する業務を削減することができ、労務（費用）の削減に繋がる。

また、トータルステーションやレベルなどの詳細な測量機器は高価であり、工事現場ごとに1台が関の山であるが、Field Checker 一式は安価であるため、「現場に1台」から「1人に1台」が可能となる。

(3) 波及効果

従来のトータルステーションでは最小の測量点数で位置情報を管理していたが、Field Checkerでは従来の手法に比べ非常に手軽であり、時間当りの測量点数を飛躍的に増やすことが可能となる。そのため、利用ユーザーから「取れるだけ点をとっておく、思い立ったらすぐ取る、との形に管理方法が変わった」との意見もあり、その手軽さゆえに「測量DX」とも言うべき、測量に対する方針・概念の根本的な変革をもたらす波及効果があった。

また、同様の機材を用いて、重機の高さを連続測位することで、バックホウ等の高さをリアルタイムにオペレーターが把握することにより、粗掘削の丁張をすることなく掘削高さを把握可能な重機高さ管理アプリへ展開も進んでおり、他分野への波及効果も得られている。

(4) 現場導入実績

Field Checkerは、開発後約2年の2025年7月時点において、大成建設グループ会社の45現場に対し、延べ105機の導入実績がある。利用ユーザーによるロコミや異動先の現場にて利用が更に広がるなどの相乗効果も相まって、造成、ダム、道路、電力、鉄道など様々な工種の工事現場において活用されている。

5. まとめ

従来、二人一組で行っていた簡易測量作業の省人化・省力化を目指し、GNSS測量機器とクラウドを一体化させた測量支援アプリ「Field Checker」を開発した（図-10）。本論文では、Field Checkerの精度検証及び現場適用における生産性向上の評価を行った。その結果、使用条件が良好な環境においては水平誤差と鉛直誤差ともに概ね3cm以下であることからRTK-GNSS方式における一般的な誤差と

同等であることが確認された。また、トータルステーションを用いた場合と比較し作業時間を85%削減可能なことを確認できたことから、測量DXとも言えるような生産性向上に繋がることを確認した。

今後は、ビルや木々が立ち並ぶような上空視界率が低い環境での精度向上を目指すなど、Field Checkerが適用可能な範囲をさらに拡大し、引き続き簡易測量業務の省力化に貢献していきたい。

簡易測量作業でもトータルステーションなどを使用



T-iDigital Field の活用

簡易測量作業の省力化



ワンマン測量により生産性85%向上
(TSとの作業時間比較)

図-10 Field Checker の概要と効果

参考文献

- 1) 太田 兵庫・片山 三郎・石井 喬之・釜本 拓哉：衛星測位とクラウドを組み合わせた測量支援システムの開発，土木学会第79 回年次学術講演会，CS9-07
- 2) 大成建設株式会社：クラウドを活用した測量支援アプリケーション「Field Checker」を開発，2023，https://www.taisei.co.jp/about_us/wn/2023/231110_9817.html
- 3) 片山 三郎・石井 喬之・三谷 一貴・宮本 真吾・千葉 勇也：現場管理システム「T-iDigital® Field」の開発，大成建設技術センター報，第56号，46，2023
- 4) 国土交通省九州地方整備局：情報化施工を実現する技術，公共事業における情報化施工の概要，https://www.qsr.mlit.go.jp/ict/technology/jitsugen_3.html
- 5) 国土地理院：測量機器性能基準，国地達第28号（令和5年3月30日一部改正）