

三次元点群データ・平面二次元流況解析 モデルを活用した河道計画の高度化

吉武央気・南まさし・池内正俊・藤本愛美・鈴木はるか・
鈴木雄次・笠原智子・遠藤汐梨

パシフィックコンサルタンツ株式会社
国土交通省東北地方整備局東北技術事務所

Pacific
Consultants

Producing
The Future™

P R O D U C I N G
T H E F U T U R E

研究の背景

想 い

- ・ 距離標間よりも詳細な空間解像度における**洪水流の不定流現象を評価し、河道計画を高度化**したい。

現 状

- ・ 河道計画の現場では、距離標毎に取得した横断測量成果を基にした準二次元不等流解析（以下、Q2Dモデル）、湾曲・狭窄、遊水地が存在する区間などで発生する水位や河道変化の状況把握・予測が困難
- ・ **三次元点群データ・2Dモデル**を用いて水理検討を行うことで、**現場の状況把握や水位予測の精度向上に繋がる。**
- ・ しかし、水深が深い箇所や濁り等により透明度が低い箇所では、**三次元点群データが欠測となり、河道形状を把握することが困難**

研究の背景

現状

- 三次元点群データで欠測が存在する場合，補測の必要性を判断し，例えば定期横断測線において深淺測量を実施
- 「作業規程の準則，国土地理院」によると，欠測が発生した場合には，TIN補間，最近隣法，Kriging法などにより内挿補間することが定められている。

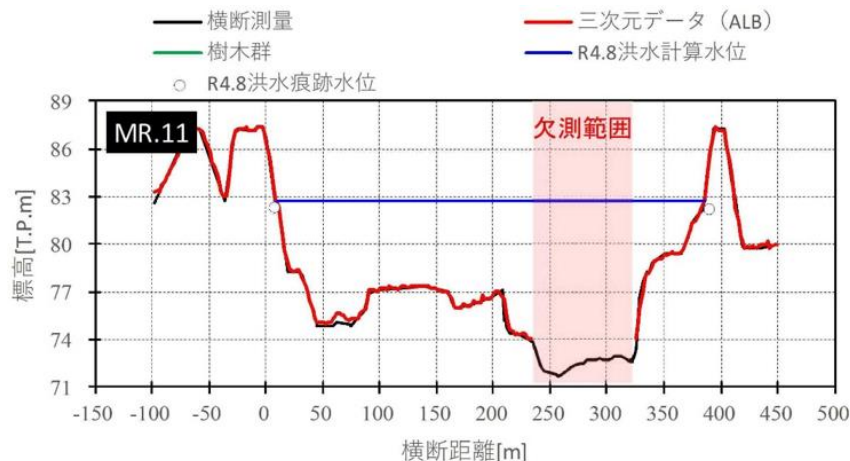


図 横断測量結果と三次元点群データ測量結果の比較

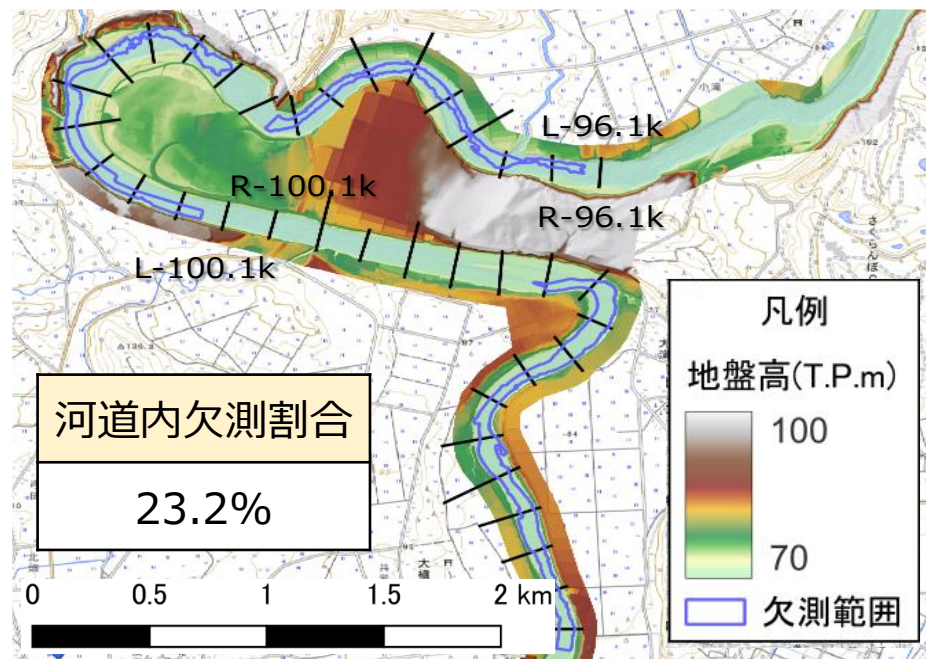


図 三次元点群データの測量範囲

研究の背景

疑問

- 河道内における適切な補間方法は？
- 補間精度が計算精度に与える影響は？

目的

河道計画の高度化を目的として、
三次元点群データ・2Dモデルを用いて水理検討を行うため

- 三次元点群データの**欠測範囲や補間方法の違いが地形の推定精度**に与える影響の評価
- **推定地形の違いがQ2Dモデルおよび2Dモデルの計算水位**に与える影響評価

※本研究では、1.0 mグリッド作成時のデータ空白箇所を欠測と定義

平面二次元流況解析モデルの構築・検証

湾曲・狭窄，遊水地が存在する阿武隈川
97.6k-109.0kを対象とし，令和元年東
日本台風の降雨により生じた洪水を用いて
2Dモデル（iRIC-Nays2DH）を構築

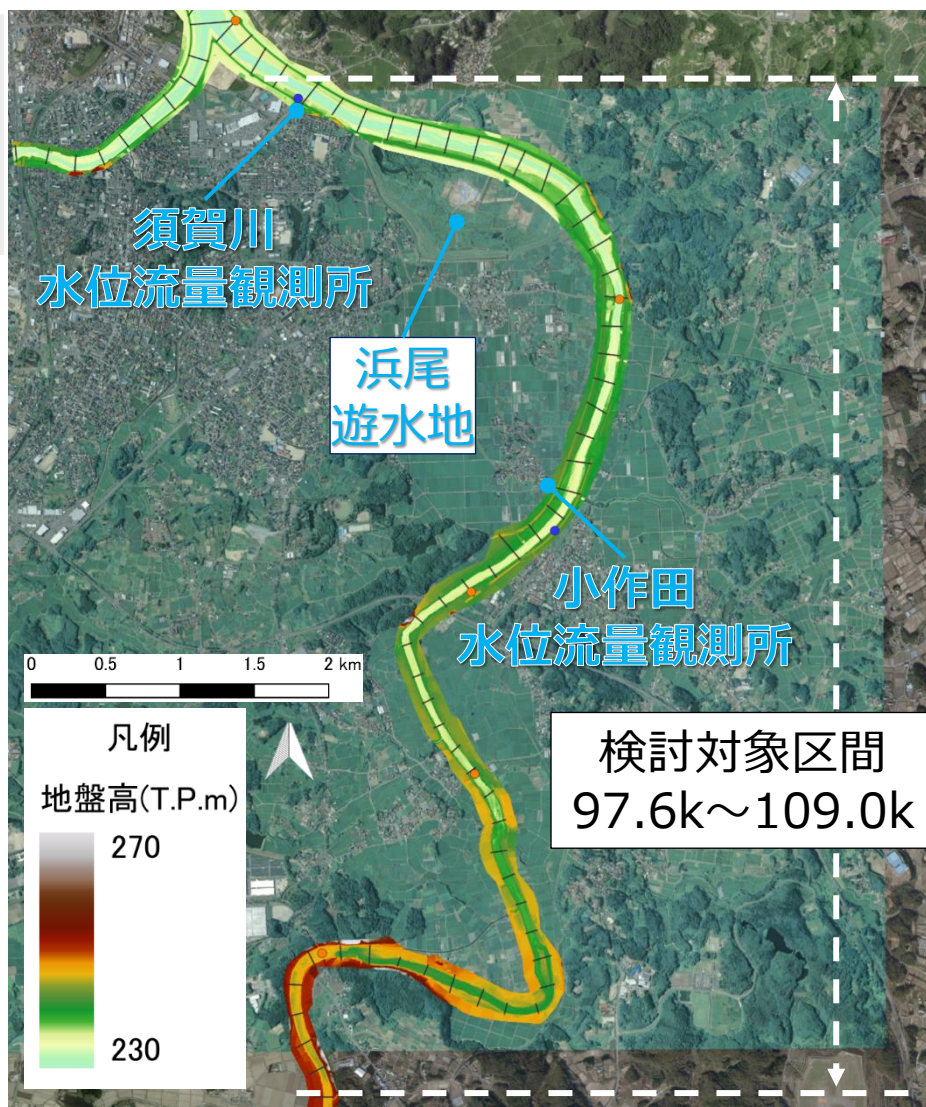
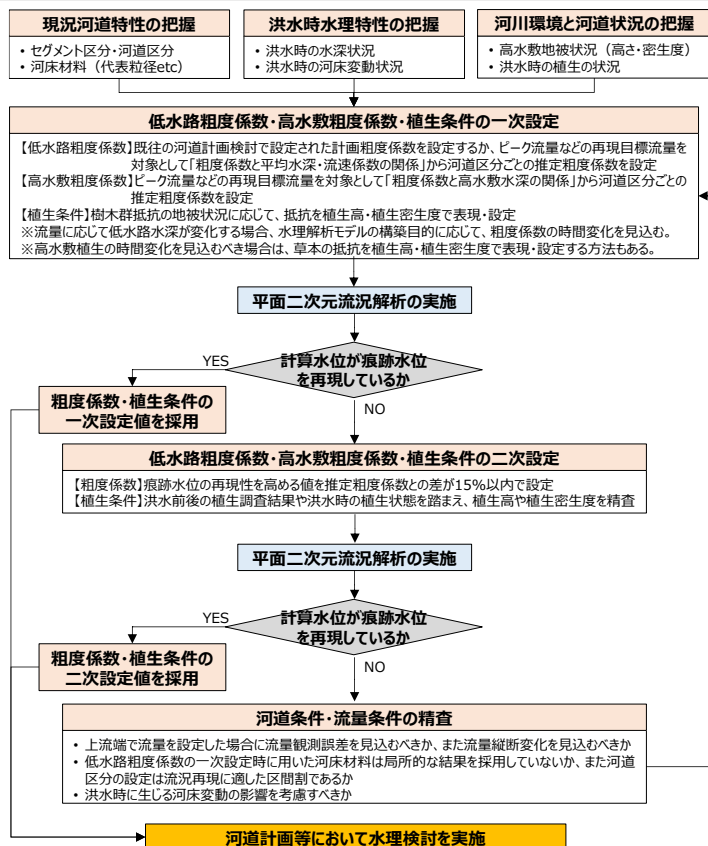
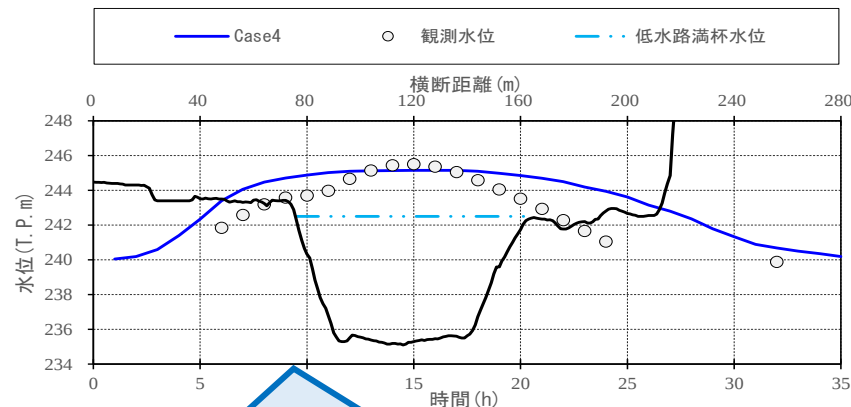
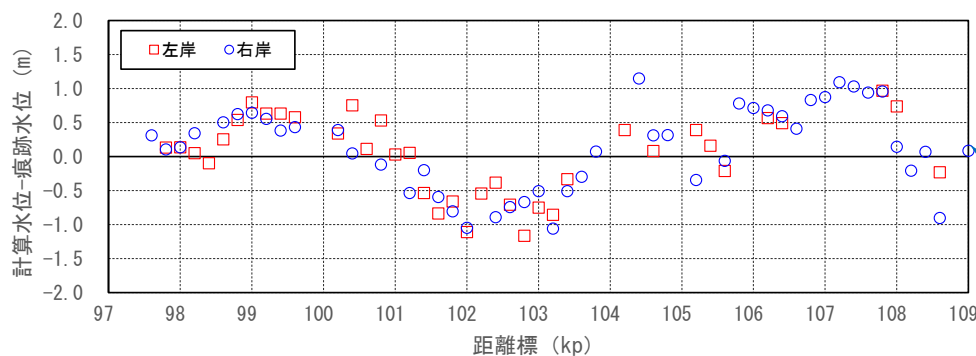
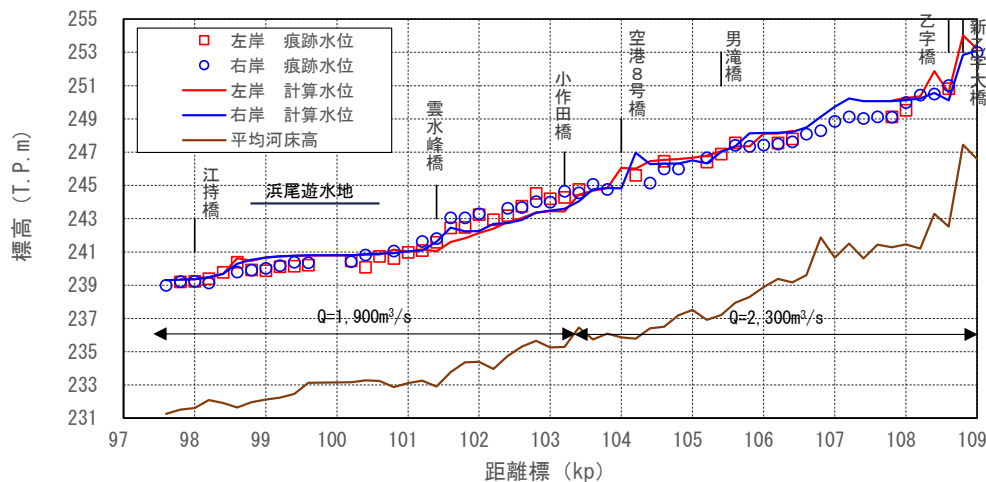


図 河道計画検討において平面二次元モデルを構築するための検証計算フロー

平面二次元流況解析モデルの構築・検証

2Dモデル検証計算結果



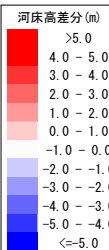
ピーク時の流れを対象に粗度調整を行っているため、低流量時の再現性が乏しい (今後の課題)

痕跡水位が有する誤差特性や、遊水地への越流等によって縦断的に流量変化が著しい洪水実態等を踏まえると、流下能力評価に利用できるモデルとして妥当

河道内欠測割合・内挿補間手法の違いが地形推定精度に与える影響

推定地形の作成方法

- 三次元点群データの一部を人為的に除去して、**3種類の欠測範囲**を設定
 - 距離標毎に設定されている HWL を縦断的に線形近似して、三次元点群データの1.0mグリッドデータごとに仮想水深を設定
 - 仮想水深の頻度分布より、河道内欠測割合（河道全体のグリッドデータ数に対する欠測グリッド数の比）が**約2.0%、約6.0%、約15.0% となるような欠測閾値水深**を抽出
 - 各欠測閾値水深より水深が深いグリッドを欠測グリッド（欠測範囲）として設定
- 欠測範囲の地形を“**TIN内挿補間**”、“**3次スプライン補間**”、“**河床変動計算に基づく推定**”の**3種類の補間**を実施

CASE3-1
TIN内挿補間CASE3-2
三次スプライン補間CASE3-3
河床変動計算

河道内欠測割合・内挿補間手法の違いが地形推定精度に与える影響

推定精度の定量評価

□ TIN 内挿補間

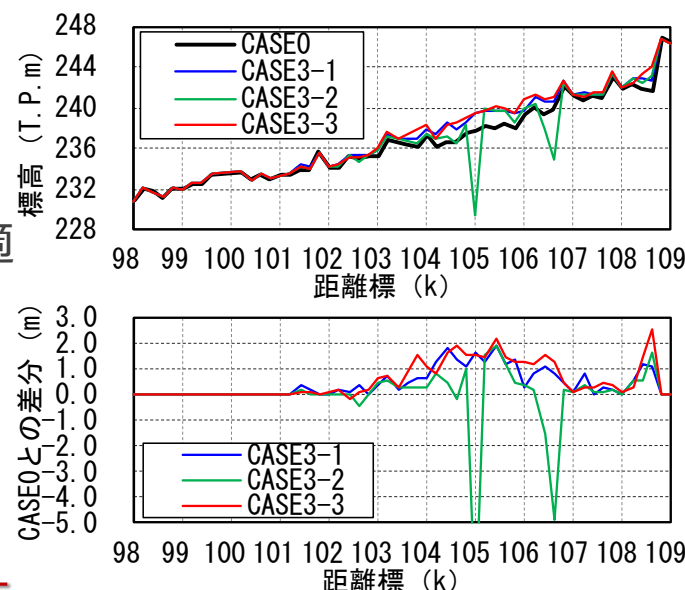
高水深部の推定など外挿が求められる場合には不適

□ 3次スプライン補間

局所的には差があるが、平均的には差が小さい

□ 河床変動計算

TIN内挿と同じ傾向

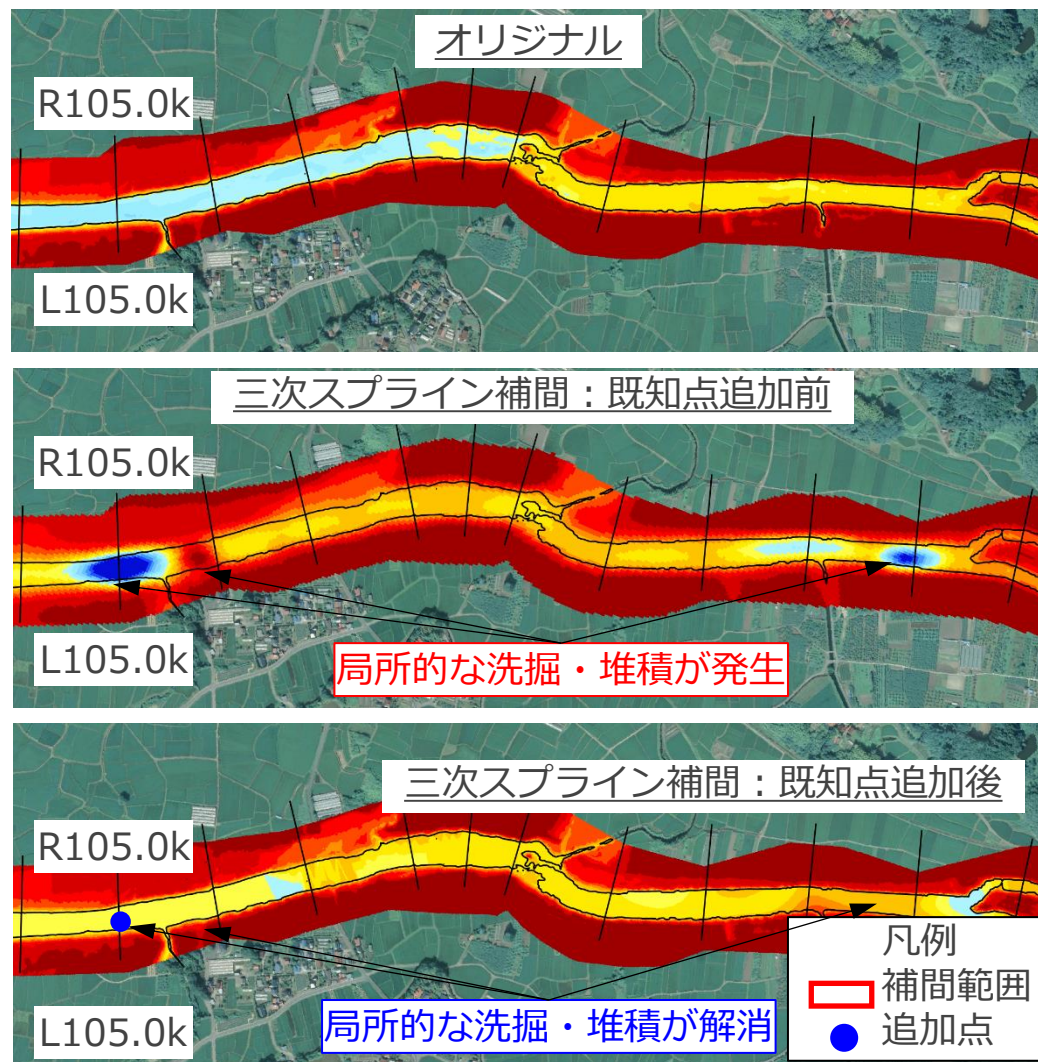
本研究では、3次スプライン補間がGood！

ケース名	河道内 欠測割合	補間方法	ALB 計測結果の平均河床高との比較(m)			
			差の縦断平均	MAE	RMSE	差の縦断最大
CASE1-1	2.0 %	TIN内挿補間	0.02	0.02	0.07	0.34
CASE1-2		3次スプライン補間	0.01	0.01	0.05	0.30
CASE1-3		河床変動計算	0.03	0.04	0.15	1.01
CASE2-1	6.0 %	TIN内挿補間	0.11	0.11	0.28	1.08
CASE2-2		3次スプライン補間	0.10	0.10	0.25	1.08
CASE2-3		河床変動計算	0.10	0.10	0.25	0.81
CASE3-1	15.0 %	TIN内挿補間	0.46	0.46	0.72	1.90
CASE3-2		3次スプライン補間	-0.01	0.54	1.41	-8.47
CASE3-3		河床変動計算	0.57	0.58	0.90	2.53

河道内欠測割合・内挿補間手法の違いが地形推定精度に与える影響

- 例えば、局所的な異常値が確認された**105.0k地点の測線上の点群データ1地点を既知点**として扱い、他のパラメータは同じ条件で3次スプライン補間を行った結果、**異常値が解消**
- 広範囲に滯筋部の計測ができていない場合、ナローマルチビーム等による3次元点群データを取得することが理想
- ただし、予算等の制約により広範囲での測量が困難な場合、例えば1km程度の間隔で補測を実施し、3次スプライン補間で地形を推定する案も有

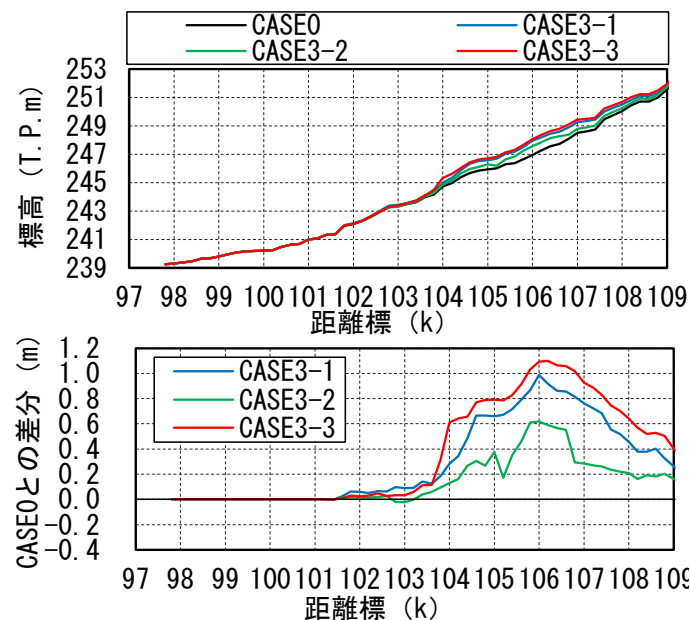
留意点 局所的な異常値が生じないように既知点の配置状況に留意し、3次スプライン補間を実施することを推奨



三次元データの欠測範囲・補間方法が計算精度に与える影響の評価

Q2Dモデルの計算精度

- 河道内欠測割合の増加に伴い河積が減少した結果、計算水位が上昇
- 河道内欠測割合が15.0%であるCASE3シリーズでは、**3次スプライン補間が最も良好**
- 河道内欠測割合が6.0%であるCASE2シリーズから得られた**計算水位の真値との最大差約0.3mは、三次元点群データが担保すべき精度基準（標準偏差）と同程度**

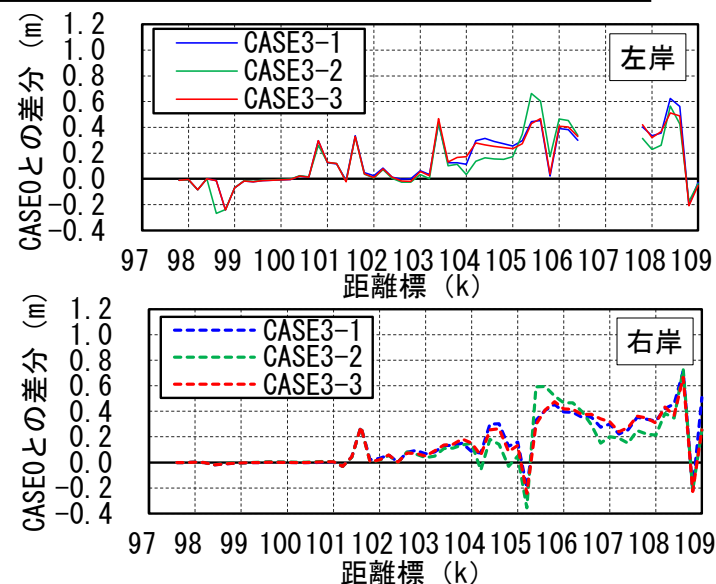


ケース名	河道内欠測割合	補間方法	ALB 計測結果を用いて構築したモデルとの比較(m)		
			差の縦断平均	RMSE	差の縦断最大
CASE1-1	2.0 %	TIN内挿補間	0.01	0.01	0.07
CASE1-2		3次スプライン補間	0.00	0.01	0.03
CASE1-3		河床変動計算	0.01	0.02	0.10
CASE2-1	6.0 %	TIN内挿補間	0.07	0.12	0.34
CASE2-2		3次スプライン補間	0.07	0.12	0.36
CASE2-3		河床変動計算	0.04	0.08	0.25
CASE3-1	15.0 %	TIN内挿補間	0.31	0.44	0.99
CASE3-2		3次スプライン補間	0.16	0.24	0.62
CASE3-3		河床変動計算	0.39	0.55	1.10

三次元データの欠測範囲・補間方法が計算精度に与える影響の評価

2Dモデルの計算精度

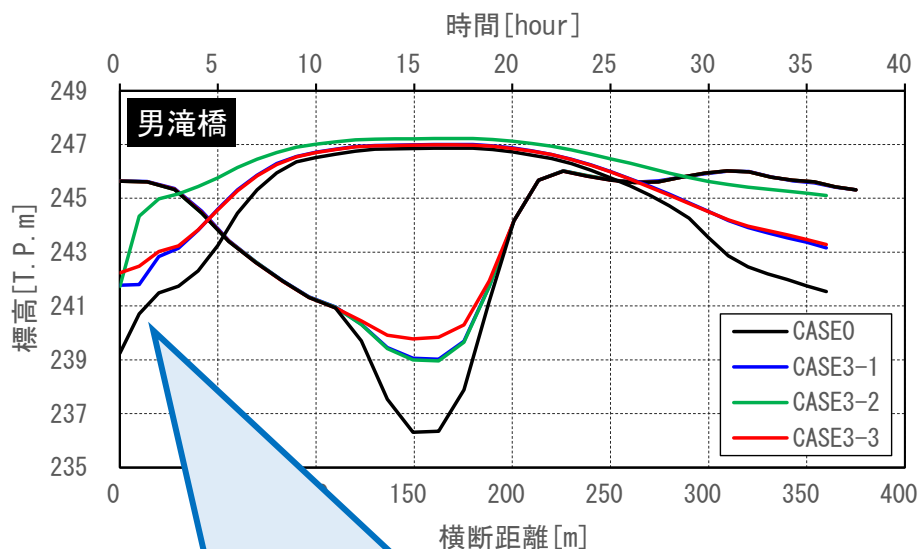
- 補間方法の違いによる計算水位の差が小さい
- 河道内欠測割合の増加が計算水位に与える影響も、**Q2Dモデルのそれと比較して小さい**
- Q2Dモデルでは水の流下方向が縦断方向に限定されるのに対し、**2Dモデルでは縦断・横断方向に水が流下するため、河積変化の影響を受けにくく、水位の変動が生じにくい**と考えられる。



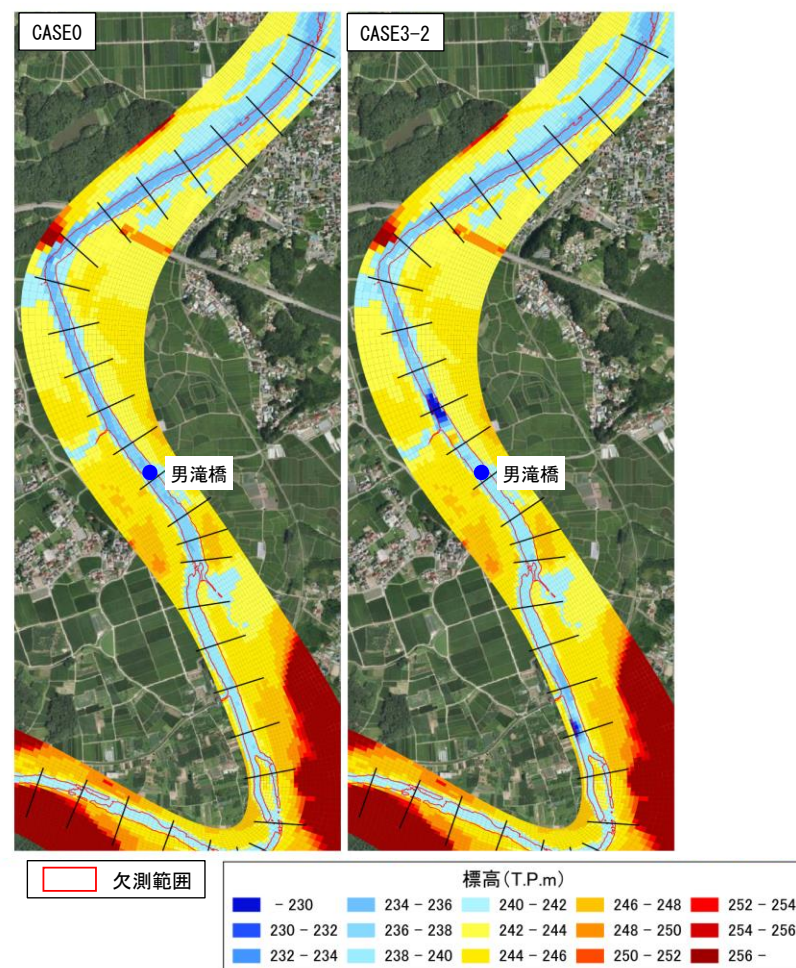
ケース名	河道内 欠測割合	補間方法	ALB 計測結果を用いて構築したモデルとの比較(m)					
			差の縦断平均		RMSE		差の縦断最大	
			左岸	右岸	左岸	右岸	左岸	右岸
CASE1-1	2.0 %	TIN内挿補間	0.02	0.03	0.12	0.14	0.43	0.51
CASE1-2		3次スプライン補間	0.02	0.03	0.12	0.12	0.43	-0.49
CASE1-3		河床変動計算	0.02	0.03	0.12	0.13	0.43	-0.51
CASE2-1	6.0 %	TIN内挿補間	0.05	0.05	0.14	0.14	0.43	-0.47
CASE2-2		3次スプライン補間	0.05	0.05	0.13	0.14	0.43	-0.47
CASE2-3		河床変動計算	0.04	0.04	0.13	0.13	0.43	-0.47
CASE3-1	15.0 %	TIN内挿補間	0.15	0.15	0.25	0.24	0.63	0.71
CASE3-2		3次スプライン補間	0.13	0.13	0.24	0.24	0.66	0.73
CASE3-3		河床変動計算	0.14	0.15	0.24	0.24	0.51	0.67

三次元データの欠測範囲・補間方法が計算精度に与える影響の評価

留意点 護岸被災リスクや河床変動を予測する際など、中小規模を対象とした際には地形条件が計算に与える影響が大



低流量時は、内挿補間地形の影響を比較的受けて、計算水位に差がある。



結論

□主な成果

- 河道において三次元点群データの欠測範囲が広範囲に存在する場合には、局所的な異常値が生じないように既知点の配置状況に留意し、3次スプライン補間を実施することが望ましい。
- 推定地形データを用いて水理解析モデルを構築して計算を行い、三次元点群データの欠測範囲や補間方法が計算水位に与える影響を分析
 - Q2Dモデルでは、流下能力評価に使用できるモデルを物理的に妥当な範囲のパラメータ調整で構築するために充たすべき**三次元点群データの河道内欠測割合は6.0%未満**であると評価
 - 2Dモデルでは、三次元点群データの欠測範囲や補間方法が計算水位に与える影響は**Q2Dモデルのそれと比較して小さい**ことを確認
しかし、護岸被災リスクや河床変動を予測する際には、低水路満杯流量などを対象とした検討も実施すべきであり、**中小規模を対象とした際には地形条件が計算に与える影響が大きくなる**と示唆

□今後の課題

- **3次スプライン補間の推定精度を向上させる既知点配置法**
- **推定地形データが不定流計算結果に与える影響の評価**
- **本研究成果の一般化**を目指し、他河川、他洪水でも検証を実施