

参考資料

(参考1) 技術開発状況

参考1-1 自動運転の技術開発状況

1 自動走行農機（トラクタ）の走行技術

(1) 自動走行手順（有人監視下での自動運転）

通常、トラクタでは場内を作業するに当たり、トラクタ本体の長さに相当する枕地部分は往復作業ができないことから、まずはほ場の中央部を往復作業し、最後に外周（3周分程度）を走行する等して、やり残しなく作業を行っている。

上記を踏まえ、現在市販化されている「ほ場内やほ場周辺からの監視下での無人状態での自動走行」の経路設定[※]は、

- ① 手動操作では場の外周を走行し、ほ場の形状を記憶登録（2回目以降の作業時は登録不要）（ティーチング）
- ② 自動運転では場の中央部の往復作業
- ③ 自動運転で外周3周のうちの最内周の作業
- ④ 最後に手動操作で最外周2周の作業

の手順で行うのが一般的である。

※市販化されている「ほ場内やほ場周辺からの監視下での無人状態での自動走行」（有人監視下での自動運転）の自動走行農機の走行方法の一例を記載しており、メーカーにより走行方法が異なる場合があるため、留意が必要。

(2) 走行技術（有人監視下での自動運転）

「ほ場内やほ場周辺からの監視下での無人状態での自動走行」では、自己位置推定のずれが大きいと、オーバーラップ率が大きくなり非効率となる。よって、オーバーラップ率を最小とするため、誤差数cmのRTK-GNSS等を活用するGPSガイダンス機能を搭載するものが一般的である。

自動走行の経路設定には、ほ場の外周を走行し形状を記憶させる必要があり、ほ場が四角形の場合は四隅を、四角形でない場合は変化点（屈折点）を押さえている。

現在市販化されているほ場内やほ場周辺からの監視下での無人状態での自動走行トラクタは搭載センサーにて障害物の検知を行っているが、障害物が人であるか物であるかといった識別は行っていない。

2 その他の自動運転の走行技術

(1) 自動車における技術開発

自動運転システムには、自己位置推定、周辺環境認知、走行軌道生成、ヒューマンマシンインターフェイスの4つの技術が必要となる。高度な自己位置推定、周辺

環境認知のため、高精度なデジタル地図及び無線通信で得られる情報を組み合わせたダイナミックマップの開発が進められている。

<出典>菅沼直樹：自動車の自動運転システムの技術概要, 日本AEM学会誌, Vol. 25, No. 4

(2) 自己位置推定技術

自動車は主に画像センサーによる白線検知等により、自己位置の推定を行っており、高精度地図（ダイナミックマップ）及びGPSは補助として用いている。

なお、信号機及び停止線等のランドマークで自己位置を補正する技術もある。走行中にセンサーが白線を検知することで境界線の検知が可能のため、通信環境は誤差が大きい無償のGPSで十分となっている。

(3) 周辺環境認知技術

周辺環境の認知の技術はセンサー、通信技術が主となる。

ア センサー

自動運転システムで使用されるセンサーは主にミリ波レーダー、LiDAR（3Dレンジセンサ）、カメラの3種となる。これらは各々性能限界が高い項目、低い項目があり、性能限界が生じても安全性を担保するためのセンサフュージョンの技術開発が進められている。

従来LiDARが主に使用され、カメラが画像は従属的に用いる技術がメインであったが、最近の動向としてはDeep Learning技術の発展により、カメラ画像が主に使用され、LiDAR及びミリ波レーダーが従属的に用いられる開発が行われるようになってきている（SIP第1期ロボット農機高度運用WG 深尾教授資料より）。

イ 通信技術

自動運転システムには、車間通信（V2V: Vehicle-to-Vehicle）、路車間通信（V2I: Vehicle-to-roadside-Infrastructure）、スマートフォンを持った歩行者及び車の通信（V2P: Vehicle-to-Pedestrian）等の車と物との通信（V2X: Vehicle-to-everything）技術が必要となる。

平成31年2月時点では、狭域通信、C-V2X通信、4G、LTE、5Gが国際的にも多くのユースケースで取組がなされている。（「『戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）第2期自動運転（システム及びサービスの拡張）』のうち自動運転システムにおけるV2X技術等を含む新たな通信技術の活用に関する調査」三菱総合研究所 平成31年2月より）

ダイナミックマップにはこれらの通信で得られた情報が紐づけされる。

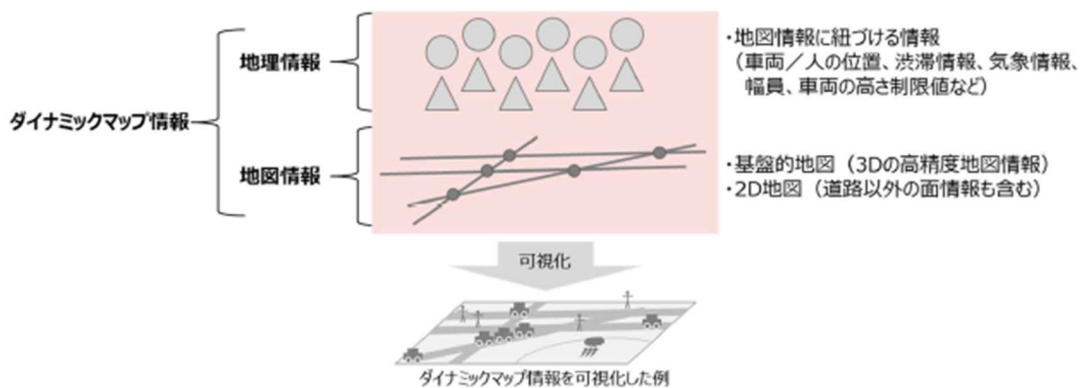
前述のように、高速道路におけるSAEのレベル4、レベル5、一般道におけるSAEのレベル3、4、5は技術開発中となる。現時点でSAEのレベル4、5における5G通信の要否は定まっていない。現在のSIPダイナミックマップ大規模実

証実験では5Gを活用しており、5Gで遠隔操縦というシナリオは描かれているが、実用上は多数の車両の遠隔監視は不可能との見方もある。ただし、リアルタイムの安全性にかかわらない情報通信においては、5G通信は有用と考えられる。

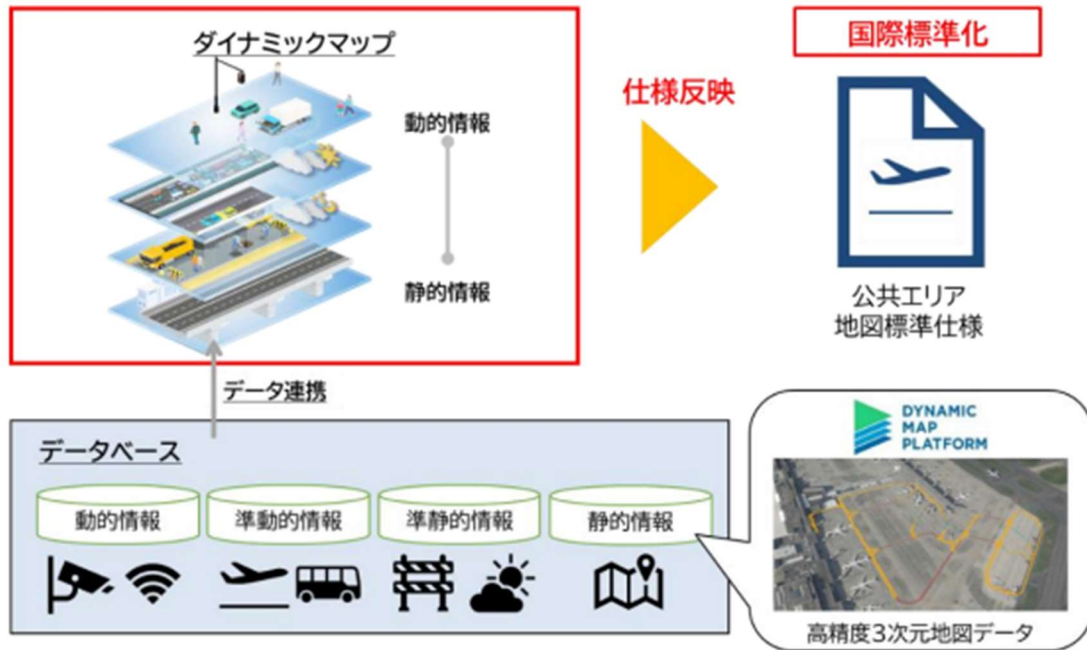
〔コラム〕 高速道路・自動車専用道路、一般道路を対象とした自動運転の実用化に向けた検討状況

高速道路・自動車専用道路、一般道路を対象とした自動運転の実用化に向け、計測機器、測量、地図、自動車等の民間各社が結集してダイナミックマップ基盤株式会社^{※1}が設立され、自動運転に利用される協調領域に該当する日本国内の高精度3次元地図（ダイナミックマップ情報）の開発・整備が進められている。ダイナミックマップ情報は、以下に示すとおり、基盤的地図（自動走行車向けの高度な3D地図）及び地図ベンダーが保有する2D地図から成る地図情報、緯度経度及び道路ID等により地図情報に紐付けられる各種情報で構成される^{※2}。ダイナミックマップ基盤株式会社は、日系自動車メーカー10社の要求に応えるようダイナミックマップ情報を集約し、単なる計測データではなく、有用な情報を小容量のデータサイズにて提供を開始している。

また、ダイナミックマップ基盤株式会社では2025年度に経済産業省の補助事業として「公道から公共エリアまでシームレスに繋ぐ自動運転社会の実現に向けたダイナミックマップの国際標準化事業」が継続採択された。空港や港湾などの公共エリアにおける地図仕様の国際標準化を進め、得られた知見を大規模工場や物流施設などの狭域エリアにも展開し、自動運転の実装促進を図っている。



<出典> 国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構：戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）自動走行システム／大規模実証実験／ダイナミックマップ／ダイナミックマップサービスプラットフォームの実用化に向けた検討（R1）



<出典>ダイナミックマッププラットフォーム株式会社：経済産業省の補助事業としてダイナミックマップの国際標準化事業が採択されました，

https://www.dynamic-maps.co.jp/wp_dmp/wp-content/uploads/2025/07/9236017085d51630a85142df0a58b9be.pdf
(2026年2月3日時点)

- ※1 令和5年2月1日に社名を「ダイナミックマッププラットフォーム株式会社」に変更
- ※2 <出典>国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構：「戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) 自動走行システム／大規模実証実験／ダイナミックマップ／ダイナミックマップサービスプラットフォームの実用化に向けた検討 (R1) 」，第1章SPFの概要より引用

参考 1－2 ほ場間の移動を含む遠隔監視下でのロボットトラクタ等自動運転の実証状況
ほ場間の移動を含む遠隔監視下での自動運転は技術開発段階にあり、富山県富山市、北海道富良野市（共に、戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）第2期 スマートバイオ産業・農業基盤技術）、北海道岩見沢市（北海道大学、岩見沢市、NTTグループ産官学連携協定）等で実証中である。

1 戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）第2期 スマートバイオ産業・農業基盤技術 「SIPフォーラム 2022 SIP第2期『知能化農機』実演会 シンポジウム」

SIP第2期では、日本再興戦略2016（2016年6月2日 閣議決定）に掲げられた「2020年までにほ場間での移動を含む遠隔監視による無人自動走行システムを実現」について、2020年10月に富山の農業生産法人の協力のもと、実演会を開催して政策目標の達成が宣言された。

以降も、遠隔監視型ロボットシステムの社会実装化に向けて、開発改良・実証を通じてシステムの安定性の向上を図り、加えて行政・関係期間との連携を通じて技術進捗等について共有を図りながら、社会実装の基盤となる運用ルール・指針の策定支援が行われている。2022年12月に開催された「SIPフォーラム 2022 SIP第2期『知能化農機』実演会 シンポジウム」では、現状の通信技術の普及状況を踏まえ、4G、LTE下で行われた。シンポジウムの開催結果について、その概要を以下で紹介する。

<出典>SIP「スマートバイオ産業・農業基盤技術」スマートフードチェーン研究コンソーシアム：「SIPフォーラム 2022 SIP第2期『知能化農機』実演会 シンポジウム」公開動画

(1) “遠隔監視”型と“ほ場周辺監視”型ロボットトラクタによる連携作業

ユーザーインターフェースとして、クラウドベースの遠隔監視アプリケーションとロボット車両（異なるメーカ・車種）が連携し、車両の状態確認、操作が行えるシステム（遠隔監視システム）が構築されている。また、どの農機メーカーでも利用可能な「自動走行農機用デジタルマップ」の共通仕様化として、交差点、ほ場の出入り口などのエリア情報、カーブ、急勾配箇所及び一時停止位置などレーン情報など、安全な走行を実現するための情報を有するデジタルマップが開発されている。

これらの開発成果として、実演会にて“遠隔監視”型と“ほ場周辺監視”型ロボットトラクタによる連携作業”が発表された。以下にその内容を示す。

① 遠隔監視システムで周辺の安全を確認し遠隔操作によって作業を開始



② ロボットトラクタの始動、地図情報を基とした経路作成及びほ場間移動



③ 障害物検知、緊急停止



- RGBカメラ及び熱画像カメラを用いて人や障害物を検知しロボットは緊急停止する。その際、作業管理者には車両が停止されたことが通知される。

- ④ 作業監視者は遠隔監視システムでロボット周辺の安全を確認後、遠隔操作で走行再開



- ⑤ ほ場内の農作業開始位置に移動、耕うんの開始



(2) 遠隔監視システムと環境認識機能を付与した無人自動走行

車両周辺の危険範囲内の障害物検知のため、構築されてきた深層学習モデルの性能向上を目的として、農業環境用障害物データセットが構成され、モデルの学習に利用されている。また、制御システムの走行安全性を分析し、安全性を高めるためのパラメータ設定・経路設定を通じて実証等に取り組まれている。併せて、中山間地等のGNSS信号が不安定なエリアでの自動走行を想定して、環境認識やランドマーク認識を用いて自動走行を継続するアルゴリズムの開発が行われている。

これらの開発成果として、実演会にて“遠隔監視システムと環境認識機能を付与した無人自動走行”が発表された。以下にその内容を示す。

① 上方が開けた箇所での走行



- ・ 上方の開けた箇所では、遮蔽物による電波受信の際の障害が発生しにくいいため、GNSSを用いて、自己位置を推定し、走行している（道路走行時の最高速度は15 km/h）。
- ・ 走行の際は、安全確保のため、ほ場出入口や交差点手前で停止する。停止後は遠隔監視システムによる映像により、ロボット周辺の安全を確認して自動走行を再開する。

② ステレオカメラによる障害物検知



- ・ ステレオカメラにより経路上の障害物の有無を検知し、自動的に減速・停止を行う。
- ・ 遠隔監視者は画面上でロボット周囲の安全を確認したうえで走行再開する。

③ GNSS受信不可エリアでの自己位置推定





- ・ 周囲に遮蔽物がある等、G N S S 受信不可エリアでは設置した専用ポールを検知して自己位置を認識する。
- ・ ランドマークとなる専用ポールはコスト面から主に交差点や危険箇所に設置。
- ・ G N S S 不使用時にキャビン上部の作業灯を点灯させ、周囲の作業者等にも周知を行う。

④ 道路外への走行



- ・ 道路外に出る際も一時停止をして、遠隔監視による安全確認を行う。

2 戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) 第2期 スマートバイオ産業・農業基盤技術及び福島国際研究教育機構 (F-REI) 「自動走行農機に適応した農場の設計支援ツールの開発」

戦略的イノベーション創造プログラム (SIP) 第2期において、高精度デジタルマップによる設計支援ツールを活用した自動走行農機による実証試験での活用例について紹介する。なお、現時点では福島国際研究教育機構のプロジェクトにおいて、農機 OEM (1社) と連携し、高精度デジタルマップを用いた自動走行農機の開発が行われており、今後、この取組を国内の複数の農機OEMとの連携に拡大させていくことが考えられている。以下に、設計支援ツールについて紹介する。

(1) 高精度デジタルマップ

高精度デジタルマップは、自動走行農機の制御に用いられる精密な地図データであり、農地内外の走行や作業を安全かつ効率的に行うための基盤情報である。主に「ほ場間移動用の走行路」と「ほ場」の2要素で構成され、走行路には境界線や中心線、交差点エリアなどが含まれ、ほ場には区画境界線などが含まれる。さらに、電柱やガードレール、給排水栓などの接触リスクのある地物情報も含まれており、車両の制御に必要なレーン情報 (止まれ、右左折、曲率、縦横断勾配、舗装種別、道路種別など) も付加されている。これにより、自動走行農機は交差点での減速やウィンカー操作、カーブでの速度調整などを適切に行うことが可能となる。自動走行に利用する高精度デジタルマップの役割や整備方法、自動走行農機が安全にほ場間移動を実現するために必要な農場の診断方法については参考資料を参照されたい。

<出典>松島健一：自動走行農機に適応した農場の設計支援ツールの開発, 農業食料工学会誌, 86 (6), p. 359~

363, https://www.jstage.jst.go.jp/article/jsamfe/86/6/86_359/_pdf/-char/ja (2026年2月3日時点)

(2) 設計支援ツールに関する新技術の開発状況

農研機構農村工学研究部門のうち基盤情報研究領域空間情報グループにて設計支援ツールに関する新技術の研究が行われている。「農業農村整備のための実用新技術成果選集 (2025年)」で掲載された新技術を以下に示す。

<出典>農研機構 農村工学研究部門 農地基盤情報研究領域空間情報グループ：ほ場間移動に対応したロボット農機用のスマート農場の設計支援ツール, 農業農村整備のための実用新技術成果選集 (2025年), <https://www.naro.go.jp/org/nire/jituyo/all/pdf/01-01-03.pdf> (2026年2月3日時点)

ほ場間移動に対応したロボット農機用の スマート農場の設計支援ツール

研究のポイント

- ロボット農機が安全に作業できる農場を構築するため、実際の農場を再現したサイバー空間上で、ほ場間移動に支障のある走行路の箇所を自動検出し、ロボット農機が無人走行する際に必要なデジタルマップを自動生成するツールを開発しました。ユーザーは利用するロボット農機に応じて安全な走行路の設計とマップを簡便に作成することができます。

ツールの概要

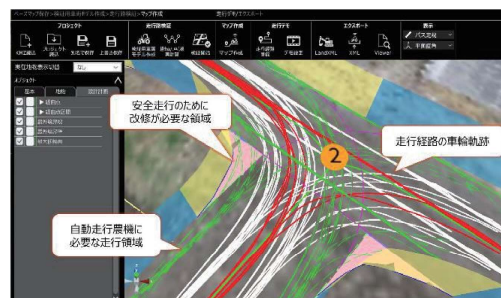
- 本ツールには、走行シミュレーションによって走行路の支障箇所を自動的に検出する機能と、デジタルマップを自動的に生成する機能を有しています。
- サイバー空間上に高精度3次元メッシュデータを読み込み、走行路エリアの境界線などを作図します。これらの情報からロボット農機の走行に必要な情報(走行路中心線や交差点)を自動的に得ることができます(図1)。
- 次に、ユーザーは利用したい自動走行農機、装着する作業機を選択します。これらの農機を対象に、サイバー空間上で走行シミュレーションを実施します。その際に、コンピューターによって走行路の支障箇所を自動的に抽出し、その箇所を画面上で詳しく確認することができます(図2)。
- また、ロボット農機が無人でほ場間移動する際に、高解像度デジタルマップ(FarmMap)を利用しますが、本ツールでは、同デジタルマップを出力することも可能です。FarmMapは、農地環境特有の走行環境を考慮して、車両が安全に走行するための地図情報を有しています。また、特定の車両やメーカーに限定されないよう共通仕様を指向しています。



図1 高精度3次元メッシュデータと図化情報



(a) 自動走行農機の走行シミュレーション



(b) 走行路の軌跡や支障箇所の可視化

図2 スマート農場の設計支援ツール



農村工学研究部門 農地・基盤情報研究領域
空間情報グループ

(参考資料) 農地・基盤デジタルプラットフォームの概要

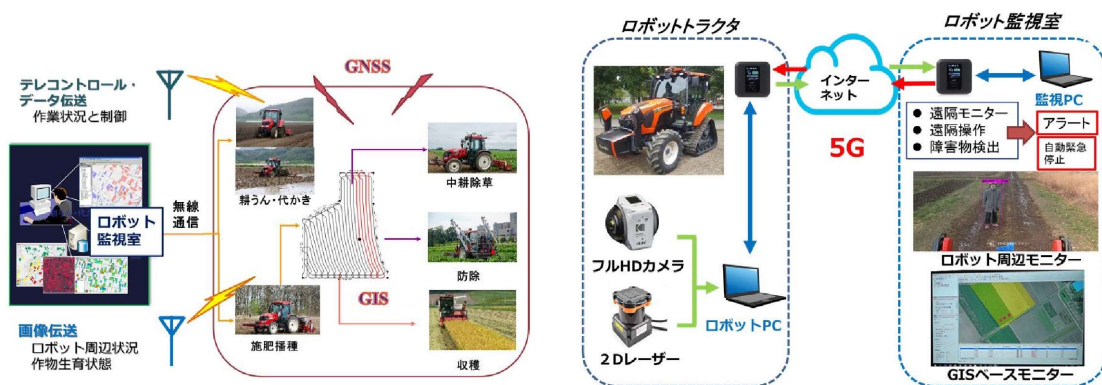
3 自動トラクタ等の農機の遠隔監視制御による自動運転等の実現（北海道岩見沢市）

ローカル5G等の無線通信システムを用いた「遠隔監視下での無人状態での自動走行」による農機作業を実現するとともに、映像情報を含むビッグデータの分析に基づく「農作業の最適な作業時期提示」を実現することを目的としている。

コンソーシアムメンバーとしては、北海道大学及びNTTを中心に農機メーカーや地域の法人等が参画しており、実証課題は以下のとおり。

- ① 自動トラクタ等の遠隔監視下での無人自動走行（複数台の同時走行、ほ場間の公道走行等）
- ② 各種センサーから取得される生育データ等のビッグデータ 収集・解析（最適な農業計画策定等）
- ③ 複数の既存インフラと組み合わせたネットワーク利活用（各種センサーやカメラ等を用いた排水路監視等）

本実証における遠隔監視によるロボット作業システムは基本的に地域内で複数のロボットに同時作業させるシステムで、ロボット管制室にいる1人のオペレーターが離れた複数の畑で作業しているロボットを管理できるものであり、テレコントロール・データ伝送（ロボットの作業データを伝送する機能と管制室からロボットを制御する機能を担う通信系）及びロボット周辺の画像伝送の通信において、ローカル5Gを構築することで対応する。



<出典>野口 伸：農作業の自動化・最適化によるスマート農業社会の実現に向けた ICT（情報通信技術）の活用に関する研究，

<https://www.agr.hokudai.ac.jp/project/smartagr>（2026年2月3日時点）

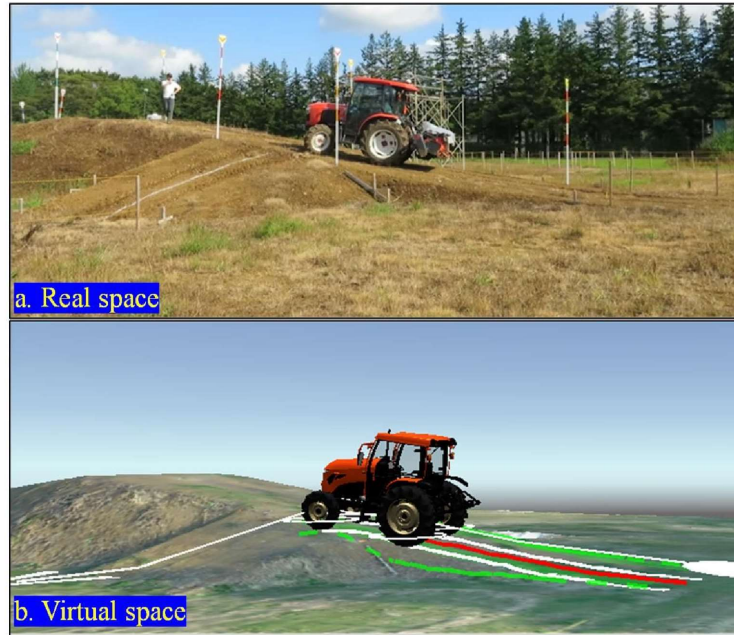
参考1-3 設計段階における走行シミュレーションの活用

地形条件、隣接及び対面するほ場との位置関係から、進入路におけるロボットトラクタ等の出入りに注意を必要とする箇所については、設計段階における3次元モデル上でのシミュレーションによる検討が有効である。農場設計支援ツールを利用した走行シミュレーションは、内閣府戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）「スマートバイオ産業・農業基盤技術」により実施されている。また、中山間地域などで見られる急勾配な走行路に着目し、農道からほ場出入り口へ進入する際の車両の姿勢角の変化に関して、実機による走行試験及び仮想空間を利用した走行試験を実施し、それぞれの車両の姿勢角を比較し、シミュレーションの再現性が検証されているように研究が進展している。また、ロボットトラクタ等を活用する営農者にも走行シミュレーションの検討結果を共有することによって、地元説明の円滑化が期待される。



(参考資料) 3次元モデル上でのシミュレーションを進入路整備に活用した事例

<出典>戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）第2期 スマートバイオ産業・農業基盤技術：3次元モデル上でのシミュレーションを進入路整備に活用した事例（富山県富山市）



(参考資料) 実空間及び仮想空間に構築した試験フィールド

<出典>篠原健吾, 松島健一, 趙元在 : ほ場出入り口への進進行動におけるロボット農機の姿勢角のシミュレーション ~仮想空間を利用した走行路の危険箇所の抽出に向けて~, 2023年度 (第72回) 農業農村工学会大会講演会講演要旨集, [1-6], 11, <https://soil.en.a.u-tokyo.ac.jp/jsidre/search/PDFs//23/1-6.pdf> (2026年2月3日時点)

(参考2) デジタルプラットフォームの構想

情報化施工技術活用工事等によって取得した農地基盤の3次元位置情報等を施工後の維持管理及び営農に利用するには、将来的にクラウド上にデータを共有するための共通基盤（プラットフォーム）の検討も必要である。プラットフォームの取組事例を記載する。

参考2-1 農地基盤デジタルプラットフォームの構想

現在、（国研）農研機構農村工学研究部門において農地基盤デジタルプラットフォームの研究が進められている。

プラットフォームの特徴として、データを安全かつ適切に共有するため、①ユーザーのID やアクセス管理ができる認証機能、②ユーザーの属性に応じて適切なデータの管理、編集、閲覧ができる権限管理機能、③ファイル管理機能、④GISによるビューア機能を有する。また、GIS上で閲覧するビューア機能ではLAS、GeoJSON、J-LandXML、shpファイル等のファイル形式が対応する。さらに、データ利活用を促進するため、農地管理や暗渠施工管理、法面管理及び施設管理に特化したアプリを別途構築した。また、水土里情報システムや農業データ連携基盤WAGRIとのAPI連携を構築し、システム間におけるデータ連携が可能となった。期待される活用例としては、ビューア機能では点群データの時点間での標高比較が可能であり、整備前後の差分による盛土・切土マップ作成や、土砂災害前後の差分による被害状況の迅速な把握が図れる。また、土地改良区が管理する水土里情報システムと農業データ連携基盤WAGRIのデータを得ることができる。各システム上で管理する筆ポリゴンのレイヤ表示や差分表示ができ、農地区画情報の迅速な把握や更新作業の省力化ができる。また、区画面積の色分け（ヒートマップ表示）や農地率の算出も可能。



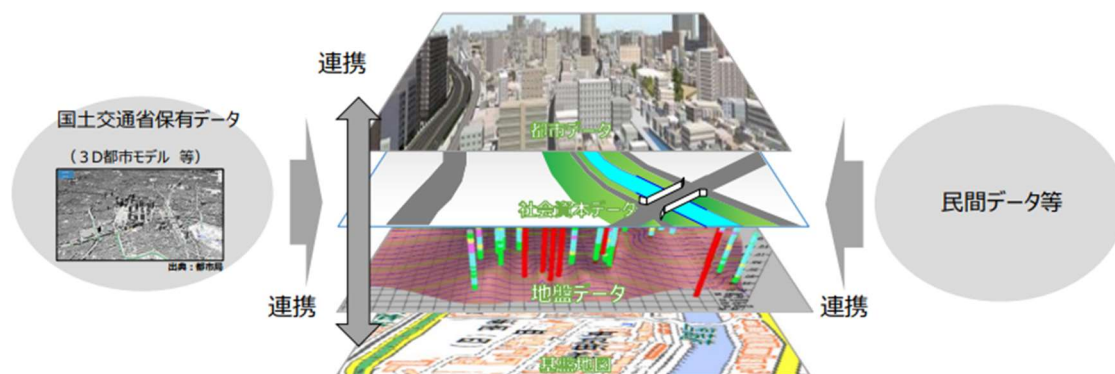
(参考資料) 農地基盤デジタルプラットフォームの概要

<出典>農研機構 農村工学研究部門 農地基盤情報研究領域 農地整備グループ：農業農村整備におけるデータ利活用を促進する農地基盤デジタルプラットフォーム，農業農村整備のための実用新技術成果選集（2025年），

参考2-2 国土交通データプラットフォーム

国土交通省では、国土に関するデータ、経済活動、自然現象に関するデータを連携させ、分野を跨いだデータ検索・取得を可能とすることで業務の効率化やスマートシティ等の施策の高度化、産学官連携によるイノベーション創出等を実現するためのデータ連携基盤として「国土交通データプラットフォーム」の構築を進めている。

令和2年4月の公開以降、連携データの拡充や地図上での表示・検索・ダウンロード機能の改良、API機能の追加等を実施しており、連携基盤としての強化を図っている。令和6年9月には戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)第3期課題「スマートインフラマネジメントシステムの構築」と連携した社会実験を開始し、今後も、データ連携や機能の充実等により、現実空間の事象をサイバー空間に再現するデジタルツインの実現に向けた取組が進められている。



(参考資料) 国土交通省 国土交通データプラットフォームの概要

<出典>国土交通省：報道発表資料,

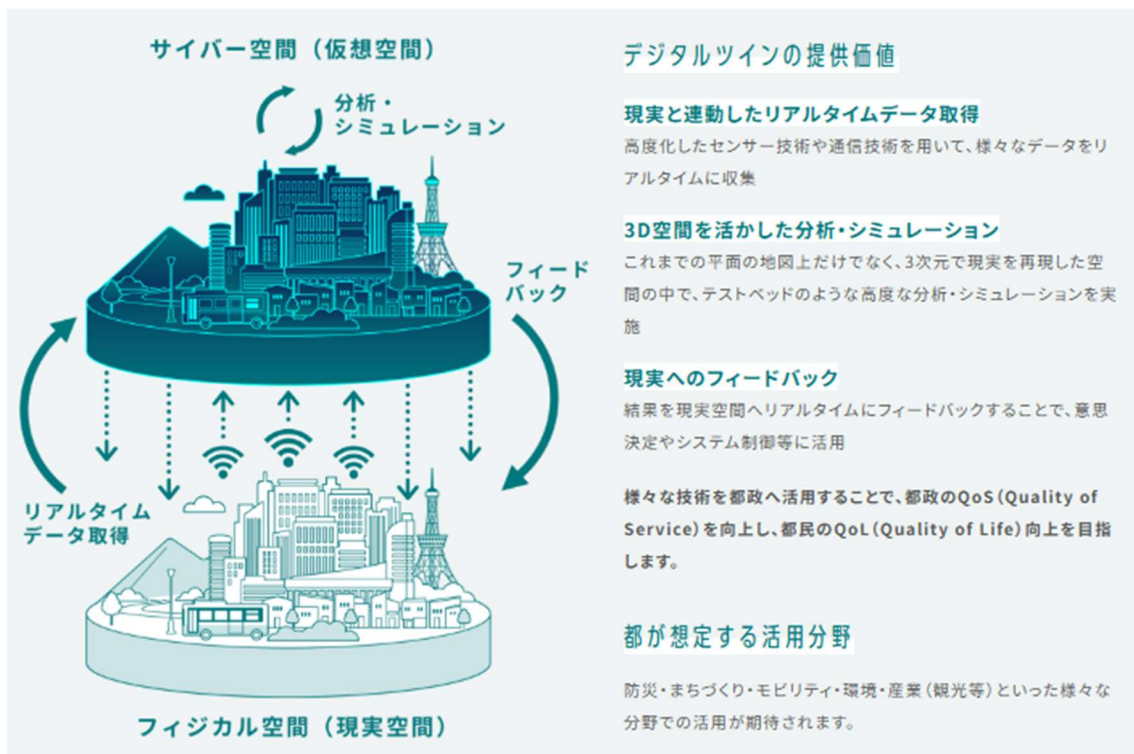
<https://www.mlit.go.jp/report/press/content/001878713.pdf> (2026年2月3日時点)

<出典>国土交通省：国土交通白書 2025, p. 311,

<https://www.mlit.go.jp/hakusyo/mlit/r06/hakusho/r07/pdf/kokudo.pdf> (2026年2月3日時点)

参考2-3 東京都 デジタルツイン実現プロジェクト

東京都が主導する都のデジタルツイン事業では3D都市モデルの他、点群データの整備を進めている。庁内の日常業務や庁外の様々な活動でデジタルツインの活用を促進するため、庁内外の地理空間データを集約し、横断的にデータを提供・可視化するための「デジタルツインデータ連携基盤」を構築・運用を目指す。また、民間事業者が東京都内に持つ地理空間データの連携によって、都事業における活用可能性やユースケース創出の検討を促進する。



(参考資料) 東京都 デジタルツイン実現プロジェクトの概要

<出典>東京都：東京都 デジタルツイン実現プロジェクト， <https://info.tokyo-digitaltwin.metro.tokyo.lg.jp/> (2026年2月3日時点)

参考2-4 VIRTUAL SHIZUOKA

「VIRTUAL SHIZUOKA」は、静岡県が推進する先進的なプロジェクトであり、県全域を実寸大の3D空間として再現することを目的としている。レーザースキャナー等による広範囲の測量を通じて取得された「3次元点群データ」は、オープンデータとして一般に公開されており、誰でも自由に利用可能である。このデータは、災害対策のシミュレーション、インフラの維持管理、自動運転技術の検証、観光・エンターテインメント分野での活用、さらには地域の記憶を保存するデジタルアーカイブなど、多岐にわたる分野での応用が期待されている。

さらに本プロジェクトは、東京都が進める「デジタルツイン実現プロジェクト」との共同運用が行われており、広域的な都市・地域連携の基盤としても注目されている。両自治体の連携により、都市部と地方の空間情報を統合的に扱うことで、災害対応や都市計画、交通・物流の最適化など、より高度な社会課題の解決に資するシミュレーション環境の構築が可能となっている。



(参考資料) VIRTUAL SHIZUOKAの概要

<出典>静岡県交通基盤部政策管理局建設政策課未来まちづくり室：3次元点群データを活用した未来のまちづくり～VIRTUAL SHIZUOKA構想～、

https://www.pref.shizuoka.jp/_res/projects/default_project/_page_/001/052/183/jireishu8.pdf (2026年2月3日時点)

(参考3) 実証で生じている現在の技術的課題とその対応

「参考1-2 ほ場間の移動を含む遠隔監視下でのロボットトラクタ等自動運転の実証状況」で示した実証で実際に生じている技術的課題とその対策案を記載する。

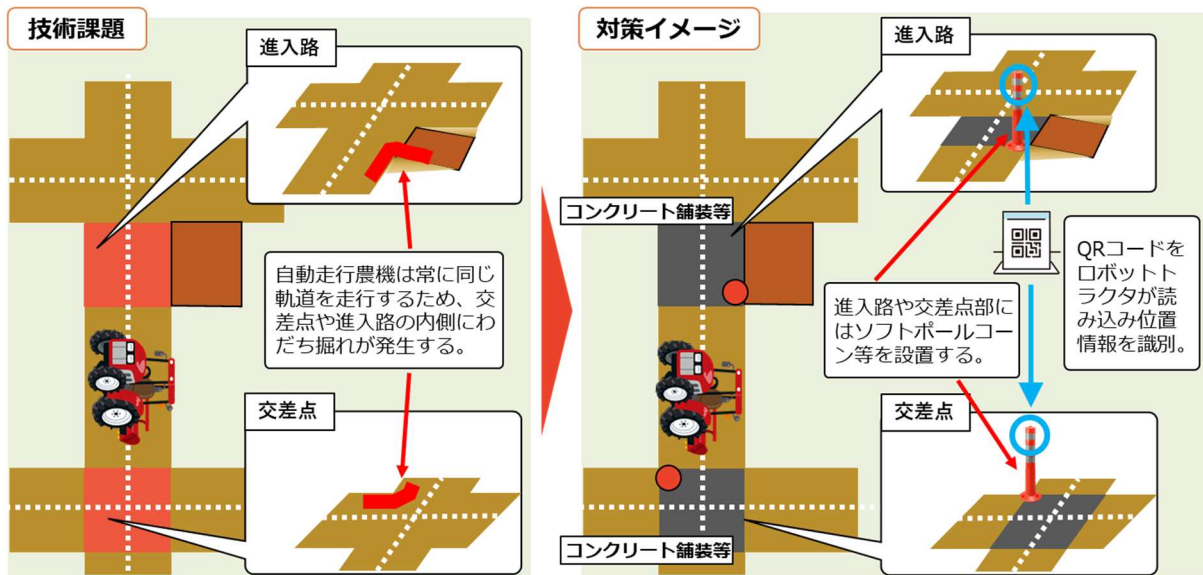
参考3-1 ロボットトラクタによる交差点、進入路等の走行

ロボットトラクタの走行において、GNSSからの信号情報のみによる制御では、交差点や進入路等、センサーでの自動走行が困難な箇所での走行について、安全性が十分に確保されていない場合が想定される。信号情報が届かない箇所での走行安全性を確保するためには、農機用地図データとSLAMやマーカーなどを組み合わせた機械による対応の他、基盤側においても以下の技術課題に対応する必要があるものと想定される。

ロボットトラクタは、設定された走行経路に基づき、同じ軌道を走行する。そのため、実証では、交差点や進入路が土砂系舗装の場合、^{わだち}轍掘れの発生が確認されており、この対策として、コンクリート等による舗装が有効と考えられる。

また、GNSSの信号情報の安定性等を考慮した場合、現場でセンサーなどにより把握できる既知点を与えることが有用であり、コンクリート舗装等と合わせてソフトポールコーンを設置するなどが有効と考えられる。

さらに、ソフトポールコーンを設置する際に現場の位置情報、作物及び作業に関する情報を持ったQRコードを作成しておくことで、ロボットトラクタがQRコードを読み取り、これらの情報を取得し走行に活用することも考えられる。



(参考資料) ロボットトラクタによる交差点、進入路等の走行の技術課題と対策イメージ

<出典>田崎豪：Autowareではじめる自立移動技術入門，森北出版，(2021)，本文と図を一部抜粋し加工

参考3-2 農道上の支障物の位置の把握

実証では、雑草により、ほ場の境界部や支障物、道路の陥没等の検知が困難になるといった課題が確認されている。

現在、ロボットトラクタの直進走行では、ミリ波レーダー、LiDAR（3Dレンジセンサ）、カメラ等のセンサーに基づく支障物確認が行われているため、走行経路に支障物が存在する場合やほ場境界部については、これらのセンサーで把握可能となるような整備が有効である。

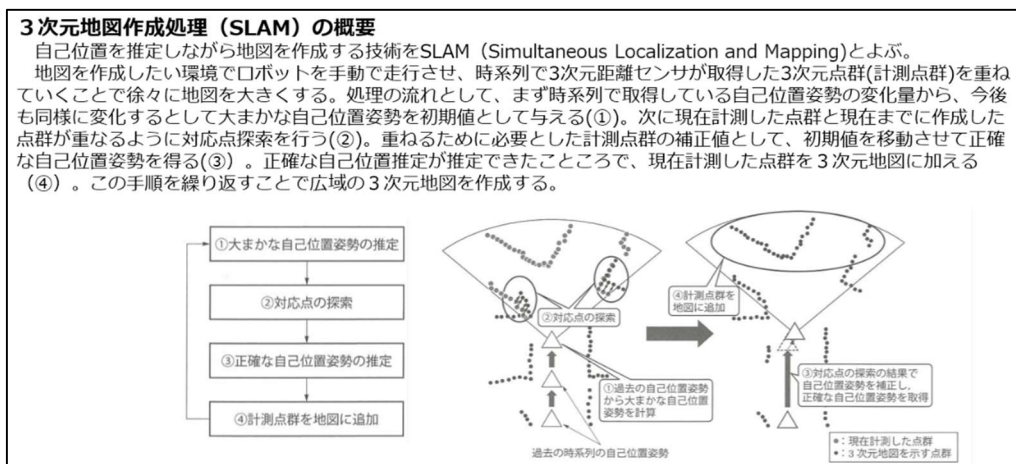
整備の一例として、ソフトポールコーン等の目印の設置や、張りコンクリートによる支障物周辺の防除等が挙げられる。その他、農機用地図データに農道上に存在する支障物をあらかじめ登録しておくことで、支障物を回避した走行が可能となる。

参考3-3 森林・防風林等の遮蔽物の影響における補完技術

一般に森林・防風林等の遮蔽物がある場合、衛星から送信された信号が反射、回折し、自己位置の推定が困難となる。「第3章 第7 補完代替設備の検討」で示したとおり、実証では反射材のポールを立てて位置補正を図っている。参考資料では、その他の技術として3次元地図作成処理（SLAM）を活用した自己位置推定手法と2センチメートル級測位補強サービス（CLAS）を解説する。

1 3次元地図作成処理(SLAM)を活用した自己位置推定方法

中山間地でGNSSが受信できないエリアでは、座標情報とSLAM（Visual slam, LiDAR slam等）を組み合わせる位置を推定する手法が有効である。ただし、GNSSによる位置補正から画像認識等による自己位置補正に切り替わることで進行方向の蓄積誤差から地図データとの誤差が発生する可能性がある。また、現在、主要とされているSLAMの技術は、比較的、環境の変化が小さい市街地を対象としたものであり、環境の変化が大きい農地には適さないおそれがある。そのため、農地に適用する際には、上記の課題を解決する必要がある、今後の技術開発動向を注視する必要がある。



(参考資料) 3次元地図作成処理（SLAM）の概要

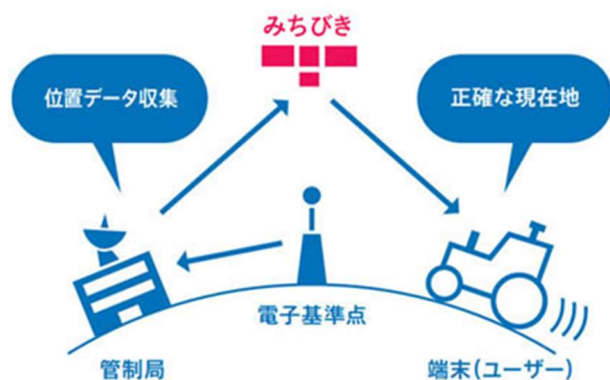
<出典>田崎豪：Autowareではじめる自立移動技術入門，森北出版，（2021），本文と図を一部抜粋し加工

2 センチメートル級測位補強サービス(CLAS)の概要

センチメートル級測位補強サービス（CLAS）は、高精度な衛星測位を行うため、国土交通省国土地理院が全国に整備している電子基準点のデータを利用して電子基準点を用いて補正情報を計算し、現在位置を正確に求めるための情報（センチメートル級測位補強情報）をみちびきから送信するサービスであり、中山間地域においても精度の高い位置情報を提供可能である。ただし、現在はサービス提供社が少なく、今後の技術普及状況を注視する必要がある。

センチメートル級測位補強サービス(CLAS) の概要

- 高精度な衛星測位を行うため、国土交通省国土地理院が全国に整備している電子基準点のデータを利用して電子基準点を用いて補正情報を計算し、現在位置を正確に求めるための情報（センチメートル級測位補強情報）をみちびきから送信します。センチメートル級測位補強を送信するL6D信号は、GPSから配信している信号ではないため、専用の受信機が必要になります。
- このサービスは、測量、情報化施工、IT農業での利用を想定しており、L6D信号を受信することができる端末で利用することができます。また、搬送波測位という測量技術による手法を用いるため、アンテナや受信機のサイズは大きくなることから、モバイル機器ではなく、測量機材としての利用や車載での利用を想定しています。
- センチメートル級測位補強では、測量の技術を使用することにより、誤差数cmで測位を行うことが可能となります。現地測量に利用する場合には、3～4級の基準点測量や写真測量の標定点測量への利用を検討しています。
- カメラやレーザーキャナと同時に受信機を車載で利用する三次元計測システムで利用することが考えられます。地上において高精度に位置や画像の情報を取得することにより、正確な地図を迅速に作成できるようになることが期待されます。
- なお、衛星を経由するため、補強情報を作成してから送信するまでの間には十数秒のタイムラグがあるため、急な電離層擾乱などの際には、補正が間に合わずに測位結果が乱れる可能性があります。このため、車載で利用する場合には、工事現場や農場のような限られた領域内での利用、又は三次元計測のように後処理による利用を想定しており、公道における運転に利用する場合には、他のセンサーと組み合わせ、補助的な扱いになると考えています。



(参考資料) センチメートル級測位補強サービス (CLAS) の概要

<出典>内閣府：センチメートル級測位補強サービス，みちびき（準天頂衛星システム），
https://qzss.go.jp/overview/services/sv06_clas.html（2026年2月3日時点）

中山間地域でのCLASの導入に関しては、現在、北海道大学や京都大学等で研究・実証が行われており、CLASを導入することにより、複雑な起伏を含む地形や防風林・雑木林などマルチパスが起りやすい環境やネットワークが脆弱な環境においても高い精度が得られ、RTK測位と比べても精度低下がみられないことが分かっている。また、CLASに対応した受信機や農機も開発されてきており、今後の技術開発動向を注視する必要がある。

参考4-2 農業機械の自動走行に関する安全性確保ガイドライン

ロボット技術を組み込んで自動的に走行又は作業を行う車両系の農業機械（以下「ロボット農機」という。）の安全性を確保することを目的として、リスクアセスメントの実施など安全性確保の原則、関係者の役割等についての指針を示す。

本ガイドラインは、ロボット農機に使用者が搭乗せずに無人で自動走行させる方法（使用者が、ほ場内やほ場周囲から監視する方法又は同一のほ場内で協調して作業するほかの農業機械に搭乗して監視する方法に限る。）によって、屋外ほ場等の開放系での農作業に用いる以下のロボット農機について適用し、当該ロボット農機的设计、製造、輸入、販売、設置、管理、使用及び修理の各段階を対象とする。

- ・ ロボットトラクタ（衛星測位情報を利用して自動走行するもの）
- ・ 茶園管理ロボット
- ・ ロボット田植機（衛星測位情報を利用して自動走行するもの）
- ・ ロボット草刈機（衛星測位情報を利用して自動走行するもの）
- ・ ロボット小型汎用台車（衛星測位情報を利用して自動走行するもの）
- ・ ロボットコンバイン（衛星測位情報を利用して自動走行するもの）

農業機械の自動走行に関する安全性確保ガイドラインの概要

概要

- ロボット技術を組み込んで自動走行・作業を行う車両系の農業機械（ロボット農機）の安全性確保を目的として、リスクアセスメントの実施など、安全性確保の基本的な考え方や関係者の役割等を定めた指針。
- 農業におけるロボット技術の導入が途上の段階であることから、新たなロボット農機の開発状況等を踏まえて必要に応じて修正する位置付け。

対象ロボット農機

- 使用者が目視可能な場所から監視しながら無人で自動走行させる方法によって、屋外農作業に用いる以下のロボット農機
- ロボットトラクタ（衛星測位情報を利用して自動走行するトラクター）
- 茶園管理ロボット（自動走行する茶園管理用農業機械）
- ロボット田植機（衛星測位情報を利用して自動走行する田植機）
- ロボット草刈機（衛星測位情報を利用して自動走行する草刈機）
- ロボット小型汎用台車（衛星測位情報を利用して自動走行する小型汎用台車）
- ロボットコンバイン（衛星測位情報を利用して自動走行するコンバイン）

使用上の条件

- 製造者等に定められた目的、場所においてのみロボット農機を自動走行させること
- 自動走行している作業領域内に第三者が侵入しないよう、注意喚起を行うとともに、監視できる環境で使用すること
- 激しい降雨による視界不良時等、監視が難しい環境では自動走行させないこと等※

※ロボット農機特有の使用上の条件はロボット農機の種類毎に規定

関係者の主な役割・順守すべき事項

【製造者等（例：メーカー）】

- ✓ リスクアセスメントと保護方策（自動停止装置等）によってロボット農機のリスクを低減すること
- ✓ リスクが低減しない場合には、使用上の条件を見直すか、製品化を取りやめること
- ✓ 販売者等と連携し、導入主体や使用者に対して、ロボット農機の安全使用の訓練を行うこと

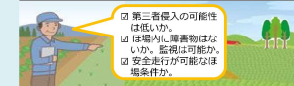
想定される危険場面の例（ロボットトラクター）



【導入主体（例：農業法人）】

- ✓ 使用を想定しているほ場や周辺環境を確認し、危険性を把握して対策を講じること
- ✓ ロボット農機を適切に管理し、安全に使用されていることを随時確認すること

ほ場と周辺環境の確認



【使用者（例：農業法人の従業員）】

- ✓ ロボット農機の安全使用の訓練を受講し、ロボット農機を適切に使用すること
- ✓ 第三者の接近や、ロボット農機のは場外への飛び出し等の可能性が生じた場合にはロボット農機を直ちに停止させること

安全使用の訓練の受講



<出典>農林水産省：農業機械の自動走行に関する安全性確保ガイドラインの概要（R5.3），<https://www.maff.go.jp/j/press/nousan/gizyutu/230329.html>
（2026年2月3日時点）