

大雨に伴う牛久沼越水における地形測量調査及び 三次元可視化の取り組み

平井 聡雄・大森 晃（株式会社パスコ）

1. はじめに

2023年6月2日から3日にかけて梅雨前線と令和5年台風2号が重なり、茨城県南部では激しい降雨に見舞われた。水戸地方気象台より、茨城県南部では1時間に40mmを超える激しい降雨が報告され、つくば市では24時間降水量が戦後最大となる254.0mmが記録された。

牛久沼周辺では、国土交通省関東地方整備局利根川下流河川事務所が牛久沼湖面、茨城県が菰崎橋と朝日橋で水位観測を行っている。

茨城県が策定している河川整備計画では、計画高水位は7.5m (Y.P.) (以下、標高値はすべてY.P.とする。)と定められており、今回の大雨によって菰崎橋水位観測所では最大水位7.36m、牛久沼湖面水位観測所では最大水位6.75mが記録された。

観測記録より、牛久沼管内の水位は計画高水位の7.5mに満たないが、3箇所^{ひえがらまち}で越水が発生した。龍ヶ崎^{ひえがらまち}市稗柄町では床上浸水が2棟、龍ヶ崎^{さぬきまち}市佐貫町では床下浸水が20棟、つくば市森の里では住宅団地内への浸水があり、牛久沼周辺の農地においても浸水による被害が発生した。

本稿では、牛久沼周辺を対象として、越水が発生した地形状況の把握と、河川改良事業を円滑に行うための測量調査の実施について、その内容を報告する。

2. 牛久沼について

牛久沼は茨城県南西部にあり小貝川圏域に属する、県が管理する面積約6.52km²の湖沼である。牛久沼には谷田川、蓮沼川、葛城川、水堀川、西谷田川、高岡川、稻荷川の7河川が流

れ込んでおり、茨城県竜ヶ崎工事事務所が管理を行っている。

牛久沼では最下流部において、茨城県が利水や治水を目的として八間堰水門の管理を行っている。水門は1971年に設置されてから約50年が経過し老朽化が進行していたことから、長寿命化計画に基づき老朽化対策として更新工事が行われている。

茨城県環境対策課では、隣接する千葉県や埼玉県の地盤沈下の状況等から、牛久沼周辺の地盤沈下の可能性を考慮し、1980年より牛久沼南部の龍ヶ崎市小通幸谷町で沈下量について継続的に観測を行っている。

3. 第三者委員会の設置とデータの提供

茨城県は今回の越水被害に対して、越水発生^{ひえがらまち}の要因等を調査したうえで総合的な対策を検討することを目的に、牛久沼越水対策検討委員会¹⁾(以下、委員会とする。)を設置した。委員会は筑波大学の武若教授を委員長として4名の委員で構成され、オブザーバーとして周辺自治体や県の担当者が参加している。

委員会は合計3回開催され、第一回では越水に係る事実確認、第二回は氾濫事象の再現と越水被害の発生要因、第三回は今後の越水防止対策を検討項目とし議論が行われた。本業務では地形測量業務と並行して、委員会で検討を行うためのデータ提供ならびに資料作成を行った。

4. 測量データの作成

① 作業全体概要

本業務では空中写真撮影ならびに航空レー

ザ計測を行ったのち、これらの測定の成果を用いて三次元数値図化を行い、数値地形図データファイルを作成した。後工程の実施設計で使用するため、地図情報レベル500の精度を持った測量を実施した。数値地形図データファイルの作成にあたっては、撮影成果を用いた数値図

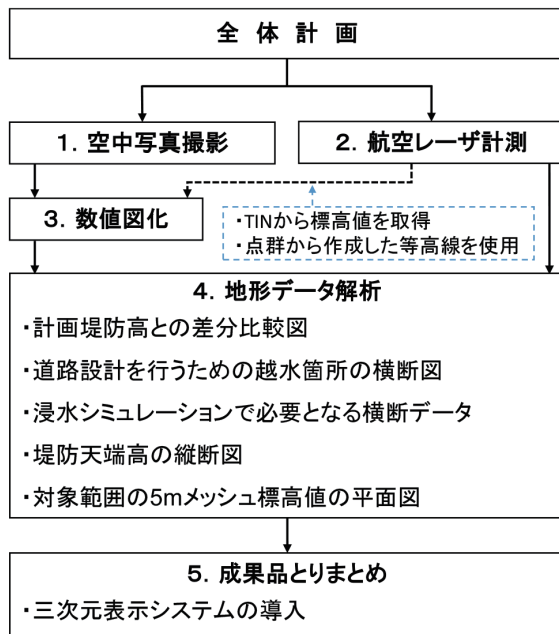


図1 業務フロー

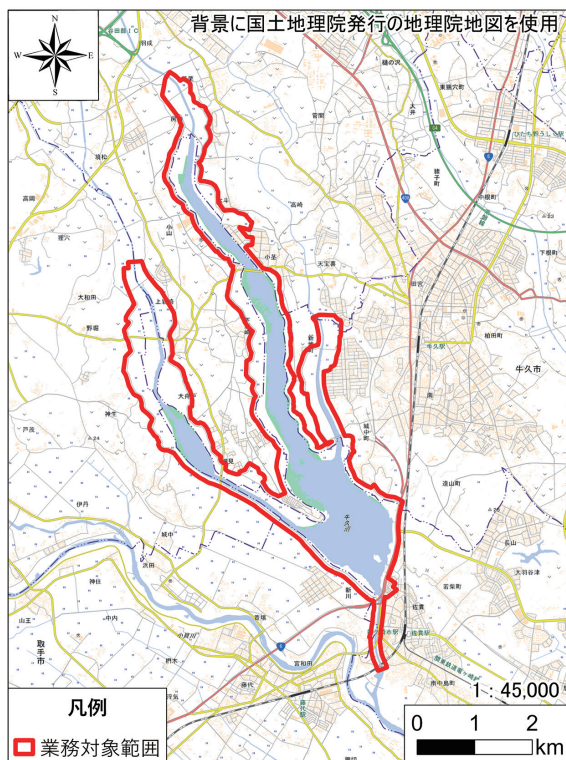


図2 業務対象範囲

化に加えて、標高精度の高い航空レーザ計測の点群から作成した等高線と、標高点にTINから得られた標高値を図化成果に組み合わせて作成した(図1)。

竜ヶ崎工事事務所では越水被害が発生した後、牛久沼周辺に隣接する関係市へ浸水範囲について聞き取り調査を行い、浸水実績図を作成した。本業務では、浸水実績図を基に業務対象範囲を決定した(図2)。

② 空中写真測量

2023年7月7日に空中写真撮影を行った。後に地図情報レベル500での数値図化作業があるため、これらを満たすように計画を立て撮影を行った。また、撮影範囲には水部が多く占めることから、画像間のマッチングを向上させるためサイドラップを60%として計画を立てた。空中写真撮影の諸元は表1の通りである。

表1 空中写真撮影諸元

撮影諸元	
使用機材	UltraCamEagle
焦点距離	100.5mm
地図情報レベル	500
地上画素寸法	4.0cm
オーバーラップ	60%
サイドラップ	60%
撮影コース数	5コース
写真枚数	185枚

③ 航空レーザ測量

空中写真撮影と同日の2023年7月7日に航空レーザ計測を行った。50cmメッシュに1点の点密度を確保する、地図情報レベル500の計測を行った。航空レーザ計測の諸元は表2の通りである。

表2 航空レーザ計測諸元

計測諸元	
使用機材	TerrainMapper
地図情報レベル	500
計測点密度	1点 / 0.5m × 0.5m
サイドラップ	50%
計測コース数	7コース

④ 地形測量

数値地形図データファイルの作成にあたっては、後続の河川氾濫シミュレーションや三次元表示システムへの搭載ができるよう、発注者へ提案を行い、三次元数値図化を行った(図3)。

現地調査時には、堤防部を360°カメラで撮影し判読した情報を数値図化の際に参考情報として使用することや、三次元表示システムへ搭載し画面上で現地の360°画像を見られるようにした(図4)。

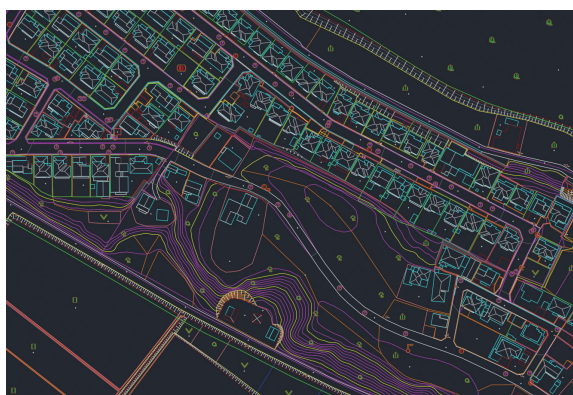


図3 数値図化の例



図4 360°カメラによる現地調査

5. 地形データ解析と図面の作成

① 迅速な測量データ提供

本業務では測量成果作成に加え、委員会で検討を行うための基礎資料としての測量データの提出を求められた。委員会で越水時の地形状況の報告を行うため、計測から提出まで一ヶ月という短期間で成果を提出する必要があった。手動フィルタリング成果からグラウンドデータを作成して提出する期間としては短く、成果作成が間に合わないため、発注者と協議の上、自動フィルタリング成果を用いた標高値のデータを作成して、速報値として報告することにした(表3)。7月の速報値提出時に②の標高段彩データ、8月の航空レーザ測量成果提出時に③の2種類の横断データと④の縦断データ、10月の追加データ提出時に⑤のメッシュデータを、それぞれ提出した。

② 標高段彩データ作成

航空レーザ測量で得られた成果より、牛久沼における計画高水位7.5mを基準とした標高段彩図を作成した。7.5mより高いと赤く、低いと青く表示しており、7.5mより離れているほど色が濃く表示している。全体の状況を把握するため、計測範囲全体でグラデーション表示させた標高段彩図を作成し、発注者へ提出した(図5左)。

そこから越水箇所を中心とした詳細な地形状況把握のため、20cmごとに色を分けした標高段彩図^{注1)}を作成した(図5右)。作成範囲は越

表3 業務フローと提出時期

LPデータ作業フロー	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
越水被害発生	●						
撮影計画・計測準備		■					
撮影・計測		●					
点群作成		■					
GCP観測		●					
自動フィルタリング		■					
手動フィルタリング		■					
LP成果作成		■					
浸水シミュレーション		■					
図面作成		■					
検討委員会		●				●	●

注: 6/3 越水発生, 7/7 計測, 7/31 速報成果提出, 8/31 航空レーザ成果提出, 10/6 追加データ提出, 8/7 第一回委員会, 11/2 第二回委員会

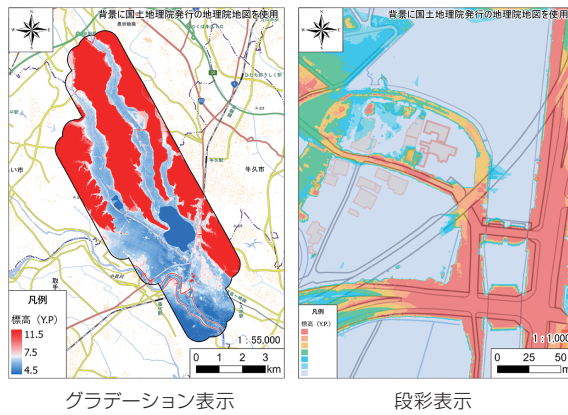


図5 標高段彩図

水が発生した箇所を中心に7箇所作成した。

③ 横断データ作成

a) 道路設計を行うための横断図面作成

越水が発生した稗柄町において、対策工事として建設コンサルタントが道路設計を行っていた。設計を行うための測量データとして、計測した点群データから横断図を3断面作成して提出した。横断図面には手動フィルタリング後のグラウンドデータに加え、建物や植生の場所を把握するためにオリジナルデータをTIN表示させて横断測線で断面表示したものを併記して作成した(図6)。

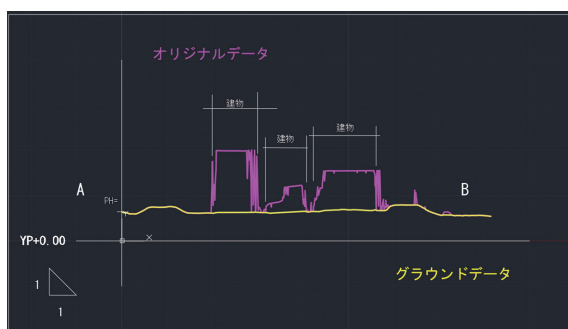


図6 越水箇所の横断図

b) 浸水シミュレーション用の横断データ作成
委員会において氾濫事象の再現および今後の越水防止対策を考えるにあたり、建設コンサルタントが今回計測した航空レーザの地形データと横断測線のLHデータを用いて浸水シミュレーションを行った。本業務では200mご

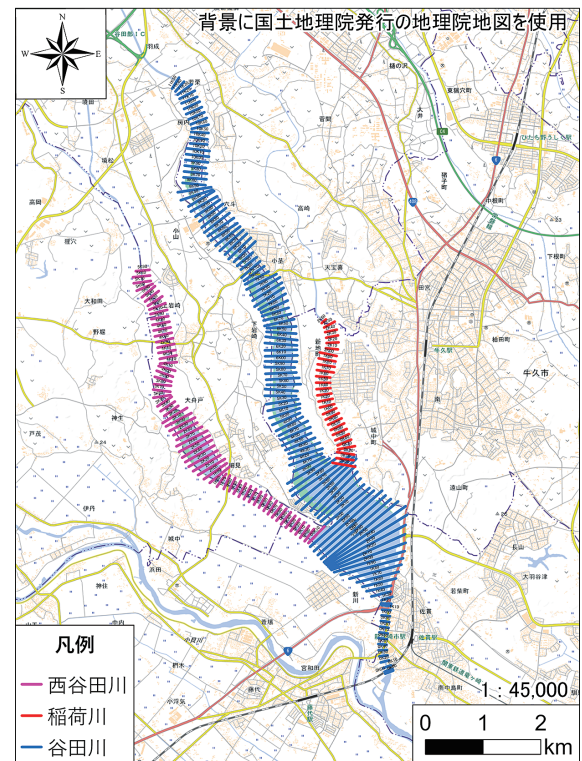


図7 横断線作成位置図

とに設定した横断測線と八間堰水門の前後の横断測線の合計208断面のLHデータを作成した(図7)。

④ 縦断データ作成

計画堤防高に満たない堤防箇所を把握するため、フィルタリング後のグラウンドデータから堤防天端の中心線上の標高値を1mピッチで取得した。標高値はExcelで整理して表機能を使用し、縦断図面を作成してすみやかに事務所へ提供した(図8)。

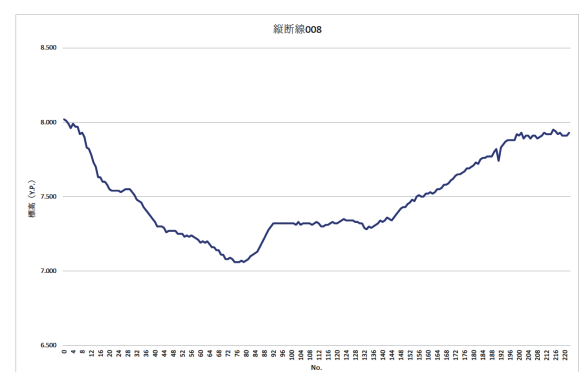


図8 縦断図

縦断面図の提出に引き続き、堤防天端箇所の標高取得箇所と標高値の位置図を作成した。計画高水位である標高7.5mより低い箇所を青、計画高水位に近い7.5mから8.5mを赤、8.5m以上を緑に分類して平面図を作成した。縦断面平面図を作成した位置図と、平面図を拡大したイメージ図を図9に示す。

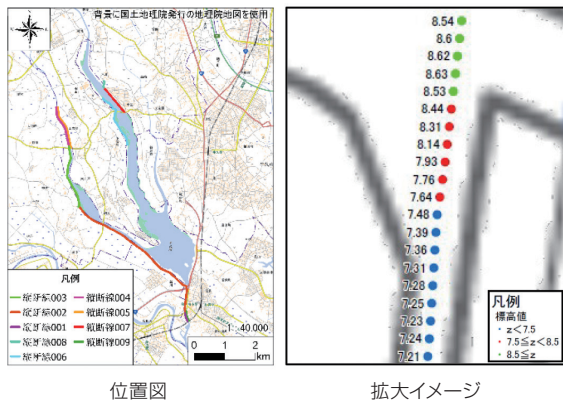


図9 縦断面図作成データ

⑤ メッシュデータ作成

業務対象範囲のうち計画堤防高に満たない箇所を把握するため、フィルタリング後のグラウンドデータより5mメッシュの標高データを作成した。標高7.5mより低い箇所を青、7.5mから8.5mを赤、8.5m以上を緑に分類して図面を作成した。業務対象範囲を網羅するようA0図面を30枚作成し、事務所へ送付した。メッシュデータの作成範囲図と図面の拡大イメージを図10に示す。

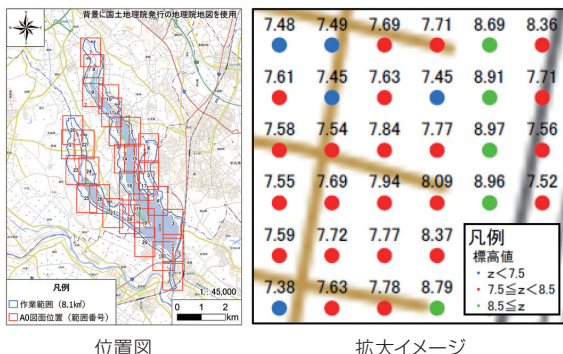


図10 5mメッシュ図

⑥ 三次元表示システムへの搭載

測量成果及び作成した主題図を三次元可視

化するため、三次元表示システムを導入した。表4で記載しているオルソ画像や点群データ、TIN表示させた三次元数値地形データなどの測量データを格納した。格納した測量成果は標高値を持っているため、三次元表示させることができる。また、作成した距離標や河川横断面図面を地図上で位置と対応させて確認することが可能であり、三次元数値図化を行ったことによって、計画高水位の水面表示と併せて表示させることで周辺の堤防の高さと比較すること

表4 三次元表示システム搭載データ

掲載内容	
ベースマップ (標準地形図・淡色地図)	地理院タイルを使用
空中写真成果	オルソ画像
航空レーザ測量成果	オルソ画像・点群データ
三次元数値地形データ (TIN)	TINデータ
距離標データ	座標データ
横断面図データ	測線データ
360°画像データ	画像データ
地形強調図	
メッシュ単点データ	

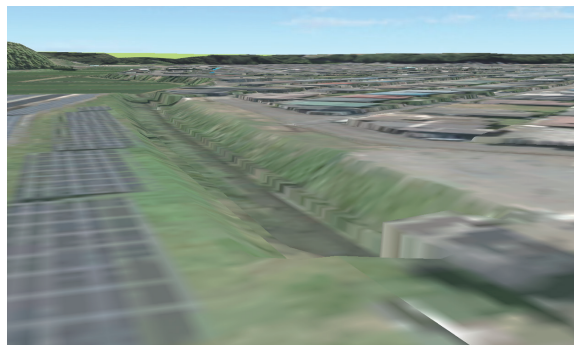


図11 オルソ画像の三次元表示例

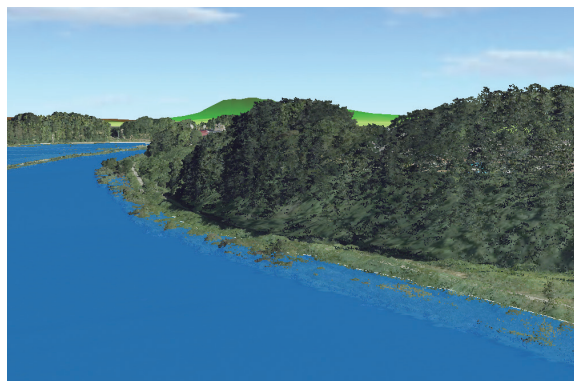


図12 計画高水位時の水位表示例

が可能となった(図11, 12)。

6. おわりに

本稿では、大雨による越水被害の発生した牛久沼を対象として、地形測量調査と取得したデータを用いた地形データ解析と図面作成、並びに三次元表示システムでの可視化の事例を紹介した。

① 計測データを活用した地形状況の把握

茨城県では周辺地域の状況から、定期観測所を設け、地盤沈下について監視を行っている。1980年から継続的に観測が行われ、時系列データを保有しているが、牛久沼周辺の面的な情報は保有していない。今回、航空レーザ計測を行ったことで面的な情報を効率的に取得し、越水の要因を把握することができた。今後も定期的にデータを取得することにより、堤防高管理など、広域な牛久沼周辺の地形状況について効率的に把握することができる。

② 今後の災害時におけるデータの活用

今回、災害発生後の地形状況把握と浸水シミュレーションを行うためのデータとして測量データを取得した。今回の測量成果に加えて、堤防嵩上げ後にも計測を行うことで、工事後の地形状況から今後の流域治水に向けたシミュレーションを行うことができる。また、災害が発生した際には、災害前後で計測データの差分を取ることによって、牛久沼管内の災害状況を迅速かつ面的に把握することも可能となる。

今後も、事務所管内の定期的な地形状況の把握から災害時の状況把握、今後の管理計画方針や工事を行うための基礎資料となれば幸いである。

謝辞

本発表は、茨城県竜ヶ崎工事事務所の「牛久沼地形測量業務」を事例として記載した。ここに感謝の意を表する。

付記：本稿は2024年8月に開催された、第46回測量調査技術発表会の発表内容に、改良と検討を加えたものである。

■補注

注1) 業務内で作成した図面を論文用に一部編集。

■参考文献

1) 茨城県 牛久沼越水対策検討委員会：委員会資料

<https://www.pref.ibaraki.jp/doboku/kasen/ushikunuma.html> (2024年7月8日確認)

■執筆者

平井 聡雄 (ひらい あきのり)

株式会社パスコ 東日本事業部 技術センター
国土情報部 地理情報一課

(共著者)

大森 晃 (おおもり あきら)

株式会社パスコ 東日本事業部 技術センター
国土情報部 地理情報四課