

河川堤防モニタリングに関する モバイルマッピングシステム (MMS) 計測技術の研究

日本写真測量学会 関西支部
テクニカルセミナー 第94回空間情報話題交換会

2018年4月27日
間野 耕司
株式会社パスコ

© PASCO CORPORATION



発表内容

1. 背景・目的
2. MMSを用いた堤防計測
3. MMS取得データによる解析
4. 河川堤防モニタリングの提案
5. まとめ

© PASCO CORPORATION



河川堤防とは

背景・目的

河川堤防とは

人家のある地域に河川の水が氾濫しないように、
河川沿いに土砂を盛り上げた**治水構造物**

河川堤防の重要性

人口の約50%、資産の約75%が
河川堤防により守られた氾濫原に位置している

河川堤防の構造

- 土堤が基本
- パラペットが取り付けられた特殊堤



土堤



特殊堤

© PASCO CORPORATION

PASCO

河川堤防の現状

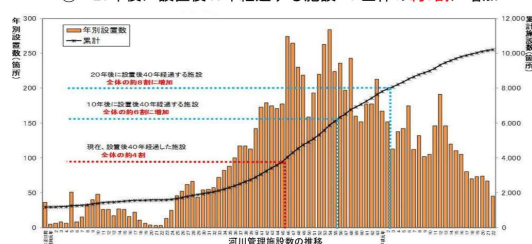
背景・目的

高度成長期以降に集中的に整備した河川堤防や樋門の老朽化

平成38年に設置後**40年経過する施設**は、全体の約6割に

■ 高度成長期以降に集中的に整備した河川管理施設の老朽化が進展

- ① 現在、設置後40年経過した施設 : 全体の約4割
- ② 10年後に設置後40年経過する施設 : 全体の約6割に増加
- ③ 20年後に設置後40年経過する施設 : 全体の約8割に増加



国土交通省 国土交通白書より引用

少子高齢化に伴う人手不足

限られた人材で確実な堤防の維持管理が求められる

© PASCO CORPORATION

PASCO

背景・目的

河川堤防の壊れる(破堤)を引き起こす水害

破堤を引き起こす水害は、災害規模が大きくなる

主な要因

- 堤防越流による破堤 (82%)
- 洪水流の浸食による破堤 (11%)
- 浸透・漏水による破堤 (5%)
- その他 (2%)

越流堤防調査最終報告書 -解説編-

建設省土木研究所河川研究室 (1984)より引用

© PASCO CORPORATION

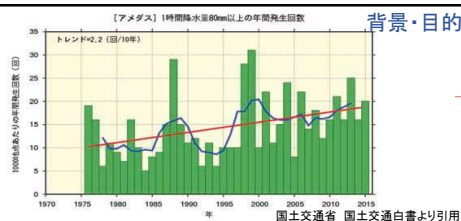
PASCO

背景・目的

最近の被害規模が大きい水害

近年の降雨: 大雨の発生頻度が増加

被害が大きくなった災害の事例



鬼怒川の報告

堤防高: 越流を止水できる高さ ⇒ 天端の最も高い箇所
上流部、約30mの高さで、破堤に繋がった可能性を示唆

円山川の報告

- 約30mと短い区間から越流が発生
- 旧河道の上で、**沈下により5cmから数十cm低い区間**



平成27年9月の関東・東北降雨による鬼怒川の破堤
国土交通省 ホームページより引用



平成16年豪雨での円山川の破堤状況
国土交通省 ホームページより引用

最近でも、越流による破堤は、大きな被害に及ぼす

越流の恐れがある「周辺より低い区間」、「変形・沈下発生区間」を漏れなく把握し、治水に必要な河川堤防を維持することが必要

© PASCO CORPORATION

PASCO

現在の河川堤防状態 把握方法

背景・目的

縦横断測量 5年に一度、200mといった一定間隔ごとに横断形状を計測
(課題) 測線間の状態を把握できない

堤防等河川管理施設の点検(堤防点検)

年3回、変状の有無を目視確認、長さと深さを巻尺などで計測
(課題) 広い範囲におよぶ変状の把握が困難



縦横断測量の実施風景

国土交通省 ホームページより引用



堤防点検の実施風景



漏れることなく連続的に
河川堤防の状態を把握する手法が必要

© PASCO CORPORATION

PASCO

連続的な堤防状態を把握する既往の取り組み

背景・目的

GNSSを利用した堤防高の把握

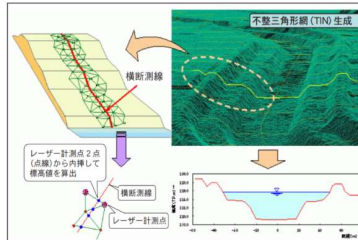
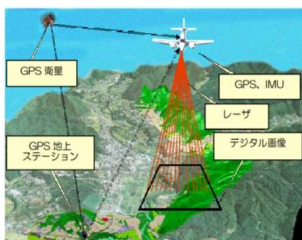
1つの縦断測線、GNSS測量で1m間隔の天端高を取得

(課題) 部分的な沈下が把握できない恐れがある
堤防天端が捉えられる面的な計測が必要

航空レーザ測量を利用した中小河川の治水安全度 (2007年頃)

- 2m間隔の面的な標高データから100m間隔の横断形状を把握
- 一次元不等流計算を用いて、治水安全度を評価

(課題) 天端幅3m程度の堤防形状を十分に再現できていない



鶴岡尚弘ほか GPS測量を応用した円山川堤防高計測～災害を未然に防ぐ堤防高管理に向けて～、応用測量論文集18巻より引用

国土交通省
ホームページより引用

© PASCO CORPORATION

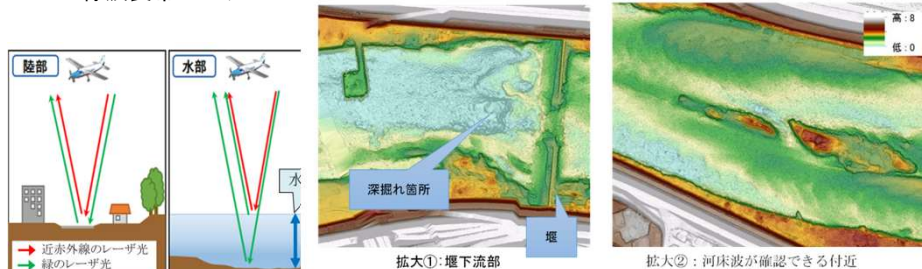
PASCO

最新の航空レーザ計測技術

背景・目的

航空レーザ測深 (ALB: Airborne LiDAR Bathymetry)

- 近赤外線波長帯レーザ: 陸部に対して反射波を取得可能
- 緑波長帯レーザ: 水の吸収が少なく水底部の反射波を取得可能



	航空レーザ計測			ALB
	道路やグラウンド区間	植生被覆区間	砂礫河原区間	河床区間
検取点数	50	121	22	120
平均誤差(m)	-0.045	-0.019	-0.043	0.040
最大誤差(m)	0.091	0.344	0.255	0.512
標準偏差(m)	0.035	0.101	0.066	0.175
RMSE(m)	0.057	0.103	0.079	0.179

河川全体の面的な状況把握に適用可能

© PASCO CORPORATION

PASCO

堤防形状の再現性

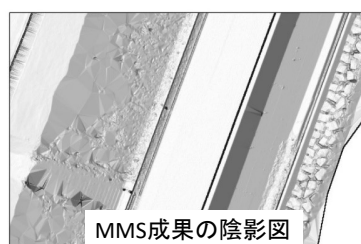
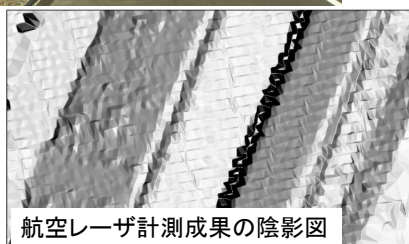
背景・目的

航空レーザ計測成果とMMS成果の比較



点間隔

- 航空レーザ計測: 0.5m以下
- MMS: 0.1m以下



上記区間では、幅0.4m特殊堤が整備
特殊堤形状は、航空レーザ計測の点密度より細かいため、形状を再現できない

確実な河川堤防の把握に、MMSが利用できる可能性がある

© PASCO CORPORATION

PASCO

背景・目的

河川の維持管理でMMSを用いた既往の研究・取り組み

- MMSを用いた地形図、管理図面の作成（2008年頃から）
 - （利点）天端と法面の境界線（ブレイクライン）が取得可能
 - （課題）堤防高や、変形・沈下の状況を把握する手法は確立されていない
- MMSを用いた堤防点検（2013年頃から）
 - 主な点検項目：ひびわれ亀裂などの点検、陥没・はらみだしといった堤防形状の点検
 - （利点）堤防天端は、高い空間分解能のデータを安定して取得
 - （課題）
 - ・法面下部で欠測が発生しやすい
 - ・点検項目が多様、部位・項目ごとに適した解析手法が必要

© PASCO CORPORATION PASCO
Geospatial Group

背景・目的

目的と本研究の構成

目的：被害が大きくなる越流による水害を軽減するために、堤防天端の沈下・変形や堤防高を漏れなく把握する手法を構築し、確実性の高い河川堤防モニタリング手法を提案する

- **研究課題1：計測**
堤防天端を漏れなく計測する技術の確立
要求精度：堤防高把握：0.1m程度
沈下、変形の状態把握：0.05m程度
- **研究課題2：解析**
堤防高や堤防の変形・沈下状況を漏れなく把握できる手法の確立
- **研究課題3：活用**
限られた人材で確実な堤防の維持管理ができる手法の確立

- MMS取得データ全体の位置精度評価
- 河川堤防計測用MMSの製作
- 河川堤防におけるMMS計測手法の検討

↓

- 変形・沈下把握手法の検討
- 堤防高把握手法の検討

↓

- MMSを用いた河川堤防モニタリングの提案

© PASCO CORPORATION PASCO
Geospatial Group

発表内容

1. 背景・目的
2. MMSを用いた堤防計測
3. MMS取得データによる解析
4. 河川堤防モニタリングの提案
5. まとめ



© PASCO CORPORATION

PASCO
Geospatial Solutions

検討のねらい

MMSを用いた堤防計測

漏れなく、面的に堤防天端を計測する技術の確立

課題

測量分野では、MMSを利用したレーザ計測を実施
その精度管理は、ランダムサンプリングによる部分的な精度評価

→点群全体が評価されていない

ねらい

- MMSで取得されるデータ(MMS点群)全体の位置精度評価手法の提案
- 市販されているMMS(標準型MMS)の評価から、MMSの計測特性を把握
- 河川の計測に最適なMMS(河川用MMS)の製作と位置精度評価
- 河川堤防におけるMMS計測手法の検討

© PASCO CORPORATION

PASCO
Geospatial Solutions

MMS計測機器とMMS点群生成の概要

MMSを用いた堤防計測

MMSの機器構成

- Global Navigation Satellite Systems(GNSS) 受信機
- 慣性計測装置 (Inertial Measurement Unit: IMU)
- 走行距離計 (Distance measurement indicator: DMI)
- レーザスキャナ
- デジタルカメラ
- ...



MMS点群生成の主な工程



- **位置算出**: GNSSによる測位、IMUによる慣性測位、DMIによる距離情報の結合処理
- **姿勢算出**: IMUによる姿勢情報
- **点群生成**: 位置姿勢情報とレーザスキャナの取得データから、MMS点群を生成

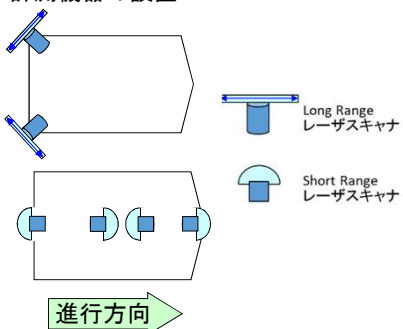
© PASCO CORPORATION

PASCO

レーザスキャナの複数設置、設置角度の違いによる効果

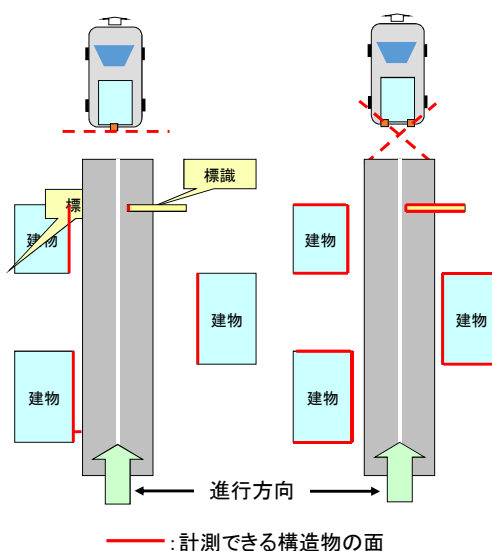
MMSを用いた堤防計測

計測機器の設置



複数のレーザスキャナを設置角度を変えて設置
 ⇒ 進行方向に向いた面を取得
 ⇒ 点群として取得できる領域を拡大
 ↓
都市域の計測に適している

進行方向に対して90度 進行方向に対して45度

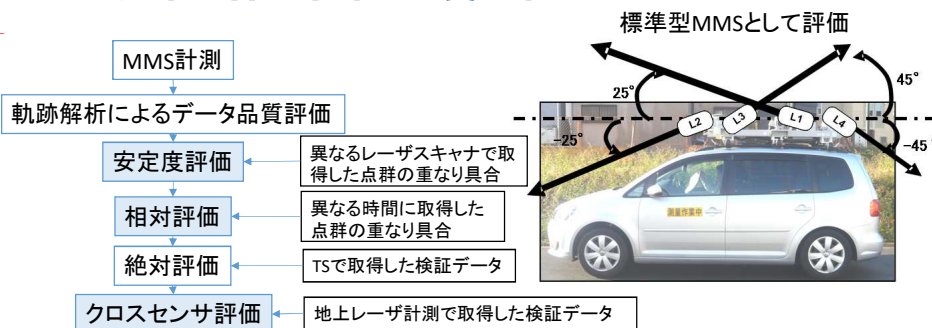


© PASCO CORPORATION

PASCO

MMS点群全体の位置精度評価手法

MMSを用いた堤防計測



点群全体の評価: LS(Least square)3D surface matching

2つ以上点群の位置あわせから, 相対的な位置・姿勢量を算出する手法

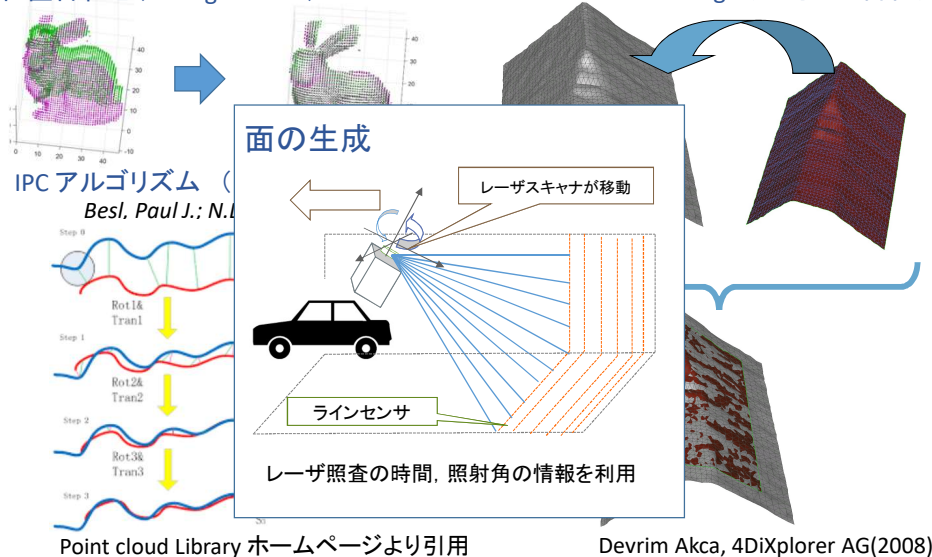
© PASCO CORPORATION

PASCO

LS (Least square) 3D surface matching

位置合わせ (Co-registration)

LS3D Surface Matching (面対面の評価)



© PASCO CORPORATION

PASCO

MMSを用いた堤防計測

検証場所 横浜 みなとみらい

- ・ 上空視界があること
- ・ 適当な距離間隔で地物(垂直面等)があること

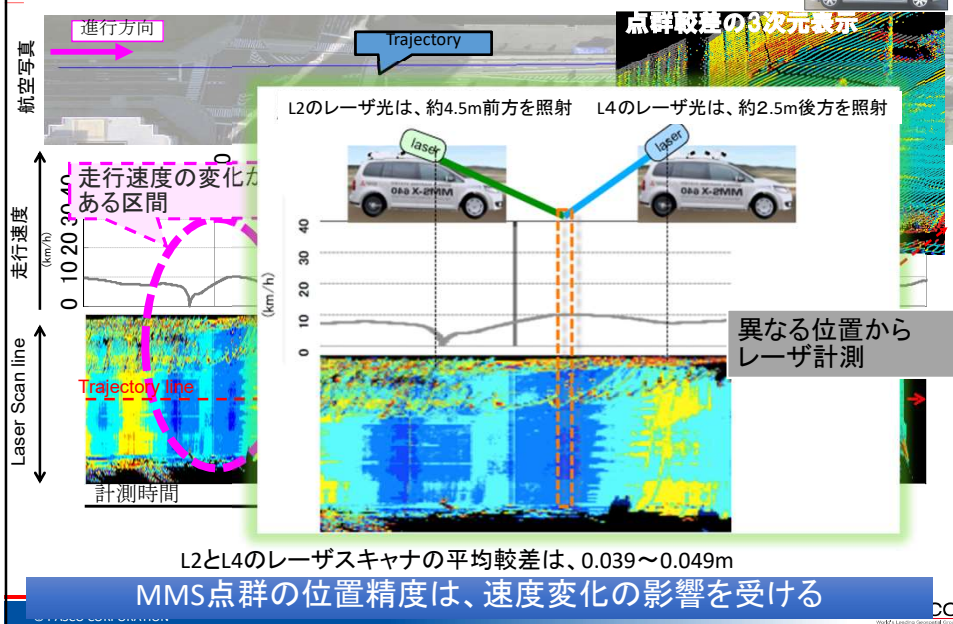


© PASCO CORPORATION

PASCO

標準型MMSで取得された点群の位置精度評価

安定度評価: 異なるレーザスキャナで取得した点群の重なり具合

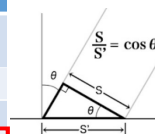


標準型MMSで取得された点群の位置精度評価

MMSを用いた堤防計測

クロスセンサー評価： 地上レーザ計測で取得した検証データとL2点群の比較

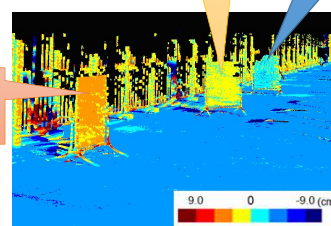
ターゲットの入射角度	0度(正対)	約45度	約70度
地上レーザ計測で取得した点群で比較に用いた点数	4089	2328	6173
MMS点群で比較に用いた点数	629	334	120
平均較差(m)	0.015	-0.021	0.042
平均二乗誤差(m)	0.021	0.032	0.044
入射角度によるビーム系(m) 理論値 ※5m先	0.015	0.021	0.045



走行位置から5～7m離れた範囲



約70度
照射角度が
浅い面



入射角度が浅い計測点では、正対した計測点に比べ誤差が大きい

© PASCO CORPORATION

PASCO

河川用MMSの製作

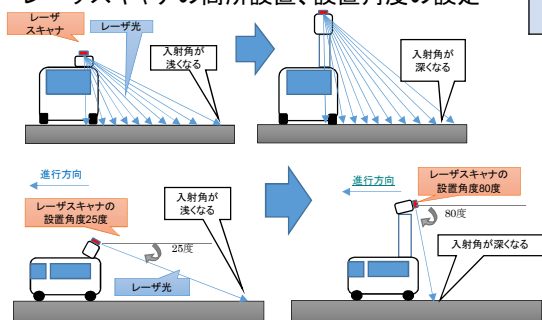
MMSを用いた堤防計測

標準型MMSの計測特性

- 速度変化の影響を受ける
- レーザが反射する際の角度が浅い場合、誤差が大きい

改良点

- 速度変化を捉えるために高精度IMUの採用
- ビーム系を小さく照射できるレーザスキャナを採用
- レーザスキャナの高所設置、設置角度の設定



主な改良仕様

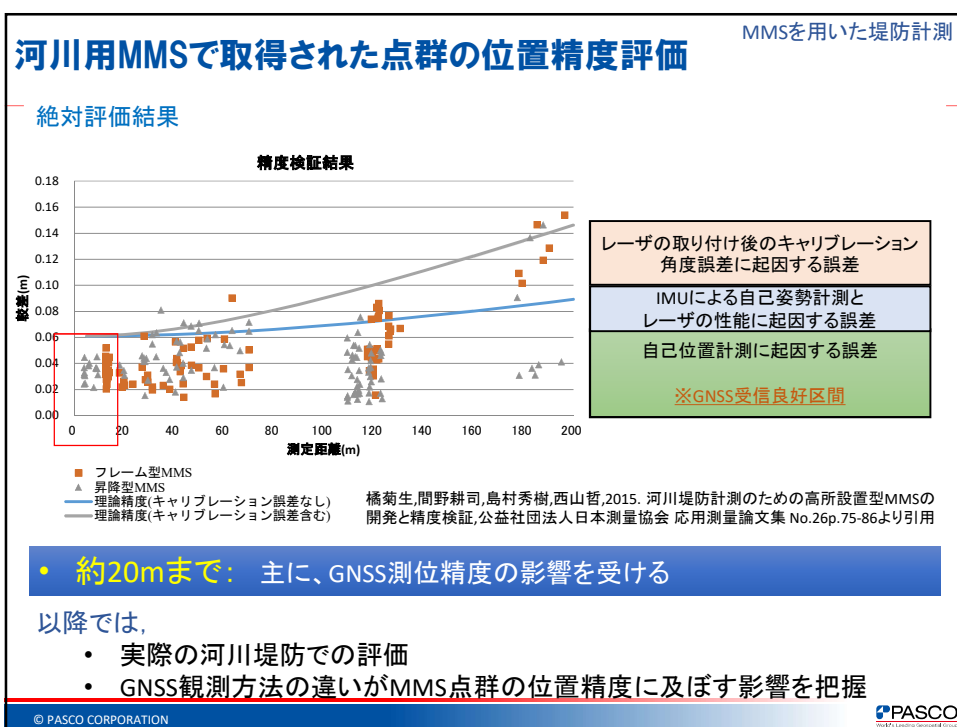
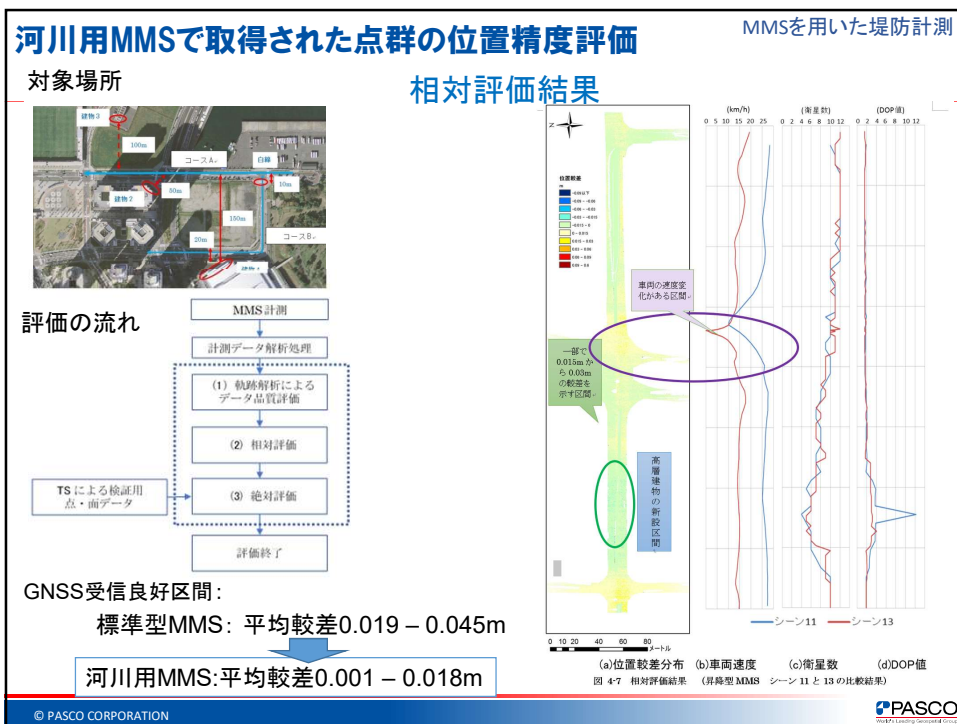
項目		標準型 MMS	河川用 MMS
IMU	ロール&ピッチ角	0.18度	0.005度
	ヘディング角	0.36度	0.015度
レーザ スキャナ	レーザ拡散角	3mrad	0.3mrad
	フット プリント	10m先 正対	0.03m
		10m先 入射角70°	0.009m



堤防天端に対し、正対に近づけたレーザ照射ができる設定

© PASCO CORPORATION

PASCO



MMS点群の位置精度に影響を及ぼす GNSS観測の主な誤差要因と検証内容の整理

MMSを用いた堤防計測

- 河川の維持管理座標とMMS点群における標高基準の違い
→検証内容(1)河川距離標とGNSS測量の標高較差
- GNSS信号が電離層や対流圏を通過する際に受ける影響
- GNSS信号が遮断されるGNSS衛星不可視

PASCO

© PASCO CORPORATION

GNSS観測方法

MMSを用いた堤防計測

		位置精度	利用例
単独測位		約10m	携帯・カーナビ
相対測位	Differential GPS (DGPS)	約2～3m	船舶
	干渉測位	～数cm	測量

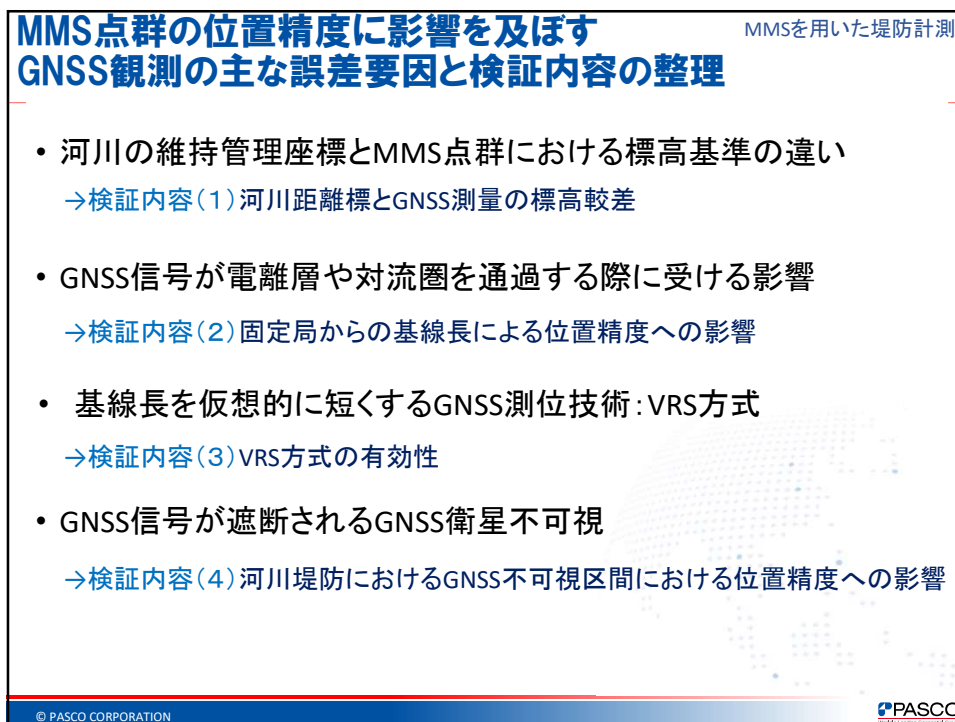
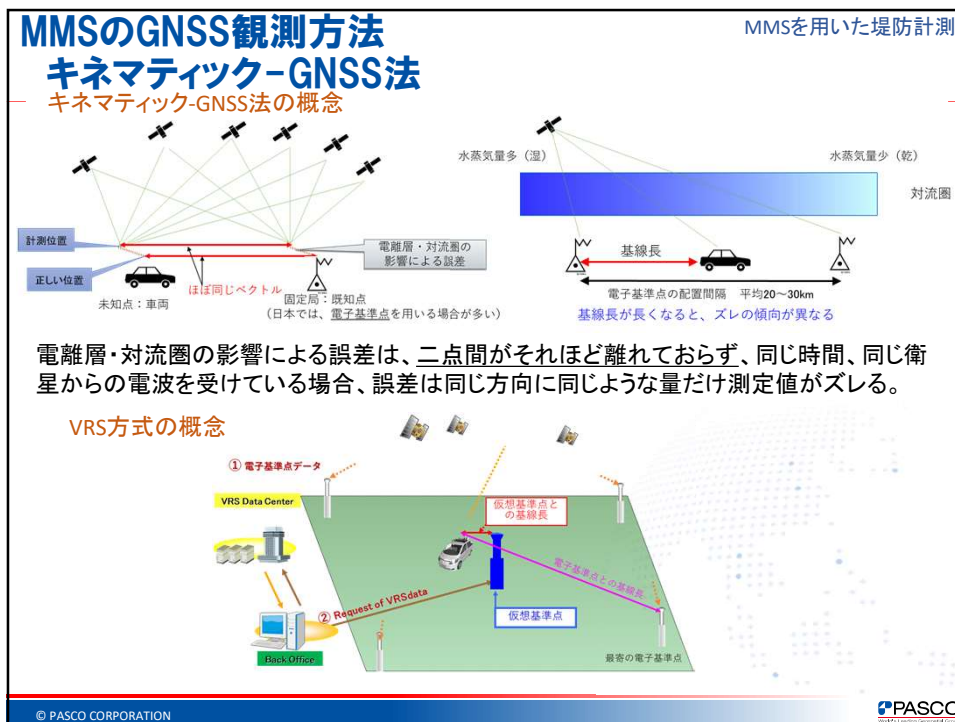
- ・スタティック-GNSS法
- ・短縮スタティック-GNSS法
- ・キネマティック-GNSS法
- ・Real Time Kinematic (RTK)-GNSS法

干渉測位とは
搬送波の位相を利用することで、測位精度を高める手法

(「GNSS測量の基礎」より引用)

PASCO

© PASCO CORPORATION



データ取得（吉井川）

• MMS計測

PDOP予測 3以下の時間帯に計測

• 検証点の取得

路面に検証用ターゲットまたは埋鋲を設置

平面位置: 4級基準点測量

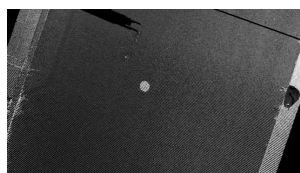
高さ: 水準測量

MMS機器仕様と計測諸元

項目	内容
走行速度	20km/h
走行箇所	堤防天端
MMS点群 進行方向	0.11m
の点間隔 横断方向	0.02m（5m先）



検証点の設置状況



検証点のMMS点群



■ 私設基準点
▲ 電子基準点
— 対象地区



(1)河川距離標とGNSS測量の標高較差

GNSS測量と河川距離標の標高比較

点 名	水準測量 標高(m)	GNSS測量 標高(m)	標高 (m)
地点1	11.977	11.944	-0.033
地点2	8.845	8.808	-0.037
地点3	9.954	9.913	-0.041
地点4	10.191	10.164	-0.027
地点5	20.143	20.112	-0.031
地点6	20.293	20.279	-0.014
地点7	20.328	20.307	-0.021
地点8	20.326	20.295	-0.031
地点9	20.406	20.393	-0.013
地点10	20.506	20.484	-0.022
平均値(m)			-0.027
最大値(m)			-0.041
標準偏差(m)			0.009
平均二乗誤差(m)			0.030

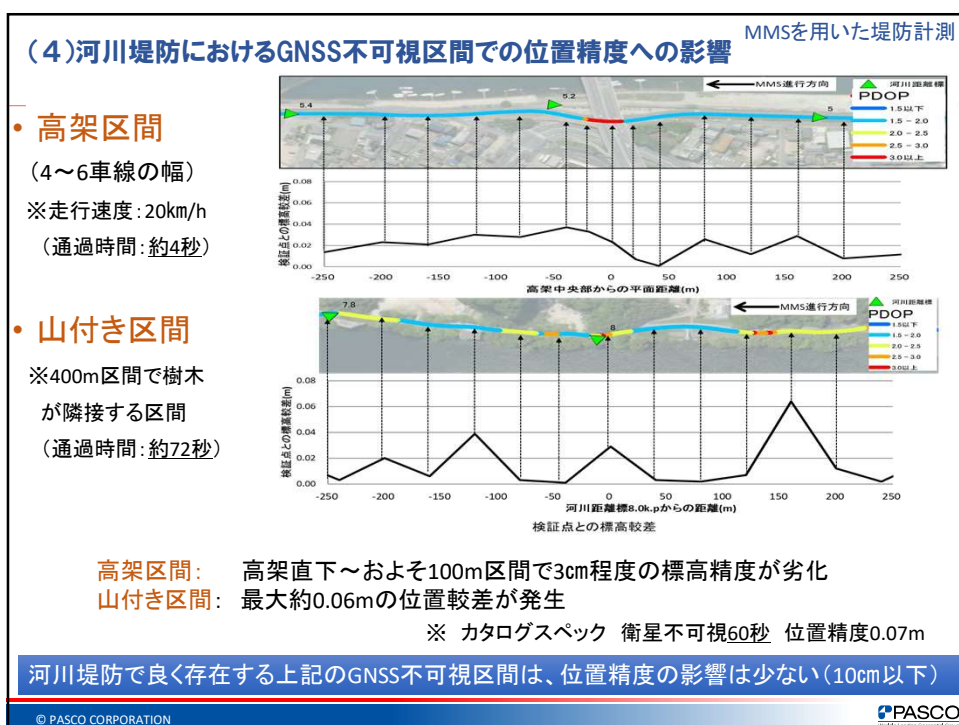
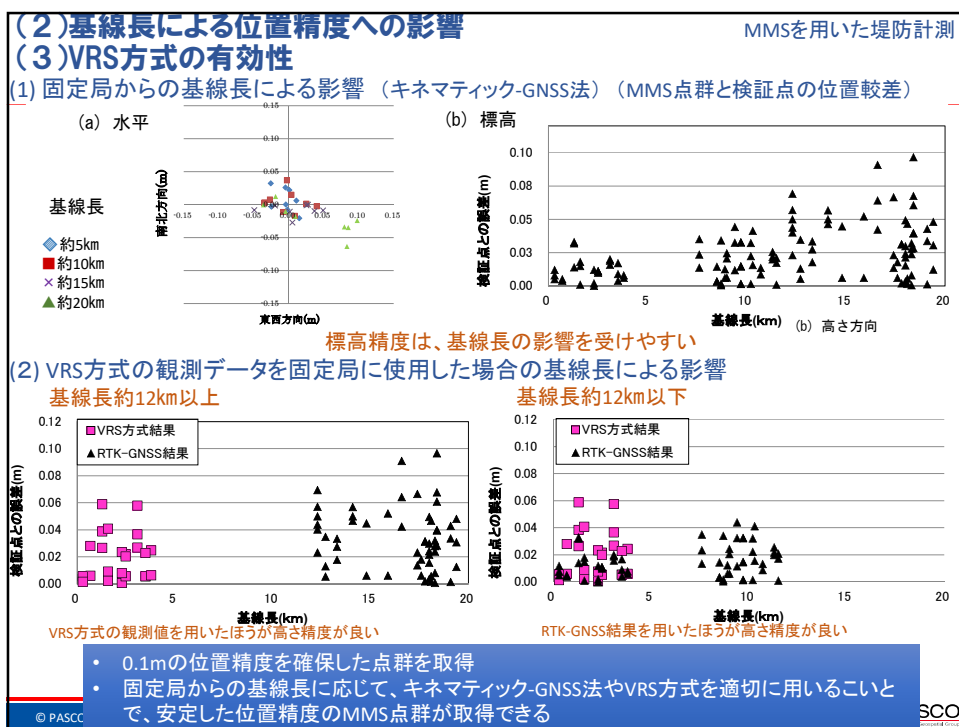
系統的な較差

最大較差

最小較差

系統的な標高較差が存在

0.1mの堤防高、0.05mの変形・沈下状態をとらえるには、この較差量の把握が重要



変形・沈下発生箇所におけるMMS計測

MMSを用いた堤防計測

- 対象地区 沈下が報告されている2地区(軟弱地盤地)

- ・ 兵庫県円山川 土堤区間(2013～2016年)



- ・ 岡山県吉井川 河口域の特殊堤区間(2015年)



- ・ **MMS計測方法**: 基線長は10km以下を基本、キネマティックGNSS法で測位解析を実施
- ・ **位置補正**: 計測始・終点付近に、河川距離標から座標を取り付けた調整点を設置。その較差の平均値を基に、シフト補正を施す

© PASCO CORPORATION

PASCO

軟弱地盤地の河川堤防におけるMMS計測

MMSを用いた堤防計測

- ・ 円山川 (三カ年の評価結果)

取得時期	平成25年		平成26年		平成27年	
補正処理	補正無	補正有	補正無	補正有	補正無	補正有
検証箇所数	8	8	8	8	8	8
平均誤差(m)	0.012	0.003	0.033	0.003	0.038	0.013
最大誤差(m)	0.031	0.024	0.052	0.022	0.048	0.023
標準偏差(m)	0.015	0.016	0.011	0.011	0.007	0.007
平均二乗誤差(m)	0.020	0.016	0.037	0.011	0.041	0.015
補正量(x, y, z)(m)	0.010, 0.020, 0.015		0.000, 0.030, 0.030		0.020, -0.020, 0.025	

- ・ 吉井川 (天端と特殊堤の評価結果)

部位	特殊堤		天端道路	
補正処理	補正無	補正有	補正無	補正有
検証箇所数	16	16	16	16
平均誤差(m)	0.038	0.008	0.034	0.007
最大誤差(m)	0.055	0.025	0.045	0.018
標準偏差(m)	0.011	0.011	0.009	0.009
平均二乗誤差(m)	0.041	0.015	0.036	0.012
補正量(x, y, z)(m)	0.020, -0.025, -0.030		0.020, -0.020, -0.027	

- ・ 補正処理を加え、位置精度が向上
- ・ 補正処理なしのMMS点群は、計測日ごとに系統的な誤差を示す
原因: 河川距離標との較差、GNSS衛星配置状態等による較差
- ・ 幅の狭い特殊堤も堤防天端道路と同等な精度で再現

異なる時期・異なる場所でも、目標精度0.05mを確保した堤防形状が把握できる

© PASCO CORPORATION

PASCO

MMSを用いた堤防計測のまとめ

得られた知見

- MMS点群全体の位置精度を定量的かつ視覚的に評価できる手法を確立
- 製作した河川用MMSは、堤防天端天端周辺をGNSSの計測精度と同等の精度を確保した3次元データを取得できる
- 河川堤防におけるMMS計測では、以下を留意することで目標精度を確保できる
 - 河川距離標とMMS点群の標高の較差量を把握
 - 固定局からの基線長に応じて、キネマティック-GNSS法やVRS方式を適切に用いる
- 堤防天端周辺の形状を目標精度0.1mの位置精度で把握可能
- 固定局からの基線長を10km以下に保った経路設定。計測始終点付近に、河川距離標から座標を取り付けた調整点を設置。その較差の平均値を基に、位置補正(シフト補正)を施すこと
- 位置補正を加えることで目標精度0.05mの位置精度で形状を捉えられる

発表内容

1. 背景・目的
2. MMSを用いた堤防計測
3. MMS取得データによる解析
 - 変形・沈下把握手法の検討
 - 堤防高把握手法の検討
4. 河川堤防モニタリングの提案
5. まとめ

変形・沈下把握手法の検討

課題

- 堤防天端全体の沈下(全体沈下)、一部の变形・沈下(部分沈下)が発生
- 堤防点検にて、最も小さいもので5m区間の沈下が報告されている

ねらい

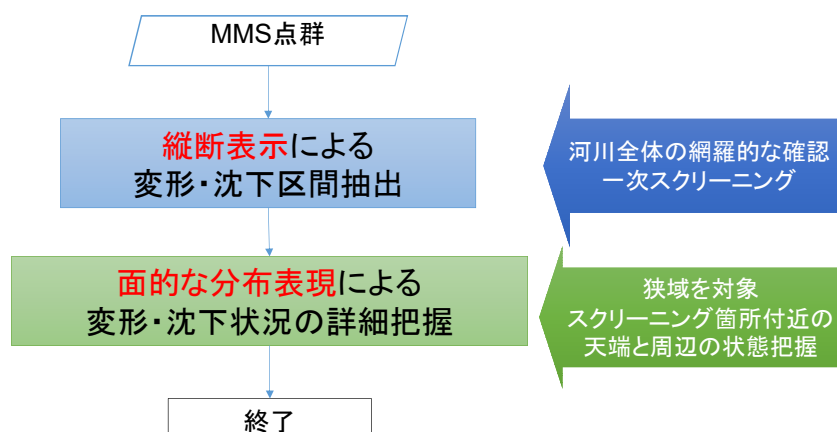
MMS点群を用いて、全体沈下・部分沈下発生箇所を
漏れなく、わかりやすく把握(見える化)する手法を検討

© PASCO CORPORATION

PASCO
Geospatial Group

提案手法の概要

変形・沈下把握
手法の検討



© PASCO CORPORATION

PASCO
Geospatial Group

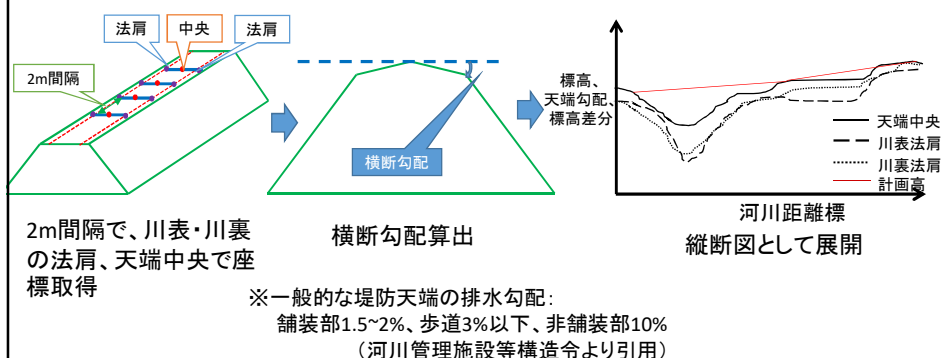
提案手法 1/2 縦断表示による変形・沈下区間抽出

変形・沈下把握
手法の検討

・ 着目点

- ①堤防高： 周辺より低い区間、計画高が確保できていない区間の抽出
- ②堤防高差分： 変形・沈下進行が認められる区間の抽出
- ③天端横断勾配： 周辺と異なる横断勾配を示す箇所の把握

・ 処理のながれ



© PASCO CORPORATION

PASCO

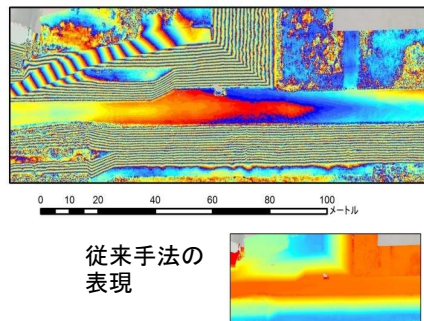
提案手法 2/2 面的な分布表現による変形・沈下状況の詳細把握

変形・沈下把握
手法の検討

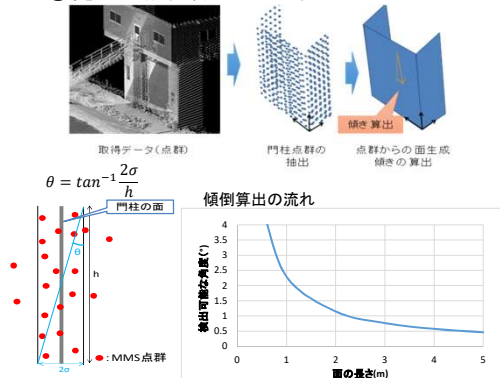
・ 着眼点

- ①標高差分図： 異なる時期に取得されたMMS点群の標高差分図
- ②連続標高図： 標高間隔(0.02m)ごとの色分け図
- ③樋門の傾倒算出： 樋門などの門柱を計測した点群から傾倒を算出

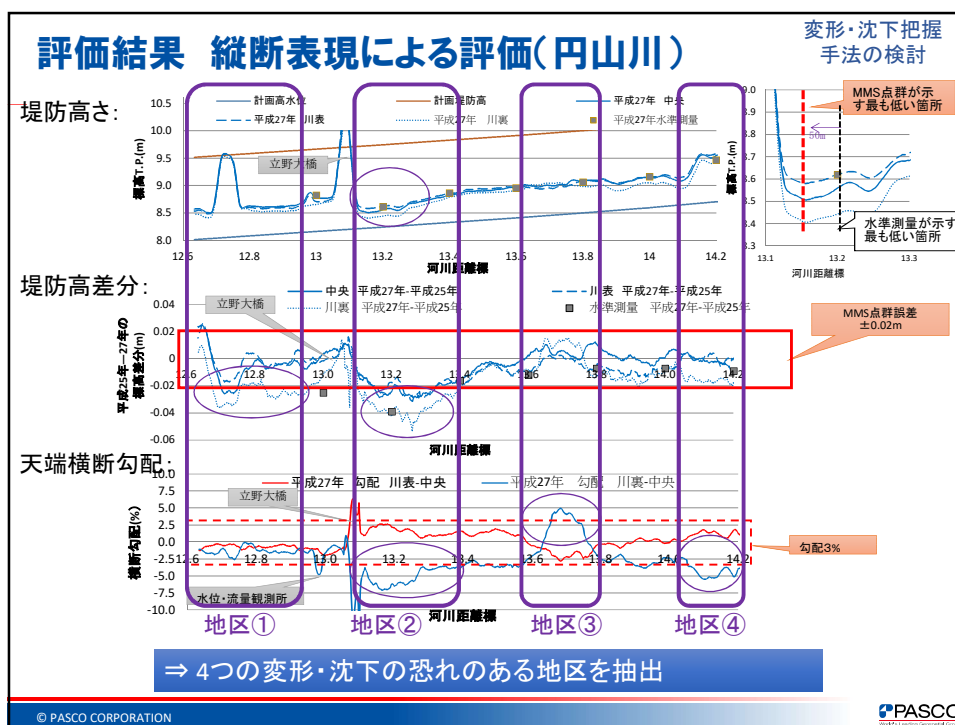
②連続標高図 (提案手法)

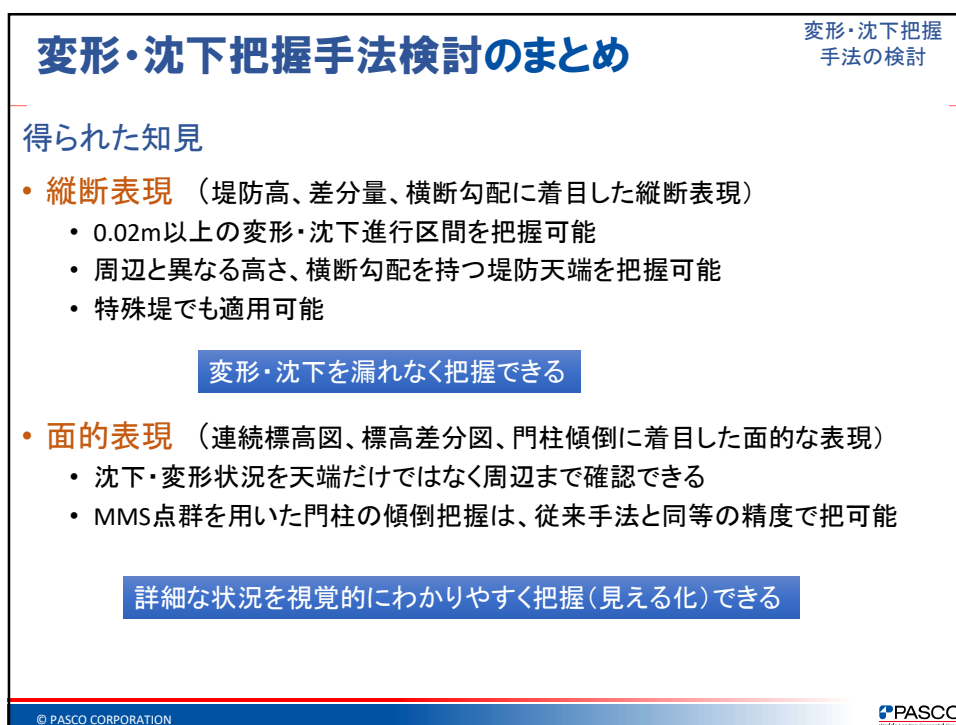
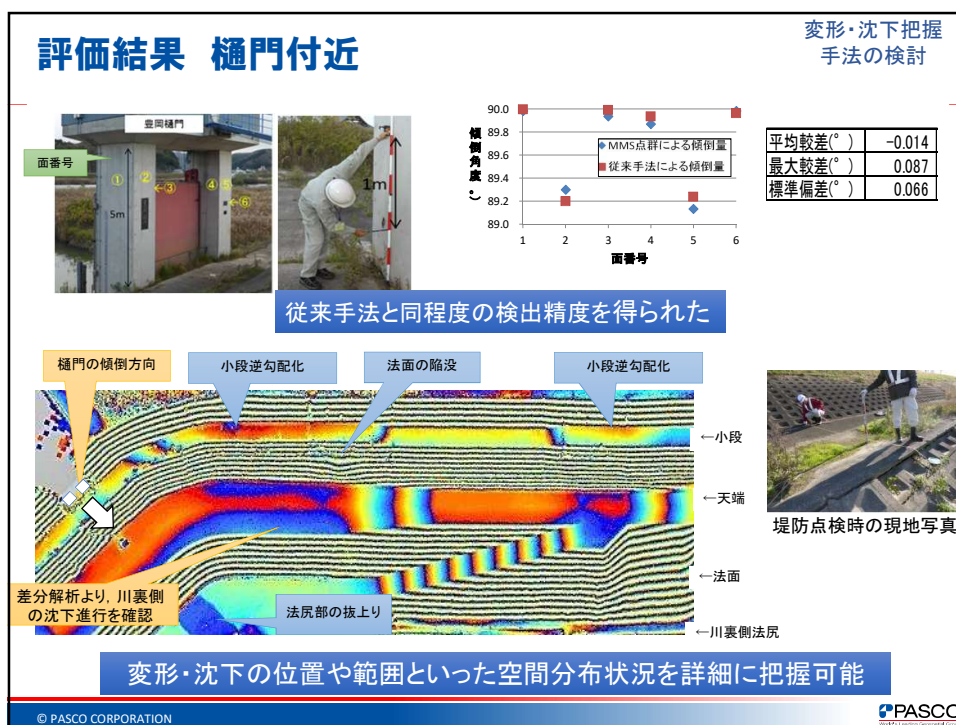


③樋門の傾倒算出 (提案手法)



© PASCO CORPORATION





堤防高把握手法の検討

堤防高の定義

- 越流を止水できる高さ ⇒ 天端の最も高い箇所



課題

- 従来手法(代表断面による堤防高管理)は、測線間の状態を把握できない
- 天端の最も高い箇所の認識は、時間を要する

ねらい

- MMS点群を用いた自動処理により、堤防高として取得する位置(測線)を認識させ、連続的な堤防高を縦断表現する手法の検討

© PASCO CORPORATION

PASCO

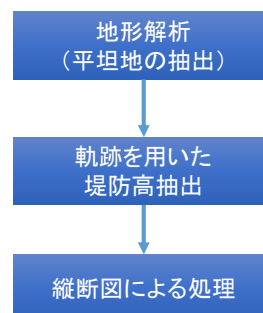
提案手法の概要

堤防高把握手法の検討

着目点

- 天端の平坦性**
 - 堤防天端の排水勾配:
舗装部1.5~2%、歩道3%以下、非舗装部10%
 - パラペットの天端 水平が基本
- MMSの車両軌跡**
 - MMSは、堤防天端の走行が基本
- 縦断方向における堤防高の連続性**
 - 縦断方向は、急激な高さ変化が少ない

提案手法の流れ



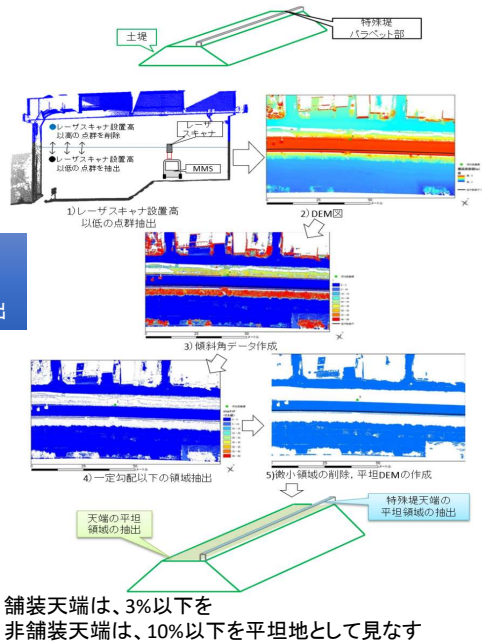
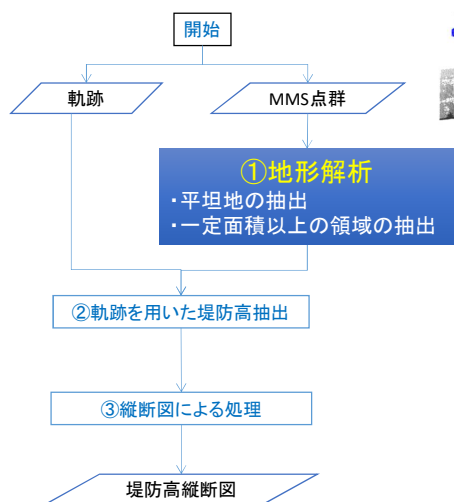
© PASCO CORPORATION

PASCO

提案手法 1/3

堤防高把握手法の検討

①地形解析 ⇒ 平坦地の検出



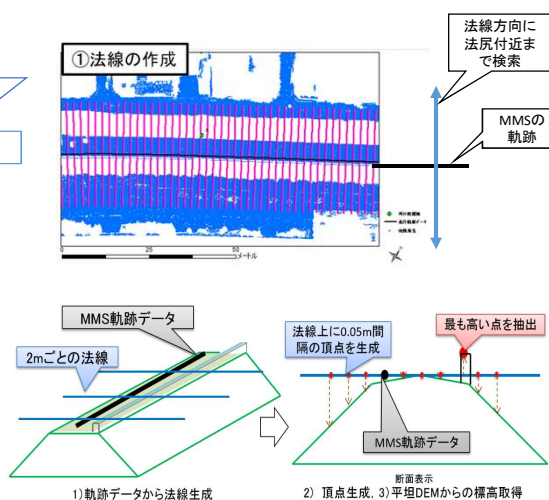
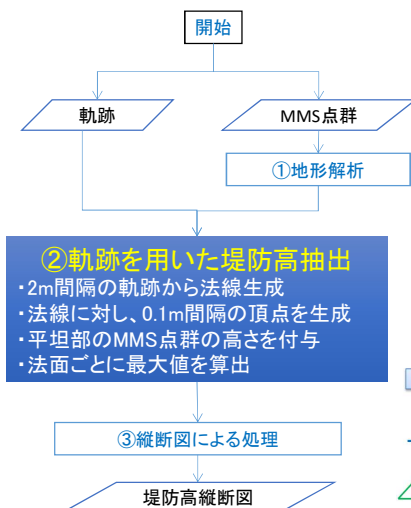
© PASCO CORPORATION

PASCO

提案手法 2/3

堤防高把握手法の検討

②軌跡情報⇒ 堤防高候補個所の抽出



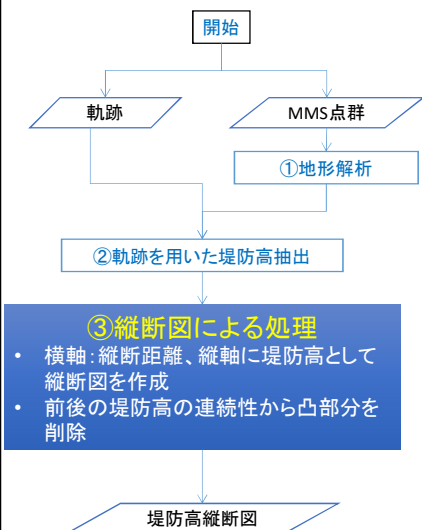
© PASCO CORPORATION

PASCO

提案手法 3/3

堤防高把握手法の検討

③縦断面図による処理 ⇒縦断面方向の連続性から異常点除外



前後20m区間の移動平均を算出し、
較差が1m以上かつ凸部を削除

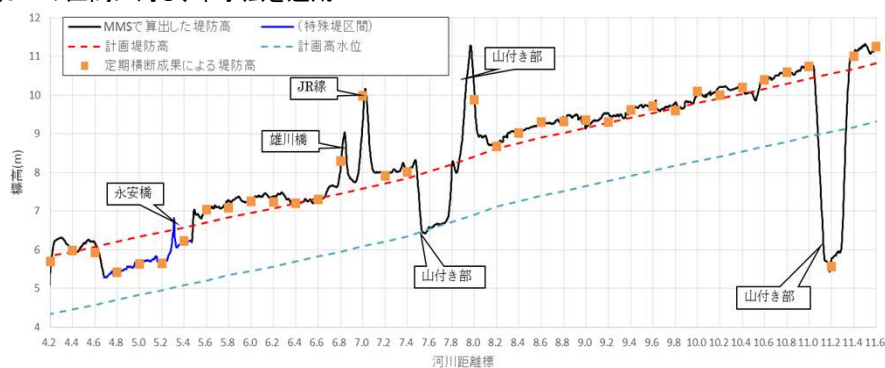
© PASCO CORPORATION

PASCO

適用結果 定期縦横断成果との比較

堤防高把握手法の検討

約8kmの区間に対し、本手法を適用



最大値	0.068
最小値	-0.046
平均値	0.020
標準偏差	0.031
平均二乗誤差	0.037

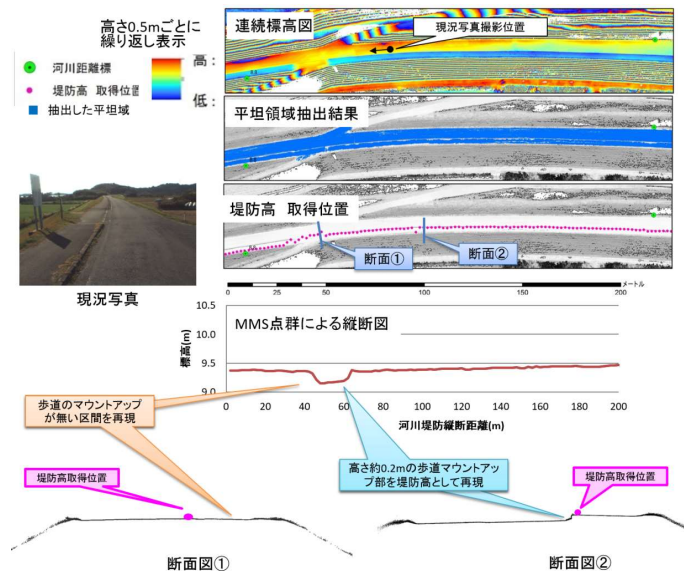
- ・ MMS点群から抽出した堤防高の位置精度は、MMS点群と同等
- ・ 0.1mの標高精度を確保した連続的な堤防高が把握可能

© PASCO CORPORATION

PASCO

堤防高把握手法の検討

適用結果 土堤 歩道マウントアップ区間

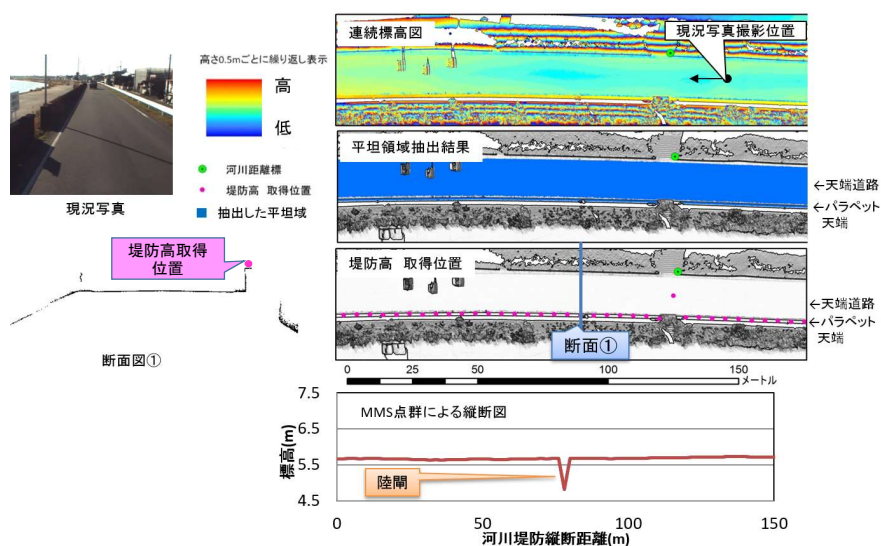


© PASCO CORPORATION

PASCO

堤防高把握手法の検討

適用結果 特殊堤区間



© PASCO CORPORATION

PASCO

誤検出箇所



誤抽出の箇所 : 4箇所

- 高架下のアンダーパスで、MMSが堤防天端を走行できない箇所2か所
- 特殊堤の天端と概ね同じ位置に存在した建物(2か所)

堤防高把握手法検討のまとめ

得られた知見

- 堤防天端の平坦性、MMSの車両軌跡、および縦断方向の連続性に着目することで、河川堤防高を自動で抽出できる
- 土堤、0.2m幅のパラペット構造を有する特殊堤、非舗装の天端で、本手法は適用可能

従来手法で難しかった連続的な堤防高を、0.1mの精度を確保して把握できる

発表内容

1. 背景・目的
2. MMSを用いた堤防計測
3. MMS取得データによる解析
4. 河川堤防モニタリングの提案
5. まとめ

© PASCO CORPORATION

PASCO
World's Leading Geospatial Group

河川堤防モニタリングの提案

河川堤防モニタリングの提案

本研究で確立した技術

- 堤防天端周辺の連続(面)的な計測
- 沈下・変形状態の見える化
 - ・ 沈下・変形進行の恐れがある箇所
 - ・ 逆勾配箇所
 - ・ 周辺と異なる天端形状の箇所
 - ・ 堤防横断構造物周辺で変状が発生している箇所
- 連続的な堤防高の把握
 - ・ 堤防高が計画高水位や計画堤防高より低い箇所
 - ・ 周辺より堤防高が低い箇所

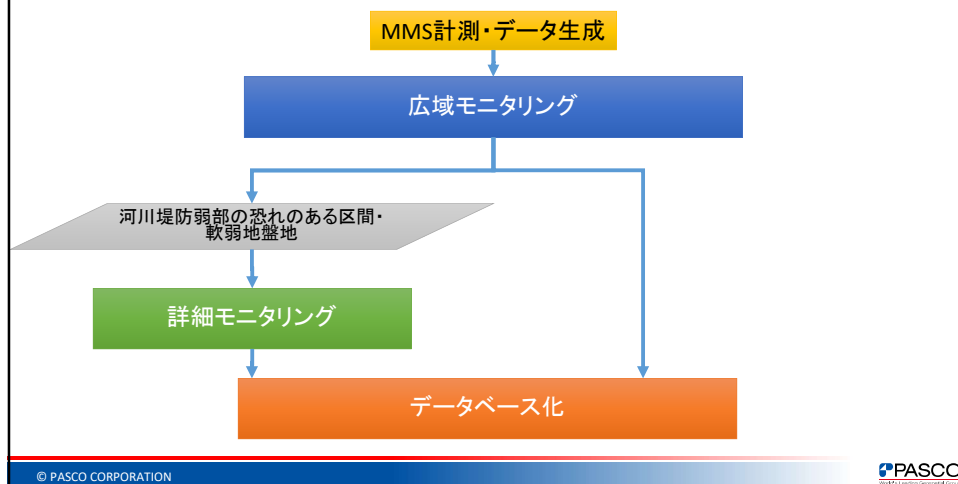
これらの技術を用いた河川堤防モニタリング手法の提案

© PASCO CORPORATION

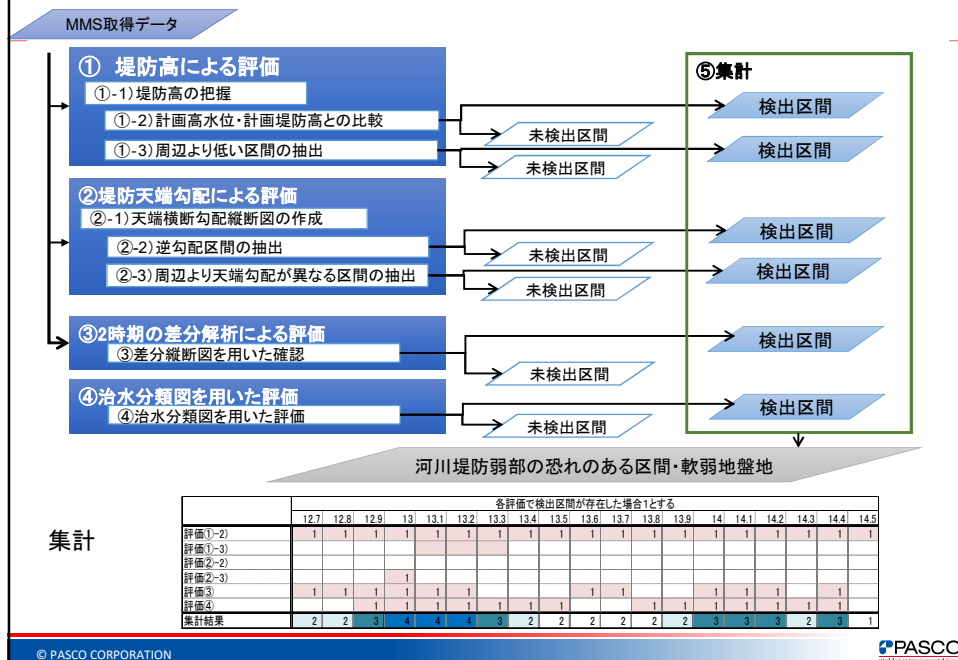
PASCO
World's Leading Geospatial Group

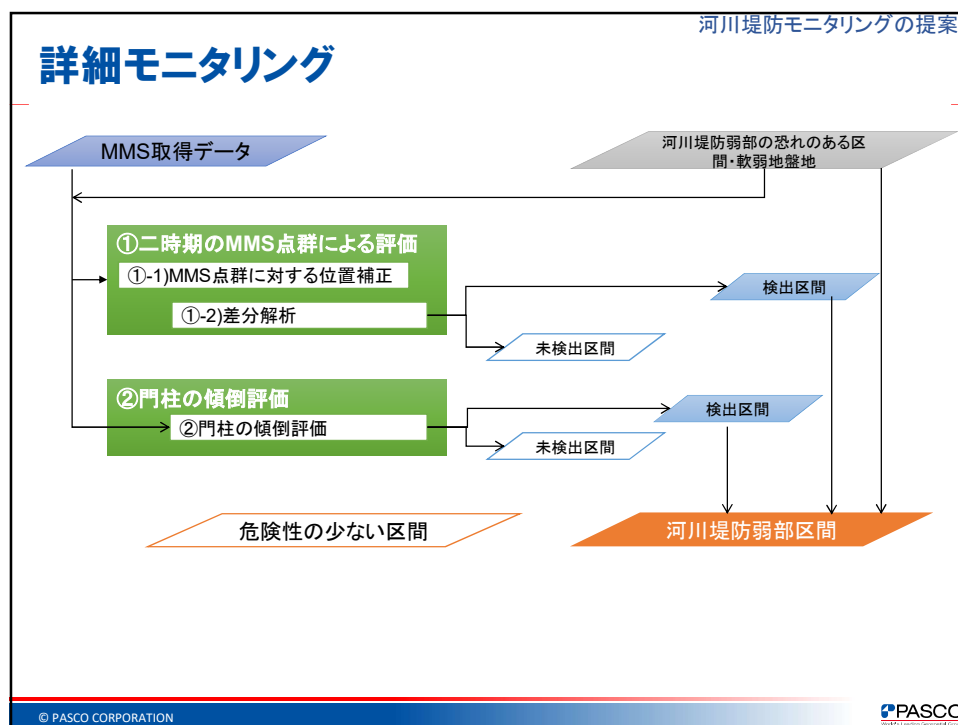
提案手法

1. 広域モニタリング: 弱部の恐れのある箇所の抽出
2. 詳細モニタリング: 抽出された区間、軟弱地盤地、河川構造物周辺の詳細把握
3. データベース化: 取得・抽出情報の一元表示



広域モニタリング





発表内容

1. 背景・目的
2. MMSを用いた堤防計測
3. MMS取得データによる解析
4. 河川堤防モニタリングの提案
5. まとめ

© PASCO CORPORATION

PASCO
Geospatial Group

まとめ

河川堤防にMMSを利用する意義と効果

本研究の目的

被害が大きくなる越流による水害を軽減するために、河川堤防の沈下・変形状況や堤防高の状態を漏れなく把握する手法を構築し、確実性の高い河川堤防モニタリング手法を提案

●越流の恐れのある箇所の確実な把握が可能

- ・ 堤防高が計画高水位や計画堤防高より低い箇所
- ・ 周辺より堤防高が低い箇所
- ・ 沈下・変形進行の恐れがある箇所
- ・ 逆勾配箇所
- ・ 周辺と異なる天端形状の箇所
- ・ 堤防横断構造物周辺で変状が発生している箇所

●人視線に近い表現、詳細な堤防形状、評価結果を重ね合せ

→堤防点検に関わる専門的な知識が高くなくても、わかりやすく河川堤防の状態を把握できる

- ・ 限られた人材で効果的・効率的な堤防の維持管理に寄与できる
- ・ 河川の水害に関わる被害の軽減につなげられる

© PASCO CORPORATION

PASCO
Geospatial Group

まとめ

今後の展開

- 安価な河川用MMSの開発
- MMSが走行できない区間への対応
- インターネットで公開されている河川情報との連携

© PASCO CORPORATION

PASCO
World's Leading Geospatial Group

ご清聴ありがとうございました

© PASCO CORPORATION

PASCO
World's Leading Geospatial Group