

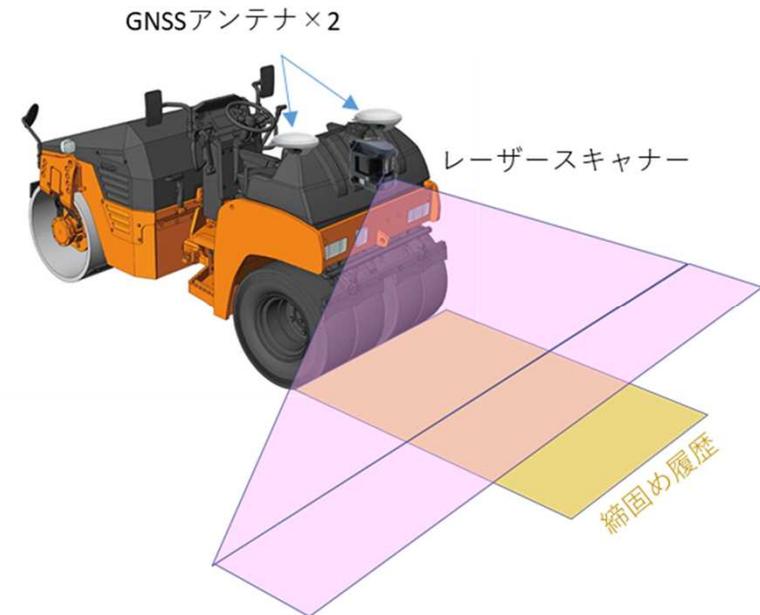
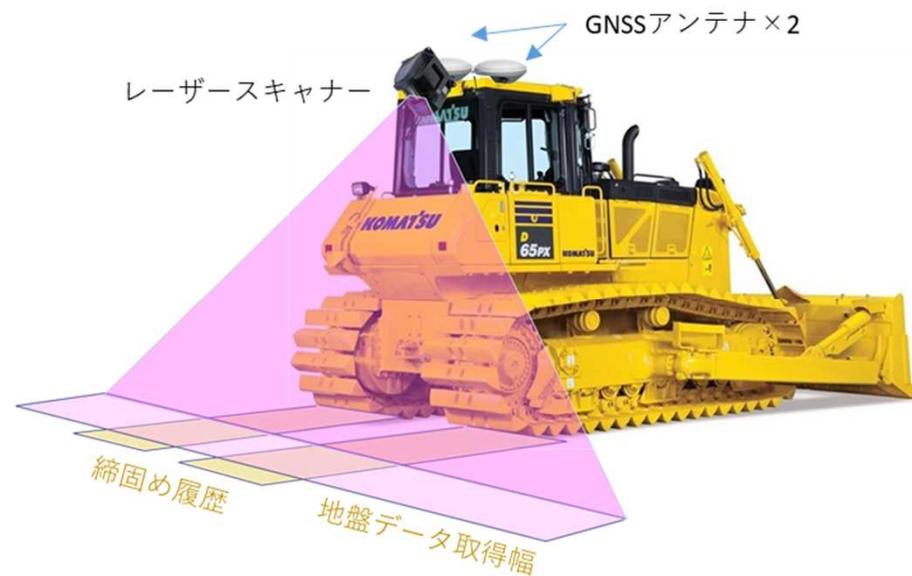
# 建設現場の生産性を飛躍的に向上するための 革新的技術の導入・活用に関するプロジェクト 令和元年度試行結果に関する報告会



金杉建設(株)  
(株)アクティブ・ソリューション  
(株)創和  
コンソーシアム

## ■ 試行業務の概要

本業務では、H30幸手地区堤防強化工事の施工現場において、締固め機械（ブルドーザー）に、レーザースキャナーを用いたリアルタイム出来形管理機能を付加した締固め管理システムを開発することを目的としている。これまでの締固め機械の移動履歴による締固め回数管理機能に加えて、締固め後の3D地盤データの自動取得により、高精度かつ高密度な施工履歴による出来形管理、ならびに施工層厚管理を実現する。



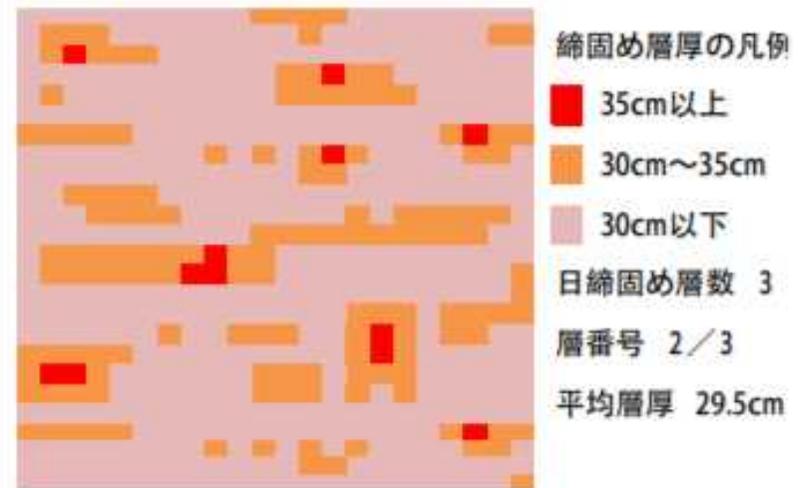
## ■ 試行業務の背景

「平成31年3月版 TS・GNSSを用いた盛土の締固め管理要領」に、締固め層厚分布図による巻出し厚の管理方法が規定されていることに加え、新たに試行されている「平成28年3月版 施工履歴データによる土工の出来形算出要領(案)」には、締固め管理システムを搭載した機械を用いた出来形算出について提案がなされている。従来の締固め管理システムでは、データの信頼性ならびにデータ密度など不十分な点もあり、それらデータの信頼性および高精度化が必要とされている。

まき出し管理写真 1回/200m イメージ

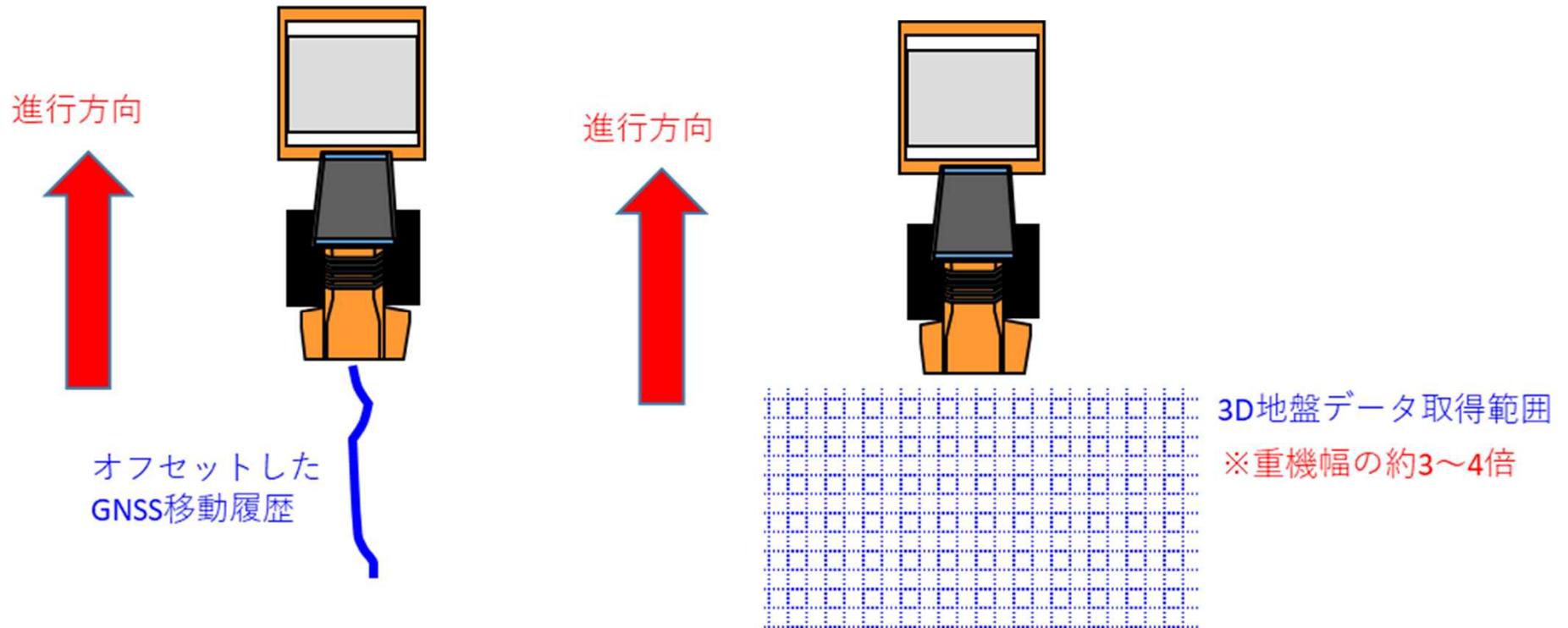


締固め層厚分布図のイメージ



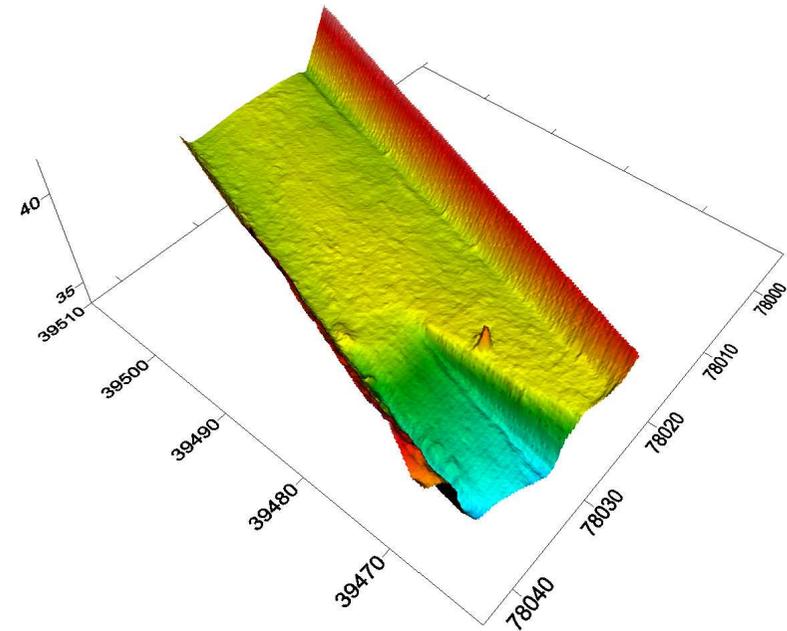
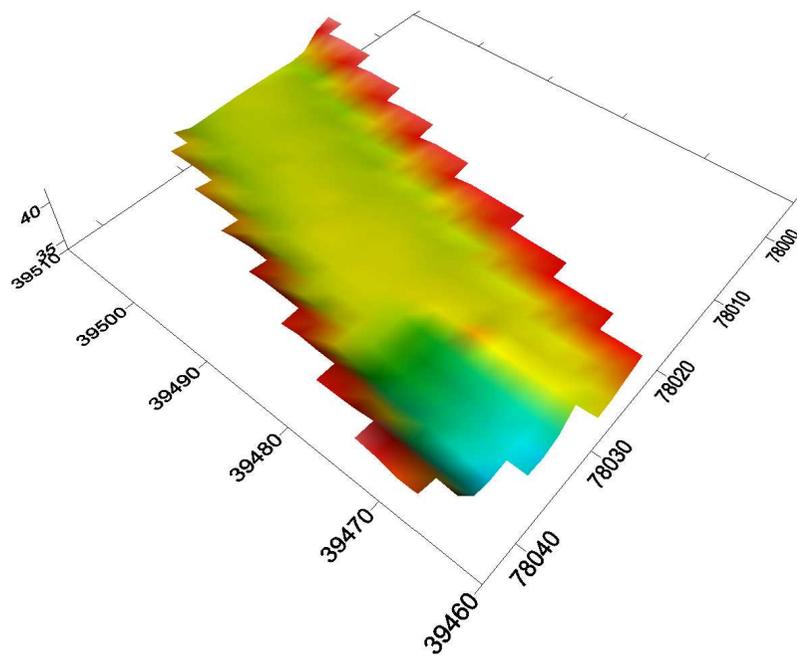
## ■従来技術との違い

従来の締固め管理システムでは、GNSSの移動履歴とGNSSアンテナ位置のオフセット機能により、出来形データを取得する。傾斜補正や方向補正が十分になされておらず、取得できるデータもオフセット位置の移動による線データとなる。それに対して本システムでは、方位出力が可能なGNSS受信機とIMUによる高精度姿勢補正に、レーザースキャナを組み合わせ、高精度・高密度な3D出来形データを取得する。



## ■本業務の目標

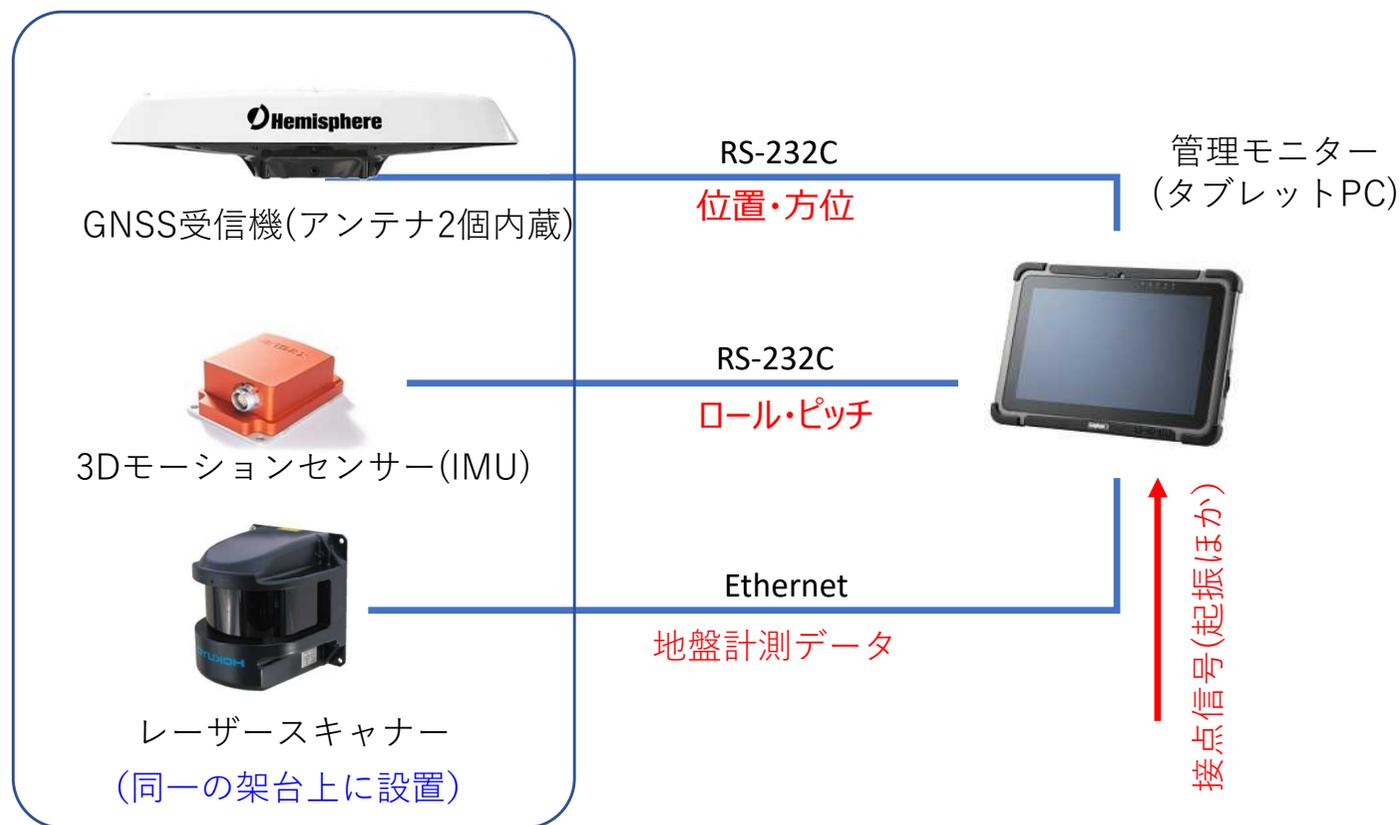
- ・「TS/GNSSによる締固め管理要領」（層厚管理含む）に完全対応する。
- ・高精度かつ高密度な3D地盤データを施工と同時に取得する。取得したデータは汎用の点群処理ソフトウェアにて処理できるものとする。
- ・レーザースキャナーの設置角度を変更することで、重機搭載型の法面等の出来形測量システムとしても適用を模索する。



データ取得メッシュの違いによる地盤再現性の変化

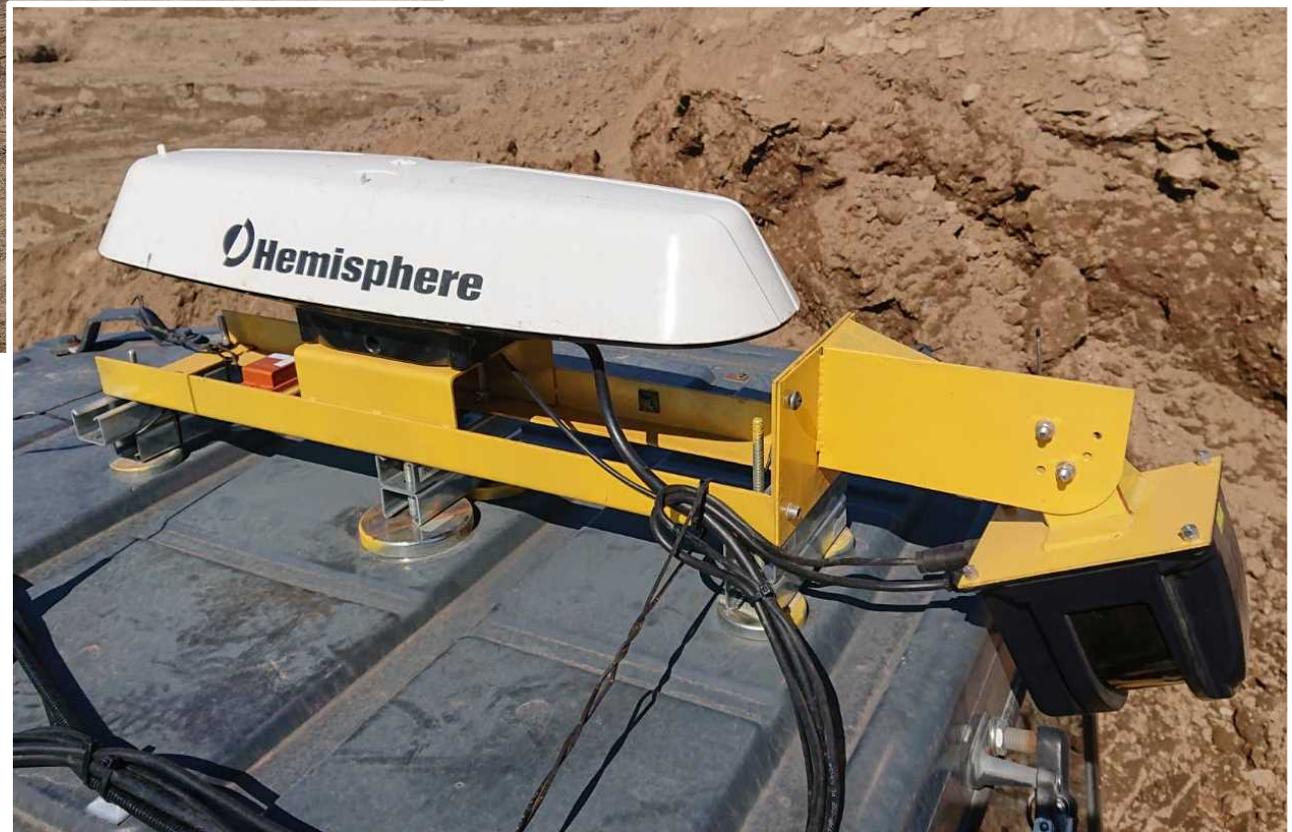
## ■システムの構成

H30幸手地区堤防強化工事の施工現場におけるシステム構成を下記に示す。



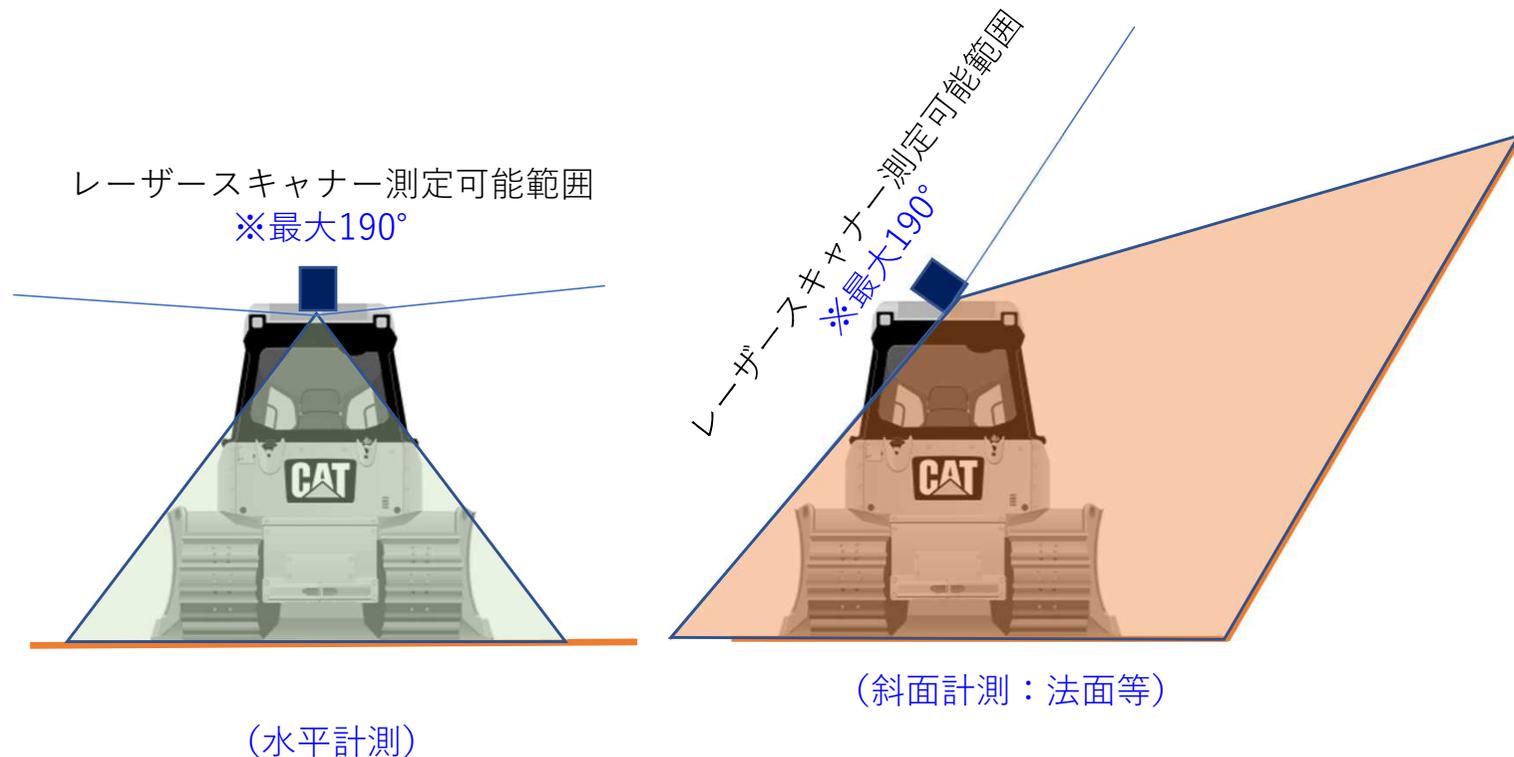
機器名	型式	数量	備考
レーザーセンサー	北陽電機 UXM-30LXH-EWA	1台	190° 幅、±30mm
GNSS受信機/コンパス	Hemisphere V320	1台	位置/方位/ピッチ
3Dモーションセンサー	MTi-20 VRU	1台	2軸、精度0.4°
管理用コンピュータ	Logitec ZEROSHOCK LT-WMT10	1台	Win10、RAM4G、SDD250G
車載用電源装置		1個	DC24V/DC12V
モバイルWiFi		1個	遠隔操作用

## ■現場状況



## ■ 出来形データ取得のイメージ

試行するシステムによるデータ取得イメージを下記に示す。目的とする締固め後の地盤計測のほか、斜面計測の可能性についても可能性を模索する。



### 【確認項目】

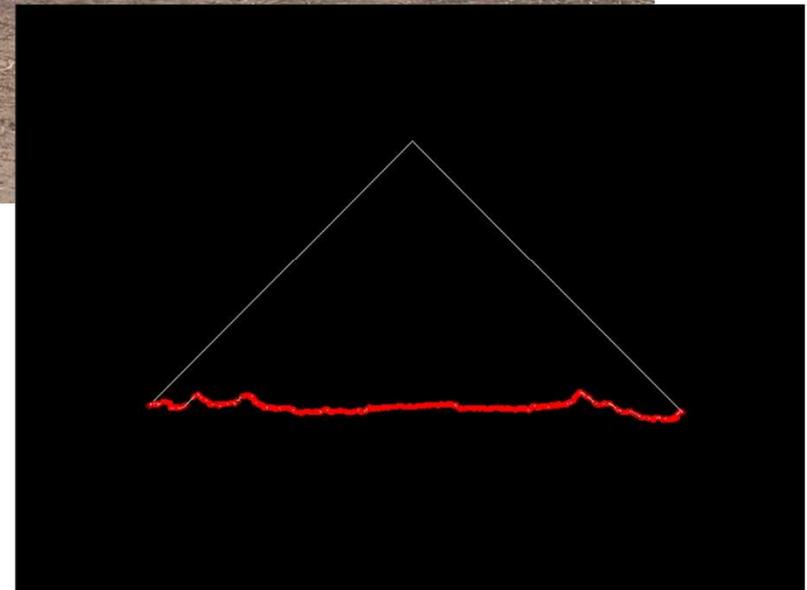
- ・ 総合計測精度：レーザー単体距離精度  $\pm 30\text{mm}$ （距離15m）
- ・ 計測範囲：スキャン幅と分解能の関係性
- ・ 最小メッシュ幅：スキャン速度と施工速度の関係性

# 計測状況



レーザー  
計測状況

計測状況



## ■目標の達成状況

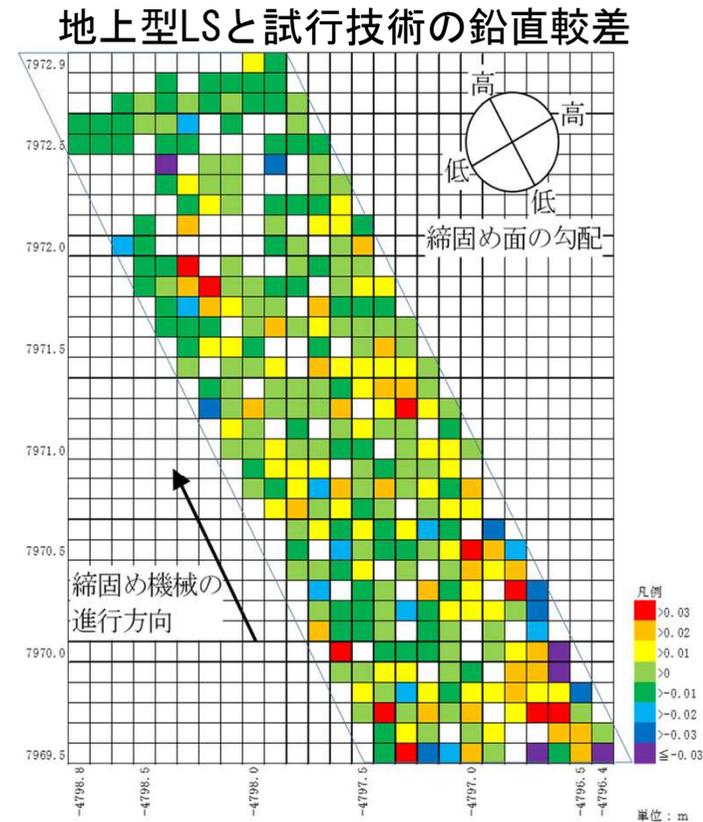
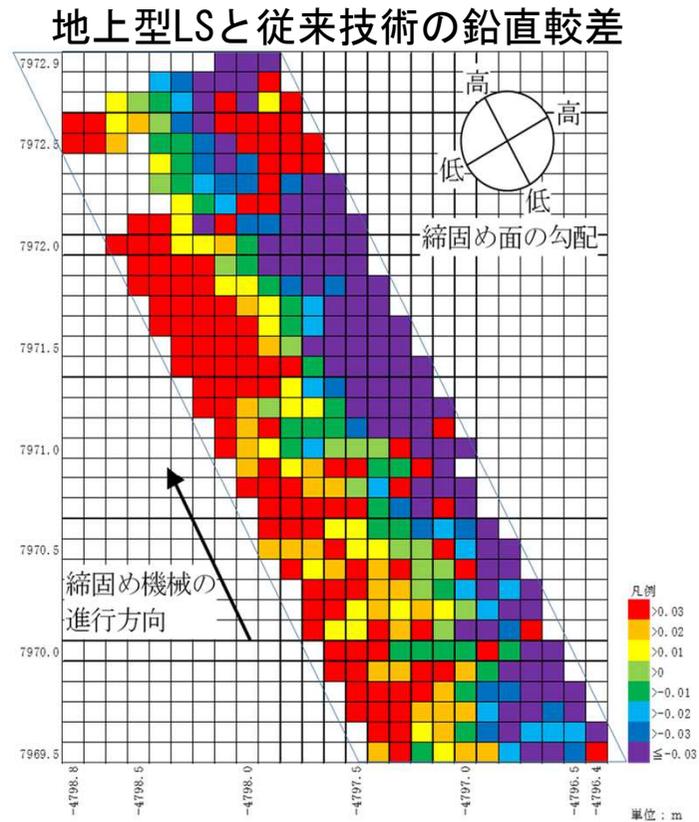
番号	目標	達成状況
1	3D締固め管理システムの開発	<ul style="list-style-type: none"><li>・ GNSS機器による位置情報、IMUによる傾斜情報、搭載型LSによる計測情報がリアルタイムに取得できることを確認。</li><li>・ 出来形データが重機搭載PCでリアルタイムに自動更新されることを検証。</li></ul>
2	実用性の検証	<ul style="list-style-type: none"><li>・ H30幸手地区堤防整備等工事 →キャリブレーション手法の確立＝搭載型LS設置精度の計測方法を確立。 →実用性の検証1＝搭載型LSでリアルタイムに計測した出来形データと地上型LSで計測した出来形データを比較し、10cmメッシュ平均値で標高較差±30mm以内に収まっていることを確認。</li><li>・ R1利根川右岸原坪外2箇所堤防強化（上・下）工事 →実用性の検証2＝搭載型LSでリアルタイムに計測した出来形データと地上型LSで計測した出来形データを比較し、1mメッシュ平均値で±50mm以内に収まり、個々の計測値で±150mm以内に収まることを検証。</li></ul>

## ■従来技術と試行技術の比較

項目	従来技術	試行技術
システム名	<ul style="list-style-type: none"> <li>GNSS締固め管理システム</li> <li>地上型LSによる出来形計測</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>3D締固め管理システム</li> </ul>
概要	<ul style="list-style-type: none"> <li><u>GNSS締固め管理システム</u>では、GNSSの移動履歴とアンテナ位置からのオフセットにより、出来形データを取得する。</li> <li><u>地上型LSによる出来形計測</u>では、指定した範囲の地形を面的に取得し、ノイズ処理を行って出来形を生成する。</li> </ul> <div data-bbox="544 975 1077 1289" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="853 1369 1240 1410">緑：地上型LSの計測範囲</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li><u>3D締固め管理システム</u>では、GNSSアンテナ位置とIMUにより、締固め機械に搭載した搭載型LSの傾斜および方向をリアルタイムに求め締固め面を直接計測し、出来形を生成する。</li> </ul> <div data-bbox="1292 762 2051 1353" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="1697 1369 2085 1410">緑：従来技術の計測範囲</p>

# 品質の向上に対する検証結果

## 傾斜面での地上型LSと対象技術との計測値差



※■と■が鉛直較差±30mm 超え

番号	対象技術	平均較差 (mm)	最高較差 (mm)	最低較差 (mm)	全数 (セル)	規格外 (セル)	規格外率 (%)
1	従来技術	+0	+230	-114	344	190	55.2
2	試行技術	+4	+62	-57	302	15	5.0

規格外：地上型LSと対象技術の鉛直較差が±30mm以上

## ■品質の精度に対する検証結果

- ・ 試行技術では、GNSSによる最大較差(水平±20mm、垂直±30mm)と搭載型LSによる最大較差(±20mm)を生じる可能性あり。
- 搭載型LSと締固め面までの距離が数mしかないため、搭載型LSによる最大較差は小さくなる。
- 出来形管理要領や出来高算出要領が求める精度は満足できると推測。
- ただし、地上型LSと試行技術を比較した場合、試行技術のほうが精度は低下する。

2019年10月7日計測データの地上型LSと搭載型LSの較差

範囲 (mm)	データ数 (個)	分布 (%)
+30 ~	10	3.3
+20 ~ +30	31	10.3
+10 ~ +20	57	18.9
0 ~ +10	98	32.5
-10 ~ 0	82	27.2
-20 ~ -10	12	4.0
-30 ~ -20	7	2.3
~ -30	5	1.7

垂直較差	個数
±30mm以上	15 個
±30mm以内	302 個

項目	数値
+最大較差	63 mm
-最大較差	-58 mm
平均値	5 mm

## ■ 試行結果のまとめ

- ・ 搭載型LSでリアルタイムに計測した出来形データと地上型LSで計測した出来形データを比較し、10cmメッシュ平均値で標高較差 $\pm 30\text{mm}$ 以内に収まっていることが確認できた。
- ・ 施工中の振動を直接受けるブルドーザに搭載しても故障すること無く、計測精度も低下しなかった。
- ・ 搭載型LSの取得角度を前後左右自在に設定し、平面に限らず法面も計測可能であることを確認した。
- ・ 地上型LSは設置に一定の時間と場所を要するが、搭載型LSは設置の時間と場所が不要なため、計測をスムーズに行えることが確認できた。
- ・ 地上型LSは計測時に視通を確保するため計測するためには施工終了まで待つか、施工を一時中断する必要があるが、搭載型LSは建設機械が通過できれば良いので、施工を妨げることが少なかった。
- ・ 試行技術では、搭載型LSをIMUの傾斜情報とGNSSの位置情報・方向情報でリアルタイムに補正しているため、傾斜面やICT締固め機械旋回による影響は受けず、標高や水平座標を高精度に計測することができた。

