

令和元（2019）年度

第37回 研究発表会

主 催

栃木県建設技術協会

土木学会関東支部栃木会

目次

①	日光宇都宮道路 篠井インターチェンジの整備について……………	1
	栃木県道路公社 築嶋 崇	
②	道路における除草剤散布の効果と課題……………	7
	栃木県宇都宮土木事務所 伊勢 典浩	
③	一級河川菊沢川の河川整備における一考察……………	11
	栃木県安足土木事務所 物井 健太郎	
④	地域特性を活かした千塚産業団地における産業基盤整備の成果について……………	14
	栃木市産業基盤整備課 見目 教高	
⑤	建設の魅力を小中学生へ伝える取り組みについて……………	20
	栃木県立那須清峰高等学校 山口 涼義・和氣 瑛昌	
⑥	ビッグデータ時代の水文計測手法の一提案……………	22
	株式会社 安田測量 安田 晃昭	
⑦	宇都宮市東部鬼怒川流域における浅層地下水の経年変動と流動状況について……………	27
	芙蓉地質株式会社 原澤 剛史・畑中 孝明	
⑧	ICT活用工事における国交省モデル支援事業を受けて……………	33
	坂本産業株式会社 佐藤 秀則	
⑨	マイクロシミュレーション等の交通解析手法を用いた道路空間再配分の検討……………	40
	株式会社 富貴沢建設コンサルタンツ 小金 将輝	

日光宇都宮道路 篠井インターチェンジの整備について

篠嶋 崇

栃木県道路公社施設管理部

1. はじめに

日光宇都宮道路は、国道119号及び国道120号のバイパスとして、栃木県の中心都市である宇都宮市と国内有数の観光都市で世界遺産を有する日光市を結ぶ延長30.7kmの自動車専用道路であり、東北自動車道宇都宮インターチェンジ（以下、「IC」）とも連結する、観光や産業活動を支える大変重要な道路である（図-1）。

平成17(2006)年に栃木県道路公社が旧：日本道路公団（現：東日本高速道路株式会社）から管理を引き継ぎ、高速道路並みの高いサービス水準を維持しつつ、これまでにETCの整備や土沢ICの新設等を行い、さらなる利便性の向上を目指し、篠井ICの

建設と老朽化した橋梁等の大規模修繕工事を柱とした「日光宇都宮道路 大規模リニューアルプロジェクト」を進めてきた。

今回報告する篠井ICは、日光宇都宮道路建設事業着手段階の昭和47(1972)年当時から、再三にわたり、地元から設置要望がされており、栃木県道路公社が管理を引き継ぐ際に、新規にIC整備事業として、着手を決定していたものである。

設置要望時点から約50年の月日が経過していたが、その間においても、宇都宮市や篠井地区まわりの協議会、地元自治会との良好な関係を維持し、平成28(2016)年の事業着手からわずか3年余りの期間で工事を完成させ、令和元(2019)年6月29日に開通となった。



図-1 日光宇都宮道路路線図

2. 篠井 I C の整備目的

本道路は、観光アクセス道路の他、周辺地域の生活道路としても大きな役割を担っているが、「大沢 I C～宇都宮 I C間」の延長11.2kmには宇都宮方面への I C が無く、現道である国道 119 号（日光街道）では、徳次郎交差点付近において、朝夕の通勤時間帯に交通渋滞が発生している。

篠井 I C の整備により、周辺地域から宇都宮方面へのアクセスが向上し、国道 119 号の渋滞緩和が期待される。

3. 篠井 I C の計画概要及び事業経過について

(1) 篠井 I C 計画概要

篠井 I C は、日光宇都宮道路と国道 119 号を結ぶ宇都宮方面への出入り可能なハーフ I C であり、既存の徳次郎 I C（日光方面への出入り）と合わせて、一体的な I C となるよう計画をした（図-2）。

また大沢 I C と宇都宮 I C のほぼ中間に設置することにより、日光宇都宮道路全体の I C 設置間隔がほぼ等間隔となり、有料道路へのアクセス性が高まり、利便性の向上が期待できる。

(2) 事業経過

平成 28 (2016) 年度に事業着手してから、約 3 年 3 か月での完成となった（図-3）。特に用地買収から工事までを短期間に行い、早期の供用を図ることができた。

表-1 篠井インターチェンジ計画緒元

形式	ダイヤモンド型 I C（分離型）
道路規格	B 規格ランプ
設計速度	35km/h
計画交通量	1,530 台/日
整備延長	L=800m
道路幅員	W=5.5m
事業費	C=11 億円
通行料金	普通車 100円
	大型車 150円
	特大車 350円
料金収受方式	E T C 及び現金

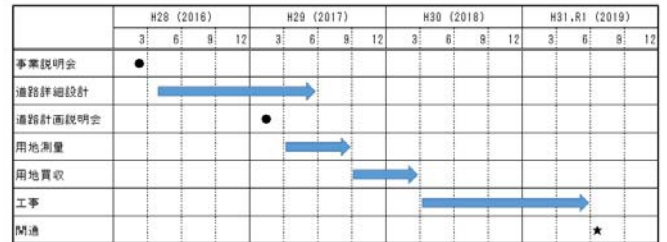


図-3 篠井 I C 整備スケジュール

4. 設計時の留意事項

本道路は有料道路であり、高速道路並みの道路規格を有し、特に観光時期の交通量が多いことから、大規模な車線規制を行わないことや高盛土区間であるため、現道の掘削を極力生じさせない等、現道への影響を少なくすることを第一に設計を行った。具体的な設計事例として、オンランプ側にはアンテナ施設があり、その移設には多大な費用と時間がかかるため、本線との 7.5m 程度の範囲の中にランプ道路を納めることとし、直壁の構造物による土留め構造の検討を行った。

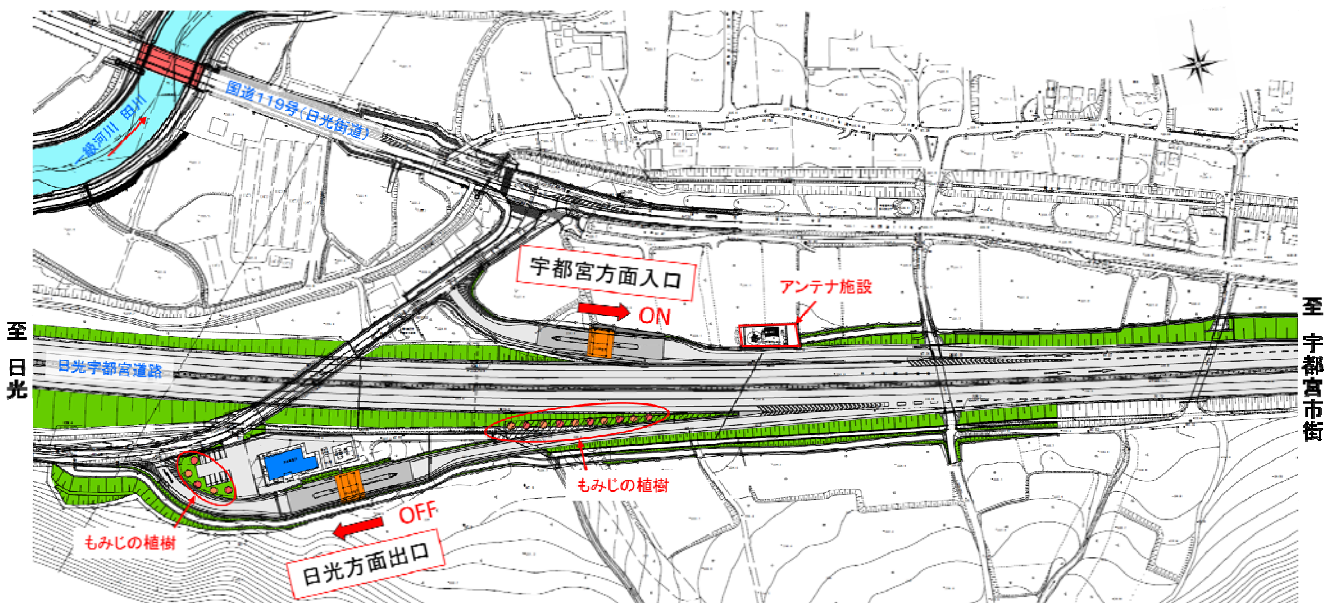


図-2 篠井インターチェンジ計画平面図

(1) 第1案 親杭パネル壁工法

剛性の高い親杭(H鋼)とコンクリートパネル(親杭パネル)を一体化した壁体である。背面掘削を極力低減できる。

(2) 第2案 場所打ち逆L型擁壁工+杭基礎

場所打ちの逆L型擁壁を採用し、背面掘削の低減を図る。擁壁の支持力確保のため、杭基礎が必要となる。

(3) 第3案 補強土壁工法(テールアルメ工法)

背面掘削を行い、補強土を構築する。擁壁の支持力、全体の安定確保のため、地盤改良が必要となる。

(4) 第4案 切土補強土工(PANWALL工法)

逆巻施工で盛土内に補強材を施工し、補強土壁を構築することで背面掘削を回避する。

現道への影響、施工性、構造的、経済性といった観点から考慮し、現道の掘削がほとんど生じず、施工ヤードの確保を含め、1車線規制で施工が可能である、第4案の切土補強土工(PANWALL工法)を採用することとした。

PANWALL工法は、逆巻き施工で上から1段ずつパネルを設置、補強材を打設しながら、法面を掘り下げ、下方に向けて壁面を構築していく工法である。主な特徴として、法面の急勾配化(垂直~1:0.3)により法面上下の有効な土地利用が可能となることや、逆巻き施工により上部構造物の保護と施工中の地山のゆるみと崩壊事故が防止できるといった点が挙げられる。

現道とアンテナ施設との間の狭小な範囲の中で、本線の交通に大きな影響を及ぼすことなく、安全に工事が進められたことから、篠井ICにおいては、非常に有効な工法であったと考えている(図-4)(写真-1)。

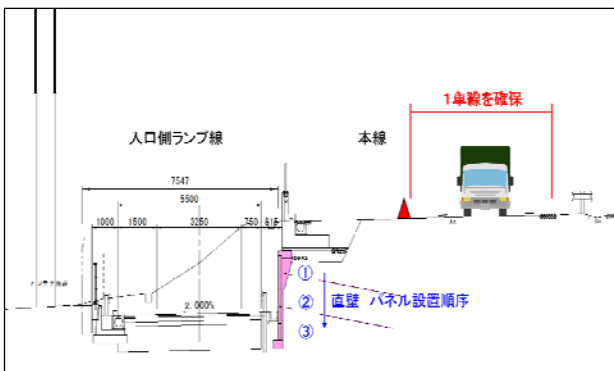


図-4 NTTアンテナ施設付近横断面図



写真-1 アンテナ施設付近完成写真

5. 工事での取り組みについて

(1) 3週間工程表

篠井ICでは、改良・舗装といった土木工事だけではなく、管理事務所や料金所の建物工事や電気・機械設備設置工事、ETC等料金収受設備設置工事など施工者が多業種に渡っていた。また、県・市の発注の道路工事や水道工事も同時に進められており、綿密な工程管理や、様々な工事が錯綜する中で、安全に事故無く工事を進めるため、適切な安全管理を行うことが非常に重要であった。そのため、2週間に1度、安全協議会を開催し、3週間工程表(図-5)を用いた工程調整や安全確認を行った。

図-5 3週間工程表

3週間工程表の利点は、各施工者の工程を並列的にみることでき、他工事が影響する部分が一目でわかる点である。また、3週間工程としたのは、2週間ごとに行う安全協議会の中で、その先までの工程を記載しておくことで、事前にそれぞれの工程を把握できるようにするためである。今回の工事では、十数社の工事が同時に入ることとなっていたが大きな遅延や事故もなく、本工程表による工程調整は非常に有効であった。

(2) 事業中のPR

a) 工事の進捗状況報告

篠井ICの工事では、工事着手の段階から長期間の車線規制が必要であった。そのため、本線の規制情報と合わせて、道路利用者や周辺住民の方々の事業への理解を得る1つの手段として、ドローンを利用して航空写真を撮影し、篠井ICの工事の進捗状況を道路公社のホームページで適宜報告し（写真-2）、工事の「見える化」を図った。航空写真を用いることで、本線上からは見えない部分や工事全体を確認することができるため、非常に有効であった。

篠井インターチェンジ建設工事進捗状況



平成30(2018)年6月1日時点：土の掘削作業が大分進んできました。



平成30(2018)年4月13日時点：樹木の伐採が完了しました。

写真-2 工事の進捗状況報告

b) PANWALL工法の講習会

PANWALL工法は主に災害復旧に用いられる工法でもあり、県の土木事務所等を対象に講習会を行った（写真-3）。



写真-3 講習会の状況

(3) 担い手の確保

篠井ICのPRだけではなく、インフラ整備への理解を深めるとともに、建設業の魅力を伝える取り組みとして、請負業者と協力し、高校生への現場見学会の開催（写真-4）や、インターンシップ大学生への土木の仕事の説明（写真-5）を行った。



写真-4 高校生現場見学会



写真-5 インターンシップ大学生への説明

6. 今後の展望

(1) 開通後の現状

篠井ICが開通して約4カ月が経過し、篠井IC利用による短縮時間について調査したところ、猪倉街道入口交差点～宇都宮IC入口交差点で、現道である国道119号では朝夕の通勤時間帯で12分かかるところ、篠井ICを利用するとわずか5分で移動することができ、7分の短縮を図れることが確認できた(図-6)。

篠井ICの利用状況は図-7のとおりである。交通量は1日平均500台となっており、計画交通量1,530台に対して、大きく下回っている状況であるが、交通量自体は微増の傾向にある。また、開通直後は土日の利用が多くみられたが、徐々に平日の利用も増加してきている。

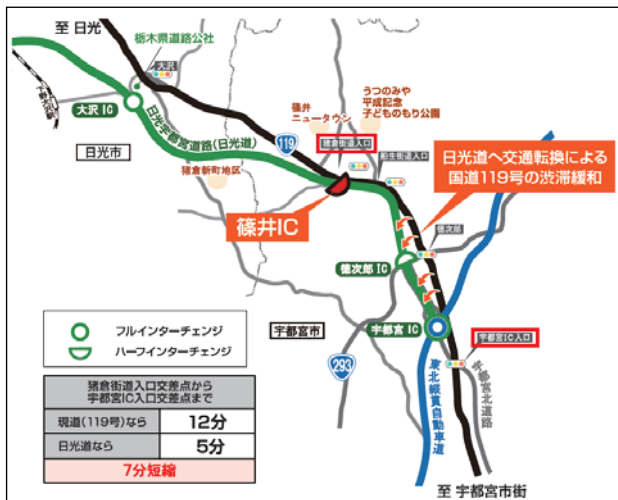


図-6 篠井IC利用時の短縮時間

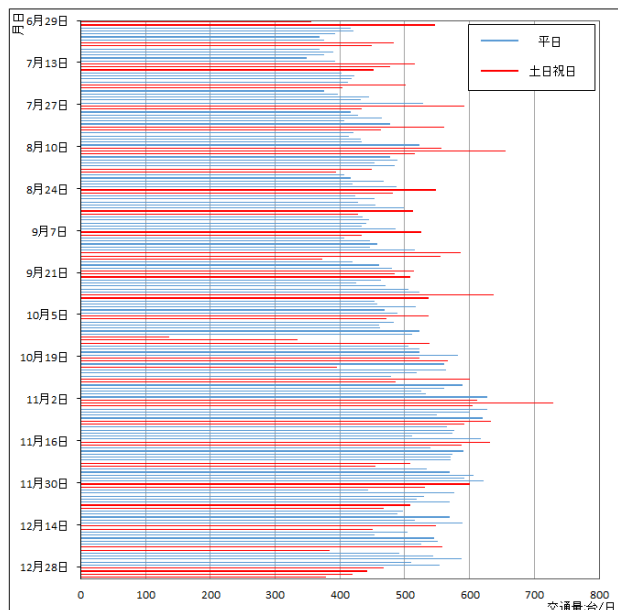


図-7 篠井IC交通量の推移(6/29～12/31)

(2) アンケート調査

後述する篠井地区秋祭りにて、来場者に対し篠井ICの利用実態アンケート調査を実施した(実施日:11月3日(日))。回答者は314名(篠井地区内163名、篠井地区外146名、不明5名)である。

地区別の篠井ICの利用状況は表-2のとおりである。篠井ICを利用したことがある人は全体の63%であった。また、篠井地区内では74%の利用があるのに対して、篠井地区外では51%という状況であり、地区内の利用が多いことがわかる。

表-3には、利便性の評価について示す。便利と感じる人が全体の77%となっている。特に利用したことがある人では90%と高い数字を示しており、ICの利便性が評価されている。一方、利用したことがない人の45%が便利に感じないと回答している。

表-4には利用形態について示す。通勤に利用する人は全体の22%と少なく、篠井地区内外をみても大きく変わらないことから、現在の利用形態として、通勤以外の目的で利用されていることがわかる。

現時点では、篠井地区外に居住する人や通勤に利用する人は少なく、国道119号からの交通転換には大きく至っていないと考えられる。それでも、篠井ICの利便性は高く評価されており、今後、通勤等にも利用する人が増えるよう篠井ICの利便性をPRしていく必要があると考えている。

表-2 篠井IC地区別利用状況 回答者数(%)

	篠井ICを利用したことがある	篠井ICを利用したことがない	合計
篠井地区内	120 (73.6)	43 (26.4)	163 (100.0)
篠井地区外	74 (50.7)	72 (49.3)	146 (100.0)
不明	0 (0.0)	1 (100.0)	1 (100.0)
合計	194 (62.6)	116 (37.4)	310 (100.0)

※他4名は両方回答なし

表-3 篠井IC利便性の評価 回答者数(%)

	便利を感じる	便利に感じない	合計
篠井ICを利用したことがある	174 (89.7)	20 (10.3)	194 (100.0)
篠井ICを利用したことがない	64 (55.2)	52 (44.8)	116 (100.0)
合計	238 (76.8)	72 (23.2)	310 (100.0)

※他4名は両方回答なし

表-4 篠井ICの利用形態 回答者数(%)

	通勤に利用する	通勤に利用しない	合計
篠井地区内	38 (23.3)	125 (76.7)	163 (100.0)
篠井地区外	28 (19.2)	118 (80.8)	146 (100.0)
不明	1 (100.0)	0 (0.0)	1 (100.0)
合計	67 (21.6)	243 (78.4)	310 (100.0)

※他4名は両方回答なし

(3) PR活動

a) 篠井IC開通記念篠井秋祭りへの出店

篠井地区まちづくり推進協議会主催の伝統的な秋祭りに「篠井IC開通記念」と冠を題し、篠井IC利用促進チラシの配布やPRブースの出店など、PR活動を行った。また、前述のとおり、来場者に対し、篠井ICの簡単なアンケート調査を実施した(写真-6)。



写真-6 篠井地区秋祭りへの出店

b) もみじの里帰り植樹

日光宇都宮道路は、日光国立公園を通ることから、旧道路公団で「元祖エコロード」として計画され、在来の樹木を極力残すとともに、法面には樹木を多く配置して整備された。篠井地区も同様で、秋にはきれいな紅葉をみることができる。しかし残念ながら、篠井ICの整備に伴い、多くのもみじを伐採することとなってしまった。そこで、宇都宮市と篠井地区まちづくり推進協議会と協力して、地元小学生児童と一緒に「もみじの里帰り植樹会」を開催した。植樹会では、建設時に篠井地区内の空地に移植していたもみじ並木の小木を元の法面や料金所の植樹帯に再移植することとした(写真-7)。



写真-7 もみじの里帰り植樹会の様子

c) ホームページやSNSでの情報発信

栃木県道路公社では、Instagramとツイッターを開設し、篠井ICをはじめ、各有料道路のPR活動を行っている。紅葉シーズンには、有料道路の渋滞情報をツイッターで配信するとともに、日光宇都宮道路の日光口PAにて有料道路やいろは坂等、周辺の道路の紅葉情報の提供、通常の固定式の道路情報板の他に移動式情報板を設置してきめ細かな道路情報の提供を行っている。

7. まとめ

篠井ICの整備にあたり、限られた工事スペースで十数社の工事施工者が同時施工で工事を進めなければならないという中で、工程管理・安全管理に重点を置き、工事を無事に完成させることができた。また微力ではあるが、今後の土木を支えるであろう若い世代に土木の魅力や迫力を伝えられたのではないかと考えている。今後は、「ずっと安全・もっと便利」に有料道路を利用させていただくために、適切な維持管理の推進や積極的なPR活動を行っていききたい。最後に、本事業における取組みが、業務を進める上での参考となれば幸いである。

謝辞: 篠井ICにあつては、事業に着手してわずか3年3ヵ月(工事だけでは1年3ヵ月) 足らずで開通を迎えることができた。用地をご協力いただいた地権者の方々、多くの工事が錯綜する中で事故なく工事を完成させていただいた施工者の皆様、事業にご協力いただいた関係者の皆様に深く感謝するとともに、今後とも道路公社への取り組みへのご理解ご協力をお願い致したい。

最後に、栃木県道路公社では、日光宇都宮道路の他に、日塩有料道路(もみじライン・龍王峡ライン)、鬼怒川有料道路(シルクウェイ)、宇都宮鹿沼道路(さつきロード)といった有料道路を管理しており、四季折々の景色を楽しむことができる。道路利用者の皆様には、ぜひご利用いただきたい。

参考文献

- 1) PANWALL工法協会: PANWALL工法 設計・施工指針・同解説, 2017

道路における除草剤散布の効果と課題

伊勢 典浩

栃木県宇都宮土木事務所保全部保全第一課

1. 保全部の事業概要と背景

(1) 事業概要

宇都宮土木事務所の管轄は宇都宮市及び上三川町で、保全部としては管内における道路、河川及び砂防施設の保全事業（補修、維持管理及び点検）を行っている。また台風など異常気象時に発生する道路冠水、倒木などの緊急対応について担当する部署でもある。

特に、道路の維持管理については管内の国県道約375km（県全体の約10%）について路面清掃、パトロール、街路樹剪定、**除草**等を行い、車両、自転車及び歩行者の安全な通行環境の確保に努めている。

また、業務上県民からの苦情要望が多く対応には神経を使う場面も多い。

(2) 背景

当事務所の道路保全事業費は年間約9.7億円（H30）で、**除草**に関する費用は約2.1億円と全体の21%を占める。

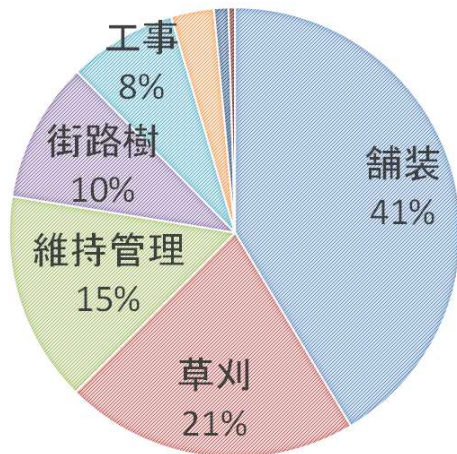


図-1 保全部事業費の内訳（H30年度）

また、苦情の件数でみると年間約1,500件のうち草に関する苦情は約180件と約12%となっている。苦情の時期でみると6月から10月の上半期が多く月に30件程度ある（H30）。

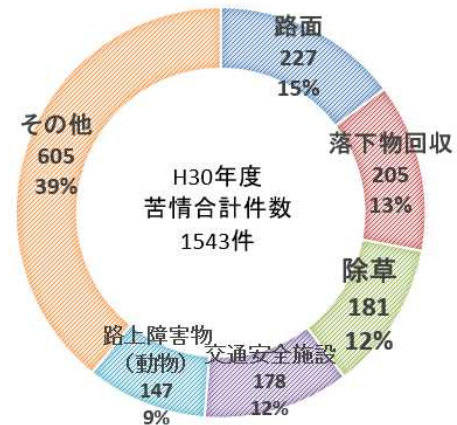


図-2 除草の苦情件数（H30年度）

これまでの除草方法は主に肩掛け式草刈り機（線的な管理）で行っており、現場条件によっては搭乗式・ハンドガイド式草刈り機（面的な管理）、鎌や人の手により行っている場合もある。（部分的な管理）

肩掛け式草刈り機については機械が小さく機動性に優れ、狭隘部や斜面などの草刈りに適していることから農家や一般家庭で最もポピュラーな方法として一般的であるが「飛び石」による事故に注意が必要である。

平成30年度の当事務所管内では3件（県内10件）と飛び石事故が多発し、その対策を検討したが機動性が落ちるなどの問題もあり抜本的な対策に苦慮していた。

また近年の労務費高騰を考えると今後も草刈り費用の増大が考えられることから今の管理レベル

を維持するためにはより**経済的**な方法を模索しなければならなかった。



図-3 除草の様子（肩掛け式草刈機）

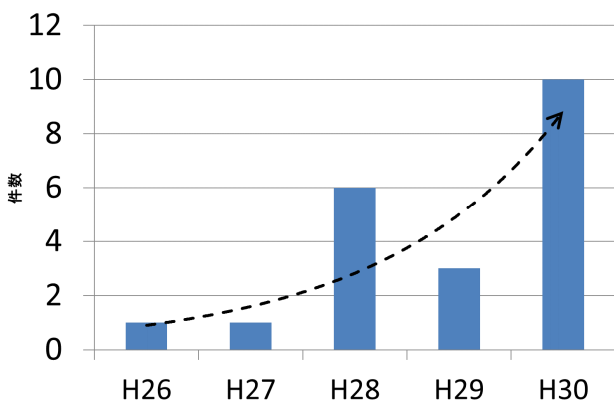


図-4 飛び石事故の発生件数推移(宇都宮土木)

2. 飛び石事故防止方法の検討

(1) 防護ネットのサイズアップ

飛び石の飛散防止範囲を大きくすることができるが、風荷重やネット重量の増大により防護ネット保持者への負担が大きくなる。なお、「跳ね石」（飛び石が縁石などで跳ね返ったもの）による事故を防ぐことは困難と判断される。

(2) 飛び石対策用品の検討

既に市販されている対策用品導入を検討したが、現在の肩掛け式草刈り機にアタッチメントとして追加するタイプが殆どで機械重量が増えることから作業効率が落ちると考えられる。

(3) 除草剤の使用

栃木県では平成23年に「道路における防草対策について」が通知され、その中では「除草剤の使用が原則禁止」とされており実際の散布には至っていないかった。

これは県民からの「農薬（除草剤）使用に対する不安」に県が配慮したものと考えるが、前述のとおり飛び石事故の増加により「県民への加害者」となっている今となっては飛び石事故が発生しないよう「安全」な除草剤散布を検討する時期であると判断し、これまで実施されていなかった除草剤の散布の可能性について前向きに検討することとした。

a) 各都道府県の散布状況

平成26年度に大分県が実施した「除草剤の使用に関する全国都道府県調査」によると、全国的には3割（14自治体）の使用実績があった。

b) 県内の散布状況

栃木県として散布した実績はないが、県内においては、宇都宮大学「雑草と里山の科学教育研究センター」と宇都宮国道事務所が連携し道路区域における雑草防除を研究・推進していた。

c) 管内の散布状況

管内自治体（市町）による散布実績があった。

以上のことから、除草剤の使用については全国的にも実績があり、除草剤の安全性が確認できれば「飛び石」対策の最も有効な方法と考えられることから実施することとし具体的手法の検討を行った。

3. 除草剤散布方法と効果

(1) 薬剤の選定

安全性が確認されている農林水産省登録済の除草剤の中から、全国調査において最も利用実績が多かった「ラウンドアップマックスロード」とした（茎葉処理剤で主成分はグリホサートカリウム塩）。

(2) 住民への周知

事務所ホームページ及び上三川町広報に掲載するとともに、除草剤散布後には現場への表示も行った。

(3) 散布方法

希釈倍率は環境への影響に配慮し、薬剤使用方法に記載の雑草に対するもののうち最も濃度が低い100倍とした。また、暴露範囲拡大を防ぐため風の吹いていない日の散布や、粒状（シャワー状）の散布とするなど飛散防止に努めることとした。

(4) 散布範囲

管内の道路において除草の苦情があった区間や交通量が多く渋滞が起りやすい区間（草刈り作業危険箇所でもある）を選定し、中央分離帯や縁石を中心とした散布を行った。

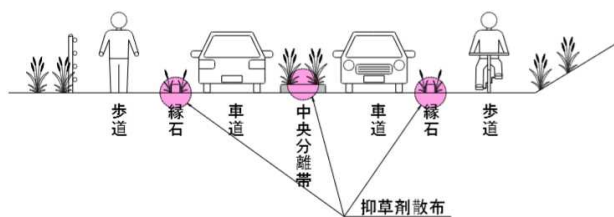


図-5 HPに掲載した除草剤散布範囲の図面

(5) 実績

4～5月及び7～8月にかけての計2回の散布を実施し、1回あたり総延長は56kmで総面積は約12万6千m²。

1回あたりの総費用は1千2百万円で単位面積当たり95.4円/m²となった。

(6) 効果

- 散布後約1週間で雑草は枯れ、約2か月の間、雑草育成は抑えられた。（抑草効果あり）
- 散布費用は肩掛け式草刈（289.4円/m² H30）と比較すると1m²あたり194円安価に施工でき、総額では**24百万円**のコスト縮減が図られた。（経済効果あり）
- 規制時間が短く、渋滞の発生が抑えられた。（渋滞抑制効果あり）
- 当然だが散布中の**飛び石事故**はなかった。

（飛び石事故防止効果あり）



図-6 散布状況



図-7 散布5日後の状況



図-8 散布10日後の状況

(7) 散布中止の要望

2回目散布中のところ、発がん性物質を含む農薬を撒いているとの内容の要望書が知事あてに提出された。

県民への周知・理解促進がやや不足していると

判断し、今年度はこれをもって管内における除草剤散布を終了することとした。

4. 散布実施による課題

(1) 農薬の安全性についての理解促進

a) 農業と農薬

農薬は農作物育成にあたり障害となる雑草や害虫駆除のために利用され、農家の人々の労働力軽減および作業効率化に役立ってきたこと。

戦後、科学技術の進歩により化学合成農薬が登場し、収穫量の増大や農作業の効率化につながったが、これらの農薬の中には、人に対する毒性が強く、農薬使用中の事故が多発したもの、農作物に残留する性質（作物残留性）が高いもの、土壌への残留性が高いものなどがあったため、このことが昭和40年代に社会問題となった。

b) 登録農薬は安全

昭和46年に農薬取締法が改正され、登録申請を行う農薬製造業者や輸入業者は、ほ乳類に対する急性毒性試験成績書及び慢性毒性試験成績書、農作物及び土壌において残留する性質に関する試験成績書の提出が義務化となったことで、これまで使用されてきた残留性が高く、人に対する毒性が強い農薬の販売禁止や制限がなされ安全性が確保されるようになった。

c) 発がん性物質を恐れない

我々が発がん性物質を含む食品（米、加工肉、酒など）を気にせず摂っているのは、「その量」が問題であり少ない量であれば健康を害する恐れはないということ。

(2) 散布範囲の再検討

a) 除草剤の飛散による農作物への被害

除草剤散布中に突風などで除草剤が飛散して枯損（事故）を生じない箇所の確認。

また、事故が発生した場合の補償方法の確認。

b) 県民の理解が得られる箇所

人に対する安全性は確保されているが、「安心」「理解」が得られる箇所の確認。

(3) その他の課題

a) 緑化目的の見直し

道路緑化の目的と必要性を見つめなおし、必要ではない区間は植栽の撤去も検討するべき。

b) 予算内の維持管理

木（街路樹）は必ず大きくなり管理費用は増大することから、並木を保つための定期的な更新による管理費の維持。

毎年発生する雑草の管理面積の縮小と防草対策範囲の拡大。

c) 県民ニーズへの対応

道路沿線の自治会が草刈を行っていた箇所において、高齢化により実施されなくなる箇所が増え県が行う草刈範囲が拡大する。

5. まとめ

今回の除草剤散布において主たる目的であった「飛び石による事故防止」及び「経費削減」については十分な効果が確認でき、今後十分に活用できると判断できた。

散布方法については草刈と同様に、ある一定の技術が必要であることから研修などによる技術の伝承・普及活動が必要である。

また、今回みえてきた課題については「どこに散布する（周知）」とともに「何を散布する（農薬への理解）」が重要であると感じた。

引き続き検討を進め、次年度以降もひきつづき将来の本格実施にむけ検討を進めていく。

一級河川菊沢川の河川整備における一考察

物井 健太郎

栃木県安足土木事務所整備部整備第二課

1. はじめに

一級河川菊沢川は、佐野市西部を流れる湧水を起源とした河川である。(図-1)本河川の周辺において雷雨等の強い雨が降る度に、道路や宅地内が浸水する状況にある。また、本河川上流部では、北関東自動車道沿線の田沼地区の開発が予想され、今後、浸水被害がさらに大きくなる事が懸念される。そこで本県では菊沢川の改修を実施することとなった。

一方で、本河川の一定区間において清流に生息する希少種であるナガレコウホネが繁茂している。地元町会によってナガレコウホネの保護活動が行われており、菊沢川の改修においても保全する事が望ましいことから、多自然川づくりの考え方に従った河川改修計画とした。さらに平成22年にナガレコウホネの移植を試験的に実施した。

本発表では希少な水生植物の保護を考慮した河川改修計画について紹介すると共に移植したナガレコウホネについて確認、考察する事で、今後の類似工事のための一考察とするものである。

2. 背景

(1) 菊沢川改修計画概要

- ・計画延長：4,400m
佐野市栃本町から菊沢川放水路分派点まで
- ・計画流量：20(45)～30(65)m³/s
()内は将来計画流量
- ・期間：平成24(2012)年度～令和13(2031)年度

(2) ナガレコウホネについて

ナガレコウホネはスイレン科コウホネ属の水生

植物で、コウホネ(レッドデータブック絶滅危惧Ⅱ類に分類)と本県のみで生息するシモツケコウホネの交雑種であり分布範囲は県内でも限られている。(図-2)ナガレコウホネの保護については改修計画策定以前である平成19年より地元菊川町会が「菊沢川の清流とコウホネを守る会(以下:守る会)」を結成し、年に2,3回河床や護岸の除草等を行うなど、地元の関心も高い。

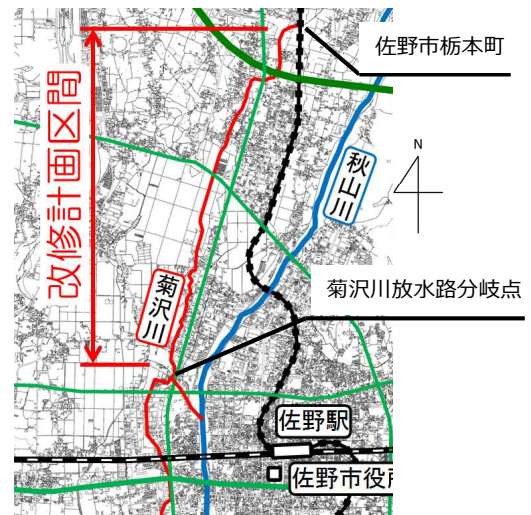
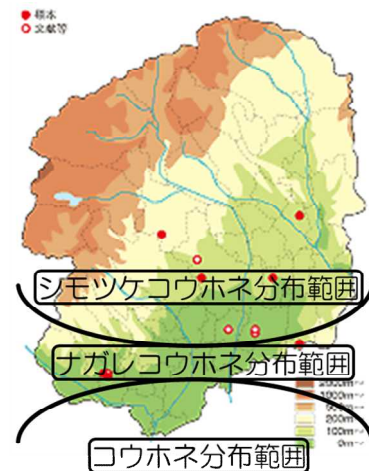


図-1：一級河川菊沢川 位置図



レッドデータブックとちぎより

図-2：栃木県におけるコウホネ属分布図



図-3：計画平面図

3. 保全方法の検討及び計画

(1) 河川改修計画

図-3及び図-4に河川改修計画を示す。従前の考え方は河床を平坦にし、護岸を両岸に施工するとしていた。見直し後は希少種の保護のため、多自然川づくりの考え方に従い、現況の滞筋を残し、生息環境を変えないよう努めるものとした。また、守る会及び有識者と協議を実施し整備区間の一部約500mについて、ナガレコウホネ保全重点区間を設定した。

しかしながら、一部、河川法線の変更や橋の掛け替えにより影響を受けることから、ナガレコウホネの移植が可能であるか移植試験を実施した。

(2) ナガレコウホネの移植試験

a) 移植方法

ナガレコウホネの移植については、条件を実際の施工時とほぼ同一なものとするため、今後失われてしまう群落から保全重点区間にあるナガレコウホネ群落そばの2地点を選定し移植した。その際留意したのは以下の3点である。

- ・移植時根茎を極力切らない
- ・移動時に根茎を乾燥させない
- ・根茎の埋設は15cm程度とし、移植後の流出を防ぐためマットと留め金具及び石をのせる

b) 移植後のモニタリング結果

移植後の活着状況確認のため、1～4年後に各年1回の生育面積調査を実施し、その後は目視で繁茂状況を確認することとした。

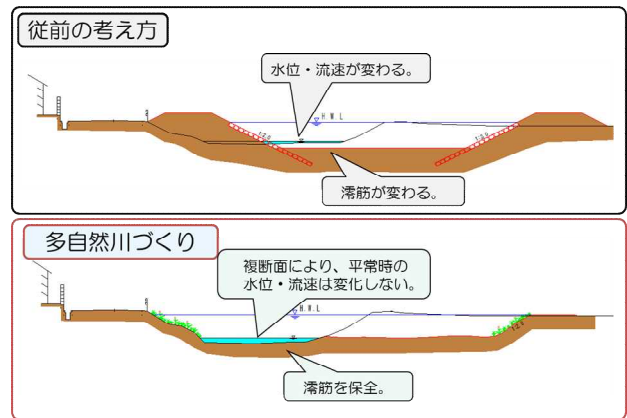


図-4：標準横断面

		調査年度				
		H23	H24	H25	H26	
群落 番号	移植地2	生育面積	1.0	4.0	5.0	6.1
		H23比		4.0	5.0	6.1
	移植地3	生育面積	1.6	3.2	4.0	6.5
		H23比		2.0	2.5	4.1

表-1：ナガレコウホネの生育面積



写真-1：植生地2(黄枠内はナガレコウホネ群落)

移植後1年後(平成23年)の生育面積に比した各年の生育面積は移植地2及び移植地3共に増大し、特に移植地2については6.1倍となった(表-1) 4年後以降の目視による繁茂状況の確認でも移植地においてナガレコウホネが繁茂している状況が確認された。(写真-1)

4. まとめ

移植試験の結果、ナガレコウホネは根茎を持つ植物であるため、流出は比較的しにくく、活着しやすい植物である。流失対策を実施した上での移植であれば、生育面積が増大することが明らかになった。しかしながら、流出防止のためのマット等が発芽の阻害となる場合があり、移植完了後もマット等を撤去する手間もかかる事から、希少種の保護には澁筋を保全し、移植を極力行わないことが望ましいと考えられる。今後、他の水生植物の移植を実施する際にも同様の移植試験を実施し事前評価を行う必要がある。

以上のことより次の3点を本発表のまとめとする。

- ・河川事業において希少な水生植物が確認された場合、多自然川づくりの考えに基づき計画を見直す事が望ましい。
- ・河川改修計画やむを得ない場合、移植を実施する事も種の保全において効果的である。
- ・ただし、計画を見直す際には、保護対象の種について移植試験を実施し、事前評価を行う必要がある。

地域特性を活かした千塚産業団地における 産業基盤整備の成果について

見目 教高

栃木市産業振興部産業基盤整備課

1 はじめ

当市は、県南部に位置し面積331.50 k㎡、人口約16万人、東京圏から1時間と近く、東北縦貫自動車道と北関東自動車道がクロスする高速交通ネットワークの要衝となっており、交通利便性に非常に優れた立地条件を有している。(図1)

また、当市は3つのインターチェンジが整備されており、首都圏をはじめ、東北、北関東、さらには東海や関西方面に至るまで主要都市へのアクセスに優れ、企業間の連携がしやすい利点がある。



図1 栃木市の位置図

当市の工業は、千塚産業団地をはじめ11の産業団地と、いすゞ自動車(株)、日立グローバルライフソリューションズ(株)、サントリースピリッツ(株)など多くの製造業企業が立地しており、平成28年度の製造品出荷額が1兆922億円(県内2位)と非常に高く、ものづくりが盛んな工業都市である。(図2)

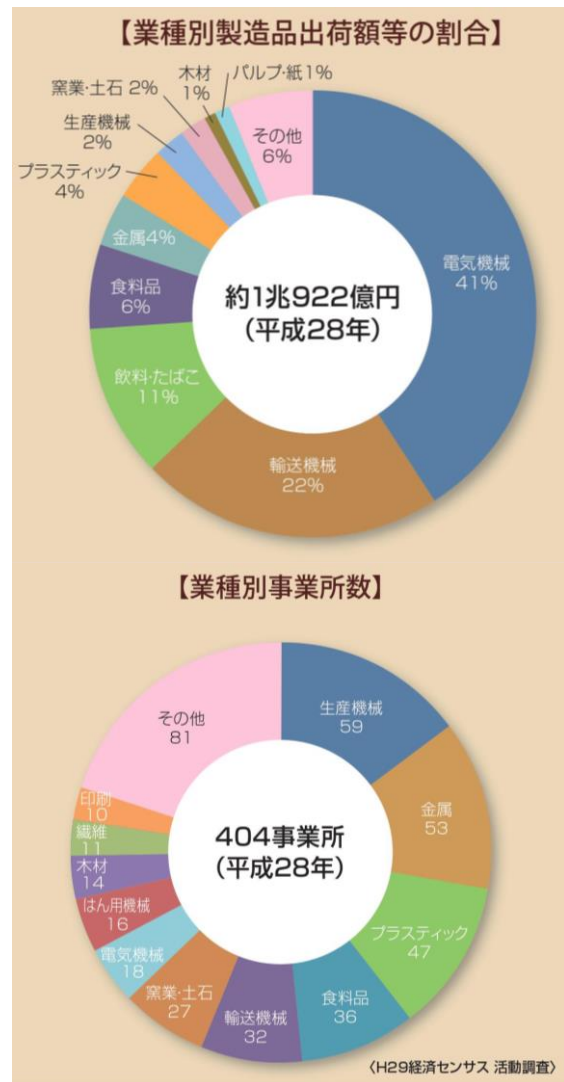


図2 経済センサス活動調査

本稿では、地域特性を活かした産業団地造成事業によるさまざまな取り組みを行い、多くの成果を挙げているため、平成29年11月に完成した千塚産業団地を事例に、地域のあゆみ、事業の経過、そして、整備後の効果について紹介する。

2 地域のあゆみ

(1) 現況

当地区は、千塚町上川原(ちづかまちかみがわら)と言い、栃木 I C より北西約2.5 km に位置し、東を一級河川永野川、西をゴルフ場に挟まれた田園地帯である。また、一級河川永野川をはさんで主要地方道栃木粕尾線が位置する。(図 3)

形状は、南北約1200m、東西約500mの木の葉形をしており、全体が平坦な約36.7haの地区である。



図 3 千塚産業団地の位置図

(2) 千塚町上川原地区のいわれ (五者さま)

千塚町上川原地区は、江戸時代、地区の人口が増え、田の開墾も進むにつれ、水が足りなくなった。ある年、日照りが続き、田が枯れはててしまった。そのため、村人総出で、隣村(寺尾)の永野川から水を引くため、一晩のうちに約250mの水路を掘った。しかし、その罪は親族にも及ぶため、五人の名主たちが申し出て、罪を一身に背負った。

名主たちは、村を代表して『よその村に勝手に水路を掘った罰』で処刑されてしまったが、その活躍から、村人は五人の名主たちを神様として崇め、千塚の守り神とした。

また、隣村(寺尾)とは、二度と水争いの不幸を起こさないように交流を続け、親戚同士として仲良く暮らしている。

名主たちは、数百年を経た今日に至るまで、千塚八幡神社に五者(五社)様として祀られ続けている。



写 1 千塚町上川原地区水田風景



写 2 永野川 阿寺倉堰

(3) 開発の歴史

千塚町上川原地区は、栃木 I C の整備に伴い昭和46年に通産省(当時)の工場適地に選定され、地域の人口減少に対処するため研究を進めてきた。

その後、平成7年に地元地権者による「千塚町上川原開発研究会」が発足し、平成9年に「千塚町上川原開発推進協議会」に発展した。しかし、社会経済状況の悪化により一時休止となったものの、平成20年より活動を再開し、地権者全員から合意形成が図られたことで、事業が大きく進むこととなった。(写 3)



写 3 千塚町上川原開発推進協議会

3 事業経過

(1) 計画の決定

当時、市が事業主体とした大規模な産業団地開発は初めてであった。そのため、工業系土地利用への転換を行うために、農林漁業との健全な調和を図る上で、市街化区域編入を目指すこととなった。

第6回定期線引き見直しに伴う国協議を進め、平成26年9月19日に都市計画の決定をした。

ここでは、工業フレームにより将来の製造品出荷額推計から必要となる工業用地需要規模を算出した。また、事業の確実性として、栃木市が施行者となり土地区画整理事業を実施することとした。

(2) 土地区画整理事業概要

土地区画整理事業は、道路や公園などが未整備な区域において、地権者からその権利に応じて少しずつ土地を提供（減歩）してもらい、この土地を道路や公園などの公共用地に充てるほか、その一部（保留地）を売却して移転費や整備工事費などの事業資金の一部に充て、土地の区画を整え宅地利用の増進を図る事業である。（図3）

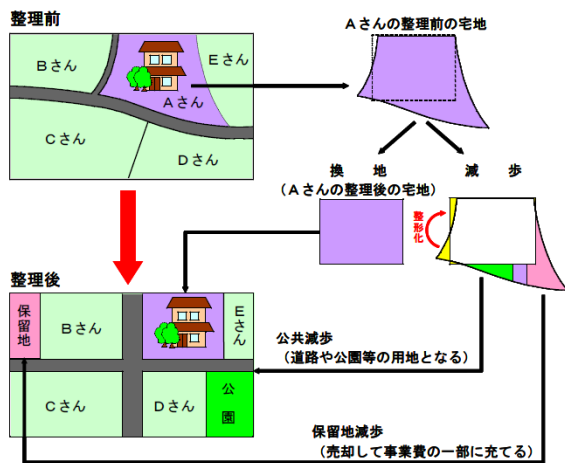


図3 土地区画整理事業イメージ図

産業団地としての面整備をする上での課題は、権利状況が複雑なケースが多く、相続や債権、管理状況など、整理することが山積している。

そこで、土地区画整理事業のメリットは、住宅と工場の混在をさけるため、土地の移転や集約が

できることから、未相続などにより取得が難しい土地（換地）の課題解決ができる。

以上のことから、産業団地の整備に土地区画整理事業が有効な手法のひとつと言える。

そして、土地区画整理事業の換地計画により大型街区を設定し、大規模な工場の誘致を目指すこととした。

(3) 用地買収

当事業は、市が全部買収することを原則としており、平成26年11月から用地買収を行い、122名、404筆、約30万7千㎡の用地取得を行った。

買収を円滑に進めるため、未相続地は法定相続人との契約交渉を行い、また、営農者には農地の代替地斡旋により農業経営への影響がないよう対応を行ってきた。

(4) 造成工事

工事は、土地区画整理事業による仮換地指定後、調整池整備から着手して、道路、公園、宅地造成を行った。工事期間は平成27年7月から平成29年9月までの約2年間で実施した。（図4）

造成に伴う盛土材については、栃木土木事務所管内の公共工事101件から約18万6千㎡を受け入れた。

その際、分譲地の盛土材について、「千塚町上川原産業団地造成事業における搬入土砂の基準」を定め、土壤汚染対策法関連に基づく28項目及びダイオキシン類の調査を行い、基準値以下の良質な土を受け入れ、約26万㎡の宅地造成に取り組んだ。



図4 千塚産業団地完成図

なお、平成27年の関東・東北豪雨の時には、栃木市中心市街地が甚大な災害に見舞われた。その際、当地区が災害復旧基地として、約5万 m^3 (18万6千 m^3 の内)の土砂の受け入れを行い、また、大型土のうの製作・運搬も行ったことで、早期復旧の一躍を担った。(写4)



写4 平成27年関東・東北豪雨時災害基地

(5) アクセス道路及び橋梁新設

当地区は、一級河川永野川で分断されていたため、一級河川永野川に新たな橋梁(写5)と主要地方道栃木粕尾線にアクセスするための道路が必要であった。

橋梁位置の選定においては、主要地方道栃木粕尾線と一級河川永野川との距離や高低差など現地調査を実施して3候補地から絞り込み現在の位置となった。

橋梁工法については、郊外であったため現場作業がしやすく、工事費の抑制を図ることから、現場打ポストテンション方式中空床版橋に決定した。(図5)

道路計画においては、アクセス道路(2車線 幅員12m)と主要地方道栃木粕尾線(4車線 幅員18m)とのT字交差点として信号機を設置した。



写5 新千塚橋竣工

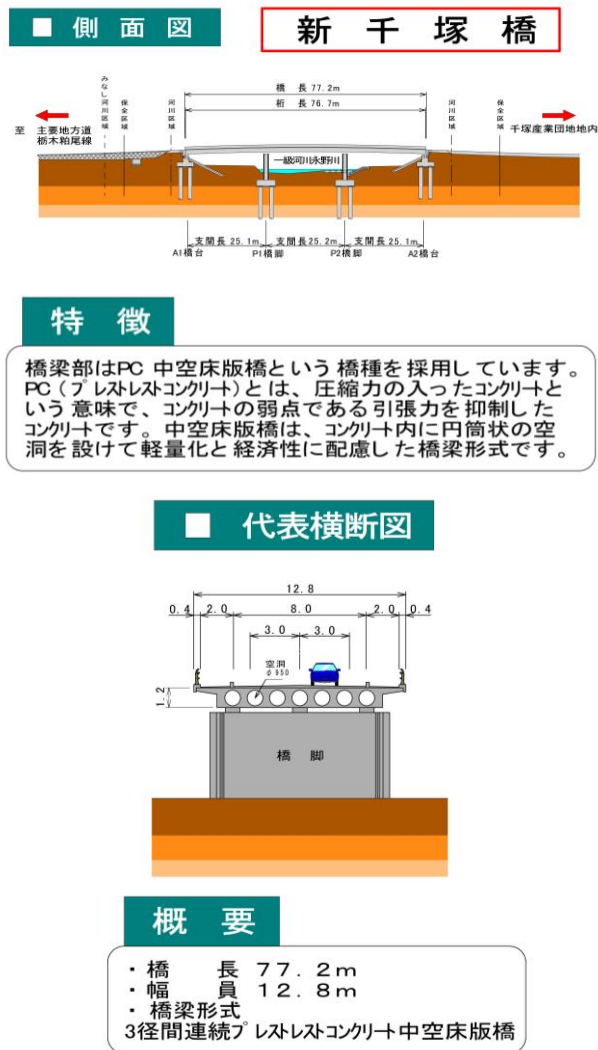


図5 新千塚橋設計概要

(6) 環境影響評価

当地区は、栃木県環境影響評価条例(平成11年3月19日 栃木県条例第2号)による調査を行った。

当時の開発による環境影響評価対象面積は、20ha以上であったため、当事業が環境に及ぼす影響について、あらかじめ調査・予測・評価を行い、環境の保全に配慮した事業となるよう環境影響評価(環境アセスメント)を実施した。現在、造成工事終了後、3年間の事後調査を実施している。

評価において、特に猛禽類であるサシバ(絶滅危惧Ⅱ類として指定)が飛来しており、近接地での繁殖が確認された。そのため、地区内に約5haの水田ビオトープを創出することによる代償措置を講じて、餌場の確保等を行った。

現在は、工事終了後2年目を迎えている。事後調査で配慮する主な項目として

- ア 地下水位のモニタリング
- イ コイヌガラシ、ミズマツバの移植及び生育環境の確認
- ウ サシバの利用状況等の確認

これらは、モニタリング調査(写6)を行い、自然環境保全対策検討委員会の意見を盛り込んだ保全計画を作成して水田ビオトープ等の維持管理を行っている。



《サシバ》



現地調査風景



水田ビオトープ

写6 モニタリング調査

(7) 事業採算性

今般の財政健全化を図るため、当事業における当初資金計画に対して、事業中の削減策を講じたことで収益を得られている。

支出

当回事業費	決算事業費	差額
約40億円	約32億円	約8億円

分譲収入

当初分譲収入	売出分譲収入
約40億円	約37億円

事業費削減の大きな要因は、公共工事からの良質な盛土を受け入れたことで、購入土の費用を大幅に軽減できたことや、低金利により借入金利子が軽減できたことが主なものである。それに伴い、分譲価格も安くすることができたため、分譲がスムーズに進む大きな要因となった。

(8) 竣工式

平成29年10月、当事業の完成に当たり、地元組織である「千塚町上川原開発推進協議会」が主催となり、栃木土木事務所や栃木警察署などの関係機関や、既に進出が決定していた企業を招待して、千塚産業団地及び新千塚橋竣工記念式典を盛大に開催し、地元活性化の起爆剤となる産業拠点のお披露目を行った。(写7)



写7 千塚産業団地及び新千塚橋竣工記念式典

4 整備後の効果

(1) 千塚産業団地分譲概要

当団地の分譲面積約26.1ha、32区画として平成28年11月から予約をはじめ、平成29年7月から本格分譲を行った。

特色として、交通アクセスが良い点、良質で豊富な地下水がある点、地盤が良く地震など自然災害の影響が少ない点である。なにより、進出した企業からは、緑あふれる絶好のロケーションであると好感を得ている。さらに、分譲価格を平均14,300円/㎡と低価格の設定ができた点も企業誘致への好条件となった。

分譲計画としては、5ヶ年で完売する計画とした。

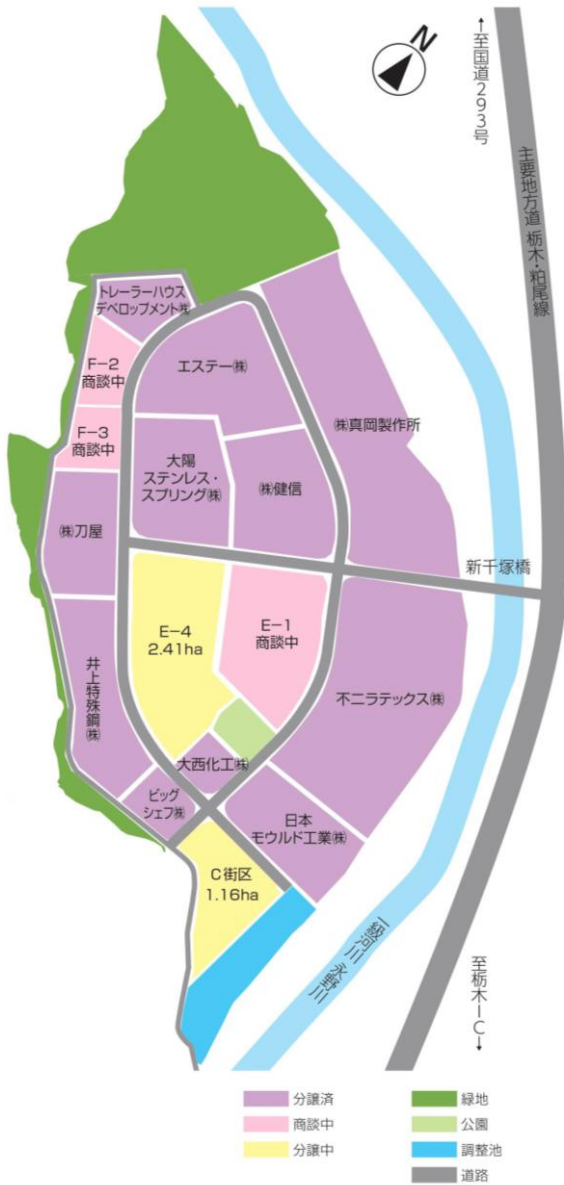


図6 令和元年10月 分譲状況図

(2) 引き合い状況及び分譲実績 (R元年10月現在)

当市の平成27年から3年間の引き合い状況は、76社、約151haと非常に多く、そのうち、商談が成立した件数は、千塚産業団地や宇都宮西中核工業

団地などに19社 約40haであった。

千塚産業団地では、わずか2年で11社、23区画、約20haの分譲（分譲率75%）を行った。現在は、残りの区画もすべて商談中であり、本年度中に完売の予定である。（図6）

これにより、当市が抱える分譲用地が、宇都宮西中核工業団地の2区画 約1.2haのみとなる。

(3) 千塚産業団地の効果 (R元年10月現在)

現在、11社の企業と契約を締結し、うち6社が操業しており、雇用数が約600人、年間税収額が約2.5億円の効果がでている。

完売後においては、14～15社の企業が立地し、全体での雇用が約820人、年間税収額が約3.5億円と試算している。

これにより、労働人口の確保、地域離れの抑制、優良企業の立地に伴う住民税をはじめとした市税増など、当地域の産業振興及び地域活性化への貢献度が非常に大きい。

(4) 今後の展望

当市では、千塚産業団地の早期完売に伴い、産業用地のストックがないことから、継続的な産業振興を図るため、次期産業団地計画に着手している。

現在、栃木インター西地区と平川地区の2地区を産業団地とするため、既に県国協議に着手しており、早期完成に向けた調整を進めている。

5 おわりに

産業団地開発は、長い年月をかけて実現しており、これまでに多くの諸先輩方のたゆまぬ努力の積み重ねがあったからであり、なにより、地域の皆様や関係機関のご理解ご協力により事業が早期に完成でき、そして好条件により完売の見込みが立った。ここに、深く感謝申し上げるとともに、地域のさらなる発展に寄与するものと大いに期待しています。

建設の魅力を小中学生へ伝える取り組みについて

栃木県立那須清峰高等学校建設工学科

山口 涼義 和氣 瑛昌

1. はじめに

専門高校、特に工業系学科では普通教科に加え専門教科としての座学と実習もあり、特に、建設工学科では1年次に土木、建築に必要な基礎的な学習を行い、2年次からは土木・建築コースに分かれ、専門的にそれぞれの専門についての知識や技術・技能を学んでいます。また、本校では数年前に UAV（ドローン）や電子平板が導入され、最新の技術にも触れることができます。

しかしながら、入学当初は建設についてあまり知らず、建設に対するイメージは大工や建築士でした。しかし、実際に学んで行く中で建設業が地域社会にとって無くてはならないものだと感じました。そこで、早い段階で建設の魅力を知らしてもらいたいと思い様々な行事を通して小学生や中学生に建設の魅力を伝える取り組みをおこなっています。本報告ではこれまでの活動について報告します。

2. 事業の展開

様々な機会を通し、建設の魅力を伝える活動をおこないました。主な内容としては以下の通りです。

- ・逆打ち測量によるキャラクター作図ならびにドローンによる撮影
- ・ドローンによるリアルタイム映像上映
- ・廃材を利用した木工体験
- ・早強コンクリートを使ったものづくり体験
- ・模型を使った体験

また、これらの内容を様々な行事で行い建設の魅力を伝える取り組みを展開した。

表-1 取り組みを行った行事

時期	行事名
8月	一日体験学習（中学3年生対象）
10月	西那須野産業文化祭
11月	学校祭（隔年実施）
随時	中学校における学校説明会

3. 測量技術の応用によるキャラクター作図

測量技術と行っても子供達には難しいし、なかなか伝わりません。そこで、「測量でこんなことができる」をキーワードに、昨年より中学3年生対象の一日体験学習において、駐車場に12m×12m程度のキ



図-1 測量作業の様子



図-2 一日体験におけるキャラクター作図



図-3 学校祭におけるキャラクター作図

キャラクターを作画しています。建設で学ぶ測量技術をアピールするために、中学生が知っているキャラクターを平板測量の逆打ち測量で作画している。また、学校祭では一日体験学習より大きい30m×30mのキャラクターをグラウンドに作画しました。そのイラストをドローンで上空から撮影した映像をリアルタイムでモニターに出力し、多くの人に見てもらいます。測量技術と最新の技術を紹介するのに良い方法だと考えています。学校祭の際は、建設工学科1年生が作画し、1年生の展示として行い多くの人に見てもらいました。幼稚園児や小学生はとても喜んでいました。

4. 廃材を利用した木工体験

1年生の工業技術基礎で腰掛け鎌継ぎ、2年生の実習で技能検定3級の課題を製作します。また、様々な実習でも木材を使用することは多く、多くの廃材がでます。その活用として、廃材を利用した木工体験を行いました。

幼稚園児や小学生の自由な発想で、釘やボンドを使い、ものづくりを体験しました。

私達も子供達のものづくりを手伝います。子供らの発想に驚くとも難しい要求もあるので、妥協案を探りながら一緒にものづくりを行いました。子供によってよっては色塗りまで行い、普段できない体験をしました。少しでもものづくりに興味を持ち、建設の魅力を感じてもらえればと思います。

5. 模型を使った体験

今年度、3年生の課題研究班が液状化現状の模型を製作しました。模型を木槌でたたくとその振動で液状化の様子がわかるものです。この模型を、中学校での学校説明会で使用し、中学生に液状化現状を説明しました。中学生も液状化現象といっても分からないようでしたが、実施に体験し地中から軽いものが浮き上がってきて、重いものが沈む様子をみて少しは理解できたようでした。このような体験を通して、少しでも建設について興味を持ってもらい、将来、建設業に進んでもらいたいと思いました。

6. おわりに

本報告では、学校の授業で学んだ建設の知識や技術・技能を生かして、建設の魅力を伝える活動はないかと考えて実践してきたことを報告しました。

建設業はなくてはならない仕事だと感じると共に、改めて自分たちもその魅力に気づいた面もありました。

これから高校生になる中学生3年生を対象とした

一日体験を重要視していましたが、将来の高校生である幼稚園児や小学生にどれだけアピールできるかが大切だと感じることもできました。小学生には、体験を通して、ものづくりの楽しさや建設の魅力を伝える必要があると感じました。

今後は、本校単独ではなく、様々な団体と協力して、私達の後につづく子供達に建設の魅力を伝えていきたいと思っています。



図-4 西那須野産業文化祭・建設工学科体験



図-5 学校祭における工作体験



図-6 中学校における学科説明



図-7 液状化現状の模型体験

ビッグデータ時代の水文計測手法の一提案

(株)安田測量 技術推進室 安田 晃昭

1. はじめに

現在、各産業界においては、AIやICRTを活用した技術開発が加速しており、分野によってはAIの利用が始まっている。しかし、我々、建設コンサルタント業界、特に、水文計測分野においては、AI等の活用は今後の技術開発が望まれている状況にある。

その活用が進んでいる分野と進んでいない分野の違いを考えると、一つは、これまでの取得した情報量の差と考えられる。AIを活用するためには、入力情報として、多量の情報、ビッグデータが必要となる。これまでの水文計測では、10km間隔程度での水位情報や低水・高水の流量の観測等が行われてきたが、水文計測分野において、AIを活用するためには、より多量の情報が必要となる。

しかし、水文計測の分野において、多量の情報の取得を行う事は容易ではない。なぜなら、時々刻々と変化する水面形状の3次元情報を、現地にて取得する手法は現在、筆者の知る限りでは開発されていない。近年ではStructure from Motion(以下、SfM)による3次元形状の計測が容易となってきた。模型実験における近接写真測量による水面形状の計測は椿ら^{1),2),3)}の研究がある。一方で、実河川を対象とした平面的な水位の計測の成功例はあまり報告されていない。その要因には、一般的に、水面はテクスチャが僅少などの写真測量に適していない被写体である⁴⁾ ことに加え、SfMによる水位の平面的な計測では、2枚以上の同時に撮影された画像が必要となるが、その同時撮影が困難であったことが考えられる。本報では、カメラ同期制御装置(Camera Synchronization Control Device、以下、SCD)を導入した近接写真測量による実河川の水面形状の計測を実施し、同計測法の精度を検証・比較した。

表-1 使用した計測機材

機材	名称	販売元	備考
カメラ	SONY α7 II	ソニー(株)	有効画素数： 2430万画素 ILCE-7M2 ミラーレス一眼
レンズ	SONY FE 28-70mm F3.5-5.6 OSS SEL2870	ソニー(株)	標準ズーム レンズ
SCD	-	(株)アミューズ ワンセルフ	
SfM ソフト	PhotoScan	Agisoft	現在、 metashapeに 名称変更



図-1 近接写真測量の計測状況

2. 計測方法

(1) 計測機材と設定

計測は、表-1に示した計測機材を用いて実施した。図-1に示したように、カメラとSCDを1組とし、合計5組のカメラセットを用いた。水面の形状は、同時刻に撮影した5枚の写真を、SfMソフトを用いて解析し、水面の3次元座標の点群を算定した。使用した機材の特徴は、SCD以外が市販品で、水面の近接写真測量の専用機材ではないことである。

表-2 計測機材の主な設定

機材の設定	設定値	備考
フォーカス	マニュアル	水面までの距離： 約40mに設定
シャッタースピード	オート	1/250~1/500
絞り値	オート	f4~5.6
ISO	オート	100~320
露出	オート	補正無し
ホワイトバランス	オート	-

使用した計測機材の主な設定は、表-2の通りである。フォーカスはマニュアル操作で水面に合焦するようにした。カメラから撮影した水面までの比高差は約15m、水平距離は約40m、俯角が約70度である。シャッタースピード、絞り値、ISO、ホワイトバランスは使用したカメラのオート設定を用いた。この設定の意図は、屋外の場合、毎分の撮影毎に日射光の量や角度が変化し、任意の設定を行った場合に写真の質が大きく変化することを防ぐためである。同表に示した通り、設定値は、日中の屋外撮影における一般的な設定値である。

(2) 計測方法

水面のように時々刻々と変化する対象物の正確な3次元座標を近接写真測量によって取得するためには、同時に撮影された2枚以上の写真が要求される。本研究では、カメラを同期するために、GPSから受信した時刻を基に、正分30秒毎に写真を1枚撮影する機能があるSCDを使用した。

撮影した写真を基にした近接写真測量によって得られる3次元座標は任意座標系となる。このため、水面以外のコンクリートブロックなどの現況の不動点を標定点として利用することとし、予めその点の座標をトータルステーション（以下、TS）で計測し、その座標を基に、本手法で計測した水面の3次元座標を世界測地系に変換した。

また、その他、計測結果の比較対象として、橋上操作艇にTS計測用の全方位プリズムを搭載（図-2参照）し、1）操作艇を定点固定してTS計測を行い把握した水位変動量と、同時時間帯に本手法で計測した水位との比較、2）操作艇を流心に沿って流下させ、TS計測した座標値から水位縦断面図、及び艀装したADCPでの計測値から河床縦断面図を作成し、同時時間帯に本手法で計測した3Dモデルから同位置での水位縦断面図を抽出して比較する、2手法に関して実施した。

(3) 計測箇所

本手法での計測試験は、利根川水系 利根川の利根橋の下流で実施した（図-3）。この場所は、瀬淵構造を持ち、特に、この地点は早瀬にあたる。そのため、図-4に示すような定在波が平時にも見られることから、この地点を計測箇所を選択した。

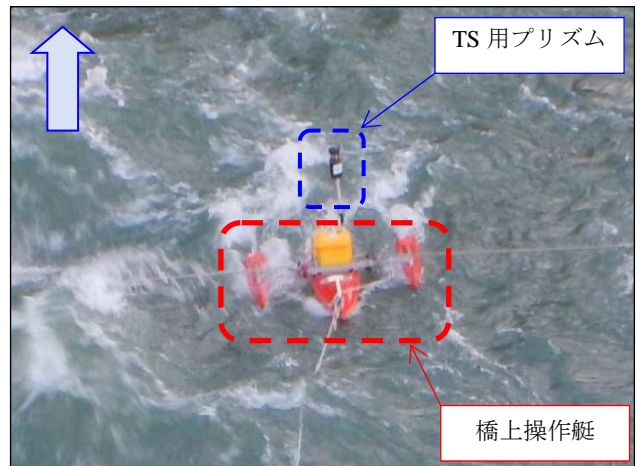


図-2 橋上操作艇の計測状況（TS用プリズムを搭載）

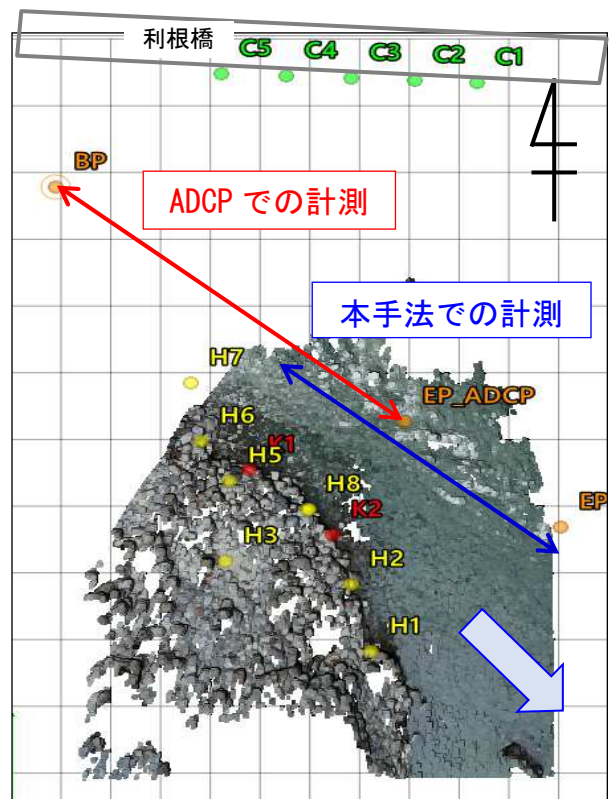


図-3 計測箇所の概況

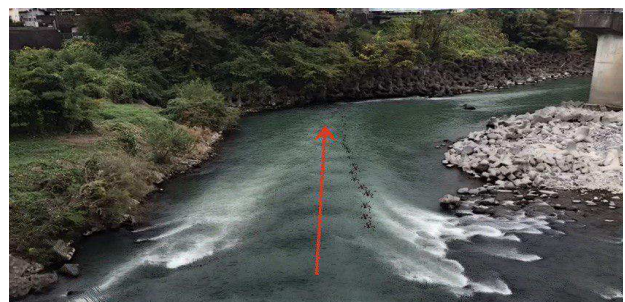


図-4 計測位置の流況（83秒間の2秒毎の多重露光撮影）

(4) 機材の配置

図-3 の上部緑点で示したように、左岸から右岸方向に C1～C5 までの 5 台のカメラを利根橋の欄干に三脚ごと固定し、SCD を用いた水面の同時撮影を実施した。カメラの配置間隔や設置角度等の状況は図-5 に示した通りである。

水面の撮影時にカメラは流心に向けて 5 台を配置し、画角は隣り合う写真同士が約 8 割重なるように現地にて確認しながら設定した。図-5 の上部の水色矩形は、SfM 解析結果から算定されたカメラの撮影位置と角度を示している。その他に撮影時に留意した点は、SfM の解析精度を左右する特徴点をできるだけ多数確保出来るように現況の消波ブロック等の不動点が映り込むように撮影した点等がある。図-3 中の黄色点 (H1～H8) は座標変換に用いた標定点、赤点 (K1、K2) は計測した点群の精度を確認した検証点である。それぞれ、非冠水域の現況地物の不動点にマーキングして作成したものである。

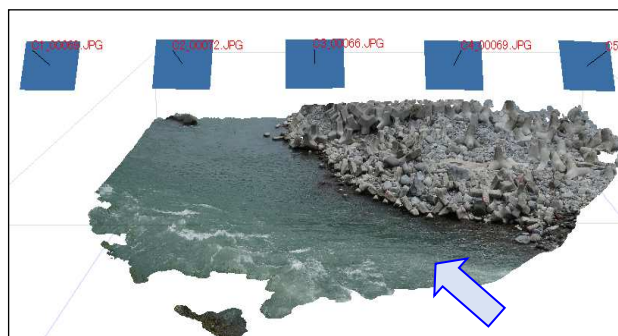


図-5 機材の配置状況 (俯瞰)



図-6 作成した 3D モデルの抜粋

3. 計測結果

(1) 計測結果

本研究では、撮影した写真から SfM ソフトを用いて水面形状の 3 次元座標を算定した。前述したカメラの配置からは、縦断方向に約 50m×横断方向に約 25m 程度の領域における水面の 3 次元座標が得られた。また、現況の不動点に基づき、それらの水面の 3 次元座標を世界測地系の座標へ変換した。図-6 と図-7 は、これらの水面の 3 次元座標を 3D モデルと TIN として示したもので、両図が撮影された原画像と一致することを確認している。

本計測では被写体までの距離が約 40m であったため、計測に用いた機材での撮影解像度は、約 1.5 cm /画素である。また、SfM を用いて算定した水面の 3 次元座標の空間密度は約 1,500 点/m²であった。従来の水位計などによる水位の計測と比べ、飛躍的に高分解能かつ広域の平面的な計測結果を得られることが分かった。

(2) 精度検証

表-3 に、検証点 (K1、K2) を TS で計測した座標 (理論値) と本手法で計測した座標 (計測値) の差分を用い、本計測法で作成した 3 次元座標の精度について確認した。その結果は、水平方向、鉛直方向共に 5 cm 程度の差であり、i-Construction における出来形計測相当の精度基準を満たしていることから、水面形状を十分な精度で計測できていると考えられる。

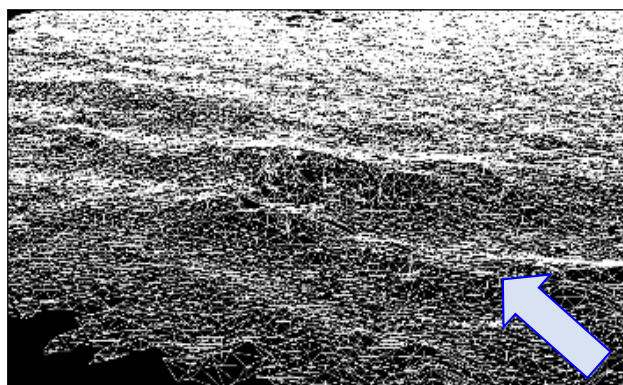


図-7 作成した TIN の抜粋

4. 他計測手法との比較

(1) 定点水位観測との比較

本計測時の水面の時間変動量を把握するため、TS 用のプリズムを橋上操作艇に搭載して定点に固定し、それを TS で 5 分程観測して水位を計測した。この時の計測間隔は 1 秒とした。

定点観測時の平均水位と標準偏差、本手法で計測した水位を表-4 に示す。同表から、本手法で計測した水位は、定点計測した 3 地点のうち 2 地点で平均値±2σ の範囲にあることが分かる。また、他の

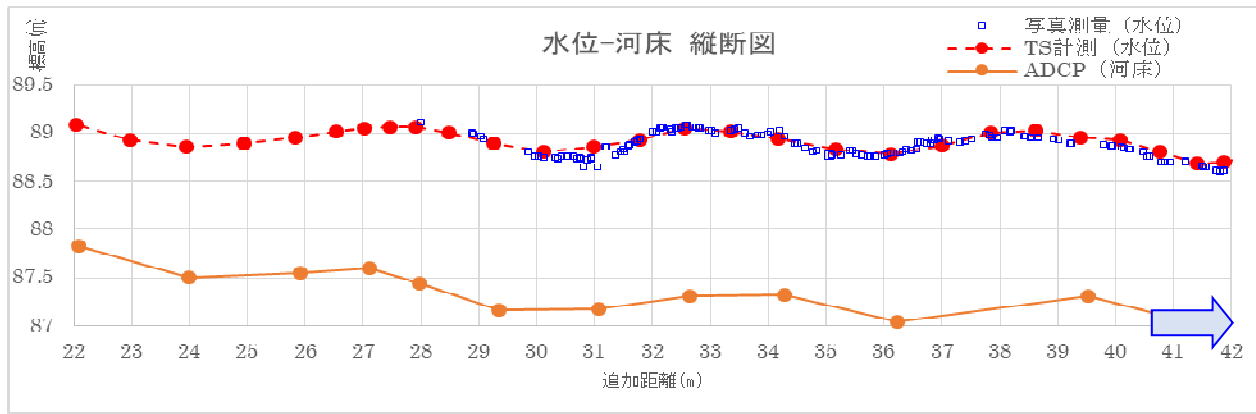


図-8 水位・河床縦断面図

表-3 精度検証結果

点名		X 座標[m]	Y 座標[m]	Z 座標[m]
K1	理論値	42749.714	-69419.485	89.635
	計測値	42749.724	-69419.542	89.606
	差分	-0.010	0.057	0.029
K2	理論値	42742.352	-69411.674	89.248
	計測値	42742.36	-69411.719	89.198
	差分	-0.008	0.045	0.050

表-4 水位の比較結果

No.	TS 平均 [m]	σ	TS 平均 $+2\sigma$	TS 平均 -2σ	計測水位 [m]
time	11/13 15:06:40~15:09:46				15:16:30
1	89.04	0.022	89.08	88.99	88.98
time	11/13 15:25:51~15:29:05				15:37:30
2	88.99	0.035	89.06	88.92	89.09
time	11/13 15:46:15~15:53:44				15:39:30
3	88.88	0.029	88.94	88.83	88.86

1 点は $+2\sigma$ の外側であるものの、TS と近接写真測量の計測値の差は 3cm ほどで、精度の高い計測結果が得られることが分かった。

(2) 縦断面計測との比較

図-4 は、近接写真測量による水面の計測を実施した領域における多重露光写真である。同図から分かるように、同図の中央には水面波が形成されている。同図中の概ね赤矢印の位置において、ADCP と TS を用いて縦断面計測を行い、橋上操作艇に搭載した TS 用プリズムを自動追尾計測することで水位を計測し、同操作艇に搭載した ADCP により水深を計測して河床縦断面図を作成した。また、本手法で作成した 3D モデルから同位置での水位縦断面図を抽出して比較を行った (図-8)。

ADCP による計測は平成 30 年 11 月 13 日の 13 時 25 分 53 秒から 13 時 26 分 24 秒に、近接写真測量による計測は同日の 13 時 25 分 30 秒、13 時 26 分 30 秒、13 時 27 分 30 秒の計 3 回実施した。各手法による計測範囲は、本手法の場合、図 3 中の青線で示した利根橋を起点として上流から 20 から 70m、TS での計測範囲は図 3 中の赤線で示した 0 から 35m である。両者が重複する 20 から 35m 区間の水位縦

断面図を比較すると、両者は極めて良好に一定した水面形状となることが分かる。

本手法で計測した縦断面図(図-8 中：青四角プロット)は、図 3 中に橙色の点で示した ADCP を流下させた起点(図-8 中：BP)と終点(図-8 中：EP_ADCP)の位置を結んだ直線上における水面の 3 次元座標から水位 (Z 座標) を抽出して作成した。また、ADCP を用いて計測した縦断面図(図-8 中：赤線、橙色線)は、操作艇に艀装されたプリズムを TS で自動追尾 (1 秒間隔で位置情報を記録) して計測した情報を基に作成した。なお、ADCP の流下した累計距離と起終点を結んだ直線距離は約 2% の差異があったため、縦断面図作成の際には追加距離を起終点 2 点間の直線距離に補正している。

カメラの設定値のうちシャッタースピードは前述のとおり 1/数百秒程度で、水面の瞬時の変化を捉えていると考えられる。図-8 に示した縦断面図において、本手法と TS 計測での計測結果を比較すると、縦断面図では同様の水面形状を表しており、SCD を導入した近接写真測量による水面形状は、高精度に水面形状を計測しているものと考えられる。

5. 今後の課題と展望

本研究で実施した水面の近接写真測量により水面の3次元座標の取得ができた要因は、特徴点となる白波などの微小な起伏が適度に撮影されていたためと推測される。しかし、必ずしも水面に微小な起伏が存在するとは限らず、鏡面状の水面においては特徴点が少なく、近接写真測量による水面の3次元座標の取得が困難となることは容易に推測される。図-5に示した通り、撮影した画角の全てに対してSfMの処理はできなかった。被写体の撮影においては、できるだけ多くの特徴点を映り込ませる工夫とともに、静水面等の反射等もモデル化の欠損要因になることも考えられ、このようなSfMの本質的課題の解決法を考える必要がある。

また、本計測においては、撮影した5枚の写真を現場で市販品のノートPCを用いてSfM処理を行い、その処理時間は数分程度だった。撮影枚数の増加に伴って処理時間は増加するが、今後は高性能な解析PCを用いること、撮影した画像を自動で解析PCに転送して処理するシステムを構築し、これにより解析工程の省略を図る予定である。他にも、今回の撮影した画像には、位置情報が付与されていなかったため、解析後に世界測地系に変換する工程が必要となったが、今後、写真にEXIF情報が自動的に付与されるSCDを開発し、世界測地系に変換する工程の省略を図ることも予定している。

本計測では70度という大きな俯角を確保できた。しかし、現地条件によっては、十分な俯角を確保できない可能性があり、カメラから見て峰の奥側等の写真で撮影されていない部分の計測を出来ない等の課題が考えられる。この課題の解決法として、俯角が大きく確保でき、現地状況が広く確認できるようにするため、編隊飛行させたUnmanned Aerial Vehicle(UAV)からの水面の写真撮影を予定しており、このシステムの構築により、災害時等でも安全かつ任意の箇所での水面の計測が可能となる。これについては別報にて詳しく報告する予定である。

6. おわりに

カメラ同期制御装置と5台の市販品のカメラを用い、実河川において水位分布の計測ができることを示した。実験結果は、50m×25mの範囲において1,500点/m²以上の密度で、水面の三次元座標の取得に成功した。これは、危機管理型水位計を含めても1km間隔程度に1箇所程度であった従来の水位計測と比較すると、1500万倍以上の情報密度である。

同計測法における計測精度は、現況地物の計測座標との検証の結果、差異は最大で5cm程度である上、水位の定点観測との比較結果は概ね95%信頼区間範囲に入り、十分な精度が得られることを示した。また、縦断的な水位分布を比較した結果、本研究による計測値の波長や波高はTSによる計測値とほぼ一致することが分かった。

AI等、ICRTを利用するSociety5.0に向けて、水文計測分野においても、多量のデータが整備されたデータリッチな環境を整備する必要性は今後高まることが予測される中で、その基礎技術の1手法としての活用可能性を確認した。

謝辞

本研究は、国土交通省 前 水管理・国土保全局 河川計画課 河川情報企画室長（現 関東地方整備局 河川部長）佐藤 寿延氏から技術協力を得た。また、本研究は、土木学会流量観測高度化研究小委員会（委員長：神戸大学 藤田一郎 教授）の協力により推進されている。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 椿涼太, 藤田一郎: ステレオ画像を利用した自由水面の水位分布計測法の開発, 水工学論文集, 第48巻, 2004.
- 2) 藤田一郎, 椿涼太: ステレオ水面計測法とPODを用いた側岸凹部流れの水面振動構造の解析, 水工学論文集, 第49巻, 2005.
- 3) 松原隆幸・椿涼太・藤田一郎・安藤敬済: ステレオ撮影による開水路水面変動の画像計測, 可視化情報, Vol.26, 2006.
- 4) 津留 宏介, 村井 俊治: デジタル写真測量の基礎 ~ デジカメで3次元測定するには~, 公益社団法人 日本測量協会, 2011

宇都宮市東部鬼怒川流域における

浅層地下水の経年変動と流動状況について

芙蓉地質株式会社 原澤 剛史
畑中 孝明

キーワード：水位観測，流動地下水調査法，多点温度検層，単孔式加熱型流向流速測定

1. はじめに

地下水は、周囲の水源や集水域の広さ、気象条件、地形・地質条件の変化などにより、近傍であっても異なった水位変動が生じ複雑な挙動を示す。このことから地盤中の地下水の流動状況を正確に捉えることが困難な場合が多い。

本研究では、宇都宮市東部鬼怒川流域における浅層地下水の水位観測結果をもとに、地域の地下水位の変動パターンを分類し、変動原因について推測した。加えて、観測孔を用いた「流動地下水調査法」(多点温度検層・単孔式加熱型流向流速測定(以下、流向流速測定))を実施し、地盤中の地下水の流動状況を確認し考察を行った。

2. 調査方法

ボーリングで設置した3箇所の観測孔(観測孔1～3)を使用し、水位観測および流動地下水調査法(多点温度検層・流向流速測定)を実施した。

観測孔は、深度10m～12m、地表から深度2.0mは無孔管、以深は開口率10%程度の有孔管を使用した。

(1) 地下水位観測

水位観測は、触針式水位計を用いて、週に1回程度の頻度で行った。鬼怒川河川水位は、水文水質データベース(国土交通省)の石井(右)のデータを引用した。

(2) 多点温度検層

多点温度検層は、既設観測孔を利用して実施し、地下水が流動している深度および厚さに関する情報を目的として実施した。その原理は、自然状態にある観測孔内の温度を測った後に、温水などを注入して均一になるように昇温すると、ある深度に流動地下水が存在した場合、流入した地下水によってその温度は流動層のない深度と比べて早く昇温前の自然状態の温度に復元する。

一方、流動地下水がない箇所では、熱伝導によって徐々に昇温前の温度に戻るため、各深度における温度復元状況を測定することにより、地下水流動層の存在深度とその厚さに関する情報を得ることができる。また、この検層法の特徴として、孔内水位が低下した場合においても、気中の温度変化から孔内水位以浅の地下水浸出層に関する情報を得ることができる。結果は、測定された孔内温度から温度復元率を用いて整理する。温度復元率は、昇温された孔内温度がどれだけ自然状態の孔内温度に近づいたかを意味し、式(1)で表される。

$$\text{温度復元率} = \frac{(0 \text{ 分時の温度}) - (\text{任意の経過時間における温度})}{(0 \text{ 分時の温度} - \text{自然状態の温度})} \times 100(\%) \quad (1)$$

経験的に昇温後30分経過時の温度復元率が、地下水位以深は60%、地下水位以浅は80%を超える区間は地下水の流動が顕著な区間(地下水流動層)と判断される。

図-1 に多点温度検層概要図と、図-2 に測定例を示す。

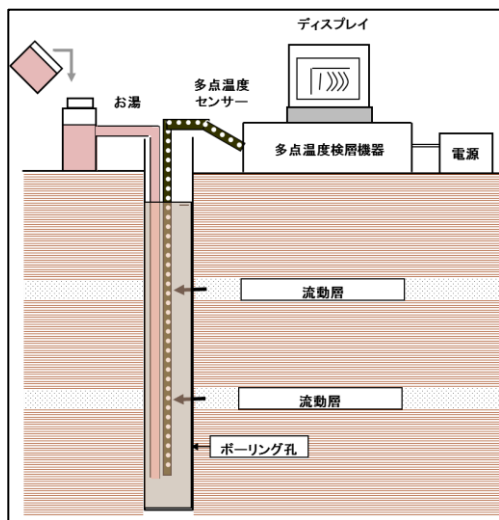


図-1 多点温度検層概要図

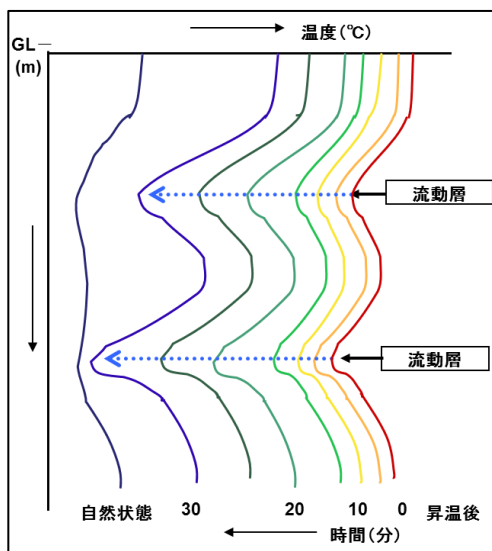


図-2 多点温度検層測定例

側 8 方位の測定値を使用)から流向を推定し、実験から得られている校正式から流速を算出するものである。今回、センサを設置した深度は、前述の多点温度検層の結果を参照し、流動層の状態を確認して行った。図-3 に流向流速測定の概要図、図-4 に測定例を示す。

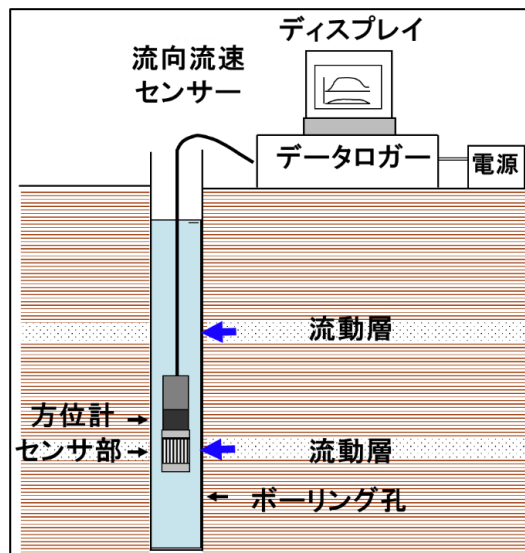


図-3 流向流速測定の概要図

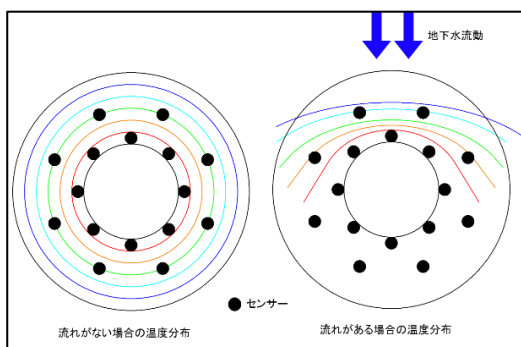


図-4 流向流速測定原理

(3) 流向流速測定

流向流速測定は、流動層の地下水流動に因る熱の移流の様子を温度計で測ることでその流速と流動方向に関する情報を得る調査方法である。測定は、中心にヒーター、その周囲の 16 方位に温度計が設置されたセンサを使用し行う。

原理は、ヒーターに電圧を加えると発生した熱が周囲の温度を均等に昇温させる。このとき、流動地下水が存在すると地下水の流入による熱の移流によって、流入方向が低温に、流下方向が高温になる。

この昇温後の温度と自然状態との温度差(通常内

3. 調査地概要

調査地は、栃木県宇都宮市東部の鬼怒川近傍の沖積低地および台地にある。観測孔 1、観測孔 2 は、沖積低地に位置し周囲は水田などに利用されている。また、観測孔 3 は、台地に位置し周囲に水田は無く、畑や果樹園として利用される。観測孔間の距離は 2.5km であり、調査地付近の主な表流水は、石井用水・鬼怒川・四ヶ字用水があり観測孔 1 は石井用水、観測孔 2 は鬼怒川、観測孔 3 は四ヶ字用水が近傍に存在している。



図-5 調査地概要図

出典：(国土地理院 地理院タイルおよび治水地形分類図更新版を加工して作成)

両用水は農業用水で、鬼怒川は全長 176.7km と利根川の支流で最も長い河川である。

調査地付近の表層地質は、低地では鬼怒川の堆積物とされるシルト、砂、玉石混じり砂礫、粘土混じり砂礫で構成され、台地はローム等の火山灰質粘性土、粘土混じり砂礫で構成されている。

4. 調査結果

(1) 水位観測結果と季節変動パターン

水位観測結果は、水位変動量として、各観測値と初回(2018. 4. 9)の観測値との差を算出し整理した。

図-6 に各観測孔および河川水位の 1 年間分の観測結果を示す(期間：2018. 4. 9～2019. 3. 25)。

実線が各観測孔水位、点線が河川水位、棒グラフが降水量、横軸が日付、左縦軸が水位変動量(m)、右縦軸が日降水量(mm)を表す。

水位変動のグラフから各観測孔について以下のことが読み取れる。

観測孔 1 は、降雨量の多寡に関わらず、4 月下旬から 9 月まで大きく(2m 以上)水位上昇しており、9 月以降は徐々に低下の傾向を示している。変動傾向としては、河川水位との相関は弱い。

観測孔 2 は、河川水位と相関が強いことがうかがえるが、河川水位と比較して 4 月下旬から 10 月までは水位の上昇がみられる。

観測孔 3 は、降水量に因り大きく(5m 以上)変動する傾向を示している。

また、河川水位は降水量の増減によって変動があるものの、変動量としては 1m 未満である。

今回の観測期間では、変動量の大きいものから順に観測孔 3(鬼怒川左岸台地)、観測孔 1(鬼怒川右岸低地)、観測孔 2(鬼怒川左岸低地)の順となった。いずれの観測孔も降水量の少ない 2 月から 3 月にかけて最低水位を記録した。

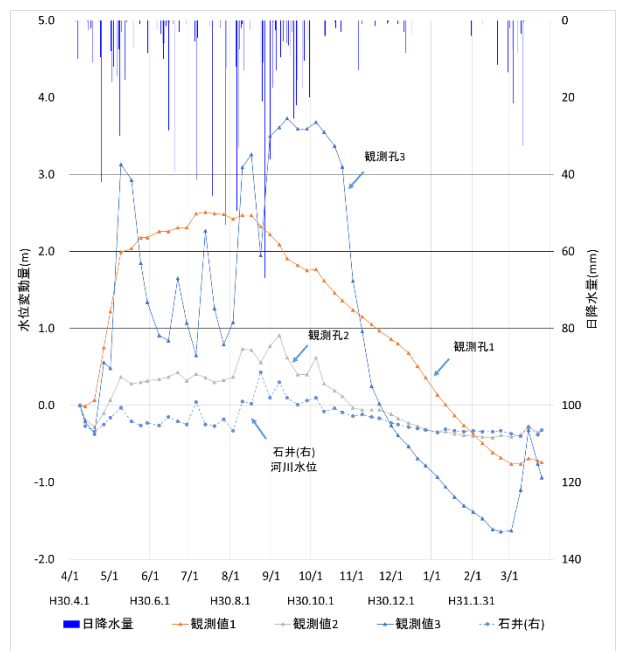


図-6 水位観測結果

次に、各水位の年変動を栃木県の浅層地下水の季節変動による分類と特徴¹⁾(表-1)と照らし合わせて、水位の変動要因について考察を行う。

表-1 浅層地下水の季節変動による分類と特徴

変動型	パターン図	特徴
かんがい型		かんがい水の影響のみ大きく現れるもの
かんがい+降水型		かんがい水の影響が大きいうえで、降水の影響の重なったもの
降水+かんがい型		かんがい水の影響は小さく、降水の影響が現れているもの
降水型		降水の影響が大きく、かんがい水の影響がほとんどみられないもの
平水位型		降水・かんがい水の影響がともに小さく水位変化の小さいもの
時期(例)	1 5 9 12月	

各観測孔の水位変動から変動型を分類すると、観測孔1は「かんがい型」または「かんがい+降水型」、観測孔2は「平水位型」、観測孔3は「降水型」に分類できる。このことから各観測孔における水位変動要因については、観測孔1は水田等の灌漑の影響が大きく、観測孔2は降水・灌漑水の影響は小さく水位変化量も少ない。観測孔3は降水の影響が大きいことが推定される。

(2) 流動地下水調査結果

観測孔毎に多点温度検層および流向流速測定の結果をまとめた。測定は2019年の10月(非灌漑期)に実施した。

各観測孔において多点温度検層を実施し深度方向の流動状況を把握し、比較的活発な流動箇所と比較的緩慢な流動箇所での流向流速測定を実施した。

図-7~図-9に各観測孔の流動地下水調査法の結果を示す。各図ともに上段は多点温度検層結果、下段は流向流速測定結果を示し、上段の多点温度検層結果は、縦軸は地表面からの深度(m)、横軸は温度復元率(%)を表す。グラフが左に向かうほど、流動が顕著であることを意味する。下段の流向流速測定結果は、温度の高低(8角形面積の大小)が流速の大小

に反比例し、グラフ形状から流向を判定する。破線が比較的活発な流動箇所、実線が比較的緩慢な流動箇所の結果を示す。

① 観測孔 1

観測孔1は、多点温度検層の結果、全体的に温度復元率60%前後を示し概ね全体的に流動層と判定されるが、1.8m、2.7m、5.0m、6.0m、7.3m付近に活発な流動箇所が存在すると判定される。

流向流速測定は深度6.0m(比較活発な流動箇所)、8.2m(比較的緩慢な流動箇所)において実施し、流向はともに北東から南西を示し、深度6.0mの流速は 1.2×10^{-4} (m/s)程度と算出した。

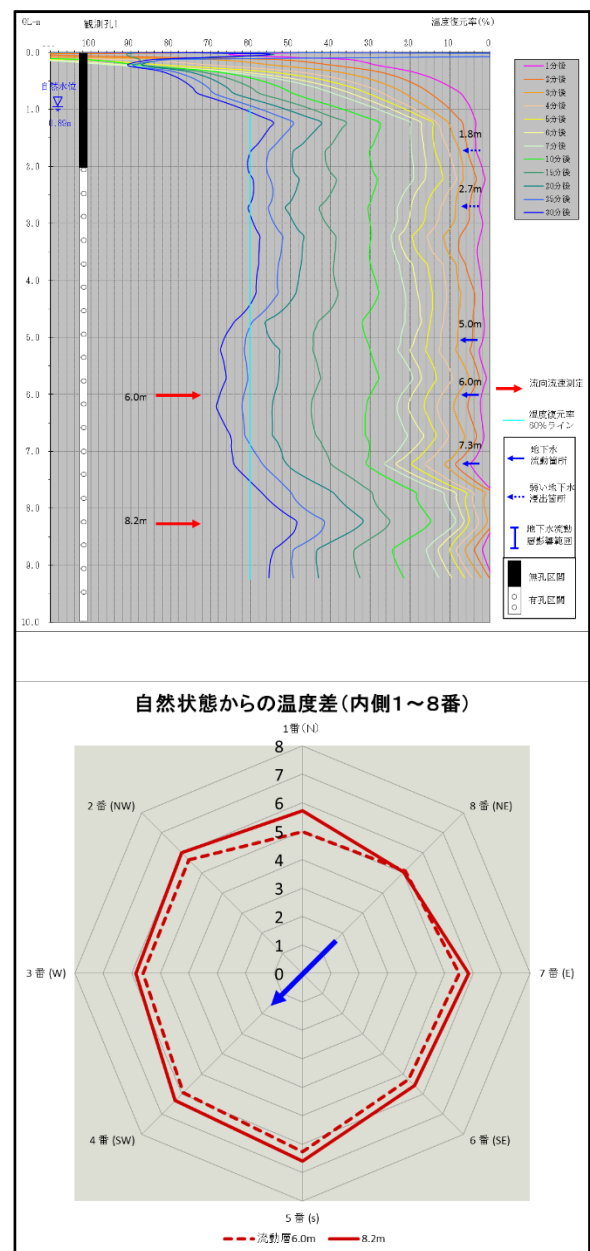


図-7 観測孔1の流動地下水調査結果

②観測孔 2

観測孔 2 では、多点温度検層の結果、深度 4.5～7.2m 付近まで特に活発な流動層が存在し、その影響は 4.3～8.6m 付近まで及んでいる。

流向流速測定は深度 6.1m（比較活発な流動箇所）、9.2m（比較的緩慢な流動箇所）で実施し、流向はともに北東から南西を示し、深度 6.1m の流速は 1.4×10^{-2} (m/s) 程度と算出された。

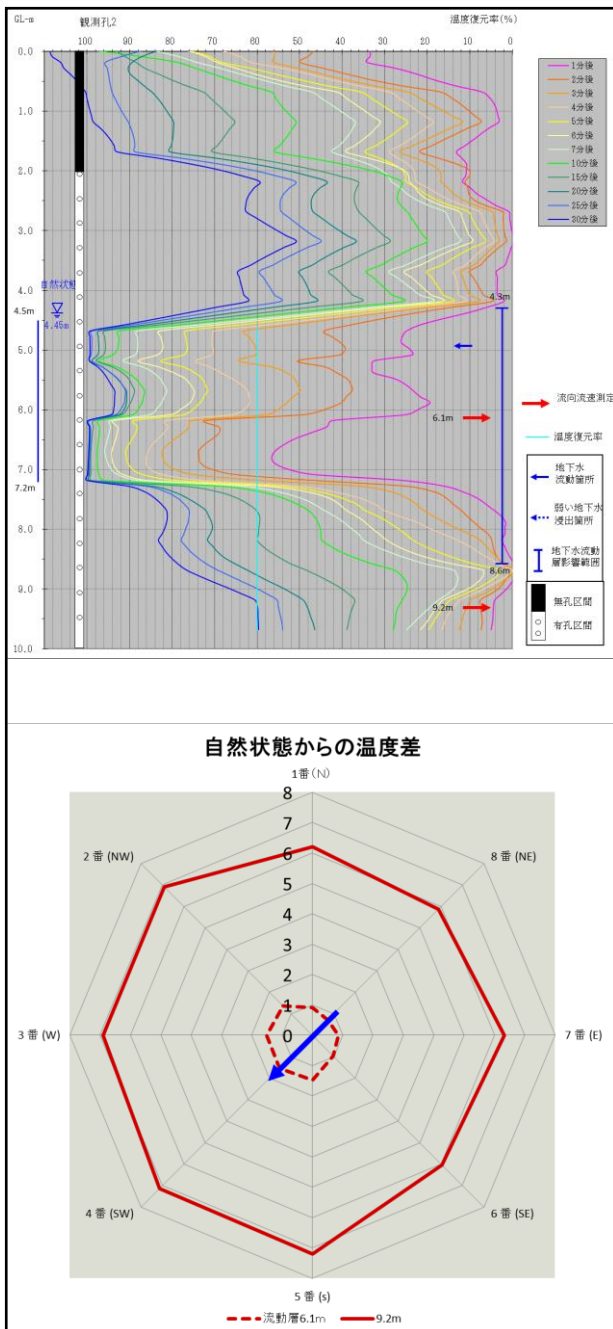


図-8 観測孔 2 の流動地下水調査結果

③観測孔 3

観測孔 3 では、孔内水位以浅の温度復元率が大きく、深度 2.3m、3.5m 付近にも地下水の浸出が推定される。地下水位以深では全体的に温度復元率 60%前後を示し、概ね全体的に流動層と判定されるが深度 5.6m、7.5m、8.2m、9.4m 付近に比較的活発な流動箇所が存在すると判定される。

流向流速測定は深度 8.2m（比較活発な流動箇所）、10.2m（比較的緩慢な流動箇所）で実施し、流向はともに北東から南西を示し、深度 8.2m の流速は 3.0×10^{-4} (m/s) 程度と算出された。

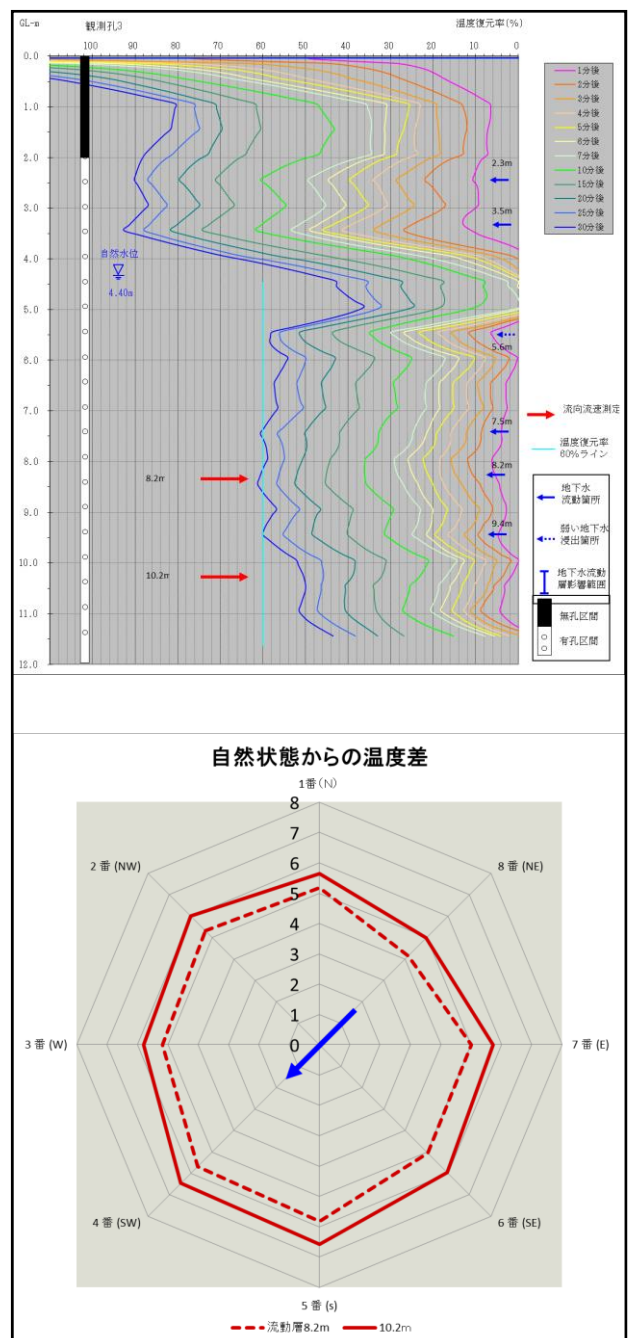


図-9 観測孔 3 の流動地下水調査結果

流向流速測定では、各観測孔ともに、多点温度検層において判定された「緩慢な流動箇所」より「活発な流動層」の方が、温度差は小さく(流速は速く)、多点温度検層結果と整合する結果となった。

5. まとめ

水位観測結果は、比較的近接した位置でも水位年変動は大きく異なる結果となった。

多点温度検層結果では、深度方向に不均一な流動を示すとともに、各地点でも流動状況に相違みられた。

流向流速測定結果からは、いずれの地点でも鬼怒川の流下方向とほぼ同一向と流向を示したが、流速は地点および深度によって異なる結果となった。

各調査から得られた測定値、考察を表-2 および図-10 にまとめる。

経験的に水位観測のみでは変動要因について大略的に分類できても、水位が変動する理由を詳細に確定することは困難である。特に地下水が障害となる工事等で水位観測のみで地下水流動特性を判断することは危険側となる場合がある。

本研究における、水位変動量と流速の違いを勘案すると、観測孔1は流動地下水調査を非灌漑期(10月)に実施したことから、地下水の流動が緩慢であり、他の地点と比較して流速は小さい結果となった

と推察される。観測孔2は水位変動が小さく、流速が最も大きな値を示したことから、透水性の高い地盤であり、降水や灌漑が水位変動の要因とならないものと推測される。逆に、観測孔3は透水性が低い地盤であり、ある程度の降水があると浸透水が浅層に一定期間溜まることで水位変動を生じるものと推測される。

以上の様に、変動の原因を考察するためには、水位観測(水位変動)に流動地下水調査を併用し地下水の流動性を詳細に把握することが推奨される。

今後の課題としては、灌漑期には流動の変化が生じることが予想されるので、灌漑期に流動地下水調査法を実施し、さらに詳細な地下水流動特性を把握したい。

表-2 調査結果一覧

観測孔	1	2	3
水位変動量	3m程度	1m程度	5m程度
水位変動型(変動要因)	かんがい型 かんがい+降水型	平水位型	降水型
流向	北東→南西		
流速 (m/s)	1.2×10^{-4}	1.4×10^{-2}	3.0×10^{-4}

参考文献

- 1) 栃木県企画部資源対策課：地下水位年報(第12回), p.8, 平成3年8月.



図-10 調査地概要と観測結果

出典：(国土地理院 地理院タイルおよび治水地形分類図更新版を加工して作成)

ICT活用工事における 国交省モデル支援事業を受けて

坂本産業株式会社 土木部 佐藤秀則

1. はじめに

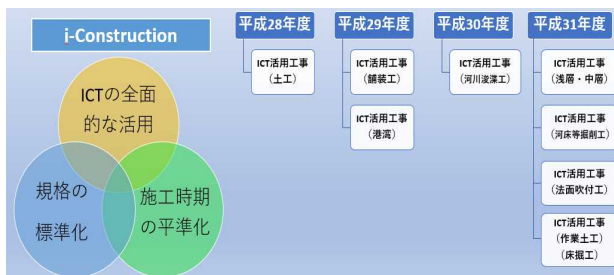
弊社は栃木県栃木市尻内町691-1に所在しており、創業47年になる。現在、従業員28人（技術者13人・技能者15人）で、主に下都賀支部管内における県・市発注の道路工事、河川工事、下水道工事を受注しており、年間の平均受注総額は約4億円程度である。

今回、県発注の発注者指定型ICT活用工事（道路改良工事）において、国土交通省関東地方整備局管内の平成30年度代表として支援を受けたモデルについて報告する。

2. i-ConstructionとICT活用工事

(1) i-ConstructionとICT活用工事

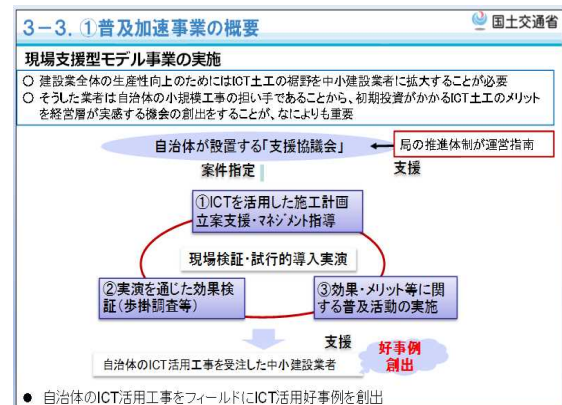
i-Constructionとは平成27年度より国土交通省により提唱された、「規格の標準化」「ICTの全面的な活用」「施工時期の標準化」の3本柱の取り組みである。その中の1つである「ICTの全面的な活用」について、ICT活用工事（土工）が平成28年度より導入され、栃木県においても同年度から試行を開始している。平成29年度より、浚渫工（港湾工事）、平成30年度より浚渫工（河川）、平成31年度より床掘、河床掘削、地盤改良、法面工に順次拡大されている。なお、栃木県では平成31年度に舗装工へ試行を拡大している。



【ICT導入工種】

(2) モデル支援事業

a) 平成29年度より自治体へ普及支援開始。



国土交通省では、ICT活用の地方自治体への浸透を図るため、自治体発注の個別工事に対して、具体的な指導助言を行う支援を実施しており、関東地方整備局管内では茨城県の工事に続く2例目として、本工事が選定された。

b) 本現場における支援内容

①平成30年8月9日 初回打合せ

国土交通省・栃木県・（一社）施工技術総合研究所（国交省当該支援業務委託受注者）・弊社によるモデル工事の概要説明



【栃木土木事務所にて打合せ】

②平成30年9月7日 現場概要及びICT導入プランの打合せ (MCバックホウ0.7m³に決定)



【県庁にて打合せ】

③平成30年9月19日 3次元ソフトウェアデモンストレーション及び体験 (ソフト会社2社)



【建設システム】 【福井コンピューター】

④平成30年9月20日 施工計画・施工体制打合せ

UAV測量＝共同測量

レンタル会社＝西尾レントオール

計測機＝コアミ計測

施工＝自社 に決定した

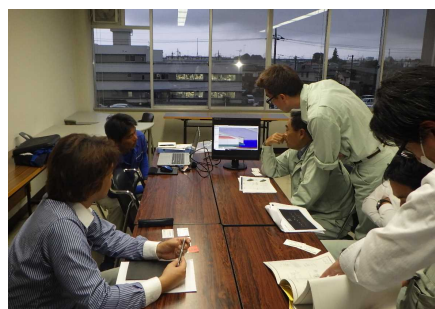
⑤平成30年10月1日 データ作成支援及びデータ活用方法研修会 (建設システムに決定)



【弊社にて3次元設計データ作成支援】

⑥平成30年11月6日 3次元設計データの確認

現場立会いによる法線・丁張確認に代わるものとして、中心線形・縦断線形とトラバーと中心点の座標、作成した3Dデータについての確認を実施した。



【3次元設計データ立会確認】

⑦平成31年1月17日 データ作成講習・見学会

5. (1)に記載。

3. 工事概要

(1) 工事内容

工事名:道路改良工事栃木二宮線その2(快安道補)

工事箇所:主要地方道 栃木二宮線栃木市大宮町

工期:平成30年9月27日～平成31年4月30日

発注者:栃木県栃木土木事務所 整備部整備第一課

請負金額:4260万(当初)4750万(変更)

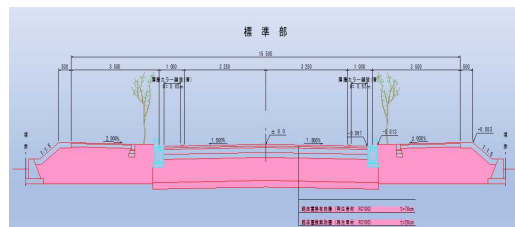
施工延長:186.2m

路床置換工1548m² 盛土工879m³ 擁壁工360.4m

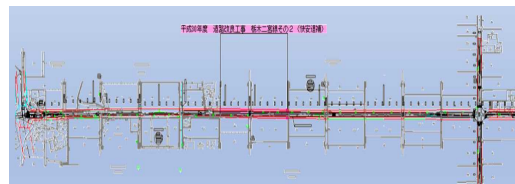
函渠型側溝350.7m 下層路盤工1477m²

ICTを適用した範囲

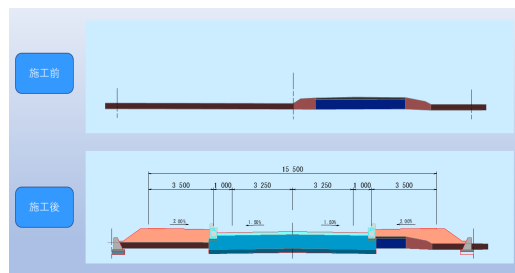
掘削工、盛土工、法面整形工、置換工



【ICT適用範囲】



【平面図】



【横断図】

(2) 施工の流れ (下線がICT活用適用範囲)

a) 除草作業

起工測量に先立ち正確に現況を把握するために行った。

b) 起工測量 (UAV測量) 【ICT活用】

標定点、検証点を設けTS (トータルステーション) による測量のデータとドローンによる空中写真測量のデータを基に点群データを作成した。



【UAVによる起工測量】

c) 構造物撤去工

不要な既設舗装・構造物を取壊して撤去した。

d) カルバート工

カルバートを設置し、用水路を敷設した。

e) 擁壁工

鍬止め擁壁の場所打擁壁を施工した。

f) 盛土工 (ICT建機) 【ICT活用】

1層20cmの巻出し厚をMCバックホウのバケットの刃先で管理しながら盛土を実施した。



【ICT建機による盛土状況】

g) 置換工 無効層 (ICT建機) 【ICT活用】

1層20cmの巻出し厚をMCバックホウのバケットの刃先で管理しながら敷均した。



【ICT建機による置換工 (無効層)】

h) 側溝工

道路の表面排水処理のため、函渠型側溝を設置した。

g) 置換工 有効層 (ICT建機) 【ICT活用】

有効層70cmを1層20cm以内の巻出し厚をMCバックホウのバケットの刃先で管理しながら敷均した。



【ICT建機による置換工 (有効層)】

i) 縁石工

函渠型側溝の上部に歩車道境界ブロックを設置した。

j) 出来形測量 【ICT活用】

土工完了後、起工測量同様に点群データを作成し、設計基準高と出来形の比較をした。



【UAVによる出来形検測】

K) 下層路盤工

下層路盤15cmをモーターグレーダーで敷均しマカダムローラーで転圧した。



【従来の施工】

L) 完成

4. ICT活用の実施内容（ICT選定技術）

(1) 3次元起工測量

測量は、地元測量会社への外注にてUAVにより（部分的にTSで補足）実施した。



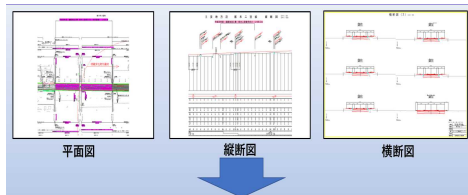
【飛行エリアDID地区の有無】



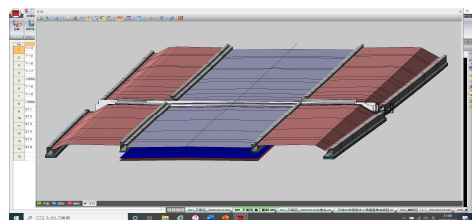
【着工前点群データ】

(2) 3次元設計データ

SiTECH-3Dというソフトウェアを購入し、自社にて3次元設計データを作成した。データ作成技術の習得には、2週間程度要したが、習得後は3次元設計データを目的に応じて加工できるようになった。



【従来の図面】



【3次元設計データ】

(3) ICT建設機械による施工

施工は、3次元MCバックホウをレンタルし、自社のオペレーターにより実施した。



【CAT320MCバックホウ0.7m³】

機械の位置情報は上空にある人工衛星（12～15基）から情報を入手した。



【受信用アンテナ】

バケットの刃先の位置及び高さがモニターにリアルタイムで表示され、オペレータは、モニターを見ながら施工可能となった。

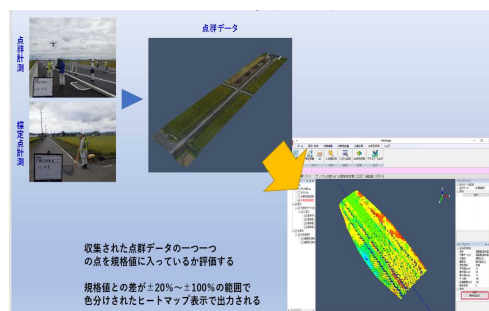


【モニター画面】

(4) 3次元出来形計測及び出来形管理

出来型管理は、起工測量と同様地元測量会社への外注にてUAVにより（部分的にTSで補足）実施した。

- ・ 収集された点群データのの一つ一つの点が規格値に入っているかを評価した。
- ・ 規格値との差が±20%～±100%の範囲で色分けされたヒートマップ表示で出力される。



【点群データとヒートマップ】

その他、3次元計測ツール・3次元設計データを用いて現場管理に活用した。

自社にて作成した3次元設計データを用いてICT活用適用範囲以外の施工にも活用した。



【3次元計測導入ツール】

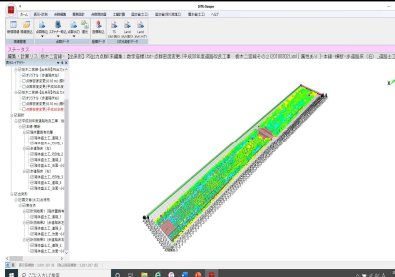
発注者との立会いにおいても、3次元計測ツールを用いて出来形確認を行った。



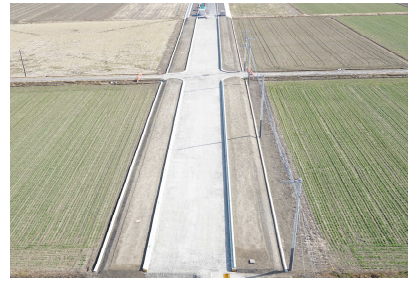
【掘削面出来形立会確認】

(5) 3次元データ納品

3次元設計データ=SiTECH-3D
点群データ=SiTE-Scope
TS出来形(管理図表)
=デキスパートビューア形式で納品



【実施の出来形ヒートマップ】



【完成写真】

5. 社会貢献(現場見学会)

(1) 地方公共団体及び施工者対象見学会

平成31年1月17日実施(参加人数約120人)

午前:3次元設計データ作成についての座学を
栃木県栃木土木事務所2Fにて行った。



【座学の様子】

午後:ICT建機及び3次元設計データ計測及び
活用体験を本工事現場で行った。



【現場体験の様子】

(2) 高校生対象見学会

平成31年12月12日実施

栃木県立栃木農業高等学校2学年農業土木科
(参加人数約30人)

10:00~11:30



【工事概要の説明】



【3次元設計データ活用計測体験】



【ICT建機と従来建機の体験】

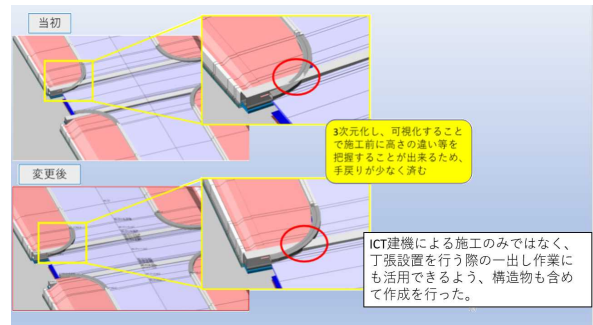
6. モデル支援事業を実施して

今回の工事は発注者指定型のICT活用工事であり、栃木県でも国土交通省の支援を受ける事業は初めての取り組みということで設計の変更も、打合せも多く要した現場であった。

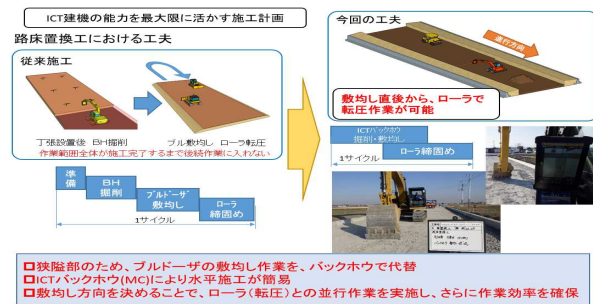
また、3次元設計データ作成を自社で手掛けたこともあり、使用するソフトの選定から始まり、構造物や交差点などの変化点が多い工事であったため、データ作成完了に至るまで時間を要したなどの苦労があった。

しかし、ICT活用による効果も大きくあった。1点目は、自らが3次元設計データを作成することで着工前に完成形を確認できたことに加え、構造物

の位置や高さの取合いなどズレを事前に洗い出し、発注者と協議・対処する事が出来たことである。



また、入念な打ち合わせにより支援を受けた結果、施工計画において段取り上の工夫を行うことができ、効率的な重機配置による効率的な施工が可能となった。



2点目は、ナビゲーションツール（快測ナビ）を用いることで「測量・丁張・出来形」などの作業がスムーズになり、図面や座標計算書を持ち歩く必要も無くなり丁張計算を行わずに構造物等の丁張設置が可能となったことである。

また3点目には、施工において、ICT建機を使うことで土工では丁張設置の削減や出来形写真の簡略化が図られたため、工程の短縮につながることが可能となったことに加え、オペレータが操作技術を習得し、荒堀作業と整地や整形ではそれぞれMGとMCの機能を使い分け、効率の良い施工が可能になったという点にも効果を感じている。

7. おわりに

現在のところ、ICT建機はまだコストが高く、データ作成に労力がかかる面と外注に頼らざるを得ない面などに課題を感じるが、3次元設計データを作成してしまえば現場管理が楽になるといふ効果が大きいと、今後もICTに取り組んでいきたいと考えている。

今現在、別の道路改良工事における受注者希望型のICT活用工事を受注しているが、弊社から希望しICT活用を実施している。

今後も多くの方にICT活用が普及されれば幸いである。

ミクロシミュレーション等の交通解析手法を用いた道路空間再配分の検討

株式会社富貴沢建設コンサルタント 小金 将輝

はじめに

朝夕の通勤・通学時の交通の集中や、観光地・中心市街地への交通の集中によって発生する渋滞により、多くの時間的損失や経済的損失、観光地のイメージ低下などが生じている。このような渋滞に対し交通解析を実施することにより効果的な対策を検討することが可能である。

本稿では、利用形態が多岐に渡る中心市街地の「まちなか道路」において、限られた空間をいかに賢く使うかという視点から道路空間再配分による効果的な渋滞対策を立案し、交通ミクロシミュレーション等を活用した定量的評価の結果を報告する。

1. 現地の状況

渋滞対策の対象とした一般県道大戦防小山線 小山市城南地区では、特に休日を中心として激しく渋滞し、道路の安全性、利便性等に支障をきたしており、その対策が急務とされている。また、平成27年度道路交通センサスでは自動車交通量が約13,800台（24時間）、歩行者・自転車・動力付き二輪車類の合計が約1,200台（12時間）と、路線の利用形態が多岐に渡り、多角的な検討が必要である。本業務では、これらの状況を踏まえた渋滞発生要因の分析、渋滞対策の検討を行うことを目的とした。

対象区間の渋滞状況は、北進では国道50号との交差点である駅南4丁目交差点を先頭とした激しい渋滞が発生し、約1.0km南側の(仮)マルエツ交差点まで滞留がつながる時間帯もある。南進では城南交番前交差点を先頭とした渋滞が発生しており、約0.5km北側の駅南4丁目交差点まで滞留がのびる。(図1-1)。

対象区間は沿道店舗が多く、店舗入庫や出庫による後続車の速度低下や一時停止が頻繁に発生している。そのため、ピーク時間帯では区間全体で旅行速度が低下し渋滞が増加する。

これらの現状を定量的に把握・分析するため、本業務では通常の交通量調査に加えて、沿道出入りの台数の調査や高所定点ビデオ調査(図1-2)、ビッグデータによる解析等を実施している。



図1-1 対象区間の交通状況



図1-2 高所定点ビデオ調査
駅南4丁目交差点南側方向（2017年12/24(日) 13:00の状況）

2. 渋滞発生要因の分析

(1) 詳細調査と定点ビデオによる現況把握

対象区間は道路の利用形態が多岐に渡り、多角的な検討が必要であるため、事前に現地踏査し対象区間の現況を把握した上で調査計画を行った。調査は渋滞の激しい休日の交通量調査・渋滞長調査に加え、沿道施設利用状況把握のために対象区間1.5kmにおける全82箇所全ての沿道駐車場・店舗の出入り調査（時間帯別方向別）や入庫待ち状況の把握（図2-1）、高所定点ビデオ調査による自動車や人の流れの現況把握・記録を行った。また、休日のみでなくあわせて平日の状況把握と渋滞解消のため平日の調査・分析も行っている。

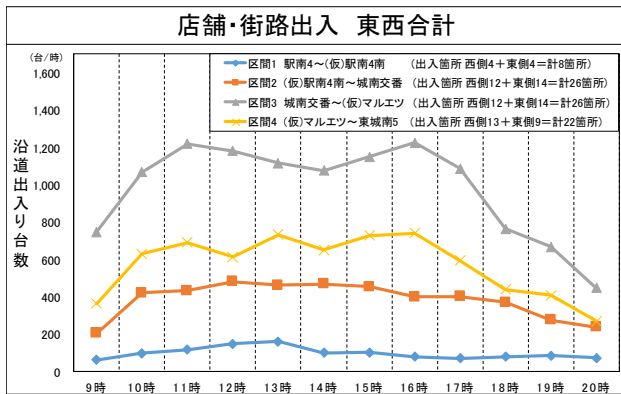


図 2-1 沿道施設利用状況調査

(2) 需要率計算による検証

渋滞が発生している駅南4丁目交差点および同交差点の南側に隣接する(仮)駅南4丁目南交差点の北進方向について交通量調査結果を用いて需要率計算を実施すると、両交差点とも交通容量比は1.0を下回る（計算上交通処理に問題がないという結果になる）。しかし、両交差点の北進では渋滞が発生していた。駅南4丁目交差点の渋滞原因は青時間不足および沿道出入り車両によるものであり、(仮)駅南4丁目南交差点は駅南4丁目交差点からの先詰りや沿道出入り車両によるものであった。そこで、高所定点ビデオ調査データから分析した、(仮)駅南4丁目南交差点の先詰りによる実質青時間の減少、両交差点の沿道出入り車両による容量低下を考慮した上で需要率計算を行ったところ、円滑な交通処理を行うには両交差点の交通容量増加が必要であることが分かった。ただし、駅南4丁目交差点は国道50号との交差点であり、東西方向も渋滞が発生していたため青時間を減らせないことから、北進方向の車線数増加による交通容量増加を提案した。

(3) ビッグデータによる平均的な旅行速度の把握

交通量調査実施日を2017年12月24日(日)（特異日）に設定したため、通常の休日や平日との平均的なデータ比

較を目的としてビッグデータを活用している。今回用いるビッグデータは、乗用車のカーナビデータを抽出したものであり、一定範囲の区間ごとの旅行速度を抽出できるものである。

対象区間のビッグデータによる旅行速度を比較すると、平日より休日の方が旅行速度が低下していることが分かる（図2-2）。また、対象区間の区間ごとの旅行速度を比較すると、北進方向では駅南4丁目交差点が、南進方向では城南交番前交差点がボトルネックになっている事が分かる（図2-3）。

なお、ビッグデータは今後整備後のデータと比較することにより整備効果の算出にも活用可能である。

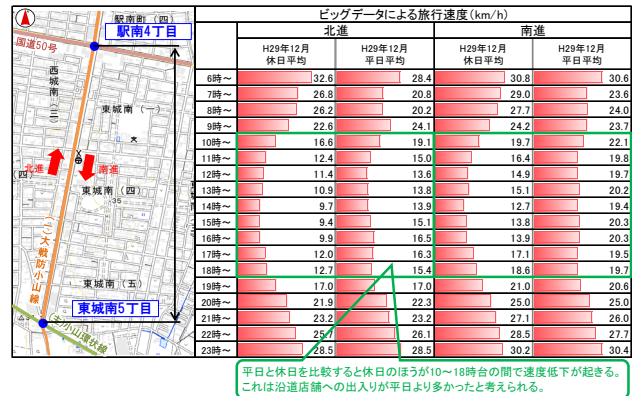


図 2-2 ビッグデータによる旅行速度比較（平日別）

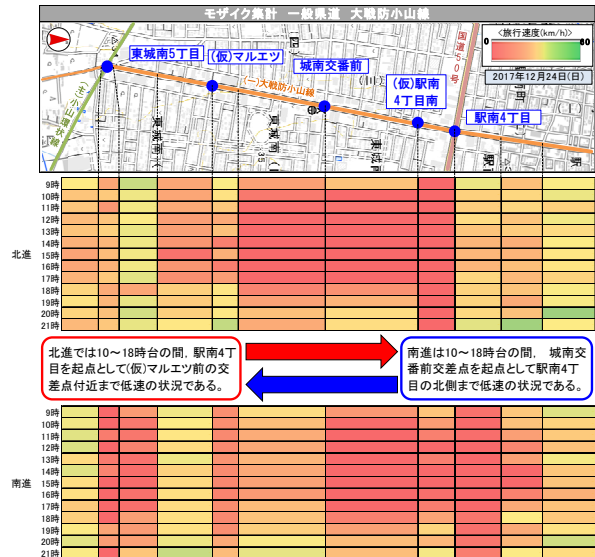


図 2-3 ビッグデータによる旅行速度比較（区間別）

(4) 渋滞要因の分析

以上の詳細調査や高所定点ビデオ調査、需要率計算、ビッグデータ等多方面からの調査・分析により、対象区間の渋滞要因を明らかにした。

北進方向の渋滞原因はまず、駅南4丁目交差点の青時間不足によるものである。これは北進方向の交通量が増加する影響のみでなく、東西方向（国道50号側）の交通量の増加に応じて東西方向への青時間の配分が増加する

ことにある。これによりすでに容量不足が起きていた北進方向で青時間減少によるさらなる容量不足が起きている。次に(仮)駅南4丁目南交差点の先詰り渋滞による実質的な青時間不足である。(仮)駅南4丁目南交差点は駅南4丁目交差点と同期しており、駅南4丁目交差点と同じ140秒サイクルとなっている。(仮)駅南4丁目南交差点の南北方向の青時間は109秒に設定されており需要率計算上、十分な青時間が確保されているものの、駅南4丁目交差点の北進方向の青時間が短いため先詰り渋滞が発生し、(仮)駅南4丁目南交差点の北進方向の青時間を有効に活用できていない。さらに、北進方向は区間全体にわたり沿道出入りによって速度低下や一時停止が頻繁に発生しており、さらなる交通容量の減少につながっている。

南進方向の渋滞原因は、城南交番前交差点の交通量増加に伴う青時間不足に加えて、北進と同様に沿道出入りによる区間全体の速度低下にある。

なお、渋滞の激しくなる時間帯の旅行速度と、渋滞が激しい区間の沿道出入り台数の時間変動が比例関係にないことから、沿道出入りよりもボトルネックとなっている交差点の青時間不足の方がより渋滞の原因に影響していると考えられる。よって、渋滞の直接的な原因は交差点の青時間不足であるが、それに加えて沿道出入りの速度低下が渋滞長の増加につながっていると考えられる。

3. 交通マイクロシミュレーションによる効果的な道路空間再配分の検討

(1) 交通マイクロシミュレーションの概要

交通マイクロシミュレーションは、交差点隣接箇所の検討や交通の時間変動を考慮した検討が可能であり、車の1台1台の挙動を視覚的に確認するなど、秒単位によるミクロな検討が可能な方法である。交通マイクロシミュレーションによる検討のながれを図3-1に示す。

まず主要交差点の交通量調査として交差点方向別交通量調査や渋滞長調査、信号現示調査を実施する。さらに補足調査として、主要な交差点間にある小規模な交差点の交通量調査・信号現示調査を行う。次に交通量調査結果をもとに、現況再現シミュレーションを実施する。これはシミュレーションネットワークのパラメータの確かさを確認し、より精度の高い将来シミュレーションを行うために実施する。ここで、交差点の需要率計算や一時停止の交通容量など、静的な検討を合わせて行うことでより説得力の高いものとなり、また対策検討などの際の参考にもなる。現況精度検証が完了すれば、そのデータに将来形状や将来交通量推計結果を反映して将来シミュレーションを実施する。その交通状況に応じ、対策検討などを実施し、円滑な交通状況が確保されればシミュレーション完了となる。

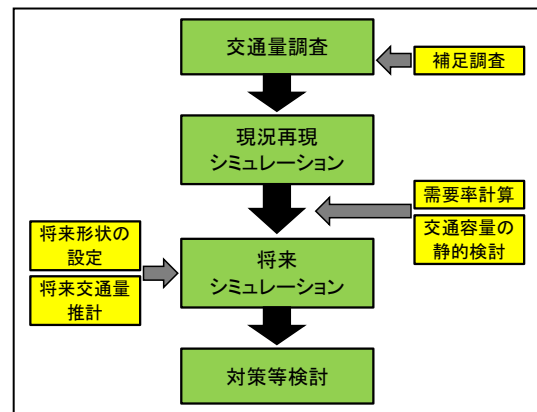


図3-1 交通マイクロシミュレーションによる検討のながれ

(2) 道路空間を賢く使う視点での検証

対象区間は、沿道建物の立地による空間的制約や道路行政の財政的制約から、単純な道路空間の拡大による機能強化は実現が困難なため、現道路敷地内で対策を行うものとし、新たな道路用地の取得は行わないこととした。よって、歩道にある幅1.0mの植樹帯を撤去し、車道幅を拡幅し、これを有効に活用することで、渋滞対策を検討した(図3-2)。

様々な対策案について関係機関と協議を進める中で、有効な対策案として、植樹帯を撤去したうえで、①4車線化案(図3-3)、②右折緩衝帯+路肩拡幅案(図3-4)の2案が選定された。①4車線化案は車線数を増やし交通容量を確保する案である。②右折緩衝帯+路肩拡幅案は右折入庫のための緩衝帯を設けることで、直進車の遅延を軽減し、あわせて路肩拡幅による左折入庫車両の遅延影響も軽減する案である。以降では、①4車線化案、②右折緩衝帯+路肩拡幅案の2案に対する交通シミュレーションを用いた定量的な評価結果、および整備効果の比較結果を示す。

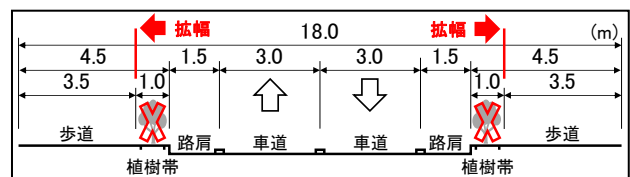


図3-2 植樹帯撤去による車道幅の拡幅

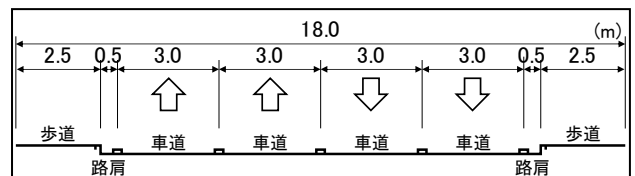


図3-3 4車線化の幅員構成案

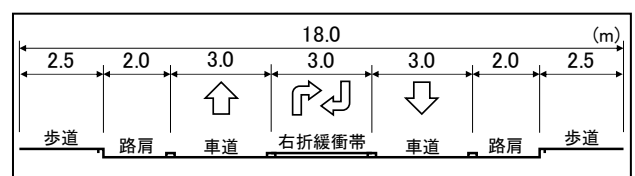


図3-4 右折緩衝帯+路肩拡幅の幅員構成案

(3) 交通マイクロシミュレーションによる定量的評価

マイクロシミュレーションは現況精度検証完了後、現況の交通量と対策後の形状を反映して実施する。

マイクロシミュレーションの各種条件は表3-1の通りである。

表 3-1 ミクロシミュレーション設定条件

ミクロシミュレーション設定条件	
時間帯	休日13:00~17:00(4時間)
交通量	交通量調査結果 調査日:2017年12.24(日)
信号設定	現況と同様
形状	ケースにより異なる

①4車線化案の形状等は図3-5に示すように以下の条件を基に設定した。

- ・交通容量不足の駅南4丁目交差点（国道50号交差点）の北進方向に左折レーンを設置し、(一)大戦防小山線を4車線化する
- ・北進方向の左折レーンは駅南4丁目交差点から(仮)駅南4丁目南交差点まで設置する
- ・北進方向の右折レーンも駅南4丁目交差点から(仮)駅南4丁目南交差点の南側まで延長する（(仮)駅南4丁目南交差点では直右レーン）
- ・北進方向の右折レーンを延長するため、(仮)駅南4丁目南交差点の南進方向は右折レーン無しとなる
- ・4車線化の範囲は、国道50号から(主)小山環状線までとする

②右折緩衝帯+路肩拡幅案の形状は図3-6に示すように以下の条件基に設定した。

- ・交通容量不足の駅南4丁目交差点（国道50号交差点）の北進方向に左折レーンを設置し、さらに右折緩衝帯を設置する
- ・北進方向の左折レーンは駅南4丁目交差点から(仮)駅南4丁目南交差点の南側まで設置する（(仮)駅南4丁目南交差点では左直レーン）
- ・北進方向の駅南4丁目交差点右折レーン長および南進方向の(仮)駅南4丁目南交差点右折レーン長は現況と同様
- ・路肩には自転車通行空間を設置できる幅員を確保
- ・右折緩衝帯の設置範囲は、(仮)駅南4丁目南交差点の南側から東城南5丁目交差点の北側までとする

上記の設定条件をふまえて対策シミュレーションを実施した。現況および①4車線化案、②右折緩衝帯+路肩拡幅案、それぞれの案の渋滞長の比較を行った結果を表3-2に示す。

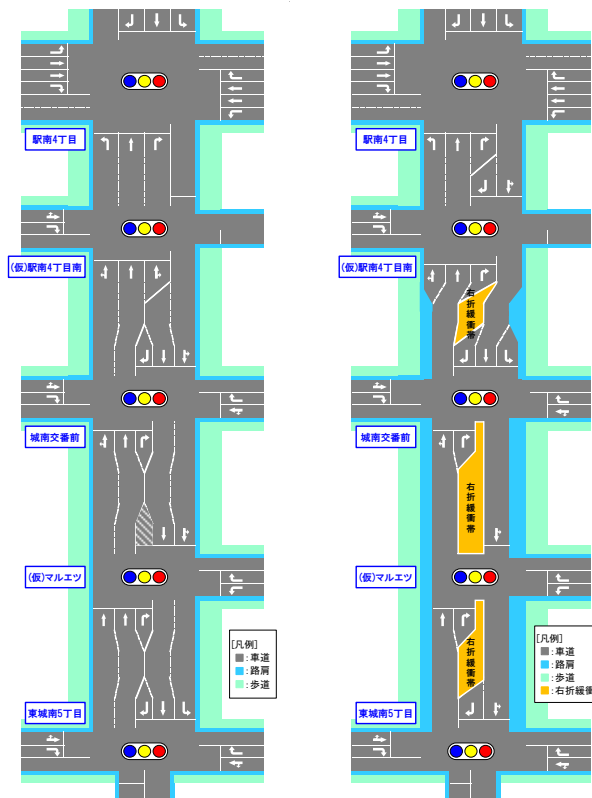


図 3-5 4車線化案交差点形状

図 3-6 右折緩衝帯+路肩拡幅案交差点形状

表 3-2 各対策ごとの渋滞の状況

ケース	効果	最大渋滞長(13時~17時)				
		駅南4丁目	(仮)駅南4丁目南	城南交番前	(仮)マルエツ	東城南5丁目
北進	現況実測	60m	300m	230m	10m	-
	将来対策 4車線化案	60m	0m	60m	0m	-
	将来対策 右折緩衝帯+路肩拡幅案	60m	0m	40m	0m	-
南進	現況実測	-	30m	250m	0m	30m
	将来対策 4車線化案	-	0m	250m	0m	70m
	将来対策 右折緩衝帯+路肩拡幅案	-	0m	80m	0m	100m

―は渋滞減少箇所

①4車線化案では北進方向については、交通容量不足となっていた駅南4丁目交差点の北進方向に左折レーンを設置することにより、北進方向の渋滞は大幅に緩和される。南進方向は、(仮)駅南4丁目南交差点で南進右折レーンが無いことで滞留がのびる頻度が増加することや、駅南4丁目交差点北進方向の直進車の捌けが良くなることで南進右折が捌けにくくなる。(仮)駅南4丁目南交差点の南進は、片側2車線により城南交番前交差点からの先詰りが緩和するため渋滞が解消する。また、4車線区間では第2走行車線（内側車線）には右折の沿道出入り車両の停車が多いことから、第1走行車線（歩道側）に通行が偏る傾向がある。東城南5丁目交差点の南進では

城南交番前交差点以南の流れが良くなることで、まとめて到着する交通量が増加するため、一時的に渋滞長が増加する。

②右折緩衝帯+路肩拡幅案では北進方向については、交通容量不足となっていた駅南4丁目交差点の北進方向に左折レーンを設置することにより、北進方向の渋滞は大幅に緩和される。南進方向については、(仮)駅南4丁目南交差点で南進右折レーンが無いことで滞留がのびる頻度が増加する。城南交番前交差点の南進方向の渋滞は、右折緩衝帯と左折車線相当の幅員の確保、左折沿道出入り影響の緩和により渋滞が短くなる。東城南5丁目交差点の南進では区間全体の流れが良くなることで、まとめて到着する交通量が増加するため、一時的に渋滞長が増加する。

次に現況および①4車線化案、②右折緩衝帯+路肩拡幅案それぞれの旅行時間の比較を行った結果を表3-3に示す。

表3-3 旅行速度・旅行時間の比較

ケース	効果	平均旅行速度 (km/h)		平均旅行時間 (分)	
		北進	南進	北進	南進
計測値 sim 将来 対策	現況sim	7.3	14.7	12.3	6.1
	4車線化案	9.1	9.0	9.9	10.0
	右折緩衝帯+路肩拡幅案	13.0	19.5	6.9	4.6
効果 評価	4車線化sim-現況	1.8	-5.7	-2.4	3.9
	(右折緩衝帯+路肩拡幅)sim-現況	5.7	4.8	-5.4	-1.5

旅行速度・旅行時間は、直進車を対象としたシミュレーション全時間の平均値である。計測は駅南4丁目交差点の南側から東城南5丁目の北側までの1.5kmである

①4車線化案では、車線確保により自動車通行空間は広がるが、右折の沿道出入車両により第1走行車線への偏りが発生すること、自転車通行空間の確保が不十分なため走行する自動車と自転車が近いことから旅行速度が低下する。旅行時間としては、北進で約2分短縮、南進で約4分増加となった。

②右折緩衝帯+路肩拡幅案では右折緩衝帯や城南交番前交差点左折車線相当の幅員の確保等により旅行速度が向上する結果が得られた。旅行時間としては北進で約5分短縮、南進で約2分の短縮となった。

(4) 整備効果の比較

マイクロシミュレーションに加え、現況の事故発生の状況について4車線区間と2車線区間の比較を行った結果を表3-4に示す。4車線区間 (0.8km) では事故件数が19件、事故密度が23.8件/kmであり、2車線区間 (1.5km) では事故件数が22件、事故密度が15.1件/kmとなる。4車線区間では沿道出入り車両が2車線を横断すること、その分歩行者自転車への注意も散漫になること、各通行空間の確保が不十分なため接触する可能性が高いことから事故率

が高くなると考えられる。

表3-4 駅南4丁目交差点(50号交差点)南北の事故密度(現況)

	停止線からの距離	事故件数(件)	事故密度(件/km)
北側 [4車線区間]	800m	19	23.8
南側 [2車線区間]	1460m	22	15.1

①4車線化案と②右折緩衝帯+路肩拡幅案の整備効果についての比較結果を表3-5に示す。当該箇所のような沿道に店舗が多く沿道出入りが多く発生する区間では、4車線化して通過交通の容量を向上するのみの対策よりも、沿道出入りや自転車の通行、右左折交通を考慮した対策の方が有効である結果となった。

表3-5 整備効果の比較

		4車線化案	右折緩衝帯の設置案
通行空間	自動車	△ 4車線確保により自動車通行空間は広がるが、右折の沿道出入車両により第1走行車線への偏りが発生すること、自転車通行空間の確保が不十分なため走行する自動車と自転車が近いことから速度が低下する	○ 右折緩衝帯等の設置により沿道出入の影響が小さくなる
	自転車	× 自転車通行空間1.5m以上を確保できない	○ 十分な幅員を確保 (自転車通行空間1.5~2.0mを確保)
	歩行者	× 自転車通行空間を確保しておらず自歩道となるが、十分な幅員を確保できない	○ 自転車通行空間の確保により、歩道も十分な幅員を確保
整備効果 (シミュレーション結果)	渋滞長	△ 北進は右折緩衝帯の設置案と同程度の効果だが、南進は現況程度	○ 右折緩衝帯と城南交番前交差点左折車線相当の幅員の確保等により現況より渋滞緩和
	所要時間	× 当該路線に対し-4~2分程度の短縮(第1走行車線への偏りや歩行者自転車影響、沿道出入り車両の影響により右折緩衝帯の設置案よりも短縮時間は少ない)	○ 当該路線に対し2~5分程度の短縮
事故の危険性	× 右折の沿道出入り車両は2車線を横断すること、その分歩行者自転車への注意も散漫になること、各通行空間の確保が不十分なため接触する可能性が高いことから危険性は増加	○ 現況と同じ1車線を横断することに加え、右折緩衝帯等のスペースがあることから危険性は低下	
総合評価		×	○

ただし、上記の②右折緩衝帯+路肩拡幅案は今回の対象区間のような利用形態が多岐に渡り、右左折入出庫の影響の大きい市街地のまちなか道路の場合に適していると考えられる。沿道施設利用状況調査では、約1.5kmの対象区間の4時間(13:00~17:00)における入出庫の合計が9,663台であった。そのうち右折による入出庫が3,461台、左折による入出庫が6,202であった。これは約1.5kmの対象区間内で10分間平均約40台の入出庫が行われている計算になる。これらに加えて、対象区間は歩行者・自転車の通行量も多いことから入出庫の際の減速や一時停止がさらに増える状況である。

以上から、対象区間のような市街地のまちなか道路の場合には直進車が右左折入出庫車に障害されにくい②右

折緩衝帯＋路肩拡幅案が有効であり、右左折入庫や沿道の歩行者・自転車交通量が多くない場合であれば、①4車線化案の方が、旅行速度の向上や交通処理の円滑化が図られる。そのため、道路空間再配分を行う際には詳細な調査や分析による渋滞原因の解明が重要となる。なお、今回の対策シミュレーションでは現況と同じ信号現示で解析をしているが、信号現示を最適化することで更なる交通の円滑化が図れる。

4. VRを活用した視覚的検証と合意形成促進

本業務では、交通マイクロシミュレーション等により最適な対策として選定した右折緩衝帯＋路肩拡幅案に対し、対策後の「渋滞対策内容」、「道路環境」、「利用者の安全確保」を視覚的に検証するため、さらに整備に向けた合意形成を促進するためにバーチャルリアリティ（VR）の作成を行った。

図4-1、図4-2、図4-3に示すように、歩行者視点、自転車の視点、車両の視点で表示することで整備後の状態がイメージしやすいものとなった。また、図4-4に示すように対策前（現況）では沿道出入りの車両による後続車への影響が平均速度の低下を招いている状況であったが、アニメーションでは右折緩衝帯の効果を表現しており、事業の合意形成促進に非常に有効である。



図4-1 整備後のイメージ（歩行者視点）



図4-2 整備後のイメージ（自転車視点）



図4-3 整備後のイメージ（自動車視点）

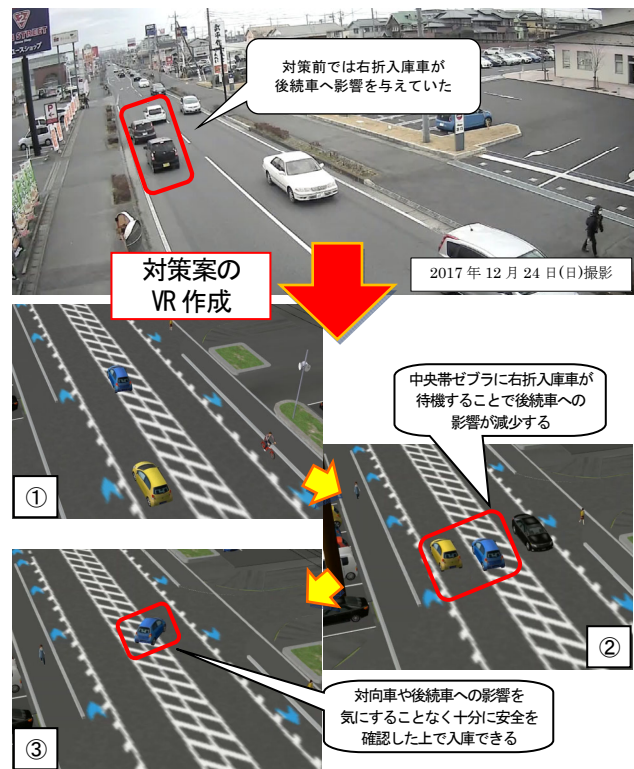


図4-4 アニメーションによる整備効果の表現

5. おわりに


沿道建物の立地による空間的制約や道路行政の財政的制約から、まちなか道路では単純な道路空間の拡大による機能強化は実現が困難である。そのような中で限られた空間をいかに賢く使うかという道路空間再配分の考えは、今後も非常に有効な方法となり、活用の場も広がると考えられる。しかし、限られた空間をより有効に活用するためには、複数の案を精査し比較検討することが必要である。その際には、本稿で示したようなマイクロシミュレーション等の交通解析手法を用い定量的な評価を行うことが有効となる。

本稿では、利用形態が多岐に渡る市街地のまちなか道路を例とし、交通マイクロシミュレーション等の交通解析手法を用いることで、効果的な道路空間再配分の検討方法を確認しました。この報告が今後の検討などの参考にできれば幸いです。

本稿を作成するにあたり、業務を通じて御指導頂いた発注者の方々、関係者の方々には大変お世話になりました。ここに深く感謝の意を表します。

〈参考文献〉

- 『平面交差の計画と設計・基礎編 一計画・設計・交通信号制御の手引き』
平成30年11月 (社)交通工学研究会
- 『道路の交通容量』昭和59年9月 (社)日本道路協会
- 『まちなか道路空間活用の手引き』
平成28年3月 栃木県県土整備部



第37回 研究発表会 受賞者

優秀賞

株式会社富貴沢建設コンサルタンツ 小金 将輝

特別奨励賞

栃木県道路公社 築嶋 崇

栃木県立那須清峰高等学校 山口 涼義・和氣 瑛昌

奨励賞

栃木県宇都宮土木事務所 伊勢 典浩

栃木県安足土木事務所 物井 健太郎

栃木市産業基盤整備課 見目 教高

株式会社安田測量 安田 晃昭

芙蓉地質株式会社 原澤 剛史・畑中 孝明

坂本産業株式会社 佐藤 秀則

