

高まる車両ロボットの必要性

たとえば、水稻栽培では、「耕耘^{しろ}→代かき→田植え→収穫」という一連の作業があります。これを昔は人の手によって行い、現在では農業従事者がトラクターなどの農作業機を操作して行っています。しかし現在では農業分野は人手不足で、農家自体も減少傾向にあります。こうした状況への対策として、スマート農業では人間の手を必要とせずに農作業を行う「車両ロボット（ロボット農機）」の導入が考えられています。

一方、スマート農業は「データにもとづいた農業」といえます。このため、車両ロボットは作物の育成状況や気象状況などのデータに応じて適切な作業を行えなければなりませんし、さらに作物の品質などを場所ごとに正確に計測できる機能も求められています。

車両ロボットに必要な技術①——ナビゲーション

車両ロボットに最低限必要な技術には、「ナビゲーション」「マップ」「ソフトウェア」の3つがあります（図1）。

この他にも車両ロボットの状況を確認する「ユーザーインターフェース」や「安全センサ」「監視装置」も搭載されますが、ここでは車両ロボットを最適に稼働させるための基本である上記3つについて説明します。

「位置」はGNSSを用いて知る

ナビゲーションは、車両ロボットが自分の「位置」や「方位（方向）」を知るために必要となります。

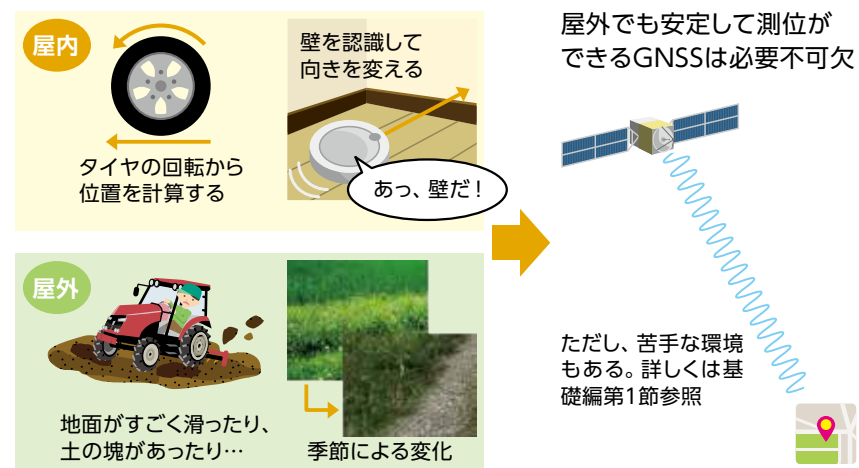
車両の場合はタイヤの回転数を数えて位置を把握する方法もありますが、畑や田圃で使用される農業用車両ロボットは横滑りしたりするので、タイヤの回転数は使えません。また、センサでまわりの環境を認識する方法も、四季によって環境が変化するので困難です。このため、高精度の位置を検出できる「GNSS（全地球航法衛星システム）」が用いられます（図2）。

図1 車両のロボット化の技術



「ナビゲーション」は、自分の位置や方位などを知ること。「マップ」は、圃場の位置や形状をあらわし、車両がどこをどのように走行し、どのように作業すればよいかを示す。そして「ソフトウェア」は、これらのことを適切に行うために車両の動作を制御する。

図2 ナビゲーション（位置の計測）



農業用車両ロボットは不整地で活用されるので、タイヤなどの回転数で位置を測ることは困難。また、屋外は季節や人的要因などで周辺環境が変化するため、掃除ロボットのように位置を把握する目的でセンサを使用することも難しい。

「方位」を知るには3つの方法がある

「位置」と同じく、「方位」も重要な要素となります。たとえば、左右にハンドルを切って方向を変える場合に、自分が今どの方向を向いているのか、あるいは目標地点に対して、どれくらいズレて向いているのかがわからないと、正確な動きができません。

つまり、車両ロボットを走らせるためには、車両の向きや目標の方向といった方位も非常に重要なのです。この方位を知る方法には「GNSS」「地磁気」「ジャイロ」の3つがあります(図3)。

第1節でも説明したように、GNSSは「位置」を測定しますが、それを応用して、人工衛星のデータから2つの位置を計測し、その関係から方位を計算して把握します。

ただしこの方法は、舗装路面のような整備されたところを走行する場合には有効ですが、横滑りするような整地されていないところには向いていません。そもそもGNSSのこの使い方は、「車の向いている方向に正しく移動すること」が大前提なので、横滑りのような不測の事態がひんぱんに起こると誤差が大きくなっていきます。とはいえGNSSは高精度に「位置」を測れるので、2つのアンテナを用いて正しい「方位」を検出して対応します。

地磁気を測る方法もあります。登山などで方位磁石を使ったことがある人もいるかもしれませんが、原理は同じです。

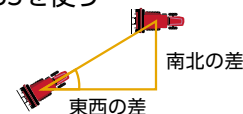
地磁気のメリットは、GNSSと同じく地球上のどこでも測れることです。北向きに対する方位が計測できるため、人が地図上で理解しやすいというメリットもあります。

ただし、地磁気は非常に弱いので、近くに金属がある場合や高圧電線がある場合は、その影響を受けやすいというデメリットがあります。

最後のジャイロは、回転している物体は外から力を加えないかぎり自転軸を変えないという性質(ジャイロ効果)を利用したもので、この変わらない回転軸方向との差から「どれくらい向きが変わったか」を検出して方位を導きます。スマートフォンの縦横の向きを検出する際にも、ジャイロの原理が使われています。

図3 ナビゲーション(方位の計測)

GNSSを使う



横滑りの発生する農業用車両には不向き



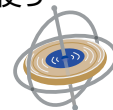
地磁気を測る



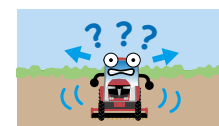
高圧電線や鉄筋の入ったコンクリート畦畔が影響する



ジャイロを使う



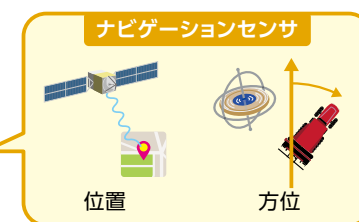
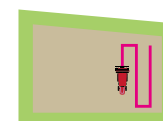
角度変化を検出するのには向いているが、絶対的な方位計測は工夫が必要



ナビゲーションには図のような3つの方法がある。それぞれ一長一短があるので、組み合わせたり、状況に合わせた方法を採用するなどの工夫が必要となる。

図4 マップ

どこで、どのように作業をするのかを地図として表す。



マップにより、目的の作業経路に沿って車両を走行させる。ただし、マップ作成には注意が必要。



Googleマップや国土地理院など、一般的な地図ではなく、車両ロボットと同じ測位方式のものを使うか、車両ロボット自身にマップを作成させる。



ナビゲーションによって、位置や方位を計測。そしてマップによってどこで、どのような作業を行うかを車両ロボットが把握し活動を行う。ただし、マップをつくるときには、注意が必要となる。

GNSSや地磁気と違って、ジャイロでは「北に対してどれくらい向きが変化したか」を検出できません。「そのときの変化の程度」はわかるのですが、絶対的な方位の計測には向いてないのです。

しかし、農業の現場で用いる上ではジャイロはGNSSや地磁気よりも環境の影響を受けにくいので、現在ではGNSSや加速度センサなどと併用して、車両ロボットやドローンの姿勢制御などに用いられています。

車両ロボットに必要な技術②——マップ

ナビゲーションセンサで「位置情報」と「方位情報」が得られれば、あとは地図情報と照らして、目的の作業経路に沿って車両を走行させることができます。この地図情報は「マップ」と呼ばれています(前ページ図4)。現在市販されている車両ロボットは圃場の中で利用することを前提としていますが、圃場から圃場へと移動する車両ロボットも研究されています。

このマップとしてはGoogleマップや国土地理院が発行している地図が使えるのですが、測位の方法が異なっているため注意が必要です。それらの地図がGNSSを用いたRTK測位によるものだったとしても、補正信号が異なるなどの場合があり、誤差が出るかもしれません、おすすめできません。

ドローンの飛行経路作成では多少の誤差も許されますが、車両ロボットの場合はわずかでも誤差があると畦畔を乗り越えたり用水路に落ちたりといった事故にもつながります。このため、マップの作成には使用する車両ロボットと同様の測位方式を用いるか、車両ロボット自身で圃場を走行してその軌跡から圃場区画マップを作成するのが一般的です。

車両ロボットに必要な技術③——ソフトウェア

「位置」と「方位」が計測され、車両を走らせるための目標経路がマップから与えられると、車両ロボットの中の「ソフトウェア」が、前・後進や停止、エンジン回転数や変速機での速度の調整、方向転換などの操舵を制御します。

ソフトウェアはこの他、車両に装備されている農機具の昇降や、トラク

図5 有人車両と車両ロボットとの比較試験(昼間)

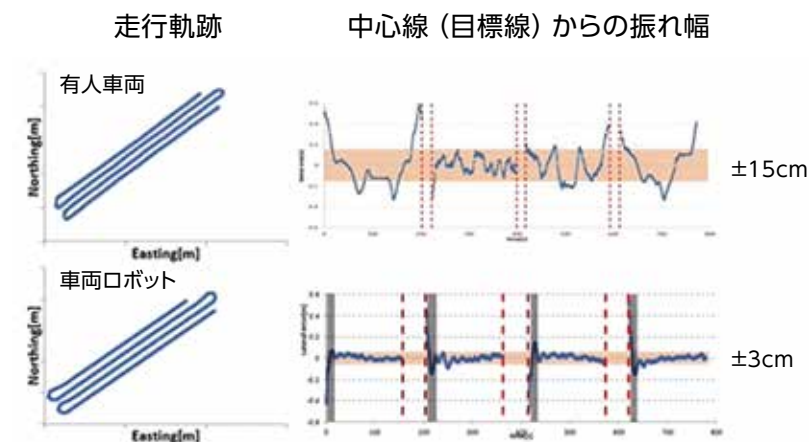
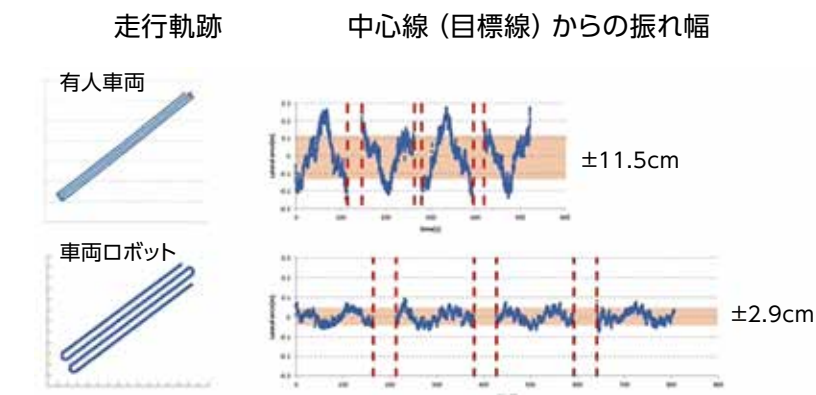


図6 有人車両と車両ロボットとの比較試験(薄暮～夜間)



ターならPTO（パワーテイクオフ）の切り替え、さらに取り付けられた安全センサによる危険察知からの緊急停止などの制御を行います。



有人車両と車両ロボットとの比較試験

ベテランの農業従事者が操縦する有人車両と車両ロボットが代かき作業^{しろ}を行ってその結果を比較する実験が行われました（前ページ図5、6）。試験は昼間と、薄暮～夜間にかけて行われました。代かきでは水面によって作業跡（経路）が隠れてしまうために、走行する目標経路が視認しにくくなります。有人車両は、昼間はGNSSのガイダンスを用いずに、薄暮～夜間ではライトのみを頼りに、いずれも目視で行っています（安全優先で行うようお願いします）。

その結果、両者の走行軌跡にあまり違いはありませんでしたが、走行経路の中心線（目標線）からの横ズレの度合いを見ると、昼間の試験では有人車両では平均±15cmの変動幅が見られたのに対し、車両ロボットでは±3cmのズレにおさまりました。さらに薄暮～夜間という視認しにくい状況で行われた試験では有人車両±11.5cmに対して車両ロボットでは±2.9cmとなりました。

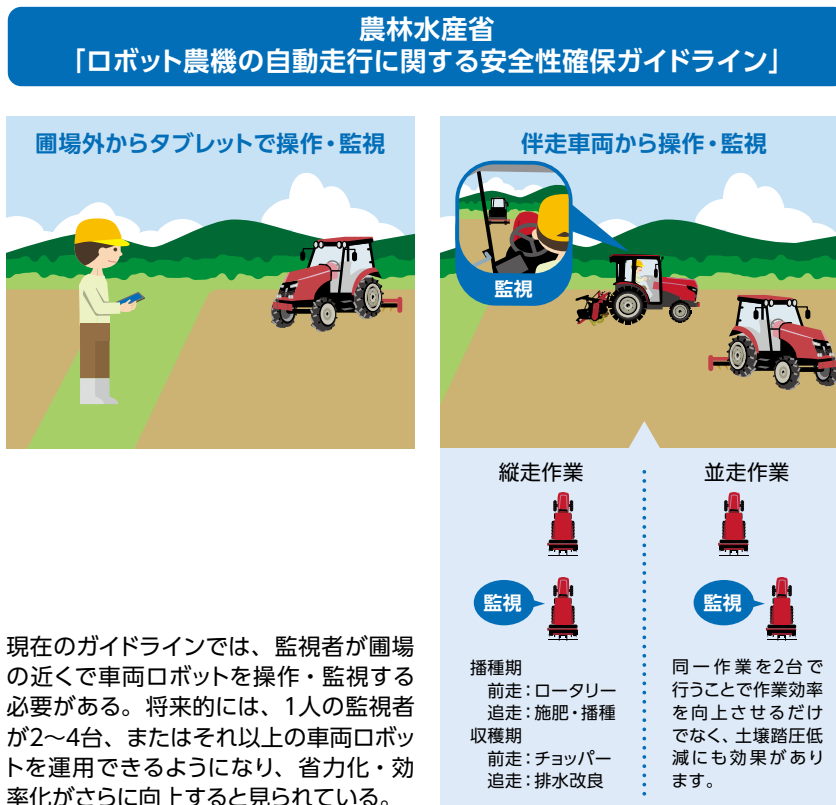


車両ロボットの現状と将来

農林水産省で規定された現在の「ロボット農機の自動走行に関する安全性確保ガイドライン」では、車両ロボットの運用は目視監視できる範囲で許可されており、監視者は圃場の外でタブレット端末を用いて作業指示を出したり、緊急停止させたりしています。または、有人車両が無人口ボットの周辺で作業を行いながら作業監視を行います（図7）。しかしそれでも、すべてを有人車両が行う場合の2倍に近い作業効率を実現できます。

将来は、1人の監視者が複数の車両ロボットを同時に運用できるようになり、さらなる省力化・効率化が期待されています。また、天候などの事情から徹夜で農作業にあたらなければならないような状況でも、車両ロボットを稼働させれば、作業者を危険にさらすことなく安全に行うことがで

図7 車両ロボットの運用



現在のガイドラインでは、監視者が圃場の近くで車両ロボットを操作・監視する必要がある。将来的には、1人の監視者が2～4台、またはそれ以上の車両ロボットを運用できるようになり、省力化・効率化がさらに向上すると見られている。

きます。

スマート農業における車両ロボットは、農業の効率化や安全性を向上させるツールといえるでしょう。