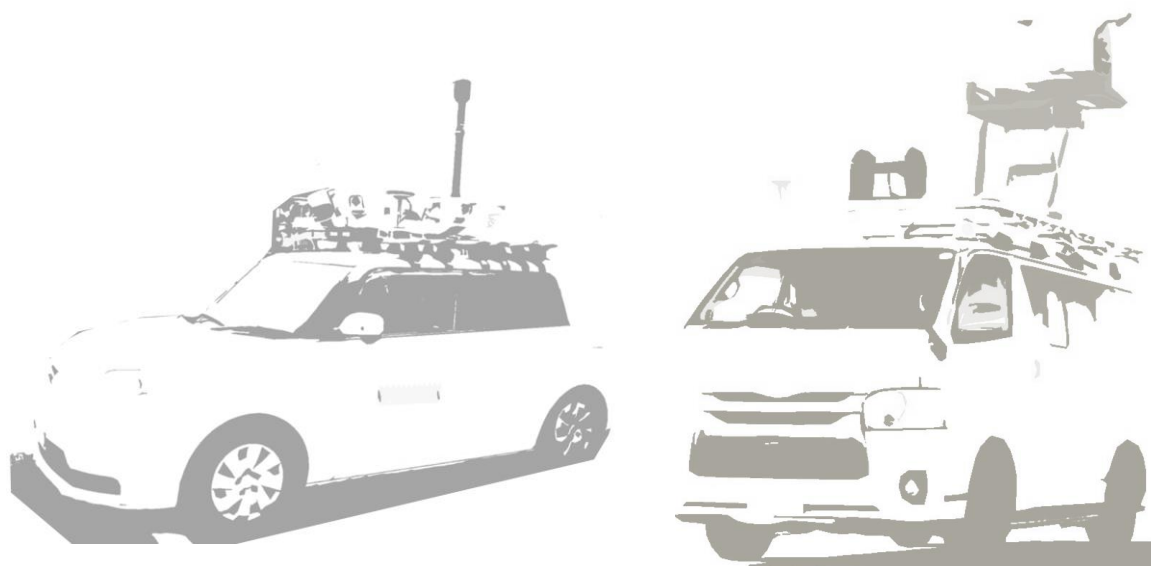


河川管理における MMS利活用事例集



国土交通省
関東維持管理技術センター
(関東技術事務所)

平成 29 年 2 月

はじめに

MMS とは、Mobile Mapping System の略で、「移動計測車両」と一般に和訳される。

この MMS の直轄事業での活用は、道路事業で先んじて進められており、河川事業での活用は、平成 23 年度の「堤防の 3 次元変状等をモービルマッピングにより広域かつ高精度に把握する探査技術」（国土交通省国土技術政策総合研究所）に端を発している。

今般、この国土技術政策総合研究所の研究成果、各地方整備局及び北海道開発局での試行検討結果を基に、平成 28 年度に関東技術事務所で河川事業における MMS の活用の可能性についてとりまとめたものが本事例集である。

本事例集では、MMS という新技術を現場へ適用するにあたっての基本事項及び留意点、具体的な適用事例を踏まえながら、使用機器や標準的な計測方法についてとりまとめ、現場での参考書となるよう作成している。

また、本事例集の作成にあたり、我々なりに検討を十分に行ったものと思っているが、実際に現場で活用した場合に適当でない箇所もあろうかと思うので、その際には遠慮なく意見を頂戴できればと思うところである。

なお、今後の技術の進歩及び現場での創意工夫からより良い運用方法の発見等により内容の見直しが必要となることが十分予期されることから、本事例集の適宜見直しを図っていく予定である。

最後に、本事例集のとりまとめにあたり、国土交通省水管理・国土保全局、国土技術政策総合研究所、各地方整備局及び北海道開発局に多大なご支援とご協力を頂いた。この場を借りて感謝申し上げる次第である。

平成 29 年 2 月

関東技術事務所長 鈴木 勝

本編 目次

I.総説	I-1
1 目的	I-1
2 MMS とは	I-1
3 検討経緯	I-4
4 本利用方針（案）の構成	I-5
II.計測	II-1
1 計測機器と照射点密度・点間隔	II-1
2 搭載機器	II-2
3 計測成果の品質	II-3
4 河川管理におけるMMSの適用項目	II-5
5 計測対象・計測環境条件による留意点	II-7
III.MMS利用方針（案）	III-1
1 測量	III-1
1.1. 連続的な堤防天端高さの把握	III-1
1.2. 連続的な堤防横断形状の把握	III-6
1.3. オルソ画像	III-9
1.4. 河川基盤図の更新	III-12
2 堤防等及び河道の点検	III-14
2.1. 函体の抜け上がり	III-14
2.2. 門柱の傾き	III-17
2.3. はらみだし、陥没等の変状・変位検出	III-20
2.4. モニタリング（堤体の沈下）	III-30
2.5. 標識等の管理や不法行為への活用	III-32
2.6. 洪水痕跡水位調査	III-36
3 河道流下断面の維持管理	III-38
3.1. 河道の点検	III-38
4 その他活用方法	III-42
4.1. 氾濫原浸水痕跡調査	III-42
4.2. 全周囲画像の活用	III-45
4.3. 計測頻度	III-49
4.4. i-Construction（土量計算）	III-52
IV.MMS計測成果の整理	IV-1
1. MMS 計測成果	IV-1
2. 成果仕様	IV-1
V.安全管理	V-1
1 安全管理の基本的事項	V-1
2 計測準備時の安全管理	V-2
3 計測直前の安全管理	V-3
4 計測実施時の安全管理	V-5
5 計測後の安全管理	V-7

参考資料 目次

1. 計測技術を用いた河川管理	1
1.1. MMSを用いた河川管理手法の検討.....	1
1.2. その他計測技術を用いた河川管理	2
2. MMS計測にかかる標準仕様書（案）	4
3. UAVレーザの検証	9
3.1 目的.....	9
3.2 砂州形状取得	9
3.3 大規模堤防補完	10
3.4 樹木繁茂状況把握	11
3.5 i-Construction への適用性検討.....	12
3.6 植生の影響検討	13
4. 理論上の照射点密度・点間隔早見表.....	14

I. 総説

1 目的

河川維持管理は、堤防の決壊やはん濫等による水害の防御及び良好な河川環境の保全、地域の公共空間としての利用を確保するものであり、対象となる河川管理施設は、堤防、護岸、根固工、水制工、樋門・水門、床止め・堰、排水機場、陸閘、河道など多岐にわたる。

また、多くの河川管理施設は高度経済成長期に整備されており、整備後 40 年を経過する施設数の割合は現状で全体の約 4 割、10 年後には約 7 割、20 年後には約 8 割になると予想されている。

このような状況のなか、長大な堤防や広大な河川空間を継続的に管理していくためには、科学技術の進展を踏まえた計測技術や ICT（Information and Communication Technology）を活用した現場における管理実務の合理化、高度化を図る必要がある。

本利用方針（案）では、平成 23 年から平成 28 年までに試行されてきた河川管理における MMS（Mobile Mapping System）の適用性検討成果（以下、「MMS 試行検討成果」という。）を踏まえ、「測量」、「河川の状態把握」、「河道流下断面の維持管理」、「その他活用方法」などの視点から、MMS 計測方法や MMS 取得データの活用方法を示し、河川管理の効率化、高度化を図ることを目的とする。

2 MMSとは

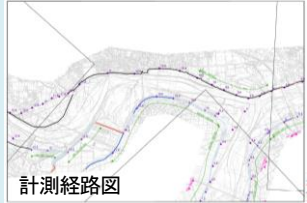
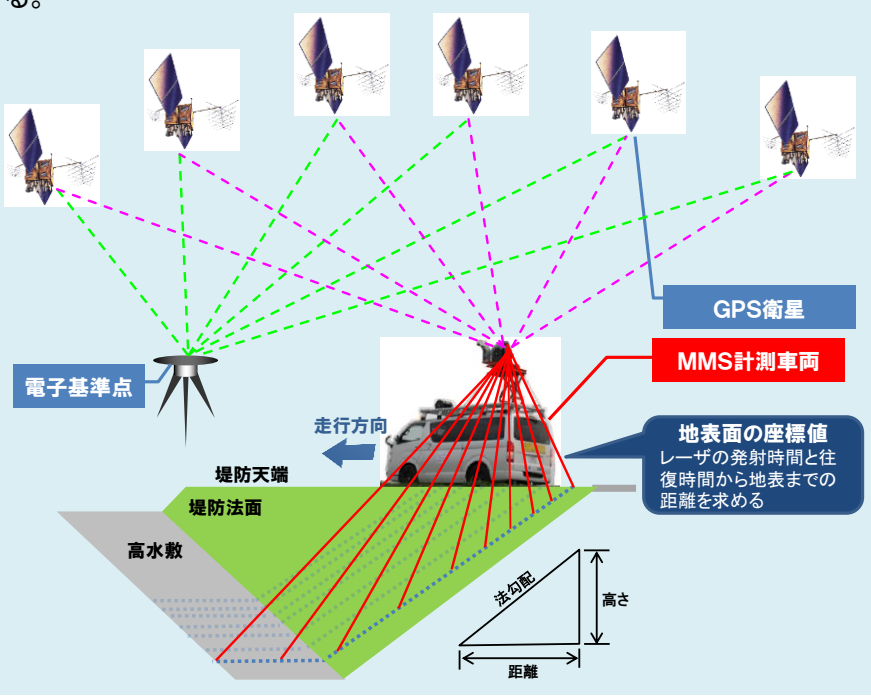
移動計測車両（以下、「MMS」という。）は、自車位置姿勢データ取得装置により車両の位置・姿勢及び搭載されたレーザ測距装置により周辺地物を移動して取得するとともに、デジタルカメラの連続撮影により、3 次元データの取得範囲の画像を同時に取得することができるシステムである。走行可能区間であれば、連続的に 3 次元データの取得が可能である。

特に、MMS は、堤防天端を連続的に走行することにより シームレスな標高を高密度で取得 することができるため、計画高水位に対して 局所的に低い箇所を把握 できるとともに、堤防天端の広域的かつ面的な変状の把握 や 堤体のモニタリング（堤体の沈下） などについて、目視では判断が困難なものに対して有効な手段である。



図 2-1 MMS の概要

MMS計測からデータ取得・解析までの流れ

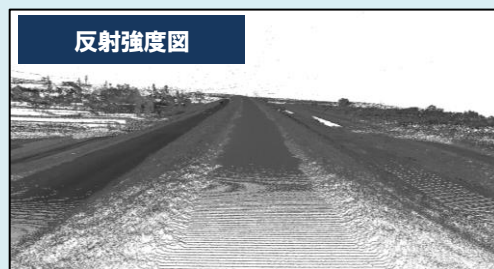
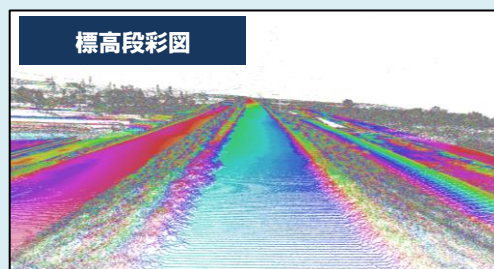
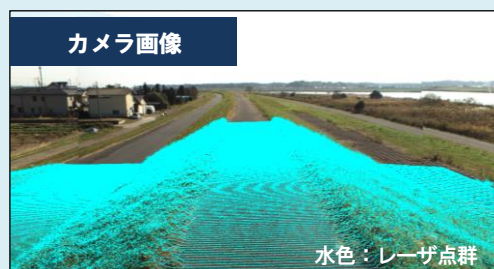
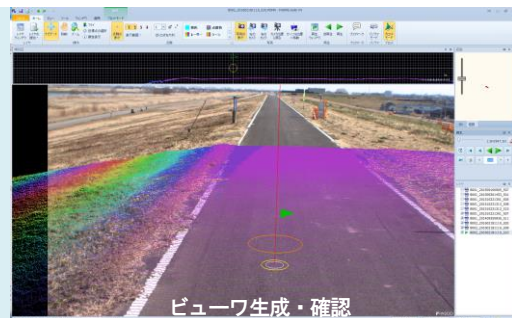
1 計画準備	資料収集整理	MMS計測にあたり、河川に関する基本条件を確認するため、 <u>河川管理基図</u> 、 <u>距離標座標</u> 、 <u>定期縦横断測量成果</u> 、 <u>河川改修計画資料</u> (築堤・掘込・無堤区間の把握)等を収集・整理する。
	基礎情報収集整理	<u>除草・集草スケジュール</u> がわかる情報を入手し、除草済区間から効率的に計測を行う。また、 <u>工事中区間</u> がわかる情報を入手し、MMS計測車両の走行不可箇所を把握する。
2 MMS計測計画	現地踏査	<u>河川管理施設等の立地状況</u> 等を把握し、データ取得可能かを必要に応じて確認する。 <u>車止め位置(鍵)</u> 、 <u>河川利用者の状況</u> を把握し、MMS計測計画に反映させる。衛星受信に影響する <u>上空視界支障箇所</u> を把握する。 
	計測計画立案	資料収集・基礎情報整理及び現地踏査結果を基に計測経路図を作成する。 <u>河川管理者との協議・調整</u> を行い、留意事項等を確認する。また、目的用途に応じた計測仕様(<u>照射数</u> 、 <u>照射高</u> 、 <u>走行速度等</u>)の設定を行う。 
3 MMS計測	MMS計測準備	衛星飛来予測、電子基準点の確認(固定局の設置・観測)、検証点の設置・計測、機器仕様の設定、キャリブレーション(レーザ・カメラ)を行う。 
	MMS計測	<u>3次元レーザ点群データ</u> の取得及び <u>カメラ画像データ</u> を取得する。複数の衛星を介して電子基準点等の情報を統合して自己位置を算出し、GNSS時刻による関連付けを行うことで、3次元位置座標を取得する。 

4 データ解析・処理

自車の位置と姿勢を基線解析又は最適軌跡解析より求める。自車の位置姿勢からキャリブレーションデータを用い、デジタルカメラやレーザ測距装置の位置姿勢を求める。また、解析結果の点検、調整処理、位置精度(水平位置、標高較差)の点検を行う。

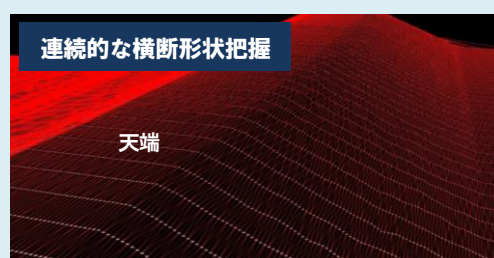
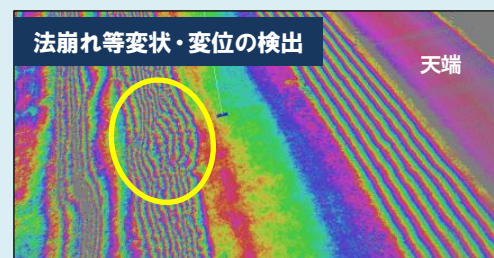
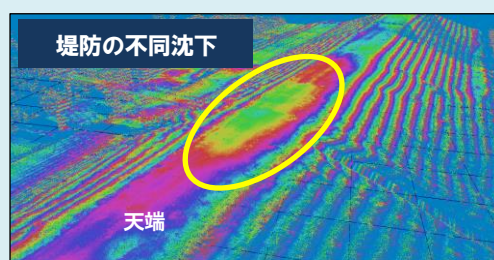
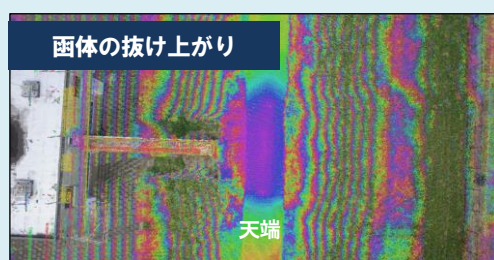
■ 取得データ

MMSは、レーザ点群との重畳可能なカメラ画像データ、標高値を色分けした標高段彩図、レーザ点群とカメラ画像を合成した色つき点群データ、レーザの反射率を相対的に示した反射強度図等が取得できる。



5 取得データによる見える化

MMSデータを取得することにより、函体の抜け上がりや堤防の不同沈下、法崩れ等の面的変状・変位が検出できるとともに、連続的な堤防横断形状を把握できる。



3 検討経緯

平成 23 年度から平成 25 年度にかけて、主に堤防点検への代替性についての研究・検討が行われ、それを受けて平成 26 年度に堤防点検への活用検討に対する全国的な試行が行われた。この結果、MMS から障害物により遮蔽される領域については変状を検出できないこと、モグラ等小動物の穴や亀裂などの微小な変状については検出が困難であること等の結果が得られ、従来点検の 100% 代替は困難であるとの結果になった。

平成 27 年度は、堤防点検に限定せず、河川管理全般に対する MMS の適用性について、幅広い視点から検討が実施され、「連続的な堤防天端高さの把握」、「連続的な堤防横断形状の把握」、「構造物点検への活用検討」等への適用性が高いとの結果を得た。

さらに、平成 28 年度には、関東技術事務所において平成 23～27 年度までに未検討であった計測頻度の検討や新たな分野での利活用等を検討し、本利用方針（案）に反映している。

これまでの検討経緯を表 3-1 に示す。

表 3-1 これまでの検討経緯

年度	業務名 等	発注機関	主要検討目的	主な成果
H23～24 年度	堤防の 3 次元変状等をモバイルマッピングにより広域かつ高精度に把握する探査技術	国土交通省 国土技術政策 総合研究所	河川管理における MMS の適用	① 堤防天端、法面全体の形状を面的に把握可能 ② 時期の異なるデータを用いて、堤体の変状等の状態を面的に把握可能
H25 年度	MMS を活用した河川堤防点検検証業務	国土交通省 近畿地方整備局 近畿技術事務所	代表河川における MMS を用いた堤防点検の代替性検討	① 堤防天端付近の変状の検出率が高い ② 面的な変状の位置特定、大きさ等を正確に把握可能 ③ 新探査技術を活用した堤防点検要領（案）の作成
H26 年度	H26 全国 MMS 試行検討業務	国土交通省 北海道開発局 及び 8 地整	全国の河川特性を考慮した MMS 堤防点検検討	① はらみだし等面的な変状把握は有効 ② 死角、微小変状、泥濘部等の検出率が低い
H27 年度	H27 全国 MMS 試行検討業務	国土交通省 北海道開発局 及び 8 地整	全国の河川特性を考慮した河川管理全般に対する MMS 適用性検討	① 抜け上がり、堤防沈下、門柱傾きや面的な変状・変位の検出に有効 ② 連続的な堤防天端高さや堤防横断形状が把握可能 ③ オルソ画像、河川基盤図更新、河道の点検など新たな活用方法の検討
H28 年度	H28 MMS を用いた河川堤防変状計測技術検討業務	国土交通省 関東地方整備局 関東技術事務所	MMS 利用方針（案）の作成	① 計測頻度・時期の提案 ② i-Constructin の適用性検証 ③ MMS 利用方針（案）の作成

4 本利用方針（案）の構成

本利用方針（案）では、河川維持管理の効率化、高度化の視点から、MMSの適用が有効なものについて、基本的事項や留意点、適用事例を踏まえながら、使用機器や標準的な計測方法についてまとめている。

本手引きの全体構成は以下のとおりである。

I. 総説

本利用方針（案）の目的、MMSの基本的な説明、これまでの検討経緯、本利用方針（案）の構成について記載した。

II. 計測

MMS利用に関わる搭載機器、計測成果の品質、目的・用途とレーザの取得仕様、河川管理におけるMMSの適用項目、計測対象・計測環境条件による留意点について記載した。

III. 利用方針（案）

平成 26・27 年度に行った全国MMS 試行検討成果をもとに、「測量」、「河川の状態把握」、「河道流下断面の維持管理」、「その他活用方法」等について、目的、概要、計測対象と計測仕様の関係、解析方法、得られる成果、留意事項、成果作成のための必要資料を掲載した。

IV. MMS 計測成果の整理

MMS 計測から得られた成果の形式・仕様及び記録方法等について記載した。

V. 安全管理

安全管理の基本的事項、計測準備時の安全管理、計測直前の安全管理、計測実施時の安全管理、計測後の安全管理について留意点などを記載した。

参考資料

計測技術を用いた河川管理、MMS 計測にかかる標準仕様書（案）、UAVレーザの検証、理論上の照射点密度・点間隔早見表について掲載した。

なお、本利用方針（案）では、以下の機関が作成した平成 25 年度から平成 28 年度までの河川に関わるMMS 試行検討成果を元に構成し、とりまとめた。

河川に関わるMMS 試行検討成果作成機関

国土交通省 北海道開発局、東北技術事務所、関東技術事務所、北陸技術事務所、中部技術事務所、近畿技術事務所、岡山河川事務所、出雲河川事務所、四国技術事務所、九州技術事務所、武雄河川事務所 以上、11 機関

II.計測

1 計測機器と照射点密度・点間隔

(1) 計測機器

MMSには、道路用MMSと河川用MMS（長距離高密度レーザ搭載）に大別される。

道路用MMSは、道路分野における台帳付図の整備、路面性状の把握のための基礎調査に活用されており、主に堤防天端の形状を面的に取得することが可能である。

河川用MMSは、堤防天端及び堤防法面全体の形状を面的に取得できるとともに、高水敷や樋門・樋管等構造物及び周辺地物の形状についても把握することが可能である。



図 1-1 MMSの概要

(2) 照射点密度、点間隔

MMSに搭載されるレーザ測距装置は、レーザ照射数、スキャン速度、照射高、設置角等の可変項目があり、また、MMSの走行位置（法肩走行、中央走行、法尻走行等）や走行速度などの変化により、対象物までの照射点密度、点間隔が変化する。

また、堤防天端幅や小段幅、法勾配などの物理的環境が変化することによっても、照射点密度、点間隔が変化する。

MMS計測にあたっては、変状・変位の存在する場所と検出規模を整理し、最適な照射点密度・点間隔となるよう可変項目を設定する。

なお、本利用方針（案）の巻末に、計測仕様と堤防の物理的環境から決まる照射点密度・点間隔を明らかにするため、理論値の一覧表を整理した。

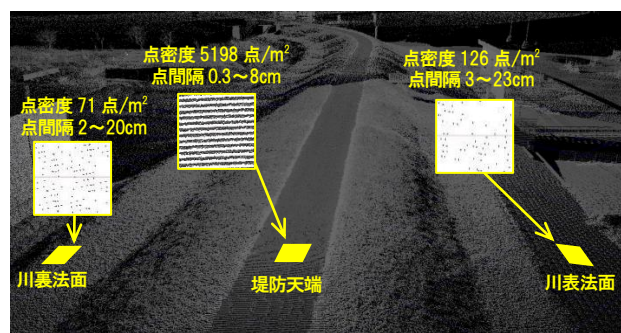


図 1-2 照射点密度、点間隔

2 搭載機器

(1) 自車位置姿勢データ取得装置

自車位置姿勢データ取得装置では、自車の位置及び姿勢を求めるための GNSS 測量機、IMU、レーザ距離計等からなる。

1) GNSS 測量機

GNSS (Global Navigation Satellite System / 全球測位衛星システム) とは、GPS、GLONASS、Galileo、準天頂衛星 (QZSS) 等の衛星測位システムの総称で、GNSS 測量機はそれら測位衛星からの電波を利用する測量機をいう。公共測量作業規程の準則では、GPS 衛星と GLONASS 衛星の利用が可能と規定されている。



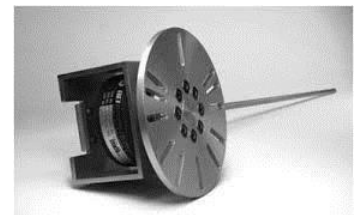
2) IMU (慣性計測装置)

移動計測車両の姿勢として、傾きと加速度を計測する装置で 3 軸のジャイロ及び加速度計で構成されたもの。慣性計測装置ともいう。



3) 走行距離計

車両の車軸から回転量を積算して移動量を計算する機器をいう (別名、オドメトリ装置)。MMS では、GNSS、IMU と統合して計算処理することで車両の位置、姿勢を求める。



(2) レーザ測距装置

光波測距儀のうち、光源にレーザを使って特に長距離の測定を目的とした測距儀である。レーザ測距装置に使用するレーザ光線は、人に安全なクラス又は対策がとられているものを使用する。

(3) デジタルカメラ

レーザ測距装置により照射された 3 次元レーザ点群データの取得状況を確認するために搭載するものであり、レーザ測距装置による照射範囲が網羅でき、照射範囲の地物が判読できる解像度を有するものを使用する。



(4) 全周囲カメラ (360 度カメラ)

河川堤防及びその周辺状況を確認するための画像データを取得するカメラで、カメラを中心に全周囲 (360 度) の画像を取得できる。



3 計測成果の品質

(1) 機器仕様・性能

MMSは、自車位置姿勢データ取得装置、レーザ測距装置、デジタルカメラから構成されるものとし、使用する機器は、当該車両に堅固に固定できるものとする。

レーザ測距装置は、目的用途に応じた照射数及び計測対象までの照射が可能な性能を有するものとする。

デジタルカメラは、河川堤防及び周辺地物の画像が取得できるように配置するものとし、解析対象が判読できる解像度を有するものを使用する。

(2) 計測仕様

1) 走行方法

天端中央走行を標準とする。堤防天端幅や小段が広く成果仕様に定められた点密度、点間隔が取得できない場合は、往復走行等の複数回計測を検討する。

2) 走行速度

河川管理用通路は、河川管理者が規定する速度で走行する。供用道路は、道路交通法を遵守し走行する。

3) レーザ測距装置の設置高さ、照射角度

設置高さは、堤防天端を面的に形状取得する場合、地上から 2.0m 程度、照射角度は前方への照射で対応可能である。法面を含めた堤防全体を面的に形状取得する場合、設置高さは出来るだけ高所に設定し、照射角度は、法面への照射距離が最短となるよう縦断方向に対して直角とすることが望ましい。

4) デジタルカメラ

前方カメラの設置を標準とし、必要に応じて側方カメラや全周囲カメラを設置するものとする。撮影時には、ハレーション、移動計測車両の影等に留意し、鮮明な画像を取得する。

(3) 品質確保のための機器検証^{注1)}

MMS および各装置は、キャリブレーションを定期的に行うものとする。キャリブレーションの有効期間は、次のとおりとする。

- ・固定式システムのキャリブレーションは、1 年とする。
- ・着脱式システムのキャリブレーションは、6 ヶ月とする。

固定式システムは、システムを構成する空間的配置の厳密性を要する機器に対し、ユーザによる変更が行えないものとする。装置の設置角度等を変更した場合は、適宜キャリブレーションを行うものとする。

^{注1)} 作業規定の準則 第3章 車載写真レーザ測量 (キャリブレーション) 第116条

(4) 固定局^{注1)}

固定局には電子基準点^{注2)}を用いることができる。MMSの取得路線と固定局までの基線長が10キロメートルを超える場合に、MMS計測データ解析用として私設で設置する場合がある。なお、取得路線との基線距離を原則10キロメートル以内とし、やむを得ない場合でも30キロメートルを超えないものとする。



(5) 調整点（検証点）

調整点とは、MMS計測データの水平位置及び高さの精度点検及び補正に用いる基準となる点をいう。調整点の設置は、レーザ点群データやデジタルカメラ画像で明瞭に確認できる地物または標識等を設置する。



(6) 誤差（較差）

解析結果の評価は、使用する解析ソフトウェアより出力される精度指標等を用いて行う。

^{注1)} 作業規定の準則 第3章 車載写真レーザ測量（移動取得計画） 第117条

^{注2)} GNSS衛星の電波を連続して受信（観測）する基準点をいう。国土地理院が設置している電子基準点は全国約1,300箇所あり、各種測量の基準、地殻変動の監視を目的としている。

4 河川管理におけるMMSの適用項目

河川管理におけるMMSの適用項目とその内容は、平成23～28年度までに取りまとめられた試行検討成果をもとに整理すると表4-1のとおりとなる。また、「計測技術を用いた河川管理」、「MMS計測にかかる標準仕様書（案）」、「UAVレーザの検証」、「理論上の照射点密度・点間隔早見表」について参考資料にまとめた（表4-2）。

なお、今後、MMS等計測技術の蓄積が図られ、MMS等を用いた新たな河川管理の技術的手法の精度向上やデータ処理の迅速化等があったときは、適宜、改訂を行うものとする。

表 4-1 適用項目とその概要

適用項目		内 容
1. 測量	1. 1. 連続的な堤防天端高さの把握	定期横断測線間の堤防天端の高さを連続的に把握し、越水の危険性がある箇所を把握する。
	1. 2. 連続的な堤防横断形状の把握	定期横断測線間の堤防横断形状を連続的に把握する。
	1. 3. オルソ画像の取得	カメラ画像の写真地図化を行い、ひび割れなどの線的な変状を把握する。
	1. 4. 河川基盤図の更新	堤防天端周辺の地形改変があった箇所を図化し、河川基盤図を更新する。
2. 河川の状態把握	2. 1. 函体の抜け上がり	樋門・樋管における函体の抜け上がり量を定量的に把握する。
	2. 2. 門柱の傾き	樋門・樋管の門柱等の傾斜角度を定量的に把握する。
	2. 3. はらみだし、陥没等の変状・変位検出	堤防等河川管理施設の状態把握として、変状・変位を検出する。
	2. 4. モニタリング（堤体の沈下）	複数時期のMMS計測により堤体の変位を把握する。
	2. 5. 標識等の管理や不法行為への活用	老朽化により安全性が懸念される標識等の管理のため、位置情報、画像データを取得する。
	2. 6. 洪水痕跡水位調査	洪水直後の連続的な痕跡水位を把握する。
3. 河道流下断面の維持管理	3. 1. 河道の点検	対岸からのレーザ照射により低水護岸等の変状・変位を検出するとともに砂州や樹木の繁茂状況等を把握する。
4. その他活用方法	4. 1. 氾濫原浸水痕跡調査	浸水区域内を走行し、氾濫原の浸水痕跡（浸水深）を把握する。
	4. 2. 全周囲画像の活用	MMS全周囲画像を活用したタブレット用システムの開発について示す。
	4. 3. 計測頻度	複数の新堤防を対象に形状変化を把握し、計測頻度を示す。
	4. 4. i-Construction（土量計算）	i-Constructionの新基準に対応した土量計算等について示す。

表 4-2 参考資料の内容

項 目		内 容
参考資料	計測技術を用いた河川管理	平成 28 年度に実施した河川管理者との意見交換を踏まえ、MMS を含めた計測技術が河川管理にどのように活用可能かを整理した。
	MMS 計測にかかる標準仕様書(案)	MMS 計測・解析に関わる標準的な仕様書を掲載した。
	UAV レーザの検証	河川管理における UAV レーザの有効性検証結果を掲載した。
	理論上の照射点密度・点間隔 早見表	計測仕様、堤防物理的環境から決まる照射点密度、点間隔を掲載した。

5 計測対象・計測環境条件による留意点

(1) 堤防等の物理的環境

1) 堤防

天端：浸透水に対する安全な断面幅の確保（計画高水流量に応じて規定）や河川巡視、水防活動、河川管理用通路としての機能確保のために設けられる。大規模堤防や供用道路区間では、天端幅が広いいため 3次元レーザ点群データが照射されない領域（死角領域） がないか確認する必要がある。走行方法については、河川管理用通路の場合は、河川管理者が定める規定に準拠するとともに、供用道路区間では道路交通法を遵守する。また、レーザ照射位置から距離が離れると、照射点密度が小さくなり点間隔が大きくなるため留意する。さらに、天端上は、舗装、未舗装のケースがあり、未舗装のケースでは走行速度が品質に与える影響が大きいため留意する。

小段：河床高又は高水敷高との差が6m以上の場合に、天端から3mないし5m下りるごとに、川裏にあっては、堤防の天端高と堤内地盤高の差が4m以上の場合に、天端から2mないし3m下りるごとに設け、その幅を3m以上にするとされている。天端同様、大規模堤防や供用道路区間では、小段幅が広いいため 3次元レーザ点群データが照射されない領域（死角領域） がないか確認する必要がある。

また、レーザ照射位置から距離が離れると、照射点密度が小さくなり点間隔が大きくなるため留意する。

法面：堤体の安定性確保のために勾配が定められ（一般に2割以上）、流水や洗掘に対して安全性を確保するため、芝や護岸等で保護される。ガードレールや坂路などにより 3次元レーザ点群データが照射されない領域（死角領域） がないか確認する必要がある。また、レーザ照射位置から距離が離れると、照射点密度が小さくなり点間隔が大きくなるため留意する。

(2) 法尻道路

走行方法について、河川管理用通路の場合は、河川管理者が定める規定に準拠するとともに道路交通法が適用される。なお、供用道路区間では、道路交通法を遵守する。

また、法尻道路は、舗装、未舗装のケースがあり、未舗装のケースでは走行速度が品質に与える影響が大きいため留意する。

(3) 河道等

1) 高水敷

複断面形状の河川で、河川の水が流れる低水路より一段高い部分の敷地である。平常時にはグラウンドや公園など様々な形で利用されているが、大きな出水の際には水に浸かる場所となる。

天端からのレーザ照射において、レーザ照射可能距離よりも対象物までの距離が短く遮蔽物がない場合、長距離高密度レーザを用いることにより3次元形状を取得できる可能性がある。

2) 低水護岸

常時、河川の水の流れを安定させるとともに、高水敷の洗掘を防ぐために低水路の河岸に設ける。天端からのレーザ照射ではデータ取得が困難な場合が多いが、レーザ照射可能距離よりも河道幅が狭く遮蔽物がない場合、長距離高密度レーザを用いることにより3次元形状を取得できる可能性がある。

3) 河道

川の水が流れる堤防間の区域（掘込、無堤区間は、高水位以下の流水が占める区域）をいい、計測対象は、植生、砂州などが存在する。レーザ照射可能距離よりも対象物までの距離が短く遮蔽物がない場合、長距離高密度レーザを用いることにより河道全体の3次元形状を取得できる可能性がある。

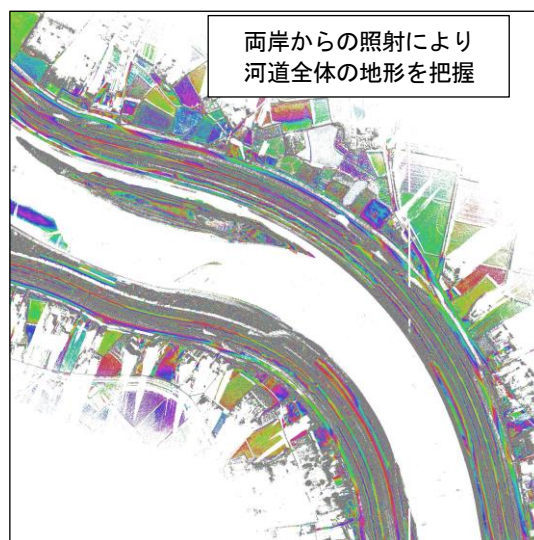


図 5-1 MMSによる河道全体の3次元化

(4) 除草・集草

大河川では、出水期前及び台風期の堤防点検に支障がないよう、年2回の除草が基本となっている。MMSは、堤防の植生の繁茂により堤防点検や堤防形状取得の品質が低下するため、可能な限り除草直後に計測することが望ましい。

また、一部、点検時期によっては、集草を実施しない河川もあるため、除草と集草がともに実施される点検期に合わせて計測することが望ましい。

除草スケジュールに合わせた計測が困難な場合は、堤防植生が草枯れする冬季において計測することも考えられる。

(5) 気象条件

計測時の気象条件は、原則として、晴れまたは曇り時に行うものとする。降雨、降雪時や走行位置（路面）が濡れている場合や、積雪時、路面凍結時などは、データの取得に障害が発生する可能性がある。

また、カメラ画像は、季節及び計測時刻により照度が異なるため留意が必要である。

(4) レーザ等の死角領域

前述の堤防の物理的環境条件や、坂路、遮蔽物（パラペット、看板、ガードレール、樋門・樋管等の管理橋）などが存在する場合、3次元レーザ点群データやカメラ画像データが取得できない**死角領域**があるため留意する。

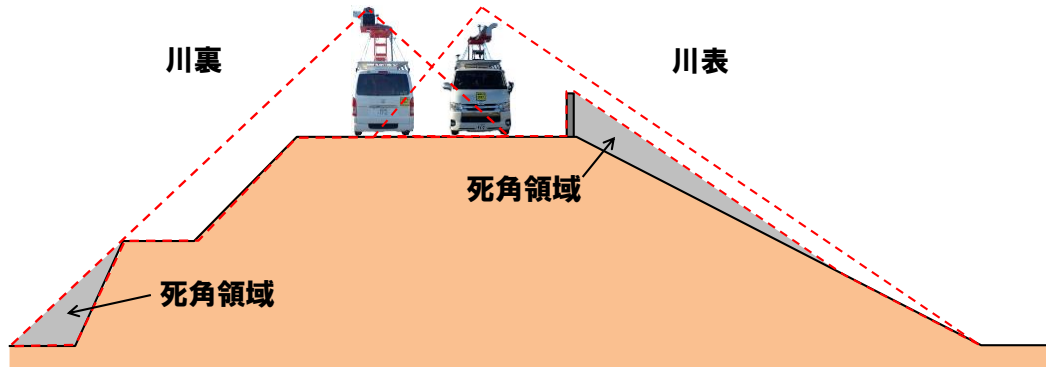


図 5-2 死角領域

(5) GNSS 衛星の状況

衛星軌道情報により計測場所、計測日時の衛星の個数・配置状況をあらかじめ予測し、適切な時間帯での計測を計画する。また、計測箇所において、上空の障害物により衛星の電波が遮蔽され、精度が劣化する状況においては、調整点を設置し調整計算を行うことで所定の精度を確保する。また、電波を遮蔽する**高層建物や電波に干渉する高圧送電線等**が存在する場合は、電波の受信状況が悪くなるため留意する。

(6) MMSの走行に関わる障害

車両が通行するために必要な天端幅が確保されていない区間や、鉄道橋、道路橋等による連続性が断たれる区間、車止め（鍵）箇所では、MMSの計測の障害となるため留意する。

III.MMS利用方針（案）

1. 測量

1.1.連続的な堤防天端高さの把握

1) 目的

定期縦横断測量は、河川砂防技術基準調査編（平成 26 年 4 月）に基づき、5 年に 1 回程度実施することが基本となっている。しかし、近年、定期横断測線間における局所的に堤防高が低い箇所からの越水・破堤により甚大な被害が発生しており、堤防の連続的な高さについて調査し、越水に関するリスクが特に高い箇所を特定し、その情報を水防団等と共有することが求められている。

そこで、MMS を用いて 3 次元レーザ点群データ及び堤防天端周辺の画像データを取得し、連続的な堤防天端高さを取得するとともに、縦断図を作成し越水の危険性が高い（堤防高が局所的に低い）箇所を把握することを目的とする。

2) 概要

堤防天端高さ取得測線及び標高取得点を設定し、標高最下点を用いて連続的な堤防天端高さ縦断図を作成する。縦断図には、計画高水位や計画堤防高、定期横断測量成果の現況堤防高等を記載する。

縦断図と合わせて、局所的に低い箇所の確認が可能な平面図（測線位置、標高取得点）を作成する。

連続的な堤防天端高さ縦断図の作成例を図 1-1 に示す。

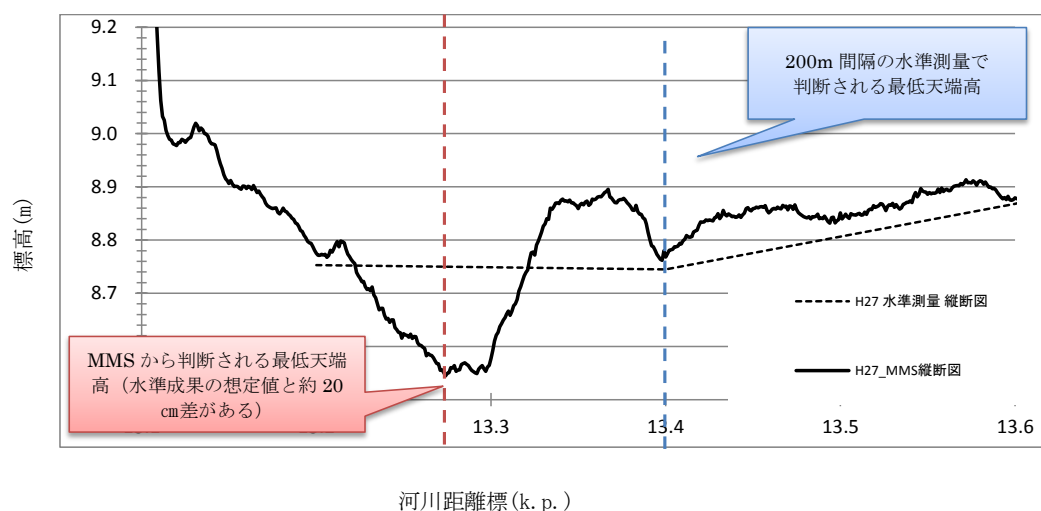


図 1-1 連続的な堤防天端高さ縦断図 作成例

3) 計測対象と計測仕様の関係

計測対象と計測仕様の関係は以下のとおりである。

表 1-1 計測対象と計測仕様の関係（連続的な堤防高の把握）

計測対象	成果仕様
堤防天端	点密度は、堤防天端上で 25 点/㎡ 以上 ^{注1)} を基本とし、点間隔は縦横断方向ともに 20cm 未満 ^{注1)} を基本とする。

注 1) 「大規模氾濫に対する減災のための治水対策のあり方について 答申 平成 27 年 12 月 社会資本整備審議会」における堤防の連続的な高さについての調査にあたり、全国で標準的に設定された成果仕様

4) 解析方法

①堤防天端の 3 次元点群データ取得

3 次元レーザ点群データと画像データを重畳させる。

②堤防天端高さ取得測線の設定

走行軌跡データや中心線図化により、堤防天端高さを取得するための測線を設定する。

③堤防天端高さの取得位置の設定

②で設定した測線上に堤防天端高さ取得位置を設定する。

④堤防天端高さの取得

③で設定した堤防天端高さ取得位置において、半径 r の円柱を設定し、この円柱内にある最下点にあるレーザ点群データを取得位置の堤防天端高さとして設定する。

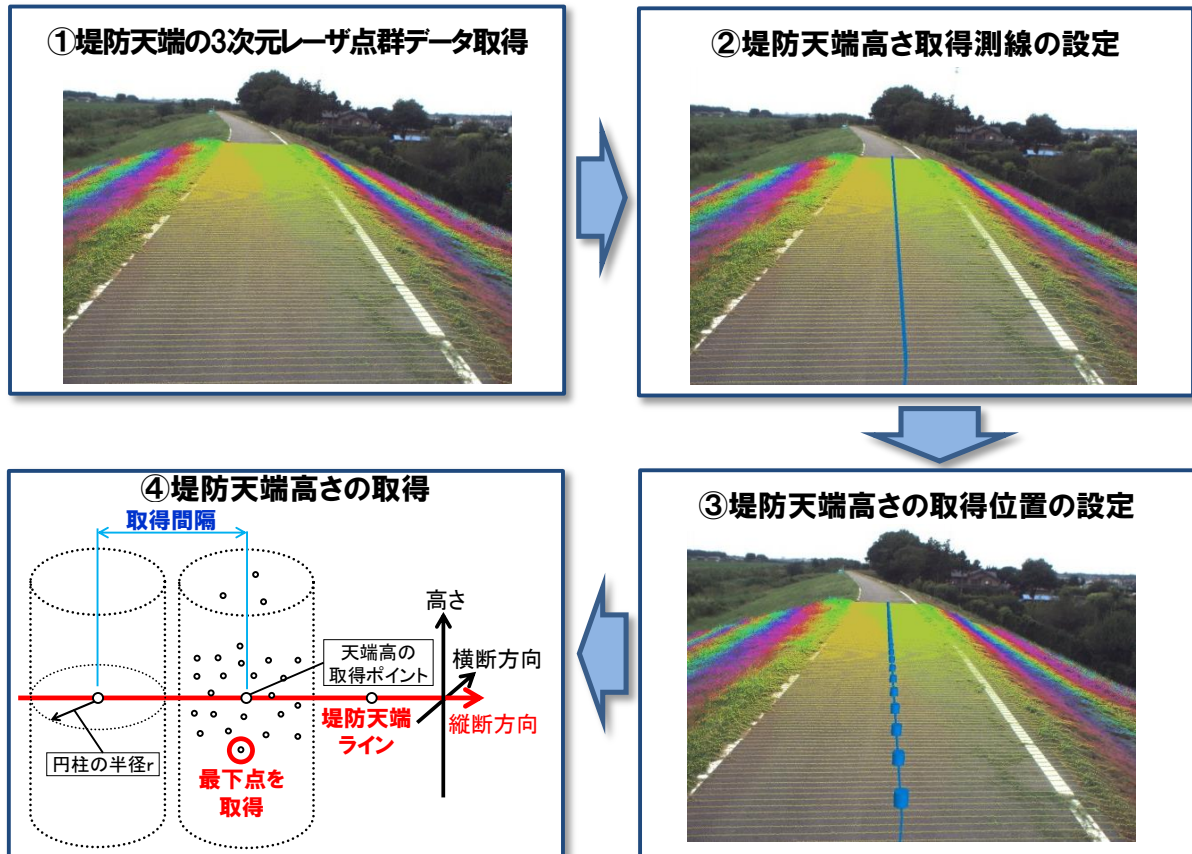


図 1-2 連続的な堤防天端高さ縦断図 解析方法

5) 得られる成果

- ①作成された縦断図により、定期横断測線間における堤防天端高さが局所的に低い箇所（計画堤防高を下回る等）を把握できる。
- ②標高取得位置平面図に局所的に堤防天端高さが低い箇所を表示することにより、越水防止に関する水防活動の重点化を図るための基礎資料となる。

6) 留意事項

- ①定期縦横断測量の堤防高とMMS計測から得られた堤防高は、計測位置、計測方法が異なるため、単純比較ができないことをに留意する。
- ②距離標間距離を一定で縦断図に表示する場合、実際の縦断測線上の追加距離を補正する必要がある（図 1-3）。

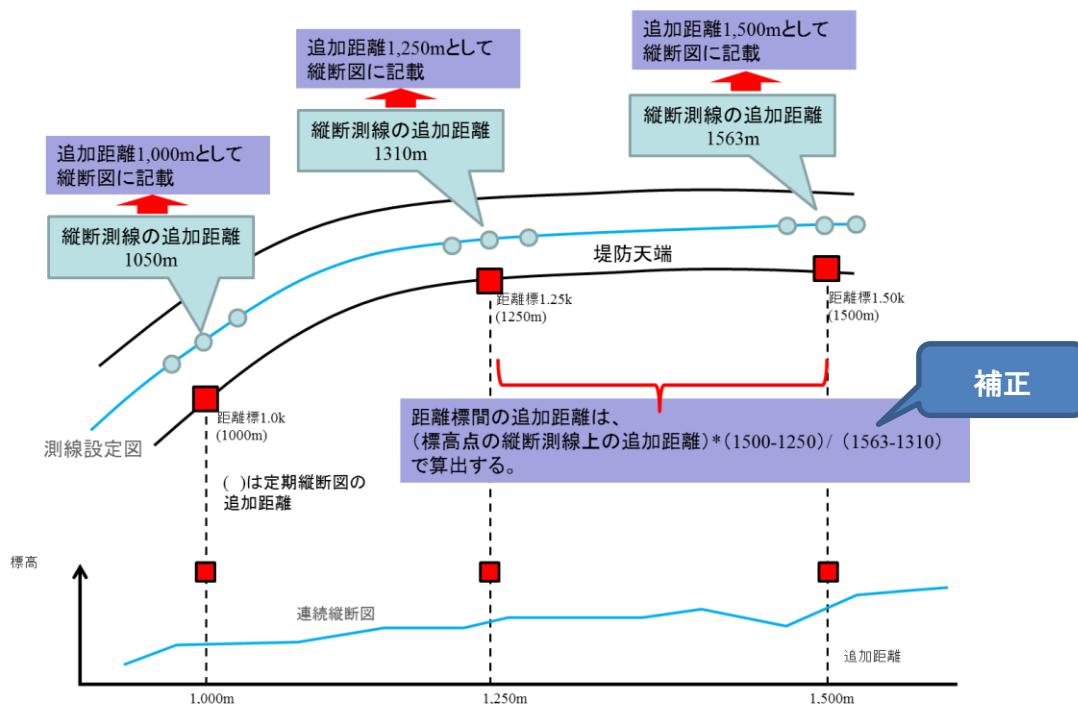


図 1-3 補正追加距離のイメージ

- ③パラペット等特殊構造物は、最高標高点を取得する必要がある。
- ④轍ぼれ道路では、中心線などが植生の影響を受けないよう留意して堤防高取得測線を設定する。
- ⑤MMSの既存データを用いる場合は、点群データを河川管理基図等に展開し、走行経路を確認する必要がある。
- ⑥支川合流部、霞堤については、既存の定期縦横断測量における表現方法を確認し、適切な縦断図を作成する必要がある。



図 1-4 パラペット堤



図 1-5 未舗装道路

7) 成果作成のための必要資料

成果作成のための必要資料は以下のとおりである。

表 1-2 成果作成のための必要資料（連続的な堤防天端高さの把握）

名称	利用方法
①管内図	計測計画図作成
②河川管理基図	計測計画図作成、取得位置平面図作成
③3次元レーザ点群データ	堤防天端高さの標高取得
④カメラ画像	取得測線の設定、取得位置の設定
⑤定期縦横断測量成果	計画高水位、計画堤防高、現況堤防高の縦断図への表示
⑥工事区間がわかる資料	MMS 走行可否の把握
⑦除草時期・区間がわかる資料	草丈の影響を極力排除したMMS 計測時期の設定
⑧重要水防箇所資料	参考情報として活用
⑨河川改修計画図	築堤、掘込、無堤区間の把握

コラム 1 自転車搭載型、歩行型の計測機材

河川管理用通路が狭く河川利用者が多い都市河川では、自動車搭載型での計測が困難な場合があり、自転車搭載型又は歩行型の機材を導入することが考えられる。

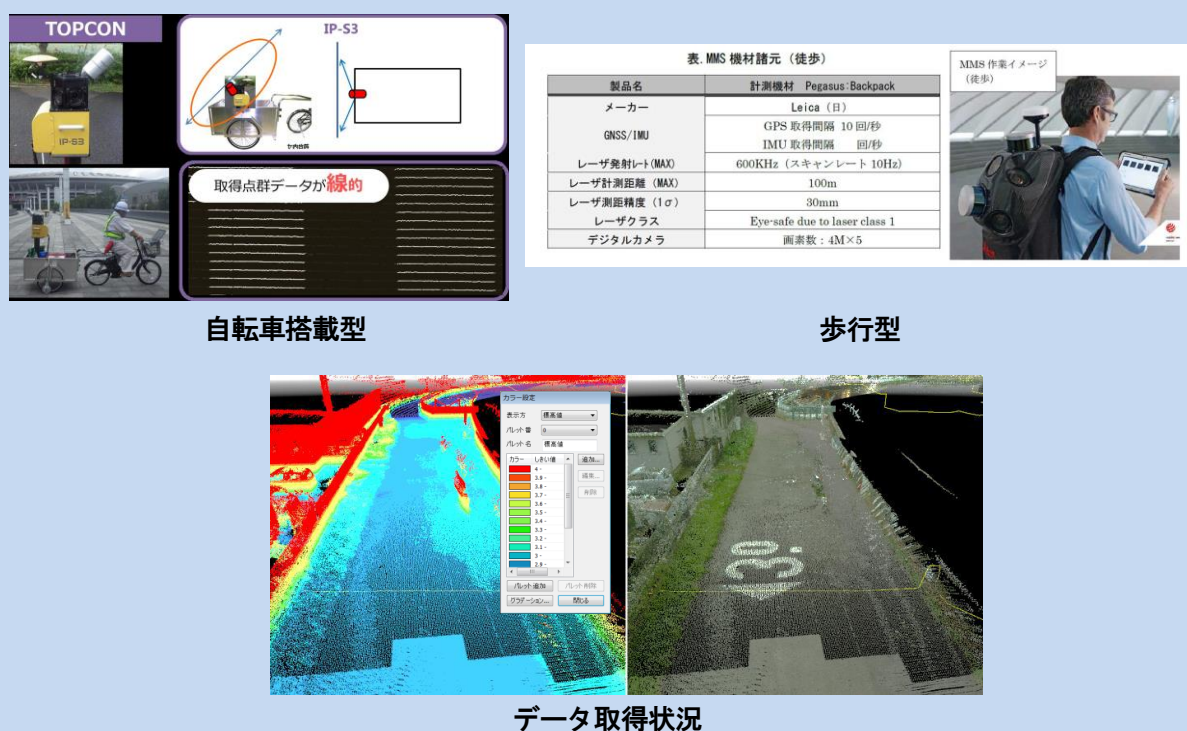


図 1-6 自転車搭載型、歩行型の計測機材と 3 次元レーザ点群取得状況

コラム 2 連続的な堤防天端高さの計測及び縦断面図作成に係るコスト

連続的な堤防天端高さ縦断面図作成に必要な概算費用は以下のとおりである（2015 年度実績、諸経費込。なお、実際の積算においては見積もりを徴収する。）

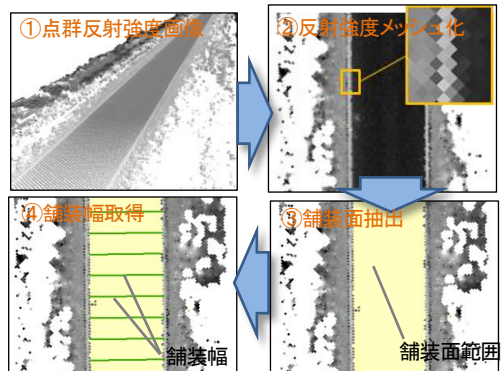
表 1-3 連続的な堤防天端高さの計測及び縦断面図作成に係るコスト

項目		道路用MMS	河川用MMS
堤防高計測	概算コスト（千円） 10km 当たり 括弧は 1km 当たり	800（80）	860（86）
	成果	点群データ、カメラ画像	点群データ、カメラ画像
堤防高縦断面図作成	概算コスト（千円） 25km 当たり 括弧は 1km 当たり	1,200（47）	
	工種	①計画準備 ②資料収集・整理 ③連続堤防高取得測線の設定 ④連続堤防高の取得 ⑤連続堤防高縦断面図作成 ⑥連続堤防高取得位置平面図作成	
	成果	①堤防高縦断面図（エクセルファイル） 1 式 ②堤防高取得位置平面図（PDF ファイル） 1 式	

コラム 3 連続的な堤防天端高さデータの活用方法

平成 28 年度は、「水防災意識社会の再構築に向けて」の答申を受け、全国的に MMS 等を用いた連続的な堤防天端高さの調査が実施された。この調査は、MMS 等による 3 次元レーザ点群データ（カメラ画像含む）を連続的に取得しているため、縦断面図作成以外の活用方法を見だし、有効に活用することが重要である。これらのデータは、「堤防天端幅」（重要水防箇所評定基準上重要な指標）と「舗装幅」（災害時の緊急車両や運搬走行車両の走行可否の判断）の算定に活用可能である。具体的な算定方法は、以下のとおりである。

表 1-4 連続的な堤防天端高さの計測及び縦断面図作成に係るコスト

	レーザ点群データから算出する方法	反射強度から算出する方法
算出項目	天端幅 舗装幅	舗装幅
概要	堤防天端上に縦断線を設定し、縦断線に直行する横断線を設定する。横断線上に 10cm 間隔で標高取得点を設定し標高を付与、結線することで横断形状を取得する。横断線上で植生や法肩による標高変化点を抽出、植生の影響を考慮し堤防天端幅・舗装幅を取得する。 植生などの標高変化点による勾配を閾値として算定 	レーザ点群データをメッシュ化し各メッシュの反射強度値を用いて舗装面とそれ以外の植生や未舗装面との反射強度の差を利用し、しきい値を決定することで舗装面範囲を抽出する。堤防天端上の縦断線から一定間隔で横断線を発生し、舗装面範囲との交点から舗装幅を取得する。 

1.2.連続的な堤防横断形状の把握

1) 目的

定期縦横断測量は、河川砂防技術基準調査編（平成 26 年 4 月）に基づき、5 年に 1 回程度実施することが基本となっている。しかし、定期横断測線間における堤防断面形状は把握されていない場合が多く、堤防断面積不足や堤防天端幅不足などによる治水上弱部となっている可能性がある。

そこで、MMS を用いて 3 次元レーザ点群データ及び堤防天端周辺の画像データを取得し、連続的な堤防横断形状を把握するとともに、堤防定規断面や過去の断面との比較により堤防断面管理の高度化を図ることを目的とする。

2) 概要

3 次元レーザ点群データから堤防横断図測線を設定し、ライン上の最下点の点群データを用いて堤防横断図を作成する。

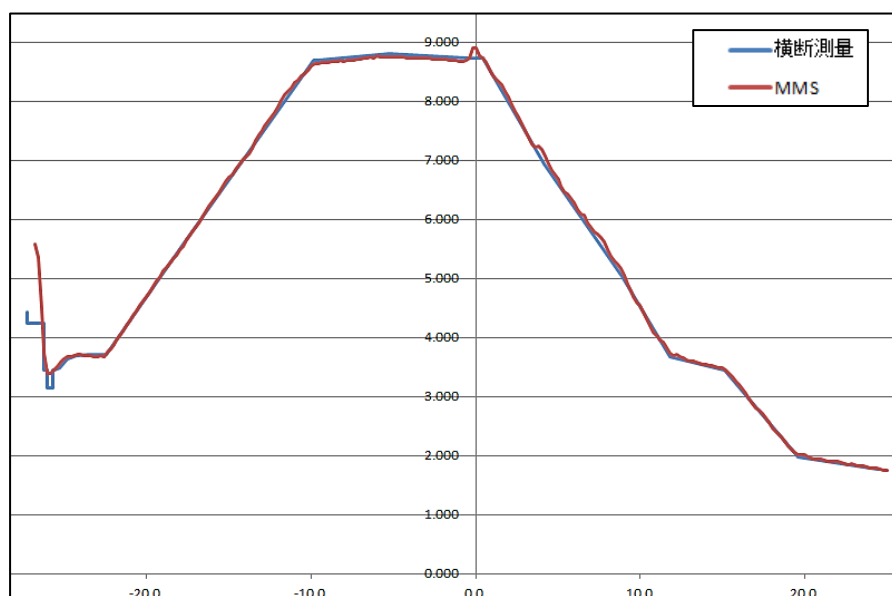


図 1-7 堤防横断図 作成例

3) 計測対象と計測仕様の関係

計測対象と計測仕様との関係は以下のとおりである。

表 1-5 計測対象と計測仕様との関係（連続的な堤防横断形状の把握）

計測対象	成果仕様
堤防天端 法面	理論上の点密度、点間隔を参考 ^{注1)} に決定することを基本とする。 対象物までの距離が 20m の場合、点密度の目安は 700 点/m ² 程度以上 ^{注2)} 、点間隔の目安は縦断方向 8cm、横断方向 5cm 程度以下 ^{注2)} である。

注 1) 計測仕様と堤防の物理的環境に応じた点密度、点間隔の理論値表参照（参考資料に記載）

注 2) H26、H27 全国試行の検証結果に基づき設定

4) 解析方法

① 3次元レーザ点群データの表示

レーザデータとカメラ画像が重畳した標高段彩図を作成し視覚化する。

② 堤防横断面図作成ラインの設定

堤体が明瞭に識別できる管理基図などをもとに、「堤防横断面図作成ライン」を設定する。

③ 堤防横断面図の作成

堤防横断面図作成ライン上の点群データの最下点を抽出し、堤防横断面図を作成する。

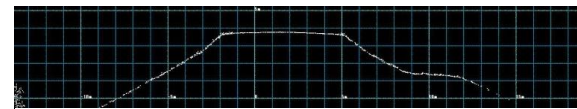
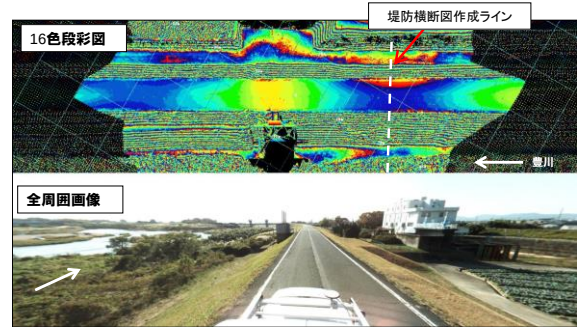


図 1-8 堤防横断面図作成ラインと堤防横断面図

5) 得られる成果

① 面的にデータが整備されるため、任意箇所で堤防横断面図が作成可能である。

② 2時期の堤防横断面形状を比較することで、比較的規模の大きな変状や、築堤や嵩上げなど河川工事の進捗状況などを把握することができる。

③ 定規断面との比較により、はらみだしや不陸、寺勾配など変状・変位が把握できる。

6) 留意事項

① 照射高を高所 H=3.6m に設定することで一定の植生の影響を除去できる(図 1-9)。

② 定期横断測量成果や実測横断を活用して横断形状の確認を行う。

③ 横断測線は堤防法線に対し直角となるように設定する必要がある。

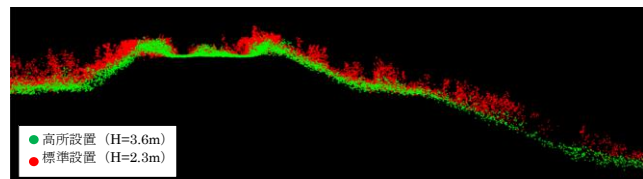


図 1-9 照射高の違いによる堤防形状の取得状況

7) 成果作成のための必要資料

成果作成のための必要資料は以下のとおりである。

表 1-6 成果作成のための必要資料 (連続的な堤防横断面形状の把握)

名称	利用方法
①管内図	計測計画図作成
②河川管理基図	計測計画図作成、取得位置平面図作成
③ 3次元レーザ点群データ	堤防形状の取得
④カメラ画像	3次元点群データの取得状況確認
⑤定期縦横断測量成果	計画高水位、計画堤防高、計画堤防横断面図、現況堤防高、現況堤防横断面図の比較・表示
⑥工事区間がわかる資料	MMS 走行可否の把握
⑦除草時期・区間がわかる資料	草丈の影響を極力排除したMMS 計測時期の設定
⑧重要水防箇所資料	参考情報として活用
⑨河川改修計画図	築堤、掘込、無堤区間の把握

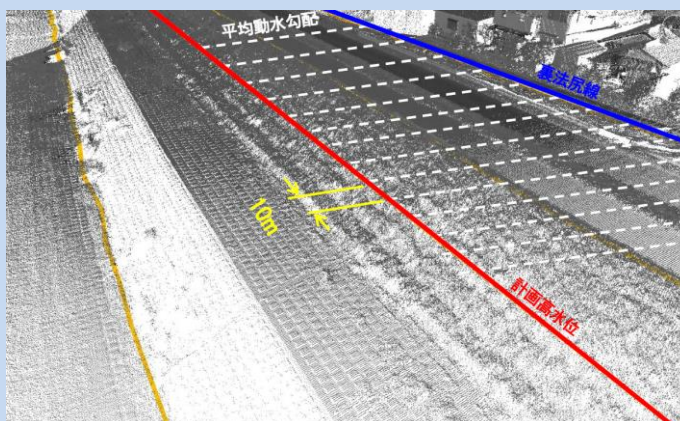
コラム 4 浸透に不利な断面の把握

1. 概要

河川堤防の被災要因の一つである浸透破壊は、堤体内部構造に起因すると同時に堤防の横断形状に大きく依存する。実際の河川における統計結果を踏まえた近年の研究から、堤防横断形状により変化する動水勾配とパイピング破壊は密接に関係していることが明らかにされており、平均動水勾配が 0.1 を超える箇所では初めて被害が発生し、平均動水勾配が大きくなるにしたがって被災箇所が増加する傾向が確認されている¹⁾。

一方、出水時に河川管理者が実施する浸透の重点監視区間の設定に当たっては、計画高水位未満で動水勾配が 0.2 (標準値) に達する区間を一つの要素としている²⁾。

ここではMMS計測データから作成した 10m 間隔の横断面図を基に各断面の平均動水勾配を算出した。



2. 解析方法

縦断方向に 10m 間隔の横断面図作成位置における計画高水位の内挿値と川裏堤防法尻線の図化(図 1-10) から取得された法尻標高を用いて平均動水勾配を算出する。

3. 解析結果

平均動水勾配をシームレスに把握することで浸透に対する不利な断面をもれなく評価できる。

これらの評価は、定期横断測線などの横断資料がある位置での把握にとどまっていたが、MMS 計測による堤防横断形状の取得によりシームレスな堤防断面評価が可能となる。平均動水勾配をシームレスに把握することで浸透に対する不利な断面をもれなく評価することが可能である。

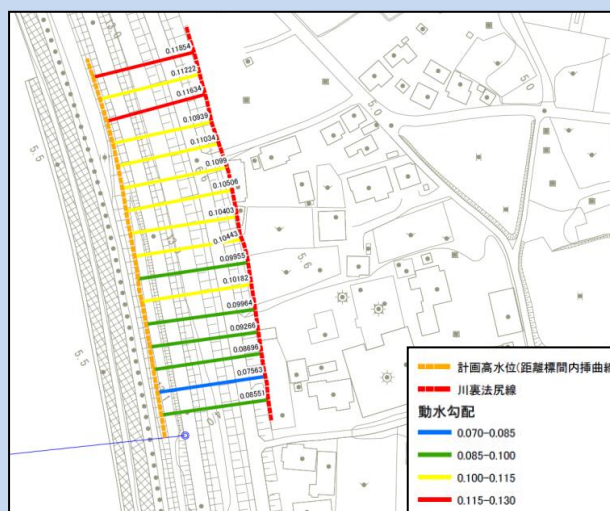


図 1-10 平均動水勾配の算出例

¹⁾ 下川大介, 福原直樹, 森啓年, 服部敦: 変状と被災の統計解析による堤防の点検及び巡視の合理化に関する一考察, 河川技術論文集第 21 巻, pp. 337-342, 2015

²⁾ 国土交通省水管理・国土保全局河川環境課河川保全企画室: 河川管理者のための浸透・侵食に関する重点監視の手引き(案) 2016 年 3 月

1.3.オルソ画像

1) 目的

MMSで取得されたカメラ画像を用いて点検する場合、全てのカメラ画像を網羅的に確認する必要があり、カメラ画像の枚数が膨大となるため点検に時間を要する。

そこで、MMSを用いて3次元レーザ点群データ及び堤防天端周辺の画像データを取得し、カメラ画像の写真地図化を行い、ひび割れ等の線的な変状検出などの点検作業の効率化を図ることを目的とする。

2) 概要

MMSで得られたカメラ画像データからオルソ画像を作成する。MMSカメラ画像によるオルソ化は、MMS計測データのカメラ画像から歪み（画像の中心から周縁部に向かうほど大きくなる）をなくし、真上から見たような画像に変換し、位置情報を付与する。

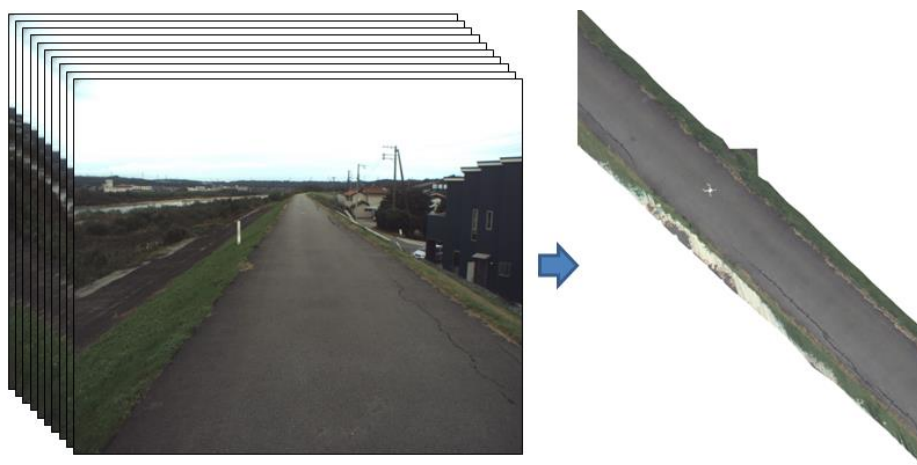


図 1-11 写真地図化（正射投影化・モザイク処理）の概要

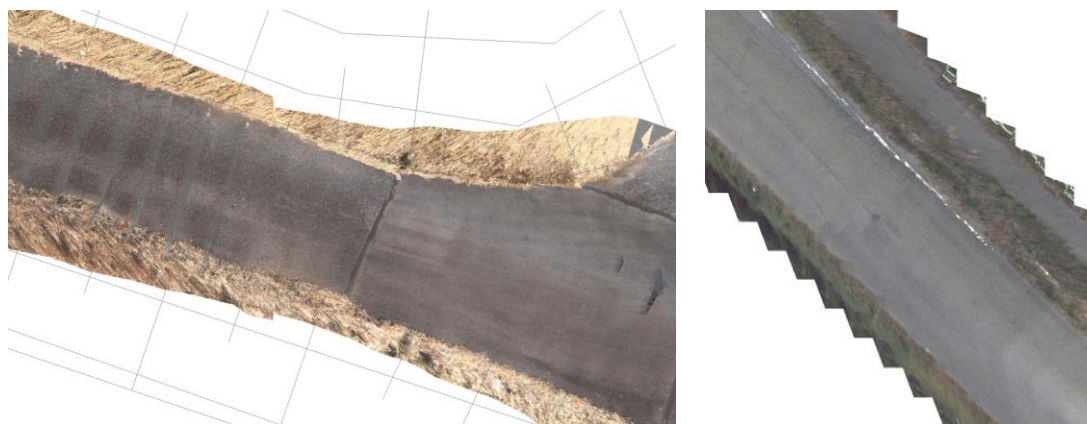


図 1-12 オルソ画像 作成例

3) 計測対象と計測仕様の関係

計測対象と計測仕様の関係は以下のとおりである。

表 1-7 計測対象と計測仕様の関係（オルソ画像）

計測対象	成果仕様
堤防天端 法面	カメラ画像の画素数の目安は、500 万画素以上 ^{注1)} である。

注 1) H26、H27 全国試行の検証結果に基づき設定

4) 解析方法

- ①画像の色補正処理
周辺減光処理、光量補正、明度調整を行う。
- ②DEMによる堤防形状の生成
MMS で取得した点群からカメラ画像を投影する堤防形状を生成する。
- ③カメラ単位での正射投影化
カメラ画像一枚に対して、堤防形状に正射投影した画像を作成する。
- ④カメラ間のモザイク化
複数のオルソ画像をモザイク化し、計測路線ごとにつながった画像を作成する。

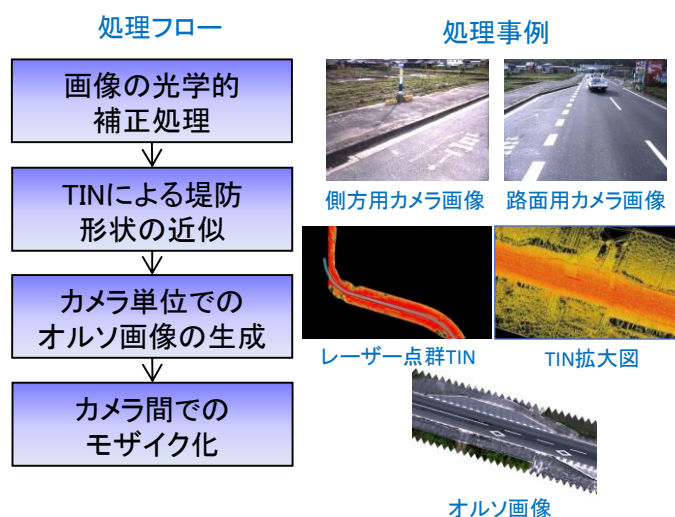


図 1-13 写真地図作成処理フロー

5) 得られる成果

- ①舗装の継ぎ目や抜け上がりによるひび割れをシームレスに確認できると同時に、MMS点検で確認するカメラ画像の枚数の軽減（数千枚を1枚）が図れる。
- ②現場持ち出し資料や会議用資料の背景図として利用が可能である。

6) 留意事項

- ①カメラ画像の隅領域は、減光となりやすい。

7) 成果作成のための必要資料

成果作成のための必要資料は以下のとおりである。

表 1-8 成果作成のための必要資料（オルソ画像）

名称	利用方法
①管内図	計測計画図作成
②河川管理基図	計測計画図作成、取得位置平面図作成
③3次元レーザ点群データ	堤防形状の近似
④カメラ画像	オルソ画像生成
⑤工事区間がわかる資料	MMS 走行可否の把握
⑥除草時期・区間がわかる資料	草丈の影響を極力排除したMMS 計測時期の設定
⑦河川改修計画図	築堤、掘込、無堤区間の把握

コラム 5 オルソ画像による自動ひび割れ解析

1. 概要

MMSのカメラ画像データから作成したオルソ画像を用いて、ひび割れ等線的な変状の自動抽出を行う。

2. 画像解析方法

- ①写真地図画像に対し、輪郭抽出処理を実施し、輪郭が濃い箇所を抽出する。
- ②写真地図から、黒または黒に近い色を示す領域を抽出する。
- ③処理結果①と②に対し重ね合わせ処理を行い、重複する領域を抽出する。
- ④画像データから面データに変換する。

3. 検出結果

- ①MMS 写真地図を用いた画像解析は、堤防天端に存在する3 cm以上のひび割れの検出結果が良好である。
- ②3 cm以下のひび割れや細かいひび割れが連続しているような部分は、検出が難しい
- ③舗装状態、色身ごとに閾値を設定する必要がある。
- ④舗装補修箇所周辺など、舗装状態が異なる地域では、誤検出となりやすい。

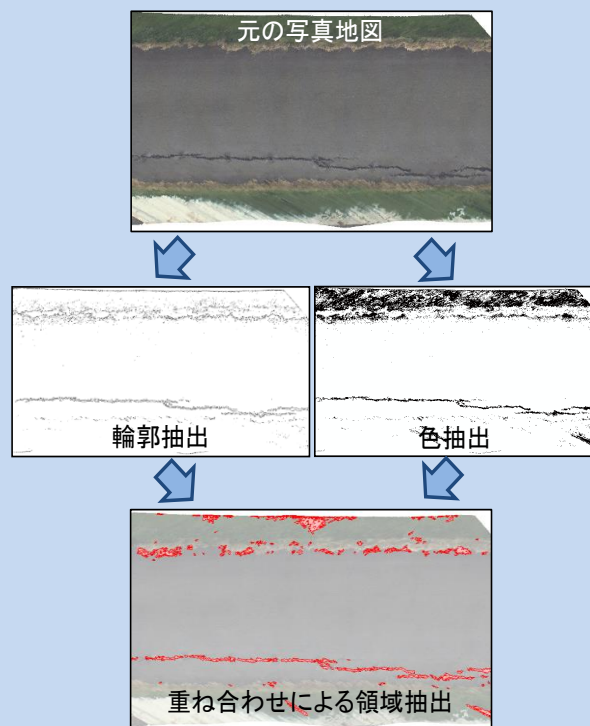


図 1-14 画像解析処理フロー

表 1-9 検出結果のまとめ

内容	幅	自動検出可否
大きなひび割れ	3cm 以上のひび割れ	○
中ぐらいのひび割れ	3cm 程度のひび割れ	○

1.4.河川基盤図の更新

1) 目的

河川基盤図は、堤防及び河道内の基本となるデータとして活用され、また、河川の適正な利用にあたり必要な許可を行うための状況を把握する重要な資料となるため、定期的な更新作業が必要となる。

一方で、全国の直轄河川の堤防は整備途上にあり、部分的な地形改変の頻度が高いため、そのたびに別途測量を実施して河川基盤図を更新することは非効率となる。

そこで、MMSを用いて3次元レーザ点群データ及び堤防天端周辺の画像データを取得し、地形改変があった箇所の河川基盤図を更新して河川管理への有効活用を図ることを目的とする。

2) 概要

MMSを用いた地形図の作成は、「移動計測車両による測量システムを用いる数値地形図データ作成マニュアル（案）平成24年5月国土交通省 国土地理院」によりマニュアル化されており、中でも大縮尺地形図において多くの公共測量において実績がある。

取得した3次元点群データ及びカメラ画像を重畳して表示し、地形、地物などの指定した位置の(x, y, H)を取得し、3次元化する。



図 1-15 河川基盤図の更新例

3) 計測対象と計測仕様の関係

計測対象と計測仕様との関係は以下のとおりである。

表 1-10 計測対象と計測仕様との関係（河川基盤図の更新）

計測対象	成果仕様
堤防天端 法面 周辺地形	理論上の点密度、点間隔を参考 ^{注1)} に決定することを基本とする。 天端上における点密度の目安は5,000点/m ² 程度以上 ^{注2)} 、点間隔の目安は縦断方向8cm、横断方向1cm程度以下 ^{注2)} である。

注1) 計測仕様と堤防の物理的環境に応じた点密度、点間隔の理論値表参照（参考資料に記載）

注2) H26、H27 全国試行の検証結果に基づき設定

4) 成果作成のための必要資料

成果作成のための必要資料は以下のとおりである。

表 1-11 成果作成のための必要資料（河川基盤図の更新）

名称	利用方法
①管内図	計測計画図作成
②河川管理基図	計測計画図作成、取得位置平面図作成
③3次元レーザ点群データ	堤防形状の近似
④カメラ画像	オルソ画像生成
⑤工事区間がわかる資料	MMS 走行可否の把握
⑥除草時期・区間がわかる資料	草丈の影響を極力排除したMMS 計測時期の設定
⑦河川改修計画図	築堤、掘込、無堤区間の把握

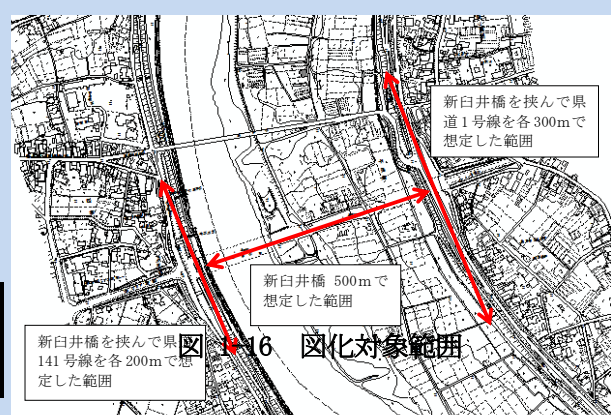
コラム 6 MMS 及び航空写真図化の比較

MMS 計測データを用いた河川管理基図の更新について、MMS 計測データを活用した場合と航空写真測量データを活用した場合の費用比較 (0.078km²) は以下のとおりである。

表 1-12 航空写真とMMS 計測図化の比較

	航空写真図化	MMS 計測による図化
コスト	280 万円	150 万円

※0.078km²あたり



また、航空写真図化とMMS 計測による図化のメリット・デメリット及び評価を整理すると以下のとおりとなる。

表 1-13 航空写真図化とMMS 計測による河川基盤図更新の比較

	航空写真図化	MMS 計測による図化
メリット	●広範囲を一度に計測できる。 ●車両が通行不可箇所も計測可能である。 ●河道内の砂州の変動や、水勢工、床止工など、河道内の施設の状況、堤内地の宅地開発、道路改良などの状況が同時に計測可能である。	●車両進行が可能であれば走行位置周辺の計測が可能である。 ●車両による計測のため、1 計測あたりの運行費が割安である。 ●車両からの至近距離での計測のため航空写真撮影と比べ解像度が高い。 ●雲の影響なく、雨雪が降らなければ計測可能である。
デメリット	●航空機での計測のため、1 計測当たりの運航費が割高である。 ●高高度からの撮影のため、MMS 計測に比べ解像度悪い。 ●雲などの影響を受けるため、計測機会が限定される。	●車両が通行できない場合は計測不可である。 ●死角領域が多い場合は、効率悪く高コストとなる。 ●築堤以外も含めた広範囲にわたる計測ではコスト高となる。
評価	改変箇所が流域全体に及び広範囲に修正図化する場合にはコスト低く効率的である。	腹付けや、嵩上げ工事など、築堤の部分的な基盤図修正の場合は、コスト低く効率的である。

2. 堤防等及び河道の点検

2.1. 函体の抜け上がり

1) 目的

目視点検による抜け上がり量の計測は、一般にスタッフ、ポール、コンベックス等を用いて行われており、計測地点や計測方法に個人差が生じやすい。このため、点検を行うごとに異なる基準で抜け上がりを計測することになり、定量的な評価と経年変化を把握することが困難となっている。

そこで、MMSを用いて3次元レーザ点群データ及び堤防天端周辺の画像データを取得し、函体及び函体周辺の堤防天端高さの縦断面図や標高段彩図等を作成する。

この解析結果から函体の抜け上がりを定量的に把握し、「堤防等河川管理施設の点検結果評価要領（案）」（平成28年3月）（以下、「評価要領（案）」という。）に示されている評価区分を把握し、構造物詳細点検の必要性の判断を行うことを目的とする。

2) 概要

函体の抜け上がりに対して、MMSの3次元レーザ点群データを用いて標高段彩図を作成し面的な変状把握を行う。また、「1.1. 連続的な堤防天端高さの把握」に基づき、縦断面図を作成し、抜け上がり量の定量把握を行う。

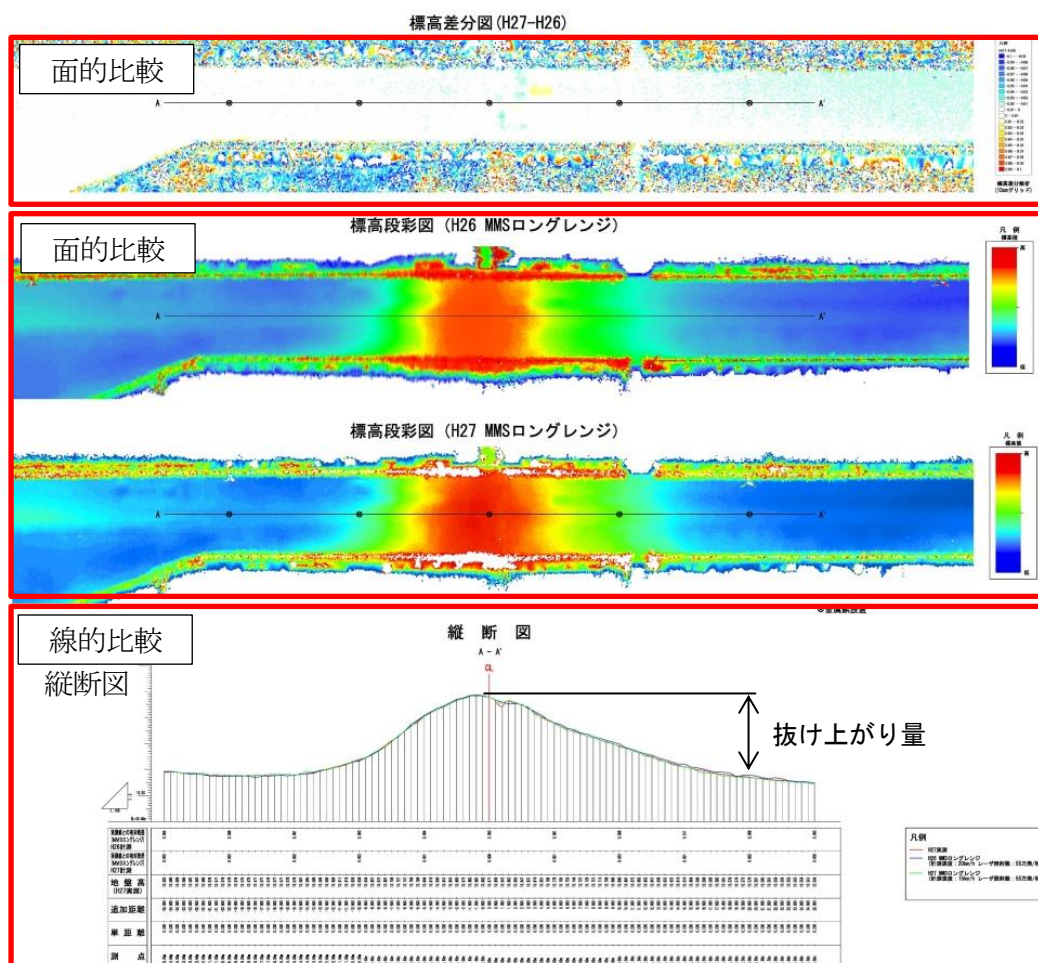


図 2-1 面的比較と線的比較図作成例

3) 計測対象と計測仕様の関係

計測対象と計測仕様の関係は以下のとおりである。

表 2-1 計測対象と計測仕様の関係（函体の抜け上がり）

計測対象	成果仕様
樋門・樋管付近の堤防天端・法面	理論上の点密度、点間隔を参考 ^{注1)} に決定することを基本とする。天端上における点密度の目安は1,000点/m ² 程度以上 ^{注2)} 、点間隔の目安は縦断方向5cm、横断方向5cm程度以下 ^{注2)} である。

注1) 計測仕様と堤防の物理的環境に応じた点密度、点間隔の理論値表参照（参考資料に記載）

注2) H26、H27 全国試行の検証結果に基づき設定

4) 解析方法

①線的比較

樋門・樋管の管理橋の堤防天端を中心として、縦断図を作成し（作成方法は「1.1. 連続的な堤防天端高さの把握」による。）、高低差を算出して抜け上がり量を把握する。

②面的比較

標高段彩図（1 時期）や標高差分図（複数時期の比較）を作成し、抜け上がり変状の分布を把握する。

5) 得られる成果

①抜け上がり量の定量把握により、「評価要領（案）」にある評価区分の判定が可能となり、要監視段階、予防保全段階、措置段階の評価が可能となるため、維持及び修繕対策計画の立案が可能となる。

6) 留意事項

①災害時は、迅速な計測が必要となることから、国内普及台数が多い道路用MMSを用いることが望ましい。

②予め進入路の確認や、鍵、車止めの位置等を確認する。また、災害時は、現地までの経路上に支障が発生する可能性があることから、現場への経路を複数設定する。

③抜け上がり量を継続的に定量把握するため、堤防天端中心に縦断法線を設定し、トータルステーションを用いて抜け上がり中心位置及び中心から上下流10mの位置に抜け上がり観測点（金属鈹）を設置することが望ましい。

④函体の抜け上がりについては、抜け上がり量と併せて構造物諸元（基礎形式：杭基礎、柔構造の種別）の確認が必要である。

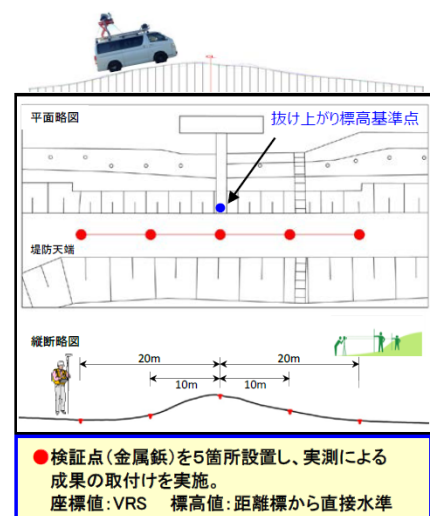


図 2-2 函体抜け上がりの検証点

7) 成果作成のための必要資料

成果作成のための必要資料は以下のとおりである。

表 2-2 成果作成のための必要資料（函体の抜け上がり）

名称	利用方法
①管内図	計測計画図作成
②河川管理基図	計測計画図作成、取得位置平面図作成
③3次元レーザ点群データ	堤防天端高さの標高取得
④カメラ画像	取得測線の設定、取得位置の設定
⑤定期縦横断測量成果	計画高水位、計画堤防高、現況堤防高の縦断図への表示
⑥工事区間がわかる資料	MMS 走行可否の把握
⑦除草時期・区間がわかる資料	草丈の影響を極力排除したMMS 計測時期の設定
⑧重要水防箇所資料	参考情報として活用
⑨河川改修計画図	築堤、掘込、無堤区間の把握

コラム 7 可搬型MMS

1. 画像データ

レーザスキャナと同時に撮影した画像データにより、一定規模の損傷（ひび割れやジャンカ、錆汁等）を確認することができる。

2. レーザデータ

可搬型MMSで樋門・樋管の函体内を計測し、標高段彩図等で函体内の形状を確認することで、変状・変位を検出できる可能性がある。

また、任意位置での横断図、縦断図を作成することが可能であり、通常のMMS計測車両による堤防天端走行により、函体内の形状を含めた堤体全体の形状が把握可能であり、形状変化の把握精度の向上が期待される。

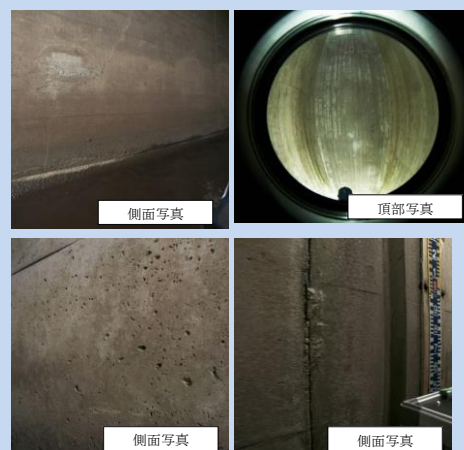


図 2-3 函体内の画像データ

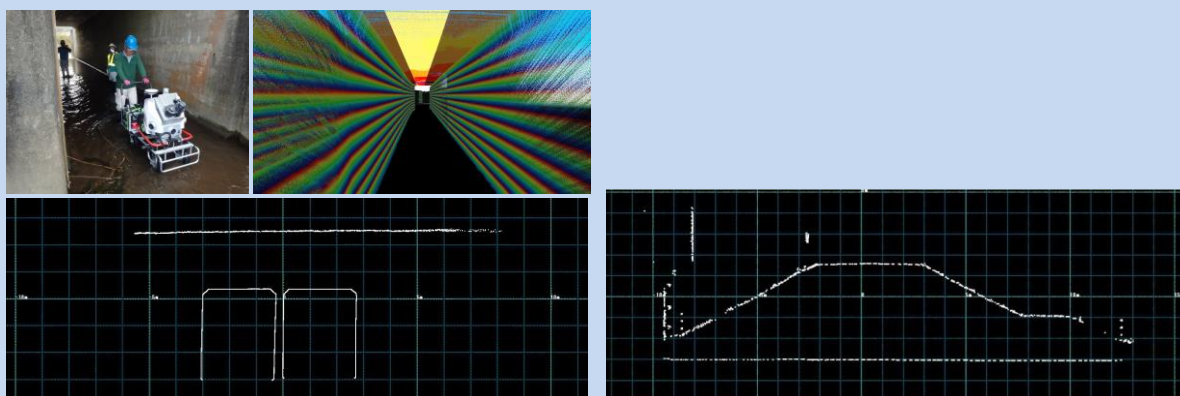


図 2-4 樋門・樋管の函体内の変状・変位の把握

2.2.門柱の傾き

1) 目的

樋門・樋管等の門柱傾倒は、目視点検では確認しづらく、関連する施設との接合部の開き・亀裂や欠損等により予見し、下げ振りにより確認される場合が多い。

そこで、MMSを用いて3次元レーザ点群データ及び堤防天端周辺の画像データを取得し、構造物壁面の傾斜角度（門柱の傾き）を定量的に把握し、「堤防等河川管理施設の点検結果評価要領」に示されている評価区分を把握することによって、構造物詳細点検の必要性を判断することを目的とする。



2) 概要

門柱の傾きは、点群データを直接用いる方法（鉛直方向の任意の2点間距離と壁面からの離隔量により傾斜を把握）や点群データをモデル化（門柱壁面のモデル化）する方法を用いて算出する。

3) 計測対象と計測仕様の関係

計測対象と計測仕様の関係は以下のとおりである。

表 2-3 計測対象と計測仕様の関係（門柱の傾き）

計測対象	成果仕様
樋門・樋管の 門柱等	理論上の点密度、点間隔を参考 ^{注1)} に決定することを基本とする。 対象物までの距離が20mの場合、点密度の目安は700点/m ² 程度以上 ^{注2)} 、点間隔の目安は縦断方向8cm、横断方向5cm程度以下 ^{注2)} である。

注1) 計測仕様と堤防の物理的環境に応じた点密度、点間隔の理論値表参照（参考資料に記載）

注2) H26、H27 全国試行の検証結果に基づき設定

4) 解析方法

ア) 点群データを直接用いる方法

①門柱上部における壁面に照射された点群座標データ（6点）を任意に設定する。

②設定した座標データの鉛直方向の座標値を-6mとして仮想検証点を設置する。

③仮想検証点とその壁面に照射された点群との離隔を計測し、傾斜を算出する。

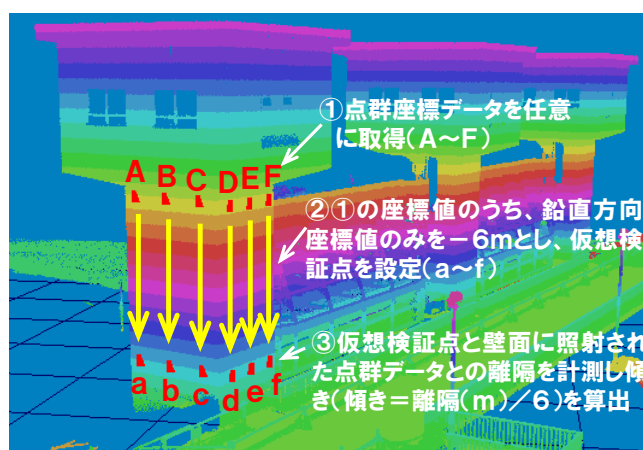


図 2-5 点群データを直接用いる方法

表 2-4 構造物の傾斜の算出例

計測箇所	鉛直計測距離	構造物との離隔	傾斜角度
A	6.0m	18mm	0.17 度 (0° 10' 18.79")
B	6.0m	17mm	0.16 度 (0° 9' 44.42")
C	6.0m	16mm	0.15 度 (0° 9' 10.04")
D	6.0m	4mm	0.04 度 (0° 2' 17.51")
E	6.0m	3mm	0.03 度 (0° 1' 43.13")
F	6.0m	12mm	0.11 度 (0° 6' 52.53")

※現地傾斜計計測結果は 0° である

イ) 点群データをモデル化する方法

- ①レーザ点群データから模造構造物の傾斜面を解析し、面データを生成する。
- ②レーザ点群データから生成した傾斜面と垂直面(仮想基準面)との傾き量を算出する。

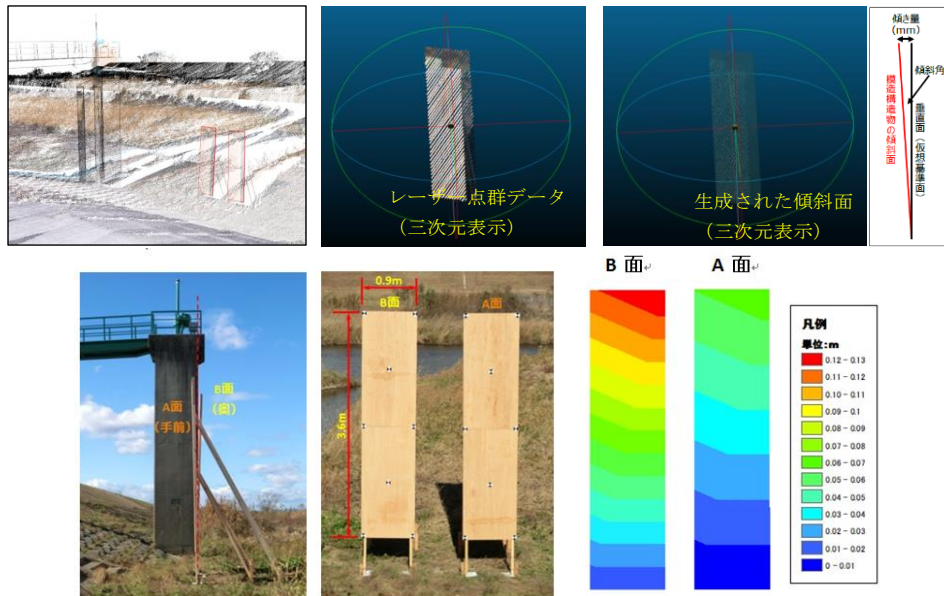
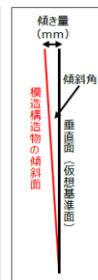


図 2-6 解析方法

表 2-5 模造構造物の傾斜面解析結果例

計測対象		構造物の傾斜角 (垂直面-傾斜面) 上段: 傾斜角 下段: 傾き量		較差 (実測-MMS) 上段: 傾斜角 下段: 傾き量
模造構造物	解析面の長さ	実測	ロングレンジ MMS	
A 面	3.57m	1°10'17" (73mm)	1°4'31" (67mm)	0°05'46" (6mm)
B 面	3.57m	-1°43'58" (-108mm)	-2°01'17" (-126mm)	0°17'19" (18mm)



5) 得られる成果

- ①堤防天端を走行することにより、連続的に複数の門柱の傾きを観測できる。
- ②門柱の傾きの定量把握により、「評価要領(案)」にある評価区分の判定が可能となり、要監視段階、予防保全段階、措置段階の評価可能となるため、維持及び修繕対策計画の立案が可能となる。

6) 留意事項

- ①鉛直方向の任意の2点間距離と壁面からの離隔量により傾斜を把握する方法では、壁面との離隔の測定が手動であるため、均一性が保たれない可能性がある。離隔量を自動解析で算出するような仕組みを構築する必要がある。
- ②道路用MMSは照射距離が短いことから傾斜面把握に課題が残る。長距離高密度レーザ搭載の河川用MMSによる計測が望ましい。
- ③MMS計測車両から河川構造物までの距離が離れるに従い、照射点密度及び計測精度が低下する。

7) 成果作成のための必要資料

成果作成のための必要資料は以下のとおりである。

表 2-6 成果作成のための必要資料（門柱の傾き）

名称	利用方法
①管内図	計測計画図作成
②河川管理基図	計測計画図作成
③3次元レーザ点群データ	構造物の3次元形状取得
④カメラ画像	構造物への3次元形状取得状況の確認
⑤定期縦横断測量成果	計画高水位、計画堤防高、現況堤防高を参考情報として活用
⑥工事区間がわかる資料	MMS走行可否の把握
⑦重要水防箇所資料	参考情報として活用
⑧河川改修計画図	築堤、掘込、無堤区間の把握

コラム 8 検証用傾斜板による構造物傾斜検出の検証

MMSのレーザ点群により構造物の傾きが検出できるかどうかを検証するため、あらかじめ角度を測った板を現地に設置し、取得したレーザ点群から板の傾斜角度をデジタルレベルによる計測値と比較した。

検証用傾斜板を使ったレーザ点群による傾き検出試験は、板を 0° 、 0.5° 、 1.0° 、 2.0° 、 3.0° の傾きで設置し、走行するMMSによりレーザデータを取得した。

解析断面は 0.5 度の検証板の傾斜が概ね捉えられており、MMSの取得データから構造物の傾斜が確認できると考えられる。MMSを継続して計測することにより、構造物の経年的な変化も捉えることができる。

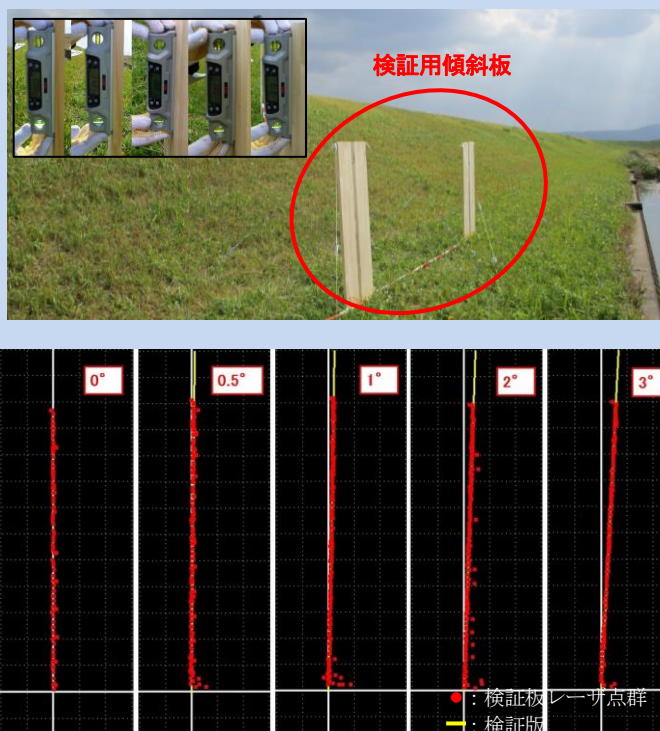


図 2-7 検証用傾斜板設置状況と検証板取得状況

2.3.はらみだし、陥没等の変状・変位検出

1) 目的

変状・変位の検出は、河川管理施設一つ一つの治水上の機能について異常及び変化等を発見・観察することを目的に行われている。

「河川砂防技術基準（維持管理編）」（平成 27 年 3 月）では、1 年に 1 回以上の頻度で点検を実施することが示されており、長大な河川堤防を原則徒歩で行うため河川管理者の大きな負担となっている。また、この基準の中において、MMS 等計測技術を用いた変状把握が例示されており、積極的に活用することにより河川管理の省力化が期待される。

そこで、MMS を用いて 3 次元レーザ点群データ及び堤防天端周辺の画像データを取得し、**定量的かつシームレスな変状・変位を把握**するとともに、従来から行われている目視点検の補完技術として活用することを目的とする。

2) 概要

堤防等河川管理施設の点検は、表 2-7 に示す変状・変位の発生及びその経年的変化について状態監視を行うことが基本となっている。

この従来からの手法に加え、MMS の 3 次元レーザ点群データとカメラ画像を用いて標高段彩図や地形起伏強度図、反射強度図、堤防天端・小段基準面解析、法面基準面解析、平滑化基準面解析等により堤防等河川管理施設の変状・変位を検出する

表 2-7 堤防の標準的な点検事項の総覧

項目	箇所	点検事項	出水 期前	台 風 期	出 水 後
土 堤	法 面 小 段	法面・小段の亀裂、陥没、はらみだし、法崩れ、不均配化、侵食等はないか（あるいは出水期前より進行していないか）	○	○	○
		湧き出し等、堤防植生、表土の状態に異状はないか（あるいは出水期前より進行していないか）	○	○	○
		雨水排水上の問題となっているような、小段の逆勾配箇所や局所的に低い箇所はないか	○	○	○
		法面・小段に不陸はないか	○	○	○
	天 端	法面及び小段が浸潤しているような箇所はないか	○	○	○
		モグラ等の小動物の穴が集中することによって、堤体内に空洞を生じていないか	○	○	○
		モグラ等の小動物の穴が集中していた箇所に陥没等を生じていないか	○	○	○
		樹木の侵入、拡大は生じていないか	○	○	○
	裏法尻部	坂路・階段取り付け部の路面排水の集中に伴う洗掘、侵食はないか	○	○	○
		堤防天端及び法面に亀裂、陥没、不陸、沈下等の変状はないか（あるいは出水期前より進行していないか）	○	○	○
		天端前部が侵食されているところはないか（あるいは出水期前より進行していないか）	○	○	○
		堤脚付近の排水不良に伴う浸潤状態はないか	○	○	○
護 岸	堤防護岸 高水護岸 低水護岸	堤脚付近の堤体土が軟弱化し、流動化の恐れはないか	○	○	○
		しほり水でいつも浸潤状態のところはないか	○	○	○
		法尻付近の漏水、噴砂はないか	○	○	○
		堤脚保護工の変形はないか（あるいは出水期前より進行していないか）	○	○	○
	鋼 矢 板	局部的に湿性を好む植生種が群生していないか	○	○	○
		ドレーン工の目詰まり、あるいは漏水の排水が生じていないか	○	○	○
		堤脚水路の継目からの漏水・噴砂はないか	○	○	○
		堤脚水路の閉塞はないか	○	○	○
	鋼 矢 板 背後地盤 空コン クリート	堤防護岸・高水護岸に目地の開き、亀裂、破損等の変状はないか	○	○	○
		堤防護岸・高水護岸に浸透対策として表法面に被覆工が施されている箇所において、遮水シートの露出や破断はないか	○	○	○
		護岸及びその端部に洗掘、侵食がないか	○	○	○
		コンクリート構造、鋼構造に劣化や腐食が生じていないか	○	○	○
根 固 工 ・ 水 制 工	根固工・水制工	コンクリートブロックや捨て石等の積み構造が、沈下、崩れ等の変形を生じていないか	○	○	○
		コンクリートブロック等の積み構造が、はらみ出しを生じていないか	○	○	○
		低水護岸に沈下、崩れ、陥没等変状発生が懸念される河床低下や局所洗掘が生じていないか	○	○	○
		コンクリート構造、鋼構造に劣化や腐食が生じていないか	○	○	○
	鋼 矢 板	コンクリート構造、鋼構造に不同沈下、傾き、土構造との接合部に隙間や吸い出し等が見られないか	○	○	○
		背後地盤に沈下、陥没はないか	○	○	○
		コンクリート構造、鋼構造に劣化や腐食が生じていないか	○	○	○
		空コンクリートの目地部、打ち継ぎ部に高低差、ずれ、開きはないか	○	○	○
	根固工・水制工	根固工の変状はないか（あるいは出水期前より進行していないか）	○	○	○
		水制工の変状はないか（あるいは出水期前より進行していないか）	○	○	○
		根固工、水制工に沈下、崩れ、陥没等変状の発生が懸念される河床低下や局所洗掘が生じていないか	○	○	○
		木製部材に施設機能を損なうような変状、損傷、腐食を生じていないか	○	○	○

※台風期と出水後の点検時期が重なる場合には両者を併せて実施できる

項目	箇所	点検事項	出水 期前	台 風 期	出 水 後
高 潮 堤 防 (被 覆 構 造 の 堤 防)	表・裏法 被覆工	ひび割れはないか	○	○	○
		剥離・剥落・欠損はないか	○	○	○
		錆汁、鉄筋露出等はないか	○	○	○
		隣接スパンの目地部、打ち継ぎ部に高低差、ずれ、開きはないか	○	○	○
	排水工	沈下・陥没はないか	○	○	○
		植生の繁茂等はないか	○	○	○
		ひび割れはないか	○	○	○
		隣接スパンの目地部、打ち継ぎ部に高低差、ずれ、開きはないか	○	○	○
	消波工・根固工	剥離・剥落・欠損はないか	○	○	○
		錆汁、鉄筋露出等はないか	○	○	○
		目地の高低差、ずれ、開き、漏水等の変状はないか。また、過去からの進行はないか	○	○	○
		ブロックの移動・散乱はないか	○	○	○
特 殊 堤	自立式 被覆工	沈下はないか	○	○	○
		ブロックの破損、ひび割れ・損傷はないか	○	○	○
	排水工	ひび割れはないか	○	○	○
		剥離・剥落・欠損はないか	○	○	○
		錆汁、鉄筋露出等はないか	○	○	○
		隣接スパンとの目地部、打ち継ぎ部に高低差、ずれ、開きはないか	○	○	○
	消波工・根固工	目地の高低差、ずれ、開きはないか	○	○	○
		ブロックの移動・散乱はないか	○	○	○
		沈下はないか	○	○	○
		ブロックの破損、ひび割れ・損傷はないか	○	○	○
陸 間	胸壁 構造 堤防	沈下・陥没はないか	○	○	○
		ひび割れはないか	○	○	○
		剥離・剥落・欠損はないか	○	○	○
		錆汁、鉄筋露出等はないか	○	○	○
	陸間	隣接スパンとの目地部、打ち継ぎ部に高低差、ずれ、開きはないか	○	○	○
		隣接する堤防天端と高低差、ずれ、目地の開きはないか	○	○	○
		躯体の傾きやたわみ等はないか	○	○	○
		躯体や車輪に錆等はないか	○	○	○
	陸間	躯体と躯体の間にゴミ等の異物がいないか	○	○	○
		隣接する堤防天端と高低差、ずれ、目地の開きはないか	○	○	○
		躯体の傾きやたわみ等はないか	○	○	○
		躯体や車輪に錆等はないか	○	○	○

※台風期と出水後の点検時期が重なる場合には両者を併せて実施できる

出典：堤防等河川管理施設及び河道の点検要領
（平成 28 年 3 月）

3) 計測対象と計測仕様の関係

計測対象と計測仕様の関係は以下のとおりである。

表 2-8 計測対象と計測仕様の関係（はらみだし、陥没等の変状・変位検出）

計測対象	成果仕様
堤防天端 法面 周辺地物	理論上の点密度、点間隔を参考 ^{注1)} に決定することを基本とする。 対象物までの距離が5mの場合、点密度の目安は1,100点/m ² 程度以上 ^{注2)} 、点間隔の目安は縦断方向8cm、横断方向1cm程度以下 ^{注2)} である。

注1) 計測仕様と堤防の物理的環境に応じた点密度、点間隔の理論値表参照（参考資料に記載）

注2) H26、H27 全国試行の検証結果に基づき設定

4) 解析方法

ア) カメラ画像による検出方法

- ①カメラ画像を撮影時間順に表示する。
- ②変状記録用のメッシュデータをカメラ画像表示空間上に展開する。
- ③カメラ画像から、変状の有無を目視により確認する。
- ④変状が確認されたメッシュに対し、変状があることを示す変状フラグを付与する。

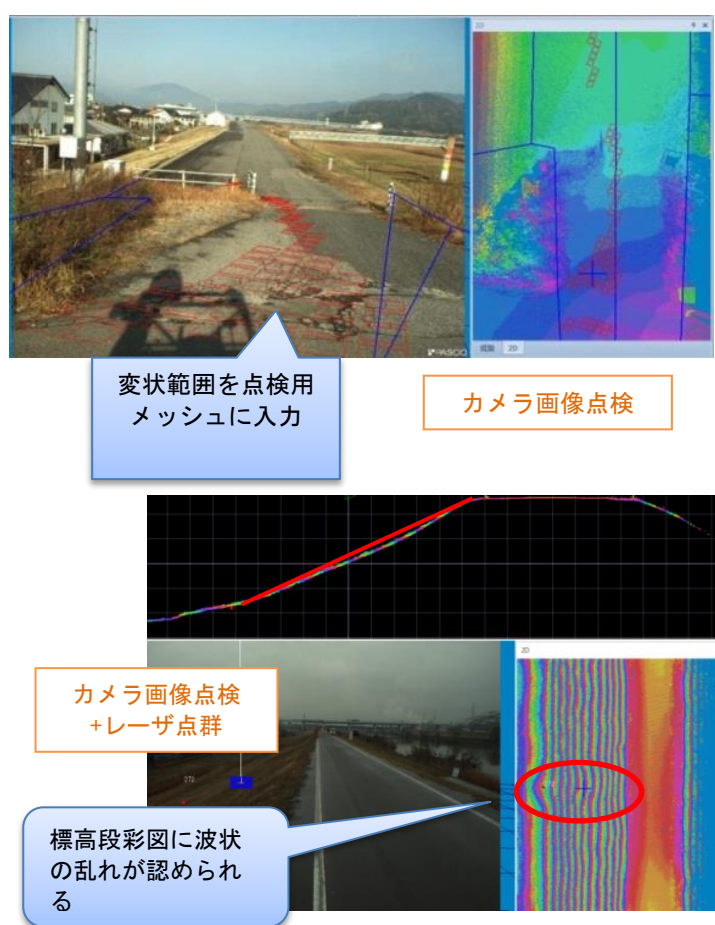


図 2-8 カメラ画像による検出方法

イ) 標高段彩図による検出方法

繰り返し標高段彩図により連続性が乱れている箇所について、カメラ画像の確認により変状検出を行う。標高段彩図の見方を図 2-9、図 2-10 に示す。

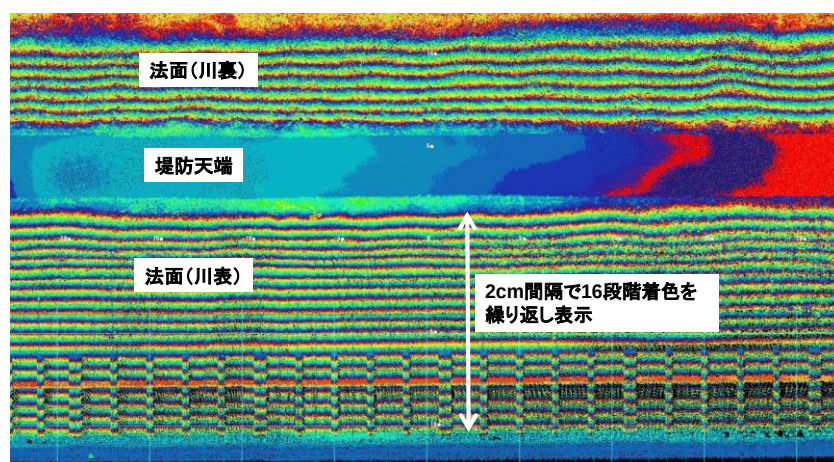


図 2-9 標高段彩図

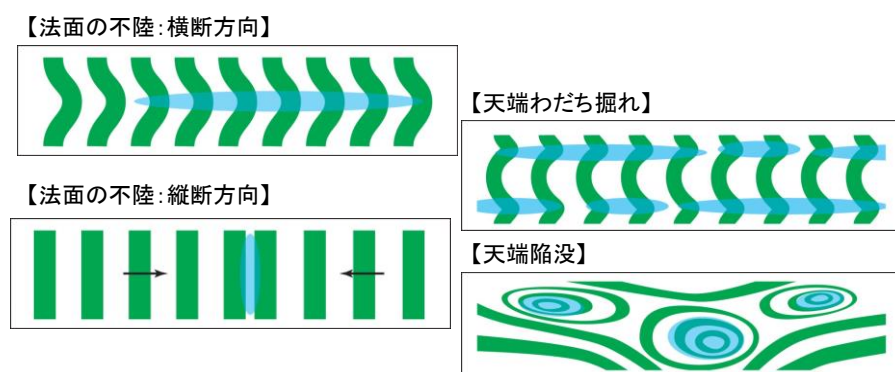


図 2-10 (1) 標高段彩図による変状の見方

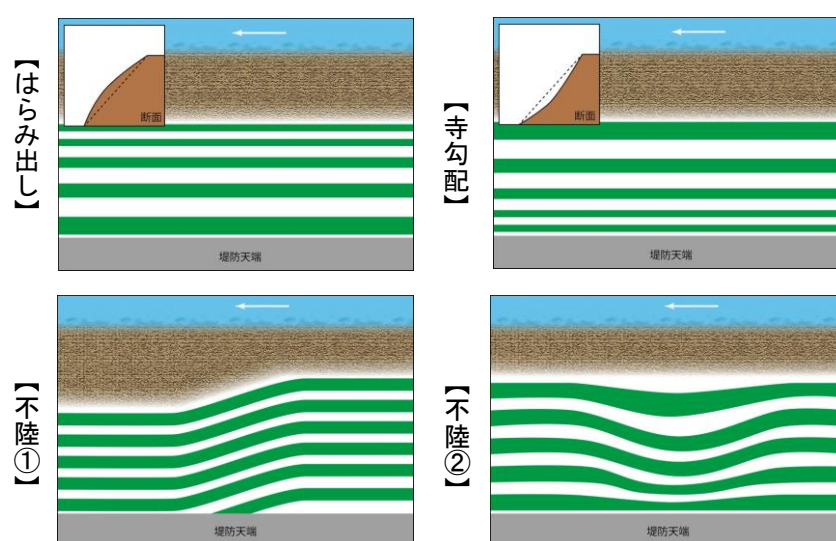


図 2-10 (2) 標高段彩図による変状の見方

ウ) 解析図による検出方法

地形起伏を分かり易く強調表現した解析図や反射強度図を用いて変状を検出する。

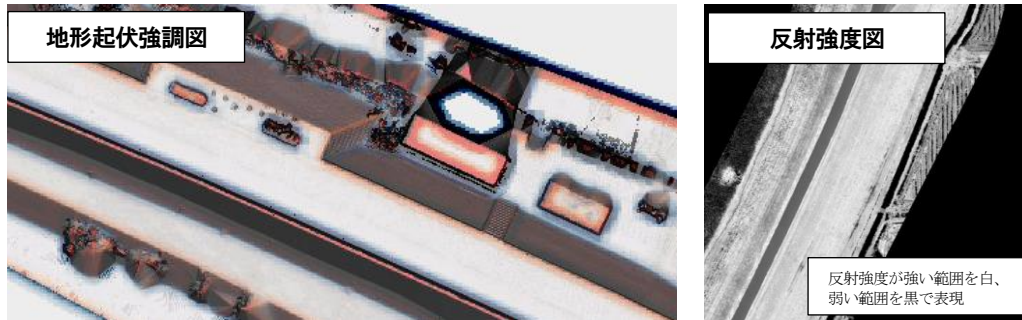


図 2-11 地形起伏強調図及び反射強度図

エ) 自動化による変状・変位の検出方法

①基準面解析

法肩及び法尻等においてブレイクラインを発生させることで堤防骨格を再現した基準面を設定し、基準面と DEM との差分を算出することで、面的な広がりを持つ変状を検出する。

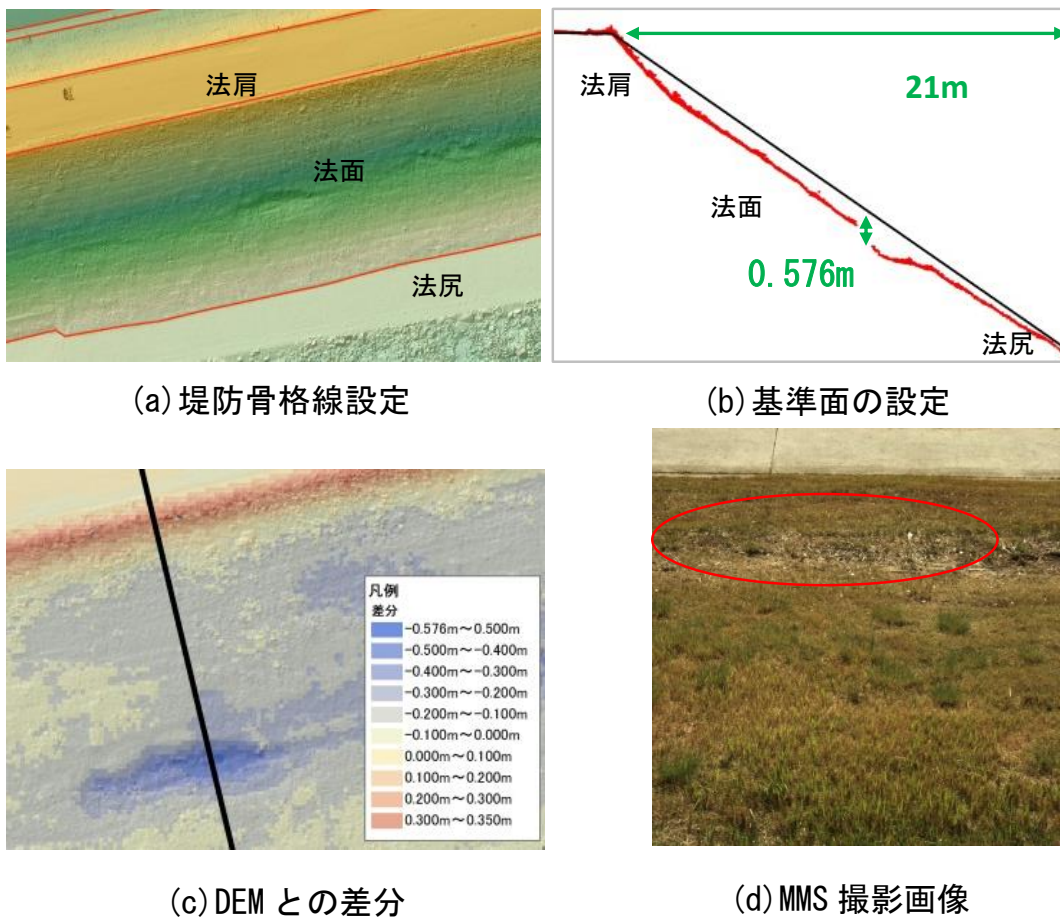
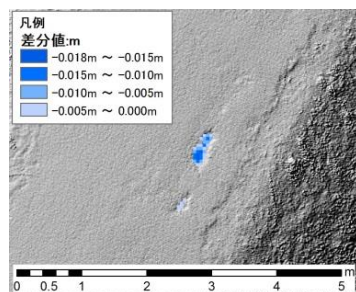
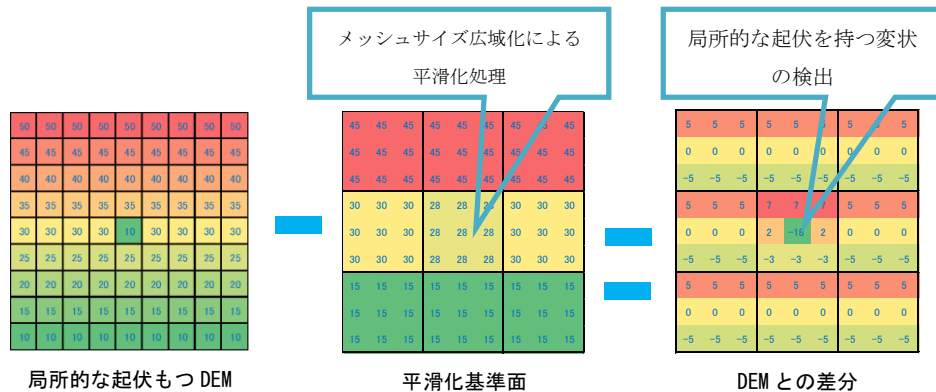


図 2-12 基準面解析による変状検出例

②平滑化基準面解析

標高値の平滑化処理による周辺の代表的な基準面（平滑化基準面）を設定し、平滑化基準面と DEM との差分を算出することで、局所的な起伏を持つ変状を検出する。



代表基準面と DEM との差分



現地写真（陥没）

図 2-13 平滑化基準面解析による変状検出例

5) 得られる成果

- ①堤防天端の亀裂、はらみだし、堤体陥没・不陸、侵食などの目視では判断が困難な面的変状を定量的に検出することが可能である。
- ②基準面解析では、面的な広がりを持つ変状が定量的に検出できる。台帳図整備時など事前に基準面を整備することで、解析処理時間の短縮化が期待できる。
- ③平滑化基準面解析では、陥没、ガリー侵食などの数十 cm 以上の起伏を検出できる。処理時間が比較的短く、解析処理のみで変状箇所を検出できる。

6) 留意事項

- ①モグラ穴等小動物の穴等の微小な変状は検出困難である。
- ②面的な変状を検出する基準は河川ごとで異なるため、変状を検出する閾値は河川ごとの維持管理状況に合わせて基準を設定する必要がある。
- ③平滑化基準面解析では、法肩、法尻付近にある場合、周辺メッシュ標高が急変するため平滑化精度が悪化し検出率が低下する。

7) 成果作成のための必要資料

成果作成のための必要資料は以下のとおりである。

表 2-9 成果作成のための必要資料（はらみだし、陥没等の変状・変位検出）

名称	利用方法
①管内図	計測計画図作成
②河川管理基図	計測計画図作成、取得位置平面図作成
③3次元レーザ点群データ	堤防形状の取得
④カメラ画像	3次元点群データの取得状況確認
⑤定期縦横断測量成果	計画高水位、計画堤防高、計画堤防横断図、現況堤防高、現況堤防横断図の比較・表示
⑥工事区間がわかる資料	MMS 走行可否の把握
⑦除草時期・区間がわかる資料	草丈の影響を極力排除したMMS 計測時期の設定
⑧重要水防箇所資料	参考情報として活用
⑨河川改修計画図	築堤、掘込、無堤区間の把握

コラム 9 MMS 堤防点検に関わる全国調査結果の整理

1. 調査概要

平成 26 年度に北海道開発局及び 8 地方整備局を対象に実施された MMS 堤防点検の変状・変位検出状況（検出率）調査を行った。実施条件は表 2-10 のとおりである。

表 2-10 H26 全国の調査対象河川

開発局 地整	開発建設部 河川事務所	対象河川	重点確認変状 (過年度検出率の低かった変状)
北海道	札幌	石狩川	微小な変状
		美唄川	
		産化美唄川	
東北	青森河川国道	岩木川	漏水等変状
	北上川下流河川	江合川	
関東	利根川上流河川	利根川	死角にある変状
	荒川下流河川	荒川	
北陸	阿賀川河川	阿賀川	微小な変状
		日橋川	
中部	庄内川河川	庄内川	死角にある変状
		矢田川	
近畿	姫路河川	加古川	漏水等変状
中国	岡山河川	旭川	死角にある変状
四国	那賀川河川	那賀川	微小な変状
		桑野川	
九州	川内川河川	川内川	漏水等変状

2. 検出状況整理

従来点検により検出された変状の諸元（種別、位置、規模）を整理した上で無効データを除外¹⁾し、従来点検により検出された変状・変位のうち、MMS による点検においても検出された変状を算出した。また、従来点検で補修が必要と判断された変状・変位に対し、MMS で検出されたものを算出した。

¹⁾ 無効データの要件は以下のとおり。

- ・点検要領の項目に分類できない
- ・検出の可否が記入されていない
- ・変状の規模（大きさ）が記入されていない
- ・計測機器から変状までの距離が記入されていない
- ・変状が検証当時補修済等により存在していない
- ・未検出の要因が記入されていない

3. 使用データ

全国より収集した調査結果を各計測方法別に整理した（表 2-11）。点検変状数総計は 1,336 件であった。計測方法別の点検変状数は MMS 堤防天端走行によるものが 57% を占め、MMS 法尻走行によるものが 12%、補完技術〔不整地走行車両（法尻走行）、熱赤外線サーモ、UAV、全周囲カメラ、ラジコンレーザ〕によるものが 16% を占める。また、疑似環境による点検を東北地整、中部地整、近畿地整、九州地整では実施しており、これらの結果が 15% を占める。

表 2-11 点検変状総数一覧

局番号	局名	河川名	MMS(天端)	MMS(法尻)	補完技術	疑似変状	総計	局計
81	北海道開発局	石狩川	12		24		36	90
		産化美唄川	7		14		21	
		美唄川	11		22		33	
82	東北地方整備局	江合川	28			12	40	68
		岩木川	5			14	19	
		吉田川	7	1	1		9	
83	関東地方整備局	利根川	7				7	49
		荒川	34	8			42	
84	北陸地方整備局	阿賀川・日橋川	27	5	2		34	34
85	中部地方整備局	庄内川	24	14	2	11	51	51
86	近畿地方整備局	加古川	12		144	88	244	244
87	中国地方整備局	旭川	243	34			277	598
		百間川	240	81			321	
88	四国地方整備局	那賀川	2	6			8	8
89	九州地方整備局	川内川	105	7	11	71	194	194
総計			764	156	220	196	1,336	

次に、点検変状総数から無効データを除いたものを有効データとした。MMS により検出された変状、未検出の変状に分類し、MMS により未検出の変状については、その要因が死角によるものとそれ以外（例えば変状までの距離が遠い、変状規模が小さい等）に分類した。計測手法別の検出状況の内訳を表 2-12 に示す。また、地整・河川別の検出状況の内訳を表 2-13 に示す。

表 2-12 計測手法別検出状況

計測手法	有効データ①			無効データ ②	合計 ①+②
	変状検出 件数 a	変状未検出件数 b			
		死角以外 b1	死角 b2		
MMS 天端走行	180	95	341	148	764
MMS 法尻走行	57	29	47	23	156
補完技術	115	39	7	59	220
疑似環境	115	53	8	20	196
合計	467	216	403	250	1336

これらの検出状況より、MMS による検出が物理的に困難な死角以外の未検出変状件数(b1)と検出された変状件数(a)を評価対象サンプルと位置づけ整理した。

ここで、検出率は以下のように定義した。

$$\text{検出率} = \frac{\text{変状検出件数}}{\text{変状検出件数} + \text{死角以外未検出件数}} \times 100$$

4. 変状・変位検出率

MMS（天端走行）による変状・変位の検出率は 65.5%、MMS（法尻走行）による変状・変位の検出率は 66.3%、UAV等補完技術による変状・変位の検出率は 74.7%、疑似環境の変状・変位の検出率は 68.5%となっている。

表 2-13 地整・河川別検出状況

局番号	局名	河川名	MMS(天端)				MMS(法尻)				補完技術				疑似環境				総計					
			有効データ			無効データ	有効データ			無効データ	有効データ			無効データ	有効データ			無効データ	有効データ			無効データ		
			検出件数	未検出件数			検出件数	未検出件数			検出件数	未検出件数			検出件数	未検出件数			検出件数	未検出件数				
				死角以外	死角			死角以外	死角			死角以外	死角			死角以外	死角							
81	北海道開発局	石狩川	6	1	1	4					5	10	1	8					11	11	2	12	36	
		産化美唄川	2		2	3					3	3	2	6					5	3	4	9	21	
		美唄川	6		3	2					8	6	4	4					14	6	7	6	33	
82	東北地方整備局	江合川	15	3	2	8									12				27	3	2	8	40	
		岩木川				5										9			5	9	0	0	10	19
		吉田川	4		2	1			1		1								5	0	3	1	9	
83	関東地方整備局	利根川	3			4													3	0	0	4	7	
		荒川	9	1	2	22	3			5									12	1	2	27	42	
84	北陸地方整備局	阿賀川・日橋川	13			14	1			4	2								16	0	0	18	34	
85	中部地方整備局	庄内川	3		8	13	8			6	2						8	3	13	0	16	22	51	
86	近畿地方整備局	加古川	1		3	8					94	18		32	52	24		12	147	42	3	52	244	
87	中国地方整備局	旭川	47	40	155	1	16	15	3										63	55	158	1	277	
		百間川	58	41	134	7	22	13	43	3									80	54	177	10	321	
88	四国地方整備局	那賀川	1			1	3			3									4	0	0	4	8	
89	九州地方整備局	川内川	12	9	29	55	4	1		2		2		9	42	29			58	41	29	66	194	
小計		①	180	95	341	148	57	29	47	23	115	39	7	59	115	53	8	20	467	216	403	250	1,336	
総計		②	764				156				220				196				1336					
割合(総計)		①/②	23.6%	12.4%	44.6%	19.4%	36.5%	18.6%	30.1%	14.7%	52.3%	17.7%	3.2%	26.8%	58.7%	27.0%	4.1%	10.2%	35.0%	16.2%	30.2%	18.7%		
有効データ・無効データ計		③	616			148	133			23	161			59	176			20	1086			250		
割合(有効)		③/②	80.6%			19.4%	85.3%			14.7%	73.2%			26.8%	89.8%			10.2%	81.3%			18.7%		
検出・死角以外未検出計		④	275				86				154				168				683					
割合(検出・未検出)		①/④	65.5%	34.5%			66.3%	33.7%			74.7%	25.3%			68.5%	31.5%			68.4%	31.6%				

従来点検で検出された変状のうち、規模が比較的大きく補修対象と考えられる変状（特に検出の必要性が高い変状）について整理し、これら変状・変位に対するMMSの検出率を算定した。

なお、補修対象の判断は、各整備局別の対応措置方針（表 2-14）の判断基準に基づき設定した。

表 2-14 整備局別の対応措置方針の分類

81 北海道開発局		86 近畿地方整備局	
D	即補修	大Ⅰ	緊急対応及び次期出水期までに対応が必要な内容
C	次年度以降	大Ⅱ	状況等を常時監視しながら、計画的に対応を検討するもの。規模としては大きなもの。次年度以降予算対応。
B	経過観察	中	規模としては小さなものだが、今年度または次年度以降に対応が必要な内容。（維持費対応）
A	変状無し	小	当面実施せず、巡視等で必要な場合及びモニタリングにて監視するもの。
82 東北地方整備局		87 中国地方整備局	
I	即対応	(大)	
Ⅱ	出水期前対応	中	次年度以降に対応
Ⅲ	今年度対応	小	経過観察
Ⅳ	次年度以降対応	88 四国地方整備局	
Ⅴ	経過観察	大	次期出水期までに応急対応
83 関東地方整備局		中	次年度以降に対応
大	維持工事の範疇ではなく、災害又は別予算を確保して工事として施工が必要なもの	小	経過観察
中	対策を行ったもの（小規模だったとしても対策をしていれば中）	89 九州地方整備局	
小	当面対策しないもの（経過観察等）、対策の必要なしと判断したもの	大	要対策（出水期前に対応するもの）
84 北陸地方整備		大	要対策（予算の関係上で出水期前は応急対策、出水期後に本復旧するもの）
大	次期出水期までに応急対応	中	要対策（次期点検までに対応するもの）
中	次年度以降に対応	小	経過監視（変状が拡大傾向なのか、落ち着いているのかを見極める必要がある）
小	経過観察	小	詳細調査（原因を明らかにして補修内容を検討する必要がある）
85 中部地方整備局		小	措置不要（改善される見通しがある、そもそも問題ではない等）
大	次期出水期までに応急対応	-	対策済み（維持管理工事が完了し、問題ない）
中	次年度以降に対応		
小	経過観察		

：補修対象

表 2-14 に示した補修対象程度を対象に算出した検出状況を表 2-15 に示す。MMS 堤防天端走行では、補修対象となる変状は 100%検出されている。補完技術では 3 件の変状は、いずれもモグラ等小動物の穴である。

表 2-15 補修対象変状検出状況

局番号	局名	河川名	MMS (天端)			MMS (法尻)			補完技術			合計						
			有効データ		無効データ	有効データ		無効データ	有効データ		無効データ	有効データ		無効データ				
			検出件数	未検出件数 死角以外 死角		検出件数	未検出件数 死角以外 死角		検出件数	未検出件数 死角以外 死角		検出件数	未検出件数 死角以外 死角					
81	北海道開発局	石狩川			1						1	1		0	1	2	0	
		産化美唄川			1						1	1		0	1	2	0	
		美唄川			1						1	1		0	1	2	0	
82	東北地方整備局	江合川	1			3								1	0	0	3	
		岩木川												0	0	0	0	
		吉田川	2		1									2	0	1	0	
83	関東地方整備局	利根川	3			2								3	0	0	2	
		荒川	1		2	10								1	0	2	10	
84	北陸地方整備局	阿賀川・日橋川	8			4	1		2					11	0	0	4	
85	中部地方整備局	庄内川				4								0	0	0	4	
86	近畿地方整備局	加古川	1		2	5								1	0	2	5	
87	中国地方整備局	旭川												0	0	0	0	
		百間川												0	0	0	0	
88	四国地方整備局	那賀川												0	0	0	0	
89	九州地方整備局	川内川			1	16			2				5	0	0	1	23	
小計		①	16	0	9	44	1	0	0	2	2	3	3	5	19	3	12	51
総計		②				69				3				13			85	
割合(総計)		①/②	23.2%	0.0%	13.0%	63.8%	33.3%	0.0%	0.0%	66.7%	15.4%	23.1%	23.1%	38.5%	22.4%	3.5%	14.1%	60.0%
有効データ・無効データ計		③			25	44			1	2			8	5			34	51
割合(有効)		③/②		36.2%		63.8%		33.3%		66.7%		61.5%		38.5%		40.0%		60.0%
検出・死角以外未検出計		④		16				1				5				22		
割合(有効)		①/④	100.0%	0.0%			100.0%	0.0%			40.0%	60.0%			86.4%	13.6%		

コラム 10 鋼矢板護岸の劣化・変位の検出

川幅約 150m の鋼矢板護岸の河川において、平場の沈下状況及び鋼矢板の傾斜を計測した。

1. 現地の状況

本フィールドは河口付近に位置する鋼矢板護岸であり、潮汐の影響を受ける区間である。堤防天端は胸壁構造となっており、法面は法枠工と張芝にから構成されており、平場では笠コンとの段差（沈下）が複数箇所を確認できる。

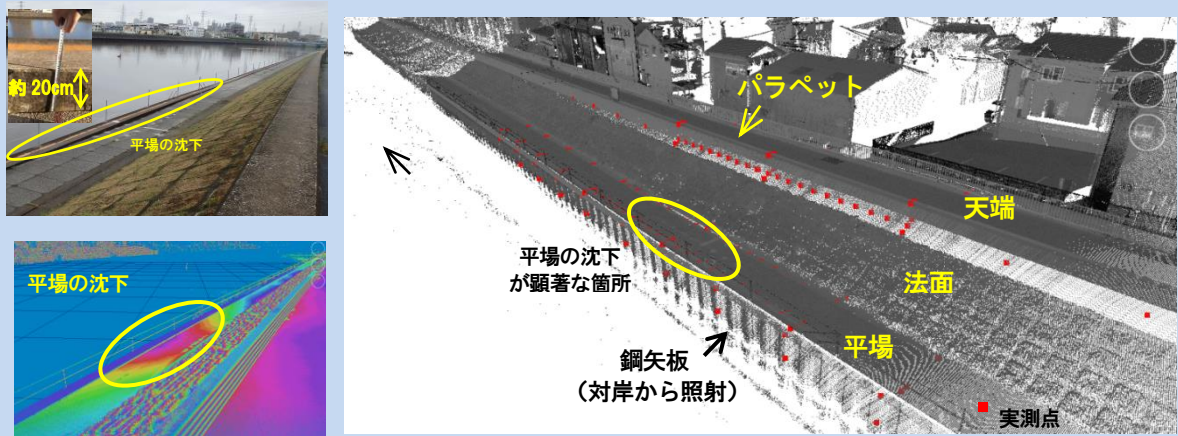


図 2-14 現地の状況（鋼矢板護岸）

2. 傾斜の測定方法

鋼矢板上部に任意の点 A (x, y, H) を取得し、点 A から鉛直方向に下げた点を A' とし、A' と鋼矢板の離れと A-A' 間距離 (L) から鋼矢板の傾きを算出した。

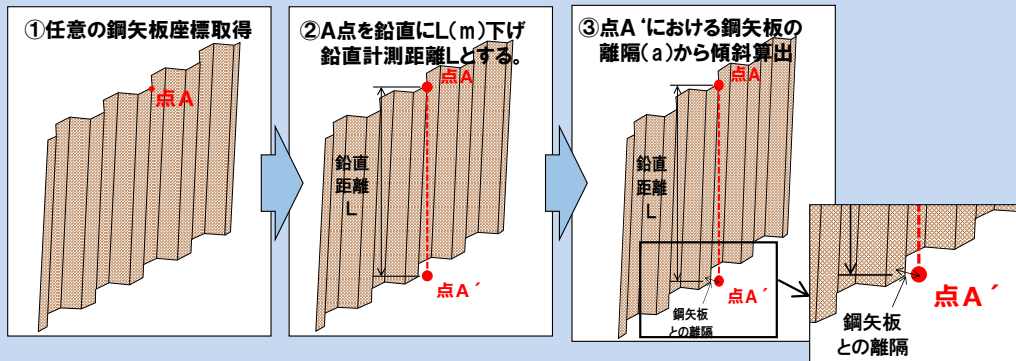


図 2-15 傾斜の測定方法

3. 解析結果

鋼矢板護岸の傾きの検証点及び断面図、鋼矢板の傾きを図 2-16 に示す。平場の沈下が確認された箇所の鋼矢板は、川側に 0.6~2.9° の傾斜が確認された。

検証点 番号	実測				MMS			
	鉛直方向 の距離 [m]	壁面との 離隔量 [mm]	1mあたり 離隔量 [mm]	傾斜角度 [°]	鉛直方向 の距離 [m]	壁面との 離隔量 [mm]	1mあたり 離隔量 [mm]	傾斜角度 [°]
No.7-5m	1.390	44	32	1.8	1.372	22	16	0.9
No.7	1.375	43	31	1.8	1.382	36	26	1.5
No.7+5m	1.363	52	38	2.2	1.383	69	50	2.9

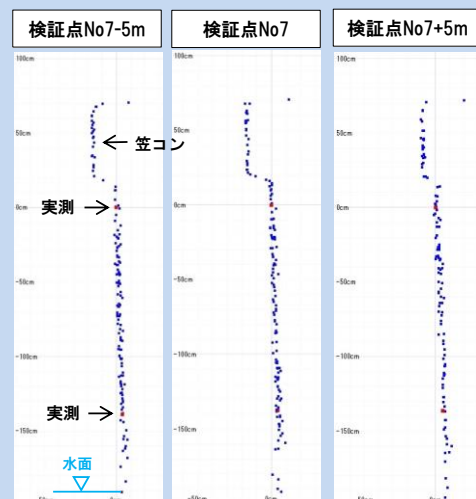


図 2-16 解析結果（鋼矢板の傾き）

2.4.モニタリング（堤体の沈下）

1) 目的

新設堤防や軟弱地盤上にある堤防は、短期間に数 cm～10cm 程度の沈下が発生することがあり、沈下特性も場所ごとに変わるため局所的に低くなる箇所が発生する可能性がある。このため、河川堤防の安全性・信頼性を維持し高めていくためには、堤体の変位を継続的にモニタリングしていくことが重要である。

そこで、精密な計測が必要とされる堤体の沈下について、MMSを用いて3次元レーザ点群データ及び堤防天端周辺の画像データを取得し、堤体の変位を継続的に把握することを目的とする。

2) 概要

2 時期の 3 次元レーザ点群データとカメラ画像により、「1. 1. 連続的な堤防天端高さの把握」に示す手法で堤防天端高さの縦断面図を作成し重ね合わせ、不同沈下状況を縦断方向に連続的に把握する。また、面的な重ね合わせにより、沈下の分布状況を把握する。

3) 計測対象と計測仕様の関係

計測対象と計測仕様との関係は以下のとおりである。

表 2-16 計測対象と計測仕様との関係（モニタリング；堤体の沈下）

計測対象	成果仕様
堤防天端 法面	理論上の点密度、点間隔を参考 ^{注1)} に決定することを基本とする。 天端上における点密度の目安は 5,000 点/㎡程度以上 ^{注2)} 、点間隔の目安は縦断方向 8cm、横断方向 1cm 程度以下 ^{注2)} である。

注 1) 計測仕様と堤防の物理的環境に応じた点密度、点間隔の理論値表参照（参考資料に記載）

注 2) H26、H27 全国試行の検証結果に基づき設定

4) 解析方法

① 線的比較

「1. 1. 連続的な堤防天端高さの把握」に基づき、2 時期以上の連続的な堤防天端高さ縦断面図を作成し、重ね合わせ表示する。

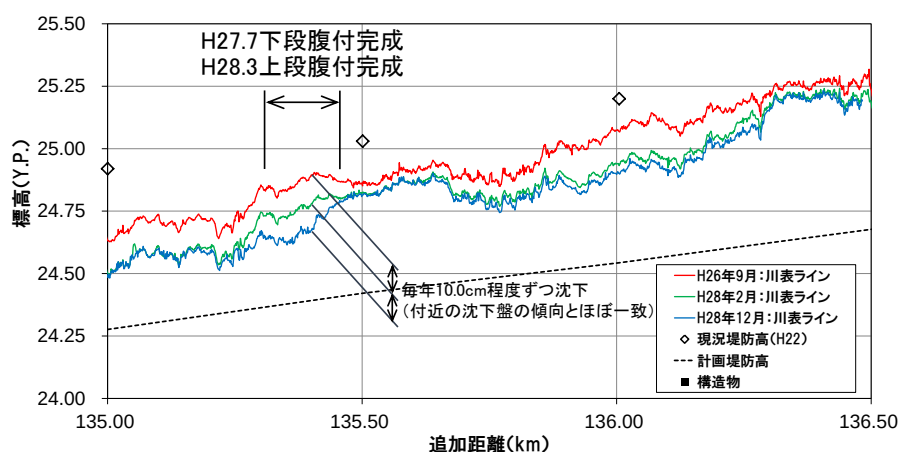


図 2-17 堤防天端高さ縦断面図の作成例

②面的比較

標高段彩図や標高差分図（2 時期の比較）を作成し、堤防変状の分布を把握する。

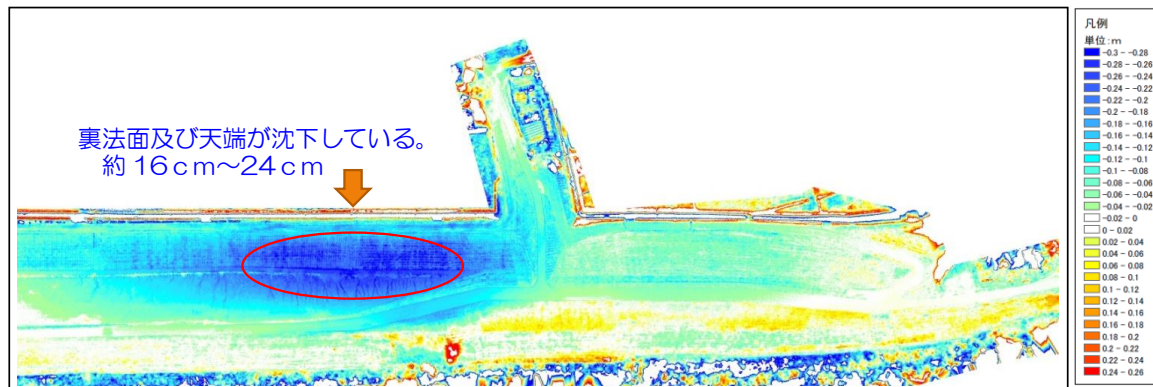


図 2-18 2 時期の標高差分図

5) 得られる成果

①定期縦断測量と同等の沈下量を把握できる。また、縦断測量測点位置以外の区間について、データの重ね合わせにより沈下傾向を捉えることができる。

6) 留意事項

- ①標定点による補正により、精度向上を図る必要がある。
- ②2 時期の縦断測線は、同一の位置情報を持ったデータを用いる必要がある。

7) 成果作成のための必要資料

成果作成のための必要資料は以下のとおりである。

表 2-17 成果作成のための必要資料（モニタリング；堤体の沈下）

名称	利用方法
①管内図	計測計画図作成
②河川管理基図	計測計画図作成、取得位置平面図作成
③ 3 次元レーザ点群データ	堤防天端高さの標高取得
④カメラ画像	取得測線の設定、取得位置の設定
⑤定期縦横断測量成果	計画高水位、計画堤防高、現況堤防高の縦断図への表示
⑥工事区間がわかる資料	MMS 走行可否の把握
⑦除草時期・区間がわかる資料	草丈の影響を極力排除したMMS 計測時期の設定
⑧重要水防箇所資料	参考情報として活用
⑨河川改修計画図	築堤、掘込、無堤区間の把握

2.5.標識等の管理や不法行為への活用

1) 目的

河川管理施設は、堤防や護岸、樋門・樋管など、治水上重要な施設の他に、標識、階段、坂路、安全施設、車両制限柵など、老朽化による安全性の低下が懸念される。

そこで、これら施設の位置と劣化状況を効率的に把握・管理するため、MMSを用いて3次元レーザ点群データ及び周辺地物の画像データを取得し、標識等の位置情報及び変化状況について整理することを目的とする。

また、不法行為対策への活用方法についても、不法係留などの位置情報・数を把握し、継続的監視することで河川利用の適正化を図ることを目的とする。

2) 概要

MMS計測から取得された3次元レーザ点群データ及びカメラ画像により、標識などの施設や船舶等の位置をポイント、ライン、ポリゴンで図化し、位置座標と写真を整理する（表 2-18、図 2-20）。位置座標を取得した施設は、表 2-18 に示す属性をカメラ画像により取得し、データベースを構築する（図 2-19）。また、取得したデータを基に、施設位置と写真を整理した施設位置図を作成する（図 2-19、図 2-21）。

表 2-18 MMSにより取得可能な看板等の施設

施設	図形取得内容	属性取得内容	施設	図形取得内容	属性取得内容
① 車止め 	図形タイプ ・ポイントデータ形式 取得位置 ・車止めの中心	MMS で取得可能 ・本数 ・形状（タイプ） MMS で取得不可能 ・鍵番号 ・設置年月日等	⑥ ガードレール 	図形タイプ ・ラインデータ形式 取得位置 ・支柱の中心	MMS で取得可能 ・長さ ・形状（タイプ） MMS で取得不可能 ・設置年月日等
② 高さ制限 	図形タイプ ・ポイントデータ形式 取得位置 ・高さ制限枠の中心	MMS で取得可能 ・高さ制限 MMS で取得不可能 ・設置年月日等	⑦ 坂路 	図形タイプ ・ポリゴンデータ形式 取得位置 ・坂路と考えられる平坦な箇所（※法面の植生等の影響により、正確な位置が取得し難い）	MMS で取得可能 ・幅員 ・傾斜 MMS で取得不可能 ・設置年月日等
③ 距離表示 	図形タイプ ・ポイントデータ形式 取得位置 ・距離表示の中心	MMS で取得可能 ・表示内容（文字） MMS で取得不可能 ・設置年月日等	⑧ 階段 	図形タイプ ・ポリゴンデータ形式 取得位置 ・階段と考えられる平坦な箇所（※法面の植生等の影響により、正確な位置が取得し難い）	MMS で取得可能 ・幅員 ・傾斜 ・長さ MMS で取得不可能 ・設置年月日等
④ 看板（河川名） 	図形タイプ ・ポイントデータ形式 取得位置 ・看板の中心	MMS で取得可能 ・表示内容（文字） MMS で取得不可能 ・設置年月日等			
⑤ 照明灯 	図形タイプ ・ポイントデータ形式 取得位置 ・照明灯の柱の中心	MMS で取得可能 MMS で取得不可能 ・灯具の種類 ・設置年月日等			

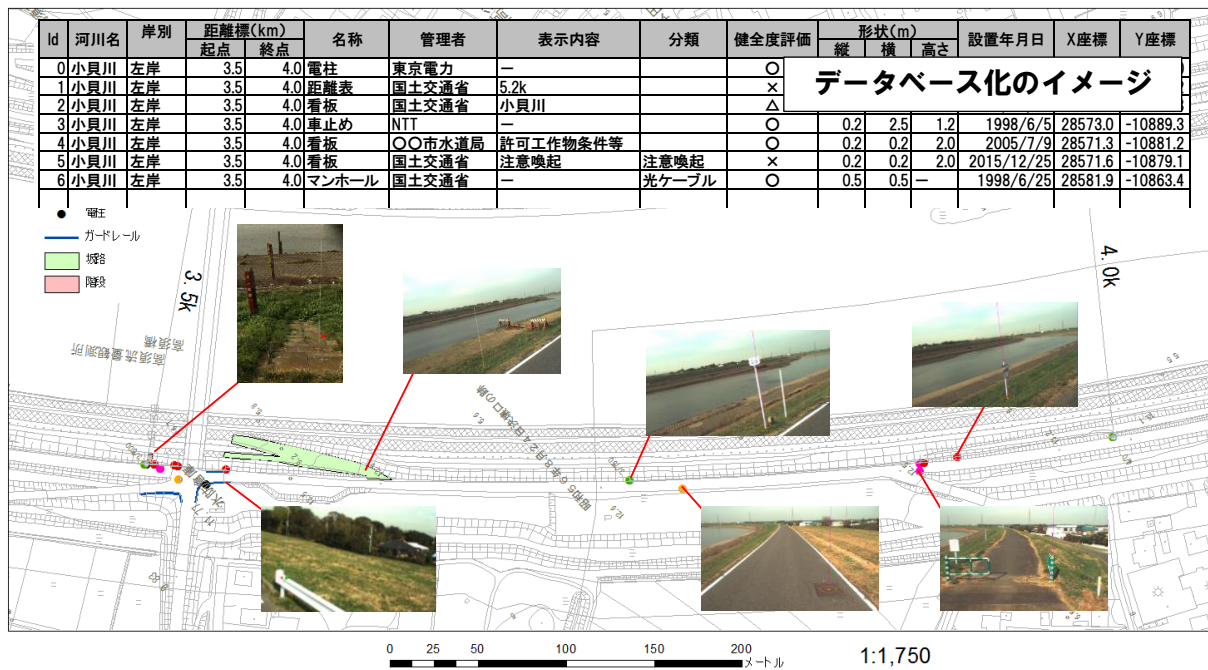


図 2-19 施設データ整理マップのイメージ

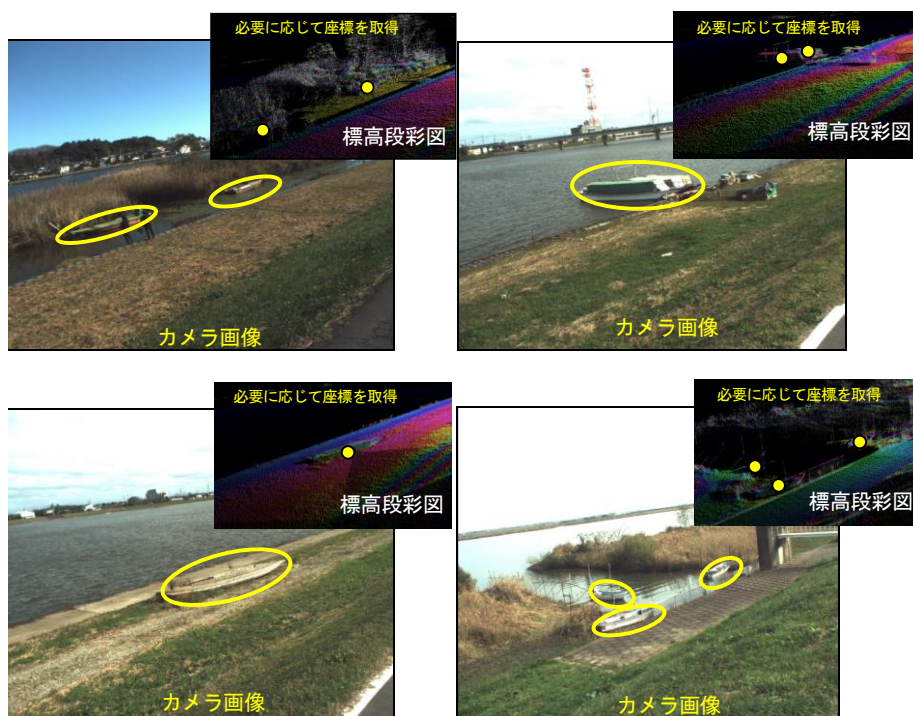


図 2-20 不法係留船のデータ取得状況



図 2-21 不法係留船状況マップのイメージ

3) 計測対象と計測仕様の関係

計測対象と計測仕様との関係は以下のとおりである。

表 2-19 計測対象と計測仕様との関係（標識等の管理や不法行為への活用）

計測対象	成果仕様
堤防天端 法面 周辺地物	理論上の点密度、点間隔を参考 ^{注1)} に決定することを基本とする。 対象物までの距離が15mの場合、点密度の目安は100点/m ² 程度以上 ^{注2)} 、点間隔の目安は縦断方向14cm、横断方向14cm程度以下 ^{注2)} である。カメラ画像の解像度は500万画素以上を標準とする。

注1) 計測仕様と堤防の物理的環境に応じた点密度、点間隔の理論値表参照（参考資料に記載）

注2) H26、H27 全国試行の検証結果に基づき設定

5) 得られる成果

- ①膨大な量の標識等の施設について、MMSによるカメラ画像と位置座標取得により、施設データ整理マップや不法係留船状況マップ等を作成するための基礎データを取得することが可能となる。

6) 留意事項

- ①MMSから死角となる施設やレーザ照射が不可能な施設を予め把握しておき、目視などにより補完しておく必要がある。
- ②坂路など、側方カメラにより図化する場合に位置精度が低下する。
- ③膨大な量の施設が存在するため、施設の劣化状況等を評価できる基準を作成し、補修対象とする施設の優先度を検討する必要がある。

7) 成果作成のための必要資料

成果作成のための必要資料は以下のとおりである。

表 2-20 成果作成のための必要資料（標識等の管理や不法行為への活用）

名称	利用方法
①管内図	計測計画図作成
②河川管理基図	計測計画図作成、取得位置平面図作成
③ 3次元レーザ点群データ	堤防天端高さの標高取得
④カメラ画像	取得測線の設定、取得位置の設定
⑤工事区間がわかる資料	MMS 走行可否の把握
⑥除草時期・区間がわかる資料	草丈の影響を極力排除したMMS 計測時期の設定
⑦河川改修計画図	築堤、掘込、無堤区間の把握

2.6.洪水痕跡水位調査

1) 目的

洪水痕跡水位は、洪水流下のネック部（せき上げ）、河道の湾曲や砂州による左右岸の水位差、粗度係数等といった洪水の流下特性を調査するための基礎的データとして活用できるため、多くのデータを精度よく取得することで河道計画等の高度化が図られる。

そこで、MMSを用いて3次元レーザ点群データ及び堤防天端周辺の画像データを取得し画像データから洪水痕跡を判読するとともに、痕跡水位の3次元化（座標データ：x, y, Hの取得）を連続的に行う。取得した痕跡水位の座標データ及び堤防天端高さを元に連続的な洪水痕跡縦断面図を作成し、災害検証や河道計画策定等の基礎資料とすることを目的とする。

2) 概要

堤防天端高さの縦断面図を「1.1.連続的な堤防天端高さの把握」に示す手法により作成し、痕跡水位の標高から縦断面図上にプロットする。

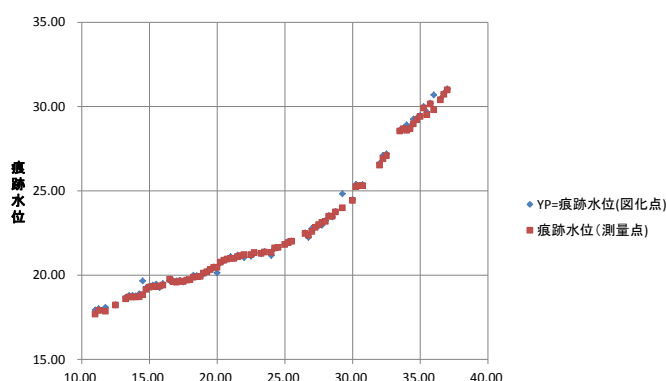


図 2-22 痕跡水位縦断面図 作成例

3) 計測対象と計測仕様との関係

計測対象と計測仕様との関係は以下のとおりである。

表 2-21 計測対象と計測仕様との関係（洪水痕跡水位調査）

計測対象	成果仕様
堤防天端 法面	理論上の点密度、点間隔を参考 ^{注1)} に決定することを基本とする。 天端上における点密度の目安は5,000点/m ² 程度以上 ^{注2)} 、点間隔の目安は縦断方向8cm、横断方向1cm程度以下 ^{注2)} である。 カメラ画像の解像度は500万画素以上を標準とする。

注1) 計測仕様と堤防の物理的環境に応じた点密度、点間隔の理論値表参照（参考資料に記載）

注2) H26、H27 全国試行の検証結果に基づき設定

4) 解析方法

①痕跡水位の3次元化

痕跡水位を3次元化するため、ビューワを用いて痕跡水位を画像で確認し、位置情報を図化する。図化にあたっては、植生の影響を極力排除した地盤面に近い座標を取得する必要があるため、3次元レーザ点群データによる横断面図を確認しながら最下点を入力する。

②実測との比較

必要に応じて実測を行い、痕跡水位の3次元データ（x, y, H 座標データ）と比較し、標高較差を算出してその妥当性を確認する。

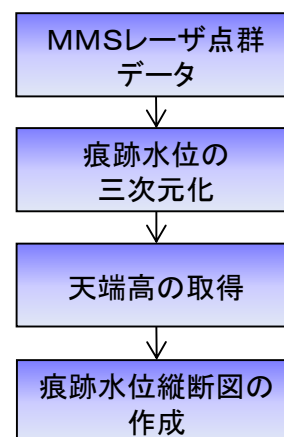


図 2-23 洪水痕跡水位調査フロー

5) 得られる成果

- ①定期横断測線間の痕跡水位を連続的に把握することができ、災害検証や河道計画の精緻化及び高度化が図られる。

6) 留意事項

- ①洪水痕跡の判読が可能なように、計測（走行）位置を表法肩付近に設定する。
- ②出水直後の堤体は、水分を多く含み不安定となり崩壊の危険があるため、事前現地踏査や現地災害対応者等の情報を収集し、安全が確認されてからMMS計測（走行）を行う。
- ③植生繁茂や死角等の影響によりエラー値（局所的に高いまたは低い箇所）が発生する可能性があるため、作成した縦断図をもとに異常値をチェックする。
- ④連続的な堤防天端高さについても縦断図に表示し、越水の危険性が高い箇所を把握する。
- ⑤時間が経過すると、痕跡水位が明瞭に判断できなくなる可能性があるため、可能な限り災害直後にMMS計測を実施する。

7) 成果作成のための必要資料

成果作成のための必要資料は以下のとおりである。

表 2-22 成果作成のための必要資料（洪水痕跡水位調査）

名称	利用方法
①管内図	計測計画図作成
②河川管理基図	計測計画図作成、取得位置平面図作成
③3次元レーザ点群データ	堤防天端高さ及び痕跡水位の標高取得
④カメラ画像	取得測線の設定、取得位置の設定
⑤定期縦横断測量成果	計画高水位、計画堤防高、現況堤防高の縦断図への表示
⑥工事区間がわかる資料	MMS 走行可否の把握
⑦重要水防箇所資料	参考情報として活用
⑧河川改修計画図	築堤、掘込、無堤区間の把握

3. 河道流下断面の維持管理

3.1.河道の点検

1) 目的

河道の維持管理は、河川砂防技術基準調査編（平成 26 年 4 月）に基づく定期縦横断測量により、5 年に 1 回程度実施し把握することが基本となっている。しかし、定期横断測線間における河道形状や樹木繁茂状況は詳細に把握されていない場合が多く、河道流下断面不足による流下能力の低下を防止する必要がある。

そこで、MMS を用いて 3 次元レーザ点群データ及び堤防天端周辺の画像データを取得し、河岸の変状や流下能力を阻害する砂州形状、樹木繁茂状況を把握することで、河道管理の高度化を図ることを目的とする。

2) 概要

長距離高密度レーザを搭載したMMSを用いて、対岸の堤防天端を走行して河道内地形データを取得し、河岸の変状や流下能力を阻害する砂州形状、樹木繁茂状況を把握する。

3) 計測対象と計測仕様の関係

計測対象と計測仕様との関係は以下のとおりである。

表 3-1 計測対象と計測仕様との関係（河道の点検）

計測対象	成果仕様
河道全体	理論上の点密度、点間隔を参考 ^{注1)} に決定することを基本とする。 天端上における点密度の目安は 5,000 点/㎡程度以上 ^{注2)} 、点間隔の目安は縦断方向 8cm、横断方向 1cm 程度以下 ^{注2)} である。

注 1) 計測仕様と堤防の物理的環境に応じた点密度、点間隔の理論値表参照（参考資料に記載）

注 2) H26、H27 検証結果に基づき設定

4) 解析方法

①砂州体積の把握

UAVレーザ及びMMSレーザ点群から 3 次元モデル（メッシュモデル）を構築し、それぞれの砂州面積、体積を求めた。

5) 得られる成果

①砂州の体積

砂州の体積の増減が把握でき、河積阻害に関する指標として活用できる。

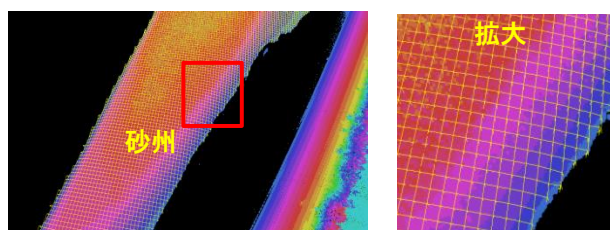


図 3-1 TINモデルの生成による砂州体積の把握

②樹木繁茂状況把握

夏季、冬季にMMS計測を行うことで、夏季には葉の影響でレーザの通過が困難であった樹木に対して、冬季では間をすり抜ける形でレーザが遠方まで到達している。夏季には樹高の取得、冬季には樹量を取得できるため、この2つの情報を活用することで植生の繁茂状況が把握できる。

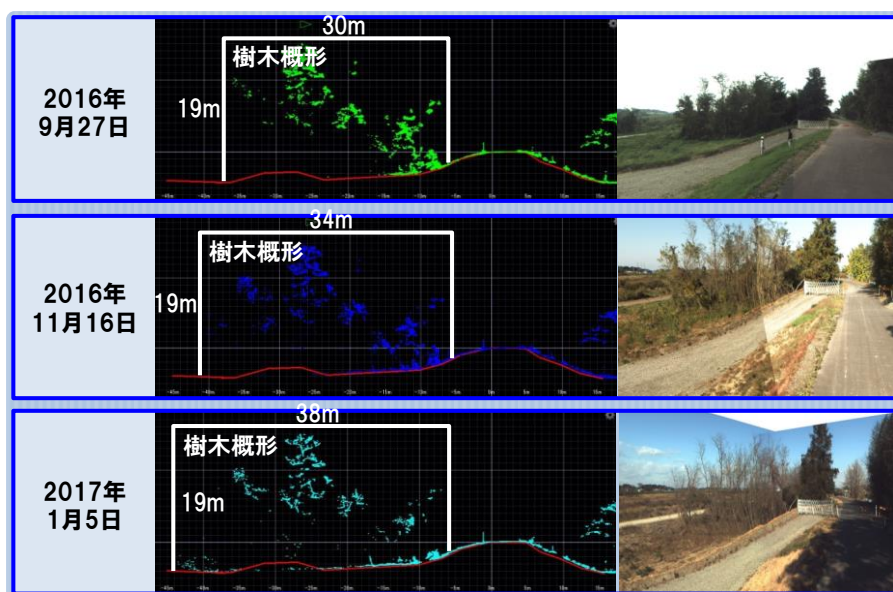


図 3-2 季節による到達状況の違い

③離岸堤の変状把握

MMS計測を継続実施することで、離岸堤の不同沈下の進行状況を概ね確認できる。

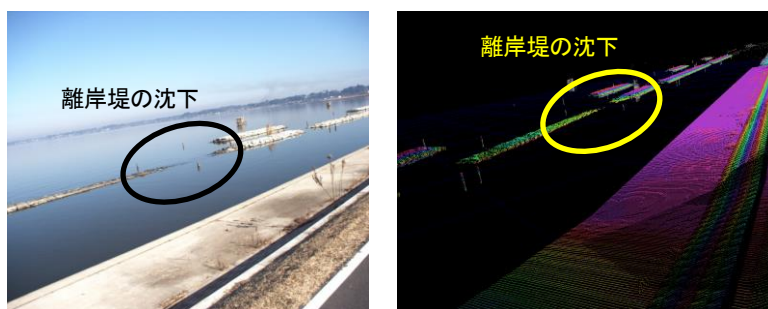
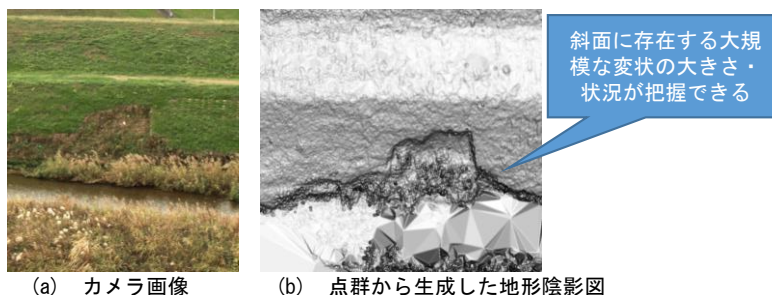


図 3-3 離岸堤沈下状況の把握

④対岸の変状把握

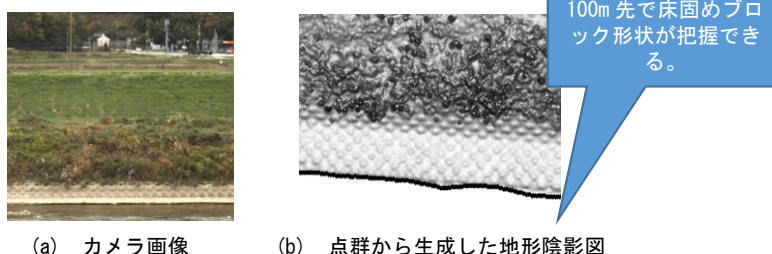
河道内樹木等の影響が無い場合、MMS 取得データは、45m 先の対岸にある変状（法崩れ）、100m 先の水際の地形形状、床固めブロック形状が確認できる。MMS 取得データは、現地進入の難しい箇所における数 m 以上の変状の状況・規模の把握ができる。対岸までの距離が 100m 以内であれば、水際地形の把握に有効であることが確認できる。

(1) 45m 先の対岸



(a) カメラ画像 (b) 点群から生成した地形陰影図

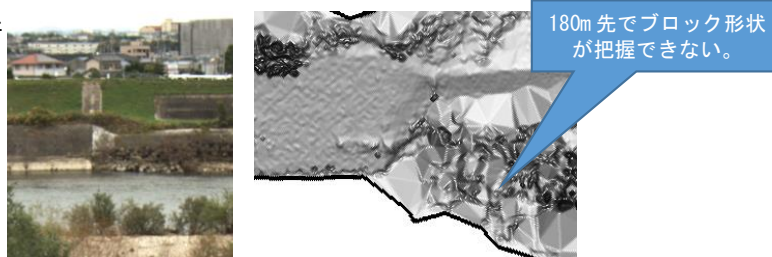
(2) 100m 先の対岸



(a) カメラ画像 (b) 点群から生成した地形陰影図

図 100m 先対岸の地形再現 確認結果

(3) 180m 先の対岸



(a) カメラ画像 (b) 点群から生成した地形陰影図

図 180m 先対岸の地形再現 確認結果

(4) 参考：MMS データを用いた地形解析例

右図は、100m 先の MMS 点群を用いて、地形解析により、周辺より低い場所を可視化した結果である。

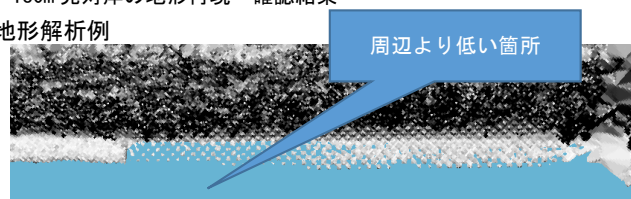


図 地形解析結果事例 （水色：標高 32m より低い箇所）

6) 留意事項

- ①砂州形状取得にあたっては、水位が低下した非出水期に実施することが望ましい。
- ②河道内樹木などの遮蔽物がある場合は、死角が発生する。

7) 成果作成のための必要資料

成果作成のための必要資料は以下のとおりである。

表 3-2 成果作成のための必要資料 (河道の点検)

名称	利用方法
①管内図	計測計画図作成
②河川管理基図	計測計画図作成
③3次元レーザ点群データ	河道地形の取得
④カメラ画像	3次元レーザ点群データの取得状況確認
⑤定期縦横断測量成果	河道内地形把握
⑥工事区間がわかる資料	MMS 走行可否の把握
⑦除草時期・区間がわかる資料	草丈の影響を極力排除したMMS 計測時期の設定
⑧重要水防箇所資料	参考情報として活用
⑨河川改修計画図	築堤、掘込、無堤区間の把握

コラム 11 両岸からの照射による河道全体の地形把握

下図は、川幅約 200m 程度の河川であり、両岸堤防天端からのレーザ照射により河道全体の地形を把握することが可能である。

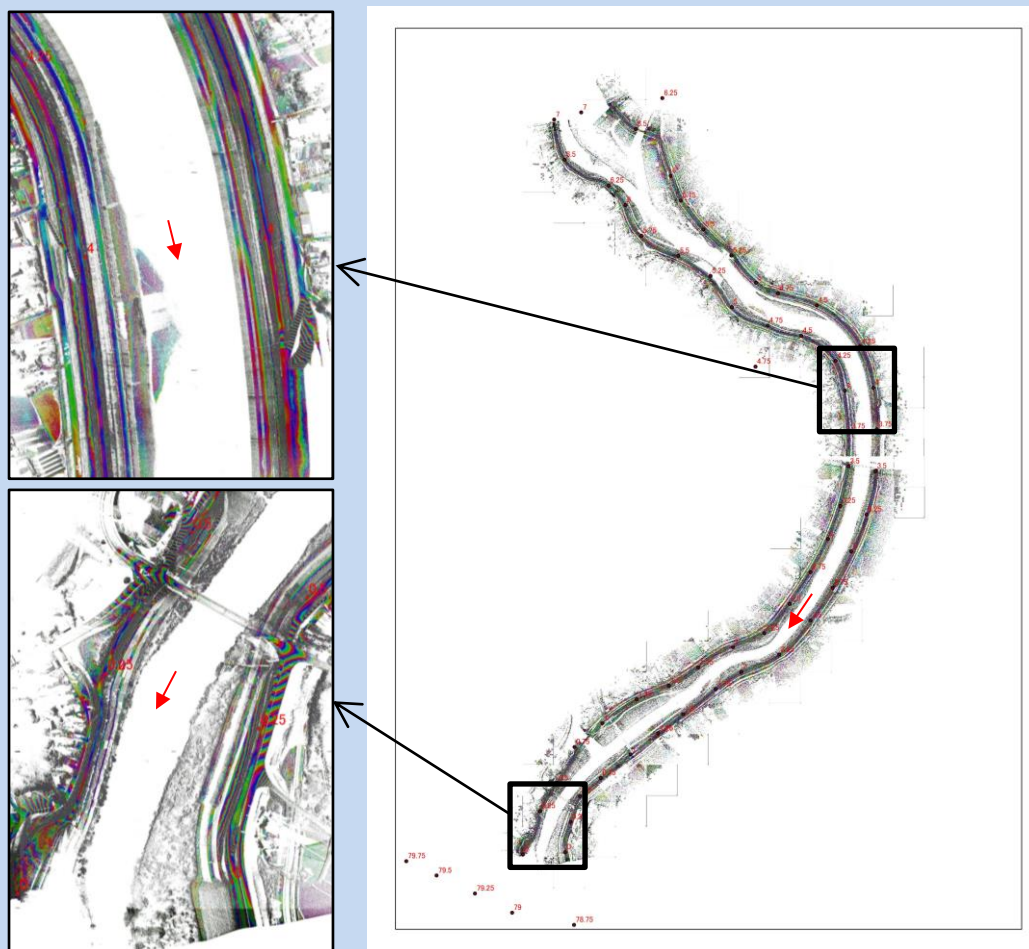


図 3-4 河道内地形の取得状況

4. その他活用方法

4.1. 氾濫原浸水痕跡調査

1) 目的

河川氾濫を対象にした災害調査は、浸水現象（浸水範囲、浸水深等）を網羅的に把握するために行われる。

MMSを用いて浸水が発生した区域内を走行し、3次元レーザ点群データ及び周辺の画像データを取得するとともに、フェンスや家屋に付着した水位の痕跡（枯葉、泥等の付着）を3次元化し、浸水範囲及び浸水深を把握し、浸水解析の精度向上、治水経済調査・水害リスク評価及び危機管理対策の高度化を図ることを目的とする。

2) 概要

MMS画像データを活用した浸水被害発生箇所の浸水痕跡を確認し、MMS計測データによる浸水痕跡調査と浸水深ポイントデータを作成する。浸水痕跡の判断指標は、以下のとおりである。

浸水痕跡①：草や枯葉が水流によりフェンス（金網）等に付着している状態

浸水痕跡②：汚泥水が塀や住宅壁、沿道施設等に付着した状態



図 4-1 浸水痕跡調査と現地調査との比較

MMS 画像データから判読した浸水痕跡について、位置及び地盤からの高さをMMS 図化により測定し、浸水深ポイントデータを作成する。



図 4-2 浸水痕現場計測とMMSによる浸水深ポイントデータ位置図



図 4-3 MMS 画像判読の状況（左：画像判読、右：レーザー点群データによる標高読み取り）

3) 計測対象と計測仕様の関係

計測対象と計測仕様との関係は以下のとおりである。

表 4-1 計測対象と計測仕様との関係（氾濫原浸水痕跡調査）

計測対象	成果仕様
浸水区域内の道路	原則として、国内保有台数が多い道路用MMS ^{注1)} を推奨する。ただし、長距離・高密度レーザを搭載した河川用MMSについても、この使用を妨げない。

注 1) H26、H27 全国試行の検証結果に基づき設定

5) 得られる成果

- ①氾濫区域内の浸水深及び浸水範囲が適確に把握されることにより、治水計画・整備のための基礎資料になるとともに、浸水解析の精緻化、治水経済調査・水害リスク評価手法の高度化、危機管理対策の高度化が図られる。

6) 留意事項

- ①災害発生後、時間が経過すると痕跡水位が明瞭に判断できなくなる可能性があるため、安全が確認され次第、迅速なMMS計測を行うための概略の浸水区域の把握が重要である。
- ②災害直後のMMS計測は、浸水区域も広く、通行の障害となりうる状況が多く想定されるため、現地事前踏査を確実に行之、計測車両の走行では安全管理が最重要事項となる。
- ③MMS計測は、道路隣接付近の調査となることから、MMS計測範囲外の情報を補足するため、適確な位置情報を取得できるVRS等を用いた現地調査との併用により、痕跡調査を迅速かつ効率的に行える。
- ④MMSカメラ画像データによる判読は、MMS車両が通行できる道路付近に制限される。

7) 成果作成のための必要資料

成果作成のための必要資料は以下のとおりである。

表 4-2 成果作成のための必要資料（氾濫原浸水痕跡調査）

名称	利用方法
①管内図	計測計画図作成
②地形図	計測計画図作成
③3次元レーザ点群データ	浸水高さの標高取得
④カメラ画像	取得位置の確認

4.2.全周囲画像の活用

1) 目的

国土交通省で開発した河川巡視点検システム「RMDIS」とMMS全周囲画像データ（以下、「全周囲画像データ」という）を活用するPADMS Photo Viewer for Android（以下、「PPVA」という。）との連携により、河川の巡視点検における変状・変位の正確な位置情報と状況把握を行うことを目的とする。

2) 概要

RMDIS と PPVA の連携手法として、以下のケースが考えられる。

- ①アプリケーション連携
- ②ファイル連携
- ③OS 機能の活用（インテント機能）

開発上の問題点、開発費用、双方のアプリケーションバージョンアップ時の問題、既存特許などの課題を整理した結果、③の OS（Android）の機能を活用したインテントによる連携が最も実現性が高いと判断される。



図 4-4 RMDIS とのアプリケーション連携イメージ

3) 計測対象と計測仕様の関係

計測対象と計測仕様の関係は以下のとおりである。

表 4-3 計測対象と計測仕様の関係（全周囲画像の活用）

計測対象	成果仕様
堤防天端 法面 周辺地物	全周囲カメラの総画素数は、1000 万画素以上 ^{注1)} を基本とする。

注1)「大規模氾濫に対する減災のための治水対策のあり方について 答申 平成 27 年 12 月 社会資本整備審議会」における堤防の連続的な高さについての調査にあたり、全国で標準的に設定された成果仕様

4) PPVA の主な機能

①全周囲画像データの表示

- ・全周囲画像データがタブレット端末で表示できる。



②自己位置の確認

- ・現地において GPS により自己位置を取得し、PPVA 上の経路図や全周囲画像上に現在地の表示が可能である。
- ・全周囲画像上でタブレットの向きと画像の向きを連動させ、実際に見える風景と全周囲画像の連動が可能である。



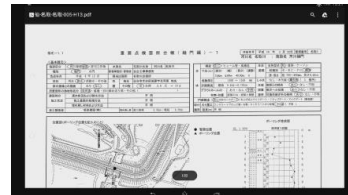
③点検箇所等エアタグ（ブックマーク）の作成・編集

- ・全周囲画像上にエアタグを作成し、箇所名やメモ書きが可能である。
- ・エアタグは、全周囲画像、AR 画面、経路図上に表示可能である。



④現地写真や調書等資料のリンク

- ・作成したエアタグに、現地写真や PDF 等の関係資料を関連付けし、現地で資料を閲覧することが可能である。



5) 得られる成果

①RMDIS と全周囲画像データの連携により、RMDIS による点検箇所を 3 次元かつ高精度に把握が可能となる。また、現地における点検箇所の再確認が容易となり、効率的な維持管理が期待される。

- ・点検箇所の位置登録が適確に行える。
- ・維持管理の段階で場所の特定に手間取ることが無い。
- ・全周囲画像上において、要点検箇所の把握が可能となる。

②災害等の緊急時における活用が期待できる。

- ・TEC-Force 等、土地感の無い派遣調査員が現地対応を行う様な場合でも、現地における迅速な確認・誘導等の活用が期待される。
- ・夜間や悪天候下による視界不良時における現地風景の把握を行う場合、過去の点検箇所把握等に全周囲画像データの活用が期待できる。
- ・破堤箇所等の災害前の状況について、全周囲画像上で現地位置や向きを連動して把握することが可能であり、災害査定ツールとして活用が期待される。

6) 留意事項

①運用開始時に、蓄積された点検結果を PPVA のブックマークとして予め反映させておく必要があることから、ブックマーク用の初期データ作成が必要である。

7) 成果作成のための必要資料

成果作成のための必要資料は以下のとおりである。

表 4-4 成果作成のための必要資料（全周囲画像の活用）

名称	利用方法
①管内図	計測計画図作成
②河川管理基図	計測計画図作成
③ 3 次元レーザ点群データ	位置情報の確認
④カメラ画像	堤防及び周辺地物の画像取得
⑤工事区間がわかる資料	MMS 走行可否の把握
⑥除草時期・区間がわかる資料	草丈の影響を極力排除したMMS 計測時期の設定
⑦重要水防箇所資料	参考情報として活用
⑧河川改修計画図	築堤、掘込、無堤区間の把握

コラム 12 MMS等大容量取得データの管理方法

1. はじめに

河川管理者は、MMS 計測データや航空レーザ測量データ、UAVデータ、定期縦横断測量成果など様々なデータを蓄積・管理していく必要があり、さらに、i-Construction の推進により、今後、3 次元データの活用機会は一層高まることが想定される。

このような状況から、各測量成果を地図検索またはキーワード検索できるシステムを構築し、最小限のコストで最低限のデータ管理ができる方法を示す。

2. 概要

システムの概要は表 4-5、図 4-5 に示すとおりである

表 4-5 システムの概要

利用イメージ	主な機能	特徴
- 比較的頻繁な利用を想定 - 誰でも容易に利用可能 - 庁内 LAN での利用を想定	データ検索機能	- 成果利用が多いため、いつ、どこに、どんな成果がわかることで情報提供が容易になる。 - システムの利用において特段のトレーニング等が不要 - 個別の組織で管理した場合、情報の漏れや、時点の遅れなどが生じる可能性がある。

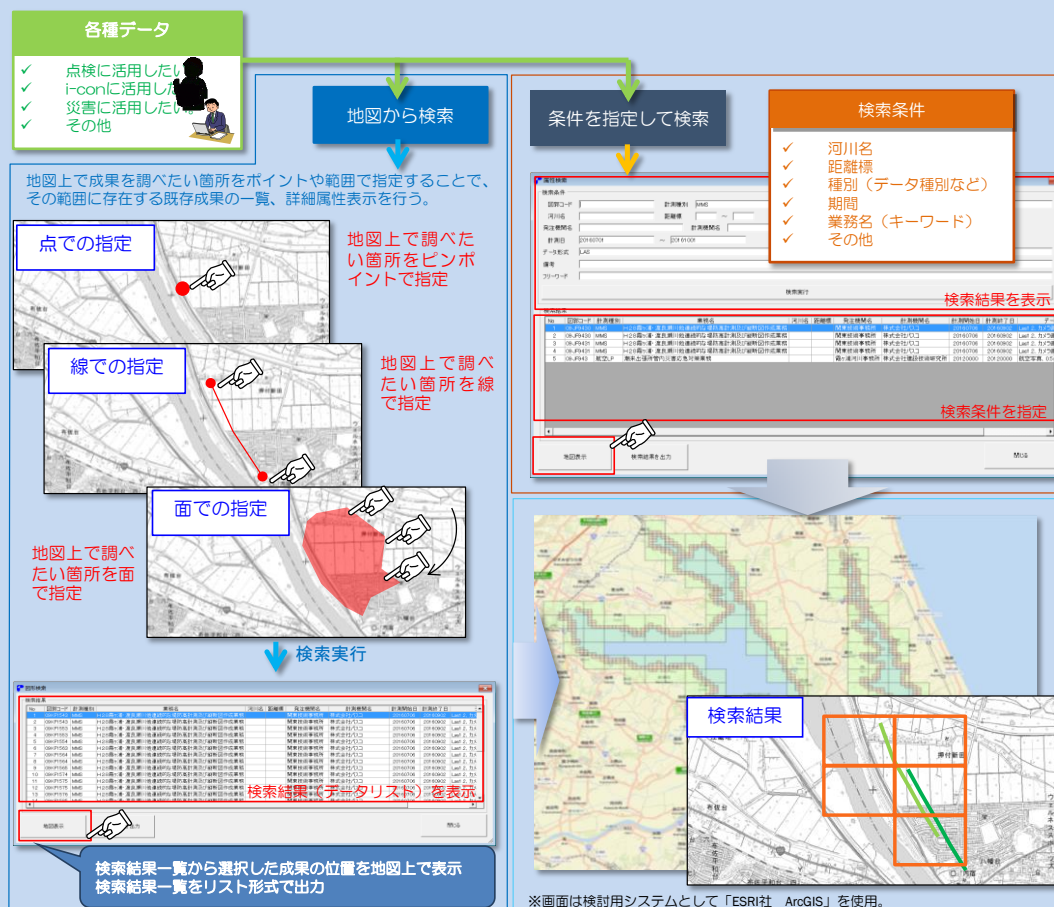


図 4-5 簡易検索システムの概要

4.3.計測頻度

1) 目的

一般に、堤体の圧密沈下は、一定の期間が経過すると収束することが多く、顕著な形状変化は起こりにくい。一方、新設堤防は、築堤後3年程度は形状変化が起こりやすく、沈下による形状変化に対し、余盛により計画断面、計画堤防高を満たすよう対応している。

そこで、MMSを用いて3次元レーザ点群データ及び堤防天端周辺の画像データを取得し、レーザにより取得された形状と竣工図の形状比較を行うことで形状変化の進行度を差分解等により定量的に把握し、**適確な計測頻度を設定**することを目的とする。

2) 概要

竣工図の平面図、縦断図、横断図から形状に関わる標高値を読み取り、3次元TIN¹⁾モデルを構築する。同様に、MMS計測結果から得られた3次元レーザ点群データから3次元TINモデルを構築し、両者の差分をとることで竣工当初からの形状変化を把握する。

3) 計測対象と計測仕様の関係

計測対象と計測仕様の関係は以下のとおりである。

表 4-6 計測対象と計測仕様の関係（計測頻度・時期）

計測対象	成果仕様
堤防天端面	理論上の点密度、点間隔を参考 ^{注1)} に決定することを基本とする。 天端上における点密度の目安は5,000点/m ² 程度以上 ^{注2)} 、点間隔の目安は縦断方向8cm、横断方向1cm程度以下 ^{注2)} である。

注1) 計測仕様と堤防の物理的環境に応じた点密度、点間隔の理論値表参照（参考資料に記載）

注2) H28検証結果に基づき設定

¹⁾ triangulated irregular network（不整三角形網）

4) 解析方法

解析方法は、以下に示すとおりである。

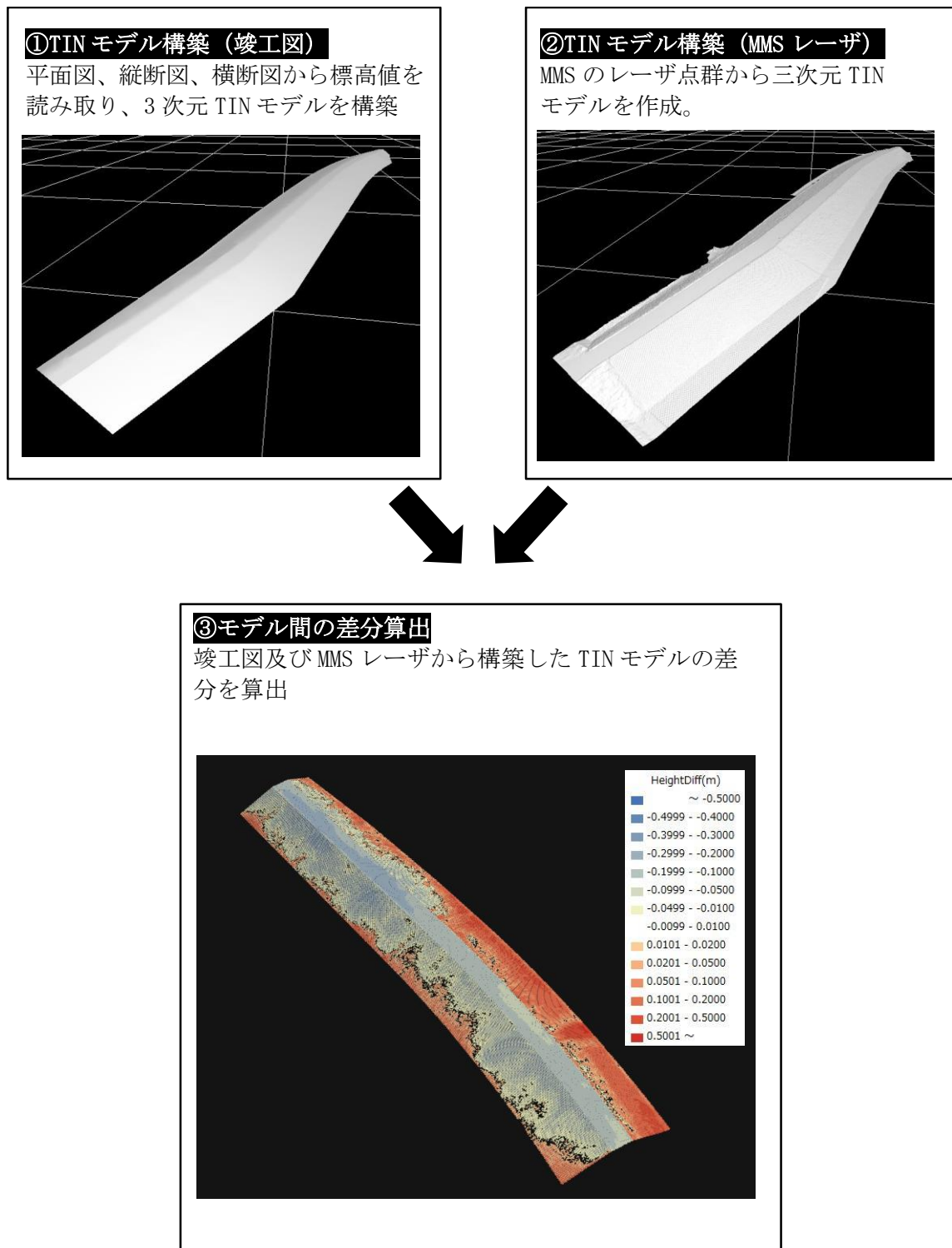


図 4-6 計測頻度の解析方法

5) 得られる成果

- ①竣工図を3次元モデル化し、複数の3次元レーザ点群データ（築堤経過年数の違う堤防）を用いて両者の形状の差分をとることより、適確な計測頻度が把握できる。
- ②これまでの2次元的な形状管理から3次元形状管理への転換が図られ、シームレスな堤防高及び堤防断面評価が可能となる。

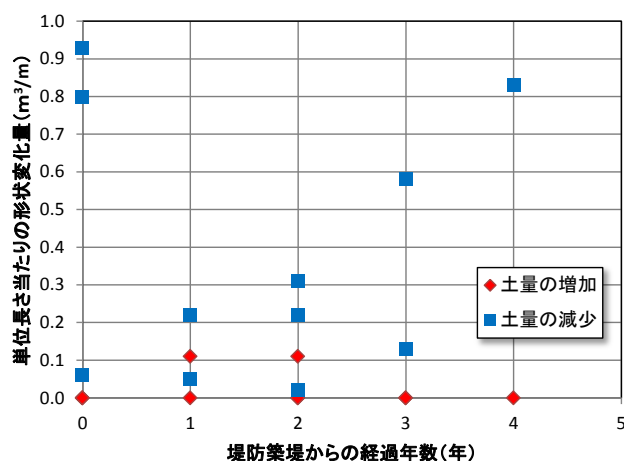


図 4-7 計測頻度の算出例

6) 留意事項

- ①現時点では、竣工図は位置座標を持たない場合が多い、図面に記載された距離座標や周辺地物を基準に位置合わせを行う必要がある。
- ②計測頻度の設定にあたっては、地域によって地盤特性が異なるため、データの蓄積を重ね内部構造との因果関係を分析しながら最適な計測頻度を設定することが望ましい。
- ③経過年数にかかわらず、軟弱地盤上にある堤防は、沈下傾向が収束するまで継続して計測することが重要である。

7) 成果作成のための必要資料

成果作成のための必要資料は以下のとおりである。

表 4-7 成果作成のための必要資料（計測頻度）

名称	利用方法
①管内図	計測計画図作成
②河川管理基図	計測計画図作成、取得位置平面図作成
③3次元レーザ点群データ	堤防天端高さの標高取得
④カメラ画像	取得測線の設定、取得位置の設定
⑤定期縦横断測量成果	参考情報として活用
⑥工事区間がわかる資料	MMS 走行可否の把握
⑦除草時期・区間がわかる資料	草丈の影響を極力排除したMMS 計測時期の設定
⑧重要水防箇所資料	参考情報として活用
⑨河川改修計画図	築堤、掘込、無堤区間の把握
⑩竣工図	竣工当初の形状把握

4.4.i-Construction（土量計算）

1) 目的

近年、生産性向上が遅れている土工等の建設現場において、調査、設計、施工、維持管理までのプロセス全体最適化を目的として、起工測量における3次元化等の取り組みが進められており、平成28年3月に15の新基準と積算基準が公表された。

平成28年5月には、第1号工事（UAV測量）が着手されており、今後、この取り組みは急速に建設現場に浸透していくことが予想される。

そこで、堤防天端上をMMSで走行し、3次元レーザ点群データ及び堤防天端周辺の画像データを取得し、竣工図との形状を比較するとともに、土量を算出することを目的とする。

2) 概要

竣工前後の2時期のMMSレーザ点群データを用いて差分をとることにより土量を算出する。

3) 計測対象と計測仕様の関係

計測対象と計測仕様の関係は以下のとおりである。

表 4-8 計測対象と計測仕様の関係（土量計算）

計測対象	成果仕様
堤防天端 法面	理論上の点密度、点間隔を参考 ^{注1)} に決定することを基本とする。 天端上における点密度の目安は5,000点/m ² 程度以上 ^{注2)} 、点間隔の目安は縦断方向8cm、横断方向1cm程度以下 ^{注2)} である。

注1) 計測仕様と堤防の物理的環境に応じた点密度、点間隔の理論値表参照（参考資料に記載）

注2) H28 検証結果に基づき設定

4) 解析方法

解析方法の例を以下に示す。

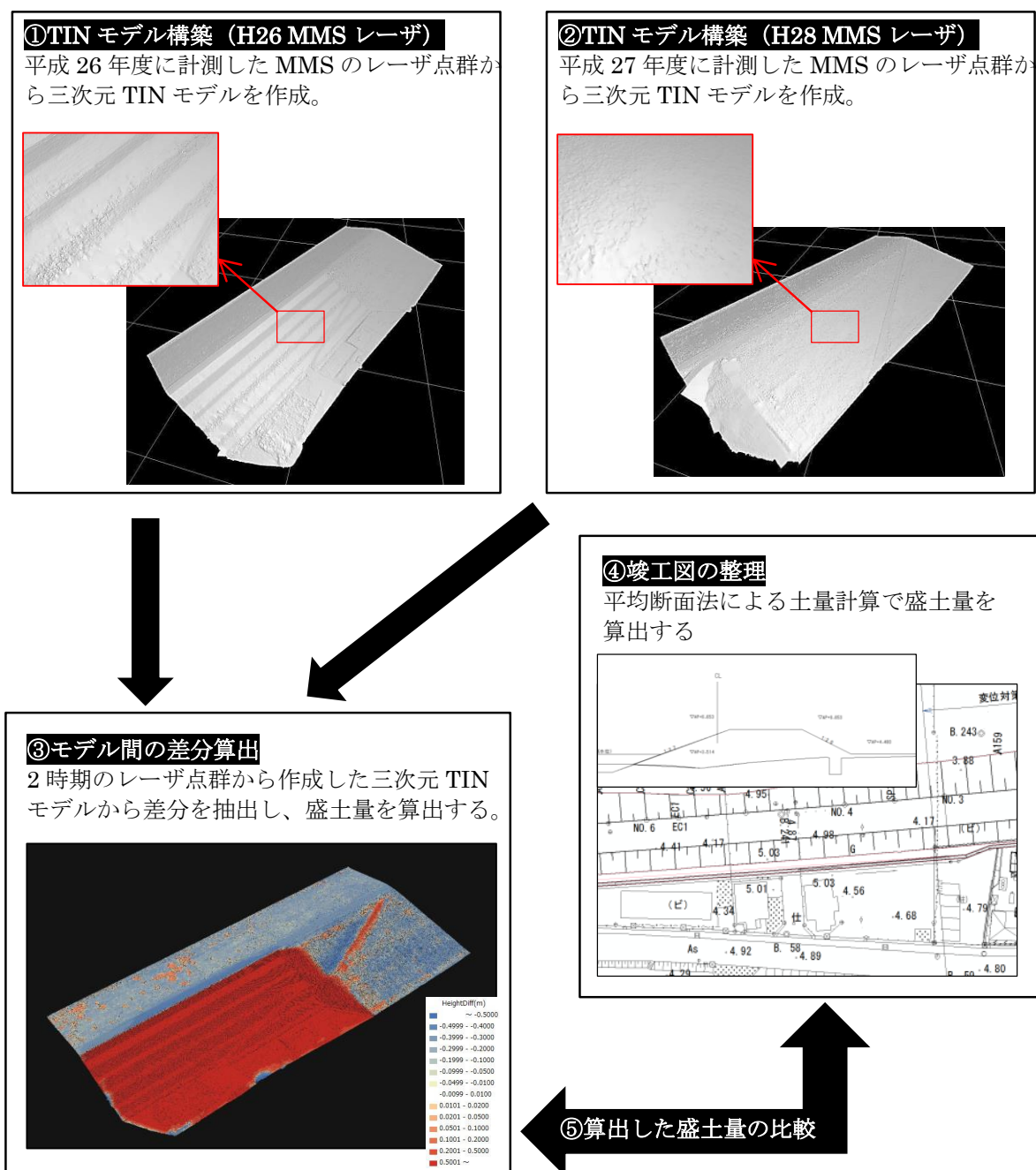


図 4-8 土量計算の算出方法

5) 得られる成果

- ①竣工図では確認できない詳細な地形を把握することができるため、精度良く土量が算出できる。

6) 留意事項

- ①レーザ計測による土量計算を行う場合、圧密沈下などで堤体の形状が変化する可能性があるため、可能な限り築堤直後に計測することが望ましい。

7) 成果作成のための必要資料

成果作成のための必要資料は以下のとおりである。

表 4-9 成果作成のための必要資料（土量計算）

名称	利用方法
①管内図	計測計画図作成
②河川管理基図	計測計画図作成、取得位置平面図作成
③3次元レーザ点群データ	堤防天端高さの標高取得
④カメラ画像	取得測線の設定、取得位置の設定
⑤定期縦横断測量成果	参考情報として活用
⑥工事区間がわかる資料	MMS 走行可否の把握
⑦除草時期・区間がわかる資料	草丈の影響を極力排除したMMS 計測時期の設定
⑧重要水防箇所資料	参考情報として活用
⑨河川改修計画図	築堤、掘込、無堤区間の把握
⑩竣工図	竣工当初の形状把握

IV. MMS計測成果の整理

1.MMS計測成果

MMS計測による成果は、以下のとおりとする。

①レーザデータ（Las1.2形式、国土基本図図郭単位）	1式
②カメラ画像データ（JPEG形式）	1式
③キャリブレーション記録簿	1式
④取得計画図	1式
⑤固定局明細表	1式
⑥GNSS衛星数とDOP値	1式
⑦基線解析又は最適軌跡解析の解の品質	1式
⑧基線解析又は最適軌跡解析の解の標準偏差、平均値、最大値	1式
⑨解析結果 精度管理表	1式
⑩検証点明細表	1式
⑪検証点測量（単点観測法）精度管理表	1式
⑫データ表示ソフト（レーザデータ、カメラ画像の重畳表示）	1式

必要に応じて以下の成果を追加する。

⑬全周囲画像データ（KML形式データ）	1式
⑭正距円筒法の全周囲画像データ	1式

2.成果仕様

(1) レーザデータ

MMSにより取得したレーザデータを以下の仕様によりファイルへ格納する。

1) レーザデータファイル形式及びファイル単位

レーザデータのファイル形式はLas1.2形式^{注1)}とし、ファイルの単位は国土基本図図郭に準拠した図郭単位及びファイル名で作成する。図郭の区画は、地図情報レベル500（国土基本図の25等分）を基本とし、区画単位を変更する場合は監督職員と協議するものとする。ファイル名は、国土基本図に基づくものとし、レーザデータが該当しない図郭は欠番とする。

2) 位置精度

レーザ位置精度は、堤防天端上の検証点との水平位置及び標高の最大値が±0.15m以内を最低限確保する。

^{注1)} 大容量の三次元点群データを交換するために用いられる標準的なバイナリ形式のファイル

(2) デジタルカメラ画像データ

移動計測車両で取得したカメラ画像データを以下の仕様によりファイルへ格納する。

1) 解像度

カメラ画像の解像度は 500 万画素以上とする。(全周囲カメラは総画素数 1000 万画素以上)

2) デジタルカメラ撮影間隔

デジタルカメラの撮影間隔は 2m 間隔を基本とする。

3) デジタルカメラの情報

デジタルカメラを撮影した際の GNSS 時刻、撮影位置の x 、 y 、 H (標高)、 ω 、 ϕ 、 κ 、外部標定要素をファイルに格納する。

V. 安全管理

1 安全管理の基本的事項

(1) 安全管理組織

安全管理は、労働災害の防止及び労働衛生の向上、災害の未然防止等を図る目的で運営にあたる。安全管理の目的達成のため、下図のような安全衛生管理組織を定める。

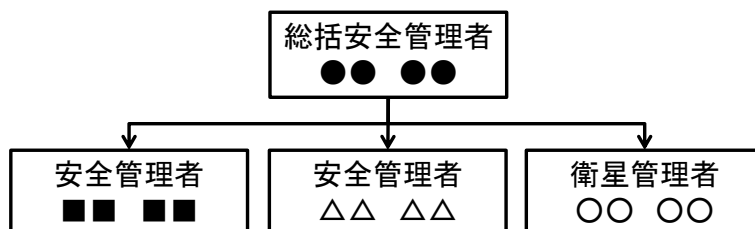


図 1-1 安全衛生管理組織の例

(2) 緊急連絡体制

MMS 計測にあたり、事故などの緊急事態発生時には、人命の救助を最優先させ速やかな措置をとるため、緊急連絡体制を定める。地域救急病院は事前に現地確認し、現場からの距離等について問題ないかを確認する。

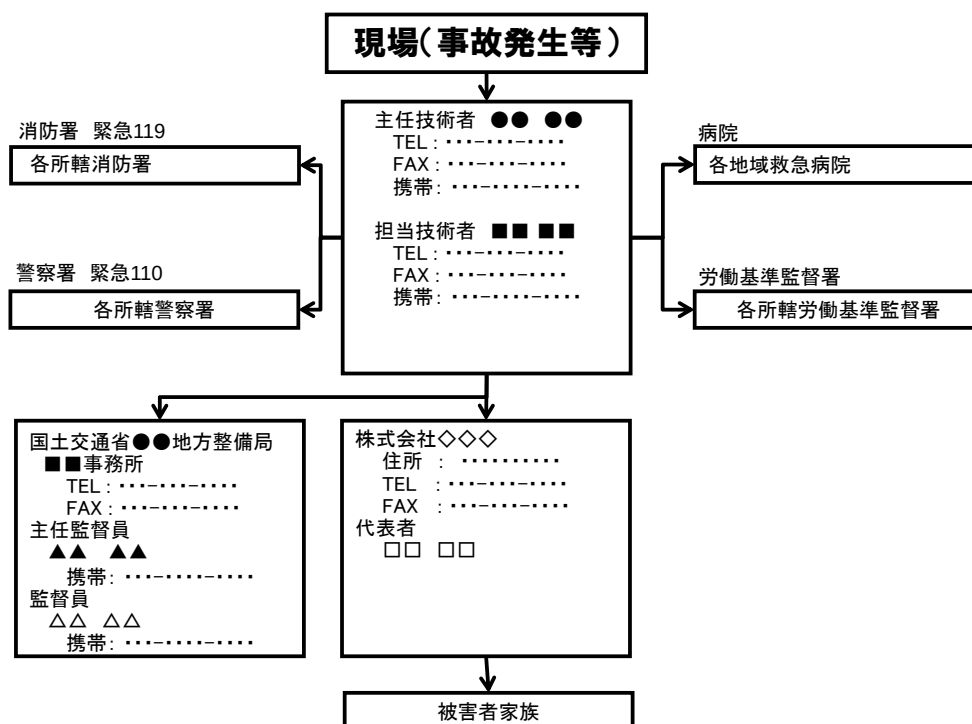


図 1-2 緊急連絡組織体制の例（緊急時における連絡体制の例）

(3) 保険の加入

雇用保険法、労働者災害補償保険法、健康保険法及び厚生年金保険法の規定により、雇用者等の雇用形態に応じ、雇用者等を被保険者とするこれらの保険に加入する。

2 計測準備時の安全管理

(1) 現地踏査

計測経路計画について現地で以下の確認を行う。

- (ア) 計測経路上の車両通行の可否、堤防天端有効幅員、車止め等の確認
- (イ) 計測経路上の管理用道路、一般道、自転車歩行者等の専用道路の通行可否確認
- (ウ) 計測経路上の有効高さ（高さ制限、上空障害など）
- (エ) 河川利用者の状況

(2) 計測計画

現地踏査結果を基に以下の計画資料の作成を行う。

- (ア) 現地踏査結果を反映した計測経路図の作成
- (イ) 各計測経路の計測方法と保安計画の作成（走行位置：往復・片側・坂路・法尻、計測速度、照射点密度、機材設置高）
- (ウ) 計測工程の作成（各計測箇所の工程）
- (エ) 作業実施体制と緊急連絡体制の作成
- (オ) 技能および体力に応じた人員配置計画の作成
- (カ) 保安員配置計画の作成

(3) 管理事務所・出張所への報告・確認

計測計画について、管理事務所・出張所への報告・確認を行う。また、計測にあたり各管轄事務所・出張所への連絡、鍵の借用を行う。

- (ア) 各河川の禁止事項、ルールの確認
- (イ) 計測経路の報告・確認
- (ウ) 計測工程の確認（工事等の実施の有無、管理区域でのイベントなど）
- (エ) 作業実施体制と緊急連絡体制
- (オ) 保安計画書及び保安員の配置計画

3 計測直前の安全管理

(1) 基本的事項の確認

作業責任者は、MMS計測前に以下の基本的事項について、聞き取りもしくは目視等で確認を行う。現場作業が困難もしくは危険と判断される場合は、作業予定を変更する。

(ア)健康状態の確認（聞き取り調査）

(イ)機材等リストの確認（数量や状況を確認し、現地での紛失が無いようにする）

(ウ)安全装備等の準備（安全衛生手帳、車両掲示物、安全コーン、輪止め、安全帯、安全ベスト、ヘルメット、救急箱など）

(エ)作業実施体制、平常時連絡体制、緊急時連絡体制の確認

(オ)作業中止時の連絡方法の確認

(カ)最寄の病院等の所在及び電話番号を確認

(キ)車両ダッシュボードに「業務名」・「会社名」等を記入した現地立ち入り書を配置する。

また、車両のボンネットと後部ハッチに「道路計測作業中」のステッカーを貼り付け、外部から確認出来るようにする。

(2) 気象情報の確認

作業開始にあたっては、「川の防災情報」、「河川情報サイト」により雨量情報、水位情報を確認する。作業開始前は、現場作業責任者が携帯電話等で気象条件などを確認し、MMS計測の実施を判断する。作業中の降雨、翌日の降雨が予想される場合、震度4以上の地震発生時は作業を中止する。作業再開は、警報等の解除を確認し、降雨による増水等を確認してから現場作業責任者が判断する。なお、落雷の恐れがある場合には、速やかに退避する。

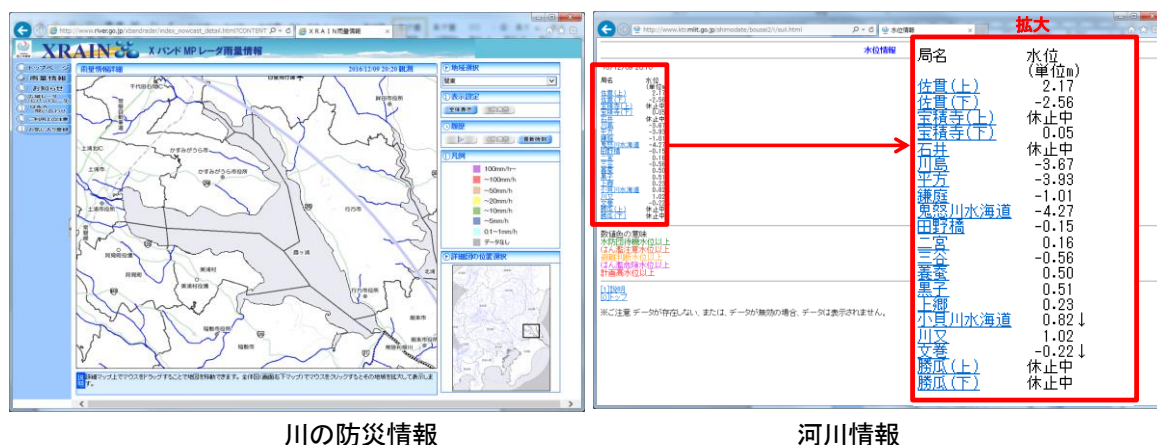


図 3-1 川の防災情報と河川情報

(3) 危険予知活動

作業開始前に現場作業責任者から指示・確認を行い、危険予知活動を実施する。

作業実施に当たっては、あらかじめ現場の地形、交通事情および気象等の事前調査を行い現場の状況をよく認識して、危険箇所の対策を講じる。

危険予知活動表



件名			
本日の作業	作業場所	どんな危険が考えられますか	どう対処しますか
1	河川敷	堤防の崩壊や洪水の発生による危険	堤防の崩壊や洪水の発生による危険
2		洪水による危険	洪水による危険
3			
4			
5			
6			
本日の安全重点目標			
作業責任者	他 名	(署名)	

図 3-2 危険予知活動

(4) 計測機器の調整

ヘッドライト点灯、ハザードランプ点灯の確認、機材の損傷や脱落等の恐れが無い等機器、車両の点検を行い整備不良による現場でのトラブルがないように心がける。機器の確認・調整は、通行の妨げにならない平場を選び、他の利用者、保安車両の支障にならない場所を確保するとともに、安全設備（三角コーンの設置、車止め）を設置し、安全装備（安全帯の着用、安全ベスト・ヘルメットの着用）を着用して行う。



(5) 作業の開始・終了の連絡

作業開始時は、作業区間、KY 活動の内容など、作業終了時には、作業終了区間、報告事項などを発注者または管轄事務所へ連絡する。なお、河川利用者からの問い合わせがあった場合は発注者へ連絡する。

4 計測実施時の安全管理

(1) MMS計測全般に関わる安全管理

MMS計測全般に関わる安全対策は、以下のとおりとする。

- (ア) 身分証明書、連絡体制、安全衛生手帳を携帯する。
- (イ) 現地作業時はラジオで常に情報を収集し、いち早く災害情報を確認する。
- (ウ) 作業の安全は、日常の適切な準備を怠らず、一人ひとりが安全に対する意識を強化し、安全な正しい作業方法を確立する心構えを持つ。
- (エ) 作業の安全が疑わしい場合は冷静に判断し、まず安全を最優先する。
- (オ) 服装は作業に適した服装で、ヘルメットを身につける。
- (カ) また、第三者(歩行者、自転車等)への安全の配慮を行う。地元住民とのトラブルを未然に防止するため、無許可の立入りや地形変状を行わない。
- (キ) 危険な場所、状態を発見したら進んで注意を促し、直ちに主任技術者(担当技術者)に連絡する。
- (ク) 現地での測定や調査は、連絡、合図を徹底し確実、明瞭な方法で行う。
- (ケ) 基本的な作業時間帯を8:00~17:00とし、日没前には確実に作業を終了する。
- (コ) 事故は、作業終了に近づいた時に起こりやすいため特に注意する。
- (サ) 安全上、車道上で立ち止まっての調査・記録を行なわない。
- (シ) 救急用具を携行し、簡易的な応急手当を行うことが出来るようにする。
- (ス) 毒虫(スズメバチ)対策として、黒い服等は着用せず、臭気の強いもの(整髪料等)は避け、注意を払いながら作業に従事する。
- (セ) 喫煙は所定の時間と場所で行い、その他は禁煙とする。
- (ソ) ゴミや残資材については、現地に放置せず責任もって回収及び処分する。
- (タ) 現場作業中のトイレの使用については、公共施設を使用する。

(2) 主任技術者(担当技術者)がとるべき安全管理

主任技術者(担当技術者)がとるべき安全対策は、以下のとおりとする。

- (ア) 主任技術者(担当技術者)の指示および注意事項に従い、進んで作業内容と方法を十分に理解した上で、正規の方法で自信のある作業を行う。
- (イ) 主任技術者(担当技術者)は、作業員の技量、経験、体力、気質等を勘案して、無理のない適切な作業計画と人員配置を行う。
- (ウ) 作業員に、作業の内容、手順、使用機器の取扱を十分に理解させ、作業の指導を行う。
- (エ) 常に作業の進捗状況を把握し、危険な場所、状態、環境等を認めたときは、直ちに注意をして、必要な指示を行う。
- (オ) ラジオ、テレビ等の天気予報を視聴し当日翌日の作業計画を立てる。

(3) 現地作業中止の基準

作業の中止は、天候（雨・風）及び地震等によるものと考え、非常時に備え情報収集に努めるものとする。原則、作業中の降雨、翌日の降雨が予想される場合は作業を中止とするが、注意報が発令されていても現地が好天の場合は、情報に注意しつつ作業を続行する。特に、集中豪雨対策として、気象庁による予報情報を移動・休憩時に確認し、気象庁の発表する「注意報」「警報」が発令された場合及び発令が予想される場合は、ただちに作業（予定）を中止する。なお、震度4以上の地震時は、発注者との連絡を密にする。作業再開は、「警報・注意報の解除後」に現地踏査を実施し、安全を確認してから行う。

(4) MMS計測車両走行に関わる安全管理

MMS計測車両走行時における安全対策は、以下のとおりとする。

- (ア) 道路交通法及び各箇所における通行制限を遵守し、無理のない計測を行う。
- (イ) 管理用道路の計測では、施錠されたゲートの開錠により一般車が進入しないよう、ゲート通過後は施錠を行う。
- (ウ) 河川管理通路を走行する際に高水敷を公園・グラウンド等で利用している区間は、必要に応じて看板を設置し、誘導員を配置する。
- (エ) 一般道路の交通状況を現地確認し、朝夕の通勤時間帯により交通量が多くなる箇所は計測を避ける等の対策を講じ、最適な時間帯に計測する。
- (オ) 計測作業時はラジオで常に情報を収集し、いち早く災害情報の確認が出来る対応をとる。
- (カ) MMS計測は、運転者の安全確認に加えて安全保安員を計測車両内に配置することが望ましい。
- (キ) 車両の運転手は、交通法規を遵守し安全運転を心掛ける。
- (ク) 車両の運転時には、保安車両および民間車両の優先を心掛ける。
- (ケ) 堤防天端道路での走行、転回、後退は、堤防天端からの車輪の脱落等が無いように降車し安全確保を行うとともに適切な誘導を行う。
- (コ) 堤防天端には、一般住民も歩行していることから安全速度での運行に努める。
- (サ) 兼用道路の通行時は一般車両を優先し、安全性が確保できる速度で走行する。
- (シ) 子供、車両には特に注意して、交通の妨げにならないようにする。
- (ス) 車両駐車時には、輪止めを設置する。

(5) 緊急時の対応

緊急時（災害・事故発生時）は、現場作業責任者が事故の状況及び救急病院を確認し、以下の措置をとる。

- (ア) 緊急時における連絡体制に基づき、速やかに報告及び適切な処置・対応を行う。
- (イ) 現地作業時に万一事故が発生した場合は、被害を最小限に止めるように努める。負傷者（人命）救助を最優先とし、救急車の出動を要請する等して病院へ収容する。
- (ウ) 被害者の身元を確認するとともに、直ちに警察に届け出てその指示を受ける。
- (エ) 事故発生後は速やかに主任技術者から監督職員へ第一報を入れる。また、事故発生報告書にて報告を行う。

(オ) 現地から救急および警察の手配を行い、緊急時連絡体制に従い連絡する。第二報は事故状況詳細を書面で報告する。

1) 第一報

以下の事項について、主任技術者（担当技術者）から発注者へ電話による第一報の連絡を速やかに報告する。

- ① 被災者の氏名・年齢
- ② 事故発生の日時、場所、天候、その他状況
- ③ 災害の程度、人身（軽度・重度）か物損であるか、また、救急措置の状況

2) 第二報

事故速報又は重大事故速報をFAXまたはメールを用い書面で報告する。事故速報の内容は、以下を参考に予め様式を作成しておく。

- ① 被災者の氏名・年齢
- ② 事故発生の日時、場所、天候、その他状況
- ③ 災害の程度及び救急措置の状況
- ④ 交通事故の場合には、相手方の住所、氏名、年齢、職業（勤務先）を確認する。
- ⑤ 事故発生の原因及び報告者の所見。
- ⑥ 責任者は、被害者の傷害の程度によっては、被害者の自宅に連絡するように処置する。
- ⑦ 責任者は、被害者の治療状況に注意を配り、傷害の部位、程度、治癒の見通し等について医師の意見を聞く。
- ⑧ 交通事故により、作業者が傷害を受けた場合又は、相手方に危害を与えた場合は、単独に相手方と交渉しないようにし、必ず担当者と連絡を取り交渉する。

5 計測後の安全管理

計測完了後は、安全な位置へ車両を停止し、作業終了ミーティングとして以下の項目について確認を行う。

- (ア) 各種機器の点検
- (イ) 機材等リストの確認
- (ウ) 機器の撤去
- (エ) 管理事務所・出張所、その他関係者へ作業の終了連絡を行う

(なお、これはあくまで一般的なもの、現地の条件に合わせ個別に検討が必要である。)

報告様式例

様式 第1
請負者もこの様式で事故速報を行う。

事 故 速 報													
第1報													
平成 年 月 日 時 分 受領													
局長	次長	企画部長	河川部長	道路部長	用地部長	技術課長	工事品質管理課長	総務課長	総務課長	契約課長	補給課長	保長	総務
発注者		事故所		受領者									
事故発生日時		平成23年 月 日 () 時 分		天候									
事故発生場所													
工事名													
期		自 平成 年 月 日		至 平成 年 月 日		請負金額							
請負者又は下請負人の番号又は名称		(一) 次下請負人		(二) 二次下請負人									
事故の内容	人身事故	氏名	年齢	性別	職種	被害の程度	備考(病院名等)						
物損事故													
事故の概要		(概略図)											
備考													

参考資料

1. 計測技術を用いた河川管理	1
1. 1. MMS を用いた河川管理手法の検討	1
1. 2. その他計測技術を用いた河川管理	2
2. MMS 計測にかかる標準仕様書（案）	4
3. UAV レーザの検証	9
3. 1 目的	9
3. 2 砂州形状取得	9
3. 3 大規模堤防補完	10
3. 4 樹木繁茂状況把握	11
3. 5 i-Construction への適用性検討	12
3. 6 植生の影響検討	13
4. 理論上の照射点密度・点間隔早見表	14

1. 計測技術を用いた河川管理

1.1.MMSを用いた河川管理手法の検討

MMSを用いた河川管理は、平成23～28年度までに取りまとめられた試行検討成果から、適用性が高いとされる項目（本編Ⅱ-5参照）に対し、最適な時期に実施することが考えられる。

最適な計測頻度について、軟弱地盤上にある堤防及び新堤防については、Ⅲ-29、Ⅲ-50に示すとおり、1年間で10cm程度沈下する状況が確認されるケースがあるため築堤後3年間は毎年実施し、収束したことが確認できるまで継続して計測することが望ましい。

通常の堤防であれば、定期縦横断測量と同じ考え方を踏襲し、5年に1回計測することが考えられる。また、災害時には目的や用途が変わってくることが考えられ、平常時とは切り離して考える必要がある。

以上から、MMSを用いた河川管理は表1-1に示すような目的、頻度、内容等が考えられる。

表 1-1 MMSを用いた河川管理

	平常時		災害時
	堤防等河川管理施設	新堤防、軟弱地盤上の堤防	堤防等河川管理施設
把握する内容	①連続的な堤防天端高さの把握 ②連続的な堤防横断形状の把握 ③オルソ画像の取得 ④河川基盤図の更新 ⑤変状・変位の検出 ・函体の抜け上がり ・門柱の傾き ・はらみだし、陥没等 ⑥標識等の管理や不法行為への活用 ⑦河道の点検	⑧モニタリング（堤体の沈下）	⑤変状・変位の検出 ・函体の抜け上がり ・門柱の傾き ・はらみだし、陥没等 ⑦河道の点検 ⑨洪水痕跡水位調査 ⑩氾濫原浸水痕跡調査
目的	・局所的に低い箇所への把握 ・堤防断面値が計画値を満足しない箇所の把握 ・地形改変箇所の河川基盤図更新 ・変状・変位の候補検出 等	・堤体沈下の経年把握	・被災箇所の把握 ・痕跡水位の連続的な把握 ・氾濫原の浸水範囲の把握
計測頻度	1回/5年	1回/年 (変位収束確認後1回/5年)	災害時
成果仕様	・本編に記載のとおり		・目的・用途による
アウトプット	・連続堤防天端高縦断図 ・連続堤防横断図 ・変状・変位の候補検出結果がわかる資料等	・連続堤防天端高縦断図 ・連続堤防横断図 ・変状・変位の候補検出結果がわかる資料等	・変状・変位の候補検出結果がわかる資料 ・痕跡水位縦断図 ・氾濫原浸水区域実績図等
効果	・適切な治水施設の評価 ・目視点検では把握できない変状・変位の検出 ・全周囲画像の活用やi-Constructionへの適用など、応用的活用による河川管理の効率化、高度化	・適切な治水施設の評価	・適切な治水施設の評価 ・目視点検では検出できない変状・変位の把握 ・迅速な災害調査の実施 ・迅速な災害査定の実施

1.2.その他計測技術を用いた河川管理

我が国の河川管理施設の多くは老朽化が進み、予防保全の観点から適切な維持管理が求められているが、近年の経済の低迷による税収の落ち込み等により公共事業費が大幅に縮減されており、河川維持管理においても予算縮小に応じた効率化が求められている。

また、近年は局地的な大雨や巨大台風による浸水被害が各地で頻発しており、堤防の決壊や河川のはん濫等による水害を防止・軽減していくために、河川整備や維持管理のより一層の質の向上が求められている。

このような状況の中、国土交通省では、「堤防等河川管理施設及び河道の点検要領 平成 28 年 3 月」及び「評価要領（案）」に基づき、点検や評価等を行い河川管理の適正化に関する取り組みが進められている。さらなる河川管理の全体最適を考えた場合、従来手法に加え、網羅性や変状・変位に対する検出基準の定量化が把握可能な計測技術等の利活用を促進し、それら単独または組合せにより河川管理全体の最適化を図る必要がある。

計測技術としては、MMS、UAV、航空レーザ測量、航空レーザ測深（ALB）、衛星、統合物理探査等が考えられるが、長大な河川管理施設を対象とすることや効率化の観点から複数データを取得できる技術としてMMS、UAV、航空LP（ALB含む）の利用頻度が高まっている。

ここでは、これら 3 つの計測技術について従来の河川管理項目に対し適用可能性を表 1-2 に整理した。

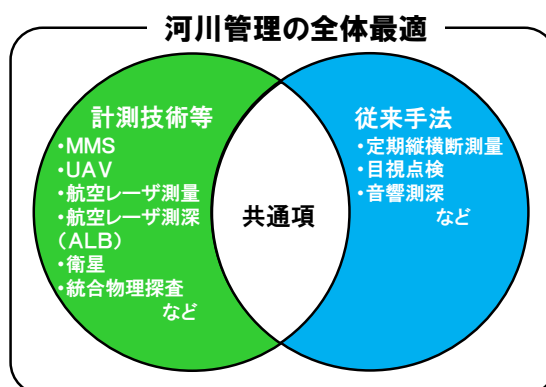
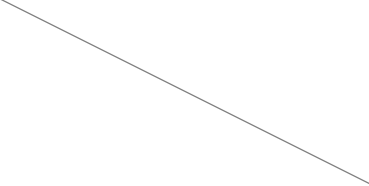
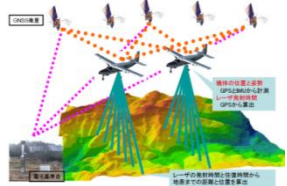


図 1-1 河川管理の全体最適のイメージ

表 1-2 主要計測技術の役割分担表

●実績が多く実用上活用可能なもの ●実績は少ないが活用可能なもの

項目	従来手法	MMS	UAV（レーザ含む）	航空LP（ALB含む）
概要	 ・ 人員不足等から点検品質の低下が懸念される。	 ・ 線の詳細データを取得可能 ・ 航空LPと比較して標高精度が良好 ・ 限定的な計測は非効率	 ・ 対象箇所を絞り込んだ点的な詳細データを取得可能 ・ 標高精度はMMSと同等（ただし、3次元モデルは植生の影響をあり） ・ 広範囲の計測には不向き ・ 災害時に迅速に状況把握が可能	 ・ 面的に広範囲のデータを取得可能 ・ 災害時に迅速に状況把握が可能 ・ MMSと比較して標高精度が低い ・ 限定的な計測は非効率
1. 河川の状態把握	(1) 基本データの収集			
	1) 水文・水理等観測			
	2) 測量			
	縦横断測量	●連続的な堤防天端高さの把握 ●連続的な堤防横断形状の把握		●連続的な堤防天端高さの把握 ●シームレスな水面下の地形把握
	地形測量、写真測量	●オルソ画像の取得 ●河川基盤図の更新		●地形測量、写真測量
	3) 河道の基本データ			
	河床材料調査			
	河道内樹木調査			
	4) 河川環境の基本データ			
	5) 観測施設、機器の点検			
	(2) 堤防点検のための環境整備			
	(3) 河川巡視	●標識等の管理		
	(4) 点検			
	出水期前、台風期の点検	●函体の抜け上がり ●門柱の傾き ●はらみだし等変状・変位の検出 ●モニタリング（堤体の沈下）	●人が立ち入れない箇所の点検	
2. 河道流下断面の維持管理	出水後等の点検	●洪水痕跡調査 ●氾濫原浸水痕跡調査	●災害箇所の緊急撮影	●災害箇所の緊急撮影
	地震後の点検		●災害箇所の緊急撮影	●災害箇所の緊急撮影
	(1) 河道流下断面の確保			●水面下を含む河道全体の地形把握
	(2) 河岸	●河岸の変状（川幅 100m 程度で遮蔽物がない場合）	●人が立ち入れない箇所の点検	●水面下を含む河道全体の地形把握
	(3) 樹木	●樹木繁茂状況把握（天端周辺）		●樹木繁茂状況把握（河道全体）
3. 施設の維持及び修繕・対策	(4) 河口部			●河口の砂州形状の把握
	堤防、護岸、樋門・水門等			
4. 河川区域等の維持管理対策	不法行為への対策等	●不法係留の把握		

ALB（Airborne Laser Bathymetry）は、グリーンレーザが水中を透過するという性質を利用して水面下の地形を高精度で計測する技術である。

2. MMS計測にかかる標準仕様書（案）

本利用方針（案）に示す適用項目を全て満たす標準的な仕様を以下に示す。

MMSを用いた変位・変状抽出等に関わる 標準仕様書（案）

第1条 業務の目的

本業務は、移動計測車両による測量システム（以下、「MMS」という。）を用いて堤防及び周辺地物の全体形状を取得し、堤防や樋門・樋管等構造物に関わる変状・変位を検出するとともに、連続的な堤防天端高さや堤防横断形状の出力、河川基盤図の更新を行い、河川管理の効率化、高度化を図ることを目的とする。

第2条 機器

本業務で使用するMMSの機器は下記のとおりとする。

1) MMSの構成及び性能

自車位置姿勢データ取得装置、レーザ測距装置、デジタルカメラから構成されているものとし、各機器が堅固に固定できるものとする。なお、個々の機器に関しては以下の性能を有するものとする。

① レーザ測距装置

- ・スキャン機能を有するものとする。
- ・レーザ測距装置に使用するレーザ光線は、人に安全なクラス又は対策が取られているものを使用する。

② デジタルカメラ

- ・堤防天端周辺の画像取得が可能となるようにデジタルカメラを配置するものとする。
- ・配置するデジタルカメラは全周囲カメラ及び複数の固定カメラとし、画素数は全周囲カメラの場合は総画素数 1000 万画素以上、複数の固定カメラの場合は各々 500 万画素以上とする。

③ 自車位置姿勢データ取得装置

- ・GNSS 測量機、IMU、走行距離計等で構成され、適切に同期されているものとする。
- ・GNSS 測量機の位置取得間隔は、1 回/秒以上、IMU 姿勢取得間隔は 200 回/秒以上とする。
- ・自車位置姿勢データの解析において、GNSS 衛星からの電波の受信状況、基線解析又は最適軌跡解析の解の品質、基線解析又は最適軌跡解析の解の標準偏差、平均値、最大値の結果が出力可能なシステムを用いることとする。

④ 検定証明書及びキャリブレーションレポート(全周囲カメラを除く)を有する機器とする。

2) その他

- ① 1) 以外の機器を使用する場合は、監督職員の承諾を得るものとする。
- ② MMSの座標系は以下のとおりとする。
 - ・準拠する測地系：測地成果 2011
 - ・水平位置の座標系：各河川の平面直角座標系
 - ・垂直位置の座標系：平均海面を基準とする標高

第3条 機器照査

本業務の測量に使用する機械器具については、検定を受けた証明書を作業報告書に添付するものとする。検定機関の証明書が得られない機材については、メーカーによるキャリブレーション記録またはメーカーが指定するキャリブレーションを実施し、その実施日時及び結果を整理して提出すること。

第4条 計画準備

本業務の目的・内容を把握し、現地踏査の結果も踏まえ計測計画、作業スケジュール等について検討し、業務計画書を作成する。

第5条 資料収集・整理

計測計画立案及び連続堤防高縦断データ作成に必要な以下の資料等について貸与を受け整理を行う。

- ・河川管理基図
- ・定期縦横断測量成果
- ・MMS レーザデータ（レーザ点群データ取得間隔、標高誤差：検出すべき変状規模による）
- ・航空レーザデータ オリジナルデータ及びグラウンドデータ（レーザ点群データ取得間隔・標高誤差：検出すべき変状規模による）
- ・オルソ画像
- ・重要水防箇所資料
- ・河川改修計画図
- ・樋門・樋管等構造物台帳
- ・目視点検結果・点検評価結果資料
- ・その他必要資料

第6条 現地踏査

計測経路を現地確認し、管理用道路への出入り方法、車止め・施錠の状況、河川利用者の状況等の安全確認、計測実施期間、計測不可箇所、GNSS 衛星の配置状況と上空の障害状況等の確認を行う。

第7条 計測計画立案

計測を実施するための計測計画を立案するものとする。既存レーザデータと現況との変化箇所の把握等を行い、MMSによる計測を行う箇所とMMSを補完して計測する箇所について整理する。なお、それぞれの計測実施箇所については監督職員と協議の上、決定するものとする。計測計画は、以下の項目を実施する。

1. 計測経路図の作成

河川管理基図等を用いてMMSによる計測経路・区間及び補完計測方法・区間を記載した計測経路図を作成する。

2. 河川管理者との協議・調整

計測を実施するにあたり、河川管理者が定める規定や管理区域内の立ち入りの許可、走行禁止箇所などを確認するため、監督職員または関係する河川事務所・出張所等への確認を行う。本業務のMMSによる計測及び補完計測方法は下記のとおりとするものとし、これによりがたい場合は監督職員と協議するものとする。

1) MMSによる計測

①計測時の走行

移動計測車両の計測方向は、堤防天端を1方向の計測を基本とし、走行位置は、堤防天端道路の中央付近とする。走行時は、以下に留意して実施するものとする。

i) 固定局からの距離

固定局は計測地点との基線距離を原則10km以内とし、基線距離が影響する位置精度の低下が考えられる箇所は必要に応じて私設の固定局を設ける。

ii) デジタルカメラ画像

ハレーション、移動計測車両の影等に留意し、鮮明な画像を取得する。

iii) 走行方法

河川管理者が定める規定に準拠し、河川利用者が多い場合は保安員の配置を行い、安全には十分注意し計測を行う。また、供用道路等については各管理者が定める規程に拠して行う。堤防天端幅が広く成果仕様に定められた点密度、点間隔が取得できない場合は、往復走行等の複数回計測を行う。

②自車の位置姿勢解析処理

移動計測が終了後、固定局、GNSS測量機、IMU、走行距離計のデータを用い、自車の位置姿勢を基線解析又は最適軌跡解析を行うものとする。

③レーザデータ・カメラ画像データ作成

自車の位置姿勢解析結果、キャリブレーションデータを用い、レーザデータ、カメラ画像データの変換を行うものとする。

④解析結果の評価

解析が終了したときは、速やかに評価を行い、精度管理表を作成し、再移動取得又は標定点による調整処理を行う必要があるか否かを判定するものとする。

⑤調整点の設置、位置精度確認

取得路線の範囲の堤防天端上に2点設置することを原則とする。また取得路線内で調整処理が必要と想定される場合には、この近傍に設置するものとする。

2) RTK-GNSSによる補完計測

橋梁、構造物周辺、行き止まり等において堤防天端をMMSが進入・計測できない箇所及び、既存・新規計測の航空レーザ測量データにより補完できない箇所については、傾斜変化点を含め測点間隔10mを標準として、GNSS測量機を用いたネットワーク型RTK法の単点測量による補完計測を行うものとする。なお、GNSS衛星からの電波が遮蔽される箇所等については、トータルステーションによる補完計測に替えることができる。

第8条 現地計測

「第7条 計測計画立案」で立案した計測計画に基づき計測を実施する。

1. MMSによる計測
2. RTK-GNSS による補完計測

第9条 変状・変位の検出

1. 堤防等の変状・変位の検出

計測区間内にある堤防全体の形状を取得し、亀裂、不陸、寺勾配、はらみだし等の変状・変位を検出する。検出規模や検出方法については、監督職員と協議の上決定する。

2. 樋門・樋管等構造物の変状・変位の検出

計測区間内にある樋門・樋管及び周辺の堤防全体の形状を取得し、函体の抜け上がり量を定量的に算出するとともに、周辺護岸等の変状・変位を検出する。

また、門柱に照射された3次元レーザ点群データから門柱の傾きを定量的に把握する。

第10条 連続的な堤防天端高さや堤防横断形状の出力

計測区間内における堤防全体の形状を取得し、1m間隔の連続的な堤防天端高さ縦断図を作成する。また、5m間隔の現況堤防断面（MMS計測により取得）に対し計画堤防定規断面を重ね合わせ、断面不足箇所を抽出し、整理する。

第11条 河川基盤図の更新

「作業規程の準則 国土交通省 国土地理院」に基づき、堤防天端周辺の地形変化箇所において河川管理基図の更新を行う。

第12条 全周囲画像データの作成

1. デジタル写真画像処理

「第25条 現地計測」で取得した全周囲カメラにより取得した画像よりガイドライン案に基づいて正距円筒法図法の全周囲画像を作成するとともに、GNSS/IMU解析結果から撮影位置を作成する。

2. ビューワシステムへのデータ変換

1. で作成した正距円筒法の全周囲画像・走行経路データを、監督職員より貸与するビューワシステムにセットアップできるようにデータ変換を行う。

第13条 成果品の提出

成果品は、下記のとおりとする。

- ・業務報告書 1 部
- ・業務概要 1 部
- ・電子納品用電子記録媒体（CD-R又はDVD） 2 部
- ・変状・変位検出根拠資料 1 式
- ・河川管理基図（更新版） 1 式

- ・レーザデータ（Las1.2 形式、国土基本図図郭単位） 1 式
- ・カメラ画像データ（JPEG 形式） 1 式
- ・全周囲画像データ（KML形式データ） 1 式
- ・正距円筒法の全周囲画像データ 1 式
- ・キャリブレーション記録簿 1 式
- ・取得計画図 1 式
- ・固定局明細表 1 式
- ・GNSS 衛星数と DOP 値 1 式
- ・基線解析又は最適軌跡解析の解の品質 1 式
- ・基線解析又は最適軌跡解析の解の標準偏差、平均値、最大値 1 式
- ・解析結果 精度管理表 1 式
- ・検証点明細表 1 式
- ・検証点測量（単点観測法）精度管理表 1 式
- ・その他監督職員が指示するもの 1 式

なお、成果仕様については下記のとおりとする。

1) レーザデータ

MMSにより取得したレーザデータを以下の仕様によりファイルへ格納する。

① レーザデータ点密度・点間隔

レーザデータ点密度・点間隔は検出すべき変状規模によるが、詳細については監督職員と協議するものとする。

② レーザデータファイル形式及びファイル単位

レーザデータのファイル形式は Las1.2 形式とし、ファイルの単位は国土基本図図郭に準拠した図郭単位及びファイル名で作成する。図郭の区画は、地図情報レベル 500（国土基本図の 25 等分）を基本とし、区画単位を変更する場合は監督職員と協議するものとする。ファイル名は、国土基本図に基づくものとし、レーザデータが該当しない図郭は欠番とする。

③ 位置精度

検出すべき変状規模によるが、詳細については監督職員と協議するものとする。

2) デジタルカメラ画像データ

MMSにより取得したカメラ画像データを以下の仕様によりファイルへ格納する。

① 解像度

カメラ画像の解像度は、全周囲カメラは総画素数 1000 万画素以上、複数の固定カメラの場合は各々 500 万画素以上とする。

② デジタルカメラ撮影間隔

デジタルカメラの撮影間隔は 2m 間隔を基本とする。

③ デジタルカメラの情報

デジタルカメラによる撮影状況を再現するため、カメラ評定に必要な情報として GNSS 時刻、撮影位置の X、Y、H（標高）、 ω 、 ϕ 、 κ （これらを外部標定要素という）をファイルに格納する。

3. UAVレーザの検証

3.1 目的

MMSでは計測が難しい河川管理に関する情報について、UAV等新技術による補完調査手法を検討するため、UAVレーザ及びMMS計測を同時期に行った。

計測にあたっては、平成27年度検討結果からMMSでは形状を捉えることが困難であった河川管理施設の点検の補完技術としての適用性を検証するとともに、建設現場における調査、設計、施工、維持管理までのプロセス全体最適化を目的としたi-Constructionに関する取り組みが進められているため、この適用性を検証した。

3.2 砂州形状取得

UAVレーザ及びMMSレーザ点群から3次元モデル（メッシュモデル）を構築し、それぞれの砂州面積、体積を求めた。結果を表3-1に示す。

砂州の面積（堆積範囲）は、MMSは堤防天端からレーザを照射するため、砂州までの距離及びレーザの入射角、植生の影響によりレーザ点群が取得されない領域が発生し、UAVと比べて面積が約29%少なくなった（表3-1、図3-1）。

一方、UAVは砂州の上空からほぼ垂直にレーザを照射するため、植生の影響が少なく砂州の形状全体が取得できた結果であった。また、砂州の体積を比較した結果は、MMSのレーザ点群は植生の上部を取得している点が多いため、体積が6%程度大きくなった。

表 3-1 砂州の面積及び体積

計測機器	面積 (m ²)	体積 (m ³)
MMS①	12,499	65,884
UAV②	17,550	62,029
(①-②) / ② × 100	-29%	+6%

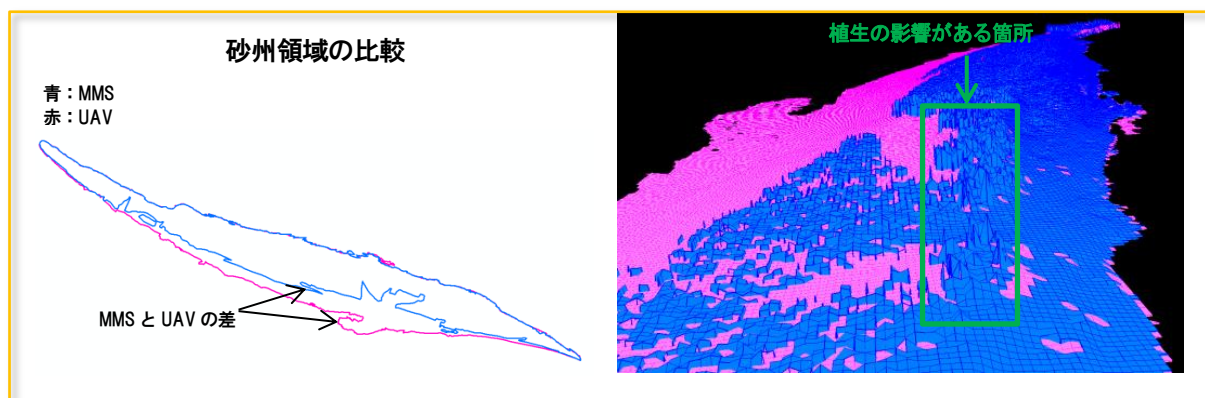


図 3-1 砂州領域の取得状況

3.3 大規模堤防補完

堤体全体の形状を取得する目的で2フライトを合成したUAVレーザの計測結果と、堤防天端飛行を抜き出したUAVレーザデータ及びMMSデータとを比較した。

UAVレーザは、上空からの鋭角な照射により、MMSでは死角となる法尻付近の形状を取得できている。

また、UAVレーザの天端単飛行については、法尻付近での取得点密度が226点/m²、点間隔が39～156mmとなっており、形状取得に十分な結果となった(図3-2)。

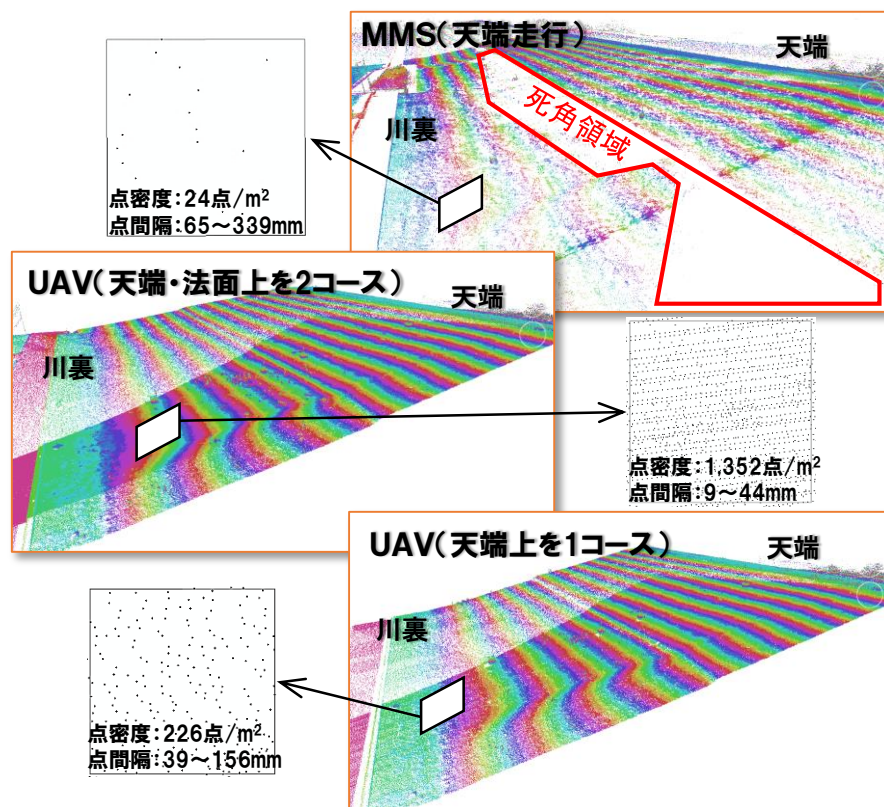


図 3-2 大規模堤防補完結果

3.4 樹木繁茂状況把握

右図に示す横断測線位置において、UAVレーザとMMSの樹木形状の取得状況を比較した。

実測横断測線①の樹高は、両者ともに19mであり、樹木が繁茂している横断方向の幅は、UAVレーザが36m、MMSが31mとなっている。

また、実測横断測線②の樹高は、両者ともに14mであり、樹木が繁茂している横断方向の幅は、両者ともに21mであった。横断方向の繁茂領域に若干の差が見られるが、概形把握という意味では概ね同等の結果となった。地盤面到達状況については、MMSよりもUAVレーザの方が密に取得できる結果となった。

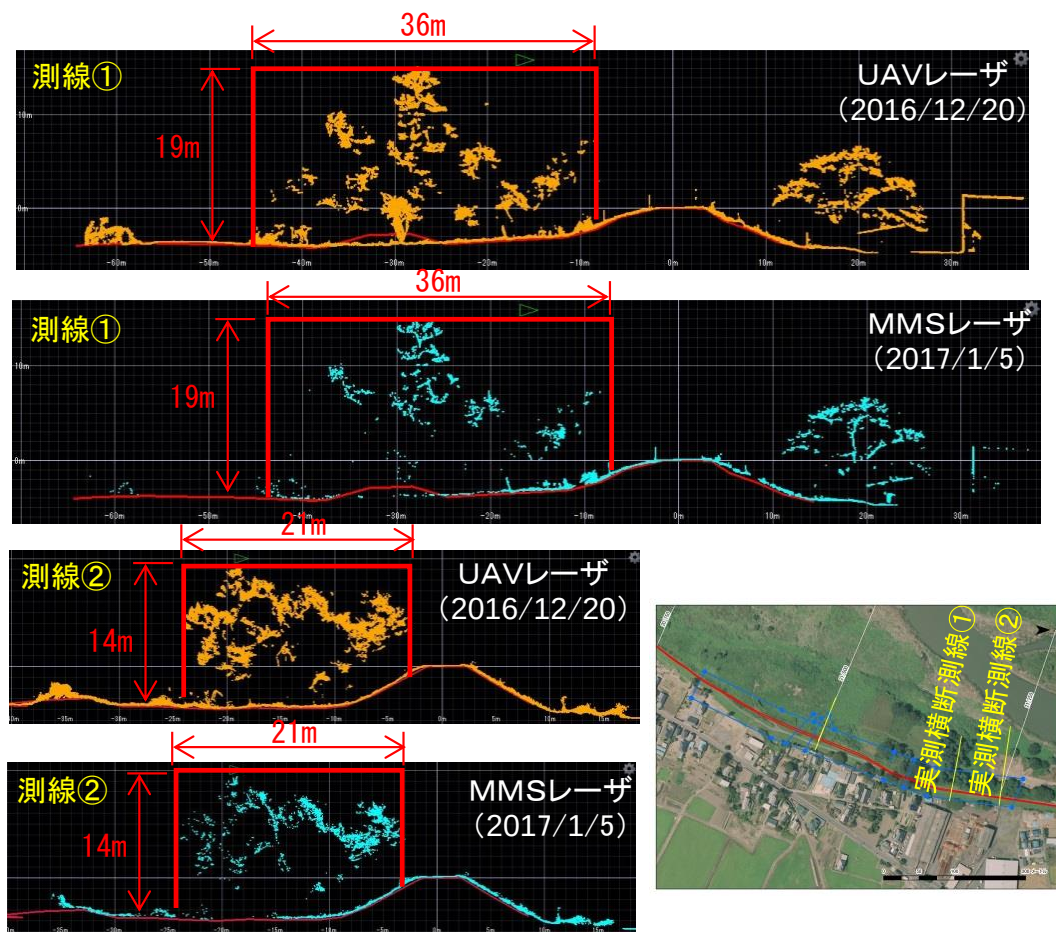


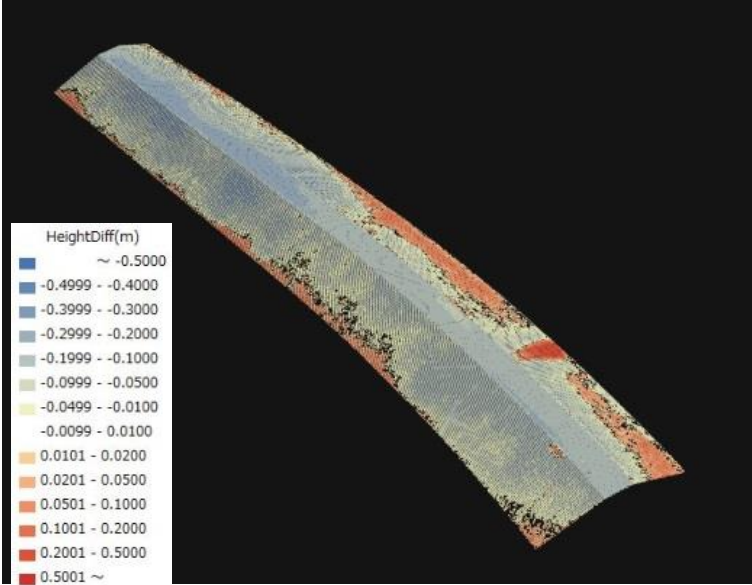
図 3-3 樹木繁茂状況の比較

3.5 i-Construction への適用性検討

竣工図から構築した 3 次元モデルと UAV レーザデータから構築した 3 次元モデルの差分を表 3-2 に示す。築堤後、6 か月が経過した本堤防は、堤防全体及び天端において形状変化量がマイナスとなっており、沈下した可能性がある。一方、堤防全体の形状変化量増については、植生の影響が考えられる。

本堤防の全体の概算土量は、竣工図から試算すると 20,000m³ となり、堤体増減の差分の絶対値 (673-51=622m³) からみた誤差は 3% 程度 (622/20,000×100=3.1) と微小である。

表 3-2 i-Construction への適用性検討結果

対象箇所	差分モデル	形状変化量 (m ³)			
		堤防全体		天端	
		増	減	増	減
鬼怒川 21.0km 付近	 3 次元モデルの差分表示 鳥瞰図  3 次元モデル差分表示 平面図	51	673	0	185

3.6 植生の影響検討

各除草フィールドにおけるレーザ点群の地盤面到達状況を図 3-4 に示す。除草エリアでは、MMS、UAVレーザ、UAVカメラ画像による3次元モデルともに大きな差は見られないが、未除草エリアにおいて、UAVレーザがより地盤面に透過している状況が確認できる。

また、MMSについては、除草エリアの地盤面取得状況はUAVレーザと同様に良好で、法肩付近の未除草エリアにおいても地表面をよく捉えている。

UAVカメラ画像による3次元モデルは、全般的に植生の影響により、最も地盤面から遠い位置にある。

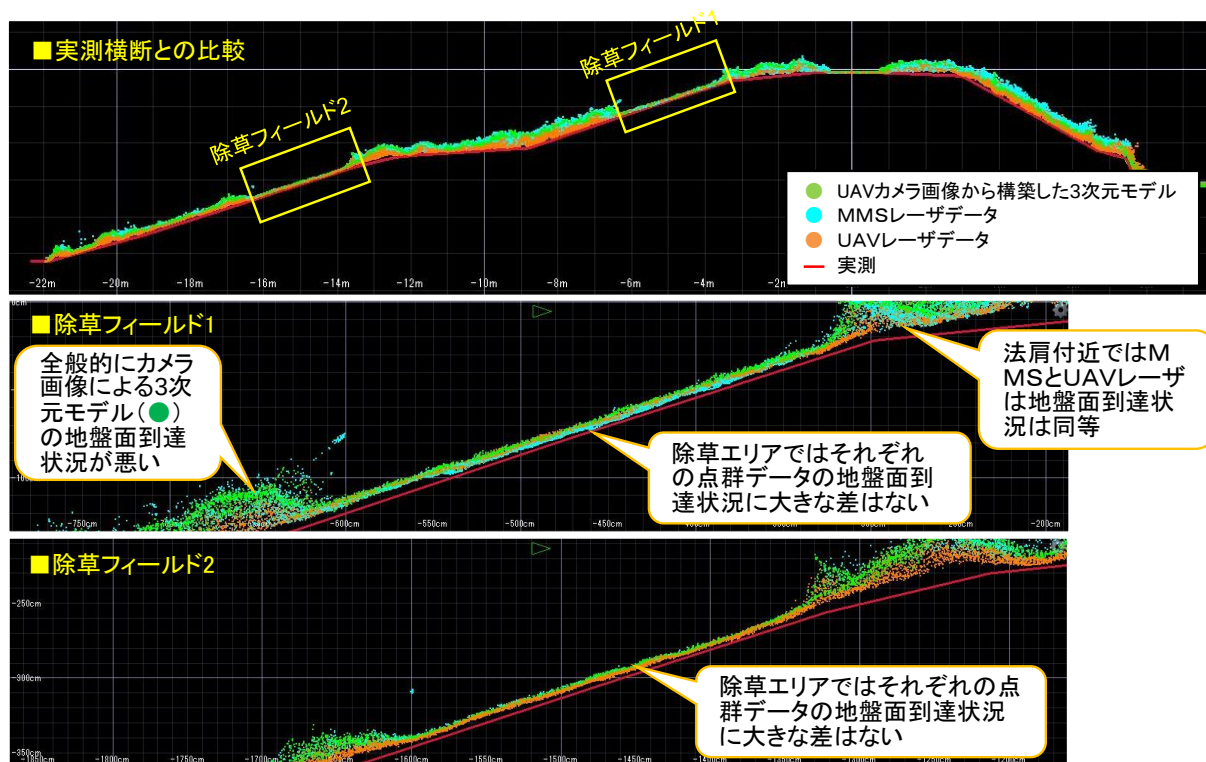


図 3-4 地盤面到達状況

4. 理論上の照射点密度・点間隔早見表

本利用方針（案）では、目的・用途に応じた点密度、点間隔を把握するため、堤防天端中央走行時の理論上の照射点密度、点間隔を整理した。図 4-1 にその見方を示す（一覧表は次頁以降に掲載）。本表により、変状・変位や形状の規模や堤防の物理的環境に応じた計測仕様を設定することができる。

天端幅(m)		3 法勾配(割)		2				
法肩からの 水平距離 (m)	計測仕様					点間隔		点密度
	照射高 (m)	走行速度 (km/h)	照射数 (点/秒)	スキャン 速度(Hz)	設置角度 (°)	縦断方向 (cm)	横断方向 (cm)	(点/m ²)
1	2.3	15	550,000	50	0	8.33	0.06	19,266
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	0.23	5,254
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	0.06	4,450
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	0.23	3,941
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	0.23	2,627
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	0.23	2,627
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	0.62	1,952
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	0.19	344
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	0.1	367
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	0	164
5	3.6	15	550,000	50	0	8.33	3.06	392
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	1.07	1,111
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	1.07	1,111
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	1.07	1,111
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	1.07	1,111
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	1.07	1,111
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	1.07	1,111
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	1.07	1,111
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	1.07	1,111
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	1.07	1,111

■計測仕様

照射高 2.3m、走行速度 15km/h、
照射数 55 万点/秒、スキャン速度
50Hz、水平角度 0°

■物理的環境

天幅幅 3m、法勾配 2 割、
法肩からの水平距離 1m

■評価

点間隔（縦断方向）：8.33cm
点間隔（横断方向）：0.06cm
点密度：19,266 点/m²

■計測仕様

照射高 2.3m、走行速度 15km/h、
照射数 55 万点/秒、スキャン速度
50Hz、水平角度 0°

■物理的環境

天端幅 3m、法勾配 2 割、
法肩からの水平距離 1m

■評価

点間隔（縦断方向）：8.33cm
点間隔（横断方向）：0.06cm
点密度：19,266 点/m²

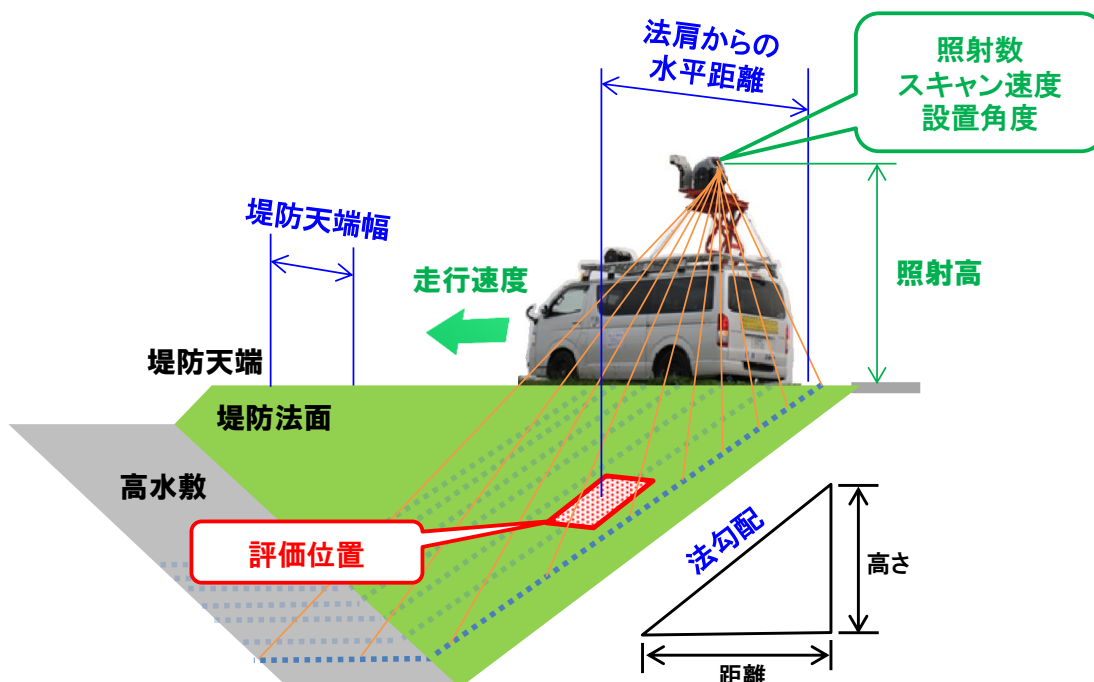


図 4-1 理論上の照射点密度、点間隔【例】（堤防天端中央走行）

点密度・点間隔 換算表
天端幅(m) 3 法勾配(割) 2

法肩からの 水平距離 (m)	照射高 (m)	走行速度 (km/h)	計測仕様 照射数 (点/秒)	スキャン 速度(Hz)	設置角度 (°)	点間隔 縦断方向 (cm)	点間隔 横断方向 (cm)	点密度 (点/m ²)
1	2.3	15	550,000	50	0	8.33	0.06	19,266
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	0.23	5,254
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	0.06	14,450
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	0.23	3,941
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	0.06	9,633
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	0.23	2,627
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	0.06	20,242
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	0.22	5,521
	3.6	20	550,000	50	0	11.11	0.06	15,182
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	0.22	4,140
5	2.3	30	550,000	50	0	16.67	0.06	10,121
	3.6	30	550,000	50	0	16.67	0.06	10,121
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	0.22	2,760
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	1.23	974
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	4.52	266
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	1.23	731
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	4.52	199
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	1.23	487
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	2.87	209
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	0.95	1,257
10	3.6	15	150,000	50	0	8.33	3.50	343
	3.6	20	550,000	50	0	11.11	0.95	943
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	3.50	257
	3.6	30	550,000	50	0	16.67	0.95	829
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	3.50	171
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	3.49	344
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	12.79	94
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	3.49	258
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	12.79	70
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	3.49	172
15	2.3	30	150,000	50	0	16.67	9.86	61
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	2.58	464
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	9.48	127
	3.6	20	550,000	50	0	11.11	2.58	348
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	9.48	95
	3.6	30	550,000	50	0	16.67	2.58	232
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	9.48	63
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	6.91	174
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	25.33	47
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	6.91	130
20	2.3	20	150,000	50	0	11.11	25.33	36
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	6.91	87
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	21.12	28
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	5.03	239
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	18.44	65
	3.6	20	550,000	50	0	11.11	5.03	179
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	18.44	49
	3.6	30	550,000	50	0	16.67	5.03	119
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	18.44	33
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	11.50	104
25	2.3	15	150,000	50	0	8.33	42.17	28
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	11.50	78
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	42.17	21
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	11.50	52
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	36.67	16
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	8.29	145
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	30.41	39
	3.6	20	550,000	50	0	11.11	8.29	109
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	30.41	30
	3.6	30	550,000	50	0	16.67	8.29	72
30	3.6	30	150,000	50	0	16.67	30.41	20
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	17.26	70
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	63.30	19
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	17.26	52
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	63.30	14
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	17.26	35
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	56.51	11
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	12.38	97
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	45.38	26
	3.6	20	550,000	50	0	11.11	12.38	73
40	3.6	20	150,000	50	0	11.11	45.38	20
	3.6	30	550,000	50	0	16.67	12.38	48
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	45.38	13
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	24.20	50
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	88.72	14
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	24.20	37
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	88.72	10
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	24.20	25
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	80.64	7
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	17.28	69
50	3.6	15	150,000	50	0	8.33	63.36	19
	3.6	20	550,000	50	0	11.11	17.28	52
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	63.36	14
	3.6	30	550,000	50	0	16.67	17.28	35
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	63.36	9
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	41.57	29
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	152.43	8
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	41.57	22
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	152.43	6
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	41.57	14
50	2.3	30	150,000	50	0	16.67	141.77	4
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	29.55	41
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	108.35	11
	3.6	20	550,000	50	0	11.11	29.55	30
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	108.35	8
	3.6	30	550,000	50	0	16.67	29.55	20
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	108.35	6
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	63.63	19
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	233.30	5
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	63.63	14
50	2.3	20	150,000	50	0	11.11	233.30	4
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	63.63	9
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	220.08	3
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	45.10	27
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	165.37	7
	3.6	20	550,000	50	0	11.11	45.10	20
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	165.37	5
	3.6	30	550,000	50	0	16.67	45.10	13
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	165.37	4

天端幅(m) 5 法勾配(割) 2

法肩からの 水平距離 (m)	照射高 (m)	走行速度 (km/h)	計測仕様 照射数 (点/秒)	スキャン 速度(Hz)	設置角度 (°)	縦断方向 (cm)	点間隔 横断方向 (cm)	点密度 (点/m ²)
1	2.3	15	550,000	50	0	8.33	0.06	19,266
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	0.23	5,254
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	0.06	14,450
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	0.23	3,941
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	0.06	9,633
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	0.23	2,627
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	0.06	20,242
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	0.22	5,521
	3.6	20	550,000	50	0	11.11	0.06	15,182
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	0.22	4,140
5	3.6	30	550,000	50	0	16.67	0.06	10,121
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	0.22	2,760
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	1.41	850
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	5.18	232
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	1.41	637
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	5.18	174
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	1.41	425
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	2.59	232
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	1.13	1,065
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	4.13	290
10	3.6	20	550,000	50	0	11.11	1.13	799
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	4.13	218
	3.6	30	550,000	50	0	16.67	1.13	532
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	4.13	145
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	3.57	336
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	13.10	92
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	3.57	252
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	13.10	69
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	3.57	168
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	8.68	69
15	3.6	15	550,000	50	0	8.33	2.75	436
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	10.09	119
	3.6	20	550,000	50	0	11.11	2.75	327
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	10.09	89
	3.6	30	550,000	50	0	16.67	2.75	218
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	10.09	59
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	6.73	178
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	24.69	49
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	6.73	134
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	24.69	36
20	2.3	30	550,000	50	0	16.67	6.73	89
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	18.43	33
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	5.11	235
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	18.73	64
	3.6	20	550,000	50	0	11.11	5.11	178
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	18.73	48
	3.6	30	550,000	50	0	16.67	5.11	117
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	18.73	32
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	10.90	110
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	39.97	30
25	2.3	20	550,000	50	0	11.11	10.90	83
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	39.97	23
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	10.90	55
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	31.87	19
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	8.20	146
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	30.06	40
	3.6	20	550,000	50	0	11.11	8.20	110
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	30.06	30
	3.6	30	550,000	50	0	16.67	8.20	73
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	30.06	20
30	2.3	15	550,000	50	0	8.33	16.07	75
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	58.93	20
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	16.07	56
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	58.93	15
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	16.07	37
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	48.99	12
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	12.02	100
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	44.08	27
	3.6	20	550,000	50	0	11.11	12.02	75
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	44.08	20
40	3.6	30	550,000	50	0	16.67	12.02	50
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	44.08	14
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	22.25	54
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	81.58	15
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	22.25	40
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	81.58	11
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	22.25	27
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	69.80	9
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	16.58	72
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	60.80	20
50	3.6	20	550,000	50	0	11.11	16.58	54
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	60.80	15
	3.6	30	550,000	50	0	16.67	16.58	36
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	60.80	10
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	37.62	32
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	137.94	9
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	37.62	24
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	137.94	7
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	37.62	16
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	122.47	5
60	3.6	15	550,000	50	0	8.33	27.91	43
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	102.34	12
	3.6	20	550,000	50	0	11.11	27.91	32
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	102.34	9
	3.6	30	550,000	50	0	16.67	27.91	21
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	102.34	6
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	57.01	21
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	209.05	6
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	57.01	16
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	209.05	4
70	2.3	30	550,000	50	0	16.67	57.01	11
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	189.89	3
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	42.18	28
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	154.67	8
	3.6	20	550,000	50	0	11.11	42.18	21
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	154.67	6
	3.6	30	550,000	50	0	16.67	42.18	14
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	154.67	4
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	57.01	21
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	209.05	6

点密度・点間隔 換算表
天端幅(m) 7 法勾配(割) 2

法肩からの 水平距離 (m)	照射高 (m)	走行速度 (km/h)	計測仕様 照射数 (点/秒)	スキャン 速度(Hz)	設置角度 (°)	点間隔 縦断方向 (cm)	点間隔 横断方向 (cm)	点密度 (点/m ²)
1	2.3	15	550,000	50	0	8.33	0.06	19,266
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	0.23	5,254
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	0.06	14,450
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	0.23	3,941
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	0.06	9,633
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	0.23	2,627
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	0.06	20,242
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	0.22	5,521
	3.6	20	550,000	50	0	11.11	0.06	15,182
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	0.22	4,140
5	3.6	30	550,000	50	0	16.67	0.06	10,121
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	0.22	2,760
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	1.59	754
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	5.84	206
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	1.59	565
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	5.84	154
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	1.59	377
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	2.38	252
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	1.30	922
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	4.77	252
10	3.6	20	550,000	50	0	11.11	1.30	692
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	4.77	189
	3.6	30	550,000	50	0	16.67	1.30	461
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	4.77	126
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	3.68	326
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	13.49	89
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	3.68	245
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	13.49	67
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	3.68	163
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	7.80	77
15	3.6	15	550,000	50	0	8.33	2.92	411
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	10.71	112
	3.6	20	550,000	50	0	11.11	2.92	308
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	10.71	84
	3.6	30	550,000	50	0	16.67	2.92	205
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	10.71	56
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	6.65	181
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	24.37	49
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	6.65	135
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	24.37	37
20	2.3	30	550,000	50	0	16.67	6.65	90
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	16.42	37
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	5.20	231
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	19.08	63
	3.6	20	550,000	50	0	11.11	5.20	173
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	19.08	47
	3.6	30	550,000	50	0	16.67	5.20	115
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	19.08	31
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	10.49	114
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	38.48	31
25	2.3	20	550,000	50	0	11.11	10.49	86
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	38.48	23
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	10.49	57
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	28.26	21
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	8.15	147
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	29.89	40
	3.6	20	550,000	50	0	11.11	8.15	110
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	29.89	30
	3.6	30	550,000	50	0	16.67	8.15	74
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	29.89	20
30	2.3	15	550,000	50	0	8.33	15.22	79
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	55.81	22
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	15.22	59
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	55.81	16
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	15.22	39
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	43.34	14
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	11.77	102
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	43.15	28
	3.6	20	550,000	50	0	11.11	11.77	76
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	43.15	21
40	3.6	30	550,000	50	0	16.67	11.77	51
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	43.15	14
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	20.83	58
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	76.38	16
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	20.83	43
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	76.38	12
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	20.83	29
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	61.64	10
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	16.05	75
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	58.85	20
50	3.6	20	550,000	50	0	11.11	16.05	56
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	58.85	15
	3.6	30	550,000	50	0	16.67	16.05	37
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	58.85	10
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	34.69	35
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	127.20	9
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	34.69	26
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	127.20	7
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	34.69	17
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	107.94	6
50	3.6	15	550,000	50	0	8.33	26.61	45
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	97.58	12
	3.6	20	550,000	50	0	11.11	26.61	34
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	97.58	9
	3.6	30	550,000	50	0	16.67	26.61	23
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	97.58	6
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	52.08	23
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	190.95	6
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	52.08	17
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	190.95	5
50	2.3	30	550,000	50	0	16.67	52.08	12
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	167.17	4
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	39.84	30
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	146.10	8
	3.6	20	550,000	50	0	11.11	39.84	23
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	146.10	6
	3.6	30	550,000	50	0	16.67	39.84	15
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	146.10	4

天端幅(m) 10 法勾配(割) 2

法肩からの 水平距離 (m)	照射高 (m)	走行速度 (km/h)	計測仕様 照射数 (点/秒)	スキャン 速度(Hz)	設置角度 (°)	点間隔 縦断方向 (cm)	点間隔 横断方向 (cm)	点密度 (点/m ²)
1	2.3	15	550,000	50	0	8.33	0.06	19,266
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	0.23	5,254
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	0.06	14,450
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	0.23	3,941
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	0.06	9,633
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	0.23	2,627
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	0.06	20,242
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	0.22	5,521
	3.6	20	550,000	50	0	11.11	0.06	15,182
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	0.22	4,140
5	3.6	30	550,000	50	0	16.67	0.06	10,121
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	0.22	2,760
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	0.68	1,756
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	2.51	479
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	0.68	1,317
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	2.51	359
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	0.68	878
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	2.51	239
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	0.49	2,455
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	1.79	670
10	3.6	20	550,000	50	0	11.11	0.49	1,841
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	1.79	502
	3.6	30	550,000	50	0	16.67	0.49	1,228
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	1.79	335
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	3.87	310
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	14.20	85
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	3.87	232
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	14.20	63
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	3.87	155
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	6.83	88
15	3.6	15	550,000	50	0	8.33	3.18	377
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	11.66	103
	3.6	20	550,000	50	0	11.11	3.18	283
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	11.66	77
	3.6	30	550,000	50	0	16.67	3.18	189
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	11.66	51
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	6.62	181
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	24.28	49
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	6.62	136

点密度・点間隔 換算表

天端幅(m) 3 法勾配(割) 3

法肩からの 水平距離 (m)	照射高 (m)	走行速度 (km/h)	計測仕様 照射数 (点/秒)	スキャン 速度(Hz)	設置角度 (°)	点間隔 縦断方向 (cm)	点間隔 横断方向 (cm)	点密度 (点/m ²)
1	2.3	15	550,000	50	0	8.33	0.06	19,266
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	0.23	5,254
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	0.06	14,450
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	0.23	3,941
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	0.06	9,633
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	0.23	2,627
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	0.06	20,242
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	0.22	5,521
	3.6	20	550,000	50	0	11.11	0.06	15,182
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	0.22	4,140
5	2.3	30	550,000	50	0	16.67	0.06	10,121
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	0.22	2,760
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	1.14	1,050
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	4.19	286
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	1.14	787
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	4.19	215
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	1.14	525
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	2.64	227
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	0.86	1,392
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	3.16	380
10	2.3	30	550,000	50	0	11.11	0.86	1,044
	2.3	30	150,000	50	0	11.11	3.16	285
	3.6	30	550,000	50	0	16.67	0.86	696
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	3.16	190
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	3.28	366
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	12.04	100
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	3.28	274
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	12.04	75
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	3.28	183
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	9.25	65
15	3.6	15	550,000	50	0	8.33	2.36	509
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	8.65	139
	3.6	20	550,000	50	0	11.11	2.36	381
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	8.65	104
	3.6	30	550,000	50	0	16.67	2.36	254
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	8.65	69
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	6.55	183
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	24.03	50
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	6.55	137
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	24.03	37
20	2.3	30	550,000	50	0	16.67	6.55	92
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	20.00	30
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	4.63	259
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	16.96	71
	3.6	20	550,000	50	0	11.11	4.63	195
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	16.96	53
	3.6	30	550,000	50	0	16.67	4.63	130
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	16.96	35
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	10.96	110
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	40.17	30
25	2.3	20	550,000	50	0	11.11	10.96	82
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	40.17	22
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	10.96	55
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	34.89	17
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	7.66	157
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	28.10	43
	3.6	20	550,000	50	0	11.11	7.66	117
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	28.10	32
	3.6	30	550,000	50	0	16.67	7.66	78
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	28.10	21
30	2.3	15	550,000	50	0	8.33	16.49	73
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	60.47	20
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	16.49	55
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	60.47	15
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	16.49	36
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	53.94	11
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	11.48	105
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	42.08	29
	3.6	20	550,000	50	0	11.11	11.48	78
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	42.08	21
40	3.6	30	550,000	50	0	16.67	11.48	52
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	42.08	14
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	23.16	52
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	84.92	14
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	23.16	39
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	84.92	11
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	23.16	26
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	77.15	8
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	16.06	75
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	58.89	20
50	3.6	20	550,000	50	0	11.11	16.06	56
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	58.89	15
	3.6	30	550,000	50	0	16.67	16.06	37
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	58.89	10
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	39.90	30
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	146.29	8
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	39.90	23
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	146.29	6
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	39.90	15
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	136.03	4
60	3.6	15	550,000	50	0	8.33	27.55	44
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	101.02	12
	3.6	20	550,000	50	0	11.11	27.55	33
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	101.02	9
	3.6	30	550,000	50	0	16.67	27.55	22
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	101.02	6
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	61.17	20
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	224.29	5
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	61.17	15
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	224.29	4
70	2.3	30	550,000	50	0	16.67	61.17	10
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	211.53	3
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	42.14	28
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	154.51	8
	3.6	20	550,000	50	0	11.11	42.14	21
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	154.51	6
	3.6	30	550,000	50	0	16.67	42.14	14
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	154.51	4
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	137.41	9
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	518.75	2

天端幅(m) 5 法勾配(割) 3

法肩からの 水平距離 (m)	照射高 (m)	走行速度 (km/h)	計測仕様 照射数 (点/秒)	スキャン 速度(Hz)	設置角度 (°)	点間隔 縦断方向 (cm)	点間隔 横断方向 (cm)	点密度 (点/m ²)
1	2.3	15	550,000	50	0	8.33	0.06	19,266
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	0.23	5,254
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	0.06	14,450
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	0.23	3,941
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	0.06	9,633
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	0.23	2,627
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	0.06	20,242
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	0.22	5,521
	3.6	20	550,000	50	0	11.11	0.06	15,182
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	0.22	4,140
5	2.3	30	550,000	50	0	16.67	0.06	10,121
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	0.22	2,760
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	1.35	888
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	4.96	242
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	1.35	666
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	4.96	182
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	1.35	444
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	2.44	246
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	1.04	1,153
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	3.82	315
10	2.3	30	550,000	50	0	11.11	1.04	885
	2.3	30	150,000	50	0	11.11	3.82	236
	3.6	30	550,000	50	0	16.67	1.04	577
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	3.82	157
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	3.48	345
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	12.75	94
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	3.48	259
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	12.75	71
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	3.48	173
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	8.39	72
15	3.6	15	550,000	50	0	8.33	2.58	466
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	9.44	127
	3.6	20	550,000	50	0	11.11	2.58	349
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	9.44	95
	3.6	30	550,000	50	0	16.67	2.58	233
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	9.44	64
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	6.61	181
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	24.25	49
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	6.61	136

点密度・点間隔 換算表

天端幅(m) 7 法勾配(割) 3

法肩からの 水平距離 (m)	照射高 (m)	走行速度 (km/h)	計測仕様 照射数 (点/秒)	スキャン 速度(Hz)	設置角度 (°)	点間隔 縦断方向 (cm)	点間隔 横断方向 (cm)	点密度 (点/m ²)
1	2.3	15	550,000	50	0	8.33	0.06	19,266
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	0.23	5,254
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	0.06	14,450
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	0.23	3,941
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	0.06	9,633
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	0.23	2,627
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	0.06	20,242
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	0.22	5,521
	3.6	20	550,000	50	0	11.11	0.06	15,182
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	0.22	4,140
5	2.3	15	550,000	50	0	16.67	0.06	10,121
	2.3	15	150,000	50	0	16.67	0.22	2,760
	2.3	20	550,000	50	0	8.33	1.56	768
	2.3	20	150,000	50	0	8.33	5.73	210
	2.3	30	550,000	50	0	11.11	1.56	576
	2.3	30	150,000	50	0	11.11	5.73	157
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	1.56	384
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	2.28	263
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	1.22	980
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	4.49	267
10	2.3	15	550,000	50	0	11.11	1.22	735
	2.3	15	150,000	50	0	11.11	4.49	200
	2.3	20	550,000	50	0	16.67	1.22	490
	2.3	20	150,000	50	0	16.67	4.49	134
	2.3	30	550,000	50	0	8.33	3.68	326
	2.3	30	150,000	50	0	8.33	13.48	89
	2.3	30	550,000	50	0	11.11	3.68	245
	2.3	30	150,000	50	0	11.11	13.48	67
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	3.68	163
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	7.70	78
15	3.6	15	550,000	50	0	8.33	2.79	430
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	10.24	117
	3.6	20	550,000	50	0	11.11	2.79	322
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	10.24	88
	3.6	30	550,000	50	0	16.67	2.79	215
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	10.24	59
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	6.70	179
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	24.57	49
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	6.70	134
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	24.57	37
20	2.3	30	550,000	50	0	16.67	6.70	90
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	16.45	36
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	5.02	239
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	18.41	65
	3.6	20	550,000	50	0	11.11	5.02	179
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	18.41	49
	3.6	30	550,000	50	0	16.67	5.02	119
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	18.41	33
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	10.64	113
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	39.02	31
25	2.3	20	550,000	50	0	11.11	10.64	85
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	39.02	23
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	10.64	56
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	28.56	21
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	7.92	152
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	29.02	41
	3.6	20	550,000	50	0	11.11	7.92	114
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	29.02	31
	3.6	30	550,000	50	0	16.67	7.92	76
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	29.02	21
30	2.3	15	550,000	50	0	8.33	15.50	77
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	56.83	21
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	15.50	58
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	56.83	16
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	15.50	39
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	44.01	14
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	11.47	105
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	42.07	29
	3.6	20	550,000	50	0	11.11	11.47	78
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	42.07	21
40	3.6	30	550,000	50	0	16.67	11.47	52
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	42.07	14
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	21.27	56
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	77.99	15
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	21.27	42
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	77.99	12
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	21.27	28
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	62.83	10
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	15.70	76
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	57.56	21
50	3.6	20	550,000	50	0	11.11	15.70	57
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	57.56	16
	3.6	30	550,000	50	0	16.67	15.70	38
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	57.56	10
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	35.56	34
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	130.38	9
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	35.56	29
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	130.38	7
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	35.56	17
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	110.52	5

天端幅(m) 10 法勾配(割) 3

法肩からの 水平距離 (m)	照射高 (m)	走行速度 (km/h)	計測仕様 照射数 (点/秒)	スキャン 速度(Hz)	設置角度 (°)	縦断方向 (cm)	点間隔 横断方向 (cm)	点密度 (点/m ²)
1	2.3	15	550,000	50	0	8.33	0.06	19,266
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	0.23	5,254
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	0.06	14,450
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	0.23	3,941
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	0.06	9,633
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	0.23	2,627
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	0.06	20,242
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	0.22	5,521
	3.6	20	550,000	50	0	11.11	0.06	15,182
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	0.22	4,140
5	3.6	30	550,000	50	0	16.67	0.06	10,121
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	0.22	2,760
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	0.68	1,756
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	2.51	479
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	0.68	1,317
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	2.51	359
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	0.68	878
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	2.51	239
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	0.49	2,455
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	1.79	670
10	3.6	20	550,000	50	0	11.11	0.49	1,841
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	1.79	502
	3.6	30	550,000	50	0	16.67	0.49	1,228
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	1.79	335
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	3.98	302
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	14.59	82
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	3.98	226
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	14.59	62
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	3.98	151
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	6.89	87
15	3.6	15	550,000	50	0	8.33	3.12	385
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	11.43	105
	3.6	20	550,000	50	0	11.11	3.12	289
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	11.43	79
	3.6	30	550,000	50	0	16.67	3.12	192
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	11.43	52
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	6.88	175
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	25.21	48
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	6.88	131
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	25.21	36
20	2.3	30	550,000	50	0	16.67	6.88	87
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	14.59	41
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	5.33	225
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	19.53	61
	3.6	20	550,000	50	0	11.11	5.33	169
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	19.53	46
	3.6	30	550,000	50	0	16.67	5.33	113
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	19.53	31
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	10.57	113
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	38.77	31
25	2.3	20	550,000	50	0	11.11	10.57	85
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	38.77	23
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	10.57	57
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	25.21	24
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	8.13	148
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	29.82	40
	3.6	20	550,000	50	0	11.11	8.13	111
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	29.82	30
	3.6	30	550,000	50	0	16.67	8.13	74
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	29.82	20
30	2.3	15	550,000	50	0	8.33	15.07	80
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	55.25	22
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	15.07	60
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	55.25	16
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	15.07	40
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	38.77	15
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	11.55	104
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	42.33	28
	3.6	20	550,000	50	0	11.11	11.55	78
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	42.33	21
40	3.6	30	550,000	50	0	16.67	11.55	52
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	42.33	14
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	20.67	59
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	74.67	18
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	20.37	44
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	74.67	12
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	20.37	29
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	55.25	11
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	15.56	77
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	57.04	21
50	3.6	20	550,000	50	0	11.11	15.56	58
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	57.04	16
	3.6	30	550,000	50	0	16.67	15.56	39
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	57.04	11
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	33.36	36
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	122.31	10
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	33.36	27
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	122.31	7
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	33.36	18
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	97.02	6
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	25.39	47
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	93.10	13
	3.6	20	550,000	50	0	11.11	25.39	35
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	93.10	10
	3.6	30	550,000	50	0	16.67	25.39	24
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	93.10	6
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	49.55	24
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	181.67	7
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	49.55	18
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	181.67	5
	3.6	30	550,000	50	0	16.67	49.55	12
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	150.52	4
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	37.63	32
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	137.98	9
	3.6	20	550,000	50	0	11.11	37.63	24
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	137.98	7
	3.6	30	550,000	50	0	16.67	37.63	16
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	137.98	4

点密度・点間隔 換算表

天端幅(m) 3 法勾配(割) 4

法肩からの 水平距離 (m)	照射高 (m)	走行速度 (km/h)	計測仕様 照射数 (点/秒)	スキャン 速度(Hz)	設置角度 (°)	点間隔 縦断方向 (cm)	点間隔 横断方向 (cm)	点密度 (点/m ²)
1	2.3	15	550,000	50	0	8.33	0.06	19,266
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	0.23	5,254
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	0.06	14,450
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	0.23	3,941
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	0.06	9,633
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	0.23	2,627
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	0.06	20,242
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	0.22	5,521
	3.6	20	550,000	50	0	11.11	0.06	15,182
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	0.22	4,140
5	2.3	30	550,000	50	0	16.67	0.06	10,121
	3.6	30	550,000	50	0	16.67	0.06	10,121
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	0.22	2,760
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	1.12	1,076
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	4.09	294
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	1.12	807
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	4.09	220
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	1.12	538
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	2.57	234
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	0.83	1,453
10	3.6	15	150,000	50	0	8.33	3.03	396
	3.6	20	550,000	50	0	11.11	0.83	1,090
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	3.03	287
	3.6	30	550,000	50	0	16.67	0.83	726
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	3.03	198
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	3.23	371
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	11.85	101
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	3.23	278
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	11.85	76
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	3.23	186
15	2.3	30	150,000	50	0	16.67	9.09	66
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	2.28	526
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	8.36	144
	3.6	20	550,000	50	0	11.11	2.28	395
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	8.36	108
	3.6	30	550,000	50	0	16.67	2.28	263
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	8.36	72
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	6.48	185
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	23.77	50
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	6.48	139
20	2.3	20	150,000	50	0	11.11	23.77	38
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	6.48	93
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	19.75	30
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	4.49	267
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	16.47	73
	3.6	20	550,000	50	0	11.11	4.49	200
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	16.47	55
	3.6	30	550,000	50	0	16.67	4.49	134
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	16.47	36
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	10.86	110
25	2.3	15	150,000	50	0	8.33	39.84	30
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	10.86	83
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	39.84	23
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	10.86	55
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	34.58	17
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	7.47	161
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	27.38	44
	3.6	20	550,000	50	0	11.11	7.47	121
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	27.38	33
	3.6	30	550,000	50	0	16.67	7.47	80
30	3.6	30	150,000	50	0	16.67	27.38	22
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	16.38	73
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	60.06	20
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	16.38	55
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	60.06	15
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	16.38	37
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	53.56	11
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	11.20	107
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	41.08	29
	3.6	20	550,000	50	0	11.11	11.20	80
40	3.6	20	150,000	50	0	11.11	41.08	22
	3.6	30	550,000	50	0	16.67	11.20	54
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	41.08	15
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	23.03	52
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	84.45	14
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	23.03	39
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	84.45	11
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	23.03	26
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	76.70	8
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	15.70	76
50	3.6	15	150,000	50	0	8.33	57.58	21
	3.6	20	550,000	50	0	11.11	15.70	57
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	57.58	16
	3.6	30	550,000	50	0	16.67	15.70	38
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	57.58	10
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	39.74	30
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	145.70	8
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	39.74	23
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	145.70	6
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	39.74	15

天端幅(m) 5 法勾配(割) 4

法肩からの 水平距離 (m)	照射高 (m)	走行速度 (km/h)	計測仕様 照射数 (点/秒)	スキャン 速度(Hz)	設置角度 (°)	縦断方向 (cm)	点間隔 横断方向 (cm)	点密度 (点/m ²)
1	2.3	15	550,000	50	0	8.33	0.06	19,266
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	0.23	5,254
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	0.06	14,450
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	0.23	3,941
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	0.06	9,633
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	0.23	2,627
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	0.06	20,242
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	0.22	5,521
	3.6	20	550,000	50	0	11.11	0.06	15,182
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	0.22	4,140
5	3.6	30	550,000	50	0	16.67	0.06	10,121
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	0.22	2,760
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	1.34	893
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	4.93	243
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	1.34	669
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	4.93	183
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	1.34	446
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	2.40	250
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	1.01	1,188
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	3.71	324
10	3.6	20	550,000	50	0	11.11	1.01	891
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	3.71	243
	3.6	30	550,000	50	0	16.67	1.01	594
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	3.71	162
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	3.49	343
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	12.81	94
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	3.49	258
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	12.81	70
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	3.49	172
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	8.40	71
15	3.6	15	550,000	50	0	8.33	2.53	475
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	9.26	130
	3.6	20	550,000	50	0	11.11	2.53	356
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	9.26	97
	3.6	30	550,000	50	0	16.67	2.53	238
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	9.26	65
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	6.68	180
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	24.49	49
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	6.68	135
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	24.49	37
20	2.3	30	550,000	50	0	16.67	6.68	90
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	18.18	33
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	4.76	252
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	17.44	69
	3.6	20	550,000	50	0	11.11	4.76	189
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	17.44	52
	3.6	30	550,000	50	0	16.67	4.76	126
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	17.44	34
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	10.90	110
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	39.97	30
25	2.3	20	550,000	50	0	11.11	10.90	83
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	39.97	23
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	10.90	55
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	31.76	19
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	7.70	156
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	28.24	42
	3.6	20	550,000	50	0	11.11	7.70	117
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	28.24	32
	3.6	30	550,000	50	0	16.67	7.70	78
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	28.24	21
30	2.3	15	550,000	50	0	8.33	16.16	74
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	59.26	20
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	16.16	56
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	59.26	15
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	16.16	37
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	49.14	12
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	11.37	106
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	41.67	29
	3.6	20	550,000	50	0	11.11	11.37	79
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	41.67	22
40	3.6	30	550,000	50	0	16.67	11.37	53
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	41.67	14
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	22.46	53
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	82.34	15
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	22.46	40
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	82.34	11
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	22.46	27
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	70.32	9
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	15.75	76
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	57.74	21
50	3.6	20	550,000	50	0	11.11	15.75	57
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	57.74	16
	3.6	30	550,000	50	0	16.67	15.75	38
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	57.74	10
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	38.16	31
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	139.93	9
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	38.16	24
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	139.93	6
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	38.16	16
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	124.10	5
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	26.66	45
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	97.77	12
	3.6	20	550,000	50	0	11.11	26.66	34
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	97.77	9
	3.6	30	550,000	50	0	16.67	26.66	23
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	97.77	6
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	58.02	21
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	212.72	6
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	58.02	16
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	212.72	4
	3.6	30	550,000	50	0	16.67	58.02	10
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	193.10	3
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	40.45	30
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	148.33	8
	3.6	20	550,000	50	0	11.11	40.45	22
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	148.33	6
	3.6	30	550,000	50	0	16.67	40.45	15
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	148.33	4

点密度・点間隔 換算表

天端幅(m) 7[法勾配(割)] 4

法肩からの 水平距離 (m)	照射高 (m)	走行速度 (km/h)	計測仕様 照射数 (点/秒)	スキャン 速度(Hz)	設置角度 (°)	点間隔 縦断方向 (cm)	点間隔 横断方向 (cm)	点密度 (点/m ²)
1	2.3	15	550,000	50	0	8.33	0.06	19,266
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	0.23	5,254
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	0.06	14,450
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	0.23	3,941
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	0.06	9,633
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	0.23	2,627
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	0.06	20,242
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	0.22	5,521
	3.6	20	550,000	50	0	11.11	0.06	15,182
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	0.22	4,140
5	2.3	30	550,000	50	0	16.67	0.06	10,121
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	0.22	2,760
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	1.58	760
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	5.79	207
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	1.58	570
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	5.79	155
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	1.58	380
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	2.27	264
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	1.20	997
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	4.41	272
10	2.3	30	550,000	50	0	11.11	1.20	748
	2.3	30	150,000	50	0	11.11	4.41	204
	3.6	30	550,000	50	0	16.67	1.20	499
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	4.41	136
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	3.76	319
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	13.77	87
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	3.76	240
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	13.77	65
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	3.76	160
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	7.82	77
15	3.6	15	550,000	50	0	8.33	2.77	433
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	10.17	118
	3.6	20	550,000	50	0	11.11	2.77	324
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	10.17	88
	3.6	30	550,000	50	0	16.67	2.77	216
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	10.17	59
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	6.89	174
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	25.26	48
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	6.89	131
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	25.26	36
20	2.3	30	550,000	50	0	16.67	6.89	87
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	16.85	36
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	5.02	239
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	18.40	65
	3.6	20	550,000	50	0	11.11	5.02	179
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	18.40	49
	3.6	30	550,000	50	0	16.67	5.02	120
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	18.40	33
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	10.97	109
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	40.24	30
25	2.3	20	550,000	50	0	11.11	10.97	82
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	40.24	22
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	10.97	55
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	29.38	20
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	7.94	151
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	29.11	41
	3.6	20	550,000	50	0	11.11	7.94	113
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	29.11	31
	3.6	30	550,000	50	0	16.67	7.94	76
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	29.11	21
30	2.3	15	550,000	50	0	8.33	16.02	75
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	58.73	20
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	16.02	56
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	58.73	15
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	16.02	37
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	45.42	13
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	11.54	104
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	42.31	28
	3.6	20	550,000	50	0	11.11	11.54	78
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	42.31	21
40	3.6	30	550,000	50	0	16.67	11.54	52
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	42.31	14
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	22.01	55
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	80.72	15
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	22.01	41
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	80.72	11
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	22.01	27
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	64.96	9
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	15.82	76
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	57.99	21
50	3.6	20	550,000	50	0	11.11	15.82	57
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	57.99	16
	3.6	30	550,000	50	0	16.67	15.82	38
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	57.99	10
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	36.88	33
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	135.21	9
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	36.88	24
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	135.21	7
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	36.88	16
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	114.54	5

天端幅(m) 10[法勾配(割)] 4

法肩からの 水平距離 (m)	照射高 (m)	走行速度 (km/h)	計測仕様 照射数 (点/秒)	スキャン 速度(Hz)	設置角度 (°)	縦断方向 (cm)	点間隔 横断方向 (cm)	点密度 (点/m ²)
1	2.3	15	550,000	50	0	8.33	0.06	19,266
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	0.23	5,254
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	0.06	14,450
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	0.23	3,941
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	0.06	9,633
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	0.23	2,627
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	0.06	20,242
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	0.22	5,521
	3.6	20	550,000	50	0	11.11	0.06	15,182
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	0.22	4,140
5	3.6	30	550,000	50	0	16.67	0.06	10,121
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	0.22	2,760
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	0.68	1,756
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	2.51	479
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	0.68	1,317
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	2.51	359
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	0.68	878
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	2.51	239
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	0.49	2,455
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	1.79	670
10	3.6	20	550,000	50	0	11.11	0.49	1,841
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	1.79	502
	3.6	30	550,000	50	0	16.67	0.49	1,228
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	1.79	335
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	4.15	289
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	15.22	79
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	4.15	217
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	15.22	59
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	4.15	145
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	7.11	84
15	3.6	15	550,000	50	0	8.33	3.15	381
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	11.55	104
	3.6	20	550,000	50	0	11.11	3.15	286
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	11.55	78
	3.6	30	550,000	50	0	16.67	3.15	191
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	11.55	52
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	7.22	166
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	26.46	45
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	7.22	125
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	26.46	34
20	2.3	30	550,000	50	0	16.67	7.22	83
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	15.22	39
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	5.41	222
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	19.85	60
	3.6	20	550,000	50	0	11.11	5.41	166
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	19.85	45
	3.6	30	550,000	50	0	16.67	5.41	111
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	19.85	30
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	11.13	108
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	40.82	29
25	2.3	20	550,000	50	0	11.11	11.13	81
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	40.82	22
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	11.13	54
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	26.46	23
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	8.30	145
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	30.44	39
	3.6	20	550,000	50	0	11.11	8.30	108
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	30.44	30
	3.6	30	550,000	50	0	16.67	8.30	72
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	30.44	20
30	2.3	15	550,000	50	0	8.33	15.91	75
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	58.33	21
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	15.91	57
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	58.33	15
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	15.91	38
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	40.82	15
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	11.82	102
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	43.32	28
	3.6	20	550,000	50	0	11.11	11.82	76
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	43.32	21
40	2.3	30	550,000	50	0	16.67	11.82	51
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	43.32	14
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	21.84	56
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	79.96	15
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	21.84	42
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	79.96	11
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	21.84	28
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	58.33	10
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	15.95	75
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	58.50	21
50	2.3	20	550,000	50	0	11.11	15.95	56
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	58.50	15
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	15.95	38
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	58.50	10
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	35.36	34
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	129.64	9
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	35.36	29
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	129.64	7
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	35.36	17
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	102.73	6
60	3.6	15	550,000	50	0	8.33	26.11	46
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	95.73	13
	3.6	20	550,000	50	0	11.11	26.11	34
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	95.73	9
	3.6	30	550,000	50	0	16.67	26.11	23
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	95.73	6
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	52.59	23
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	192.84	6
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	52.59	17
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	192.84	5
70	2.3	30	550,000	50	0	16.67	52.59	11
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	198.67	4
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	39.77	31
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	142.14	8
	3.6	20	550,000	50	0	11.11	39.77	23
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	142.14	6
	3.6	30	550,000	50	0	16.67	39.77	15
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	142.14	4
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	52.59	23
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	192.84	6

点密度・点間隔 換算表

天端幅(m) 3 法勾配(割) 5

法肩からの 水平距離 (m)	照射高 (m)	走行速度 (km/h)	計測仕様 照射数 (点/秒)	スキャン 速度(Hz)	設置角度 (°)	点間隔 縦断方向 (cm)	点間隔 横断方向 (cm)	点密度 (点/m ²)
1	2.3	15	550,000	50	0	8.33	0.06	19,266
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	0.23	5,254
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	0.06	14,450
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	0.23	3,941
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	0.06	9,633
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	0.23	2,627
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	0.06	20,242
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	0.22	5,521
	3.6	20	550,000	50	0	11.11	0.06	15,182
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	0.22	4,140
5	2.3	30	550,000	50	0	16.67	0.06	10,121
	3.6	30	550,000	50	0	16.67	0.22	2,760
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	1.10	1,087
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	4.05	296
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	1.10	815
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	4.05	222
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	1.10	544
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	2.53	237
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	0.81	1,485
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	2.96	405
10	3.6	20	550,000	50	0	11.11	0.81	1,114
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	2.96	304
	3.6	30	550,000	50	0	16.67	0.81	742
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	2.96	202
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	3.22	373
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	11.81	102
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	3.22	279
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	11.81	76
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	3.22	186
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	9.04	66
15	3.6	15	550,000	50	0	8.33	2.24	535
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	8.23	146
	3.6	20	550,000	50	0	11.11	2.24	401
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	8.23	109
	3.6	30	550,000	50	0	16.67	2.24	267
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	8.23	73
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	6.48	185
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	23.75	51
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	6.48	139
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	23.75	38
20	2.3	30	550,000	50	0	16.67	6.48	93
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	19.73	30
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	4.44	270
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	16.27	74
	3.6	20	550,000	50	0	11.11	4.44	203
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	16.27	55
	3.6	30	550,000	50	0	16.67	4.44	135
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	16.27	37
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	10.88	110
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	39.88	30
25	2.3	20	550,000	50	0	11.11	10.88	83
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	39.88	23
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	10.88	55
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	34.60	17
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	7.39	162
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	27.09	44
	3.6	20	550,000	50	0	11.11	7.39	122
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	27.09	33
	3.6	30	550,000	50	0	16.67	7.39	81
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	27.09	22
30	2.3	15	550,000	50	0	8.33	23.10	52
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	84.70	14
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	23.10	39
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	84.70	11
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	23.10	26
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	76.91	8
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	15.58	77
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	57.12	21
	3.6	20	550,000	50	0	11.11	15.58	58
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	57.12	16
40	3.6	30	550,000	50	0	16.67	15.58	39
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	57.12	11
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	39.89	30
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	146.28	8
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	39.89	23
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	146.28	6
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	39.89	15
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	135.98	4
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	26.81	45
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	98.31	12
50	3.6	20	550,000	50	0	11.11	26.81	34
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	98.31	9
	3.6	30	550,000	50	0	16.67	26.81	22
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	98.31	6
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	61.26	20
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	224.61	5
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	61.26	15
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	224.61	4
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	61.26	10
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	211.79	3

天端幅(m) 5 法勾配(割) 5

法肩からの 水平距離 (m)	照射高 (m)	走行速度 (km/h)	計測仕様 照射数 (点/秒)	スキャン 速度(Hz)	設置角度 (°)	点間隔 縦断方向 (cm)	点間隔 横断方向 (cm)	点密度 (点/m ²)
1	2.3	15	550,000	50	0	8.33	0.06	19,266
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	0.23	5,254
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	0.06	14,450
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	0.23	3,941
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	0.06	9,633
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	0.23	2,627
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	0.06	20,242
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	0.22	5,521
	3.6	20	550,000	50	0	11.11	0.06	15,182
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	0.22	4,140
5	3.6	30	550,000	50	0	16.67	0.06	10,121
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	0.22	2,760
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	1.35	890
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	4.95	243
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	1.35	667
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	4.95	182
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	1.35	445
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	2.40	250
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	1.00	1,203
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	3.66	328
10	3.6	20	550,000	50	0	11.11	1.00	902
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	3.66	246
	3.6	30	550,000	50	0	16.67	1.00	602
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	3.66	164
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	3.53	340
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	12.95	93
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	3.53	255
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	12.95	70
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	3.53	170
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	8.46	71
15	3.6	15	550,000	50	0	8.33	2.51	478
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	9.21	130
	3.6	20	550,000	50	0	11.11	2.51	359
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	9.21	98
	3.6	30	550,000	50	0	16.67	2.51	239
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	9.21	65
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	6.77	177
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	24.83	48
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	6.77	133
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	24.83	36
20	2.3	30	550,000	50	0	16.67	6.77	89
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	18.40	33
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	4.74	253
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	17.39	69
	3.6	20	550,000	50	0	11.11	4.74	190
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	17.39	52
	3.6	30	550,000	50	0	16.67	4.74	126
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	17.39	34
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	11.07	108
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	40.60	30
25	2.3	20	550,000	50	0	11.11	11.07	81
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	40.60	22
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	11.07	54
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	32.23	19
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	7.70	156
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	28.23	43
	3.6	20	550,000	50	0	11.11	7.70	117
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	28.23	32
	3.6	30	550,000	50	0	16.67	7.70	78

点密度・点間隔 換算表

天端幅(m) 7 法勾配(割) 5

法肩からの 水平距離 (m)	照射高 (m)	走行速度 (km/h)	計測仕様 照射数 (点/秒)	スキャン 速度(Hz)	設置角度 (°)	点間隔 縦断方向 (cm)	点間隔 横断方向 (cm)	点密度 (点/m ²)
1	2.3	15	550,000	50	0	8.33	0.06	19,266
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	0.23	5,254
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	0.06	14,450
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	0.23	3,941
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	0.06	9,633
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	0.23	2,627
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	0.06	20,242
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	0.22	5,521
	3.6	20	550,000	50	0	11.11	0.06	15,182
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	0.22	4,140
5	2.3	15	550,000	50	0	16.67	0.06	10,121
	2.3	15	150,000	50	0	16.67	0.22	2,760
	2.3	20	550,000	50	0	8.33	1.60	749
	2.3	20	150,000	50	0	8.33	5.88	204
	2.3	30	550,000	50	0	11.11	1.60	561
	2.3	30	150,000	50	0	11.11	5.88	153
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	1.60	374
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	2.28	263
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	1.20	1,002
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	4.39	273
10	2.3	15	550,000	50	0	11.11	1.20	751
	2.3	15	150,000	50	0	11.11	4.39	205
	2.3	20	550,000	50	0	16.67	1.20	501
	2.3	20	150,000	50	0	16.67	4.39	137
	2.3	30	550,000	50	0	8.33	3.84	312
	2.3	30	150,000	50	0	8.33	14.09	85
	2.3	30	550,000	50	0	11.11	3.84	234
	2.3	30	150,000	50	0	11.11	14.09	64
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	3.84	156
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	7.96	75
15	2.3	15	550,000	50	0	8.33	2.78	431
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	10.20	118
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	2.78	324
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	10.20	88
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	2.78	216
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	10.20	59
	2.3	30	550,000	50	0	8.33	7.07	170
	2.3	30	150,000	50	0	8.33	25.92	46
	2.3	30	550,000	50	0	11.11	7.07	127
	2.3	30	150,000	50	0	11.11	25.92	35
20	2.3	15	550,000	50	0	16.67	7.07	85
	2.3	15	150,000	50	0	16.67	17.25	35
	2.3	20	550,000	50	0	8.33	5.05	238
	2.3	20	150,000	50	0	8.33	18.52	65
	2.3	30	550,000	50	0	11.11	5.05	178
	2.3	30	150,000	50	0	11.11	18.52	49
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	5.05	119
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	18.52	32
	2.3	30	550,000	50	0	8.33	11.28	106
	2.3	30	150,000	50	0	8.33	41.38	29
25	2.3	15	550,000	50	0	11.11	11.28	80
	2.3	15	150,000	50	0	11.11	41.38	22
	2.3	20	550,000	50	0	16.67	11.28	53
	2.3	20	150,000	50	0	16.67	30.17	20
	2.3	30	550,000	50	0	8.33	8.01	150
	2.3	30	150,000	50	0	8.33	29.37	41
	2.3	30	550,000	50	0	11.11	8.01	112
	2.3	30	150,000	50	0	11.11	29.37	31
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	8.01	75
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	29.37	20
30	2.3	15	550,000	50	0	8.33	16.49	73
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	60.46	20
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	16.49	55
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	60.46	15
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	16.49	36
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	46.72	13
	2.3	30	550,000	50	0	8.33	11.66	103
	2.3	30	150,000	50	0	8.33	42.76	28
	2.3	30	550,000	50	0	11.11	11.66	77
	2.3	30	150,000	50	0	11.11	42.76	21
40	2.3	15	550,000	50	0	16.67	11.66	51
	2.3	15	150,000	50	0	16.67	42.76	14
	2.3	20	550,000	50	0	8.33	22.69	53
	2.3	20	150,000	50	0	8.33	83.18	14
	2.3	30	550,000	50	0	11.11	22.69	40
	2.3	30	150,000	50	0	11.11	83.18	11
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	22.69	26
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	66.90	9
	2.3	30	550,000	50	0	8.33	16.00	75
	2.3	30	150,000	50	0	8.33	58.67	20
50	2.3	15	550,000	50	0	11.11	16.00	56
	2.3	15	150,000	50	0	11.11	58.67	15
	2.3	20	550,000	50	0	16.67	16.00	37
	2.3	20	150,000	50	0	16.67	58.67	10
	2.3	30	550,000	50	0	8.33	38.05	32
	2.3	30	150,000	50	0	8.33	139.51	9
	2.3	30	550,000	50	0	11.11	38.05	24
	2.3	30	150,000	50	0	11.11	139.51	6
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	38.05	16
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	118.14	5

天端幅(m) 10 法勾配(割) 5

法肩からの 水平距離 (m)	照射高 (m)	走行速度 (km/h)	計測仕様 照射数 (点/秒)	スキャン 速度(Hz)	設置角度 (°)	縦断方向 (cm)	点間隔 横断方向 (cm)	点密度 (点/m ²)
1	2.3	15	550,000	50	0	8.33	0.06	19,266
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	0.23	5,254
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	0.06	14,450
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	0.23	3,941
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	0.06	9,633
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	0.23	2,627
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	0.06	20,242
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	0.22	5,521
	3.6	20	550,000	50	0	11.11	0.06	15,182
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	0.22	4,140
5	3.6	30	550,000	50	0	16.67	0.06	10,121
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	0.22	2,760
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	0.68	1,756
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	2.51	479
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	0.68	1,317
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	2.51	359
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	0.68	878
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	2.51	239
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	0.49	2,455
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	1.79	670
10	3.6	20	550,000	50	0	11.11	0.49	1,841
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	1.79	502
	3.6	30	550,000	50	0	16.67	0.49	1,228
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	1.79	335
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	4.31	279
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	15.80	76
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	4.31	209
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	15.80	57
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	4.31	139
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	7.33	82
15	3.6	15	550,000	50	0	8.33	3.19	376
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	11.71	102
	3.6	20	550,000	50	0	11.11	3.19	282
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	11.71	77
	3.6	30	550,000	50	0	16.67	3.19	188
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	11.71	51
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	7.52	160
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	27.56	44
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	7.52	120
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	27.56	33
20	2.3	30	550,000	50	0	16.67	7.52	80
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	15.80	38
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	5.51	218
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	20.22	59
	3.6	20	550,000	50	0	11.11	5.51	163
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	20.22	45
	3.6	30	550,000	50	0	16.67	5.51	109
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	20.22	30
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	11.63	103
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	42.62	28
25	2.3	20	550,000	50	0	11.11	11.63	77
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	42.62	21
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	11.63	52
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	27.56	22
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	8.48	142
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	31.09	39
	3.6	20	550,000	50	0	11.11	8.48	106
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	31.09	29
	3.6	30	550,000	50	0	16.67	8.48	71
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	31.09	19
30	2.3	15	550,000	50	0	8.33	16.63	72
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	60.99	20
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	16.63	54
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	60.99	15
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	16.63	36
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	42.62	14
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	12.09	99
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	44.32	27
	3.6	20	550,000	50	0	11.11	12.09	74
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	44.32	20
40	3.6	30	550,000	50	0	16.67	12.09	50
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	44.32	14
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	22.54	53
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	82.65	15
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	22.54	40
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	82.65	11
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	22.54	27
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	60.99	10
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	16.34	73
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	59.92	20
50	3.6	20	550,000	50	0	11.11	16.34	55
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	59.92	15
	3.6	30	550,000	50	0	16.67	16.34	37
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	59.92	10
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	37.06	32
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	135.87	9
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	37.06	24
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	135.87	7
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	37.06	18
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	107.61	6
60	3.6	15	550,000	50	0	8.33	26.79	45
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	98.23	12
	3.6	20	550,000	50	0	11.11	26.79	34
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	98.23	9
	3.6	30	550,000	50	0	16.67	26.79	22
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	98.23	6
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	55.17	22
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	202.30	6
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	55.17	16
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	202.30	4
70	2.3	30	550,000	50	0	16.67	55.17	11
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	167.44	4
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	39.82	30
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	146.00	8
	3.6	20	550,000	50	0	11.11	39.82	23
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	146.00	6
	3.6	30	550,000	50	0	16.67	39.82	15
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	146.00	4
	3.6	30	550,000	50	0	16.67	146.00	15
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	146.00	4

点密度・点間隔 換算表
天端幅(m) 7 法勾配(割) 7

法肩からの 水平距離 (m)	照射高 (m)	走行速度 (km/h)	計測仕様 照射数 (点/秒)	スキャン 速度(Hz)	設置角度 (°)	点間隔 縦断方向 (cm)	点間隔 横断方向 (cm)	点密度 (点/m ²)
1	2.3	15	550,000	50	0	8.33	0.06	19,266
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	0.23	5,254
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	0.06	14,450
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	0.23	3,941
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	0.06	9,633
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	0.23	2,627
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	0.06	20,242
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	0.22	5,521
	3.6	20	550,000	50	0	11.11	0.06	15,182
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	0.22	4,140
5	3.6	30	550,000	50	0	16.67	0.06	10,121
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	0.22	2,760
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	1.65	729
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	6.04	199
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	1.65	547
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	6.04	149
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	1.65	364
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	2.31	260
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	1.20	1,001
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	4.40	273
10	3.6	20	550,000	50	0	11.11	1.20	751
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	4.40	205
	3.6	30	550,000	50	0	16.67	1.20	500
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	4.40	136
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	3.98	302
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	14.59	82
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	3.98	226
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	14.59	62
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	3.98	151
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	8.20	73
15	3.6	15	550,000	50	0	8.33	2.81	427
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	10.30	117
	3.6	20	550,000	50	0	11.11	2.81	320
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	10.30	87
	3.6	30	550,000	50	0	16.67	2.81	214
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	10.30	58
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	7.35	163
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	26.96	45
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	7.35	122
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	26.96	33
20	2.3	30	550,000	50	0	16.67	7.35	82
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	17.90	34
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	5.13	234
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	18.80	64
	3.6	20	550,000	50	0	11.11	5.13	176
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	18.80	48
	3.6	30	550,000	50	0	16.67	5.13	117
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	18.80	32
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	11.76	102
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	43.14	28
25	2.3	20	550,000	50	0	11.11	11.76	77
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	43.14	21
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	11.76	51
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	31.41	19
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	8.15	147
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	29.90	40
	3.6	20	550,000	50	0	11.11	8.15	110
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	29.90	30
	3.6	30	550,000	50	0	16.67	8.15	74
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	29.90	20
30	2.3	15	550,000	50	0	8.33	17.22	70
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	63.13	19
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	17.22	52
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	63.13	14
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	17.22	35
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	48.73	12
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	11.89	101
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	43.60	28
	3.6	20	550,000	50	0	11.11	11.89	76
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	43.60	21
40	3.6	30	550,000	50	0	16.67	11.89	50
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	43.60	14
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	23.71	51
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	86.94	14
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	23.71	38
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	86.94	10
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	23.71	25
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	69.87	9
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	16.34	73
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	59.91	20
50	3.6	20	550,000	50	0	11.11	16.34	55
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	59.91	15
	3.6	30	550,000	50	0	16.67	16.34	37
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	59.91	10
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	39.82	30
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	146.01	8
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	39.82	23
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	146.01	6
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	39.82	15
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	123.60	5
50	3.6	15	550,000	50	0	8.33	27.37	44
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	100.35	12
	3.6	20	550,000	50	0	11.11	27.37	33
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	100.35	9
	3.6	30	550,000	50	0	16.67	27.37	22
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	100.35	6
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	60.10	20
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	220.35	5
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	60.10	15
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	220.35	4
50	2.3	30	550,000	50	0	16.67	60.10	10
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	192.60	3
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	41.24	29
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	151.21	8
	3.6	20	550,000	50	0	11.11	41.24	22
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	151.21	6
	3.6	30	550,000	50	0	16.67	41.24	15
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	151.21	4

天端幅(m) 10 法勾配(割) 7

法肩からの 水平距離 (m)	照射高 (m)	走行速度 (km/h)	計測仕様 照射数 (点/秒)	スキャン 速度(Hz)	設置角度 (°)	点間隔 縦断方向 (cm)	点間隔 横断方向 (cm)	点密度 (点/m ²)
1	2.3	15	550,000	50	0	8.33	0.06	19,266
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	0.23	5,254
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	0.06	14,450
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	0.23	3,941
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	0.06	9,633
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	0.23	2,627
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	0.06	20,242
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	0.22	5,521
	3.6	20	550,000	50	0	11.11	0.06	15,182
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	0.22	4,140
5	3.6	30	550,000	50	0	16.67	0.06	10,121
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	0.22	2,760
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	0.68	1,756
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	2.51	479
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	0.68	1,317
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	2.51	359
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	0.68	878
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	2.51	239
	3.6	15	550,000	50	0	8.33	0.49	2,455
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	1.79	670
10	3.6	20	550,000	50	0	11.11	0.49	1,841
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	1.79	502
	3.6	30	550,000	50	0	16.67	0.49	1,228
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	1.79	335
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	4.55	263
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	16.70	72
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	4.55	198
	2.3	20	150,000	50	0	11.11	16.70	54
	2.3	30	550,000	50	0	16.67	4.55	132
	2.3	30	150,000	50	0	16.67	7.68	78
15	3.6	15	550,000	50	0	8.33	3.28	366
	3.6	15	150,000	50	0	8.33	12.01	100
	3.6	20	550,000	50	0	11.11	3.28	275
	3.6	20	150,000	50	0	11.11	12.01	75
	3.6	30	550,000	50	0	16.67	3.28	183
	3.6	30	150,000	50	0	16.67	12.01	50
	2.3	15	550,000	50	0	8.33	7.98	150
	2.3	15	150,000	50	0	8.33	29.26	41
	2.3	20	550,000	50	0	11.11	7.98	113

