

区画整理設計におけるVR技術の活用

三木田 優太・澤代 直哉

1. はじめに

近年、農業農村整備事業の実施において、調査、設計、施工をはじめ、維持管理、さらには営農の各段階における BIM/CIM の活用が進んでいる。事業全体にわたる関係者間の情報共有と、食料生産システムの効率化に寄与することが期待される。今後、農林水産省では、CIM によって作成された農地の地形データのスマート農業への活用を推進している。

本報文では、国営緊急農地再編整備事業伊達地区で整備する区画整理設計を行うにあたり、三次元データの取得により、VR 技術を活用することで受益農家との円滑な合意形成と設計の妥当性検証における効果が得られたので、その内容について報告するものである。

2. 伊達地区の概要

事業地域は伊達市に位置し、北西に有珠山や昭和新山、南は噴火湾（内浦湾）に面して立地している（図－1）。地形は、北側の山地から南側の噴火湾に向かってなだらかな斜面が続き、農地は噴火湾に注ぐ二級河川長流川流域に広がっている¹⁾。

伊達地区では、キャベツ、スイートコーン等の野菜を中心に、てんさい、小麦のほか、水稻等を組み

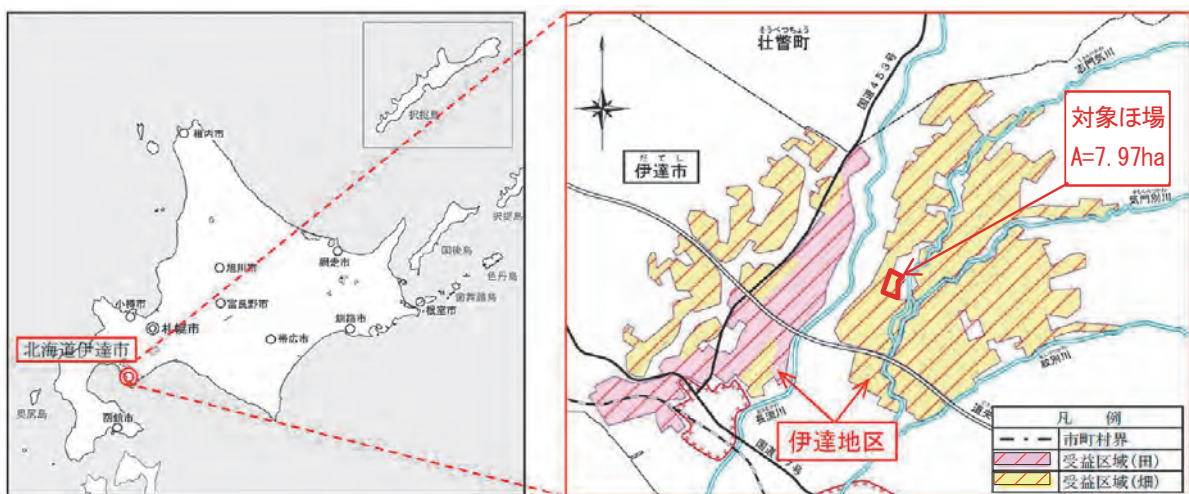
合わせた農業経営が行われ、特に、野菜類に関しては、「伊達野菜」としてブランドを確立している。一方、地区内の農地は、1ha 未満の畑が約 7 割、30a 未満の水田が 9 割以上を占めるなど小区画で不整形なほ場が大部分である。加えて、地区内の約 5 割の区域で、土壌条件に起因する排水不良を生じ、約 3 割の農地において石礫が多く出現し、効率的な農作業を行う上での妨げとなっている。このため、本事業では、水田 225ha、畑 1,056ha を対象として区画整理を行い、耕作放棄地を含めた農地の土地利用を計画的に再編し、さらに、担い手への農地の利用集積と優良農地の確保を図り、農業の振興と地域の活性化を図ることとしている²⁾。

3. 区画整理の設計

(1) 設計概要

本報告は畑地の区画整理に係る調査、設計に関するものである。本設計では、区画整理 7.97ha を対象とし、地上測量に加え、UAV による点群データを取得した。土質条件は火山灰粘性土、地形は丘陵地、標準区画は普通畑で 5.1ha (225m × 225m) である。

対象ほ場は周辺より高台に位置し、西側と南側は伊達市道が隣接、北側と東側は沢地で樹木が繁茂し



図－1 伊達地区位置図

ている。現況ほ場は3耕区あり、勾配が10%以上の急峻な地形となっている。

(2) 区画整理の課題

現況ほ場は、これまで大規模な整備がされておらず、区画は1.7ha～3.4haと比較的大きいものの、急峻な地形と排水不良などに起因して、営農作業効率の低下を招いていた。これは地区全体に共通する課題である。現地調査及び第1回受益農家打合せで聞取りしたほ場の特徴や営農阻害要因等をもとに、現況ほ場の整備を進める上で課題を整理すると以下のとおりである。

課題①：ほ場の大区画化

現況のほ場は3つの耕区に分かれ、No.1耕区は約3.4ha、No.2とNo.3耕区は約1.7haと、地区内では中規模面積となっている(図-3)。No.1とNo.2は同一の耕作者であるが、区画形状の違いと耕作道路によりほ場が分断している状況である(写真-1)。今後、大型機械の導入による営農効率の向上を図るためには、ほ場の大区画化が課題である。

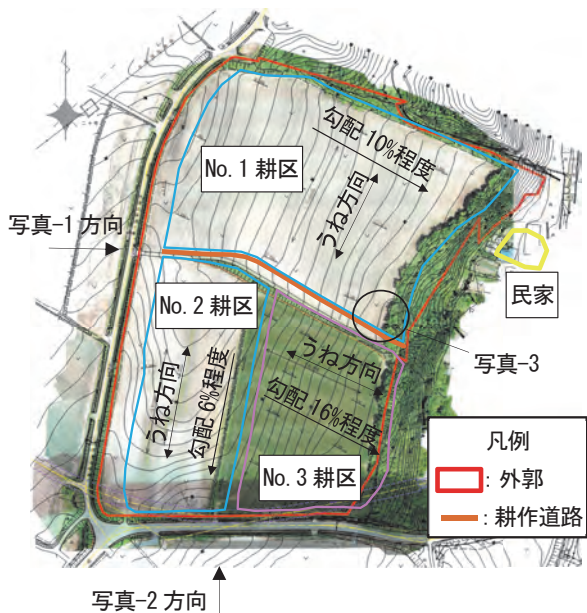


図-3 現況ほ場



写真-1 No.1耕区とNo.2耕区との隣接状況

課題②：ほ場勾配の緩勾配化

ほ場勾配はNo.1耕区は西から東に向け10%程度の下り勾配で、その東端は急な下り斜面となり、その下に民家が建っている状況である(図-4)。このため、うね方向を勾配方向と合わせると雨水が斜面に流れ、斜面崩壊の恐れがあった。また、No.3耕区も西から東に向け16%程度の下り勾配となっており、No.1とNo.3は共に営農作業機械の横転リスクが高く、機械の運転に苦慮している(写真-2)。営農作業の安全性の確保のためには、ほ場勾配の緩勾配化が課題である。

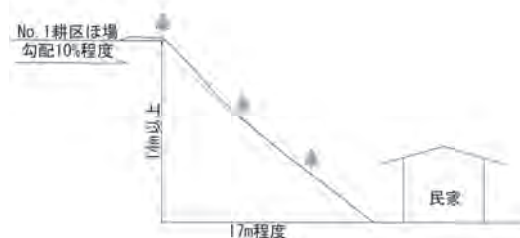


図-4 No.1耕区ほ場と民家との概略断面図



写真-2 現況ほ場の全景

課題③：排水対策

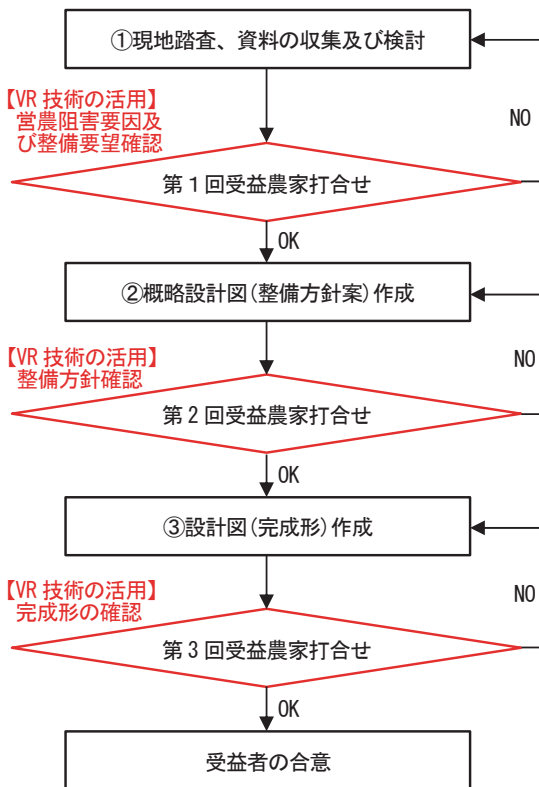
現況の各ほ場には排水施設が無く、暗渠排水も整備されていない。ほ場は急傾斜であるため、降雨時に雨水と共に表土が低地に集まり、表土溜まりと排水不良を生じて生育不良の箇所が発生している(写真-3)。また、対象ほ場の東端に雨水が集中する地形であり、排水施設が無いために斜面崩壊の危険性が高い。このため、作物の生産性向上とともに、安全性の向上を図る排水対策が課題である。



写真-3 排水不良箇所

課題④：受益農家との合意形成と設計の妥当性検証

受益農家打合せでは受益農家との合意形成が重要である。合意形成を図るため業務を進めるに当たっては、①現地踏査、資料の収集及び検討後、②概略設計図作成後、③設計図作成後の各段階で、受益農家打合せを開催した（図－2）。受益農家打合せでは従前は、平面図、横断図、附帯施設詳細図（2D）を提示し、現況と整備案の区画形状、ほ場勾配及びほ場の傾斜方向の違い、切土・盛土高、取付道路の形状・勾配、排水施設、土砂溜の規模等を口頭で説明を行っていた。この際、2Dの図面や口頭説明でイメージできない場合、「打合せ時間の長期化」「打合せの追加」の他、「受益農家への個別訪問」や「現地立会い確認」の必要を生じ得る。このような受益農家との合意形成の遅延は、工程の遅延を招くおそれがある。工程の遅延を解消するための受益農家との円滑な合意形成は、設計の妥当性を検証するための重要な要素でもある。受益農家の合意形成と設計の妥当性検証を同時に実施するための解決手法の開発が課題である。



図－2 業務フロー図

4. 課題解決に向けた VR 技術の導入と設計開発

(1) VR 技術の概要

VR 技術（仮想現実）とは、コンピューターを使っ

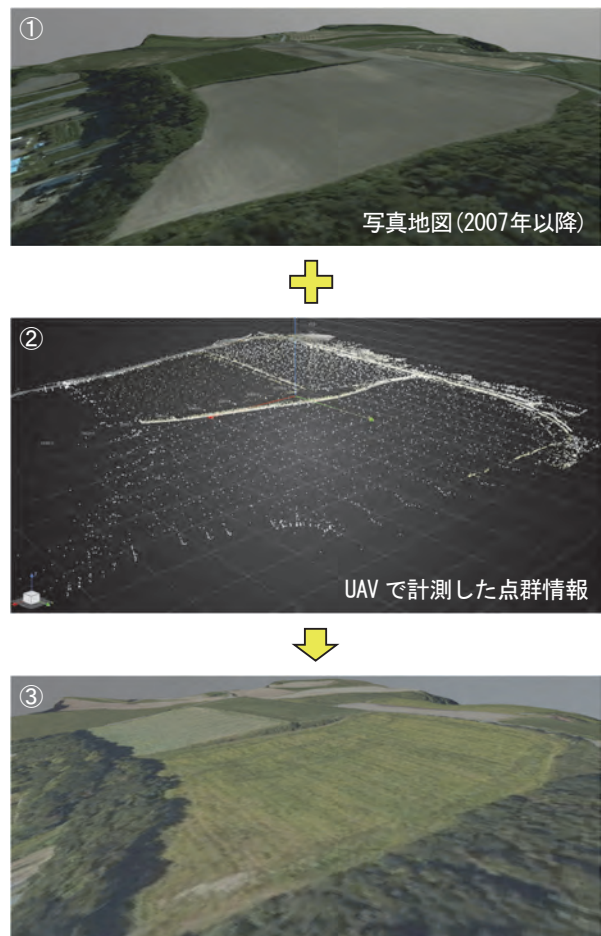
て作り出された仮想的な空間や状況を、現実のように体験できる技術のことである。一方で AR 技術（拡張現実）は、現実世界にデジタル情報やオブジェクトを重ね合わせる技術で、現実とデジタルが融合した体験ができる技術のことである。

前述の課題に対応して、いくつかの設計パターンを検討し、その上で発注者及び受益農家への説明を行うが、有効な手段としては上記のうち、参加者全員と視覚的に共有ができる VR 技術を活用することとした。VR の活用にあたっては運転シミュレーションによる、実際には場をトラクタで走行している感覚を再現可能とした。

(2) 本業務で採用した VR の作成

1) 現況地形空間モデル

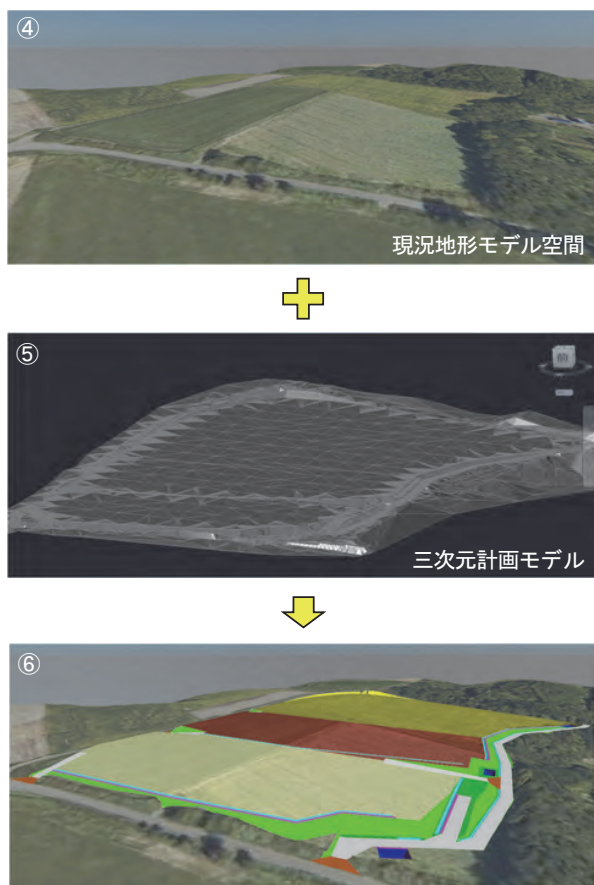
計画ほ場空間モデルと比較するため、現況地形空間モデルを作成した。現況地形空間モデルは、UC-win/Road（株式会社フォーラムエイト）を用いて、国土地理院の写真地図（2007年以降）に UAV で計測した現況地形の点群情報を合成して作成した（図－5）。



図－5 現況地形空間モデル

2) 計画空間モデル

計画空間モデルは、説明資料として、区画形状の他、
 附属施設（耕作道路及び取付部、排水路及び承水路、
 土砂防止施設等）等の完成形を表現した。計画空間
 モデルの作成は、現況地形空間モデルを基に、3DCAD
 による三次元計画モデルを合成した後、ほ場（受益農
 家毎）、切土（黄色）・盛土（緑色）、道路（灰色）及
 び取付部（茶色）、排水路（承水路）（水色）、車両止
 畦畔（紫色）、土砂防止施設（藍色）に色分けし、一
 目でイメージがわかるように作成した（図－6）。



図－6 計画空間モデル

3) トラクタ CG モデルの作成

受益農家打合せでの運転シミュレーションでは、
 よりイメージを現実に近づけ、リアルな体験ができ
 るよう、トラクタモデルを作成した。

a) トラクタ機種を選定

ひと口にトラクタと言っても、メーカーは多数あ
 り、型式も大型から小型まで多種多様である。そこ
 で機種を選定に際しては、スマート農業に対応が可
 能で、汎用性が高く、伊達地区の受益農家が使用し

ている標準的な機種とした。選定したトラクタは最
 高出力 150PS で、その他の主要諸元は表－1 に示す。

表－1 トラクタの主要諸元⁴⁾

型式	M7-152	
駆動方式	4WD	
機 体 寸	全長 (mm)	4760
	全幅 (mm)	2485
	全高 (mm)	3010
法	軸距 (mm)	2720
		前輪
	後輪	1810

b) トラクタ CG モデル

実物のトラクタに乗った感覚を運転シミュレー
 ションで再現するため、実際のトラクタの外見と内
 装を実物で確認（写真－4）した。また、Lidar 搭
 載の iPadPro を使用して点群計測を行い（図－7）、
 トラクタの CG モデルを作成した（図－8）。トラク
 タの三次元モデルの作成あたっては、苫小牧市にあ
 る株式会社北海道クボタ「北海道クボタビジターセ
 ンター」の協力を得た。



写真－4 トラクタ (M7 - 152)



図－7 トラクタの点群計測データ



図-8 トラクタ CG モデル

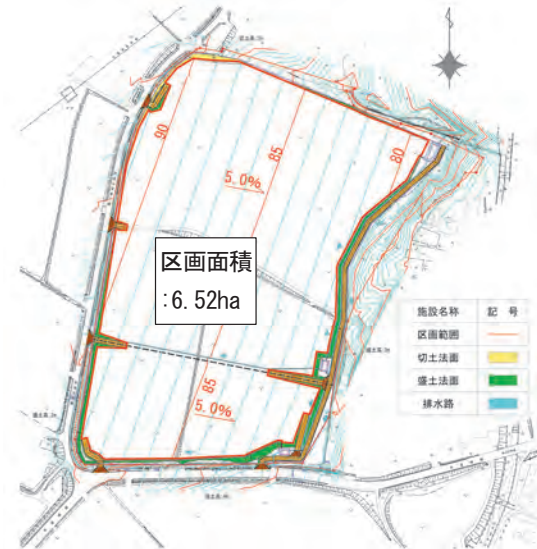


図-9 整備方針第1案 計画平面図

(3) 区画整理の検討

1) ほ場の区画検討（大区画化・緩勾配化）

ほ場の区画検討は、区画整理の課題①大区画化と、課題②緩勾配化に対して以下に示す観点を踏まえ、整備方針を3案検討した。第2回受益農家打合せでVRを活用して整備方針を確認した結果、後述する整備方針第1案で合意、決定した。

- a. 将来の農地の集積・集約化
- b. 標準区画の配置
- c. 受益農家要望①: No. 1 及び No. 2 耕区の集約 (図-3 参照)
- d. 受益農家要望②: 農業機械の安全性の確保
- e. 切盛土量のバランス (残土が切土量の3%以内)

a) 整備方針第1案

将来の農地の集積・集約化を見越してほ場を1枚の大区画とし、ほ場面勾配を最大勾配5% (2.86°)とした案である (図-9～図-11)。区画面積は、6.52haとなり、伊達地区の標準区画5.1haの1.5倍程度の面積となるが、短辺方向 (ほ場勾配と並行) は約240mで、地区の播種・収穫作業の連続走行可能距離が最も短いたまねぎ収穫機械でも、往復することが可能な片道距離は、302mであることから、農作業機械の作業効率に支障は無い。ほ場勾配は5% (2.86°)であり、表-2によれば平地用機械作業ができ、営農作業の安全性を確保できる。但し、整地工の運土量は53,500 m³と他案に比べ最も多いため、受益農家の負担額が最も高いというデメリットがある。



図-10 整備方針第1案 計画モデル

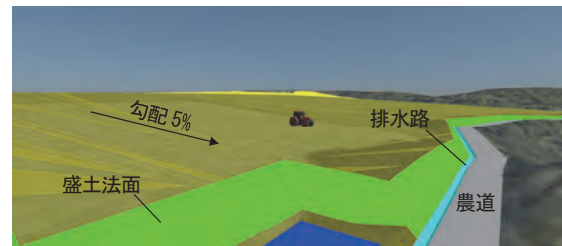


図-11 整備方針第1案 計画モデル拡大図

表-2 草地のほ場面勾配と機械作業³⁾

ほ場面勾配	作業機械の作業性
5°以下	平地用機械作業。
5～8°	能率、精度は落ちるが、平地とほぼ同様の作業ができる。しかし、耕起・収穫作業では影響が出る。
8～12°	能率、精度が低下し、熟練しないと作業が進まない。原動機の馬力向上と4輪駆動が必要。

b) 整備方針第2案

受益農家毎に区画を2分割し (標準区画相当4.94ha、中区画1.76ha)、ほ場面勾配を最大勾配7% (4.00°)とした案である (図-12～図-14)。切盛土量のバランスを考慮すると第1案よりほ場面勾配

は急となるが6.9% (3.95°) であり、平地用機械作業ができ、営農作業の安全性を確保できる(表-2)。整地工の運土量は43,100 m³と第1案よりは少なく、耕作道路を隔てて区画が分かれているため、耕作界が明確である。一方、耕作道路の南側に0m～1.5m程度の盛土が必要となるので、耕作道路の利便性は、現状と変わらないというデメリットがある。

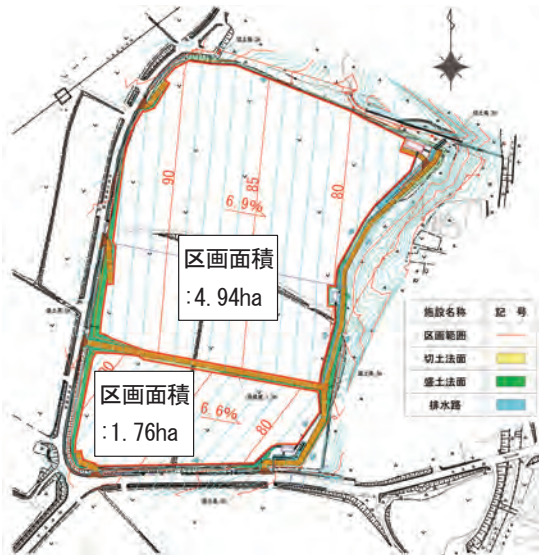


図-12 整備方針第2案 計画平面図



図-13 整備方針第2案 計画モデル

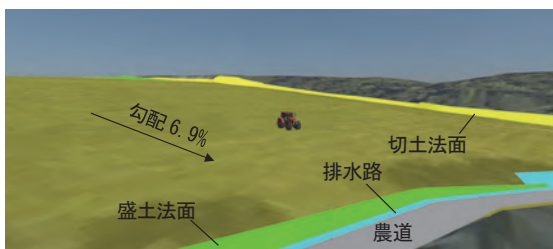


図-14 整備方針第2案 計画モデル拡大図

c) 整備方針第3案

耕作道路を境に区画を南北に2分割し(北側3.38ha、南側3.53ha)、ほ場面勾配を最大勾配6.8%(3.89°)とした案である(図-15～図-17)。切盛土量のバランスから第2案同様の勾配である。整地工の運土量は32,800 m³と最も少なく経済的である。

一方、第2案同様に耕作道路の南側に0m～1.5m程度の盛土が必要となる。また、受益農家要望①の農地の集約ができていないというデメリットがある。

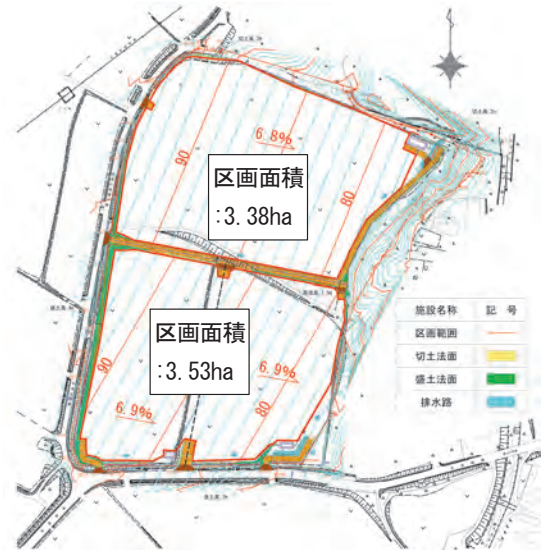


図-15 整備方針第3案 計画平面図



図-16 整備方針第3案 計画モデル

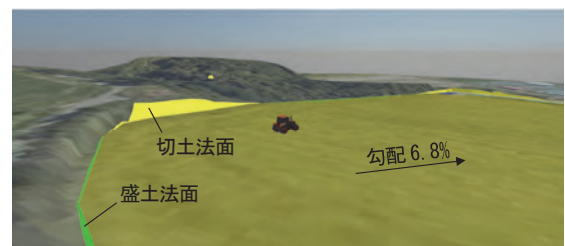


図-17 整備方針第3案 計画モデル拡大図

d) VR技術活用による確認

計画モデル空間を作成した際に、下記に示す点を確認し、受益農家打合せ前に修正することで設計精度が向上した。

- ①切土・盛土法面が公道や周辺施設に干渉していないか。
- ②取付道路隅切部や土砂流出防止工などの付帯施設が切土・盛土法面に干渉していないか。
- ③ほ場をトラクタが走行する際に支障はないか。
- ④その他付帯施設(承水路や車両止盛土等)相互が干渉していないか。

⑤取付道路のスロープを設置した際に、ほ場にデットスペースは発生していないか、または、必要最小限となっているか。

2) 排水対策の検討

決定した整備方針のほ場勾配は、切盛土量のバランスが取れ、かつ運土量を少なくするためにほ場東側に向かい下り勾配とした。このため、ほ場東側に雨水が集中するので、計画ほ場の盛土法尻に排水路を配置するとともに、ほ場に暗渠排水を設けることで、排水不良を解消した。なお、雨水と共に流出する表土は、計画ほ場の最低地に配置した土砂溜に堆砂する。また、排水路や土砂溜の維持管理のために耕作道路を排水路の東側に配置した。この耕作道路は、排水路側に下り片勾配(-5%)を持たせることで、対象ほ場に隣接している斜面への雨水の流下を軽減し、斜面崩壊の危険性を軽減した(図-18)。

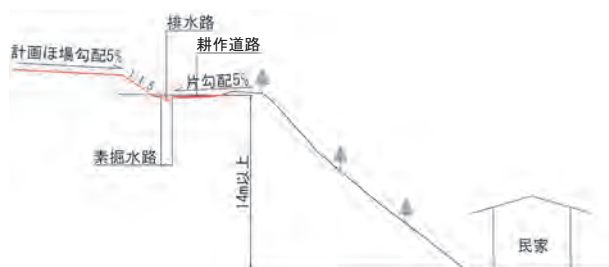


図-18 排水対策図(排水路と耕作道路)

3) 取付道路の検討

取付道路の規格は、国営緊急農地再編整備事業「伊達地区」基本事項で、地区の統一した設計方針が示さ

れており、取付道路の道路幅員は3.00m～4.00m、隅切りは、5.00m×5.00mを標準としている(表-3)。受益農家は将来、大型の営農機械を導入する予定であることから、標準的な取付道路の車道幅員は4.0mで決定した(図-19)。しかし、受益農家の異なるほ場が隣接している場合、取付道路の幅員については、営農機械がすれ違える車道幅員を要望していた。このため、取付道路の車道幅員4.0m(図-20)と6.0m(3.0m×2車線)(図-21)について、運転シミュレーションによりすれ違い状況を受益農家と共に確認し、すれ違いが可能となる車道幅員を6.0mとした。なお、隅切り部はアスファルト舗装とし、勾配を2.0%とした。すりつけ部は碎石舗装とし、受益農家要望により勾配を10%とすることで、すりつけ区間長を最小限とした。

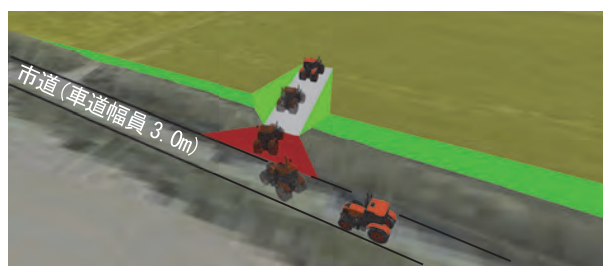


図-19 取付道路(車道幅員4.0m)



図-20 取付道路(車道幅員4.0m)すれ違い状況

表-3 伊達地区 取付道路諸元⁷⁾

項目	細目	諸元	備考
幅員	車道幅員	3.00～4.00mを標準 なお、共同利用する場合の幅員は、関係する全ての利用者の意向を確認のうえ決定する。	本線道路の車道幅員が3m以下の場合は別途検討
	路肩幅員	0.50m	
隅切り		5.00m×5.00m	
舗装・路盤	隅切り部 (本線がアスファルト舗装)	細粒度アスコン : t=3cm 下層路盤工(40mm級切込碎石) : t=20cm	
	隅切り部 (本線が砂利舗装)	路盤工(40mm級切込碎石) : t=20cm	
	すりつけ部	路盤工(40mm級切込碎石) : t=20cm	
勾配	隅切り部 (アスファルト舗装)	2.0%(標準)	
	隅切り部 (碎石舗装)	5.0%(標準)	
	すりつけ部	標準: 6% 最大: 12%(特例:14%) (10%以下が望ましい)	必要に応じて縦断曲線を設定する。

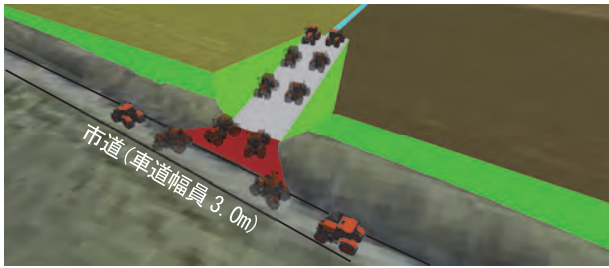


図-21 取付道路(車道幅員 6.0m)すれ違い状況

(4) 受益農家との合意形成

受益農家打合せでは、計画平面図等の図面の他、計画モデルをディスプレイに示し、現況地形モデルや比較検討案等との比較を行い、運転シミュレーションを活用しながら説明を行った(写真-5)。



写真-5 受益農家自身による運転操作状況

1) 第1回受益農家打合せ

第1回受益農家打合せの目的は、現状の営農阻害要因と整備要望の確認である。現況地形モデルを活用し、現況ほ場の勾配や高低差、トラクタの走行性向上に向けた課題について確認を行った。現況地形モデル上でトラクタを走らせることで、現地の問題点を受益農家は客観的に確認することができ、さらに設計者は視覚的な情報から、より具体的かつ精度よく、現地の問題点の把握ができた。これにより、受益農家と設計者の情報共有が円滑となった。

2) 第2回受益農家打合せ

第1回受益農家打合せの課題、問題点を反映させたVRでは、計画モデルの視点を変更しながらの確認と、運転シミュレーションで、ほ場勾配や取付道路の確認を行うことができた。このため、受益農家は完成形をイメージすることができ、比較的短時間の

説明時間で設計方針の合意形成が実現できた。

3) 第3回受益農家打合せ

第3回受益農家打合せの目的は、完成形を確認し受益農家の合意を得ることである。取付道路等の受益農家要望の変更はあるものの、設計に大きな変更は無く、合意を得た。このため、設計作業の手戻りも少なく、打合せ時間が短縮された。

5. VR技術活用の効果と課題

(1) 効果

区画整理の設計においてVR技術を活用することで、以下の効果を確認した。

- ①整備方針案作成時の作業の時間の短縮化
- ②完成後の切盛土法面等施設高さイメージの明確化
- ③完成後の取付道路等施設と周辺との取り合いの明確化
- ④受益農家との円滑な合意形成
- ⑤営農作業機械での走行の再現による、設計手戻り防止
- ⑥設計の妥当性検証

(2) 課題

1) 運転シミュレーション

本業務で運転シミュレーションを活用したことで、実際のトラクタの走行軌跡や車窓から周辺状況を確認できるなど、イメージの明確化や設計手戻り防止に活用できることが分かった。但し、走行のリアル感の点で改善すべき事項があると感じたことを次に示す。

- ①ハンドルミスで誤って排水路や切盛土法面など、実際に走行できない箇所を走行した場合も、転倒しないで走り続けてしまうこと。
- ②トラクタが斜面に対し直角に走行した場合、車窓の風景がトラクタを基準に風景を描写しているため、車体が傾いていても、車窓からは車体の傾きを体感できないこと(図-22、図-23)。
- ③トラクタがほ場を180°旋回する際、速度が急激に落ちてスムーズに曲がれないこと。

運転シミュレーションについて、走行のリアル感の向上など改善すべき点がわかった。今は試行段階であるが、本格的に活用する際に改善することで、受益農家との合意形成をさらに円滑に行えると思われる。



図－22 傾斜ほ場の走行状況



図－23 傾斜ほ場の走行時の車窓風景

2) スマート農業への対応

農林水産省では、超省力・高品質生産を実現する新たな農業を実現するため、スマート農業技術の活用の一つとしてロボットトラクタ、農業用 UAV 等の自動運転利用を推進している。運転シミュレーションは、設計段階において計画モデル上での自動走行農機の地形条件、隣接・対面するほ場に対する進入路の位置関係に至るまで注意が必要となる箇所の検討を行うことが可能で、ロボットトラクタ等の安全性確保の上でも有効と考えられる。

しかし、整備後のほ場が走行の安全性を確保でき

ているかをシミュレーションによって確認するためには課題が残されている。走行の安全性の確保の検討に際して電柱や鉄塔、ガードレール等の静的地物をモデル空間に表現する必要がある。「自動運転利用に資する農地基盤整備データ作成ガイドライン(案)」⁶⁾では、自動走行農機の走行の安全性の確保に必要な静的地物は、BIM/CIM モデル詳細度 400 とすることが望ましいとされている(表－4)。BIM/CIM モデル詳細度 400 で作成する場合、データ量が膨大になり、モデル作成時間が増加するため、自動走行時の安全性に支障となり得る地物を選定する必要がある。

6. おわりに

本報告では、国営緊急農地再編整備事業伊達地区の区画整理設計において、VR(仮想現実)技術を活用し、「設計作業の効率化」「受益農家との合意形成の円滑化」「設計の妥当性検証」の効果を得た事例を紹介した。計画から設計段階における三次元モデルはこれまでも活用されてきたが、VR 技術における運転シミュレーションを受益農家打合せで活用したことは新しい取り組みであると思われ、受益農家及び発注者の関心も高く、一定の評価を得られたと考える。また、このことにより、切盛土法面や附帯施設の出来形確認が行えること、運転シミュレーションにより、トラクタの車両の軌跡を確認することができるので、三次元モデルと VR 技術の活用は、設計手戻り防止に対しても有効な技術であったものとする。

表－4 BIM/CIM モデル詳細度 400 の内容⁵⁾

詳細度	共通定義	工種別の定義	
		ほ場整備工のモデル化	サンプル
400	詳細度 300 に加えて、附帯工、接続構造などの細部構造及び配筋も含めて、正確にモデル化する。	<p>詳細度 300 に加えて小構造物も含む全てをモデル化</p> <p>【ほ場整備工】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 施工レベルを想定 ・ 交差構造物による影響を考慮し、用排水路(埋設管路工)を正確にモデル化 ・ 埋設管路土工を正確にモデル化 ・ 暗渠排水工の配置、形状を正確にモデル化 ・ 現場打ち構造物の配筋、プレキャスト製品の配置(スパン割)、管割を正確にモデル化 ・ その他の付帯施設(擁壁、防護柵、電柱等)の形状、配置を正確にモデル化 ・ 地区内の水利施設(揚水機場、分土工等)の形状、配置を正確にモデル化 	

謝辞

本報は、室蘭開発建設部よりご発注いただきました業務の成果の一部を報告したものです。

本業務のご発注により貴重な経験の場をご提供下さいました胆振農業事務所、ならびに区画整理設計の実施にあたり多大なご協力とご助言を賜りました伊達市経済環境部農地整備課の関係各位及び受益農家の皆様には、ここに記して御礼申し上げます。

最後に、本稿提出の機会を与えて下さいました(一社)北海道土地改良設計技術協会各位に謝意を表します。

(株式会社アルファ技研 事業部 主任技師 (技術士補))

(株式会社アルファ技研 事業部 部長代理 (技術士))

引用文献

- 1) 北海道伊達市：伊達市の概況（令和6年度版）
- 2) 北海道開発局：国営伊達土地改良事業計画書
- 3) 土地改良事業計画指針 農地開発（改良山成畑工）P52
- 4) 株式会社クボタ：クボトラクタ M7 カタログ
- 5) 農林水産省：国営土地改良事業等における BIM/CIM 活用ガイドライン（案）
- 6) 農林水産省：自動運転利用に資する農地基盤整備データ作成ガイドライン（案）
- 7) 国営緊急農地再編整備事業「伊達地区」基本事項